

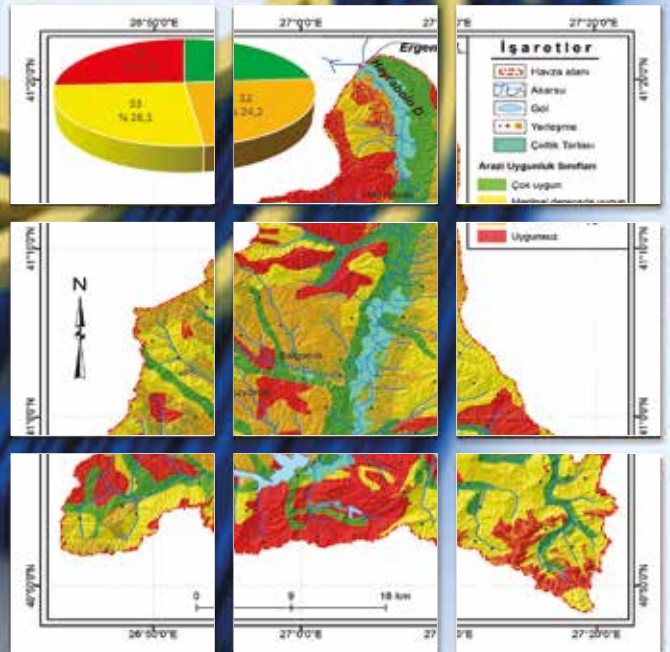
tbd

p-ISSN:1300-7580 e-ISSN: 2148-9297

TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

ANKARA ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ
ANKARA UNIVERSITY FACULTY OF AGRICULTURE



Sayı/Number **2**

Cilt / Volume **22**

Yıl/Year

16

KAPAK FOTOĞRAFI (COVER PHOTO)

Land suitability assessment map for rice cultivation in the basin area

Photo: Emre ÖZŞAHİN

Havza alanının eltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesi haritası

Fotoğraf: Emre ÖZŞAHİN

Ankara Üniversitesi
ZİRAAT FAKÜLTESİ

Ankara University
Faculty of Agriculture

TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Sciences

ISSN 1300-7580 (Print)

ISSN 2148-9297 (Online)

Cilt
Volume

22

Sayı
Number

2

2016

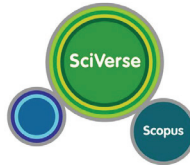
Tarım Bilimleri Dergisi aşağıdaki veri tabanları tarafından taranmaktadır

Tarım Bilimleri Dergisi - Journal of Agricultural Science is abstracted/indexed by the databases below

**SCIENCE CITATION
INDEX
EXPANDED**



SCOPUS



TÜBİTAK ULAKBİM



CAB INTERNATIONAL



FAO AGRIS /CARIS



**DIRECTORY of OPEN
ACCESS JOURNALS**





Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Baş Editör

Editor-in-Chief

Ali İNAL

Ankara University, Ankara-TURKEY

Sorumlu Editör

Managing Editor

Umut TOPRAK

Ankara University

Editörler Kurulu

Editorial Board

Canan ABAY, Ege University
Esvet AÇIKGÖZ, Uludag University
Özgür ALTAN, Ege University
Atılğan ATILGAN, Suleyman Demirel University
Yahya Kemal AVŞAR, Mustafa Kemal University
Tugay AYAŞAN, Doğu Akdeniz Tar. Araşt. Enst.
Nuh BOYRAZ, Selcuk University
Mehmet Emin ÇALIŞKAN, Nigde University
Semra DEMİR, Yuzuncu Yil University
Vedat DEMİR, Ege University
Zeliha GÖKBAYRAK, Canakkale University
Dwayne HEGEDUS, Agriculture and Agri-Food Canada
Atilla KARŞI, Mississippi State University
İsmail KAVDIR, Canakkale University
Lambros KOKOKIRIS, Alexander Techn. and Edu. Inst. Thessaloniki
Halil KIRNAK, Erciyes University
Ahmet KURUNÇ, Akdeniz University
Yeşim Yalçın MENDİ, Cukurova University
Elena MENTE, University of Thessaly
Nur OKUR, Ege University
Hakan ÖZKAN, Cukurova University
Giuliana PARISI, University of Florence
Jonathan POTE, Mississippi State University
Ana ROUQE, IRTA
Suat ŞENSOY, Yuzuncu Yil University
Ahmet ULUDAĞ, Canakkale University

Danışma Kurulu

Advisory Board

Taner AKAR, Akdeniz University
İlknur ALİBAŞ, Uludag University
Ensar BAŞPINAR, Ankara University
Diedrich BRUNS, Kassel University
Mark L. GLEASON, Iowa State University
Shu-Quan HE, Shanghai University
Kemal KAZAN, Queensland Bioscience Precinct
Kyeong Uk KIM, Seoul National University
Benz KOTZEN, University of Greenwich
Ruth MARTIN, Oregon State University
Erdal ÖZKAN, The Ohio State University
Kadir SEYHAN, Karadeniz Technical University

Amaç ve Kapsam

Tarım Bilimleri Dergisi, tarım bilimleri alanında yapılan özgün araştırma ve İngilizce makaleleri yayımlar. Sonuçları önceden bilinen ve yenilik getirmeyen araştırma makaleleri, taksonomi ile sadece durum tespitine dayanan ve yöresel çalışmalar derginin kapsamı dışındadır.

Aims and Scope

Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences accepts original research articles in English in the field of agricultural sciences. Local, taxonomy and case related studies, ordinary and out-of-date research articles are out of scope of journal.

Cilt

Volume

22

Sayı

Number

2

2016

Ürün Bilgisi (Product Information)

Yayıncı Publisher	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ankara University Faculty of Agriculture
Sahibi (AÜZF Adına) Owner (On Behalf of AUZF)	Prof. Dr. Gökhan SÖYLEMEZOĞLU, Dekan (Dean)
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü Editor-in-Chief	Prof. Dr. Ali İNAL
Yayın Ünitesi Sorumlusu In Charge of Publication Unit	Özlem ÇOĞALA
Dergi Yönetimi Journal Administrator	Uzm. Mücahit ŞAR
Web Sayfası Koordinatörü Web Page Coordinator	Uzm. Murat KÖSEÇAVUŞ
Grafik Tasarım Graphic Design	Zeynep ASLAN (m.zeynepaslan@gmail.com)
Basımevi Adresi Printing House	Pozitif Matbaacılık Çamlıca Mah. 12. Sok. No: 10/19 Yenimahalle/Ankara-TÜRKİYE Tel: +90 (312) 397 00 31
Basım Tarihi Date of Publication	08/06/2016
Yayın Dili Language	İngilizce English
Yayın Aralığı Frequency	Yılda dört kez yayınlanır Published four times a year
Yayın Türü Type of Publication	Hakemli yaygın süreli yayım Double-blind peer-reviewed, widely distributed periodical
Tarandığı İndeksler Indexed and Abstracted in	Science Citation Index Expanded (SCI-E) ELSEVIER-Scopus TÜBİTAK-ULAKBİM CAB International FAO AGRIS/CARIS Directory of Open Access Journals (DOAJ)

Yönetim Yeri Adresi

Tarım Bilimleri Dergisi
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Yayın Ünitesi
06110 Dışkapı/Ankara-TÜRKİYE

Telefon : +90 (312) 596 14 24
Belge geçer: +90 (312) 317 67 24
E-posta: tbdeditor@ankara.edu.tr

<http://www.agri.ankara.edu.tr/dergi>
adresinden dergiye ilişkin bilgilere ve
makalelerin tam metnine ulaşılabilir

Management Address

Journal of Agricultural Sciences
Ankara University Faculty of Agriculture
Publication Department
06110 Dışkapı/Ankara-TURKEY

Telephone : +90 (312) 596 14 24
Fax : +90 (312) 317 67 24
E-mail: tbdeditor@ankara.edu.tr

Instructions for authors and all articles in
this journal can be reached at
<http://www.agri.ankara.edu.tr/journal>

İÇİNDEKİLER - CONTENTS

- Burak Nazmi CANDOĞAN
Senih YAZGAN
- 129-144 Yield and Quality Response of Soybean to Full and Deficit Irrigation at Different Growth Stages under Sub-Humid Climatic Conditions**
- Yarı Nemli İklimde Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Tam ve Kısıntılı Sulamanın Soya Fasulyesinin Verim ve Kalitesine Etkisi
- Nurdoğan TOPAL
Hatice BOZOĞLU
- 145-151 Determination of L-Dopa (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) Content of Some Faba Bean (*Vicia faba* L.) Genotypes**
- Bakla (*Vicia faba* L.) Genotiplerinin L-Dopa (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) İçeriklerinin Tespiti
- Ferat UZUN
Hasan Beytullah DÖNMEZ
Ahmet DAL
Mustafa SÜRMEZ
Tamer YAVUZ
Mehmet Arif ÖZYAZICI
Necda ÇANKAYA
- 152-160 Morphological, Agronomical, Phenological and Stand Persistence Traits of Some Wild Narrowleaf Birdsfoot Trefoil (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) Populations**
- Bazı Yabani Dar Yapraklı Gazal Boynuzu (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) Populasyonlarının Morfolojik, Agronomik, Fenolojik ve Tesis Ömrü Özellikleri
- Gülsemin SAVAŞ TUNA
İsmet BAŞER
Metin TUNA
- 161-178 Türkiye'nin Farklı Coğrafik Bölgelerinden Toplanan *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv. Doğal Popülasyonlarının Morfolojik Karakterizasyonu**
- Morphological Characterization of *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv. Natural Populations Collected from Different Geographical Regions of Turkey
- Nadir BAŞÇINAR
Fatma Delihasan SONAY
Şahin ALSAN
İlhan ALTINOK
- 179-186 İstavrit Balığı (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868)'nin Doğu Karadeniz'de Kafeslerde Büyüme Performansının Belirlenmesi**
- Growth Performance of Horse Mackerel (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) Reared in Sea Cages at the Southeastern Black Sea
- Abolfazl NASSERI
- 187-195 Canal Geometry, Flow Velocity, Dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) Density and Soil Phosphorous Effects on Hydraulic Resistance of Vegetated Canals**
- Otlanmış Kanallarda Kanal Geometrisi, Akış Hızı, Adi Yalancı Darı (*Paspalum dilatatum* Poir.) Yoğunluğu ve Toprak Fosfor Oranının Hidrolik Direnç Üzerine Etkisi

- Emre TOPÇU
Neslihan SEÇKİN
- 196-215 **Drought Analysis of the Seyhan Basin by Using Standardized Precipitation Index (SPI) and L-moments**
L-momentler ve Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yardımıyla Seyhan Havzası Kuraklık Analizi
- Erdal DAŞCI
Sebahattin KAYA
Salih EVREN
Hasbi YILMAZ
Mesut Cemal ADIGÜZEL
- 216-228 **Genç Elma Ağaçlarının Vejetatif Gelişim, Meyve Verimi ve Kalitesi Üzerine Farklı Sulama Programlarının Etkileri**
Effects of Different Irrigation Regimes on Vegetative Growth, Fruit Yield and Quality of Young Apple Trees
- Aytül Uçak KOÇ
Mete KARACAOĞLU
- 229-236 **Bal Arısı (*Apis mellifera*) Ana Arılarının Ege Bölgesi Koşullarında Farklı Yöntemlerle Kışlatılması**
Overwintering of Honey Bee Queens (*Apis mellifera*) by Different Methods under Aegean Region Conditions
- Hakan YOĞURTÇU
- 237-248 **Determination of Drying Kinetics of Tunceli Garlic with Microwave Drying Technique**
Tunceli Sarımsağının Mikrodalga Kurutma Tekniği ile Kuruma Kinetiğinin Belirlenmesi
- Yasemin YAMAN
Sibel YORULMAZ SALMAN
Recep AY
- 249-260 **Isparta İli Elma Bahçelerinden Toplanan *Panonychus ulmi* Koch'nin Bazı Akarisitlere Karşı Duyarlılık ve Detoksifikasyon Enzim Düzeyleri**
The Sensitivity Against Some Acaricides and The Detoxification Enzyme Levels of *Panonychus ulmi* Koch Collected from Apple Orchards in Isparta
- Nabi Alper KUMRAL
Sultan ÇOBANOĞLU
- 261-274 **Patlıcanda Akar (Acari) Biyolojik Çeşitliliği ve Baskın Türlerin Popülasyon Dalgalanması**
The Mite (Acari) Biodiversity and Population Fluctuation of Predominant Species in Eggplant
- Lili LI
Yunpeng WANG
- 275-294 **Land Use/Cover Change from 2001 to 2010 and its Socioeconomic Determinants in Guangdong Province, A Rapid Urbanization Area of China**
Çin'in Hızlı Bir Ekonomik Gelişim Alanı Olan Guangdong'da Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimleri ve Sosyo-Ekonomik Etkileri
- Emre ÖZŞAHİN
- 295-306 **CBS Kullanılarak Çeltik Tarımı için Arazi Uygunluk Değerlendirmesi: Hayrabolu Deresi Havzası (Trakya Yarımadası) Örneği**
Land Suitability Assessment for Rice Cultivation Using GIS: Hayrabolu Stream Basin (Thrace Peninsula) Case
- Eşref IŞIK
Nazmi İZLİ
- 307-316 **Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of the Yellow Lentil**
Nem İçeriğinin Sarı Mercimeğin Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Yield and Quality Response of Soybean to Full and Deficit Irrigation at Different Growth Stages under Sub-Humid Climatic Conditions

Burak Nazmi CANDOĞAN^a, Senih YAZGAN^a

^aUludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Bursa, TURKEY

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Burak Nazmi CANDOĞAN, E-mail: bncandogan@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 16 28

Received: 18 April 2014, Received in Revised Form: 22 January 2015, Accepted: 20 February 2015

ABSTRACT

This study investigated the yield and quality response of soybean [*Glycine max (L.) Merr.*] to full and deficit irrigation applied at different growth stages under sub-humid climate conditions over a two-year period. A rain-fed (non-irrigated) treatment and 13 different irrigation treatments (1 full and 12 deficit irrigations) were applied to soybeans at four critical development stages: vegetative (V), flowering (F), pod formation (P) and seed enlargement (S). Deficit irrigation had a significant effect on seed yield, crude oil content, crude protein content and various agronomic parameters. The highest seed yield (4004 kg ha⁻¹) was obtained with full irrigation (based on the replenishment of 100% of soil water depletion from a soil depth of 90 cm at 7-day intervals throughout the development period) and the lowest (1974 kg ha⁻¹) with the rain-fed treatment, with a 50.6% difference in average yield between full irrigation (VFPS) and rain-fed treatments. The rain-fed treatment also resulted in the lowest crude oil content (19.1%) and the highest crude protein content (33.6%). As a result, it may be concluded that while VFPS treatment may be the best choice for maximum yield under local conditions, irrigation schedules should be reconsidered when water cost is high and/or water is scarce; in such cases, an irrigation schedule that includes water deficit at the vegetative development stage can be applied.

Keywords: Deficit irrigation; Soybean; Seed yield; Yield components; Crude oil content; Crude protein content

Yarı Nemli İklimde Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Tam ve Kısıntılı Sulamanın Soya Fasulyesinin Verim ve Kalitesine Etkisi

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Burak Nazmi CANDOĞAN, E-posta: bncandogan@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 16 28

Geliş Tarihi: 18 Nisan 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 22 Ocak 2015, Kabul: 20 Şubat 2015

ÖZET

Bu çalışmada, yarı nemli iklim koşulları altında iki yıl süreyle soya fasulyesinin farklı gelişme dönemlerinde uygulanan tam ve kısıntılı sulamaya verim ve kalite tepkileri araştırılmıştır. Deneme konularının oluşturulmasında soya fasulyesi bitkisinin dört kritik gelişme dönemi (vejetatif; V, çiçeklenme; Ç, bakla oluşumu; B ve tane gelişimi; T dönemleri) dikkate alınmıştır. Buna göre, 13 farklı sulama konusu (1 tam ve 12 kısıntılı sulama) ve susuz konu olmak üzere 14

deneme konusu oluşturulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre; kısıntılı sulama, soya fasulyesi tane verimi, yağ oranı, protein oranı ve belirli agronomik parametreler üzerine önemli düzeyde etki göstermiştir. En yüksek tane verimi (4004 kg ha⁻¹) tam sulama konusundan (VÇBT konusu, her 7 günde bir 0-90 cm derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlayacak miktarda sulama suyu uygulanması), en düşük tane verimi (1974 kg ha⁻¹), tam sulama konusu ile karşılaştırıldığında % 50.6 azalma ile susuz konudan elde edilmiştir. Ayrıca, en düşük yağ oranı (% 19.1) ve en yüksek protein oranı (% 33.6) susuz konuda ölçülmüştür. Sonuç olarak, VÇBT konusunun yarı-nemli iklim koşulları altında en yüksek tane verimine ulaşmak için en iyi seçim olabileceği, ancak su ücreti yüksek ve/veya su kıt olduğunda, sulama programlarının tekrar ele alınmasının gerektiği, böyle koşullarda, vejetatif gelişme döneminde su kısıntısına yönelik bir sulama programının uygulanabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kısıntılı sulama; Soya fasulyesi; Tane verimi; Verim bileşenleri; Yağ oranı; Protein oranı

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Introduction

Drought has been the major environmental constraint to plant survival and crop productivity in recent years (Boyer 1982), and most climate-change scenarios envision increasing aridity in many regions of the world in the years to come (Petit et al 1999). Given that the major agricultural use of water is for irrigation, a decrease in water supply will require more efficient water use, with deficit irrigation one way of maximizing water use efficiency (WUE) and obtaining higher yields per unit of irrigation water applied. With deficit irrigation, crops are exposed to a degree of water stress during a particular period or throughout the growing season, with the expectation that any reduction in yield will be insignificant when compared to the benefits gained by diverting the saved water to other crops (Kirda 2002).

Full irrigation is economically justifiable only when water is readily available and irrigation costs are low (James 1993). In regions where there is a water deficit, irrigation can significantly increase soybean yields (Korte et al 1983a; Kadhem et al 1985; Scott et al 1987; Karam et al 2005). Irrigation has also been reported to increase profits from soybean in areas with soil-moisture deficits (Salassi et al 1984). However, soybean is produced in many arid, semi-arid and sub-humid regions where water resources are limited and deficit irrigation is a necessity. In such areas, new irrigation techniques that make use of deficient irrigation practices can

result in a more efficient use of water resources (Rosadi et al 2005).

Soybean has adapted to a wide array of climatic, soil and growth conditions, although it is mostly grown on rain-fed land (Fageria et al 1997). Soybean yield is highly affected by soil-water availability (Ashley & Ethridge 1978; Korte et al 1983b). Depending on the hybrid, the growth period usually ranges from between 90-120 days and requires 450-700 mm of water (Doorenbos & Kassam 1979). Foroud et al (1993) reported that soybeans are most susceptible to water stress during stages R1 (beginning of flowering through) R5 (beginning of seed formation), whereas Yazar et al (1989) indicated soybean to be most susceptible to water stress during grain filling (R5-6), followed by the flowering (R1-2) and vegetative (Vn) stages. Dogan et al (2007) showed that any water stress imposed on soybeans during R3 (beginning of pod formation), R5 and R6 (full seed) resulted in substantial reductions in yield compared with full irrigation, with the greatest yield reduction at the R6 stage. Biomass and 1000-seed weight also showed significant differences.

Understanding the critical timing of irrigation for crops in humid and sub-humid areas may allow for a more judicious use of limited water supplies (Sweeney et al 2003). This study aimed to determine the yield and quality response of soybean to full and deficit irrigation applied at different growth stages under sub-humid climatic conditions.

2. Material and Methods

This study was conducted at the Uludag University Faculty of Agriculture Research and Training Centre (40° 11'N latitude; 29° 04'E longitude, 100 m altitude) in Bursa, Turkey under sub-humid climatic conditions during the 2005 and 2006 growing seasons. According to long-term climatic data (1975-2003), the annual mean rainfall, temperature and relative humidity of the region were 676 mm, 14.5 °C and 66%, respectively. The soil of the experimental field at depths of 0-120 cm is characterized by its clay content (48.5% clay, 28.7% loam and 22.8% sand), with less than 1 percent organic matter (0.47%). Bulk densities of the 0-0.30, 0.30-0.60, 0.60-0.90 and 0.90-1.20 m soil profiles were 1.35, 1.36, 1.34 and 1.38 g cm⁻³, respectively, and the total available moisture (TAM) of the experimental field for the 0-120 cm soil profile was 232.7 mm. Soil pH (saturated paste) and electrical conductivity (EC) were 6.9 and 0.6 dS m⁻¹, respectively.

The experiment was conducted on 23.4 m² (3.9 x 6.0 m) plots using a randomized complete block design with three replications. Soybeans (*Nova* variety) were planted on 21 April 2005 and 3 May 2006 at a seeding depth of approximately 3 cm with row spacing of 0.65 m and plant spacing of 5 cm. The crop phenological cycle was divided into four critical periods based on soybean growth stage, as follows: vegetative (V, V5-R1), flowering (F, R1-R3), pod formation (P, R3-R5) and seed enlargement (S, R5-R7), to determine the effects of irrigation treatments (Table 1). Irrigation water was applied at 7-day intervals as full and deficit according to the treatments given in Table 2. In 2005, rainfall was adequate for uniform emergence. In 2006, plots were irrigated by sprinkler irrigation after planting, and 60 mm of irrigation water was applied for seed-zone wetting to obtain uniform emergence. Following emergence, drip irrigation was used, with the amounts of irrigation water measured using a water meter, and the pressure for each plot stabilized according to pressure gauges mounted on the pipe for each plot. A polyethylene lateral drip line was designed for each row using 16 mm-dia. lateral

pipes with 2 L h⁻¹ in-line drippers spaced at 20 cm. Dripper discharge and spacing were selected based on clay soil texture and a soil infiltration rate of 5.8 mm h⁻¹. Based on a soil analysis conducted prior to sowing, 50 kg ha⁻¹ fertilizer containing N, P and K were applied prior to sowing, and an additional 50 kg ha⁻¹ N was added in the form of urea when plants reached 25-30 cm in height. Given that the tested soybeans were not inoculated and that no soybeans had been previously grown on the same plot, the absence of any beneficial nitrogen-fixing rhizobia was assumed.

Table 1- Soybean growth stages

Çizelge 1- Soya fasulyesi gelişme dönemleri

<i>Vegetative stages</i>	
VE	Emergence
VC	Cotyledon
V1	First node
Vn	nth node
<i>Reproductive stages</i>	
R1	Beginning of bloom
R2	Full bloom
R3	Beginning pod
R4	Full pod
R5	Beginning seed
R6	Full seed
R7	Beginning maturity
R8	Full maturity

Soil water content (SWC) of the 0-120 cm soil profile was measured in the centre of the plot at depths of 0.16, 0.45, 0.75 and 1.05 m once per week prior to irrigation using a neutron probe (503 DR Hydroprobe, CPN International, Inc., Martinez, CA, USA), and volumetric water content at a depth of 0.3 m was assessed on the basis of soil sampling. Crop evapotranspiration (ET) for each treatment, defined as the residual soil water balance for the time between two successive SWC measurement dates was calculated by using Equation 1.

Table 2- Irrigation treatments

Çizelge 2- Sulama konuları

Treatments	Description
VFPS	100% soil water depletion (SWD) replenished for a soil depth of 90 cm on a 7-day basis throughout the development period (full irrigation)
V ₇₅ FPS	The same as S1, but 75% SWD replenished at vegetative stage
V ₅₀ FPS	The same as S1, but 50% SWD replenished at vegetative stage
V ₂₅ FPS	The same as S1, but 25% SWD replenished at vegetative stage
VF ₇₅ PS	The same as S1, but 75% SWD replenished at flowering stage
VF ₅₀ PS	The same as S1, but 50% SWD replenished at flowering stage
VF ₂₅ PS	The same as S1, but 25% SWD replenished at flowering stage
VFP ₇₅ S	The same as S1, but 75% SWD replenished at pod formation stage
VFP ₅₀ S	The same as S1, but 50% SWD replenished at pod formation stage
VFP ₂₅ S	The same as S1, but 25% SWD replenished at pod formation stage
VFPS ₇₅	The same as S1, but 75% SWD replenished at seed enlargement stage
VFPS ₅₀	The same as S1, but 50% SWD replenished at seed enlargement stage
VFPS ₂₅	The same as S1, but 25% SWD replenished at seed enlargement stage
Rain-fed	Non-irrigated

$$ET = I + P + \Delta S - R - D \quad (1)$$

Where; I, the depth of irrigation water (mm) as measured using water meters; P, precipitation (mm) as recorded by the meteorological station; ΔS , the change in soil-water content (mm); R, the depth of runoff (mm), and D, the drainage below the root zone (mm). Because the amount of irrigation water was controlled, run-off was assumed to be zero. Percolation was accounted for by using moisture measurements related to the 120-cm soil profile for soil water budget calculations.

The applied irrigation amounts were calculated for each soil layer up to 90 cm soil depth. The amount of water required per irrigation was determined with the Equation 2 (James 1993).

$$I = \sum_{i=1}^n \left(\frac{(fc_i - \theta_{w_i}) \times D_i \times \rho_{b_i}}{10} + \dots + \frac{(fc_n - \theta_{w_n}) \times D_n \times \rho_{b_n}}{10} \right) P \quad (2)$$

Where; I, applied irrigation water (mm); fc_i , gravimetric soil water content at field capacity (%); θ_{w_i} , initial gravimetric soil water content (%); D_i , depth of the soil layer (cm); ρ_{b_i} , dry bulk density ($g\ cm^{-3}$); n , number of soil layers; P, ratio of wetting area (%).

Plant height at maturity was measured by randomly selecting and measuring 10 plants from each plot. Number of pods and number of seeds per plant were also recorded. Leaf area index (LAI) was measured at four developmental stages from three plants per plot using a portable leaf area meter (Model LI 3000A, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). Crops were harvested on 20 September 2005 and 2 October 2006, and 1000-seed weight, oil and protein contents were measured, with crude oil assessed using the Soxhlet extraction technique (Pomeranz & Clifton 1994), and protein content evaluated according to Kjeldahl (Ivanov 1974).

WUE values were calculated separately for each treatment as the ratio of seed yield to seasonal ET (Bos 1980; Howell 2001; Pala et al 2007), and irrigation water use efficiency (IWUE, $kg\ m^{-3}$) was determined by using the Equation 3 (Bos 1985; Zhang et al 1999).

$$IWUE = \frac{(Y_I - Y_r)}{IRR} \quad (3)$$

Where; Y_i , seed yield of irrigated soybean (kg da⁻¹); Y_r , seed yield of rain-fed soybean; IRR, the amount of applied irrigation (mm).

Data for all parameters were subjected to analysis of variance (ANOVA). The F-test was used to determine the effects of irrigation treatment, year, block and treatment \times year interaction at the 0.05 and 0.01 probability levels, with F-protected least significant difference (LSD) calculated at 0.05, according to Steel & Torrie (1980).

3. Results and Discussion

3.1. Weather conditions

Table 3 provides a comparison between long-term meteorological data and monthly climate data during both growing seasons. The measured temperature and relative humidity values for the 2005 and 2006 growing seasons were typical, considering the long-term means of the region. However, the total rainfall values recorded from April to October were 212 and 193 mm in 2005 and 2006, respectively, which were approximately 27% (2005) and 34% (2006) below the long-term mean rainfall of 292 mm.

3.2. Growth stages

Emergence was observed about two weeks from sowing in both years (Table 4). Five-node

vegetative growth period of experimental years was observed about 45-50 days from sowing and flowering observed after 24-25 subsequent days. Pod formation was observed about 16-18 days after flowering and seed enlargement was observed 17-19 days from pod formation. Seed enlargement period of experimental years lasted about 13-16 days and seeds reached to maturing period. The total growth period of experimental cultivar (*Nova*) was then calculated about to be 150 and 152 days. Karam et al (2005) reported soybean total growth period under semi-arid climate conditions of Lebanon as 138-140 days. Such a difference might have been resulted from climate, plant and irrigation program.

Table 4- Soybean growth stages under experimental conditions

Çizelge 4- Denemenin yürütüldüğü koşullarda soya fasulyesinin gelişme dönemleri

Stages	Date	
	2005	2006
Planting	21.04	03.05
Emergence	06.05	19.05
Vegetative (five node)	05.06	22.06
Flowering	30.06	16.07
Pod formation	18.07	01.08
Seed enlargement	04.08	20.08
Maturity	20.08	02.09
Harvest	20.09	30.09

Table 3- Total monthly precipitation, mean temperature and relative humidity of the study location during the 2005 and 2006 growing seasons and long-term averages

Çizelge 3- Araştırma alanına ilişkin 2005 ve 2006 gelişme dönemleri ve uzun yıllar ortalaması olarak aylık toplam yağış, ortalama sıcaklık ve oransal nem değerleri

Months	Precipitation (mm)			Temperature (°C)			Relative humidity (%)		
	LT	2005	2006	LT	2005	2006	LT	2005	2006
April	70	56	20	12.9	13.7	12.1	68	60	74
May	47	23	9	17.6	17.6	16.6	65	68	61
June	33	21	43	22.3	21.2	21.5	58	58	64
July	20	55	2	24.5	24.7	23.8	57	62	52
August	15	4	3	24.1	25.1	26.4	60	63	50
September	35	16	91	20.1	20.1	19.9	65	68	65
October	72	37	25	15.3	13.2	16.7	72	72	63
Total/Mean	292	212	193	19.5	19.4	19.6	64	64	58

LT, longterm averages

3.3. Leaf area index, plant height, seed yield and components

All measured characteristics showed significant differences among treatments for 2005, 2006 and for the 2005-2006 average (with the exception of 1000-seed weight, which showed no significant differences for 2006). The two-way interaction of irrigation treatment \times year also resulted in significant differences for seed yield (at 5%) and crude oil (at 1%) (Table 5).

Maximum leaf area index (LAI) values were observed at the pod-formation growth stage. LAI was significantly affected by deficit irrigation at all growth stages, with the highest LAI values observed in the VFPS₅₀ treatment at the pod-formation growth stage (7.41) and the lowest values in the rain-fed treatment at the vegetative growth stage (2.81) (Table 6). These findings are in agreement with the results reported by Cox & Jolliff (1986), De Costa & Shanmugathan (2002) and Karam et al (2005). The LAI values observed in VFPS₅₀ treatment of seed enlargement period, LAI value at the end of pod formation period and LAI values of VFPS, V₇₅FPS, V₅₀FPS, V₂₅FPS, VFPS₇₅ and VFPS₂₅ treatments of pod formation period were all placed in the first group. Such a case indicated that water deficits respectively at flowering period and pod formation period resulted in decreased LAI values at pod formation period. Especially 50 and 75% water deficits at flowering period (respectively the treatments of VF₅₀PS and VF₂₅PS) caused significant decrease in LAI values through defoliation and increases were then observed in LAI values after the irrigations performed at pod formation period. Karam et al (2005) stated that the compensation mechanisms of the growth parameters, mainly leaf area, did occur under deficit irrigation conditions, assuming that water stress of a certain period during flowering did not limit the plant ability to recover from water stress.

It was observed that deficit irrigations significantly reduced plant heights. VFPS treatment resulted in plant height (98.2 cm) significantly

Table 5- ANOVA results for seed yield, crude oil percentage, crude protein percent and certain agronomic parameters of soybean under different irrigation treatments in 2005, 2006 and 2005-2006 average

Çizelge 5- Farklı sulama konularına göre soya fasulyesinde gözlenen tane verimi, yağ oranı, protein oranı ve belirli agronomik parametrelere ilişkin 2005, 2006 ve 2 yılın birleştirilmiş verilerine ait ANOVA sonuçları

Source	df		Significance of F-values		
	1	2	2005	2006	2005-2006
Plant height					
Years (Y)	-	1			ns
Blocks	2	4	ns	ns	*
Treatments (T)	13	13	**	**	**
Y x T	-	13			ns
Error	26	52			
Number of pods per plant					
Years (Y)	-	1			ns
Blocks	2	4	ns	ns	**
Treatments (T)	13	13	**	**	**
Y x T	-	13			ns
Error	26	52			
Number of seeds per plant					
Years (Y)	-	1			ns
Blocks	2	4	ns	*	**
Treatments (T)	13	13	**	**	**
Y x T	-	13			ns
Error	26	52			
Seed yield					
Years (Y)	-	1			**
Blocks	2	4	ns	ns	ns
Treatments (T)	13	13	**	**	**
Y x T	-	13			*
Error	26	52			
1000 seed weight					
Years (Y)	-	1			**
Blocks	2	4	ns	ns	ns
Treatments (T)	13	13	*	ns	**
Y x T	-	13			ns
Error	26	52			
Crude oil percent					
Year (Y)	-	1			**
Blocks	2	4	ns	ns	ns
Treatments (T)	13	13	**	*	**
Y x T	-	13			**
Error	26	52			
Crude protein percent					
Years (Y)	-	1			**
Blocks	2	4	ns	ns	ns
Treatments (T)	13	13	**	**	**
Y x T	-	13			ns
Error	26	52			

df, degrees of freedom; 1, individual year; 2, combined over 2 years; ns, non-significant; *, significant at the 5% of probability level ($P < 0.05$); **, significant at the 1% of probability level ($P < 0.01$)

Table 6- Effects of irrigation treatment on leaf area index (LAI) measured at four growth stages (2005-2006 average)

Çizelge 6- Sulama konularının dört gelişme döneminde ölçülen yaprak alan indeksine (YAI) etkileri (2 yılın ortalaması)

Treatments	Growth stages				
	Vegetative	Flowering	Pod formation	Seed enlargement	
VFPS	3.56 tuv ⁺	6.45 def	7.23 ab	5.70 hij	
V ₇₅ FPS	3.52 tuv	6.24 efg	7.10 ab	5.61 ijk	
V ₅₀ FPS	3.48 tuv	5.91 ghı	7.17 ab	5.57 ı-l	
V ₂₅ FPS	3.27 v	5.93 ghı	7.16 ab	5.52 j-m	
VF ₇₅ PS	3.49 tuv	5.99 gh	6.27 efg	5.57 ı-l	
VF ₅₀ PS	3.50 tuv	5.66 h-k	5.32 k-o	5.52 j-m	
VF ₂₅ PS	3.60 tuv	5.06 n-q	4.78 q	5.19 m-p	
VFP ₇₅ S	3.55 tuv	6.36 def	6.91 bc	5.42 j-n	
VFP ₅₀ S	3.59 tuv	6.25 efg	6.72 cd	5.42 j-n	
VFP ₂₅ S	3.54 tuv	6.53 def	6.20 fg	5.00 opq	
VFPS ₇₅	3.72 st	6.60 cde	7.20 ab	5.41 j-n	
VFPS ₅₀	3.37 tuv	6.42 def	7.41 a	5.22 l-o	
VFPS ₂₅	3.64 stu	6.39 def	7.21 ab	4.84 pq	
Rain-fed	2.81 w	3.98 s	4.39 r	3.32 uv	
LSD (0.05)	0.367				
Source	df		Significance of F-values		
	1	2	2005	2006	2005-2006
Years (Y)	-	1			**
Blocks	2	4	ns	ns	ns
Treatments (T)	13	13	**	**	**
Y x T	-	13			ns
Main plot error	26	52			
Stages (S)	3	3	**	**	**
T x S	39	39	**	**	**
Y x S	-	3			ns
Y x T x S	-	39			ns
Sub plot error	84	168			

⁺, means with different letters in the same column are significantly different (P<0.05); df, degrees of freedom; 1, individual year; 2, combined over 2 years; ns, non-significant; *, significant at the 5% of probability level (P<0.05); **, significant at the 1% of probability level (P<0.01)

higher than all the other treatments, whereas rain-fed treatment resulted in plant height (64.8 cm) significantly lower than all the other treatments. On the other hand, significant differences were not observed in plant heights of $V_{75}FPS$, $VF_{75}PS$, $VFP_{75}S$, $VFP_{50}S$ and $VFPS_{75}$ treatments (Table 7). These findings are in agreement with those of Brady et al (1974), Korte et al (1983b), Kadhem et al (1985), Specht et al (1989), Karam et al (2005) and Rosadi et al (2005) who reported that irrigation applications significantly increased plant height when compared to rain-fed conditions. Results revealed decreasing plant heights with increasing water deficits in four growth stages. The 75% water deficit at flowering period ($VF_{25}PS$ treatment) decreased plant height by 22.3%. Plant height decrease ratios of $V_{25}FPS$, $VFPS_{25}$ and $VFP_{25}S$ treatments were respectively observed as 17.0%, 15.9% and 13.7%. Such findings indicated that plant heights were more sensitive to water deficit applied during flowering and vegetative growth period than the other periods since the plants already completed substantial portion of vegetative growth during pod formation and seed enlargement periods.

Number of pods per plant and number of seeds per plant were also significantly affected by deficit irrigation, with values for all irrigation treatments higher than those for rain-fed treatment (Table 7). Several previous studies (Korte et al 1983b; Kadhem et al 1985; Karam et al 2005) have reported similar results.

The highest (56.9) and the lowest (23.4) number of pods per plant were respectively observed in VFPS and rain-fed treatments (Table 7). Increasing water deficit in each growth stage (75% water deficit), especially in seed enlargement period, resulted in significant decreases in number of pods per plant. The decrease in number of pods per plant in $V_{25}FPS$, $VF_{25}PS$, $VFP_{25}S$ and $VFPS_{25}$ treatments were respectively observed as 18%, 22%, 31% and 35%. These results indicated decreased number of pods per plant with increasing water stress and the greatest decrease was observed in seed enlargement period. Ul-Haq & Brown (1985) applied 15-day water stress at different growth periods of soybean

and observed the decrease in number pods per plant of flowering, pod formation and seed enlargement periods respectively as 19%, 32% and 42%. Current findings on decrease in number of pods per plant are parallel to findings of those studies.

While the highest number of seeds per plant was observed in VFPS full irrigation treatment with 159.4, the lowest value was observed in rain-fed treatment with 62.2 (Table 7). Such results indicated that water deficit throughout the total growth period resulted in significant decreases in number of seeds per plant. Except for seed enlargement period, 25% water deficit applied in each growth stages ($V_{75}FPS$, $VF_{75}PS$ and $VFP_{75}S$ treatments) yielded similar number of seeds per plant. The greatest water deficit treatments (75%) of four different growth stages made the plant resistance levels against water deficits more remarkable. The decrease in number of seeds per plant in $V_{25}FPS$, $VF_{25}PS$, $VFP_{25}S$ and $VFPS_{25}$ treatments were respectively observed as 18.3%, 23.3%, 30.7% and 36.1%. Such results indicated under water deficit conditions that the greatest decrease in number of seeds per plant was observed in seed enlargement and pod formation periods and these periods were followed by flowering period. Karam et al (2005) reported insignificant decreases in number of seeds per plant in soybean grown under semi-arid climate conditions and water deficit at flowering period and indicated a 20% decrease compared to full irrigation at seed enlargement period. Hodges & Heatherly (1983) reported decreased yields with water stress applied at flowering and pod formation periods soybean since water stress decreased number of plants per unit area. Current findings comply with the results of those previous studies.

In the present study, the highest seed yield (4004 kg ha⁻¹) was observed with the VFPS irrigation treatment, followed by the $V_{75}FPS$ (3910 kg ha⁻¹) and $V_{50}FPS$ (3889 kg ha⁻¹) deficit irrigation treatments (Table 7). Evett et al (2000) carried out a drip irrigation water deficit experiment over clay-loam soils of Bushland-Texas and reported the highest mean soybean yield of full irrigation treatment as 3830 kg ha⁻¹. Doss et al (1974), Ashley

Table 7- Effects of irrigation treatment on seed yield, crude oil content, crude protein content and certain plant characteristics (2005-2006 average)

Çizelge 7- Sulama konularının tane verimi, yağ oranı, protein oranı ve belirli bitki özelliklerine etkileri (2 yılın ortalaması)

Treatments	Plant height (cm)	Number of pods per plant	Number of seeds per plant	Seed yield (kg ha ⁻¹)	1000-seed weight (g)	Crude oil content (%)	Crude protein content (%)
VFPS	98.2 a ⁺	56.9 a	159.4 a	4004 a	136.1 a	22.7 a	30.5 g
V ₇₅ FPS	90.2 abc	52.9 a-d	149.7 abc	3910 ab	131.2 abc	22.3 abc	31.5 def
V ₅₀ FPS	86.7 bc	49.5 a-e	141.0 a-d	3889 ab	128.5 b-e	22.2 a-d	32.3 bc
V ₂₅ FPS	81.5 cd	46.8 c-f	130.2 b-f	3798 bc	127.9 b-e	21.7 cde	31.4 ef
VF ₇₅ PS	89.1 abc	53.9 abc	147.8 abc	3793 bc	131.8 ab	22.2 a-d	31.1 fg
VF ₅₀ PS	86.2 bc	45.8 def	128.8 c-f	3528 ef	128.9 bcd	21.7 cde	32.4 bc
VF ₂₅ PS	76.3 d	44.3 efg	122.2 d-g	3174 hi	125.3 def	21.1 ef	32.9 ab
VFP ₇₅ S	93.6 ab	54.8 ab	151.2 ab	3687 cd	128.2 b-e	21.9 bcd	32.2 bcd
VFP ₅₀ S	90.0 abc	47.7 b-e	131.4 b-f	3385 fg	127.0 b-e	21.6 de	32.4 bc
VFP ₂₅ S	84.7 bcd	39.3 fg	110.4 fg	3095 i	124.4 def	20.6 f	32.5 bc
VFPS ₇₅	92.6 ab	48.6 b-e	134.3 b-e	3554 de	126.3 cde	22.6 a	30.6 g
VFPS ₅₀	87.7 bc	41.9 efg	117.9 efg	3256 gh	125.9 cde	22.3 abc	32.1 cde
VFPS ₂₅	82.6 cd	37.1 g	101.8 g	2932 j	123.3 ef	22.4 ab	32.1 cde
Rain-fed	64.8 e	23.4 h	62.2 h	1974 k	120.4 f	19.1 g	33.6 a
LSD (0.05)	9.298	7.865	21.94	14.83	5.413	0.6314	0.7184

*, means with different letters in the same column are significantly different (P<0.05)

& Ethridge (1978) and Kabalan (1998) indicated the highest seed yields as between 3500-4200 kg ha⁻¹. Paltineanu et al (1994) in another study reported the highest seed yield of sprinkler-irrigated soybean as 4010 kg ha⁻¹. The seed yields of the present study at full irrigation were similar to values reported by above specified studies. Full VFPS irrigation produced a seed yield 50.6% greater than that of the rain-fed treatment, whereas V₇₅FPS and V₅₀FPS deficit irrigation treatments produced yields 49.5% and 49.2% greater, respectively, than rain-fed treatment, and V₂₅FPS VF₂₅PS, VFP₂₅S and VFPS₂₅ treatments produced yields 48%, 37.8%, 36.2% and 32.6% greater, respectively, than rain-fed treatment. Seed yield significantly reduced as the level of water deficit increased. These results indicated that soybean seed yield was not affected by deficit irrigation during the vegetative development stage,

but seed yield was significantly reduced when deficit irrigation was applied during flowering, pod formation, or seed enlargement (Figure 1), with soybeans exhibiting the greatest sensitivity to deficit irrigation at the seed enlargement stage. In general, this is in agreement with Chang (1983), Karam et al (2005) and Dogan et al (2007). Other researchers (Eck et al 1987; De Costa & Shanmugathan 2002; Karam et al 2005; Rosadi et al 2005; Dogan et al 2007; O'Shaughnessy et al 2011) have also reported reductions in soybean seed yields under water deficit and drought-stress conditions.

In the present study, the highest 1000-seed weight value was obtained from the VFPS (136.1 g) irrigation treatment and the lowest from the rain-fed treatment (120.4 g) (Table 7). These results are in line with those of Griffin et al (1985) and Shafii et al (2011). Considering the growth periods, the lowest

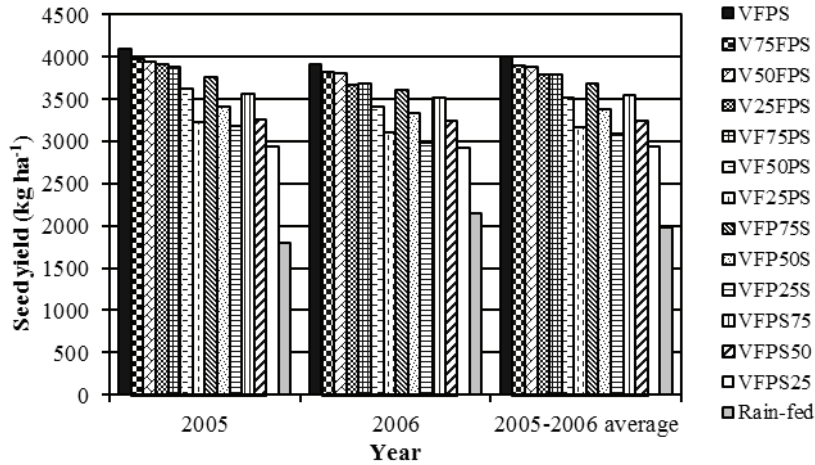


Figure 1- Variations in seed yield among irrigation treatments for 2005, 2006 and 2005-2006 average

Şekil 1- Sulama konularına göre 2005, 2006 ve 2 yılın birleştirilmiş verileri için tane verimi değişimleri

mean 1000-seed weight (123.3 g) was observed in 75% water deficit treatment of seed enlargement period (VFPS₂₅). Karam et al (2005) reported significant decreases in 1000-seed weight of soybean grown under semi-arid climate conditions of Lebanon with water deficit at flowering period and indicated 10% decrease compared to water deficit treatment of seed enlargement period. Smiciklas et al (1992), De Souza et al (1997) and Dogan et al (2007) also reported decreased seed weights of soybean with water stress exerted at seed enlargement period.

3.4. Quality components

Soybean crude oil and crude protein contents were significantly affected by irrigation treatment (Table 7). The VFPS treatment had the highest crude oil content (22.7%), and rain-fed treatment had the lowest crude oil content (19.1%). Results revealed increased crude oil contents with increasing irrigation treatments. The highest crude oil content of soybean seeds was observed in full irrigation in which water requirements were fully met during the irrigation season. Maximum seed yield in full irrigation of the present study is in line with a previous study showing that both soybean oil content and yield were highest with the application

of both irrigation and fertilizer (Xiaobing et al 2004). Other studies have also demonstrated soybean yields to increase when sufficient water and fertilizer are available, and they have also shown positive correlations between soybean yield and oil content (Schoner & Fehr 1979; Calpten 1986; Xu & Zhang 1995). Crude oil contents of 75% water deficits of V₂₅FPS VF₂₅PS, VFP₂₅S and VFPS₂₅ treatments were respectively 1%, 1.6%, 2.1% and 0.3% lower than the crude oil content of full irrigation treatment. Such findings indicated that decreases in crude oil contents under water deficit conditions at different growth periods were not much different from each other and the ratios were quite low.

Full irrigation (VFPS) resulted in the lowest crude protein value (30.5%), which is in line with Xiaobing et al (2004), who reported protein content decreased as soybean yield was maximized with irrigation and fertilizer application. Xiaobing et al (2004) reported that maintaining a higher level of field water capacity during the growing season is detrimental to seed protein accumulation in soybeans. Hartwig & Kilen (1991) indicated a general inverse relationship between soybean seed yield and seed protein content. Complied with that study, while the highest yield was observed in full

irrigation (VFPS) treatment of the present study, the lowest crude protein content (30.5%) was also observed in full irrigation treatment. Crude protein contents of 75% water deficit treatments of V₂₅FPS, VF₂₅PS, VFP₂₅S and VFPS₂₅ were respectively 2.9%, 7.9%, 6.5% and 5.2% higher than the crude protein content of full irrigation treatment. Such findings again indicated that decreases in crude protein contents under water deficit conditions at different growth periods were not much different from each other and the ratios were again quite low.

With regard to crude oil and protein contents, Bellaloui & Mengistu (2008) reported different responses of cultivars to irrigation. Such different responses may underline maturity or/and genotype differences and their adaptations to environmental stress factors such as soil water content and temperature (Bellaloui & Mengistu 2008).

3.5. Applied irrigation water, evapotranspiration and soil water content

The average annual amount of irrigation water applied in 2005-2006 varied from 30 mm for

the rain-fed treatment to 622 mm for the VFPS treatment. For all treatments, an average 30 mm of irrigation water was applied for plant emergence in 2005-2006. The present study found seasonal ET (2005-2006 average) varied between 355 mm (rain-fed treatment) and 809 mm (VFPS) (Table 8). Doorenbos & Kassam (1979) reported water requirements (ETm) for maximal soybean production to vary between 450-700 mm per season, depending on climate and length of growing season, which they reported to range, in general, from between 100-130 days. By comparison, the present study had longer growing periods (152 days in 2005 and 150 days in 2006), which could account for the higher ETm value observed for full VFPS irrigation in the present study when compared to Doorenbos & Kassam (1979). Another similar study conducted by Karam et al (2005) in 2000 and 2001 reported a mean ETm value of 763 mm and a mean growing season of 139 days.

The soil water content courses of irrigation treatments for 90 cm soil profile, in 2005 and 2006 growing season are presented in Figure 2 and 3.

Table 8- Total amounts of irrigation water, seasonal evapotranspiration (ET), water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE) for soybeans (2005-2006 average)

Çizelge 8- Soya fasulyesi için toplam sulama suyu miktarı, mevsimlik bitki su tüketimi (BST), su kullanım etkinliği (SKE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (SSKE) (2 yılın ortalaması)

Treatments	Total irrigation (mm)	Seasonal ET (mm)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
VFPS	622	809	0.49	0.33
V ₇₅ FPS	585	766	0.51	0.33
V ₅₀ FPS	547	743	0.52	0.35
V ₂₅ FPS	510	698	0.54	0.36
VF ₇₅ PS	589	756	0.50	0.31
VF ₅₀ PS	556	712	0.50	0.28
VF ₂₅ PS	523	675	0.47	0.23
VFP ₇₅ S	579	761	0.48	0.30
VFP ₅₀ S	536	721	0.47	0.26
VFP ₂₅ S	493	664	0.47	0.23
VFPS ₇₅	588	763	0.47	0.27
VFPS ₅₀	554	732	0.44	0.23
VFPS ₂₅	519	696	0.42	0.18
Rain-fed	30	355	0.56	0.00

According to irrigation programs of experimental treatments, limited irrigation water were applied for different phenological stages. Due to this irrigation scheduling consideration, water stress was observed for one individual period of each irrigation treatment.

Because of this, soil water content fluctuations of different treatments throughout the growing season, except water limited periods, were very close to each other (Figure 2 and 3).

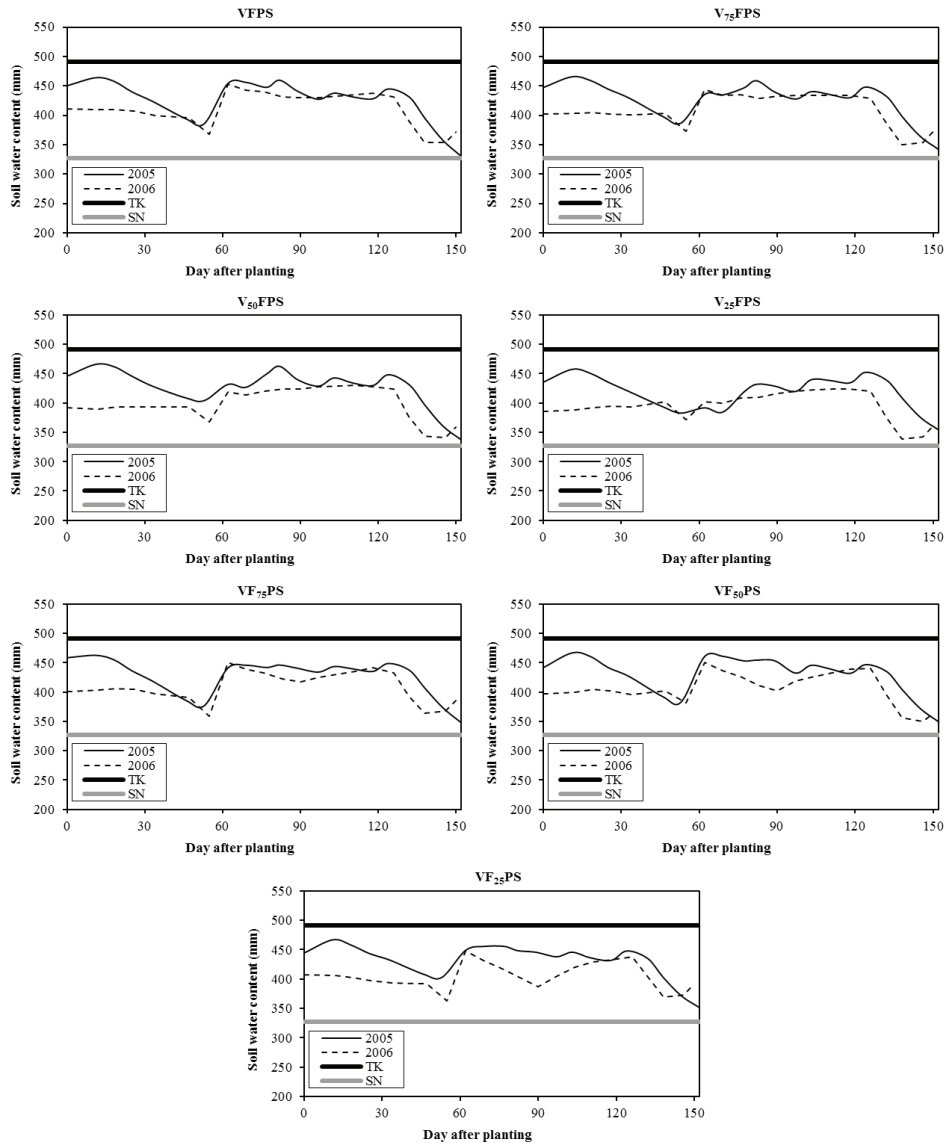


Figure 2- Variations of soil water content of VFPS, V₇₅FPS, V₅₀FPS, V₂₅FPS, VF₇₅PS, VF₅₀PS and VF₂₅PS treatments

Şekil 2- V₇₅CBT, V₅₀CBT, V₂₅CBT, V₇₅ÇBT, V₅₀ÇBT ve V₂₅ÇBT konuları toprak su içeriği değişimleri

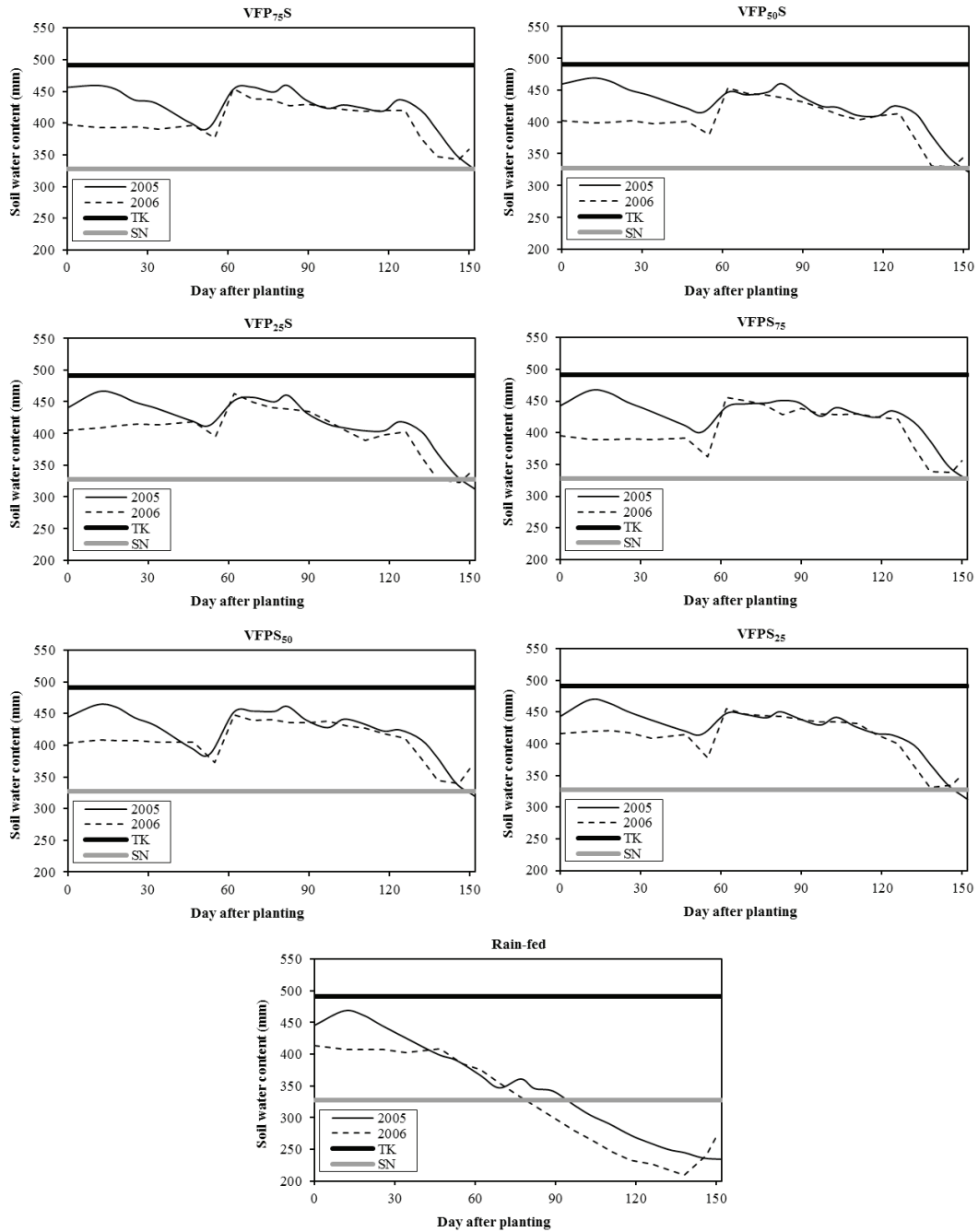


Figure 3- Variations of soil water content of VFP₇₅S, VFP₅₀S, VFP₂₅S, VFPS₇₅, VFPS₅₀, VFPS₂₅ and Rain-fed treatments

Şekil 3- VCB₇₅T, VCB₅₀T, VCB₂₅T, VCBT₇₅, VCBT₅₀, VCBT₂₅ ve susuz konular için toprak su içeriği değişimleri

3.6. Water use efficiencies

The present study found WUE values ranging from 0.42 kg m⁻³ (VFPS₂₅) to 0.56 kg m⁻³ (Rain-fed treatment) and IWUE values ranging from 0.18 kg m⁻³ (VFPS₂₅) to 0.36 kg m⁻³ (V₂₅FPS) (Table 8). Among the deficit irrigation treatments, the highest WUE (0.52 and 0.54 kg m⁻³) and IWUE (0.35 and 0.36 kg m⁻³) values were obtained from V₅₀FPS and V₂₅FPS deficit irrigation treatments, respectively (Table 8). Scott et al (1987) reported average WUE values for soybean ranging between approximately 0.60 kg m⁻³ for full irrigation and 0.73 kg m⁻³ for rain-fed irrigation treatments. Evett et al (2000) found WUE and IWUE values of 0.44 and 0.62 kg m⁻³, respectively, for full irrigation treatment. Kırmak et al (2013) found WUE values of 0.64 kg m⁻³ for full irrigation and 0.35 kg m⁻³ for rain-fed treatment, whereas IWUE values for full irrigation and rain-fed treatment were 0.67 kg m⁻³ and 0.41 kg m⁻³, respectively.

4. Conclusions

The results of this study showed that deficit irrigation had significant effects on LAI, plant height, number of pods per plant, number of seeds per plant, seed yield, 1000-seed weight, crude oil content and crude protein content. The highest seed yield (4004 kg ha⁻¹) was obtained with full irrigation (VFPS) and the lowest seed yield (1974 kg ha⁻¹) with rain-fed treatment, with an average difference in yield between the two treatments of 50.6%. V₇₅FPS and V₅₀FPS deficit irrigations had seed yields 49.5% and 49.2% higher than those of rain-fed treatment, and V₂₅FPS, VF₂₅PS, VFP₂₅S and VFPS₂₅ deficit irrigations had seed yields that were, respectively, 48%, 37.8%, 36.2% and 32.6% higher than those of rain-fed treatment. These results indicated that deficit irrigation during the vegetative development period did not significantly affect soybean seed yield, whereas yield was significantly reduced when deficit irrigation was applied during the flowering, pod formation, or seed enlargement periods. In addition to the highest seed yield, VFPS treatment also produced the highest crude oil content (22.7%), whereas the rain-fed treatment had the lowest crude

oil content (19.1%). In contrast, the highest crude protein content was obtained with rain-fed treatment (33.6%) and the lowest with VFPS (30.5%). However, when WUE and IWUE values are taken into consideration, V₅₀FPS and V₂₅FPS deficit irrigation treatments can be recommended instead of VFPS irrigation in areas where water costs are high and/or water is scarce.

Acknowledgements

This study contains a portion of the Ph.D. dissertation of Burak Nazmi CANDOĞAN. Many thanks to Prof. Dr. Abdurrahim Tanju GÖKSOY and Assoc. Prof. Dr. Mehmet SİNCİK from the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Uludağ University in Bursa, Turkey for their valuable edits and comments.

References

- Ashley D A & Ethridge W J (1978). Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybeans cultivars. *Agronomy Journal* **70**: 467-471
- Bellaloui N & Mengistu A (2008). Seed composition is influenced by irrigation regimes and cultivar differences in soybean. *Irrigation Science* **26**: 261-268
- Bos M G (1980). Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bulletin* **29**: 18-25
- Bos M G (1985). Summary of ICID definitions of irrigation efficiency. *ICID Bulletin* **34**: 28-31
- Boyer J S (1982). Plant productivity and environment. *Science* **218**: 443-448
- Brady R A, Stone L R, Nickell C D & Powers W L (1974). Water conservation through proper timing of soybean irrigation. *Journal of Soil and Water Conservation* **29**: 266-268
- Calpten J A (1986). Genetic variability for agronomic traits in population containing *Glycine soja* germplasm. *Crop Science* **26**: 681-686
- Cox W J & Jolliff G D (1986). Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal* **78**: 226-230
- De Costa W A & Shanmugathan K N (2002). Physiology of yield determination of soybean under different

- irrigation regimes in the sub-humid zone of Sri Lanka. *Field Crops Research* **75**: 23-35
- De Souza P I, Egli D B & Bruening W P (1997). Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. *Agronomy Journal* **89**(5): 807-812
- Dogan E, Kirnak H & Copur O (2007). Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. *Field Crops Research* **103**: 154-159
- Doorenbos J & Kassam A H (1979). Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper No: 33, FAO, Rome
- Doss B D, Pearson R W & Rogers H T (1974). Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. *Agronomy Journal* **66**(2): 297-299
- Eck H V, Mathers A C & Musick J T (1987). Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans. *Field Crops Research* **17**: 1-16
- Evelt S R, Howell T A, Schneider A D, Upchurch D R & Wanjura D F (2000). Automatic Drip Irrigation of Corn and Soybean. In: *Proceedings of the 4th Decennial National Irrigation Symposium*, 14-16 November, Phoenix, AZ, USA, pp. 401-408
- Fageria N K, Baligar V C & Jones C A (1997). Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc., New York
- Foroud N, Mundel H H, Saindon G & Entz T (1993). Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield components. *Irrigation Science* **13**: 149-155
- Hartwig E E & Kilen T C (1991). Yield and composition of soybean seed from parents with different protein, similar yield. *Crop Science* **31**(2): 290-292
- Hodges H F & Heatherly L G (1983). Principles of water management for soybean production. Bull. 919, Mississippi State University, Starkville
- Howell T A (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal* **93**: 281-289
- Ivanov P (1974). Biochemical differentiation of sunflower varieties as a result of breeding. In: *Proceedings of the 6th International Sunflower Conference*, 22-24 July, Bucharest, Romania, pp. 225-229
- James L G (1993). Principles of Farm Irrigation System Design. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida
- Kabalan R (1998). Consomation en eau et productivite' d'une culture du soja a' la Be'kaa. DEA, AUPELF-UREF, Bureau du Monde Arabe, Beyrouth, pp. 25
- Kadhem F A, Specht J E & Williams J H (1985). Soybean irrigation serially timed during stages R1 to R6. II. Yield component responses. *Agronomy Journal* **77**: 299-304
- Karam F, Masaad R, Sfeir T, Mounzer O & Rouphael Y (2005). Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management* **75**: 226-244
- Kirda C (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit Irrigation Practice, Water Report 22, FAO, Rome, pp. 3-10
- Kırnak H, Doğan E, Çopur O & Gökalp Z (2013). Irrigation and yield parameters of soybean as effected by irrigation management, soil compaction and nitrogen fertilization. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **19**(4): 297-309
- Korte L L, Williams J H, Specht J E & Sorensen R C (1983a). Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. *Crop Science* **23**: 521-527
- Korte L L, Williams J H, Specht J E & Sorensen R C (1983b). Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. Yield component responses. *Crop Science* **23**: 528-533
- O'Shaughnessy S A, Evelt S R, Colaizzi P D & Howell T A (2011). Using radiation thermography and thermometry to evaluate crop water stress in soybean and cotton. *Agricultural Water Management* **98**: 1523-1535
- Pala M, Ryan J, Zhang H, Singh M & Harris H C (2007). Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* **93**: 136-144
- Paltineanu I C, Negrila C, Craciun M & Craciun I (1994). Long term trials on irrigated field crops in semiarid area of Romania. *Romania Agricultural Research* **1**: 85-92
- Petit J R, Jouzel J, Raynaud D, Barkov N I, Barnola J M, Basile I, Bender M, Chappellaz J, Davis M, Delaygue G, Delmotte M, Kotlyakov V M, Legrand M, Lipenkov V Y, Lorius C, Pepin L, Ritz C, Saltzman E & Stievenard M (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* **399**: 429-436

- Pomeranz Y & Clifton E (1994). Food Analysis Theory and Practice, 3rd Ed. Kluwer Academic Publisher, San Diego
- Rosadi R A B, Afandi M S, Senge M, Ito K & Adomako J T (2005). Critical water content and water stress coefficient of soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) under deficit irrigation. *Paddy and Water Environment* **3**: 219-223
- Salassi M E, Musick J A, Heatherly L G & Hamill J G (1984). An economic analysis of soybean yield response to irrigation of Mississippi River Delta soils. *Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Bulletin* **60**: 928-935
- Schoner C S & Fehr W R (1979). Utilization of plant introduction in soybean breeding population. *Crop Science* **11**: 185-188
- Scott H D, Ferguson J A & Wood L S (1987). Water use, yield, and dry matter accumulation by determinate soybean grown in a humid region. *Agronomy Journal* **79**: 870-875
- Shafii F, Ebadi A, Golloje K S & Eshghi-Gharib A (2011). Soybean response to nitrogen fertilizer under water deficit conditions. *African Journal of Biotechnology* **10**(16): 3112-3120
- Smiciklas K D, Mullen R E, Carlson R E & Knapp A D (1992). Soybean seed quality response to drought-stress and pod position. *Agronomy Journal* **84**(2): 166-170
- Specht J E, Elmore R W, Eisenhauer D E & Klocke N W (1989). Growth stage scheduling criteria for sprinkler-irrigated soybeans. *Irrigation Science* **10**: 99-111
- Steel R G D & Torrie J H (1980). Principles and Procedures of Statistics, 2nd Ed. McGraw-Hill, New York
- Sweeney D W, Long J H & Kirkham M B (2003). A single irrigation to improve early maturing soybean yield and quality. *Soil Science Society of America Journal* **67**: 235-240
- Ul-Haq A & Brown D A (1985). Effect of soil moisture deficit in the upper root zone on growth and yield of soybeans. *Arkansas Farm Research* **34**(3): 4
- Xiaobing L, Herbert S J, Jin J, Zhang Q & Wang G (2004). Responses of photosynthetic rates and yield/quality of main crops to irrigation and manure application in the black soil area of Northeast China. *Plant and Soil* **261**(1-2): 55-60
- Xu X B & Zhang X T (1995). Density and fertilizer doses in relation to soybean yield. *Tillage and Culture* (in Chinese) **2**: 18-19
- Yazar A, Çevik B, Tekinel O, Tülücü K, Başbuğ R & Kanber R (1989). Çukurova Koşullarında Yağmurlama Yöntemiyle Sulanan İkinci Ürün Soyada ET-Verim İlişkisinin Belirlenmesi, TÜBİTAK-TOAG-551
- Zhang H, Wang X, You M Z & Liu C M (1999). Water-yield relations and water-use efficiency of winter wheat in the North China Plain. *Irrigation Science* **19**: 37-45



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Determination of L-Dopa (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) Content of Some Faba Bean (*Vicia faba* L.) Genotypes

Nurdoğan TOPAL^a, Hatice BOZOĞLU^b

^aUşak University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of Field Crops, Uşak, TURKEY

^bOndokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Samsun, TURKEY

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Hatice BOZOĞLU, E-mail: hbozoglu@omu.edu.tr, Tel: +90 (362) 312 19 19

Received: 18 March 2014, Received in Revised Form: 31 December 2014, Accepted: 10 January 2015

ABSTRACT

Faba bean, reflecting all properties of legume crops such as soil improvement and benefit of human health, also contains L-dopa which can be used to cure Parkinson's disease, is a rare plant. The study was conducted in Samsun province to determine the L-dopa content of leaf, flower and pod of faba bean genotypes. Four cultivars and 18 lines were sown on November in randomized complete blocks design with 3 replications. Samples were taken from leaves at vegetative period, flowers and fresh pods at generative period of faba bean. The L-dopa content was determined by HPLC. According to the result of variance analysis, the differences among genotypes for L-dopa content of flowers and fresh pods were found significant ($P<0.01$). L-dopa content of leaves, flowers and fresh pods varied between 10.88-33.41, 40.95-96.37; 4.16-52.28 mg kg⁻¹, respectively. L-dopa content of flowers of 20 genotypes, except a cultivar and a line, were found in same group statistically. Average L-dopa content of leaf, flower and pod of faba bean were 19.36, 75.87 and 25.27 mg kg⁻¹, respectively. The most common form of consumption of faba bean in Turkey and treatment for Parkinson's disease in some countries is fresh pod. However this study showed that L-dopa amount in flower is higher ($P<0.01$) than that of leaf and pod. Results of this study revealed that L-dopa content of 7 lines were richer than that of others. If agronomic characters of 7 lines are well, their potential to become a new variety should be investigated.

Keywords: Faba bean; L-dopa; Flower; Pod; Leaf

Bakla (*Vicia faba* L.) Genotiplerinin L-Dopa (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) İçeriklerinin Tespiti

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Hatice BOZOĞLU, E-posta: hbozoglu@omu.edu.tr, Tel: +90 (362) 312 19 19

Geliş Tarihi: 18 Mart 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 31 Aralık 2014, Kabul: 10 Ocak 2015

ÖZET

Bakla bitkisi baklagil bitkilerinin toprak ıslahı ve besleyicilik açısından tüm özelliklerini taşıyan ayrıca yaşlı toplumlarda sıkça görülen Parkinson hastalığının tedavisinde kullanılabilen L-dopa içeren nadir bitkilerdendir. Bu çalışma, Samsun

ilinde bakla genotiplerinin yaprak, çiçek ve taze meyvelerindein L-dopa içeriklerini belirlemek için yürütülmüştür. Çalışmada, 4 çeşit ve 18 hat 3 tekrarlamalı olarak tesadüf blokları deneme desenine göre Kasım ayında ekilmiştir. Denemede bitkinin vejetatif dönemde yaprakları, generatif dönemlerde çiçek ve taze meyvelerinden örnekler alınarak Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografi sistemi (HPLC) ile L-dopa içerikleri belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu L-dopa içerikleri bakımından genotipler arasında çiçek ve meyvede ($P<0.01$) istatistiki farklılıklar bulunmuştur. Genotiplerin L-dopa içeriklerinin; yaprakta 10.88-33.41, çiçekte 40.95-96.37 ve meyvede 4.16-54.29 mg kg⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bir çeşit ve bir hat hariç, geri kalan hatların çieklerindeki L-dopa içeriğinin istatistiki olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir. Ortalama L-dopa içeriği sırasıyla yaprak, çiçek ve meyvede 19.36, 75.87 ve 25.27 mg kg⁻¹ olmuştur. Türkiye’de halk arasında Parkinson için baklanın en yaygın kullanım şekli meyvesidir. Ancak bu çalışma da çiekdeki L-dopa içeriğinin yaprak ve meyvedeki L-dopa içeriğinden daha yüksek olduğu ($P<0.01$) tespit edilmiştir. Bu alışma sonucunda, L-dopa ieriği bakımından 7 hattın diğerlerinden zengin olduğu belirlenmiştir. Bu hatların agronomik özellikleri de dikkate alınarak eşide aday olabileme olasılıkları araştırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Bakla; L-dopa; iek; Meyve; Yaprak

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Introduction

In recent years, quality factor has been taken into account in plant breeding studies due to increased demand healthy balanced diet by consumers. Public opinion of a lot of countries in the world agree that measures must to be taken to avoid sickness is less expensive than the cost of treating a disease. Hence, one of the most important step to be healty is nutrition with healty nutrient. The production and consumption of food which promotes a healty community is widely preferred. Therefore, to reveal the role of these products in prevention of diseases has become an important area of research nowadays.

Grain legume are protein plants. Mean of nutritional values and quality of legume crops for human and animals are high protein and amino acids content and low antinutritional factors. Turkey is a homeland of the most of legume crops and one of these plants is faba bean (şehirali 1988). In recent years, the importance of these food for human health has been increasing. Faba bean can be grown in temperate climatic conditions and it is an important legume plant that should be included in crop rotation for soil improvement. Faba bean that has L-DOPA (L-3,4-dihydroxyphenylalanine) content is one of the rare plants and this substance used medically in the treatment of Parkinson’s disease (PD).

PD, the second most common neurodegenerative disease in the world, is characterized by progressive

motor symptoms marked by slowness of movement, gait problems, rigidity and tremors (Chowdhury et al 2014). Later symptoms can include thinking, sleep, emotional and behavioral problems including dementia (Fox 2013). After the loss of 80 percent or more of the nerve cells in the substantia nigra, symptoms of PD will develop (Fox 2013). PD is a common disease of unknown etiology in elderly people and one of the major causes of disability among elderly (Lucas-Carrasco et al 2014). Over age 50 in Western Europe’s 5 most and the world’s 10 most populous countries PD patients were between 4.1 and 4.6 million in 2005 and will double to between 8.7 and 9.3 million by 2030 (Dorsey et al 2007). Higher rates were reported for Caucasians in Europe and North America, intermediate rates for Asians in China and Japan, and the lowest rates for Blacks in Africa (WHO 2006). The number of patients with PD in Turkey are approximately 100 thousand and 10,000 new patients are diagnosed every year (PHD 2016).

Acetylcholine is the principal neurotransmitter in brain so there is a balance between acetylcholine and dopamine. This balance is disrupted in favour of dopamine in Parkinson’s. Unlike dopamine, L-dopa is able to cross the barrier between the blood and brain. It is converted into dopamine by an enzyme called dopa-decarboxylase in the brain, and can replace some of the lost dopamine (Musacchio 2013). Thus, L-dopa can be used to

increase dopamine concentrations in the treatment of PD. L-dopa is a chemical that is made and used as part of the normal biology of some animals and plants as legume crops.

A total of 724 species from 447 genera of 135 families have been screened and has been reported in species of legumes as *Baptisia*, *Lupinus*, *Mucuna* and *Vicia* at levels up to 1.9% (Daxenbichler et al 1971). It was analyzed that contain L-dopa in some species from *Euphorbiaceae*, *Gramineae* and *Leguminosae* families and reported that *Vicia faba* contained 0.15-0.18%, *Mucuna deringiana* 2.3% and in spring and autumn shoot of *Robinia pseudoacacia* and *Sarothamnus scoparius* (Kohlmunzer et al 1975). In a study that was investigated to amino acid and L-dopa content in 10 legume plants as chickpea, bean, lentil, lupen, faba bean were determined that *V. faba* var. minor had been the most rich in L-dopa (Longo et al 1974). Shetty et al (2003) reported that faba bean can be important food in diet of Parkinson's patient because of L-dopa content.

The amount of L-dopa or levodopa can vary greatly, depending on the species of faba, the area where it is grown, soil conditions, rainfall, and other factors. It appears that the young pod and the immature (green) beans inside the pod contain the greatest amount of levodopa, and the mature or dried bean contain the least. 84 g of fresh green fava beans or canned green faba beans, drained may contain about 50-100 mg of levodopa (Holden 2006).

Cenarruzabeitia et al (1978) investigated exchange of L-dopa content in vegetative period of faba bean and reported that L-dopa increased with growing period and the highest level of L-dopa is in flower.

Vered et al (1997) suggested that faba bean might be of value in treating conditions such as hypertension, heart failure, renal failure, and liver cirrhosis in which natriuresis and diuresis are medically beneficial.

We believe that the importance and consumption of faba bean will increase when the availability of complementary medicine of faba bean has been

proved by scientific studies as well as used to food and role of soil improvement. Aims of this study are to determine different faba bean genotypes which have high level L-dopa and also to find out level of L-dopa in different plant parts of them.

2. Material and Methods

Material of this study were composed of 22 genotypes, four of which were registered faba bean cultivars (Eresen-87, Filiz-99, Kıtıkı-2003, Lara) and 16 lines obtained from ICARDA and 2 lines collected from study region.

Experimental area was approximately 197 m elevation from the sea in Samsun province located between 41°21'49.79" N and 36°11'24.51" E in Middle Blacksea region coastal section, north of Turkey. Samsun province has warm and humid climate. In the experiment period, total rainfall was 589 mm. In this period, average monthly temperature varied from 6.10 to 24.8 °C and relative humidity ranged from 57.04 to 81.87%.

According to soil analysis result, the soil texture of the experimental area clay which was rich in phosphorus (64.3 mg kg⁻¹ P), medium in organic matter (2.7%), and non-saline (0.523 dS m⁻¹), and soil pH was neutral (6.9).

Experiment was conducted in a randomized complete block design with 3 replications. Plots were organized 8 m² and spacing 50 cm x 10 cm. Seeds were sown on November 9 in 2010.

Samples for L-dopa analysis were collected from 5 different plants at 3 different period which are the beginning of flowering for leaf sample, middle of full flowering time for flower sample and pod setting periods for green pods that took place in mid part of plant. These samples were initially dried in air after than dried 24 h of oven dry at 45 °C, ground in a grinder and stored in +4 °C refrigerator. Sample preparation, extraction and determination of L-dopa were conducted according to Shivananda et al (2003). L-dopa concentration of samples extract was determined by thermo separation HPLC (High Performance Liquid Chromatography) that included

autosampler on a C 18 column (4.6x250 mm) at 2 mL min⁻¹ and 30 °C with a sodium dihydrogen orthophosphate buffer (pH 2.8) as mobile phase and at 280 nm wavelength of UV detector.

To determine L-dopa content, 6 different standart solution were prepared. Pure chemical L-dopa oven dried at 45 °C for 72 hours, was weighed (S₁: 2, S₂: 4, S₃: 8, S₄: 16, S₅: 32, S₆: 64 mg) and dissolved in 0.1 M orthophosphoric acid and volume was made up to 100 mL using double distilled water to give a concentration range of 20 to 500 mg L⁻¹ solution. Prepared standarts being read on HPLC Thermo SP and determined L-dopa's coming duration was at third minute. These were used to plot a standart graf and regression formula after than were estimated L-dopa amount.

Analysis of variance using the SPSS-13 program was performed after L-dopa data were transformed. DUNCAN's multiple range test was used at the statistical grouping.

3. Results and Discussion

Commonly grown faba bean varieties is capable of indeterminate growth (Sepetoğlu 1994). For this

reason flowering potential of faba bean is high. In Samsun ecological conditions, in our 2-year study to determine flowering and pod setting in 12 different genotypes, the total number of flowers per plant varied between 9-279 and 10.2-27.1% of flowers blossomed have been found to set pod (Bozoğlu 2005). This is a significant loss of energy. Perhaps these flowers can be evaluated as a crude of medicine for PD. Cenarruzabeitia et al (1978) examined the L-dopa change during the vegetative period of faba bean and reported that flower is the organ which contains the highest L-dopa.

In this study it was determined the content of L-dopa in different components of 22 bean genotypes which were sown in winter under the conditions of Samsun. The L-dopa content of faba bean genotypes of different plant parts are shown in Table 1 and HPLC chromatogram examples are shown in Figure 1. According to the analysis of variance, the contents of L-dopa is not statistically different in the leaves of faba bean genotypes, but the content of L-dopa of flower and fruit is highly significant (P<0.01).

Table 1- L-Dopa amount in the different parts of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes

Çizelge 1- Bakla (Vicia faba L.) genotiplerinin farklı kısımlarındaki L-dopa miktarı

Genotypes	L-Dopa content (mg kg ⁻¹)			Genotypes	L-Dopa content (mg kg ⁻¹)		
	Leaf	Flower**	Pod**		Leaf	Flower**	Pod**
V _{lara}	11.85	40.95 b	16.34 c-g	V ₁₂	21.53	75.40 a	32.13 a-d
V _{filiz}	15.79	79.59 a	40.81 abc	V ₁₃	23.93	96.37 a	25.55 b-f
V _{kutukı}	17.83	73.55 a	5.04 g	V ₁₄	26.62	69.46 a	26.77 a-d
V _{eresen}	17.95	85.74 a	39.39 a-d	V ₁₅	10.88	83.42 a	15.24 d-g
V ₅	24.41	85.02 a	54.29 a	V ₁₆	18.47	79.06 a	7.79 fg
V ₆	20.04	88.29 a	50.09 ab	V ₁₇	18.88	88.24 a	50.14 ab
V ₇	13.23	46.47 b	4.16 g	V ₁₈	33.41	83.13 a	33.13 a-d
V ₈	22.82	90.17 a	5.18 g	V ₁₉	16.75	72.49 a	6.70 fg
V ₉	12.71	79.65 a	8.55 efg	V ₂₀	16.29	71.35 a	17.24 c-g
V ₁₀	25.99	66.57 a	24.66 b-f	V ₂₁	16.96	72.39 a	30.33 a-d
V ₁₁	16.83	74.70 a	15.66 c-g	V ₂₂	22.88	85.18 a	46.70 ab

** , P<0.01

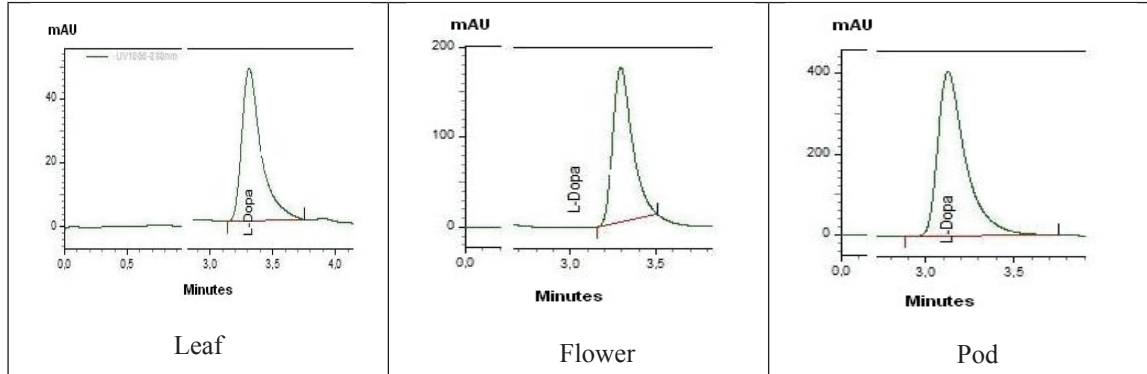


Figure 1- Some examples from HPLC chromatogram of L-DOPA

Şekil 1- L-dopa HPLC kromotogramlarından bazı örnekler

The content of L-dopa varied in the leaves 10.88-33.41 mg kg⁻¹, in flower 40.95-96.37 mg kg⁻¹ and in green pod 4.16-54.29 mg kg⁻¹ for faba bean genotypes. The use of faba bean against shaking, rigidity and slowness of movement caused by Parkinson's disease is known among the people in Turkey. Therefore fresh pods of faba bean is consumed. But it can be seen from the average rate of L-dopa content in leaf, flower and fruit of broad bean genotypes, flower has the most L-dopa content organ of plant. Ingle (2003) reported that L-dopa ratio was 0.2-0.75% in green peel of pod, 0.09% flowering green plant and 0.006-0.01% in green seed. Mohseni Mehran & Golshani (2013) obtained L-dopa from fava beans which were in the fresh and dry sprouted form, whose concentrations were 1.4, 1.5 and 2.6, 2.4 mg mL⁻¹ respectively. The results of this study indicate that faba beans are a good source of natural L-dopa.

In our study, concerning the amount of L-dopa in faba bean genotypes, whereas 22 genotypes is in the group that content highest L-dopa, 2 genotypes remained outside of this group. 10 genotypes (V₂, V₄, V₅, V₆, V₁₂, V₁₄, V₁₇, V₁₈, V₂₁, V₂₂) which consists the highest content of L-dopa in fruit also remained in the group which content the highest in flower. Also it has been found that the content of L-dopa in flower and fruit of lines is higher than the registered varieties (Figure 2). It can be seen in figure 2 content of L-dopa in leaf and flower of faba bean lines that were used in this study were higher than cultivars. L-dopa

level in fresh pods were closed. According to t-test, L-dopa amount in flower is higher (P<0.01) than leaf and pod. In our study, the highest L-dopa rate was 0.0096% and this rate was lower than scanned literature. It could be many reasons as kind of seed and soil conditions. Longo et al (1974) reported that *V. faba* var: minor had been the most content of L-dopa; Huang & Chen (1998) reported that if potassium nitrate and ammonium nitrate are used together L-dopa content increases and phosphate are negatively correlated with calcium but positively correlated with zinc content of soil.

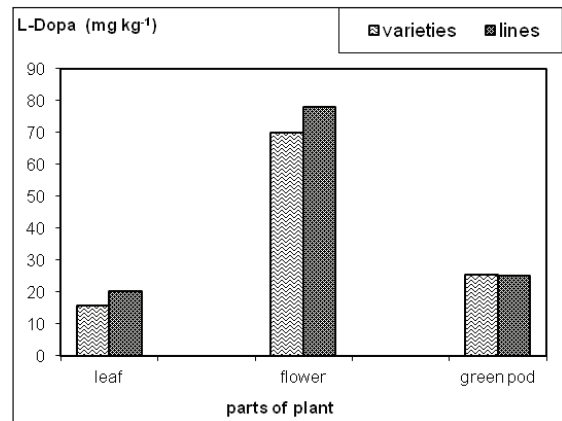


Figure 2- L-Dopa amount (mg kg⁻¹) in leaf, flower and pod of faba bean varieties and lines

Şekil 2- Bakla hat ve çeşitlerinin yaprak, çiçek ve bakladaki L-dopa miktarları (mg kg⁻¹)

4. Conclusions

In today's nutrition concept, health protective properties of food is important as well as their use as a food source. In all over world there is an increasing demand for preventive medicine, alternative medicine and natural ways of treatment. This has increased the popularity in the use of plants. The faba bean can be used as it is a plant contains L-dopa. With this feature, it was the subject of our study.

In this study it is aimed to determine the content of L-dopa in different parts of 22 faba bean genotypes which are sown in winter under the conditions of Samsun. Hence it is aimed to find a feature-rich genotype and discover whether the faba beans can be used for medical purposes rather than a food source.

Faba bean (*Vicia faba* L.), due to content of L-dopa are used as supportive therapy in addition to being a food product. After the result of variance analysis, the content of L-dopa in flowers and green pod were found to be statistically different in between the genotypes. Flowers of faba bean are not used as a food or tea. But L-dopa content of flower was founded more than pod and leaf. How can flowers of faba bean be used as a food, this situation should be investigated.

Using these results, it is essential to select L-dopa-rich genotypes and analyze samples that will collected more frequently during the development of the plant.

The fact that this metabolite content of plant does not mean that it can be suggested in direct medical purposes. It would not be scientific. Also these metabolites are considered blockers. Receiving less creates a drug effect (positive) when receiving in high dose it creates some health problems. For this reason, studies with a multidisciplinary infrastructure that could be used for medical purposes should be laid out. The most important step for the sustainability of life is the sustainability of agriculture. In order to this, the sustain of soil and biodiversity should be preserved. In this respect, we consider legumes significant and faba bean among

them is not widely used in our country. However, our country is one of the homeland of faba bean. To determine the use of the plant against PD will increase its popularity.

References

- Bozoğlu H (2005). Baklada (*Vicia faba* L.) Çiçeklenme ve Meyve Bağlama Durumlarının Tespiti ve Tane Verimi İle İlişkileri. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi* 5-9 Eylül Antalya, Cilt II, s. 637-642
- Cenarruzabeitia M N, Soria A & Larralde J (1978). The content of L-DOPA And its precursor L-tyrosine in *Vicia faba* grown in the north of Navarre. *Anales de Edafologiy Agrobiologia* **37**: 677-681
- Chowdhury S, Meunier C C, Cappelletti L & Sherer T B (2014). Improving patient participation in Parkinson's clinical trials: The experience of the Michael J Fox Foundation *Clinical Investigation* **4**: 185-192
- Daxenbichler M E, VanEtten C H, Hallinan E A, Earle F R & Barclay A S (1971). Seeds as Sources of L-Dopa. *Journal of Medicinal Chemistry* **14**: 463-485
- Dorsey E R, Constantinescu R, Thompson J P, Biglan K M, Holloway R G, Kieburz K, Marshall F J, Ravina B M, Schifitto G, Siderowf A & Tanner C M (2007). Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations. *Neurology* **68**: 384-386
- Fox M (2013). Dopamine, Acetylcholine and Parkinson's Disease. <http://www.livestrong.com/article/442896-dopamine-acetylcholine-and-parkinsons-disease>. Accessed April, 4, 2013
- Holden K (2006). Fava Beans, Levodopa, and Parkinson's Disease; <http://www.scienzavegetariana.it/nutrizione/favabeans.html>. (Accessed January, 25, 2014)
- Huang S Y & Chen S Y (1998). Efficient L-DOPA production by *Stizolobium hassjoo* cell culture in a two stage configuration. *Journal of Biotechnology* **62**: 95-103
- Ingle P K (2003). L-Dopa bearing plants. *Natural Product Radiance* **2**(3): 126-133
- Kohlmunzer S, Diak Nad J & Danek H (1975). Search for sources and the possibilities of isolation of L-DOPA from local plant raw materials. *Herba Polonica* **21**: 366-370
- Longo R, Castellani A, Sberze P & Tibolla M (1974). Distribution of L-DOPA and related amino acids in *Vicia*. *Phytochemistry* **13**(1): 167-171

- Lucas-Carrasco R, Den Oudsten B L, Eser E & Power M J (2014). Using the satisfaction with life scale in people with parkinson's disease: A validation study in different European countries. *The Scientific World Journal* doi.org/10.1155/2014/680659
- Mohseni Mehran S M & Golshani B S (2013). Simultaneous determination of levodopa and carbidopa from fava bean, green peas and green beans by high performance liquid gas chromatography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 7(6): 1004-1007
- Musacchio J M (2013). Chapter 1: Enzymes involved in the biosynthesis and degradation of catecholamines. In Iverson L. *Biochemistry of Biogenic Amines*. Springer. pp.1-35. ISBN 1-4684-3171-4
- PHD (2016). Dünya Parkinson Günü. Parkinson Hastalığı Derneği. <http://www.parkinsondernegi.org.tr/menu/55/dunya-parkinson-gunu> (Accessed February, 29, 2016)
- Sepetoğlu H (1994). Yemeklik Dane Baklagiller. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ders Notları No: 24, İzmir
- Shetty P, Atallah M T & Shetty K (2003). Stimulation of total phenolics, l-dopa and antioxidant activity through proline-linked pentose phosphate pathway in response to proline and its analogue in germinating fava beans (*Vicia faba*). *Process Biochemistry* 38(12): 1707-1717
- Shivananda T N, Haris G U, Rao V & Khanam S (2003). *National Academy Science Letters* 26: 36-43
- Şehirali S (1988). Yemeklik Tane Baklagiller. A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları: 1089, Ders Kitabı: 314, Ankara
- Vered Y, Grosskopf I, Palevitch D, Harsat A, Charach G, Weintraub M S & Graff E (1997). The influence of *Vicia faba* (broad bean) seedlings on urinary sodium excretion. *Planta Medica* 63(3): 237-240
- WHO (2006). 3,8 Parkinson's disease. *Neurological Disorders; Public health challenges*. pp. 140-148. http://www.who.int/mental_health/neurology/neurological_disorders_report_web.pdf (Accessed January, 25, 2014)



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Morphological, Agronomical, Phenological and Stand Persistence Traits of Some Wild Narrowleaf Birdsfoot Trefoil (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) Populations

Ferat UZUN^a, Hasan Beytullah DÖNMEZ^b, Ahmet DAL^c, Mustafa SÜRME^d, Tamer YAVUZ^e,
Mehmet Arif ÖZYAZICI^f, Necda ÇANKAYA^g

^aOndokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Samsun, TURKEY

^bCukurova University, Tufanbeyli Vocational School, Adana, TURKEY

^cAgricultural Credit Cooperatives, Burdur, TURKEY

^dAdnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın, TURKEY

^eAhi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Kirsehir, TURKEY

^fSiirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Siirt, TURKEY

^gBlack Sea Agricultural Research Institute, Samsun, TURKEY

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Ferat UZUN, E-mail: fuzun@omu.edu.tr, Tel: +90 (536) 528 82 40

Received: 01 April 2014, Received in Revised Form: 10 January 2015, Accepted: 10 January 2015

ABSTRACT

Existing information on the ecology, distribution and plant traits of *Lotus* taxa is scant for the natural flora of Turkey, which is one of the most important countries in the Mediterranean zone for genetic resources and genetic diversity of these species. Therefore, the aim of this study was to determine (i) morphologic, agronomic, phenologic, stand persistence traits and growth habits of some wild narrowleaf birdsfoot trefoil (NBT; *Lotus tenuis* Waldst. & Kit.), and (ii) the relationships between these traits and altitude, latitude or longitude of the natural habitats, the samples of which were obtained from diverse natural areas of Black Sea Region, Turkey. The altitudes of sampling sites ranged from 1 to 1510 m. A total of 86 wild NBT were sampled in the study. NBT was present in all ranges of altitude, although its frequency was the highest in altitudes between 1-300 m. On the other hand, considerable variations were determined for the investigated traits, except for growth habit in which all populations had decumbent growth habit. The results of the present study indicate that NBT better adapted to lowlands and studied region offers important genetic resources for further researches and also may serve as a valuable breeding material for new grazing-type and disease resistant NBT varieties.

Keywords: *Lotus tenuis*; Genetic resources; Variation; Growth habit; Disease resistance

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Bazı Yabani Dar Yapraklı Gazal Boynuzu (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) Populasyonlarının Morfolojik, Agronomik, Fenolojik ve Tesis Ömrü Özellikleri

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Ferat UZUN, E-posta: fuzun@omu.edu.tr, Tel: +90 (536) 528 82 40

Geliş Tarihi: 01 Nisan 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 10 Ocak 2015, Kabul: 10 Ocak 2015

ÖZET

Genetik kaynaklar bakımından Akdeniz İklim Kuşağı'nda yer alan en önemli ülkelerden biri olan Türkiye'nin, doğal florasında yer alan gazal boynuzu türlerinin; ekolojisi, dağılımı ve bitkisel özellikleri hakkındaki bilgi oldukça sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi doğal alanlarından örneklenen yabancı daryapraklı gazal boynuzu (DGB) populasyonlarının; morfolojik, agronomik, fenolojik ve tesis ömrü özellikleri ile gelişme formlarının belirlenmesi ve bu özellikler ile örnek alanlarının rakım, enlem ve boylam değerleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Örnek alanlarının rakımları 1 ile 1510 m arasında değişmiştir. Çalışmada 86 adet yabancı DGB örneklenmiştir. DGB, çalışma yapılan her rakım derecesinde bulunmakla birlikte, bulunma sıklığı 1-300 m rakım aralığında daha fazla olmuştur. Diğer yandan gelişme formu hariç, incelenen tüm özelliklerin çok önemli varyasyonlar gösterdikleri belirlenmiştir. Bütün DGB populasyonları yatık gelişme formu göstermişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, DGB populasyonlarının düşük rakımlı alanlara daha iyi uyum sağladığını ve çalışılan bölgenin, başta otlakiye amaçlı ve hastalıklara dayanıklı yeni DGB çeşitlerinin geliştirilmesi olmak üzere yapılacak her türlü çalışmalar için zengin genetik materyal kaynağına sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Dar yapraklı gazal boynuzu; Genetik kaynak; Varyasyon; Gelişme formu; Hastalığa dayanım

1. Introduction

Turkey is one of the most important countries in the Mediterranean zone for plant genetic resources and genetic diversity. The natural environment of Turkey is very diverse, ranging from subtropical to the cold temperate zones. This ecological diversity has contributed to high genetic diversity and has allowed the successful introduction and cultivation of a great number of plant species. Davis (1970) reported 925 legume species in 60 genera from Turkey. The Black Sea Region in the north of Turkey is also one of the richest regions for plant genetic resources diversity. This region is show much variation and distribution for many legume species and thus it is an important region for investigation of birdsfoot trefoil genetic resources (Tan 2010).

The narrowleaf birdsfoot trefoil (*Lotus tenuis*) (NBT) is herbaceous perennial forage which is adapted to low fertility, water logged and saline soils (Dear et al 2003). It is increasingly used in pastures over the world because of their high adaptation capability and productivity in a wide range of soils and climatic conditions like other *Lotus* species (Blumenthal & McGraw 1999). In Turkey, the scientific information on the ecology, distribution and plant characteristics of *Lotus* taxa genetic resources, including NBT are scant (Uzun et al 2008). Efficient utilization of the genetic potential requires detailed knowledge about the genetic

resources, including genetic diversity studies, evaluation and classification (Beuselinck & Steiner 1992).

The objectives of this research were to determine morphologic, agronomic and phonologic, stand persistence traits and growth habits of some wild NBT populations sampled from the Black Sea Region of Turkey, and also to determine the relationships of these traits with geographic features of sampling sites.

2. Material and Methods

A total of 86 wild populations of NBT seeds were sampled from the natural areas of the Black Sea Region (31°33' - 37°32' E and 40°06' - 42°03' N), Turkey in summer periods of 2009 and 2010. The sampling area has an irregular topography with elevations from 1 to about 1510 m (Table 1 and Figure 1). The distance between two sampling sites was at least 8 km. All the chosen sites were checked for NBT plant and as it stumbled up on, this site was recorded as sampling site. The size of the each site was nearly 1 ha. Each population was represented by minimum 50 plants (Brown & Marshall 1995). The populations were sampled mainly from meadows or pastures that had not been cultivated or actively managed for pasture improvement. In each population, mature pods were randomly sampled on

a site with uniform growing conditions. Accession codes of NBT populations were created by traffic codes of province, the first two letters of county and sample order (Table 1).

The glasshouse and field studies of this study were carried out in the Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun, between 2010 and 2012 years. The experimental site was located at 41°17' N, 36°21' E, elevation 4 m. The area has a mild and humid climate with a mean annual temperature of 14.4 °C and a mean annual precipitation of 675.1 mm (1974-2013 years).

Firstly, the seeds of each population were sown into plug trays containing peat and grown in glasshouse conditions under natural light in mid of September 2010. Forty-five seedlings from each population were randomly selected and transplanted into the field with three replications at the 8-10 cm length stage at spacing of 0.9 x 0.9 m in end of November 2010.

In this study, hay yield, seed yield, and root and crown-rot diseases severity data were obtained in 2011 and 2012 years. Other data were obtained at the first experimental year. The 15 plants from each population were harvested manually at the beginning of flowering stage for hay three times in 2011 and two times in 2012. When 65-70% of the pods turned brown in colour, the other 15 plants were harvested for seed yield. The ratios of disease of populations were determined at the end of the second growing season. Morphological and phenological data were obtained on the remaining 15 plants. The data were obtained and evaluated according to ICARDA (2001) and IBPGR (1991).

Firstly, the data were analyzed by means of descriptive statistics (mean±standard deviation). Secondly, the relationship between evaluated traits and geographical features of the collecting-site locations were investigated by using correlation analysis. Thirdly, for a better overview of diversity or similarity in populations, principal component analysis (PCA) and scatter plot analysis were performed with PASW/SPSS Statistics 18 programme on traits to determine relationships

among populations. In the PCA, the data were used to generate Eigen Values, the percentage of the variation accumulated by PCA and the load coefficient values which relate the values. Those PC with Eigen Values >1.0 were selected and those traits with load coefficient values >0.6 were considered highly relevant traits scored for that PC (O'Rourke et al 2005).

3. Results and Discussion

3.1. Distribution regarding to altitude

Distributions of populations based on altitude of sampling sites are given in Table 1. The ratio of gathered NBT populations were 41% in 0-300 m, 25% in 301-600 m, 20% in 601-900 m, 12% in 901-1200 m and 2% in 1201-1510 m altitude. These results indicate that there was a decrease in present frequency of NBT with increasing altitude. Although it has been reported that NBT may be adapted to all ranges of altitude (Davis 1970; Drobná 2010), based on findings of present study and some other studies (Steiner & Santos 2001; Drobná 2010), it can be said that NBT better adapted to lowlands.

3.2. Population description

In the study, it was observed that all of populations had spreading growth habit and there were no rhizome.

Based on the leaflet measurements which were performed at bloom stage the populations were variable for middle leaflet length and width. The middle leaflets size ranged between 0.90-1.76 cm and (length) and 0.28-0.67 cm (width). The populations differed in the number of stems per plant, ranged from 23.33 to 73.17. The length of main stem varied between 50.00 and 96.67 cm. The populations were also quite variable for stem height. The stem height of populations changed between 8.22 and 30.67 cm (Table 2). Plant heights of all populations were low due to the decumbent growth habit. As known, shorter forage species are considered more suitable for grazing than taller types (Ayala 2001). Indeed, collecting sites of the populations have been grazed throughout the year.

Table 1- Distribution of 86 wild narrowleaf birdsfoot trefoil populations based on altitude of sampling sites

Çizelge 1- Örneklenen 86 yabani dar yapraklı gazal boynuzunun bölge yükseltilerine göre dağılımı

No	Altitude (m)				
	0-300	301-600	601-900	901-1200	1201-1510
1	37CI01(37)*	05MI02(2)	05TA04(15)	05GU02(5)	37DE02(39)
2	67CA01(43)	05MI03(3)	05GU01(4)	78ES02(58)	37TO02(42)
3	67CA02(44)	05MI01(1)	05HA01(8)	55LA01(80)	
4	67CA03(45)	05GO01(6)	05HA02(9)	60AR01(22)	
5	67CA04(46)	05GO02(7)	60MI01(16)	60AR02(23)	
6	67DE01(47)	05ME01(10)	37AR01(35)	37MI02(33)	
7	67GO01(49)	05SU01(11)	37MI01(32)	37AG01(34)	
8	67GO02(50)	60MI02(17)	37TO01(41)	37IH01(36)	
9	67FI01(51)	60MI03(18)	78ES01(57)	37IN01(40)	
10	67SA01(52)	60MI04(19)	78SA02(56)	37DE01(38)	
11	74MI01(59)	60MI05(20)	14MN01(77)		
12	74MI02(60)	60MI06(21)	14MN02(78)		
13	74MI03(61)	60RE01(31)	14 MN03(79)		
14	74IN01(63)	78MI02(54)	14MI01(76)		
15	52UN01(71)	78MI01(53)	55VE02(82)		
16	52UN02(72)	78SA01(55)	18IL01(85)		
17	52UN03(73)	74AM01(62)	18IL02(86)		
18	52UN04(74)	19OS01(66)			
19	52FA01(75)	19OS02(67)			
20	57MI01(83)	19OS03(68)			
21	57HE01(84)	19OS04(69)			
22	05TA01(12)	19OS05(70)			
23	05TA02(13)				
24	05TA03(14)				
25	60ER01(24)				
26	60ER02(25)				
27	60ER03(26)				
28	60NI01(27)				
29	60NI02(28)				
30	60NI03(29)				
31	60NI04(30)				
32	67DE02(48)				
33	74UL01(64)				
34	74UL02(65)				
35	55VE01(81)				

*, the values in the parenthesis described the codes of population's distribution in Figure 2

**Figure 1- Black Sea Region from which wild narrowleaf birdsfoot trefoil (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) genetic resources were sampled**

Şekil 1- Yabani dar yapraklı gazal boynuzu genetik kaynaklarının toplandığı Karadeniz Bölgesi

The number of raceme per plant, number of flowers and pods per raceme varied from 604 to 2566, 3.73 to 6.80 and 2.17 to 4.93, respectively. The maximum number of seed per pod was 28.7 and the minimum 7.0. There were significant correlations between leaflet length ($r = -0.255^*$), stem number ($r = -0.278^{**}$), stem length ($r = -0.376^{**}$), stem height ($r = -0.213^*$), number of seed per pod ($r = -0.280^*$) and altitude. In addition to, the correlation between raceme number ($r = -0.227^*$) and latitude was statistically significant (Table 2).

As shown in Table 2, average DM yields were 146.40 and 121.30 g plant⁻¹ in the first and the second years, respectively. The populations 74MI03 and 19OS02 had highest mean DM yields per plant (223.60 and 257.80 g plant⁻¹, respectively), while the lowest mean DM yields per plant was 64.00 g plant⁻¹ in population 37DE01 at the first year and 42.26 g plant⁻¹ in 37MI02 at the second year, respectively. The low DM yield might be attributed to the less cutting number according to first year, because plants did not re-grow or die after second cutting in 2012.

The leaf to stem ratio varied between 0.54 and 1.02. Leaf to stem ratio is an important trait in determining herbage quality, diet selection and forage intake (Forbes & Coleman 1993). This trait has been used successfully to predict forage quality parameters in birdsfoot trefoil and alfalfa (Buxton et al 1985). Also, these authors reported that attempts to improve forage quality of alfalfa and birdsfoot trefoil should be directed toward the lower portion of the plant canopy and stem.

The populations were also quite variable for seed yield. Average seed yields were 28.10 and 24.25 g plant⁻¹ in 2011 and 2012 years, respectively. The reason of the differences of seed yields in first and second year might be attributed to differences of insect pollinator amount and activity in these years.

The highest seed yields per plant were 74.64 and 91.90 in population 19OS02, the lowest 3.33 and 2.39 g plant⁻¹ in population 37IH01 in 2011 and 2012, respectively. 1000 seed weigh ranged between 0.78 and 1.61 g.

There were significant correlations between DM yield ($r = -0.477^{**}$ and $r = -0.247^*$ in 2011 and 2012, respectively), leaf/stem ratio ($r = 0.224^*$), 1000 seed weight ($r = 0.479^{**}$) and altitude. Furthermore, the correlation between seed yield ($r = -0.232^*$) and latitude was statistically significant in the first year but no significant in the second year.

The first flower, full flower and end of flowering stage of populations were ranged between 239 and 266, 269 and 275, and 307 and 316 days, respectively. Mean number of days to first pod and mature pod were varied from 257 to 274 and from 279 to 296 days, respectively. Correlation between altitude and number of days to last flower was significant (0.237^*). There were significant correlations between number of days to first flower ($r = -0.395^{**}$), first pod ($r = -0.325^{**}$), full flower ($r = -0.380^{**}$), first mature pod ($r = -0.547^{**}$) and altitude. No significant relationship was found between evaluated traits and longitude (Table 2).

The results related to morphological traits were corroborated those obtained by Drobná (2010) who reported that the most variable were the quantitative traits related to stem and number of inflorescence per stem. Variability also exists for specific agronomic traits, including herbage yield and quality, flowering habit, insect resistance and reproductive compatibility (Santos et al 2001). The morphological traits of plants in terms of size and growth habit are influenced by genotype and environment or their interaction. Furthermore, morphological variations among populations are strongly associated with geographical features of the collecting-site locations (Drobná 2010). In the present study, considerable variations for the morphological traits of NBT populations in terms of size and reproductive growth were resulted in the genotype due to the populations grown in the same environment. The number of stem per plant ($r = 0.465^{**}$), stem length ($r = 0.628^{**}$) and stem height ($r = 0.628^{**}$) were the main contributor to DM yield (data not shown in table) because the general appearance of the plants ranged from small and weak to large plants with a high number of stems (Drobná 2010). The DM yields

Table 2- Descriptive statistics of morphologic, agronomic and phenologic traits and correlation coefficients (r) between traits and sampling-site altitude and latitude of narrowleaf birdsfoot trefoil populations (n= 86)

Çizelge 2- Yabani dar yapraklı gazal boynuzunun morfolojik, agronomik ve fenolojik özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve bu özellikler ile yükselti ve enlem arasındaki korelasyon katsayıları (r), (n= 86)

Traits	Mean±SD	Min-Max	Among- population CV(%)	Correlation coefficient	
				Altitude	Latitude
Central leaflet length (cm)	1.27±0.17	0.90-1.76	13.44	-0.255*	-0.110
Central leaflet width (cm)	0.44±0.09	0.28-0.67	19.74	-0.107	-0.073
No. of stems per plant	45.44±9.70	23.33-73.17	21.34	-0.278**	0.155
Length of main stem (cm)	73.94±11.1	50.00-96.67	14.96	-0.376**	-0.021
Height of stem (cm)	17.23±4.76	8.22-30.67	27.62	-0.213*	-0.185
No. of raceme per plant	1544±439.3	604-2566	28.44	-0.189	-0.227*
No. of flowers per raceme	5.59±0.51	3.73-6.80	9.10	-0.131	0.165
No. of pods per raceme	3.32±0.48	2.17-4.93	14.46	-0.075	0.101
No. of seeds per pod	16.02±3.91	7.00-28.70	24.39	-0.280**	0.095
DM yield (g plant ⁻¹)	2011 146.40±40.2	64.00-257.80	27.48	-0.477**	0.085
	2012 121.30±44.83	42.26-234.89	37.00	-0.247*	-0.109
Leaf/stem ratio (%)	0.73±0.11	0.54-1.02	15.69	0.224*	0.010
Seed yield (g plant ⁻¹)	2011 28.10±14.2	3.33-74.64	50.48	-0.175	-0.232*
	2012 24.25±16.3	2.39-91.90	67.00	-0.057	-0.189
1000 seed weight (g)	1.11±0.17	0.78-1.61	15.48	0.479**	-0.127
Disease severity (%)	2012 42.38±19.5	0-92	46.02	0.180	-0.144
No. of days to first flower	255±4.86	239-266	1.91	0.119	-0.395**
No. of days to first pod	263±3.57	257-274	1.36	0.077	-0.325**
No. of days to full flower	271±1.48	269-275	0.55	-0.009	-0.380**
No. days to first mat. pod	286±4.10	279-296	1.43	0.113	-0.547**
No. of days to last flower	311±2.15	307-316	0.69	0.237*	-0.011

** , P<0.01; * , P<0.05

of 74MI03, 67FI01, and 60MI05 populations were higher compared to other populations based on stem number, stem length and height, which are the most variable morphological traits in the present study. Therefore, our results on variation in morphological traits also support the idea that variation in morphological traits are revealed by the existence of considerable variation in form and growth of plants such as stem length and shape, number of flowers in inflorescence etc. as mentioned by Drobná (2010).

As reported by Drobná (2010), morphological and agronomical variations were strongly associated with altitude of the collecting-site. The traits of stem, leaflet length, number of seed per pod, herbage yield, leaf to stem ratio and 1000 seed weight were influenced highly by altitude (Table 2). All morphological traits exhibited negative correlation with altitude in our study. Most of the populations from locations with lower altitude tended to produce plants with high DM yield, number of longer stems, seed yield and the number

of raceme per plant, inflorescence per plant and seed per pod etc. compared to populations from locations with higher altitude.

A major factor limiting more widespread use of *Lotus* taxa is the fact that achieving a high seed yield in these species is difficult (McGraw & Beuselinck 1983). In high variation in terms of seed yield of *Lotus* taxa, number of raceme per plant, number of pod per raceme, number of seed per pod and seed weight have been identified as major contributing traits (Garcia-Diaz & Steiner 2000; Vignolio et al 2010). Furthermore, Li & Hill (1989) and Qingfeng (1989) reported that the seed yield is primarily determined by the number of inflorescences produced per plant, in turn, inflorescence number is primarily depending on the number of shoots available at the time of flowering. In the present study, there are the significant positive relationships between seed yield and the number of raceme per plant ($r=0.423^{**}$) and also seed per pod ($r=0.281^{**}$) (data not shown). Therefore, it can be suggested that high number of raceme, number of seed per pod, 1000 seed weight and stem number should be used as selection criteria for improving seed production according to our results and reports by above researcher.

A high phenotypic variability among the populations in terms of studied phenological traits can be related to a high phenotypic plasticity and/or genetic variations among the individuals (Ferraro et al 2010). This causes the spreading of NBT in the heterogeneous environment. Indeed, genetic differentiation in phenotypic traits has been frequently demonstrated among populations of wide-ranging species (Quinn & Wetherington 2002). Flowering habit of NBT is indeterminate, so flowering is extended over a long period of time. Qingfeng (1989) reported that the continuous development of new shoots replacing older flowering shoots was the main cause of the long flowering period.

3.3. Stand persistence

There was no diseased plant in the first year, while the ratio of disease of populations varied from

17 to 92% in 84 populations in the end of second year. Disease was not observed in 37TO01 and 67CA01 populations. These two populations can be very important in disease resistance studies. *Lotus* taxa have poor stand persistence (Altier & Kinkel 2005). These authors reported stand losses of 68 to 90% within 2 year of establishment due to root and crown-rot diseases for birdsfoot trefoil. Persistence in humid regions is shortened by disease (Beuselinck et al 1984). The moisture was quite high our study area in vegetation period varied between 78.1 and 82.6%. The results of our study were similar to the study of these authors. Astley (1987) reported that germplasm collections can contain genes for resistance to pests, diseases, and abiotic stresses, and help to ensure that potentially useful genetic variation is preserved for future needs. Rhizomatous types of *Lotus* taxa offer an additional strategy to improve stand persistence (Beuselinck et al 2005). However, no a rhizomatous growth form within populations was observed.

3.4. Principal component and cluster analysis

To assess the relative significance of evaluated traits, PCA was carried out. PCA revealed that the first six PCs explained 68.47% of the total variation. The attributes that appeared to be the major sources of diversity within the evaluated populations were the number of days to first flower, first pod, full flower and first mature pod (PC1). Length of main stem, number of raceme per plant, dry matter and seed yields explained PC2. The 1000 seed weight, leaflet length and width, and number of stems per plant explained on the PC3, PC4, and PC6, respectively. Therefore, the above-mentioned traits primarily must be taken into consideration for selection. Based on the distance matrix for the distributions of populations on the first two axes, some populations (e.g. populations of 45, 49, 64 and 78 etc.) were closely similar to each other while some (e.g. populations of 32, 13, 61 and 76) were notably quite different from each other (Figure 2).

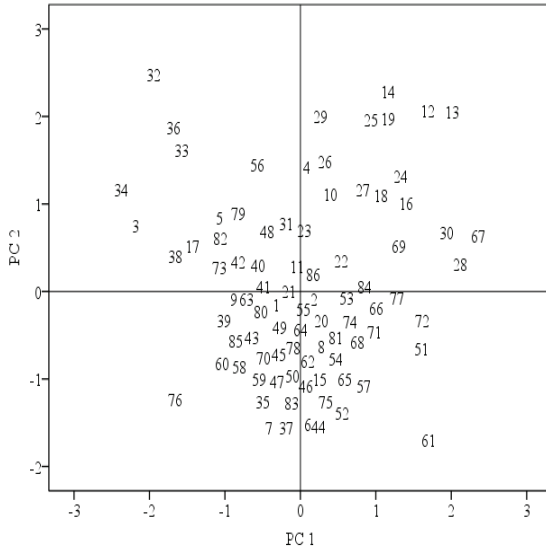


Figure 2- Distribution of populations on the PC1 (22.59) and PC2 (39.92) refer to the codes of Table 1

Şekil 2- Çizelge 1'deki kodlara göre PC1 (22.59) ve PC2 (39.92) popülasyon dağılımı

4. Conclusions

The results of the present study indicate that studied region may offer important NBT genetic resources for further researches and serve as a valuable breeding material. For example, new grazing-type and disease resistant NBT varieties may be improved from studied populations for improving pasture where alfalfa and other legumes cannot grow.

Acknowledgements

This research was supported by TÜBİTAK (Project No. 108O658). The authors sincerely thank Dr. Ahmet Balkaya and Dr. Nuh Ocak for critical review of the paper.

References

Altier N A & Kinkel L L (2005). Epidemiological studies on crown and root rot of birdsfoot trefoil in Uruguay. *Lotus Newsletter* **35**(1): 42-58

Astley D (1987). Genetic resource conservation. *Experimental Agriculture* **23**: 245-257

Ayala W (2001). Defoliation management of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). PhD Thesis, Massey University, New Zealand

Beuselinck P R, Peters E J & McGraw R L (1984). Cultivar and management effects on stand persistence of birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal* **76**: 490-492

Beuselinck P R & Steiner J J (1992). A proposed framework for identifying, quantifying, and utilizing plant germplasm resources. *Field Crops* **29**: 261-272

Beuselinck P R, Brummer E C, Viands D K, Asay K H, Smith R R, Steiner J J & Brauer D K (2005). Genotype and environment affect rhizome growth of birdsfoot trefoil. *Crop Science* **45**: 1736-1740

Blumenthal M J & McGraw R L (1999). *Lotus* adaptation, use and management. In: P R Beuselinck (Ed), *Trefoil: The science and technology of Lotus*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 97-119

Brown A H D & Marshall D R (1995). A basic sampling strategy: Theory and practice. In: L Guarino, R V Ramanatha & R Read (Eds), *In collecting plant genetic diversity. Technical guidelines*, Wallingford. pp. 75-92

Buxton D R, Hornstein J S, Wedin W F & Marten G (1985). Forage quality in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover. *Crop Science* **25**: 273-279

Davis P H (1970). *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. **3**: 518-531, University Press, UK: Edinburgh

Dear B S, Moore G A & Hughes S J (2003). Adaptation and potential contribution of temperate perennial legumes to the southern Australian wheatbelt: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **43**: 1-18

Drobná J (2010). Morphological variation in natural populations of *Lotus corniculatus* in association to geographical parameters of collecting sites. *Biologia, Section Botany* **65**(2): 213-218

Ferraro G, Filip R, Pero M, Basualdo N, Mendoza R & Garcia I (2010). Flavonoids of *Lotus tenuis* (Waldst & Kit.) as markers of populations growing in soils of different saline and hydrologic conditions. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **21**(9): 1739-1745

- Forbes T D A & Coleman S W (1993). Forage intake and ingestive behaviour of cattle grazing old world bluestems. *Agronomy Journal* **85**: 808-816
- Garcia-Diaz C C & Steiner J J (2000). Birdsfoot trefoil seed production: II. Plant water status on reproductive development and seed yield. *Crop Science* **40**: 449-456
- IBPGR (1991). Descriptor list for forage legumes (Birdsfoot trefoil). International Board for Plant Genetic Resources, Via delle Sette Chiese 142, 00145, Rome, Italy
- ICARDA (2001). Germplasm Program. Legume International Testing program 2000/2001. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo
- Li Q & Hill M L (1989). A study of flower development and seed yield components in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*). *Journal of Applied Seed Production* **7**: 65-69
- McGraw R L & Beuselinck P R (1983). Growth and seed yield characteristics of birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal* **75**: 443-446
- O'Rourke N, Hatcher L & Stepanski E J (2005). A step-by-step approach to using SAS for univariate and multivariate statistics, 2nd edn. Cary, NC:SAS Inst Inc and Wiley
- Qingfeng L (1989). Seed production in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). PhD thesis, Univ of Massey, Palmerston, US
- Quinn JA & Wetherington J D (2002). Genetic variability and phenotypic plasticity in flowering phenology in populations of two grasses. *Journal of the Torrey Botanical Society* **129**(2): 96-106
- Santos G, Steiner J J & Beuselinck P R (2001). Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. genotypes: II. Crossing ability. *Crop Science* **41**: 564-570
- Steiner J J & Santos G G (2001). Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. Genotypes. I. Plant morphology and RAPD marker characterizations. *Crop Science* **41**: 552-563
- Tan A (2010). State of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture of Turkey. Meta Press, Izmir
- Vignolio O R, Cambareri G S & Maceira N O (2010). Seed production of *Lotus tenuis* (*Fabacea*), a forage legume: Effects of row spacing, seeding date, and plant defoliation. *Crop & Pasture Science* **61**: 1027-1035
- Uzun F, Sulak M & Ugur S (2008). The importance of birdsfoot trefoil species for Turkey. *Turkish Journal of Scientific Reviews* **1**(2): 45-54



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Türkiye'nin Farklı Coğrafik Bölgelerinden Toplanan *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv. Doğal Popülasyonlarının Morfolojik Karakterizasyonu

Gülsemin SAVAŞ TUNA^a, İsmet BAŞER^b, Metin TUNA^b

^aEbru Nayim Fen Lisesi, Süleymanpaşa, Tekirdağ, TÜRKİYE

^bNamık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Gülsemin SAVAŞ TUNA, E-posta: glsvs@yahoo.com, Tel: +90 (505) 253 34 30

Geliş Tarihi: 07 Temmuz 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 10 Ocak 2015, Kabul: 10 Ocak 2015

ÖZET

Brachypodium distachyon (yalancı parlak brom), serin mevsim buğdaygilleri için yeni bir model bitkidir. Bu çalışmada, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü koleksiyonunda bulunan ve ülkemizin farklı coğrafik bölgelerinden toplanmış 48 adet doğal *B. distachyon* popülasyonu materyal olarak kullanılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve kontrolsüz sera (plastik) koşullarında yürütülmüştür. Popülasyonlar 17 morfolojik özellik bakımından karakterize edilmiş ve morfolojik karakterlerin yükseklik ile olan ilişkileri incelenmiştir. Popülasyonların ortalama olarak bitki boylarının 24.7 cm, bayrak yaprak ayası boyunun 5.6 cm, bayrak yaprak ayası eninin 4.5 mm, biyokütle (kök hariç) 4.5 g bitki⁻¹, başaklı sap sayısının 34 adet, başaksız sap sayısının 4 adet, bitki başına başakçık sayısının 111 adet, bitki başına tohum sayısının 372 tohum, bitkilerin sahip olduğu tohum ağırlığının 1.95 g, bin tane ağırlığının 5.22 g olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tohumların çimlenme süresinin ortalama 15 gün, bitkilerin başak çıkarma süresinin 125 gün ve çiçeklenme süresinin 136 gün olduğu tespit edilmiştir. Bitkilerin genel olarak yeşil renkte, tüylü yapıda ve dik formda olduğu, ancak bazı popülasyonlarda yatık ve yarı dik formların da bulunduğu gözlenmiştir. Morfolojik karakterlerdeki varyasyon Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanılarak incelenmiştir. Yapılan korelasyon analizinde yükseklik arttıkça bitkilerde çimlenme süresinin azaldığı, bin tane ağırlığı ve bitki görünümü değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *B. distachyon* koleksiyonunda morfolojik karakterler bakımından büyük bir varyasyon olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Brachypodium distachyon*; Morfolojik özellik; Varyasyon; Temel bileşen analizi; Korelasyon; Genetik kaynak

Morphological Characterization of *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv. Natural Populations Collected from Different Geographical Regions of Turkey

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Gülsemin SAVAŞ TUNA, E-mail: glsvs@yahoo.com, Tel: +90 (505) 253 34 30

Received: 07 July 2014, Received in Revised Form: 10 January 2015, Accepted: 10 January 2015

ABSTRACT

Brachypodium distachyon is a new model plant species for cool season grasses. In this study, 48 natural *B. distachyon* populations from the collection stored at Namık Kemal University, Department of Field Crops; which were collected from different geographic regions of Turkey were used. Seventeen morphological characters and their relationship with altitude were investigated in the study. Based on the result of study, average properties were 24.7 cm for plant height, 5.6 cm for length of flag leaf, 4.5 mm for width of flag leaf, 4.5 g for biomass weight (except the root), 34 for spike number per stem, 4 for number of stem without spike, 111 for number of spikelet per plant, 372 for number of seed per plant, 1.95 g for seed weight per plant, and 5.22 g for the thousand kernel weight. Additionally, average duration for seed germination, heading and anthesis were determined to be 15, 125, and 136 days respectively. It was determined that most of the plants had green colour, feathered structure and erect forms. But, semi-erect and even prostrate forms were also observed in some populations. All the data was subjected to principle component analysis. The results of the analysis indicate that *B. distachyon* collection used in this study have a tremendous morphological variation. Based on the results, duration of the germination had a negative correlation with increasing altitude while thousand kernel weight and plant appearance had a positive correlation.

Keywords: *Brachypodium distachyon*; Morphological characteristics; Variation; PCA; Correlation; Genetic resources

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Brachypodium distachyon (Bd), sistematik olarak ekonomik ve tarımsal açıdan çeşitli önemli özelliklere sahip 600 cins ve 10000 den fazla tür içeren *Poaceae* familyasında yer almaktadır (Robertson 1981; Davis 1985). Yapılan çalışmalarda *B. distachyon* türünün Pooideae alt familyasının gelişmesi sırasında ortak atadan gelen önemli tahıllar ve yem bitkilerinin çoğunluğunu içeren “core pooid” cinsinden ayrıldığı belirlenmiştir (Draper et al 2001; Vogel et al 2009). *B. distachyon*, küçük bir genom ($2n=10$, $0.631 \text{ pg } 2\text{CDNA}^{-1}$, Wolny & Hasterok 2009) ve habitusa sahip olması, diploid olması, kendi kendini dölemesi sayesinde iki generasyon döngüsü ile saf hatların elde edilmesi (Draper et al 2001; Vogel et al 2009), bir generasyonda çok sayıda tohum üretebilmesi (Brkljacic et al 2011), vejetasyon süresinin kısa olması (Draper et al 2001; Vogel et al 2006; Garvin et al 2008; Mur et al 2011), sera veya laboratuvar koşullarında kolayca yetiştirilebilmesi (Vogel et al 2006; Garvin et al 2008; Vogel et al 2009), büyük bir ekonomik öneme sahip olan tahıllar (buğday, arpa, yulaf, çavdar) ve çayır mera bitkileri ile yakın akraba olmasından (Catalán et al 1997; GPWG 2001) dolayı son yıllarda buğdaygil bitkileri için model bitki olarak kabul edilmiş ve 2010 yılında genomu sekans edilmiştir (Vogel et

al 2010). Güney Avrupa, Kuzey Afrika ve güney batı Asya'dan Hindistan'a kadar uzanan bölgelerde doğal olarak yetişmekte olan (Mur et al 2011) *B. distachyon* ile çok çeşitli alanlarda çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak; hastalık ve kuraklığa dayanıklılık (Ozdemir et al 2008; Opanowicz et al 2008), serin mevsim buğdaygillerinin değişik karakterlerini haritalamada kullanmak üzere inbred hatlar geliştirmek (Vogel et al 2009; Mur et al 2011), türler arasındaki filogenetik ilişkileri açıklayabilmek (Catalán et al 2011), genetik ve morfolojik çeşitlilik ile coğrafi bölge arasındaki ilişkiyi araştırmak (Filiz et al 2009; Vogel et al 2009; Mur et al 2011; Jaroszewich et al 2012; Neji et al 2015), *Brachypodium*'un morfolojik özellikleri ve gelişim basamaklarını tahıl türleri ile karşılaştırmak (Watt et al 2009; Guillon et al 2012) verilebilir.

Canlıların sınıflandırılmasında, ıslah çalışmalarında ve genetik çeşitliliğin belirlenmesinde genetik özellikler yanında morfolojik karakterler de oldukça değerli bilgiler vermektedir. Bu nedenle çalışmada, ülkemizin farklı coğrafik yapı ve iklime sahip alanlarından toplanmış *B. distachyon* popülasyonlarındaki morfolojik çeşitliliği belirlemek ve yükseklik ile morfolojik karakterler arasındaki ilişkileri tespit etmek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada, ülkemizin Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin doğal florasından toplanmış ve Tarla Bitkileri Bölümü Genetik Kaynak Koleksiyonunda muhafaza edilen 48 adet *B. distachyon* popülasyonu bitki materyali olarak kullanılmıştır. Popülasyonların kod numaraları ve toplandıkları coğrafi bölgelerin özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışma, 2012-2013 yıllarında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nde yürütülmüştür. Popülasyonlara ait tohumlar, 05 Aralık 2012 tarihinde torf-perlit (3:1 oranında) karışımı kullanılarak, çoklu plastik saksılara ekilmiştir. Ekim işlemi üç tekrarlamalı olarak (her popülasyondan 10’ar bitki) gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Günlük kontrolü yapılan tohumların çimlenme tarihleri (gün) tespit edilmiştir. Kontrolsüz sera koşullarında yürütülen çalışmada, ekimden 2 ay sonra bitkicikler içerisinde torf- perlit karışımı bulunan daha büyük saksılara (7 cm x 7 cm) aktarılmıştır (Şekil 2). Gerekliçe bitkilere su ve gübre verilmiştir. Bitkilerin başaklanma ve çiçeklenme tarihleri (gün), bitki boyu (cm), bayrak yaprak boyu (cm) ve eni (mm) gibi morfolojik karakterleri belirlenmiştir (Şekil 2). Gelişmeleri devam eden bitkilerin form yapıları (bitki görünüşü) dik, yatık ve yarı dik olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3). Bitkilerin yaprak rengi ve tüylülük derecesi sterio mikroskop (Olympus SZ61) kullanılarak incelenmiş ve dijital kamera ile fotoğraf çekimi yapılmıştır (Şekil 4, 5). Bitkilerin gelişme durumlarına göre genel görünüşleri (1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi), renkleri (1: açık yeşil, 2: yeşil, 3: koyu yeşil) ve tüylülük dereceleri (1: az tüylü, 2: tüylü, 3: çok tüylü) skala yapılarak incelenmiştir (Şekil 5). Hasat yapılmadan önce her popülasyona ait örneklerin başaklı ve başaksız sap sayıları ile başakçık sayıları belirlenmiştir. Bitkiler kök kısımlarından kesilerek saksılardan uzaklaştırılmış, hassas terazi kullanılarak bitkilerin

toplam biyokütleleri (g) hesaplanmıştır. Daha sonra bitki başına tohum sayısı, tohum ağırlığı ve bin tane ağırlığı karakterleri belirlenmiştir. Varyans analizleri SAS’ın GLM (General Linear Model) prosedürü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Popülasyonlardaki varyasyon Temel Bileşen Analizi (PCA) ile incelenmiştir. Morfolojik karakterlerin birbirleriyle ve yükseklik ile olan ilişkilerini belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada incelenen morfolojik karakterler ve elde edilen verilerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda popülasyonların ortalama bitki boylarının 11 ile 43 cm (ortalama 24.7 cm) arasında değiştiği ve bu farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Bd111, Bd83, Bd100, Bd65, Bd94 ve Bd99 popülasyonlarının bitki boyu bakımından en yüksek (≥ 28 cm) değerlere, Bd38, Bd67 ve Bd41 popülasyonlarının ise en düşük (≤ 20 cm) değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda bitki boyu 3-30 cm (Davis 1985), 20 cm (Draper et al 2001), 34 (21-52) cm (Filiz et al 2009), 15 cm (Vogel & Bragg 2009), 26 (18-35) cm (Catalán et al 2011) ve 5-18 cm (Öney 2013) olarak açıklanmıştır. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile daha önce yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçlar birbirine oldukça benzer olup, aradaki farklılıkların kullanılan genotip ve yetiştirme koşullarının farklı olmasına bağlanabilir.

B. distachyon popülasyonlarının bayrak yaprak ayası boylarının 2 ile 11.5 cm (ort. 5.6 cm), enlerinin ise 2 ile 7 mm (ort. 4.5 mm) arasında değiştiği belirlenmiştir. Her iki karakter bakımından popülasyonlar arasındaki farklılık istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bayrak yaprağı ayası büyüklüğüne göre en yüksek değere (≥ 8 cm) sahip olan popülasyonlar Adi, Koz, Bis, Kah ve Gaz şeklinde sıralanmaktadır. Bd41, Bd68, Bd42, Bd105, Bd67, Bd15 ve Bd 84 ise en düşük (≤ 4 cm) değere sahip popülasyonlardır. Bayrak yaprağı ayası eninin; Adi, Gaz, Kah ve Koz popülasyonlarında en yüksek değerde (≥ 6 mm), Bd15, Bd68, Bd41, Bd12, Bd14,

Çizelge 1- Çalışmada kullanılan popülasyonlar, toplandıkları coğrafik bölgeler ve morfolojik karakterlerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Table 1- The populations used in the study, geographical regions where they were collected and the minimum, maximum, average values of morphological characteristics

Pop. No.	Lokasyon	Enlem-Boylam	Y.	Bb	Byb	Bye	Ba	Bss	Bssss	Bçs	İs	Ta	Bta	Çms	Bs	Çës	Bg	Br	Bt	Bf	
Bd3	Çakmak-Edirne	N41°23.438'	85	min.	18.0	3.0	3.0	2.8	9.0	4.0	30.0	233.0	0.7	3.0	14.0	130.0	145.0	3.0	2.0	1.0	
				max.	25.0	7.0	4.0	6.9	85.0	25.0	212.0	562.0	2.4	5.0	26.0	159.0	172.0	4.0	3.0	3.0	Y
				ort.	21.4	4.6	3.5	4.8	47.7	10.7	118.2	370.8	1.5	3.8	15.8	140.0	152.9	3.2	2.2	1.9	
Bd4	Çiftlik-Uzunköprü	N41°15.686'	33	min.	16.0	4.0	3.0	2.6	22.0	0.0	40.0	197.0	1.0	3.0	14.0	129.0	141.0	3.0	1.0	1.0	D/
				max.	30.0	6.0	5.0	6.5	50.0	10.0	197.0	565.0	2.7	6.0	14.0	154.0	165.0	5.0	3.0	3.0	Yd
				ort.	22.7	4.7	3.8	4.3	35.5	3.8	129.5	388.3	1.6	4.3	14.0	138.7	150.5	3.6	2.1	2.0	
Bd8	Bıyıklı-Tekirdağ (2)	N41°02.028'	145	min.	17.0	2.5	3.0	2.1	4.0	0.0	11.0	223.0	0.9	3.0	14.0	131.0	145.0	3.0	2.0	1.0	Y/
				max.	28.0	5.0	4.0	6.4	65.0	15.0	125.0	476.0	2.4	5.2	26.0	162.0	187.0	4.0	3.0	3.0	Yd
				ort.	22.1	4.2	3.6	4.1	31.6	6.4	62.6	354.8	1.5	4.2	17.6	144.5	159.3	3.3	2.4	2.0	
Bd11	Çeneköy-Hayrabolu	N41°12.029'	83	min.	13.0	4.0	3.0	3.1	8.0	2.0	45.0	232.0	0.8	3.0	14.0	149.0	159.0	2.0	2.0	1.0	Y/
				max.	36.0	4.5	4.0	5.4	43.0	13.0	111.0	354.0	1.8	5.0	22.0	158.0	172.0	5.0	2.0	2.0	Yd
				ort.	20.8	4.2	3.5	3.9	29.7	7.2	68.5	274.2	1.2	4.4	20.7	153.8	164.8	3.2	2.0	1.5	
Bd12	Buzacı-Hayrabolu	N41°15.349'	53	min.	16.0	3.0	2.0	2.5	17.0	0.0	41.0	192.0	0.9	4.0	14.0	130.0	142.0	3.0	2.0	2.0	D/
				max.	28.0	5.0	4.0	6.3	75.0	15.0	167.0	617.0	2.5	5.0	22.0	149.0	152.0	5.0	3.0	3.0	Yd
				ort.	22.1	4.1	3.3	4.0	39.8	5.6	94.4	307.6	1.4	4.6	15.0	136.8	147.6	3.6	2.1	2.1	
Bd13	Büyük-Karıştıran-Kırklareli	N41°17.392'	78	min.	15.0	3.0	3.0	2.1	8.0	0.0	32.0	196.0	0.6	3.0	14.0	129.0	144.0	2.0	2.0	1.0	
				max.	35.0	5.0	4.0	5.0	44.0	13.0	128.0	404.0	2.0	5.0	22.0	139.0	152.0	5.0	2.0	2.0	Yd
				ort.	25.2	4.3	3.6	3.6	27.4	4.6	84.8	316.2	1.4	4.2	18.8	133.2	147.2	3.8	2.0	1.4	
Bd14	Kayı Köyü-Tekirdağ	N41°02.537'	216	min.	20.0	2.5	2.0	2.8	24.0	3.0	28.0	243.0	0.7	3.0	14.0	130.0	144.0	3.0	2.0	1.0	
				max.	30.0	6.0	4.0	6.4	70.0	8.0	135.0	417.0	1.8	5.0	22.0	159.0	171.0	5.0	3.0	1.0	Yd
				ort.	24.5	4.2	3.3	4.5	47.9	5.4	90.1	328.1	1.3	4.0	19.3	139.8	152.9	3.8	2.1	1.0	
Bd15	Yeşilsirt-Köyü-Muratlı	N41°02.537'	216	min.	24.0	4.0	3.0	3.6	23.0	7.0	73.0	283.0	1.2	3.0	14.0	136.0	148.0	3.0	2.0	2.0	D/
				max.	29.0	4.0	3.0	4.2	75.0	8.0	86.0	406.0	1.8	6.0	22.0	146.0	157.0	5.0	3.0	2.0	Yd
				ort.	26.0	4.0	3.0	3.9	47.3	7.3	81.0	348.3	1.6	4.7	19.3	141.0	153.0	4.0	2.3	2.0	

Çizelge 1- (Devam) Çalışmada kullanılan popülasyonlar, toplandıkları coğrafik bölgeler ve morfolojik karakterlerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Table 1- (Continued) The populations used in the study, geographical regions where they were collected and the minimum, maximum, average values of morphological characteristics

Bd16	Seymen- Çorlu	N41°05.786' E027°05.796'	107 m	min. max. ort.	16.0 28.0 24.0	3.5 5.0 4.3	3.0 4.0 3.4	2.2 4.6 3.3	17.0 55.0 34.0	0.0 8.0 4.0	62.0 127.0 96.4	284.0 356.0 327.4	1.0 1.9 1.4	3.0 5.0 4.0	14.0 22.0 18.8	131.0 155.0 139.6	144.0 167.0 151.8	3.0 5.0 4.0	2.0 2.0 2.0	D/ Y 2.0
Bd37	Barağı- Keşan	N40°43.187' E026°25.906'	18 m	min. max. ort.	17.0 28.0 22.9	3.0 6.0 5.0	2.0 5.0 4.0	1.9 7.0 4.7	13.0 55.0 34.3	0.0 14.0 3.7	11.0 177.0 106.5	162.0 715.0 394.3	0.8 3.0 1.7	3.0 5.0 4.4	14.0 40.0 16.8	125.0 141.0 133.8	139.0 151.0 145.3	3.0 3.0 3.6	2.0 3.0 2.4	1.0 Yd 2.1
Bd38	Kılçıköy- Keşan	N40°47.768' E026°34.282'	39 m	min. max. ort.	12.0 25.5 19.1	3.0 5.0 4.2	3.0 4.0 3.5	1.6 6.5 3.9	12.0 70.0 37.1	0.0 12.0 4.9	19.0 188.0 118.3	86.0 510.0 358.6	1.0 2.4 1.5	3.0 5.0 4.1	14.0 22.0 15.1	130.0 140.0 136.7	144.0 152.0 148.5	2.0 4.0 3.1	2.0 3.0 2.6	2.0 Yd 2.4
Bd41	İzzetiye	N40°48.349' E026°D39.615'	9 m	min. max. ort.	14.0 26.0 20.0	2.5 5.0 3.5	3.0 4.0 3.3	2.1 3.5 2.9	10.0 50.0 26.1	0.0 10.0 2.7	21.0 124.0 60.3	206.0 380.0 298.4	0.6 1.9 1.2	3.0 5.0 4.0	14.0 29.0 18.4	120.0 144.0 135.7	133.0 156.0 148.3	2.0 4.0 3.0	2.0 2.0 2.9	D/ Y 2.0
Bd42	Hasköy- Enez	N40°38.717' E026°16.342'	37 m	min. max. ort.	20.0 22.0 21.1	2.5 4.0 3.6	3.0 5.0 3.8	2.6 3.5 3.2	19.0 32.0 27.3	0.0 8.0 4.0	71.0 107.0 88.8	245.0 413.0 312.3	1.0 1.7 1.4	4.0 5.0 4.3	14.0 22.0 16.0	133.0 139.0 137.5	145.0 151.0 149.3	3.0 3.0 3.0	2.0 2.0 2.0	D D 2.0
Bd62	Hasköy- Enez	N40°38.717' E026°16.342'	37 m	min. max. ort.	12.0 36.0 25.8	4.0 7.5 5.3	3.0 6.0 4.7	1.5 8.2 5.0	12.0 46.0 31.0	0.0 5.0 2.1	48.0 204.0 139.4	143.0 722.0 466.3	0.6 4.3 2.2	4.0 7.0 4.7	14.0 22.0 15.3	106.0 135.0 123.8	122.0 146.0 136.6	2.0 5.0 4.1	1.0 2.0 1.8	2.0 D 2.0
Bd63	Yenice	N39°48.006'		min.	22.0	5.0	4.0	2.6	19.0	2.0	65.0	256.0	1.1	4.0	14.0	119.0	134.0	4.0	2.0	2.0
	Balya	E027°22.948'	350	max.	28.0	7.0	5.0	5.6	45.0	8.0	175.0	485.0	1.9	5.0	26.0	136.0	148.0	5.0	2.0	2.0
	arası		m	ort.	24.2	5.7	4.2	4.1	32.8	4.2	116.5	388.5	1.7	4.3	20.0	126.2	140.0	4.2	2.0	2.0
Bd65	Balıkesir	N39°41.131'		min.	24.0	5.0	3.0	3.2	23.0	0.0	92.0	288.0	1.4	4.0	14.0	107.0	119.0	4.0	2.0	2.0
	merkez II	E027°58.782'	193	max.	37.5	8.5	5.0	6.7	63.0	8.0	197.0	635.0	3.0	7.0	22.0	138.0	148.0	5.0	2.0	2.0
	Kütahya		m	ort.	28.4	6.0	4.2	5.0	41.7	3.8	156.3	457.0	2.2	4.8	14.7	127.9	139.8	4.4	2.0	2.0
	çukurşu																			

Çizelge 1- (Devam) Çalışmada kullanılan popülasyonlar, toplandıkları coğrafik bölgeler ve morfolojik karakterlerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Table 1- (Continued) The populations used in the study, geographical regions where they were collected and the minimum, maximum, average values of morphological characteristics

Bd66	Şehitlik II	N40°14.653'	min.	22.0	4.0	3.0	1.8	12.0	0.0	27.0	195.0	0.8	3.0	14.0	129.0	141.0	3.0	1.0	2.0	D/	
	Çanakkale	E026°17.708'	182	max.	31.5	7.0	6.9	46.0	8.0	186.0	503.0	2.4	6.0	22.0	178.0	148.0	5.0	3.0	2.0	Yd	
			m	ort.	26.3	5.0	4.4	3.9	28.0	2.9	99.5	329.1	1.4	4.5	14.5	138.1	145.5	4.3	1.9	2.0	
Bd67	Harmancık-	N39°40.773'		min.	12.5	2.5	2.0	2.5	20.0	0.0	80.0	240.0	0.7	3.0	14.0	111.0	124.0	3.0	1.0	2.0	D/
	Kütahya	E029°08.846'	672	max.	29.0	5.0	6.0	5.3	65.0	10.0	145.0	492.0	2.0	6.0	33.0	144.0	154.0	5.0	3.0	3.0	Yd
			m	ort.	19.6	3.9	3.6	3.7	39.6	3.5	107.7	315.4	1.3	4.3	16.5	134.6	145.0	3.3	2.6	2.3	
Bd68	Ilgardere-	N40°15.889'	18	min.	18.0	3.0	3.0	3.8	30.0	4.0	102.0	238.0	1.2	4.0	14.0	134.0	147.0	3.0	2.0	3.0	D/
	Gelibolu	E026°28.859'	m	max.	25.0	4.0	4.0	5.7	42.0	7.0	158.0	652.0	2.6	5.0	14.0	142.0	151.0	4.0	3.0	3.0	D
				ort.	21.3	3.5	3.3	4.7	34.8	5.3	128.3	433.8	1.9	4.5	14.0	137.8	149.1	3.4	2.8	3.0	
Bd69	Ilgardere-	N40°15.889'	18	min.	11.0	4.0	3.0	1.5	9.0	2.0	18.0	196.0	0.5	3.0	14.0	110.0	123.0	2.0	2.0	2.0	D/
	Gelibolu	E026°28.859'	m	max.	33.0	8.8	5.0	6.9	60.0	20.0	210.0	695.0	2.8	5.0	26.0	139.0	151.0	5.0	3.0	2.0	Yd
				ort.	20.8	5.7	4.0	4.4	35.3	7.2	126.3	425.3	1.7	4.1	14.6	130.2	140.9	3.4	2.2	2.0	
Bd81	Çanakkale	N40°15.339'		min.	20.0	5.0	4.0	3.3	18.0	0.0	40.0	270.0	1.0	2.6	14.0	97.0	107.0	3.0	2.0	2.0	D/
	şehitlik	E026°18.774'	261	max.	36.0	7.5	5.0	7.1	52.0	15.0	186.0	725.0	2.9	6.0	22.0	139.0	148.0	5.0	2.0	2.0	Yd
			m	ort.	27.6	6.4	4.4	5.0	33.6	6.6	101.9	433.4	1.8	4.0	19.0	123.8	133.6	4.3	2.0	2.0	
Bd83	TÜBİTAK	N40°47.189'		min.	18.0	3.5	3.0	2.8	21.0	0.0	49.0	242.0	1.0	3.0	14.0	97.0	109.0	3.0	2.0	2.0	D/
	MAM	E029°27.601'	178	max.	42.0	11.5	6.0	7.5	58.0	12.0	158.0	653.0	3.5	8.0	33.0	141.0	150.0	5.0	3.0	2.0	D
			m	ort.	28.8	6.8	4.4	5.0	34.4	3.6	101.9	414.0	1.9	4.9	16.3	125.5	136.4	4.3	2.1	2.0	
Bd84	Agva Şile	N41°05.347'		min.	14.0	2.0	3.0	2.2	6.0	0.0	15.0	205.0	0.7	3.0	14.0	97.0	111.0	2.0	2.0	1.0	D/
	yolu II	E029°45.249'	132	max.	41.0	6.0	5.0	6.0	70.0	22.0	182.0	450.0	2.3	6.0	26.0	149.0	158.0	5.0	3.0	2.0	Yd
			m	ort.	23.3	4.0	3.6	3.7	37.9	7.1	82.5	325.9	1.4	4.2	15.3	134.1	144.4	3.5	2.1	1.7	
Bd85	Neveşehir'e	N38°50.440'		min.	18.0	3.0	4.0	2.8	14.0	0.0	55.0	205.0	1.1	4.0	14.0	121.0	135.0	3.0	2.0	2.0	D/
	35 km'e	E034°33.266'	1174	max.	28.0	7.5	5.0	6.1	75.0	8.0	195.0	502.0	2.6	9.0	14.0	135.0	145.0	5.0	2.0	2.0	D
	Kala		m	ort.	24.6	4.4	4.5	4.2	32.0	2.9	119.0	357.4	1.8	5.4	14.0	127.5	140.0	3.9	2.0	2.0	

Çizelge 1- (Devam) Çalışmada kullanılan popülasyonlar, toplandıkları coğrafik bölgeler ve morfolojik karakterlerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Table 1- (Continued) The populations used in the study, geographical regions where they were collected and the minimum, maximum, average values of morphological characteristics

Bd86	Avanos-	N38°44.470'	min.	14.0	3.0	2.0	1.5	21.0	2.0	10.0	120.0	0.6	3.0	14.0	97.0	112.0	2.0	2.0	2.0	Y/	
	Nevşehir	E034°50.725'	1092	max.	29.0	9.5	6.0	8.9	135.0	40.0	403.0	580.0	2.4	8.0	26.0	144.0	155.0	5.0	3.0	3.0	Yd
			m	ort.	20.9	5.4	4.3	4.3	50.6	9.2	140.2	344.2	1.4	4.4	14.9	131.1	142.1	3.1	2.3	2.4	
Bd88	Avanos III	N38°44.536'		min.	15.0	3.0	3.0	1.6	8.0	0.0	27.0	170.0	0.7	3.0	14.0	105.0	118.0	2.0	1.0	2.0	Y/
	Nevşehir	E034°50.289'	1139	max.	30.0	7.0	5.0	6.4	59.0	65.0	263.0	510.0	3.1	6.0	22.0	144.0	153.0	5.0	3.0	3.0	Yd
			m	ort.	23.3	4.8	4.1	4.2	35.9	9.0	112.1	344.4	1.7	4.9	14.3	133.8	144.3	3.7	2.0	2.2	
Bd89	Avanos 4	N38°43.864'		min.	19.0	3.0	3.0	2.7	30.0	2.0	61.0	36.0	0.8	3.0	14.0	121.0	133.0	3.0	2.0	1.0	D/
	Nevşehir	E034°49.910'	967	max.	34.0	7.0	5.0	6.4	88.0	10.0	176.0	470.0	2.6	7.0	14.0	142.0	151.0	5.0	2.0	2.0	Yd
			m	ort.	24.3	4.6	3.8	4.4	45.8	5.2	117.1	307.0	1.6	5.0	14.0	135.6	146.2	3.9	2.0	1.9	
Bd90	18 Mart Üniversitesi Kampüsü	N40°06.910'		min.	17.0	4.0	3.0	1.7	15.0	0.0	16.0	174.0	0.9	4.0	14.0	101.0	117.0	3.0	1.0	2.0	D/
		E026°25.482'	125	max.	26.0	9.0	6.0	6.1	43.0	7.0	150.0	570.0	3.0	8.0	14.0	142.0	151.0	4.0	3.0	2.0	Yd
			m	ort.	22.3	5.5	4.3	4.6	31.4	2.3	109.3	376.8	2.0	5.3	14.0	128.1	139.5	3.5	1.9	2.0	
Bd91	Çanakkale	N38°43.864'	47	min.	19.0	3.5	4.0	3.0	18.0	0.0	89.0	253.0	1.4	4.0	14.0	113.0	124.0	3.0	2.0	2.0	
	Bursa Yolu	E034°49.910'	m	max.	26.0	9.5	5.0	5.6	56.0	7.0	186.0	665.0	2.9	5.0	22.0	130.0	139.0	4.0	3.0	3.0	Yd
	Başlangıcı			ort.	23.3	6.5	4.5	4.4	33.1	3.8	134.0	440.6	2.0	4.5	15.1	123.6	133.8	3.6	2.4	2.2	
Bd92	Dursunbey-	N39°36.515'	665	min.	11.0	4.5	4.0	3.4	6.0	0.0	92.0	272.0	1.3	4.0	14.0	99.0	111.0	2.0	2.0	2.0	
	Balıkesir	E028°37.931'	m	max.	31.0	10.0	7.0	8.9	80.0	60.0	256.0	853.0	5.1	8.0	14.0	119.0	127.0	5.0	2.0	2.0	Yd
				ort.	23.3	7.4	5.8	5.3	41.6	6.9	152.5	446.8	2.5	6.0	14.0	106.9	117.5	3.8	2.0	2.0	
Bd93	Balya	N39°46.888'		min.	14.0	4.5	3.0	2.3	9.0	0.0	38.0	216.0	1.0	4.0	14.0	108.0	119.0	2.0	1.0	2.0	Y/
	Yenice	E027°24.375'	522	max.	34.0	8.5	6.0	7.5	60.0	15.0	204.0	755.0	3.5	6.0	22.0	134.0	143.0	5.0	3.0	3.0	Yd
	arası II		m	ort.	23.5	5.8	4.9	4.8	32.4	6.0	133.8	426.6	2.0	4.7	16.2	121.1	131.4	3.8	2.3	2.3	
Bd94	Balıkesir	N39°38.741'		min.	21.5	5.0	4.0	2.8	18.0	0.0	58.0	296.0	1.0	3.0	14.0	112.0	125.0	3.0	1.0	2.0	D/
	Merkez	E027°46.100'	248	max.	31.0	10.5	5.0	8.0	49.0	5.0	172.0	525.0	3.2	7.0	33.0	144.0	152.0	5.0	2.0	2.0	Yd
			m	ort.	28.3	6.3	4.5	4.7	29.3	1.4	102.4	376.9	1.8	5.0	15.4	130.9	141.6	4.6	1.2	2.0	

Çizelge 1- (Devam) Çalışmada kullanılan popülasyonlar, toplandıkları coğrafik bölgeler ve morfolojik karakterlerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Table 1- (Continued) The populations used in the study, geographical regions where they were collected and the minimum, maximum, average values of morphological characteristics

Bd95	Balyadan	N39°42.073'	min.	14.0	2.5	3.0	2.5	15.0	0.0	23.0	218.0	1.0	3.0	14.0	121.0	131.0	3.0	2.0	1.0	D/	
	Balıkesir'e	E027°33.289'	357	max.	35.0	8.0	5.0	6.5	65.0	18.0	187.0	496.0	3.0	9.0	22.0	159.0	155.0	5.0	3.0	2.0	Yd
	40 km kala		m	ort.	23.7	5.0	4.0	4.2	38.5	4.7	108.7	339.0	1.7	4.9	16.1	132.8	141.9	3.8	2.1	1.4	
Bd96	Pada Köyü	N39°44.669'		min.	13.0	3.5	3.0	2.2	10.0	2.0	50.0	210.0	1.1	3.0	14.0	118.0	130.0	2.0	2.0	2.0	D/
	Kepsut-	E028°21.423'	498	max.	29.0	6.0	5.0	6.6	61.0	10.0	158.0	603.0	2.6	8.0	22.0	143.0	152.0	5.0	3.0	2.0	Yd
	Dursunbey		m	ort.	21.0	4.7	4.0	4.3	35.2	4.1	109.6	401.6	1.9	4.9	15.3	130.8	141.5	3.4	2.2	2.0	
Bd97	Kütahya	N39°39.306'		min.	15.0	3.0	4.0	2.4	21.0	0.0	81.0	193.0	1.0	4.0	14.0	110.0	122.0	2.0	2.0	2.0	D
	Çiğışl.	E029°01.933'	606	max.	33.5	8.5	6.0	7.5	45.0	15.0	185.0	596.0	4.0	10.4	14.0	126.0	135.0	5.0	3.0	2.0	D
	Dursunbey		m	ort.	25.1	5.9	5.3	5.0	34.0	4.8	131.2	388.8	2.4	6.2	14.0	119.1	130.0	4.2	2.3	2.0	
	Harmancık			min.	18.0	3.2	3.0	2.3	14.0	0.0	37.0	167.0	1.3	5.0	14.0	93.0	107.0	2.0	2.0	1.0	
	arası	N37°07.545'	624	max.	43.0	11.5	6.0	6.9	43.0	8.0	141.0	610.0	3.6	9.0	22.0	117.0	125.0	5.0	3.0	2.0	D
Bd99	Muğla	E028°22.724'	m	ort.	28.0	6.7	4.1	4.5	31.5	3.9	88.0	361.9	2.4	6.6	14.3	104.0	115.7	4.2	2.1	1.4	
Bd100	Kütahya-	N39°34.643'		min.	15.5	3.5	4.0	2.8	18.0	0.0	48.0	162.0	1.0	4.0	14.0	114.0	125.0	3.0	1.0	2.0	D/
	Eskişehir	E030°07.208'	927	max.	34.0	10.0	6.0	7.4	43.0	5.0	150.0	690.0	3.6	7.0	14.0	128.0	137.0	5.0	3.0	2.0	Yd
	arası		m	ort.	28.8	6.1	5.0	5.3	32.9	1.8	119.6	452.7	2.6	5.7	14.0	122.2	131.7	4.7	2.1	2.0	
Bd105	Kütahya	N39°32.222'		min.	14.0	2.5	3.0	2.1	22.0	0.0	36.0	162.0	0.9	4.0	14.0	128.0	139.0	2.0	2.0	1.0	D/
	Taşanlı	E029°38.014'	1011	max.	29.0	5.0	5.0	5.0	78.0	12.0	148.0	497.0	2.3	7.0	14.0	143.0	152.0	5.0	3.0	3.0	Yd
	çıkışı		m	ort.	21.5	3.9	3.4	3.7	42.2	4.5	84.6	304.5	1.5	5.2	14.0	134.2	144.0	3.4	2.7	2.0	
Bd108	Alanya	N36°36.539'	18 m	min.	12.0	3.0	4.0	2.2	21.0	0.0	67.0	133.0	0.9	4.0	14.0	113.0	124.0	2.0	2.0	1.0	D/
		E031°48.333'		max.	35.0	10.6	6.0	6.1	40.0	8.0	181.0	530.0	3.2	8.1	14.0	136.0	145.0	5.0	3.0	3.0	Yd
				ort.	23.4	6.0	4.6	4.2	30.5	2.9	117.9	348.8	2.1	5.9	14.0	122.9	132.6	4.0	2.3	2.2	
Bd109	Polathı-	N 39°32.597'	980	min.	16.5	4.0	4.0	2.5	20.0	0.0	84.0	108.0	1.0	4.0	14.0	114.0	124.0	3.0	2.0	1.0	
	Haymana.	E 032°13.909'	m	max.	30.5	7.8	6.0	6.2	43.0	8.0	155.0	496.0	3.0	8.0	14.0	132.0	141.0	5.0	3.0	2.0	D
	Polath çıkışı			ort.	25.4	5.2	4.6	4.3	29.7	2.6	114.2	347.4	2.1	5.9	14.0	125.9	135.3	4.3	2.1	1.4	

Çizelge 1- (Devam) Çalışmada kullanılan popülasyonlar, toplandıkları coğrafik bölgeler ve morfolojik karakterlerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Table 1- (Continued) The populations used in the study, geographical regions where they were collected and the minimum, maximum, average values of morphological characteristics

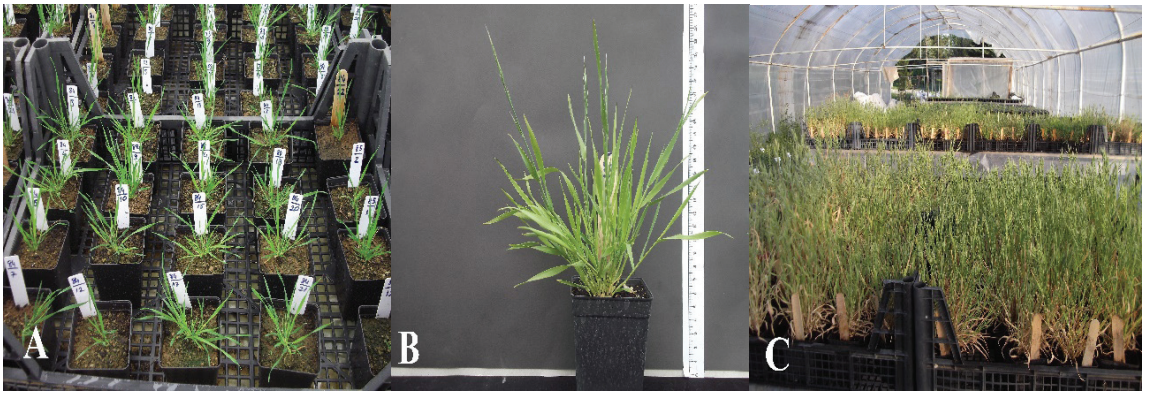
Bd111	Polath- Haymana arası	N39°29.645' E032°26.810'	21.5 34.5	3.0 9.0	3.0 6.0	3.0 7.0	21.0 39.0	0.0 7.0	72.0 160.0	1.1 3.5	4.0 9.0	14.0 14.0	112.0 131.0	125.0 141.0	4.0 5.0	2.0 3.0	2.0 2.0	D
Bd112	Kaymaz	N39°29.650' E031°14.473'	19.5 37.0	3.0 9.5	3.0 6.0	1.2 7.6	15.0 42.0	0.0 7.0	23.0 171.0	0.6 3.7	4.0 11.0	14.0 14.0	109.0 131.0	19.0 141.0	3.0 5.0	2.0 3.0	2.0 3.0	D
Bd117	Eskişehir Kütahya'ya 10 km kala	N39°30.126' E029°52.618'	19.0 36.0	3.0 9.5	4.0 6.0	2.6 8.2	20.0 41.0	0.0 6.0	62.0 136.0	1.0 4.2	4.0 8.0	14.0 14.0	112.0 131.0	124.0 139.0	3.0 5.0	2.0 2.0	1.0 2.0	D
Bis	Bismil- Diyarbakır	N37°52'35.6" D41°0'54.3"	22.5 25.0	8.5 9.0	5.0 6.0	2.4 5.5	16.0 25.0	0.0 3.0	49.0 121.0	1.1 3.0	6.3 7.0	14.0 14.0	95.0 100.0	106.0 110.0	4.0 4.0	3.0 3.0	3.0 3.0	D
Gaz	Gaziantep	N37°07'39.8" D37°23'26.9"	20.0 31.0	4.5 10.5	5.0 7.0	2.6 7.1	18.0 35.0	0.0 7.0	58.0 120.0	1.1 3.7	5.0 10.0	14.0 14.0	88.0 102.0	100.0 111.0	3.0 5.0	2.0 2.0	2.0 2.0	D
Koz	Kozluk- Batman	K38°9'8.2.6" D41°36'34.8"	20.0 33.0	5.5 11.5	4.0 7.0	1.7 6.7	8.0 30.0	0.0 6.0	20.0 118.0	0.7 3.3	5.0 7.0	14.0 14.0	93.0 112.0	106.0 122.0	3.0 5.0	2.0 2.0	2.0 2.0	D
Kah	Kahta- Adıyaman	N37°44'2.3" E38°32'0.2"	16.5 37.5	4.0 10.8	5.0 7.0	2.8 7.7	15.0 37.0	1.0 8.0	59.0 138.0	1.3 3.6	6.0 9.0	14.0 20.0	88.0 111.0	100.0 121.0	3.0 5.0	2.0 2.0	2.0 2.0	D
Adi	Adıyaman	N37°46'14.5" E38°21'8.2"	26.6 36.7	8.3 10.8	6.1 7.0	4.9 7.2	23.3 43.0	3.0 6.0	91.8 142.0	2.5 3.6	7.3 8.0	14.4 14.0	100.9 107.0	111.1 115.0	4.1 5.0	2.0 3.0	2.0 3.0	D
Genel			11.0 43.0	2.0 11.5	2.0 7.0	1.2 8.9	4.0 135.0	0.0 65.0	10.0 403.0	0.5 5.1	2.6 11.0	14.0 40.0	88.0 178.0	100.0 187.0	2.0 5.0	1.0 3.0	1.0 3.0	D
			24.7	5.6	4.5	4.5	34.1	4.4	111.2	371.9	2.0	5.2	14.9	125.2	4.0	2.2	2.0	

Bd, *Brachypodium distachyon*; Y, yükseklik; Bb, bitki boyu (cm); Byb, bayrak yaprak ayası boyu (cm); Bye, bayrak yaprak ayası eni (mm); Ba, bitki ağırlığı (g); Bss, başaktı sap sayısı (adet); Bszs, başaksız sap sayısı (adet); Bcs, başakçık sayısı (adet); Ts, tohum sayısı (tohum bitki⁻¹); Ta, tohum ağırlığı (g); Bta, bin tane ağırlığı (g); Çms, çimlenme süresi (gün); Bs, başaklanma süresi (gün); Çes, çiçeklenme süresi (gün); Bg, bitki görünüşü (1-5); Br, bitki rengi (1-3); Bt, bitkideki tüylülük derecesi (1-3); Bf, bitki formu (D, dik; Yd, yarı dik; Y, yatık)



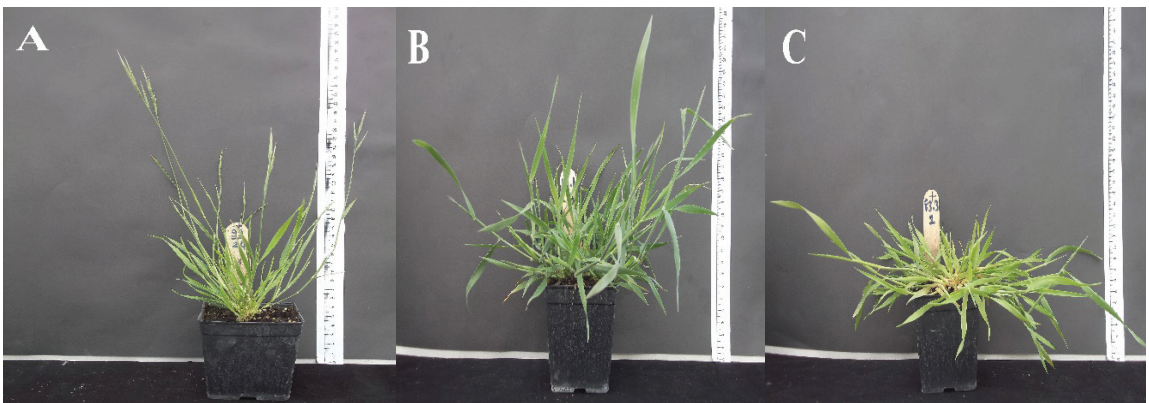
Şekil 1- Tohumların çimlenmesi ve çoklu plastik saksılarda gelişimi: A, B, C

Figure 1- Germination of seeds and their development in multi plastic pots: A, B, C



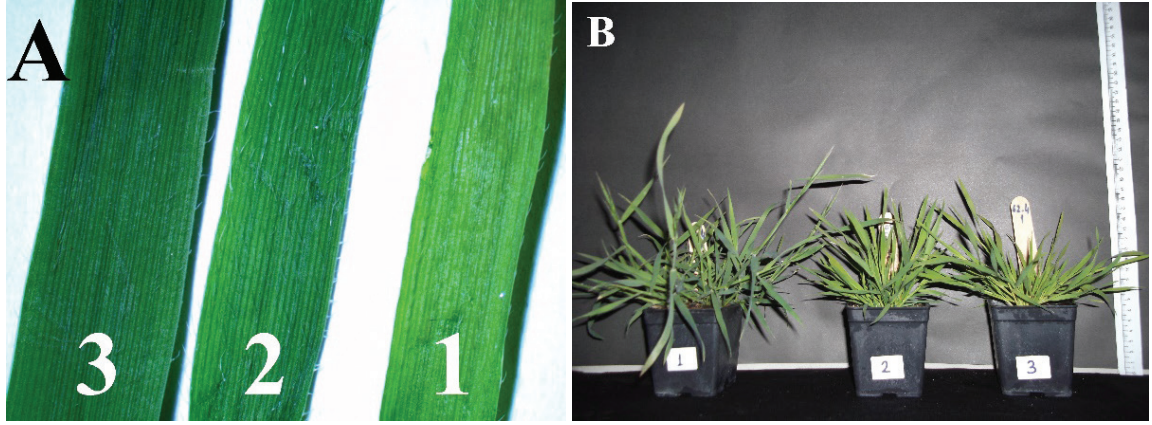
Şekil 2- A, bitkilerin serada yetiştirilmesi; B, C, morfolojik karakterlerin incelenmesi

Figure 2- A, growing plants in the greenhouse; B, C, investigation their morphological characteristics



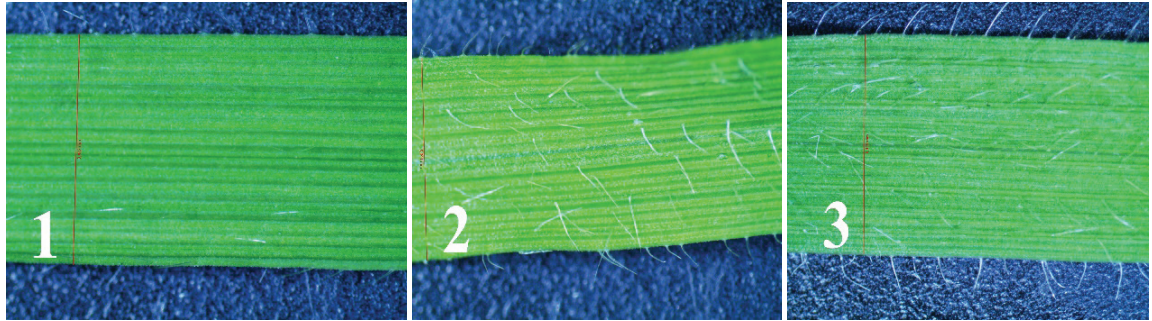
Şekil 3- Popülasyonlara ait bitki formları: A, dik; B, yarı dik; C, yatık

Figure 3- Plant formations related to populations: A, vertical; B, half vertical; C, horizontal



Şekil 4- A, yaprak rengi tonları ve numaraları: 3, koyu yeşil; 2, Yeşil; 1, açık yeşil; B, farklı renge sahip bitki örnekleri

Figure 4- A, the color tones of leaves and their numbers: 3, dark green; 2, green; 1, light green; B, plants having different colors



Şekil 5- Bitkilerin tüylülük özellikleri: 1, az tüylü; 2, tüylü; 3, çok tüylü

Figure 5- Hairiness features of plants: 1, low hairy; 2, hairy; 3, high hairy

Bd105, Bd16, Bd38, Bd11 ve Bd3 popülasyonlarında ise en düşük değerde (≤ 3.5 mm) olduğu saptanmıştır. Davis (1985) yaptığı çalışmada bayrak yaprak ayası enini 1-6 mm, Catalán et al (2011) ise 2.8 ± 0.3 mm olarak açıklamışlardır. Bayrak yaprağı eni için daha önce yapılmış olan çalışmalarda elde edilen değerler ile bu çalışmada elde edilen değerler büyük benzerlik göstermektedir. Aradaki farklılıkların kullanılan genotip ve yetiştirme şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Popülasyonların ortalama biyokütle değerlerinin 1.2 ile 8.9 g bitki⁻¹ (ort. 4.5 g) arasında değiştiği ve

farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. En yüksek biyokütle (≥ 5 g) sırasıyla Bd92, Bd100, Bd81, Bd83, Bd97, Bd65 ve Bd62 popülasyonlarında tespit edilmiştir. Bd41, Bd42 ve Bd16 popülasyonlarında ise biyokütlenin en düşük (≤ 3.5 g) olduğu belirlenmiştir. Filiz et al (2009) diploid ve tetraploid popülasyonları kullandıkları çalışmalarında bitki biyokütlesinin 0.4-15.7 g bitki⁻¹ arasında değiştiğini açıklamışlardır. Bu çalışmadaki biyokütle değerlerinin çalışmamızda bulunan değerlerden daha yüksek olmasının sebebi olarak günümüzde yeni bir tür olarak

adlandırılan tetraploidlerin (*B. hybridum*, Catalán et al 2011) de kullanılmış olması ve çalışmanın yapıldığı ortam koşulları gösterilebilir. Tetraploid *Brachypodium* bitkileri (bu bitkiler 3 yıl kadar önce Catalán et al (2011) tarafından *Brachypodium distachyon*'dan ayrılarak *Brachypodium hybridum* olarak tanımlanmıştır) çalışmamızda kullanılan diploitlerden daha büyük bir habitusa sahiptir.

Popülasyonların sahip olduğu başaklı sap sayısının 4 ile 135 (ort. 34) adet arasında değiştiği ve farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Bd86, Bd14, Bd3, Bd15 ve Bd89 popülasyonları en yüksek (≥ 45) başaklı sap sayısına sahip iken; Koz, Bis ve Kah en düşük (≤ 25) başaklı sap sayısına sahip popülasyonlardır. Popülasyonların başaksız sap sayısının 0 ile 65 (ort. 4) adet arasında değiştiği ve farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bd3, Bd86 ve Bd88 popülasyonlarında başaksız sap sayısının en yüksek (≥ 9), Bd94, Bis ve Bd100 popülasyonlarında ise en düşük (≤ 2) değerde olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada bitki başına başakçık sayısının 10 ile 403 (ort. 111) adet arasında değiştiği ve başakçık sayısı bakımından farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek (≥ 130) başakçık sayısı Bd65, Bd92, Bd86, Bd62, Bd91, Bd93 ve Bd92 popülasyonlarında, en düşük (≤ 80) başakçık sayısı ise Bd41, Bd8, Bd11 ve Koz popülasyonlarında belirlenmiştir. Bitki başına tohum sayısının 36 ile 853 (ort. 372) adet arasında değiştiği ve farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bd62, Bd65, Bd100, Bd92 ve Bd91 popülasyonları bitki başına tohum sayısı bakımından en yüksek (≥ 440) değere sahip iken, Bd11 ve Bd41 popülasyonlarının ise en düşük (≤ 300) değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda bitki başına tohum sayısı 80-200 tohum bitki⁻¹ (Draper et al 2001) ve 4-193 tohum bitki⁻¹ (Filiz et al 2009) olarak belirlenmiş olup, bu çalışmaya göre oldukça düşük değerler elde edilmiştir. Brkljacic et al (2011) ise tohum sayısının 100-1000 tohum bitki⁻¹ arasında değiştiğini açıklamıştır. Çalışmalar arasındaki farklılıkların kullanılan genotip ve yetiştirme şartlarından

kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda bitki başına ortalama tohum ağırlığının 0.5 ile 5.1 g (ort. 2.0 g) arasında değiştiği ve farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bitki başına tohum ağırlığı bakımından en yüksek (≥ 2.5 g) değerler Bd100, Bd92, Bd112, Adi ve Kah popülasyonlarında gözlenirken, en düşük (≤ 1.4 g) değerler Bd11, Bd41, Bd14, Bd67, Bd12, Bd13, Bd16, Bd42, Bd66, Bd84 ve Bd86 popülasyonlarında gözlenmiştir. Popülasyonların sahip olduğu bin tane ağırlığı 5.2 g (2.6-11.0 g) olarak hesaplanmış ve farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Kah, Bd112, Gaz, Bis, Bd99 ve Adi bin tane ağırlığı bakımından en yüksek (≥ 6.5 g) değerlere sahip iken, Bd3, Bd14, Bd16, Bd41 ve Bd81 popülasyonlarının ise en düşük (≤ 4.0 g) değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada çimlenme süresinin 14 ile 40 (15) gün arasında değiştiği belirlenmiştir. Ancak popülasyonlar arasındaki bu farklılıklar istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur. Draper et al (2001)'de çalışmalarında benzer sonucu elde etmiş ve çimlenmenin 2 hafta içerisinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Popülasyonların başaklanma sürelerinin 88 ile 178 (ort. 125) gün arasında değiştiği ve farklılıkların istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Çalışmada Bd11, Bd8, Bd15 ve Bd3 popülasyonlarının en uzun sürede (≥ 140 gün), Gaz, Bis, Adi, Kah, Koz ve Bd99 popülasyonlarının ise en kısa sürede (≤ 104 gün) başak çıkardıkları belirlenmiştir. Popülasyonların çiçeklenme sürelerinin 100 ile 187 (ort. 137) gün arasında değiştiği ve farklılığın istatistikî olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Çiçeklenme süresi en uzun olan (≥ 150 gün) popülasyonlar Bd11, Bd8, Bd15, Bd3, Bd14, Bd16 ve Bd4 şeklinde sıralanmaktadır. Gaz, Bis, Adi, Kah ve Koz popülasyonları ise en kısa zamanda (≤ 115 gün) çiçeklenen popülasyonlar olarak belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ise nispeten daha düşük değerler elde edilmiştir. Örneğin, Filiz et al (2009) yaptıkları çalışmada çiçeklenme süresinin 49-154 gün, Catalán et al (2011) ise 63-129 gün olarak açıklamışlardır. Yürütülmüş olan bu çalışmalarda bitkilerin soğuklama ihtiyaçları

karşılıklı olarak vernalize edilmiş olmaları farklılığın sebebi olarak düşünülmektedir. Yürütmüş olduğumuz bu çalışmada ise kontrollü iklim odamız olmadığı için bitkiler uygun sıcaklıkta vernalize edilememiş ve bitkiler kontrolsüz sera koşullarında doğal yetiştirme koşullarında yetiştirilerek vernalize olmuşlardır. Bundan dolayı da bitkilerin çiçeklenmeleri daha uzun zaman almıştır.

Yapılan gözlemler sonucunda, gelişme durumlarına göre bitkilerin genel görünüşlerinin 2 ile 5 (ort.4) arasında değerler aldığı ve değerler arasındaki farklılıkların istatistikî olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bitki renginin 1 ile 3 (ort. 2) değerleri arasında değiştiği ve popülasyonların genellikle yeşil renkte olduğu tespit edilmiştir. Bitkilerdeki renk değişiminin istatistikî olarak önemli olmadığı görülmüştür. Filiz et al (2009)'da yaptıkları çalışmada bu çalışmada olduğu gibi bitki renginin açık yeşilden koyu yeşile kadar değiştiğini, Öney (2013) ise bitkilerin açık sarı renkte olduğunu bildirmiştir. Yapılan gözlemlerde bitkilerin genellikle tüylü olduğu (2) tespit edilmiş, ancak tüy miktarındaki değişimler arasındaki farklılığın istatistikî olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bu konuda farklı sonuçlar elde edilmiş çalışmalar bulunmaktadır. Davis (1985) bitkilerin tüsüz, Filiz et al (2009) tüsüz (1) ile çok tüylü (5) arasında, Catalán et al (2011) ise bitkilerin tüsüz veya az tüylü özellikte olduklarını bildirmişlerdir. İncelenen popülasyonlarda bitkilerin genellikle dik formda olduğu, ancak bazı popülasyonların yatık ve yarı dik formlara sahip oldukları belirlenmiştir. Filiz et al (2009) yaptıkları çalışmada benzer sonuçları elde etmişlerdir. Vogel & Bragg (2009) ve Öney (2013)'de bitkilerin genellikle dik formu olduğunu bildirmişlerdir.

Temel bileşenler analizinde kovaryans matrisi alınmış ve ilk dört karakterin popülasyonlardaki genetik çeşitliliği % 99, ilk on üç karakterin ise % 100 açıklanabilir hale getirdiği görülmüştür (Çizelge 2). Yapılan korelasyon matrisi analizinde eigen değerlerinin 1'den büyük olması, ele alınan ana bileşen ağırlık değerlerinin güvenilir olduğunu göstermektedir (Mohammadi & Prasanna 2003). Bu nedenle temel bileşenler analizi için öz değeri 1'den büyük olan ilk dört karakter seçilmiştir. Seçilen dört

karakterde kümülatif varyansın % 80.2 olduğu, birinci ve ikinci karakterlerin toplam varyasyonun yarısından fazlasına (% 59.9) sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Toplam varyasyonda üçüncü ve dördüncü karakterlerin etkisi daha az olduğu için analiz iki karaktere göre yapılmış, bitki boyu ve bayrak yaprak ayası boyu karakterlerinin diğer karakterlere göre daha önemli olduğu bulunmuştur. Temel bileşenler analizi incelendiğinde (Çizelge 4), bitki boyu karakterinde en yüksek varyasyonun Bd62 popülasyonunda (110.98), en düşük varyasyonun ise Bd3 popülasyonunda (2.05) olduğu belirlenmiştir. Bd92 (94.78), Bd11 (-86.88) ve Bd91 (86.88) popülasyonları birinci karakter bakımından yüksek düzeyde varyasyon gösteren diğer popülasyonlardır. Bd38 popülasyonunda ise varyasyon düzeyi oldukça düşüktür (-4.39). Bayrak yaprak ayası boyunda görülen varyasyon Gaz (-49.55), Bis (-48.87), Koz (-44.95), Adi (-43.23) ve Kah (-41.77) popülasyonlarında diğer popülasyonlara göre daha yüksek düzeydedir. Bu karakter bakımından en düşük düzeyde varyasyona sahip Bd109 (0.23), Bd93 (-0.40), Bd97 (-0.45) ve Bd84 (0.46) popülasyonlarıdır. Toplam varyansın % 91'ini veren iki karakter bakımından popülasyonlar 2 gruba ayrılmaktadır. Bayrak yaprak ayası boyuna göre gerçekleştiği belirlenen ayrımda; 6 popülasyon 1. grupta, diğerleri ise 2. grupta yer almaktadır (Şekil 6). Birinci grupta yer alan Bd99 dışındaki popülasyonların (Gaz, Kaz, Adi, Kah, Bis) aynı coğrafik bölgeden toplanmış olmaları dikkat çekmektedir.

Yükseklik ile morfolojik karakterler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla yapılan korelasyon analizinde (Çizelge 5); yükseklik arttıkça bitki boyunun arttığı, ancak bu ilişkinin istatistikî olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Öney (2013)'de çalışmasında bu ilişkinin istatistikî olarak anlamlı olmadığını, yükseklik artışı ile bitki boyu arasında hem negatif hem de pozitif korelasyon olduğunu bildirmiştir. 0-600 m arasında bitki boyu artarken, 600-900 m arasında azaldığını, 900 m'den sonra bitki boylarının tekrar arttığını açıklamıştır. Yükseklik ile başaklı sap sayısı ve başakçık sayısı arasında pozitif korelasyon tespit edilmiş ancak bu ilişkinin istatistikî olarak önemli olmadığı görülmüştür. Öney (2013) çalışmasında farklı bir sonuç elde ederek yükseklik ile

Çizelge 2- Kovaryans matris sonuçları

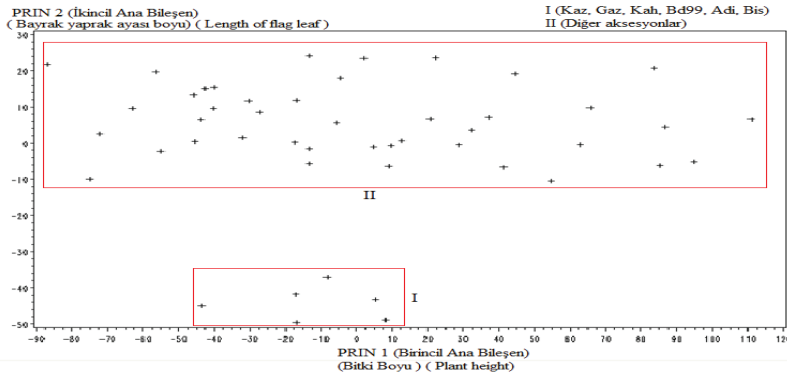
Table 2- Results of the covariance matrix

Karakterler	Öz değerler	Varyans (%)	Yığılmalı varyans (%)
Bitki boyu	2314.30315	0.7868	0.7868
Bayrak yaprak ayası boyu	371.50573	0.1263	0.9130
Bayrak yaprak ayası eni	209.10146	0.0711	0.9841
Bitki ağırlığı	33.77592	0.0115	0.9956
Başaklı sap sayısı	6.54526	0.0022	0.9978
Başaksız sap sayısı	3.12249	0.0011	0.9989
Başakçık sayısı	1.85174	0.0006	0.9995
Tohum sayısı	0.45811	0.0002	0.9997
Tohum ağırlığı	0.36212	0.0001	0.9998
Bin tane ağırlığı	0.16389	0.0001	0.9999
Çimlenme süresi	0.13043	0.0000	0.9999
Başaklanma süresi	0.09551	0.0000	0.9999
Çiçeklenme süresi	0.06304	0.0000	1.0000
Bitki görünüşü	0.04998	0.0000	1.0000
Bitki rengi	0.03956	0.0000	1.0000
Bitkideki tüylülük derecesi	0.02325	0.0000	1.0000

Çizelge 3- Korelasyon matrisi eigen ve varyans değerleri

Table 3- Eigen and variance values of the correlation matrix

Ana bileşenler	Öz değerler	Varyans (%)	Yığılmalı varyans (%)
PRIN			
Bitki boyu	7.80533538	0.4591	0.4591
Bayrak yaprak ayası boyu	2.38100295	0.1401	0.5992
Bayrak yaprak ayası eni	2.19347964	0.1290	0.7282
Bitki ağırlığı	1.26091247	0.0742	0.8024



Şekil 6- Temel bileşenler analizi

Figure 6- Principal component analysis

Çizelge 4- Temel bileşenler analiz sonuçları ve PC eksenleri*Table 4- Results of the principal component analysis and PC axes*

<i>Popülasyon no</i>	<i>Prin1 (Bitki boyu)</i>	<i>Prin2 (Bayrak yaprak ayası boyu)</i>
Bd3	2.05	23.49
Bd4	22.35	23.60
Bd 8	-32.04	1.54
Bd 11	-86.88	21.79
Bd 12	-63.00	9.63
Bd 13	-54.95	-2.21
Bd 14	-45.77	13.31
Bd 15	-30.25	11.70
Bd 16	-40.02	15.45
Bd 37	20.74	6.74
Bd 38	-4.38	18.04
Bd 41	-75.02	-9.94
Bd 42	-43.61	6.49
Bd 62	110.97	6.58
Bd 63	37.27	7.11
Bd 65	83.64	20.70
Bd 66	-40.22	9.59
Bd 67	-42.47	15.03
Bd 68	44.57	19.24
Bd 69	65.77	9.80
Bd 81	54.66	-10.48
Bd 83	41.41	-6.61
Bd 84	-45.36	0.46
Bd 85	-5.51	5.66
Bd 86	-13.30	24.23
Bd 88	-16.79	11.80
Bd 89	-56.35	19.70
Bd 90	12.83	0.69
Bd 91	86.88	4.49
Bd 92	94.78	-5.12
Bd 93	62.95	-0.40
Bd 94	4.75	-0.97
Bd 95	-27.17	8.54
Bd 96	32.29	3.59
Bd 97	28.86	-0.45
Bd 99	-8.24	-37.00
Bd 100	85.39	-6.16
Bd 105	-72.05	2.61
Bd 108	-13.31	-1.53
Bd 109	-17.31	0.22
Bd 111	9.73	-0.70
Bd 112	-13.24	-5.61
Bd 117	9.12	-6.33
Bis	5.33	-43.23
Gaz	8.29	-48.87
Koz	-16.88	-49.54
Kah	-16.95	-41.77
Adi	-43.51	-44.95

başak ve başakçık sayısı arasında negatif korelasyon bulunduğunu, bu sonucun önemli olmadığını ifade etmiştir. Yükseklik arttıkça biomas, tohum ağırlığı ve bin tane ağırlığının arttığı belirlenmiştir. Yükseklik ile bin tane ağırlığı arasındaki ilişki istatistikî olarak önemlidir. Bu konuda yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Moles & Westoby (2003), Bu et al (2007) ve Hui et al (2012) yükseklik artışı ile tohum üretimi ve biyomas arasında negatif korelasyon bulunduğunu rapor etmiştir. Diğer taraftan Pluess et al (2005) tür içinde ve türler arasında yükseklik artışına paralel olarak tohum veriminin de arttığını vurgulamaktadırlar. Bazı çalışmalarda ise yükseklik artışı ile tohum verimi arasında hiçbir ilişkinin bulunmadığı belirtilmektedir (Guo et al 2010; Öney 2013). Çalışmada yükseklik arttıkça çimlenme süresi ve tüylülük derecesinin azaldığı, bitki görünümü değerinin arttığı belirlenmiştir. Yükseklik ile çimlenme süresi ve bitki görünümü arasındaki ilişki istatistikî olarak önemlidir.

Morfolojik karakterlerin birbirleriyle olan ilişkileri incelendiğinde; bitki boyu arttıkça, bayrak yaprak ayası boyu ve eni, tohum ağırlığı ile bin tane ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Bitki boyu ile çiçeklenme süresi arasında negatif korelasyon, bitki boyu ile bitki görünüşü, çimlenme ve başaklanma süresi arasında ise pozitif korelasyon gözlenmiştir. Bayrak yaprak ayası boyu artarken, bayrak yaprak ayası eni, bitki ağırlığı, tohum ağırlığı ve bin tane ağırlığının arttığı; başaksız sap sayısı, çimlenme, çiçeklenme ve başaklanma sürelerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Neji et al (2015) yaptıkları çalışmada yaprak boyunun lokasyona göre değiştiğini bildirmektedirler. Bayrak yaprak ayası eninin diğer morfolojik özellikler üzerine etkisi, bayrak yaprak ayası boyunun etkisi ile aynı olup, farklı olarak bayrak yaprak ayası boyu artarken tohum sayısı azalmakta, fakat bayrak yaprak ayası eni artarken tohum sayısı da artmaktadır. Bitki ağırlığının artmasına bağlı olarak başakçık sayısının, tohum sayısının, tohum ağırlığı ve bin tane ağırlığının arttığı, çimlenme, başaklanma ve çiçeklenme süresinin ise azaldığı görülmektedir. Başaklı sap sayısı arttıkça başaksız sap sayısı, başaklanma süresi ve çiçeklenme süresinin arttığı, tohum ağırlığı ve bin tane ağırlığının ise azaldığı

Çizelge 5- Yükseklik ile morfolojik karakterler arasında korelasyon analiz sonuçları

Table 5- Results of correlation analysis between altitude and morphological characteristics

Y	Bb	Byb	Bye	Ba	Bss	Bszss	Bçs	Ts	Ta	Bta	Çms	Bs	Ççs	Bg	Br
Bb	0.198														
Byb	-0.039	-0.349*													
Bye	0.149	-0.402**	0.887**												
Ba	0.192	-0.066	0.524**	0.546**											
Bss	0.201	0.096	-0.481**	-0.574**	-0.230										
Bszss	0.072	0.146	-0.312*	-0.380**	-0.280	0.599*									
Bçs	0.227	-0.108	0.076	0.158	0.551**	0.244	0.122								
Ts	-0.094	0.137	-0.351*	0.308*	0.688**	-0.052	-0.070	0.674**							
Ta	0.265	-0.381**	0.726**	0.803**	0.718**	-0.426**	-0.429**	0.344*	0.545**						
Bta	0.388**	-0.480**	0.642**	0.750**	0.457**	-0.460**	-0.465**	-0.002	0.044	0.847**					
Çms	-0.363**	0.384**	-0.348*	-0.467**	-0.315*	0.218	0.262	-0.370**	-0.191	-0.561**	-0.562**				
Bs	-0.120	0.401**	-0.906**	-0.879**	-0.455**	0.497**	0.357*	.076	-0.303*	-0.802**	-0.762**	0.483**			
Ççs	-0.145	-0.481**	-0.903**	-0.883**	-0.468**	0.492**	0.361*	0.092	-0.302*	-0.816**	-0.782**	0.504**	0.997**		
Bg	0.322*	0.879**	0.541**	0.576**	0.529**	-0.322**	-0.475**	0.137	0.243	0.642**	0.638**	-0.222	-0.518**	-0.526**	
Br	-0.044	-0.499**	-0.201	-0.198	-0.399**	0.012	0.064	-0.178	-0.149	-0.154	-0.085	-0.083	0.047	0.047	-0.512**
Bt	-0.290	-0.223	-0.194	0.180	0.070	-0.129	-0.031	0.267	0.285*	0.186	0.075	-0.397**	-0.223	-0.236	-0.103

-, negatif korelasyon; *, P<0.05; **, P<0.01

belirlenmiştir. Başaksız sap sayısının tohum ağırlığı, bin tane ağırlığı ve bitki görünüşü karakterleri ile negatif, başaklanma süresi ve çiçeklenme süresi karakterleri ile pozitif korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Başakçık sayısı arttıkça, tohum sayısı ve tohum ağırlığının arttığı, çimlenme süresinin ise kısaldığı belirlenmiştir. Bitki başına tohum sayısı, tohum ağırlığı ve bitkideki tüylülük derecesi özellikleri ile pozitif korelasyona sahip iken, başaklanma süresi ve çiçeklenme süresi özellikleri ile negatif korelasyona sahiptir. Diğer özelliklerin pek etkisi bulunmadığı bitkideki tüy miktarı ile tohum sayısının ilişkili olması dikkat çekmektedir. Ayrıca, tohum sayısı fazla olan popülasyonların başaklanma ve çiçeklenme sürelerinin kısa olduğu görülmektedir. Yapılan analizde bitkinin sahip olduğu tohum ağırlığı arttıkça bin tane ağırlığının arttığı ve bitki görünüşünün de olumlu yönde etkilendiği belirlenmiştir. Tohum ağırlığı arttıkça çimlenme, başaklanma ve çiçeklenme süresinin kısaldığı tespit edilmiştir. Vogel et al (2009) yaptıkları çalışmada bitkilerin sahip olduğu tohum ağırlığının lokasyona göre de değiştiğini bildirmektedirler. Bin tane ağırlığı ile bitki görünüşü arasında pozitif, çimlenme, başaklanma ve çiçeklenme süreleri arasında ise negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Çimlenme süresi uzun olan popülasyonlara ait bitkilerin tüy miktarlarının az, başaklanma süresi ve çiçeklenme sürelerinin uzun olduğu saptanmıştır. Başaklanma süresi ile çiçeklenme süresi arasında pozitif, bitki görünüşü ile negatif korelasyon görülmektedir. Neji et al (2015) yaptıkları çalışmada başakçık oluşturma süresinin lokasyona göre de değiştiğini bildirmektedirler. Çiçeklenme süresi ile bitki görünüşü, bitki görünüşü ile bitki rengi arasında negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Neji et al (2015) çalışmasında bitki görünümünün popülasyonun toplandığı coğrafik bölgeden de etkilendiğini açıklamıştır. Ayrıca bitki rengi ile tüylülük derecesi arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuç

Yapılan çalışma sonucunda üzerinde çalışılan *B. distachyon* koleksiyonunun morfolojik karakterler bakımından çok geniş bir varyasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Bir türün başarılı bir model sistem

olabilmesi için en temel şartlardan birisi geniş bir doğal varyasyon gösteren genetik kaynak koleksiyonuna sahip olmasıdır. *B. distachyon* çok yeni bir model bitki olmasından dolayı mevcut *B. distachyon* genetik kaynak koleksiyonları çok sınırlı sayıda aksesyona sahiptir. Bu nedenlerden dolayı, ülkemizin iklim ve topoğrafya bakımından çok farklı olan coğrafik bölgelerinden toplanmış ve Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri bölümünde muhafaza edilen *B. distachyon* genetik kaynak koleksiyonu türün başarılı bir model sistem olabilmesine büyük bir katkı sağlayacak nitelikte bir koleksiyondur. Koleksiyonu oluşturan *B. distachyon* aksesyonları özellikle ülkemizin önemli bitki gruplarından olan ve büyük genomlara sahip tahıllar ve buğdaygil yem bitkisi bitkilerinin önemli tarımsal özelliklerinin haritalanmasında kullanılabilecek markörlerin geliştirilmesinde ve yine bu grup içerisinde yer alan bitkilerin heterokromatik bölgelerinin haritalanmasında kullanılabilir. Daha da önemlisi bu koleksiyon kullanılarak bu grup içerisindeki bitkilerin karakterleri hızlı bir şekilde genler (gene function) ile ilişkilendirilebilir.

Kaynaklar

- Brkljacic J, Grotewold E, Scholl R, Mockler T, Garvin D F, Vain P, Brutnell T, Sibout R, Bevan M, Budak H, Caicedo A L, Gao C, Gu Y, Hazen S P, Holt III B F, Hong S Y, Jordan M, Manzaneda A J, Mitchell-Olds T, Mochida K, Mur L A J, Park C M, Sedbrook J, Watt M, Zheng S J & Vogel J P (2011). *Brachypodium* as a model for the grasses: Today and the future. *American Society of Plant Biologists* **157**(1): 3-13
- Bu H, Chen X, Xu X, Lui K, Jia P & Du G (2007). Seed mass and germination in an Alpine meadow on the Eastern Tsinghai-Tibet Plateau. *Plant Ecology* **191**: 127-149
- Catalán P, Kellogg EA & Olmstead R G (1997). Phylogeny of Poaceae subfamily Pooideae based on chloroplast ndhF gene sequencing. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **8**: 1-18
- Catalán P, Müller J, Hasterok R, Jenkins G, Mur L A J, Langdon T, Betekhtin A, Siwinska D, Pimentel M & López-Alvarez D (2011). Evolution and taxonomic split of the model grass *Brachypodium distachyon*. *Annals of Botany* **109**(2): 385-405

- Davis P H (1985). Flora of Turkey and East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Volume: 9, Edinburgh
- Draper J, Mur L A J, Jenkins G, Ghosh-Biswas G C, Bablak P, Hasterok R & Routledge A P M (2001). *Brachypodium distachyon*. A New Model System for Functional Genomics in Grasses1. *Plant Physiology* **127**: 1539-1555
- Filiz E, Ozdemir B S, Budak F, Vogel J P, Tuna M & Budak H (2009). Molecular, morphological, and cytological analysis of diverse *Brachypodium distachyon* saf lines. *Genome* **52**: 876-890
- Garvin D F, Gu Y Q & Hasterok R (2008). Development of genetic and genomic research resources for *Brachypodium distachyon*, a new model system for grass crop research. *Crop Science-The Plant Genome* **48**: S69-S84
- GPWG (2001). Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* **88**: 373-457
- Guillon F, Larré C, Petipas F, Berger A, Moussawi J, Rogniaux H, Santoni A, Saulnier L, Jamme F, Miquel M, Lepiniec L & Dubreucq B (2012). A comprehensive overview of grain development in *Brachypodium distachyon* variety Bd21. *Journal of Experimental Botany* **63**(2): 739-755
- Guo H, Mazer S J & Du G (2010). Geographic variation in primary sex allocation per flower within and among 12 species of *Pedicularis*: Proportional male investment increases with elevation. *American Journal of Botany* **97**(8): 1334-1341
- Hui D, Wang J, Le X, Shen W & Ren H (2012). Influences of biotic and abiotic factors on the relationship between tree productivity and biomass in China. *Forest Ecology and Management* **264**: 72-80
- Jaroszewich A M, Kosina R & Stankiewicz P R (2012). RAPD, karyology and selected morphological variation in a model grass, *Brachypodium distachyon*. *Weed Research* **52**: 204-216
- Mohammadi S A & Prasanna B M (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants- Salient statistical tools and considerations. *Crop Science* **43**: 1235-1248
- Moles E T & Westoby M (2003). Latitude, Seed Predation and Seed Mass. *Journal of Biogeography* **30**: 105-128
- Mur L A, Allainguillaume J, Catalan P, Hasterok R, Jenkins G, Lesniewska K, Thomas I & Vogel J (2011). Exploiting the *Brachypodium* Tool Box in cereal and grass research. *New Phytologist* **191**: 334-347
- Neji M, Geuna F, Taamalli W, Ibrahim Y, Smida M, Badri M, Abdelly C & Gandour M (2015). Morpho-phenologic diversity among Tunisian populations of *Brachypodium distachyon*. *Journal of Agricultural Science* **153**: 1006-1016
- Opanowicz M, Vain P, Draper J, Parker D & Doonan J H (2008). *Brachypodium distachyon*: making hay with a wild grass. *Trends in Plant Science* **13**: 172-177
- Ozdemir B S, Hernande P, Filiz E & Budak H (2008). *Brachypodium* Genomics. *International Journal of Plant Genomics* doi:10.1155/2008/536104
- Öney S (2013). Türkiye’de yayılış gösteren *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv. (Poaceae) popülasyonlarının moleküler ve morfolojik karakterizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Isparta
- Pluess A R, Schutz W & Stöcklin J (2005). Seed weight increases with altitude in the Swiss Alps between related species but not among populations of individual species. *Oecologia* **144**: 55-61
- Robertson I H (1981). Chromosome numbers in *Brachypodium* Beauv. (Gramineae). *Genetica* **56**: 55-60
- Vogel J P, Garvin D F, Leong M O & Hayden M D (2006). Agrobacterium-mediated transformation and saf line development in the model grass *Brachypodium distachyon*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **84**: 199-211
- Vogel J P & Bragg J N (2009). *Brachypodium distachyon* a new model for the grasses. In: G J Muehlbauer & C Feuillet (Eds), *Genetics and Genomics of the Triticeae*, Springer US, New York, pp. 427-449
- Vogel J P, Tuna M, Budak H, Huo N, Gu Y Q & Steinwand M A (2009). Development of SSR markörs and analysis of diversity in Turkish populations of *Brachypodium distachyon*. *BMC Plant Biology* **9**: 88 doi:10.1186/1471-2229-9-88
- Vogel J, Garvin D, Mockler T C, Schmutz J & Rokhsar D (2010). Genome sequencing and analysis of the model grass *Brachypodium distachyon*. *Nature* **463**: 763-768
- Watt M, Schneebeli K, Dong P & Wilson I W (2009). The shoot and root growth of *Brachypodium* and its potential as a model for wheat and other cereal crops. *Functional Plant Biology* **36**: 960-969
- Wolny E & Hasterok R (2009). Comparative cytogenetic analysis of the genomes of the model grass *Brachypodium distachyon* and its close relatives. *Annals of Botany* **104**(5): 873-881



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

İstavrit Balığı (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868)'nın Doğu Karadeniz'de Kafeslerde Büyüme Performansının Belirlenmesi

Nadir BAŞÇINAR^a, Fatma Delihasan SONAY^b, Şahin ALSAN^c, İlhan ALTINOK^a

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, 61530, Çamburnu, Trabzon, TÜRKİYE

^b Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 53100, Fener, Rize, TÜRKİYE

^c Doğu Karadeniz Kültür Balıkçılığı A.Ş. (DOKABAŞ), 61250 Yomra, Trabzon, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Nadir BAŞÇINAR, E-posta: nbascinar@gmail.com, Tel: +90 (462) 377 80 82

Geliş Tarihi: 22 Mayıs 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 17 Aralık 2014, Kabul: 12 Ocak 2015

ÖZET

Bu çalışma istavrit balığının (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) Doğu Karadeniz'de kafeslerde kültür potansiyeli üzerine yapılan ilk çalışmadır. Balıklar, ağ tuzaklarla doğadan yakalanmış ve doğrudan kafeslere transfer edilmiştir. Büyütme çalışması Ekim 2010 ile Ekim 2011 arasında yürütülmüştür. Ebatları 5x5x3 m olan kare kafes, birbirinden tamamen bağımsız eşit hacimli üç eşit küçük kafese (5x1,6x1.5 m) bölünmüş ve her bir küçük kafese yaklaşık 1000'er adet balık stoklanmıştır. Balıklar ticari deniz levreği yemi ile doyuncaya kadar elle günde iki kez yemlenmiştir. Çalışmanın başında 12.20±0.97 cm ve 24.09±3.25 g olan ortalama boy ve ağırlık değerleri çalışma sonunda 19.61±1.47 cm ve 76.80±16.24 g'a (n= 100) ulaşmıştır. Ortalama yem değerlendirme ve yaşama oranları sırasıyla 2.33±0.21 (2.12-2.54) ve % 95.58-98.59 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, deniz kafeslerinde istavrit balığının su sıcaklığının 12 °C'nin altına düştüğü kış ayları haricinde büyülebildiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İstavrit balığı; Akuakültür; Yem değerlendirme oranı; Kondisyon faktörü; Yaşama oranı

Growth Performance of Horse Mackerel (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) Reared in Sea Cages at the Southeastern Black Sea

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Nadir BAŞÇINAR, E-mail: nbascinar@gmail.com, Tel: +90 (462) 377 80 82

Received: 22 May 2014, Received in Revised Form: 17 December 2014, Accepted: 12 January 2015

ABSTRACT

This study is the first potential culture of the Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) in cages in the Southeastern Black Sea. The wild fish was captured by net and transferred into sea cages. Growth study was performed between October 2010 and October 2011. Sea cage which 5x5x3 m dimensioned, was divided there equal volume (5x1, 6x1.5 m) independent from the other, and the fish of approx. 1000 specimen was stocked in

per volume. Commercial seabass feed was used, and *ad libitum* feeding regime was set as twice a day. At the beginning, the experimental fish were 12.20±0.97 cm in length and 24.09±3.25 g in weight, and at the end of study, they reached to 19.61±1.47 (n= 100) cm in length and 76.80±16.24 g in weight. Average feed conversion ratio and the survival rate were calculated as 2.33±0.21 (2.12 to 2.54), and 95.58-98.59%, respectively. According to the results of this study, there is a potential for culturing horse mackerel in sea cages and fish grow trough out the year except winter when water temperature decreased to the 12 °C.

Keywords: Horse mackerel; Aquaculture; Food conversion ratio; Condition factor; Survival rate

1. Giriş

Karadeniz'de balıkçılığın 1980'li yılların sonunda yaşadığı kriz esnasında önemli teşvik ve beklentilerle başlatılan ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği beklenen gelişmeyi gösterememiştir. Bunda AR-GE çalışmaları gerçekleştirilmeden ticari düzeyde üretime başlanmasının yanı sıra Karadeniz'in hidrografik özelliklerinin (su sıcaklığı, kıyı yapısı, akıntı ve dalgalar) önemli payı vardır. Daha sonraki yıllarda bazı akademik çalışmaların yürütülmesine rağmen bunlar sektörel gelişimi yönlendirici seviyeye ulaşamamıştır (Başçınar et al 2013). Gerek talepteki artış gerekse ürüne sağlanan doğrudan destek nedeniyle mevcut işletmeler kapasitelerini artırma ve deneme-yanılma yoluyla yeni arayışlara başlamışlardır. Ancak, mevcut durumda yetiştirilen tür sayısında artış gözlenmemiştir. Bu nedenle tür sayısını ve yeni ekonomik yaklaşımların geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur.

İstavrit balığı Karadeniz'de hamsiden sonra en fazla av verimine sahip olan bir türdür ve gırgır tekneleri tarafından avlanmaktadır (Çelikkale et al 1999). İstavrit balığı üretim miktarı ülkemizde 1985-1990 yılları arasında yaklaşık 100 bin ton seviyelerinde iken oldukça hızlı bir şekilde azalmış ve 2009 yılında 28268 ton olarak gerçekleşmiştir (TUİK 2012). İstatistikler ve tür üzerinde yapılan çalışmalar, stoklar üzerinde av baskısının oldukça fazla olduğunu göstermektedir (Şahin et al 2009).

İstavrit balıkları üzerinde yürütülen çalışmaların büyük bir bölümü balıkçılık biyolojisi (Yücel & Erkoyuncu 2000; Satılmış et al 2003; Şahin et al 2009; Özdemir et al 2009), işleme

ve değerlendirme (Düzgüneş & Karaçam 1991; Kartal et al 2003; Erdem & Bilgin 2005; Patır & İnanlı 2005), biyoekolojik çalışmalar (Samsun et al 2006; Yankova & Raykov 2006) ve hastalık (Boran et al 2013) olarak görülmektedir. İstavrit yetiştiriciliği üzerine yapılmış bilimsel bir literatüre rastlanmamıştır. Halen istavritten döl alınmamış olması ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından türün avcılığa dayalı kafes yetiştiriciliğine izin verilmemiş olması önemlidir. Doğadan yavru toplanarak yapılan yetiştiriciliğin, balık stoklarını oldukça yıpratmış bir gerçektir. Ancak, türün üzerindeki av baskısı stoklardaki balık büyüklüğünü ve dolayısıyla pazar değerini (TL kg⁻¹) azaltmaktadır. Av sezonunun başladığı Eylül ayının ilk haftalarında gırgır teknelerinin yoğun olarak avladığı türün istavrit olması, ardından palamut ve hamsi avcılığının başlaması ile av baskısının azaldığı görülmektedir. Av sezonunun kapanması ile (Nisan ayı), pazarlanabilir balık tür sayısı ve miktarında azalma yaşanmakta ve tezgahlarda rastlanan balık türlerinin büyük bölümünü kültür balıkları olan alabalık, deniz levreği ve çipura almaktır. Yetiştiricilikte sadece üç tür ile sınırlı kalınması, tüketici tercihinde sınırlanmalara, küçük balıkçılar tarafından avlanan doğal balıkların (istavrit, mezigit, zargana, kefal, barbunya gibi) fiyatlarında artışa neden olmakta ve balık tüketimi azalmaktadır.

Deniz kafeslerinde alabalıklar daha hızlı büyümesine rağmen (Korkmaz & Kırkağaç 2008), nisan ayından itibaren hasat nedeniyle dolu kafesler sayısal olarak azalmakta ve haziran ayından sonra ise tamamen boşalmaktadır. Seviler tüketilen istavrit balığının boşalmış olan alabalık kafeslerinde

besiye alınması, birkaç aylık semirtme ile yaz aylarında pazarlanması ile kültür balıkçılığının yıllık sürekliliği sağlanabilir.

Bu çalışmanın temel amacı; kültür şartlarında deniz levreği kafeslerine dışarıdan girerek büyüeyebilen ve suni yem alımında problem göstermeyen (Başçınar et al 2013) istavrit balığının yetiştiricilik potansiyelini irdelemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Saha çalışmaları (Bakanlık ile yapılan resmi yazışmalar gereği) 3/1 Numaralı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğ kapsamında (boy, zaman, avlanma yöntemi) yürütülmüştür. Bu nedenle çalışmada kullanılan istavrit balıkları Eylül ayında tuzaklarla yakalanmış ve kafes ortamına uyum sağlamaları beklendikten sonra Ekim ayında semirtilmeye başlanmış ve bir yıl sonra semirtme sonlandırılmıştır.

Çalışma, Doğu Karadeniz'de Trabzon İli Yomra İlçesi Derbent Burnu mevkiinde (Şekil 1) karadan 0.6 mil açıktaki Doğu Karadeniz Kültür Balıkçılığı A.Ş. (DOKABAŞ)'ye ait işletmede yapılmıştır. Karadan denizdeki kafeslere gidiş ve gelişler servis tekneleri ile sağlanmıştır.

İstavrit balıkları doğadan Eylül 2010'da tuzak ağlar ile yakalanıp ilk önce 14 m çaplı HDPE (High Density Polietilen) malzemeden yapılmış 3 adet kafese stoklanmış, suni yeme bu kafeste alıştırma yapıldıktan sonra kontrolü daha kolay olan 5x5x3 m ebatlarındaki ağ kafese transfer edilmiştir. Çalışmada ağ kafes; tamamen birbirinden bağımsız, balıkların kaçma, birbirine geçme ve yem geçişi olasılığını ortadan kaldıracak şekilde tekerrür oluşturma amacıyla yeniden dizayn edilmiş (ebatları 5x1, 6x1.5 m; kafes ağı 10 mm göz açıklığında ve ağın su üzerinde kalan kısmının yüksekliği 1 metre) ve kullanılmıştır. Ağın tabanına akıntılardan en az seviyede etkilenmesi amacı ile 8 kg'lık 8 adet ağırlık bağlanmıştır. Kafesin üzeri kuşlardan koruma amaçlı 30 mm göz açıklığında çift kat kuş koruma ağı ile örtülmüştür.



Şekil 1- Karadeniz'de büyütme kafesleri sahası

Figure 1- Grow out sea cages local in the Black Sea

Çalışmada ortalama boyu 12.20 ± 1.01 cm ve ağırlığı 24.09 ± 6.16 g olan balıklar bölmelere rastgele dağıtılmış, sırasıyla 999 adet, 1013 adet ve 1000 adet (toplam 3012 adet) olarak stoklanmıştır. Balıkların elle muameleye karşı hassas olmaları nedeniyle mümkün olduğunca el değmeden işlemler yapılmış, aynı zamanda atmosferik şartlar (rüzgar, akıntı, dalga) nedeniyle başlangıçta sayılar tamamen eşitlenememiştir.

Çalışmada Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından verilen şartlı izinler nedeniyle zorunlu olarak 1+ yaşlı istavrit balıkları kullanılmıştır. Bu nedenle kullanılan balıklar eşeyssel olgunluğa ulaşmış durumdadır. Balıklarda yaş tayini otolitlerden yapılmıştır.

Araştırma süresince balıkların beslenmesinde ticari bir firma tarafından üretilen % 48 ham protein, % 18 ham yağ ve $4400 \text{ kcal kg}^{-1}$ metabolik enerji içeren 2 mm ekstrude deniz levreği yemi kullanılmıştır.

Araştırma, 09 Ekim 2010-18 Ekim 2011 tarihleri arasında 375 gün süreyle yürütülmüştür. Çalışmada 0. (başlangıç), 31, 62, 93, 124, 157, 185, 213, 261, 286, 307, 333 ve 375. (son) günlerde ölçüm yapılmıştır. Balıklar ölçüm öncesi fenoksietanol (50 mg L^{-1} su) ile bayıltılıp sakinleştirilmiştir. Kafeslerde, su sıcaklıkları günlük, çözünmüş oksijen ve tuzluluk aylık olarak ölçülmüş; akıntı durumu, rüzgar şiddeti ve yönü, dalga yüksekliği ve bulanıklık izlenmiştir. Ayrıca kafes ağları haftada bir dalgıç tarafından kontrol edilmiş, olası risklere karşı

gözlem yapılmış, eğer varsa ölü balıklar düzenli olarak kayıtlara alınmıştır.

Balıkların tartımında sudan etkilenmeyen ± 0.1 g hassasiyetli AND marka ve HL-300WP model terazi kullanılmıştır. Balıkların tam boyu ± 1 mm hassasiyetli cetvel, günlük sıcaklık ve çözülmüş oksijen Oxyguard Gamma marka ve model cihaz ile ölçülmüştür.

Balıklar günde iki kez (sabah 08.00; akşam 16.00, ilkbahar ve sonbaharda 17.00, yazın ise 18.00) olmak üzere doyuncaya kadar elle yemlenmiştir. Yem alma isteği kriter alınarak, yemleme esnasında balıkların hareketleri göz önünde bulundurulmuş, yem almaya karşı hareket azalınca yemlemeye son verilmiştir. Günlük olarak tüketilen yem miktarları kaydedilmiştir.

Yem değerlendirme oranı (FCR), ağırlıkça spesifik büyüme oranı (SBO_w), kondisyon faktörü (K) ve yaşama oranı (S) Eşitlik 1, 2, 3 ve 4'e göre hesaplanmıştır.

Yem değerlendirme oranı (FCR);

$$FCR = F / ((B_s + B_i) + m) \quad (1)$$

Ağırlıkça spesifik büyüme oranı (SBO_w);

$$SBO_w = 100 ((\ln W_s - \ln W_i) / t_s - t_i) \quad (2)$$

Kondisyon faktörü (K);

$$K = 100 (W / L^3) \quad (3)$$

Yaşama oranı (S);

$$S = 100 (N_s / N_i) \quad (4)$$

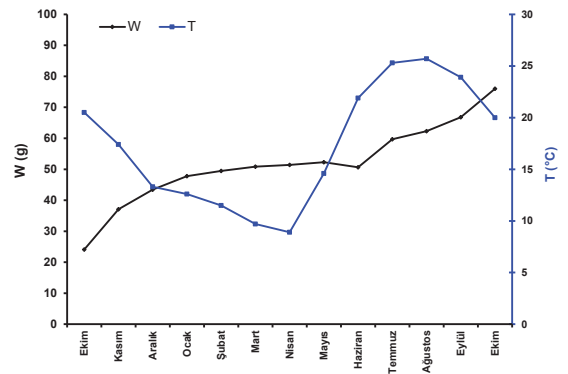
Burada; F, bir periyotta tüketilen yem miktarı (g); B, biyokütle (g); m, ölen balıkların toplam ağırlığı (g); i, ilk değer; s, son değer; W, ağırlık (g); L, tam boy (cm); t, süre (gün); N, balık sayısı (adet)'dir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma sahasında yıllık ortalama tuzluluk $\% 15 \pm 1.09$; çözülmüş oksijen değeri ise 8.4 ± 1.04 mg L^{-1} olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama minimum su sıcaklığı 8.9 ± 0.4 °C olarak Nisan ayında, maksimum 25.8 ± 0.8 °C olarak Ağustos ayında belirlenmiştir. Çalışma süresince, dalga

yüksekliği, rüzgar şiddeti ve yönü, akıntı hızı ve yönü, bulanıklılık izlenmiş, ancak kafes ortamı için tehlike oluşturacak seviyelere ulaşmamıştır.

Çalışmada kullanılan istavritler belirli aralıklarla rastgele örnek alınarak, ortalama boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. Çalışma başında ortalama boyu 12.20 ± 0.97 cm ve ortalama ağırlığı 24.09 ± 3.25 g olan istavrit balıklarının çalışma sonundaki ortalama boyu 19.61 ± 1.47 cm ve ortalama ağırlığı 76.8 ± 16.24 g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). Kış aylarında su sıcaklığındaki düşüğe bağlı olarak büyüme hızının azaldığı belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2- Ekim 2010-Ekim 2011 arası istavrit balıklarının ağırlık artışı ve ortalama deniz suyu sıcaklığı değişimi

Figure 2- Growth performance of Mediterranean horse mackerel and mean seawater temperature during the trial

İstavrit balığının Doğu Karadeniz şartlarında yem değerlendirme oranları incelendiğinde düşük ve yüksek su sıcaklıklarında daha yüksek değerler hesaplanmıştır. En düşük (en iyi) değer Ekim-Kasım 2010 döneminde 1.20 ± 0.03 olarak belirlenmiştir. Çalışma süresince hesaplanan ortalama yem değerlendirme oranı ise 2.33 ± 0.21 ($2.12-2.54$)'tür (Çizelge 1). 09 Mayıs-26 Haziran 2011 döneminde ise ağırlık kaybı meydana gelmiş ve bu nedenle yem değerlendirme oranı hesaplanamamıştır. Yapılan gonad incelemelerinde balıkların yumurtladıkları (Başçınar et al 2013) ve bu nedenle ağırlık azalması oluştuğu ($SGR_w = -0.07 \pm 0.01$) belirlenmiştir.

Çalışma başlangıcında istavrit balıklarının kondisyon faktörleri ortalama 1.32 ± 0.12 (1.04-1.56) olarak hesaplanmıştır. İlerleyen periyotta ortalama kondisyon faktörlerinde artış gözlenmiştir. Kış aylarının gelmesi ile birlikte yem alımına bağlı olarak kondisyon faktörleri azalma eğilimine girmiştir. İlerleyen aylarda ise boyca büyüme oranının, ağırlıkça büyüme oranına göre daha fazla olması nedeniyle kondisyon faktöründe düşme gözlenmiştir (Çizelge 1).

Çalışmanın ilk ve ikinci periyotlarında, ağırlıkça spesifik büyüme oranları en yüksek değeri sergilemiştir. Su sıcaklığındaki azalmaya bağlı olarak yem tüketimi ve dolayısı ile büyüme oranı azalmıştır (Çizelge 1). Çalışma sonunda boyca ve ağırlıkça spesifik büyüme oranları sırasıyla 0.127 ± 0.011 ve 0.305 ± 0.001 olarak hesaplanmıştır. Ağırlıkça büyüme oranı döl verimi nedeniyle beklendiği gibi 213-260. gün periyodunda negatif olarak gerçekleşmiştir (Başçınar et al 2013).

Çalışma süresince ölen balıklar toplanmış ve kaydedilmiştir. En fazla ölen balık kasım ayında

gerçekleşmiştir. Çalışma süresince yaşama oranı ortalama % 97.42 ± 1.61 , ölüm oranı 2.58 ± 1.61 olarak hesaplanmıştır.

İstavrit ile ilgili yapılan önceki çalışmalar balığın morfolojik, biyolojik, ekolojik özellikleri, avcılık ve işleme konuları üzerinedir, ancak yetiştiricilik ile ilgili bilimsel bir çalışma ise daha önce yapılmamıştır.

İstavrit balıkları ile ilgili olarak popülasyon dinamiği üzerine yapılan çalışmalar, balıkların yaz aylarında ürediğini ve bir yaşında eşeyssel olgunluğa ulaştığını ortaya koymuştur (Genç et al 1998), dolayısıyla yasal av boyu, ilgili tebliğ gereği olarak 13 cm olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada kullanılan balıkların ortalama başlangıç boyu belirlenirken bu kritere uygunluğa özen gösterilmeye çalışılmıştır ve balıklar bir yaşını doldurmuştur. Bir yaşını dolduran *Trachurus mediterraneus* için ortalama boy daha önce 12.66 cm, ağırlık 13.72 g (Şahin et al 2009), 13.83 cm ve 20.80 g (Genç et al 1998), *Trachurus trachurus* için ise bu değerler 11.96 cm ve 14.26 g olarak

Çizelge 1- Ortalama boy (L; cm), ağırlık (W; g), kondisyon faktörü (K) ağırlıkça spesifik büyüme oranı (SGRw) ve yem değerlendirme oranı (FCR) değerleri (\pm sd)

Table 1- Mean length (L; cm), weight (W; g), condition factor (K), specific growth rate in weight (SGRw), and food conversion ratio (FCR) values (\pm sd)

Gün	L (cm)	W (g)	K	SGRw	FCR
0	12.20 \pm 0.97	24.09 \pm 3.25	1.32 \pm 0.12	1.45 \pm 0.02	1.20 \pm 0.03
30	13.37 \pm 0.19	37.03 \pm 0.50	1.54 \pm 0.09	0.51 \pm 0.01	2.73 \pm 0.42
61	15.12 \pm 0.02	43.40 \pm 0.51	1.25 \pm 0.02	0.24 \pm 0.05	2.14 \pm 0.86
92	16.25 \pm 0.23	47.76 \pm 2.49	1.11 \pm 0.05	0.19 \pm 0.07	3.72 \pm 1.03
123	16.33 \pm 0.14	49.93 \pm 1.05	1.14 \pm 0.02	0.05 \pm 0.01	2.83 \pm 0.42
156	16.92 \pm 0.17	50.83 \pm 1.07	1.05 \pm 0.04	0.02 \pm 0.03	2.44 \pm 1.77
185	17.10 \pm 1.01	51.43 \pm 1.62	1.02 \pm 0.12	0.05 \pm 0.01	1.16 \pm 0.24
213	17.15 \pm 1.03	52.29 \pm 1.76	0.96 \pm 0.06	-0.07 \pm 0.01	-
261	17.20 \pm 1.05	50.62 \pm 1.82	0.99 \pm 0.05	0.66 \pm 0.01	1.80 \pm 0.23
286	17.43 \pm 1.09	59.71 \pm 2.01	0.98 \pm 0.06	0.19 \pm 0.01	2.06 \pm 0.15
307	17.87 \pm 1.12	62.30 \pm 2.11	1.09 \pm 0.07	0.27 \pm 0.01	1.80 \pm 0.04
333	18.47 \pm 1.30	66.78 \pm 2.12	1.06 \pm 0.08	0.31 \pm 0.01	1.44 \pm 0.08
375	19.64 \pm 1.51	76.02 \pm 2.31	1.00 \pm 0.07	-	-

(Yücel & Erkoyuncu 2000) bildirilmiştir. Araştırmada kullanılan balıkların başlangıç büyüklüğü Genç et al (1998)'in bildirdiği boy değerleri ile benzerdir, ancak ağırlık yönünden daha büyüktür.

Çalışmanın sonlandırıldığı dönemde, balıklar ikinci yaşını tamamlamıştır. Balıkların çalışmanın sonunda ulaştığı ağırlığa sahip doğal bireylere rastlanmadığı için karşılaştırma yine literatüre bağlı olarak yapılmıştır. Karadeniz'de iki yaşını tamamlayan *Trachurus mediterraneus* için ortalama boy daha önce 13.77 cm, ağırlık 19.21 g (Şahin et al 2009), *Trachurus trachurus* için ise bu değerler 14.68 cm ve 27.70 g (Yücel & Erkoyuncu 2000) olarak bildirilmiştir (Çizelge 2). Araştırmada ölçülen değerler, her iki istavrit türü için bildirilen değerlerden oldukça yüksektir. Karadeniz'de doğal olarak yaşayan ve büyüyen istavrit balıklarının, elde ettiğimiz değerlere ulaşmaları; *Trachurus mediterraneus* için yaklaşık 5 yıl (Şahin et al 2009), *Trachurus trachurus* türü için ise 7 yıl (Yücel & Erkoyuncu 2000) gerektirmektedir. Doğal olarak balıkların su sıcaklığının düşmeye başladığı kış döneminde yem alımını azaltmaları ve açık denizde sürüler halinde yaşarken besin için rekabet etmeleri ve avlanmak için enerji harcamaları büyüme performansını kültür ortamında stoklanan bireylere göre olumsuz etkilemektedir. Doğal besinlerin enerji içeriklerinin yapay yeme göre oldukça düşük olması ve yem tüketimi için çok daha az enerji harcanması ve predatörlerden kurtulmak için harcanması için gereken hareket enerjisinin büyümeye ayrılması, büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Balıkların iyi beslenip beslenmediklerinin diğer bir göstergesi kondisyon faktörüdür. Aylık olarak hesaplanan kondisyon faktörünü Şahin et al (2009) *Trachurus mediterraneus* için Ağustos ayında dişi bireylerde 1.007; erkek bireylerde 0.936; Genç et al (1998) ise bu değerleri en düşük Nisan ayında 0.73, en yüksek Ekim ayında 0.83 olarak bildirmiştir. Bostancı (2009) tarafından bildirilen ortalama kondisyon faktörü ise 0.99'dur. *Trachurus trachurus* türü için bildirilen ortalama kondisyon faktörü değerleri 0.808 (Satılmış & Erdem 2008); 0.843 (Yücel & Erkoyuncu 2000) ve 0.805 (Samsun et al 2006) olarak hesaplanmıştır. Bu projede hesaplanan kondisyon faktörü değerleri en düşük Mart ayında 1.05 ± 0.04 (1.02-1.09) en yüksek Kasım ayında 1.54 ± 0.09 (1.43-1.59) olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla kültür ortamında balıkların yem alımının en az seviyelere düştüğü kış aylarında bile doğal ortamda bulunan yaş gruplarına göre çok daha iyi beslendikleri ortaya konmuştur.

Daha önce istavrit yetiştiriciliği ile ilgili gerek bilimsel ve gerekse ekonomik bir veri olmadığından dolayı yem değerlendirme oranının sağlıklı olarak tartışılması mümkün gözükmemektedir. Yem değerlendirme oranını etkileyen diğer bir faktör, türe özel yemin hangi biyokimyasal özellikleri taşımasının gerektiğinin ortaya konulamamış olmasıdır. Ancak, istavrit balığının deniz ortamında yaşaması ve karnivor olmaları nedeniyle, beslemede deniz levreği yemi kullanılması tercih edilmiştir. Deniz levreği yeminin istavrit balığının tüm gereksinimlerin ne düzeyde karşılayacağı konusunda kısmen kondisyon faktörü değerleri önemli bilgileri

Çizelge 2- İki yaşındaki istavrit balıklarının boy ve ağırlık değerleri

Table 2- Length and weight values of horse mackerel species at age 2

Tür	Boy (cm)	Ağırlık (g)	Kaynak
<i>T. mediterraneus</i>	13.83	20.80	Genç et al (1998)
<i>T. mediterraneus</i>	13.77	19.21	Şahin et al (2009)
<i>T. trachurus</i>	14.68	27.70	Yücel & Erkoyuncu (2000)
<i>T. trachurus</i>	12.58	-	Samsun et al (2006)
<i>T. trachurus</i>	17.90	69.90	Güroy et al (2006)
<i>T. mediterraneus</i>	19.64	76.02	Bu çalışma

verebilmektedir. Kondisyon faktörünün oldukça yüksek olması, balığın bu yemle iyi büyüdüğünü ve hatta balığın iç organlarında yağlanmaya neden olduğunu göstermektedir. Ticari açıdan önemli olan yem değerlendirme oranları, Karadeniz Bölgesi'nde yapılan çalışmalarda deniz levreğinde 1.16-7.01 (Okumuş et al 1997) ve çipurada 1.4-3.2 (Şahin et al 1999) değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu projede istavrit balıkları için hesaplanan yem değerlendirme oranları 0.83 ile 3.72 arasında değişim göstermiştir. Dolayısıyla istavrit için yem kalitesi ve balık büyüklüğü ve mevsime bağlı yemleme oranı (tüketim miktarı) çalışmaları yapılarak yem değerlendirme oranında iyileşme yapmak mümkün gözükmektedir. Balığın mevsime bağlı olarak birim satış fiyatı ise yem değerlendirme oranının kabul edilebilir seviyelerde olduğunu göstermektedir (Başçınar et al 2013), ancak gelecek yıllarda ortaya çıkabilecek durumları değerlendirebilmek için türe özgü yem ve ekonomik analiz çalışmalarının yapılması düşünülmelidir.

Kültür ortamında diğer en önemli ekonomik kayıp ölüm oranlarının öngörülenden yüksek olmasıdır. Özellikle deniz levreği ve alabalıkta görülen bazı hastalıklar toplu ölümlere yol açmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü kafes alanında yer alan diğer kafeslerde hem alabalık hem de deniz levreği kültürü devam etmektedir. Alabalıklarda ve deniz levreğinde hastalıklara karşı önlem (dezenfeksiyon vb) alınırken istavritler için herhangi bir önlem alınmamıştır. Çalışma süresince yaşanan toplam ölüm oranı ise % 2'nin altında seyretmiştir.

Çalışmada elde edilen bilgilere göre istavrit balığının kültür potansiyelinin var olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmanın ilk bilimsel çalışma olduğu göz önünde tutulduğunda, yapılması gereken çalışmaların oldukça fazla olduğu ve yeni bilgiler ışığında farklı stratejilerin uygulanmasının gerekli olabileceği açıktır.

4. Sonuçlar

İstavrit balıklarının doğadan toplanarak kafes ortamına transfer edilebileceği ve yem alımında zorluk göstermeyeceği proje süresince gözlenmiştir.

Bu sonuca göre istavrit balıklarının semirtme şeklinde yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

İstavrit balıklarının aktif yem alımı ve büyüme hızının sıcak dönemde meydana geldiği belirlenmiştir. Balıkların Haziran-Temmuz döneminde gösterdikleri yumurtlama faaliyetinin sona erdiği için doğadan istavrit toplamanın Ağustos ayında yapılmasının daha yararlı olabileceği söylenebilir. Ancak Ağustos ayında uygulanan av yasağı nedeniyle, balıkların sadece kafeslerden oluşan tuzaklar yardımıyla toplanmasının ve orkinos yetiştiriciliğinde olduğu gibi belirli bir kota çerçevesinde hareket edilmesinin daha yararlı olacağı kanaati oluşmuştur.

Ülkemiz yetiştiricilik sektörüne sonradan katılan gökkuşuğu alabalığı yerine, istavritin kafeslerde dört mevsim yetiştirilebileceği ve yaz aylarında kafeslerin boş kalmasını önleyebileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiş olan TAGEM-10/AR-GE/19 nolu projeden üretilmiştir. Projenin hayata geçirilmesinde ve çalışmalarında üstün gayret gösteren DOKABAŞ Genel Müdürü Sayın İbrahim BİBEROĞLU'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Başçınar N, Altınok İ, Köse S, Akhan S, Alsan Ş, Sonay F D, Şahin Ş A, Şahin A, Tufan B, Boran H, Erbaş H İ & Civelek R O (2013). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde İstavrit Balığı (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) Yetiştiriciliği, GTHB Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Proje no: TAGEM-10/AR-GE/19. Trabzon, 104 s
- Boran H, Terzi E, Altınok İ, Çapkın E & Başçınar N (2013). Bacterial diseases of cultured Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) in sea cages. *Aquaculture* **396**(1): 8-13
- Bostancı D (2009). Sarıkuyruk istavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)'un otolit özellikleri ve bazı populasyon parametreleri. *F Ü Fen Bilimleri Dergisi* **21**(1): 53-60

- Çelikkale M S, Düzgüneş E & Okumuş İ (1999). Türkiye Su Ürünleri Sektörü Potansiyeli, Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, İstanbul Ticaret Odası Yayınları No: 1999-2. İstanbul, 414 s
- Düzgüneş E & Karaçam H (1991). Some population aspects, meat yield and biochemical composition of Mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) in the Black Sea. *Doğa-Turkish Journal of Zoology* **15**: 195-201
- Erdem M E & Bilgin S (2005). Tuzlama ve marinasyon yöntemleri ile işlenmiş istavrit balığının (*Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) muhafazası sırasındaki kalite değişimleri. *O M Ü Ziraat Fakültesi Dergisi* **20**(3): 1-6
- Genç Y, Zengin M, Başar S, Tabak İ, Ceylan B, Çiftçi Y, Üstündağ C, Akbulut B & Şahin T (1998). Ekonomik Deniz Ürünleri Araştırma Projesi Sonuç Raporu. Proje No: TAGEM/IY/96/17/3/001. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, 127 s
- Güroy D, Kahyaoglu G, Özen Ö & Tekinay A A (2006). Çanakkale Boğazi ve civarında yakalanan istavrit balığının bazı biyolojik özellikleri. *E Ü Su Ürünleri Dergisi* **23**(Ek Sayı 1): 91-93
- Kartal M, Kurucu S, Aslan S, Özbay Ö, Ceyhan T, Sayar E & Cevheroğlu Ş (2003). Comparison of w-3 fatty acids by GC-MS in frequently consumed fish and fish oil preparations on the Turkish market. *FABAD Journal of Pharmacy Science* **28**: 201-205
- Korkmaz A Ş & Kırkağaç M (2008). Tatlı suda beton havuzlarda ve denizde ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) et verimi, vücut kompozisyonu ve enerji kapsamı. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **14**(4): 409-413
- Okumuş İ, Küçük E, Başçınar N, Şahin T & Akbulut B (1997). Deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) yavrularının doğu Karadeniz koşullarında büyüme performansı. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, Bildiriler: 9-11 Nisan, İzmir, s. 277-282
- Özdemir S, Erdem Y, Erdem E & Özdemir Z B (2009). Dip trolü ile farklı av sahalarından avlanan karagöz istavrit (*Trachurus trachurus*, L.) ve lüfer (*Pomatomus saltatrix*, L.) balıklarının av verimi ve boy kompozisyonlarının karşılaştırılması. *C B Ü Fen Bilimleri Dergisi* **5**(1): 19-26
- Patır B & İnanlı A G (2005). Elazığ'da taze olarak tüketime sunulan istavrit (*Trachurus mediterraneus*, S. 1868) balıklarının mikrobiyolojik kalitesi ve TMA-N değerleri. *F Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* **17**(2): 360-369
- Samsun N, Kalaycı F, Samsun O & Bilgin S (2006). Samsun Körfezi'nde avlanan istavrit (*Trachurus trachurus* L., 1758) balığının bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi. *E Ü Su Ürünleri Dergisi* **23**(3): 481-486
- Satılmış H H, Gordina A D, Bat L, Bircan R, Çulha M, Akbulut M & Kıdeys A E (2003). Seasonal distribution of fish eggs and larvae of Sinop (the Southern Black Sea) in 1999-2000. *Acta Oecologica* **24**(Supl 1): 275-280
- Satılmış H H & Erdem Y (2008). Orta Karadeniz kıyılarında ekonomik değere sahip küçük pelajik balıkların bazı populasyon parametreleri. *F Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* **20**(2): 279-288
- Şahin T, Akbulut B, Çiftçi Y, Aksungur M, Erteken A & Aksungur N (1999). Karadeniz'de Çipura Balığı (*Sparus aurata* L., 1758) Yetiştiriciliği Proje Sonuç Raporu. TKB Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon, 39 s
- Şahin C, Kasapoğlu N, Gözler A M, Kalaycı F, Hacımurtazaoğlu N & Mutlu C (2009). Age, growth, and gonadosomatic index (GSI) of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) in the Eastern Black Sea. *Turkish Journal of Zoology* **33**: 157-167
- TÜİK (2012). 2003-2011 Yılı Su Ürünleri İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara
- Yankova M H & Raykov V S (2006). Morphological properties of horse mackerel, *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956 (Osteichthyes: Carangidae) from the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **6**: 85-91
- Yücel Ş & Erkoyuncu İ (2000). Orta Karadeniz Bölgesi'nde avlanan istavrit (*Trachurus trachurus* L., 1758)'in populasyon dinamiği. *Turkish Journal of Biology* **24**: 543-552



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Canal Geometry, Flow Velocity, Dallisgrass (*Paspalum dilatatum Poir.*) Density and Soil Phosphorous Effects on Hydraulic Resistance of Vegetated Canals

Abolfazl NASSERI^a

^aAgricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, IRAN

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Abolfazl NASSERI, E-mail: nasseri_ab@yahoo.com, Tel: +98 (412) 266 39 15

Received: 22 December 2013, Received in Revised Form: 30 December 2014, Accepted: 12 January 2015

ABSTRACT

Dallisgrass (*Paspalum dilatatum Poir.*) reduces discharges in irrigation canals and causes problems in operation and maintenance of canals. This study has been conducted to determine roughness coefficient in vegetated canals caused by dallisgrass and to investigate the relationship between available soil phosphorous and dry mass of dallisgrass. The study also aims to find out the relationships among roughness coefficient, dallisgrass density and soil phosphorous in vegetated canals in Moghan plain, Iran. The results showed that the roughness coefficient varied from 0.01 to 0.32 and averaged at 0.09. The variation in roughness coefficient in vegetated canals by dallisgrass may be explained solely by the flow velocity and canal slope, assuming that there are no spatial variability's of the other affecting variables. Therefore, a regression model comprises both the roughness coefficient as a dependent variable and the flow velocity and canal slope as an independent variable is developed. The available soil phosphorus both on the sides and at the bottom of vegetated canals were from 4.2 to 37 mg kg⁻¹. The highest dry mass of 16 kg per 100 m² was acquired from the canal with soil phosphorus of 16.7 mg kg⁻¹. Also, another model was developed to describe the roughness coefficient as a function of the flow velocity, canal slope, dallisgrass density and soil phosphorous. It is recommended that identifying phosphorus sources and limiting its distribution in irrigation canals is necessary to reduce the dallisgrass density in canals.

Keywords: Available soil phosphorous; Dallisgrass (*Paspalum dilatatum Poir.*); Hydraulic resistance; Irrigation canals; Roughness coefficient

Otlanmış Kanallarda Kanal Geometrisi, Akış Hızı, Adi Yalancı Darı (*Paspalum dilatatum Poir.*) Yoğunluğu ve Toprak Fosfor Oranının Hidrolik Direnç Üzerine Etkisi

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Abolfazl NASSERI, E-posta: nasseri_ab@yahoo.com, Tel: +98 (412) 266 39 15

Geliş Tarihi: 22 Aralık 2013, Düzeltmelerin Gelişi: 30 Aralık 2014, Kabul: 12 Ocak 2015

ÖZET

Adi yalancı darı (*Paspalum dilatatum Poir.*) sulama kanallarında akışı azaltmakta ve işletme-bakım sorunlarına neden olmaktadır. Bu çalışma, otlanmış kanallarda Adi yalancı darı'nın pürüzlülük katsayısını nasıl etkilediğini ve topraktaki mevcut fosfor ile adi yalancı darı kuru ağırlığı arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca; çalışma İran'da Mogan ovasında bulunan otlanmış kanallardaki pürüzlülük katsayısı ile adi yalancı darı yoğunluğu ve topraktaki mevcut fosfor miktarı arasındaki ilişkiyi belirlemeyi de amaçlamaktadır. Araştırma sonucunda; pürüzlülük katsayısı değerleri 0.01-0.032 arasında değişmiş ve ortalama olarak 0.09 olarak bulunmuştur. Diğer değişkenlerin olmadığı varsayıldığında, adi yalancı darı ile otlanmış kanallardaki pürüzlülük katsayısı değişkenlerini, sadece akış hızı ve kanal eğiminin etkilediği söylenebilir. Bu nedenle; bağımlı değişken olarak pürüzlülük katsayısını, bağımsız değişken olarak da akış hızı ve kanal eğimini kapsayan regresyon modeli geliştirilmiştir. Otlanmış kanalların kenarlarında ve tabanındaki mevcut fosfor miktarı 4.2'den 37 mg kg⁻¹'e kadar yükselmiştir. En yüksek kuru madde miktarı 16.7 mg kg⁻¹ fosfora sahip kanaldan 100 m²'ye 16 kg olarak elde edilmiştir. Ayrıca, akış hızı fonksiyonu, kanal eğimi, adi yalancı darı yoğunluğu ve mevcut toprak fosforunu pürüzlülük katsayısı olarak tanımlayan başka bir model de geliştirilmiştir. Sonuç olarak; kanallardaki adi yalancı darı yoğunluğunu azaltmak için fosfor kaynaklarının belirlenmesi ve sulama kanallarının dağılımının sınırlandırılmasının gerekli olduğu önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yarayışlı toprak fosforu; Adi yalancı darı (*Paspalum dilatatum Poir.*); Hidrolik direnç; Sulama kanalları; Pürüzlülük katsayısı

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Introduction

Dallisgrass (*Paspalum dilatatum Poir.*) grows in water conveyance canals and reduces water velocity and discharges in these canals. Consequently, dallisgrass causes problems in operation and maintenance of irrigation and drainage canals. Dallisgrass affects water velocity in irrigation canals and furrows.

Water velocity and soil infiltration along an irrigation canal and furrows depend on several factors such as time, canal or furrow characteristics (compaction and surface sealing), soil characteristics and flow (wetted perimeter and flow section area) characteristics (Kostiakov 1932; Izadi & Wallender 1985; Trout 1992; Nasser et al 2004; Nasser et al 2008). Also in surface irrigation, Heermann et al (1969) and Esfandiari & Maheshwari (1998) reported that surface roughness affects these factors and is one of the key input parameters in surface irrigation models. Accordingly, infiltration parameters could be affected by surface roughness which is often expressed in terms of Manning's roughness coefficient, n (Harun-Ur-Rashid 1990). Trout (1992) reported that roughness varies according to crop and soil characteristics such as

crop growth, residue management, tillage practices and soil type. On the other hand Kruse et al (1965) and Maheshwari & McMahon (1992) reported that roughness changes with depths of flow and then Trout (1992) related surface roughness with the power function of flow velocity. Kruse et al (1965) and Heermann et al (1969) stated that roughness is connected with absolute roughness and hydraulic radius. In suitable conditions for grass germination, its distribution was made by seed (Tropical Forages 2009). There are several factors affecting the growth and distribution of this grass in water canals. The moist and fertile environment are the basic factors in the growth of this grass. This grass grows in soils with a pH of 4.5 to 8.0 (Tropical Forages 2009) and its production ranges from 3 to 15 t ha⁻¹ year⁻¹. Research on dallisgrass response to soil nutrients and canal water properties is very limited. On the other hand, Moghan plain is one of the most important region for agricultural production in Iran and dallisgrass covers the majority of earth canals which are used for the transport of water to the farms.

This study has been conducted to determine roughness coefficient in vegetated canals caused by dallisgrass and to investigate the relationship between available soil phosphorous and dry mass of dallisgrass.

2. Material and Methods

The experimental area was Moghan plain located at the north-west of Iran with the latitude from 39° 22' to 39° 45' N, longitude from 47° 22' to 47° 45' E and sea level 32.0 m. The annual average air temperature, relative humidity and pan evaporation are 14.5° C, 72% and 111 mm month⁻¹, respectively. Annual rainfall in this plain is 332 mm (Nasserı 2000).

In the experimental area nine sections of earth canal that vegetated with dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) were selected (Karımı 1995). The water flow velocity was measured by a flowmeter and canals geometric characteristics (with profilimetry

devices) were measured by means of profilimetry devices at the 35 parts of these nine separate canals. The roughness coefficient was estimated by the Equation 1 (Manning's relation) (Chow 1959).

$$n = \frac{R^{0.67} S^{0.5}}{V} \quad (1)$$

Where; n, R, S and V, are roughness coefficient, hydraulic radius (m), canals bed slop (mm⁻¹) and water flow velocity (m s⁻¹), respectively. Table 1 shows roughness coefficient values for different conditions and it indicates n varies with different effective factors which mentioned in Table 1.

Table 1- Roughness coefficient values for different conditions of irrigation

Çizelge 1- Farklı sulama koşulları için pürüzlülük katsayısı değerleri

Conditions	Applied models	n values	Effective factors	Reference
Basin irrigation	Volume balance	0.043	Irrigation events and systems	Harun-Ur-Rashid (1990)
Border irrigation		0.033		
Border irrigation for corn farm	Zero inertia model		Weed growth, border length and irrigation events	Khanjani & Barani (1997)
Overland flow		0.60		Ree (1949)
Bare soil		0.04	Crop covers	USDA (1974)
Bare soil		0.04		Chow (1959)
Cultivated areas		0.02		
Irrigated and smooth soil		0.02	Irrigation events	Walker (1989)
Fresh tilled soil		0.04		
The first irrigation event for wheat covered furrows	Volume balance	0.07-0.121		
The third irrigation event		0.047		
The seventh irrigation event		0.136		
Furrows under different flow rates	Hydrodynamic model	0.025-0.060	Infiltration parameters	Nasserı & Abbasi (2012)
C Channels with dense weeds, high as flow depth		0.050-0.120	Channels with weeds	Chow (1959)
General furrow		0.02	General furrow	Valipour & Montazar (2012a) Valipour & Montazar (2012b) Valipour & Montazar (2012c)
Border irrigation		0.048-0.189	Open and closed-end borders	Mahdizadeh Khasraghi et al (2014)
Furrow irrigation		0.15	Cutback and surge irrigation	Valipour (2013)

The dallisgrass density was measured by a wooden square plot. Then, the density was converted to the 100 m² (1 m width and 100 m length of canal). Dry mass of this grass was measured by an oven with temperature of 108 °C for 24 h. The bottom and sides of irrigation canals were subjected to soil samplings (Figure 1). The available soil phosphorus was measured by Olsen or sodium bicarbonate method (Olsen & Dean 1976). Electrical conductivity and pH of canal water were measured, as well in this study. The regression analysis with the least square procedure was applied to relate a dry mass of grass to the soil phosphorus.

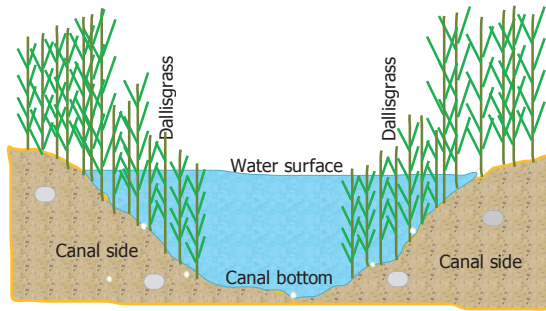


Figure 1- A cross section of vegetated irrigation canal with dallisgrass

Şekil 1- Adi yalancı darı ile otlanmış olan sulama kanalının kesiti

3. Results and Discussion

3.1. Dallisgrass resistance to the water flow in irrigation canals

The roughness coefficient variations with the flow velocity, flow section area, wetted perimeter, hydraulic radius and canals slopes were depicted by the Figure 2 (a-e). The results showed that the roughness coefficient varied from 0.01 to 0.32 and averaged as 0.09. The flow velocity ranged from 4 to 40 and averaged as 17 cm s⁻¹. The flow section area ranged from 75 to 6763 cm² and had an average value of 1840 cm². The wetted perimeter changed between 26-346 cm and averaged as 111 cm. The hydraulic radius averaged as 18 cm and was changed from 2 to 42 cm. The canal slopes ranged from 0.01 to 0.80 and averaged as 0.33 percent. Also, the flow

discharge varied from 400 to 149000 cm³ s⁻¹ and averaged as 33000 cm³ s⁻¹.

The partial correlations of roughness coefficient were statistically significant by 5% (P≤0.05) for flow velocity and canal slope. According to the results of this study 25 to 45% of the variation of roughness coefficient in vegetated canals by dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) is caused by the flow velocity and canal slope, respectively, when all the other variables are held constant. In other words, the variation in roughness coefficient in vegetated canals by dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) may be explained solely by the flow velocity and canal slope, assuming that there are no spatial variability's of the other affecting variables. Therefore, a regression model comprises both of the roughness coefficients and in vegetated canals by dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) as a dependent variable and the flow velocity (V , cm s⁻¹ and S_o , %) and canal slope as independent variables is derived by Equation 2.

$$n = 2.257 \frac{\sqrt{S_o}}{V} \quad (2)$$

The correlation coefficient of the model is 0.90 which explains more than 80% of the variability in roughness coefficient. Table 2 shows the analysis of variance in the estimated roughness coefficient in the regression model. Since the P value in the table is less than 0.005, there is a statistically significant relationship between the variables at P≤0.005.

The measured roughness coefficient versus estimated values from obtained model at a low limit, predicted and upper limit values are shown in Figure 3. The calibration line models were developed as the following for the measured and predicted roughness coefficient. As follows, there are satisfactory agreements between the measured and predicted values of roughness coefficient.

Upper limit line	$n_{\text{predicted}} = 1.52 (n_{\text{measured}})$
One by one line	$n_{\text{predicted}} = 1.00 (n_{\text{measured}})$
Regression line	$n_{\text{predicted}} = 0.81 (n_{\text{measured}})$
Low limit line	$n_{\text{predicted}} = 0.10 (n_{\text{measured}})$

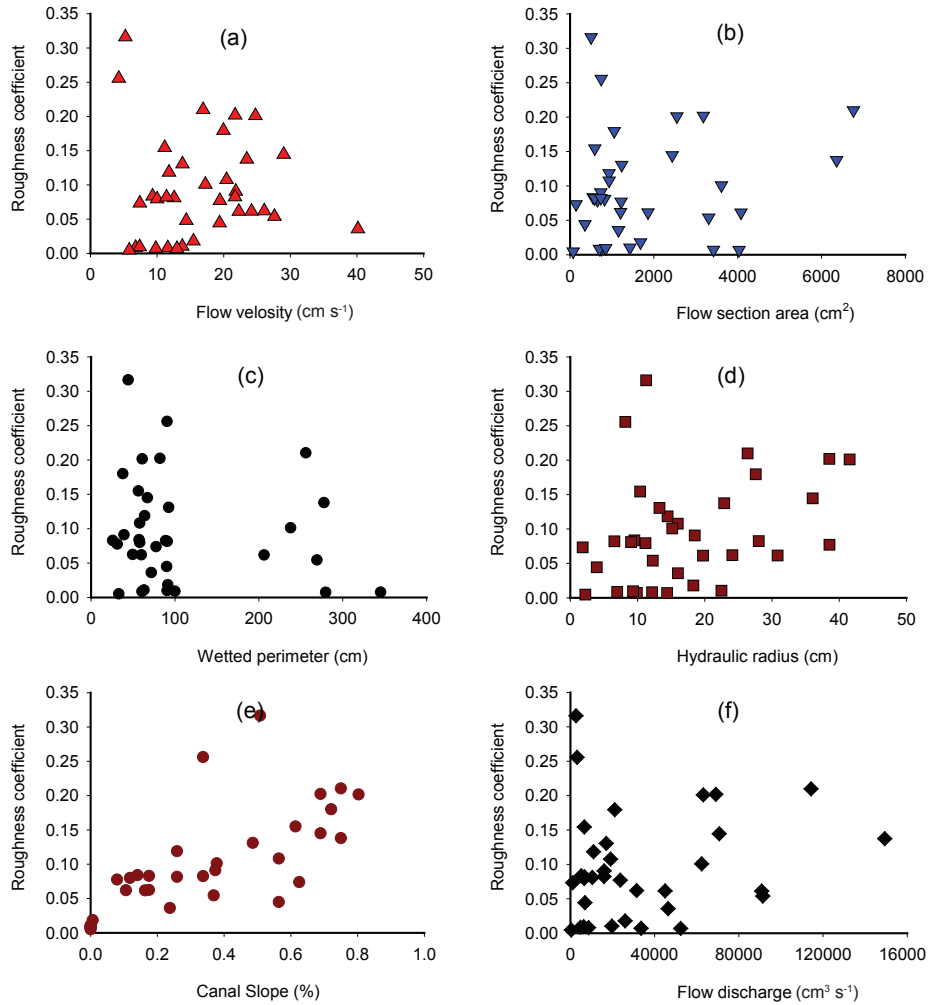


Figure 2- The roughness coefficient variations versus variations of flow velocity a, flow section area; b, wetted perimeter; c, hydraulic radius; d, and canal slope w; e, and flow discharge f

Şekil 2- a, akış hızı; b, akış kesit alanı; c, ıslak çevre; d, hidrolik yarıçap; e, kanal eğimi ve f, debi değişimlerine bağlı pürüzlülük katsayısı değişimleri

Table 2- Analysis of variance and regression for acquired model of roughness coefficient

Çizelge 2- Elde edilen pürüzlülük katsayısı modelinin istatistiksel analizleri

Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-value	P-value
Model	0.415	1	0.415	148.260	0.000
Residual	0.095	34	0.003		
Total	0.511	35			
Parameter	Estimate	Standard error	t- statistic	P-value	
	2.257	0.185	12.176	0.000	

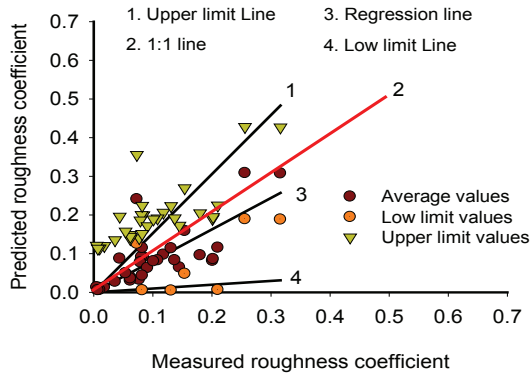


Figure 3- Predicted roughness coefficient versus measured values

Şekil 3- Ölçülen ve tahmin edilen pürüzlülük katsayısı değerleri

3.2. Dallisgrass response to the soil phosphorous

The measured available soil phosphorous values are shown in Figure 4. The water electrical conductivity (EC), pH and soil phosphorous averaged as 750.60±9.42 (mmhos cm⁻¹), 8.55±0.01 and 14.45±3.19 mg kg⁻¹, respectively.

A regression model for dry mass of dallisgrass as a function of soil phosphorous was obtained (Moghaddam 2008) as shown in Equation 3.

$$DM = -0.05 P^2 + 1.70 P \quad (3)$$

Where; DM and P, are dry mass of dallisgrass (kg per 100 m²) and soil phosphorous (mg kg⁻¹), respectively. This model and its paramerts of P and P² are significant in the model (Table 3). The

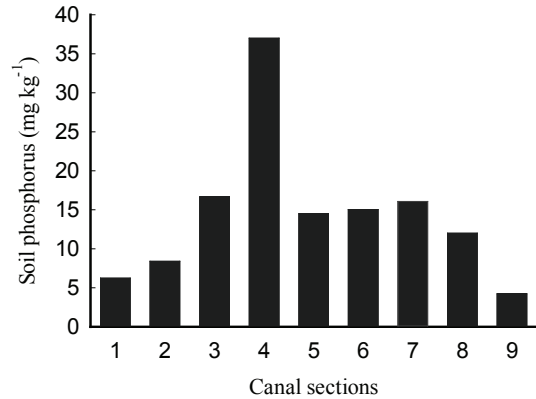


Figure 4- Available soil phosphorus from nine sections of canals (mg kg⁻¹)

Şekil 4- Kanalın dokuz kesitinde yarıyışlı toprak fosforu (mg kg⁻¹)

determination coefficient (R²) of this model is determined as 0.76, which means that about 76% of variation in dry mass can be explained by soil phosphorous. Measured and predicted dry mass of dallisgrass versus soil phosphorous values were shown in Figure 5.

3.3. Relationship between roughness coefficient, dallisgrass density and soil phosphorous

A model comprise roughness coefficient as a function of the flow velocity, canal slope, dallisgrass density and soil phosphorous was developed by regression analysis and presented in Equation 4.

Table 3- Analysis of variance and regression for acquired model of dry mass

Çizelge 3- Elde edilen kuru madde modelinin istatistiksel analizleri

Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-value	P-value
Model	1424.14	2	712.07	11.31	0.006
Residual	440.84	7	62.98		
Total	1864.98	9			
Parameter	Estimate	Standard error	t- statistic	P-value	
P ²	-0.05	0.01	-3.29	0.01	
P	1.70	0.39	4.39	0.00	

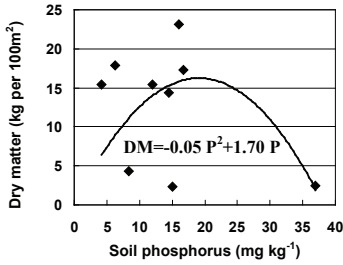


Figure 5- Measured and predicted dry mass of dallisgrass versus soil phosphorus values, where DM and P are dry mass of dallisgrass (kg per 100 m²) and soil phosphorus (mg kg⁻¹)

Şekil 5- Ölçülen ve tahmin edilen adi yalancı darı kuru madde miktarına bağlı toprak fosfor değerleri, (DM ve P adi yalancı darı kuru madde miktarı (kg 100 m⁻²), toprak fosforu (mg kg⁻¹))

$$n = 0.289(DD.P)^{0.25} \frac{\sqrt{S_o}}{V} \quad (4)$$

Where; DD, is dallisgrass density per 1 m².

The determination coefficient of the model is 0.80 which fitted models explain 80% of the variability in roughness coefficient with mentioned variables. The analysis of variance for the estimated roughness coefficient by the regression model was shown in Table 4. Since the P value in the table is less than 0.005, there is a statistically relationship between the variables at the 0.5% level (P≤0.005).

Figure 6 shows the measured roughness coefficient versus estimated values from Equation 4 as low limit, predicted and upper limit values. The calibration line models were developed as the following for the measured and predicted roughness coefficient. There are satisfactory agreements between the measured and predicted values of roughness coefficient.

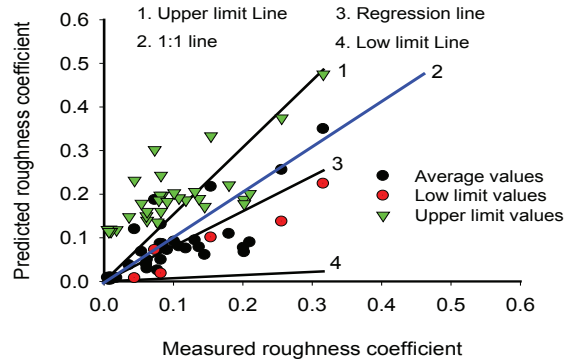


Figure 6- Measured and predicted roughness coefficient values

Şekil 6- Ölçülen ve tahmin edilen pürüzlülük katsayıları değerleri

Upper limit line	$n_{predicted} = 1.53 (n_{measured})$
One by one line	$n_{predicted} = 1.00 (n_{measured})$
Regression line	$n_{predicted} = 0.80 (n_{measured})$
Low limit line	$n_{predicted} = 0.07 (n_{measured})$

4. Conclusions

Investigation of dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) resistance to the water flow in irrigation canals and dallisgrass response to the soil phosphorous indicates the following results.

The roughness coefficient varied from 0.01 to 0.32 and averaged at 0.09. The variation in roughness coefficient in vegetated canals by dallisgrass may be explained solely by the flow velocity and canal slope, assuming that there are no

Table 4- Analysis of variance and regression for acquired model of roughness coefficient

Çizelge 4- Elde edilen pürüzlülük katsayısı modelinin istatistiksel analizleri

Source	Sum of squares	Df	Mean square	F-value	P-value
Model	0.411	1	0.41	139.94	0.000
Residual	0.099	34	0.003		
Total	0.511	35			
Parameter	Estimate	Standard error	t- statistic	P-value	
	0.289	0.024	11.83	0.000	

spatial variability's of the other affecting variables. Therefore, a regression model comprises both of the roughness coefficient as a dependent variable and the flow velocity and canal slope as independent variables is provided. The available soil phosphorus of the sides and bottom of vegetated canals changed between 4.2 to 37 mg kg⁻¹. The highest dry mass of was acquired as 16 kg per 100 m² from the canal with soil phosphorus of 16.7 mg kg⁻¹. A model was developed to describe the roughness coefficient as a function of the flow velocity, canal slope, dallisgrass density and soil phosphorous. It is suggested that phosphorous sources should be identified and the distribution of phosphorous should be limited in irrigation canals so that the density of dallisgrass in canals can be reduced. Research on roughness coefficient for other types of vegetation in irrigation and drainage canals is recommended.

References

- Chow V T (1959). Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York, 680 pp
- Esfandiari M & Maheshwari B L (1998). Suitability of selected flow equations and variation of Manning's n in furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* **124**(2): 89-95
- Harun-Ur-Rashid M (1990). Estimation of Manning's roughness coefficient for basin and border irrigation. *Agricultural Water Management* **18**: 29-33
- Heermann D F, Wenstrom R J & Evans N A (1969). Prediction of flow resistance in furrows from soil roughness. *Transactions of the ASAE* **12**: 482-489
- Izadi B & Wallender W W (1985). Furrow hydraulic characteristics and infiltration. *Transactions of the ASAE* **28**(6): 1901-1908
- Karimi H (1995). Weed crops in Iran. Tehran University Publishing. Tehran. Iran
- Khanjani M J & Barani G A (1997). Determination of roughness coefficient in border irrigation under corn cultivation. *Agricultural Science Tabriz University* **4**: 79-92
- Kostiakov A V (1932). On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamics point of view for purposes of amelioration. Transactions of the Sixth Commission of International Society of Soil Science, part A pp. 17-21
- Kruse E G, Huntley C W & Robinson A R (1965). Flow resistance in simulated irrigation borders and furrows. Conservation Res Report # 3. USDA-Agricultural Research Service. Washington, DC
- Mahdizadeh Khasraghi M, Gholami Sefidkouhi M A & Valipour M (2014). Simulation of open and closed-end border irrigation systems using SIRMOD. *Archives of Agronomy and Soil Science* **61**: 929-941
- Maheshwari B L & McMahon T A (1992). Modeling shallow overland flow in surface irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* **118**(2): 201-217
- Moghaddam M (2008). Advanced Engineering Statistics. Faculty of Agriculture, Department of Irrigation. Tabriz University (in Farsi). Iran
- Nasser A (2000). Flow resistance coefficient in vegetated canals. Iranian Agricultural Engineering Institute (IAERI). Agricultural Research and Education Organization (AREO). Iran. pp. 251
- Nasser A, Neyshabori M R, Fakherifard A, Moghaddam M & Nazemi A H (2004). Field measured furrow infiltration functions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **28**: 93-99
- Nasser A, Neyshabori M R & Abbasi F (2008). Effectual components on furrow infiltration. *Irrigation and Drainage* **57**: 481-489
- Nasser A & Abbasi F (2012). Furrow Roughness Coefficient: Estimation by Hydrodynamic Model, Infiltration Equation Response to It. LAP LAMBERT Academic Publishing. 52 pp
- Olsen S R & Dean L A (1976). Phosphorus. In: *Methods of soil analysis. Part 2: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. 4th ed., (Ed. C.A. Black, D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White, F.E. Clark and R.C. Dinauer). Madison, WI, American Society of Agronomy. pp. 1035-1048
- Ree W O (1949). Hydraulic characteristics of vegetation and vegetated waterways. *Agricultural Engineering* **30**(4): 184-189
- Sepaskhah A R & Bondar H (2002). Estimation of Manning roughness coefficient for bare and vegetated furrow irrigation. *Biosystems Engineering* **82**(3): 351-357

- Tropical Forages (2009). Available at http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Paspalum_dilatatum.htm
- Trout T J (1992). Furrow flow velocity effect on hydraulic roughness. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* **118**: 981-987
- USDA (US Department of Agriculture) (1974). Border Irrigation, Ch4, Sect15, National Engineering Handbook. Soil Conservation Service, Washington, DC, 55 pp
- Valipour M & Montazar A A (2012a). An evaluation of SWDC and WinSRFR models to optimize of infiltration parameters in furrow irrigation. *American Journal of Scientific Research* **69**: 128-142
- Valipour M & Montazar A A (2012b). Optimize of all effective infiltration parameters in furrow irrigation using visual basic and genetic algorithm programming. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* **6**(6): 132-137
- Valipour M & Montazar A A (2012c). Sensitive analysis of optimized infiltration parameters in SWDC model. *Advances in Environmental Biology* **6**(9): 2574-2581
- Valipour M (2013). Increasing irrigation efficiency by management strategies: cutback and surge irrigation. *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science* **8**: 35-43
- Walker W R (1989). Guidelines for Designing and Evaluating Surface Irrigation Systems. FAO. Rome. Italy



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Drought Analysis of the Seyhan Basin by Using Standardized Precipitation Index (SPI) and L-moments

Emre TOPÇU^a, Neslihan SEÇKİN^a

^aÇukurova University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering, 01330, Adana, TURKEY

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Neslihan SEÇKİN, E-mail: nseckin@cu.edu.tr, Tel: +90 (322) 338 60 84

Received: 03 April 2014, Received in Revised Form: 21 January 2015, Accepted: 28 January 2015

ABSTRACT

The aim of this study is to monitor drought in the Seyhan Basin by using Standardized Precipitation Index (SPI) based on a long term monthly precipitation of 11 meteorological stations and secondly, to also carry out regional frequency analysis using the index flood procedure coupled with the L-moments method based on recorded precipitation data of the most drought month for each year acquired from Standardized Precipitation Index method for each station. The SPI values of each station for 3, 6, 9 and 12-month time scales were calculated. According to the results, all stations are on the boundary of drought. Research results show that the wettest station is Ulukışla and the most drought station is Karaisalı with respect to the average SPI values. According to the drought frequency values, however, the station having the highest drought occurrence frequency is the Karaisalı station, whereas the station having the lowest drought frequency is the Tufanbeyli station. Results show that the Seyhan Basin is on the boundary of drought and mildly wet. Drought occurrence frequency is 47.7%. L-moments method was used to define homogenous regions. Homogenous regions for 3 and 6-month time scales minimum precipitation series couldn't be obtained while homogenous regions for 9-month time scale minimum precipitation series were obtained only by dividing the whole basin into two parts. The whole basin is homogenous for the 12-month time scale minimum precipitation series. The Pearson Type 3 distribution is found to be most suitable for two homogenous sub-basins regarding 9-month time scale minimum precipitation series, whereas the Generalized Normal distribution is found to be most suitable for the whole basin with respect to 12-month time scale minimum precipitation series.

Keywords: The Seyhan Basin; Standardized precipitation index (SPI); L-moments; Climate change; Rainfall

L-momentler ve Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yardımıyla Seyhan Havzası Kuraklık Analizi

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Neslihan SEÇKİN, E-posta: nseckin@cu.edu.tr, Tel: +90 (322) 338 60 84

Geliş Tarihi: 03 Nisan 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 21 Ocak 2015, Kabul: 28 Ocak 2015

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Seyhan Havzası'ndaki 11 meteorolojik istasyonun uzun dönem aylık yağış değerlerine dayalı Standart Yağış İndeksi'ni (SYİ) kullanarak kuraklık takibi yapmak ve ayrıca ikinci olarak her istasyonun her yılı için

Standart Yağış İndeksi yönteminden elde edilen en kurak ayının yağış değerlerine indeks taşkın yöntemine dayalı L-momentler metodu uygulanarak bölgesel frekans analizi yapmaktır. Her istasyonun 3, 6, 9 ve 12 ay süreli SYİ değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre bütün istasyonlar kuraklık sınırındadır. Ortalama SYİ değerlerine göre en ıslak istasyon Ulukışla iken en kurak istasyon Karaisalı'dır. Kuraklık frekans değerlerine göre ise kuraklık meydana gelme frekansı en yüksek Karaisalı istasyonu iken kuraklık meydana gelme frekansı en düşük istasyon Tufanbeyli'dir. Sonuçlar gösteriyor ki, Seyhan havzası kuraklık sınırında ve biraz ıslaktır. Kuraklık oluşma frekansı % 47.7'dir. L-momentler metodu homojen bölgeleri belirlemek için kullanılmıştır. 3 ve 6 aylık minimum yağış serilerinden homojen bölgeler elde edilemezken 9 aylık minimum yağış serisinde havza iki kısma ayrılarak homojen alt havzalar elde edilmiştir. 12 aylık minimum yağış serisinde ise tüm havza homojen çıkmıştır. 9 aylık minimum yağış serisi için homojen iki alt havzaya en iyi uyan dağılım Pearson Tip 3 dağılımı iken 12 aylık minimum yağış serisi için tüm havzaya uyan en iyi dağılım Genelleştirilmiş Normal dağılım olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Seyhan Havzası; Standart yağış indeksi (SYİ); L-momentler; İklim değişikliği; Yağış

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Introduction

Drought is defined elementarily as the deficiency of the customary total precipitations and dry air for the water basins, in any piece of land of the world for a specific timeframe by both hydrologist and those concerned. Drought is one of the hardest, imponderable and unstoppable climatic incidents like floods, hurricanes etc. There are in general three types of droughts taken into account, they are, meteorological, agricultural and hydrological drought (Wilhite & Glantz 1987). Meteorological drought is wholly relevant to weather conditions; it is described as decrease in the normal amount of precipitations relative to at least recorded 30 years of precipitation series. Meteorological drought influences the other two types of drought and begins before them. Agricultural drought is considered as the lack of soil moisture which leads to wilting and plant death in farmlands, even if there are adequate precipitations and water resources, agricultural drought could occur because of the excessive usage of water and may be unnecessary agricultural activities. If moisture free wind blows, the intensity of the drought will be exacerbated. Hydrological drought occurs when the precipitation and amount of water in reservoirs are enough but either population to make use of the water is high or rural activities and irrigation activities are excessive. So when hydrological drought happens, urban life definitely comes across problems and hydroelectric power production and sprinkler systems will be affected

adversely. No wonder, this engenders economic crisis and decrease financial support. In a long period of dry weather, we observed a drought of more than 2 weeks diminished the soil moisture quite slowly and if it lasts longer, it raises maximum evaporation rate then all water reservoirs even subsurface water may clear away. For this reason hydrologists name the drought as creeping phenomenon.

The amount of precipitation shortage impinges upon nearly all aspects of the social, environmental and economic life of a society. In terms of social life, drought has gross impacts such as; augmentation of poverty, migration, politic clashes, decrease in life, physical and mental stress for human body. In terms of environmental life, shortage of drinking water and food, rising plant, animal and human diseases, increase in desertification and wind erosion rate, extinction of animal and rare plant species. In terms of economic life, decrease in tourism, commercial livestock raising, hydroelectric power and energy, increase in food prices. At present, scientists have discovered that drought and other climatic incidents are caused by not only prominent and notorious global warming but also sun spots and sun flares, scientists are pondering that sun spots and sun flares will be increased at highest level in 2000s, so this will raise the radiation level and global heat (Vardiman 2008). The change in the amount of radiation and heat means that atmospheric pressure will be influenced unfavorably and climatic fatal affairs which already cannot be determined properly

and occur unpredictably mostly come out. There are some studies about impacts of large scale volcanic eruptions and air pollution on occurring droughts. The other exotic factors have force on droughts are aerosol gases sprayed from colossal volcanic eruptions and industrial exhaust gases. This gases such as CO₂ (carbon dioxide) and SO₂ (sulfur dioxide) alter the patterns of precipitations and have greenhouse effect which constitute the global warming. Heat and radiation coming from the sun could not be reflected to the space because of the greenhouse effect (NASA 2010a).

The beginning pattern of precipitation commences with the collision of little microscopic rain drops, they collide or bond, but the air is polluted and covered by greenhouse effected gases, then the rain drops could not become together and consist of precipitation, this gives rise to drought (Fang et al 2013). A good example of this is the Pinatubo volcano, which erupted in 1991 and is one of the largest volcanic eruption in the 20th century, as there was decrease in the amount of precipitation for some seasons, sprayed gases moved with strong winds around the World (Trenberth & Dai 2007). As known, northern hemisphere's heat increases rapidly rather than southern hemisphere, since there are larger continents in the northern hemisphere than the southern hemisphere. In the south, oceans cover larger places than the mainlands. The mainland cools down and heats up more quickly than water covered areas. During the period 1997-2006 average temperature of the northern hemisphere had increased almost 0.53 °C (0.27 °C for the southern hemisphere) in comparison with the period 1961-1990 (WMO 2007). Separately, sea ice volume affects the climate and then droughts.

Not so far or above the "Planet Earth", there is one more unfavorable driver which is called 'heat island'. Wide concrete roads, dark structures are deprived of green areas in metropolitan cities induced heat island. Since energy and heat coming from the sun in daytime absorbed by this type of factors mentioned. So, the difference in temperatures between metropolitan cities and very near rural areas can be 10 °C or more, this of course affects the rain pattern (NASA 2010b).

Drought has short or long periods; it depends on the characteristics of the drought. In the world, principally middle zones of the broad continents such as America, Asia and Africa have the wildest drought events by reason of being far from warm sea and sea moisture. The most unpredictable points of drought are the beginning and ending time. Intensity of forthcoming drought can never be measured but only predicted from extreme dry periods which happened before, scientist and hydrologist are interested particularly on this point. Nowadays technology may not detect characteristics of droughts and other intense climatic events flawlessly, especially when to start and end, but by utilizing various mathematic algorithms these problems could be clarified. Knowledge of the characteristics of the drought is vital for water running and urban organizations. There have been a lot of drought monitoring tools developed by hydrologists in literature such as Palmer Drought Severity Index (PDSI), Erinc and De Martonne methods. In this paper Standardized Precipitation Index (SPI) drought monitoring tool developed by (McKee et al 1993) is used. It is significant to scrutinize the data for the frequency of occurrence of drought, extreme precipitations cause floods, whereas minimum precipitations cause droughts. Frequency analysis method is used prevalently to estimate the droughts and floods, precipitation time series are a must for planning hydraulic structures, and researchers usually use the maximum precipitation data to estimate flash floods. However, in this paper, minimum precipitation depths instead of maximum precipitation depths were employed to monitor the drought. For frequency analysis, L-moments method developed by (Hosking 1986; 1990) was used by utilizing precipitation data of the most drought months which are detected from SPI results of each year for all stations.

2. Material and Methods

2.1. Material

In this study, the Seyhan Basin, one of the biggest and fertile basins in Turkey, North Mediterranean and Europe, is selected as a study area and comes after the Nile Basin in terms of size. The Seyhan Basin is one of the 26 basins in Turkey and located in the south.

The Seyhan Basin's area is 20450 km² and constitutes of the 2.82% of Turkey. The Seyhan Basin provides both economic and agricultural resources to Turkey and the world. This basin has innumerable biological species. Therefore researchers focus on Seyhan Basin for drought or other issues. For instance, Gurkan (2005) simulated for both based on decrease in precipitation amount and increase in temperature and potential evapotranspiration. Fujihara et al (2008) used the inverse approach to model hydrological risk and vulnerability to changing climate conditions in the Seyhan River basin. Sen et al (2008) aimed a research to predict future climate and its possible impact on water resources and agricultural water use in Seyhan basin for the period 2071-2100 by using climate model RegCM3, Topcu (2013) carried out a thesis to assess the drought in Seyhan Basin and analyzed monthly precipitation for SPI and used outputs for L-moments. Selek & Tuncok (2014) conducted a study to determine the basis for climate change adaptation of water resources management policies in Seyhan River basin. It was determined that even though there was no water stress in Seyhan basin in 2010, many parts of the basin were expected to suffer significant shortages over the coming years. Altın & Barak (2012) calculated the Erinc Drought Index by using precipitation series of 29 meteorological stations for the period of 1970-2009 in Seyhan Basin. Climate type is determined and mapped.

In this study at least recorded 20 years of precipitation time series are used for analysis. Totally 11 meteorological stations are employed for this dissertation, the main characteristics of the stations are shown in Table 1. Data of the stations are obtained from Turkish State Meteorological Service. Locations of stations are shown in Figure 1. Precipitation depths increase from the north to the south unlike temperature due to high geographic formations.

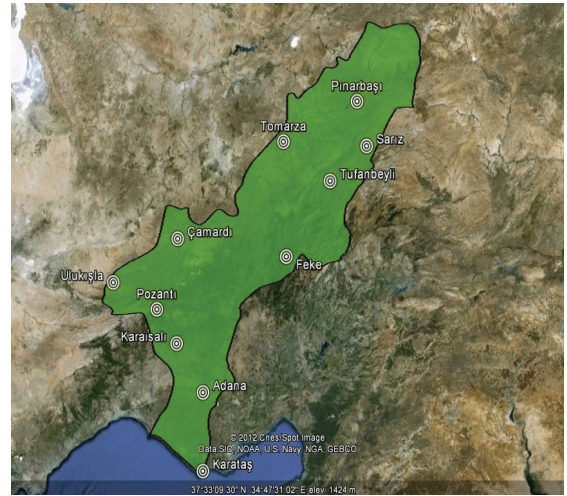


Figure 1- Locations of the stations in the Seyhan Basin

Şekil 1- İstasyonların Seyhan Havzası 'ndaki konumları

Table 1- Main characteristics of stations

Çizelge 1- İstasyonların temel karakteristikleri

Station name	Number	Observation years	Elevation (m)	Latitude	Longitude	Size (year)
Adana	17351	1970-2012	27	37° 00' 30" N	35° 20' 67" E	43
Çamardı	6893	1970-1994	1500	37° 49' 54" N	34° 59' 03" E	25
Feke	6902	1970-1994	620	37° 49' 04" N	35° 54' 46" E	25
Karaisalı	17936	1970-2012	241	37° 15' 05" N	35° 03' 47" E	43
Karataş	17981	1970-2012	22	36° 33' 51" N	35° 22' 96" E	43
Pınarbaşı	17802	1970-2010	1500	38° 43' 17" N	36° 23' 39" E	41
Pozantı	17934	1970-1993	750	37° 25' 00" N	34° 53' 00" E	24
Sarız	17840	1970-2011	1500	38° 28' 47" N	36° 29' 49" E	42
Tomarza	17837	1970-2010	1400	38° 26' 00" N	35° 48' 00" E	41
Tufanbeyli	6204	1986-2012	1350	38° 15' 54" N	36° 13' 13" E	27
Ulukışla	17906	1970-2012	1453	37° 33' 00" N	34° 29' 00" E	43

2.2. Method

2.2.1. Standardized precipitation index (SPI) method

Droughts and floods are widespread subject of the hydraulic engineers and researchers. This method is used commonly to monitor the drought because of the simple algorithm and rapid response. The SPI was developed by (McKee et al 1993) for providing drought information in Colorado. Seasonal (3, 6-month time scale) or long period (9, 12, 24, 48-month time scale) drought can be analyzed, which affects all types of water resources even subsurface water. Soil moisture is affected immediately from abrupt precipitation changes. Hence, 3 or 6-month time scale monitoring is preferred. On the other hand, underground water, rivers and reservoirs do not respond rapidly to swift precipitation changes. Therefore, 12-month or long period time scale (24, 48, 72-month) monitoring is chosen. There are lots of studies about Standardized Precipitation Index for monitoring drought all around the world like (McKee et al 1993; Edwards & McKee 1997; Guttman 1999; Türkes 1999; Kömüscü 2001; Lloyd-Hughes & Saunders 2002; Tonkaz 2006; Li et al 2008; Abolverdi & Khalili 2010; Keskin & Sorman 2010). Anlı (2014) carried out a study to analysis meteorological drought in provinces of South Eastern Anatolia Region by using temporal variation of reference evapotranspiration (ET_0) and RDI (Reconnaissance Drought Index). Study results show that significant increasing trends for reference evapotranspiration have been detected and according to RDI, mild drought has been experienced in general. In addition, there have been a significant amount of events where moderate and severely droughts occurred. Guenang & Kamga (2014) computed SPI using 55 years of precipitation data recorded 24 observation stations in Cameroon. Four statistical distribution functions (gamma, exponential, Weibull and lognormal) are fitted to data. Drought thresholds determined. McRoberts & Nielsen-Gammon (2012) developed high-resolution drought-monitoring tool to assess drought on multiple time scales using the SPI. Regional frequency

analysis is performed. Dutra et al (2013) assessed the predictive capabilities of an integrated drought monitoring and seasonal forecasting system (up to 5 months lead time) based on SPI. The forecasts were evaluated over four basins in Africa. Jha et al (2013) computed the SPI with monthly precipitation dataset for each of the 14 mainland agro climatic zones of India. Showed that only six out of 14 mainlands have a significant trend during summer monsoon. Blain (2012) carried out analyses by evaluating the normality assumption of the SPI distributions. Observed that Pearson III distribution was better than the Gamma 2-parameter distribution. Xie et al (2013) investigated the spatiotemporal variability of drought incidence in Pakistan during 1960-2007 by SPI for 3, 6 and 12-month scales. Analysis revealed that droughts are wide-spread and often occur over large areas. Simsek & Cakmak (2010) analyzed the drought experience in 2007-2008 Agricultural Year of Turkey. The drought was evaluated by using SPI, Percent of Normal Index (PNI) and the analyses of precipitation and temperature analysis. The SPI is the non-dimensional drought index. This index is computed for long time precipitation series for the preferred time scales. The SPI calculated by Equation 1.

$$SPI = (X_i - \bar{X}) / \sigma \quad (1)$$

Where; SPI, standardized precipitation index; X_i , data point; \bar{X} , mean; σ , standard deviation of the data

The gamma distribution is convenient for precipitation series and the distribution parameters can be calculated by maximum likelihood approximation of Thom (1958). If precipitation data has zero values, mixed distribution by Thom (1951) can be used for incorporation of zero probability and non-zero probabilities (Equation 2).

$$H(x) = q + (1-q) G(x) \quad (2)$$

Where; q, the probability of zero precipitation; $G(x)$, the gamma cumulative probability function. Probabilities calculated by Equation 2 are transformed into the standard normal distribution for calculation of the SPI values (Guttman 1998).

SPI method shows the drought category corresponds to output values (Table 2). If the SPI gives negative values, it means there is drought and lack of precipitation; if the SPI gives positive values, it means there is no drought and enough precipitation. Yet, the negative values are getting lower, the degree of the drought shifts from no drought to extremely drought and then catastrophe bursts. And same for the positive values, if the positive values are getting higher the degree of the drought shifts from no drought to extremely wet and flash floods are seen. The drought frequency of a station is obtained by dividing drought event size by total observation size. Frequency values show us how often drought conditions happen in a station for a prespecified time scale.

Table 2- Standardized precipitation index categories
Çizelge 2- Standart yağış indeksi kategorileri

<i>SPI index values</i>	<i>Drought category</i>
2.00 or more	Extreme Wet
1.50 - 1.99	Severe Wet
1.00 - 1.49	Moderate Wet
0.0 - 0.99	Mild Wet
0.0 - (-0.99)	Mild Drought
(-1.00) - (-1.49)	Moderate Drought
(-1.50) - (-1.99)	Severe Drought
(-2.00) or less	Extreme Drought

2.2.2. Index-flood method

Index flood method is a reliable procedure as to pooling summary statistics from different data samples. Its early applications were based on flood data in hydrology (Dalrymple 1960). However, Hosking & Wallis (1997) pointed out that this method can be applicable to every kind of data.

According to the index-flood method, the exceedance probability distribution of annual peak discharge is accepted as identical for hydrologically homogeneous regions except for a site-specific scaling factor called the index flood (Dalrymple 1960; Hosking & Wallis 1997).

The important physiographic and meteorological characteristics of a basin are reflected by this index flood parameter. In this method, the relationship in Equation 3 is recommended to estimate the flood quantile Q_T .

$$Q_T = q_T \mu_i \quad (3)$$

Where; T , return period at site i ; μ , the product of index flood (average likely flood); q , the regional growth factor. μ is also the function basin area and slope. q is a dimensionless frequency distribution quantity common to all sites within a hydrologic homogeneous region.

A relationship based on available information gathered from the gauged sites is recommended to estimate index flood.

Once an appropriate frequency distribution has been found within a hydrologic region with N sites, regional growth curves are determined to represent the relationship between q_T and T .

It can be summarized that index flood method based on regional flood-frequency analysis has three steps: hydrologic homogeneous regionalization, selection of regional frequency distribution and estimation of index flood relationship. To estimate design flood of any intermediate values of return periods (e.g. $T=2, 5, 10, 20, 50, 100 \dots$ years), the index flood-based regional relationships can be used.

2.2.3. L-moments method

L-moments method was developed by (Hosking 1986; 1990). This method is widely used for regionalization, estimation parameters and determine the quantiles. L-moments method is the linear function of the probability weighted moments (PWM). There are really comprehensive studies in literature like Dalrymple (1960), Landwehr et al (1979a; 1979b; 1979c), Hosking (1986; 1990), Gebeyehu (1989), Hosking & Wallis (1993;1997), Fowler & Kilsbyc (2003), Eslamian & Feizi (2006), Seckin & Yurtal (2008), Norbiato et al (2007), Parida & Moalafhi (2008), Seckin et al (2010a; 2010b; 2011), Dodangeh et al (2011) and Tallaksen et al (2011). Anlı et al (2009) conducted a study to

determine regional analysis of the annual maxima precipitation influenced on floods in Trabzon Province. Annual maxima precipitation series of 10-78 years of 10 precipitation gauging stations over Trabzon Province were used as a material. Probability parameter estimation and regional analysis were used based on L-moments statistics. Some quantile functions were obtained through Monte Carlo simulation techniques. For flood management and the design of urban drainage networks, useful precipitation values were estimated for some quantile probabilities of the at-site and regional analysis for the Generalized Logistics and Generalized Extreme Value distributions obtained from simulation. Shi et al (2010) screened the data from 12 stream flow gauging sites of the Wujiang water system in Guizhou Province by using the discordancy measure, and homogeneity of the region is then tested employing the L-moments-based heterogeneity measure. Eslamian et al (2012) used two indexes of cumulative precipitation deficit (CPD) and maximum precipitation deficit (MPD) for evaluating the severity of drought in a certain month and regional frequency analysis has been carried out by L-moments. Gingras & Adamowski (1994) conduct a simulation study to compare parametric L-moments and nonparametric approaches in flood frequency analysis. Saf (2009) carried out a study to determine regional probability distributions for the annual maximum flood data observed at 45 streamflow gauging sites in the Kucuk and Buyuk Menderes River Basins in Turkey using index flood L moments. The generalized normal extreme value distribution has been identified as the best-fit distribution for the upper- and lower-Menderes subregions. Aydogan et al (2014) performed a regional flood frequency analysis of Çoruh Basin with the L-moments method. The flow values determined from the quantiles estimated with the L-moments method were compared with those estimated previously with an at-site frequency analysis (Gumbel distribution) on the basin master plan for four large dams in the Çoruh Basin. Dubey (2014) used the L-Moments for parameter estimation of Generalized Extreme Value (GEV) distribution. Regional flood frequency relationship

for the chosen basin is developed utilizing GEV distribution.

L-moments are defined in Equation 4 (Hosking & Wallis 1997).

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= M_{100} \\ \lambda_2 &= 2M_{110} - M_{100} \\ \lambda_3 &= 6M_{120} - 6M_{110} + M_{100} \\ \lambda_4 &= 20M_{130} - 30M_{120} + 12M_{110} - M_{100}\end{aligned}\quad (4)$$

The significance or meaning of this would be that: M_{100} is the zeroth, M_{110} is the first, M_{120} is the second, and M_{130} is the third probability weighted moments. Followed by these definitions listed below.

- The L-mean, λ_1 , is a measure of central tendency which is the same as the conventional mean.
- The L-standard deviation, λ_2 , is a measure of dispersion, as λ_3 and λ_4 are the third and the fourth L-moments.
- M_{110} is the expected value of the random variable, x , weighted by its probability of non-exceedance, P_{nex} .
- M_{120} and M_{130} are the expected values of x weighted by $(P_{nex})^2$ and $(P_{nex})^3$, respectively.
- The dimensionless L-moment ratios are defined by Hosking (1990) as in Equation 5.

$$\begin{aligned}\tau_2 &= \lambda_2 / \lambda_1 \text{ (L-variation coefficient, L-Cv)} \\ \tau_3 &= \lambda_3 / \lambda_2 \text{ (L-skewness coefficient, L-Cs)} \\ \tau_4 &= \lambda_4 / \lambda_2 \text{ (L-kurtosis coefficient, L-Ck)}\end{aligned}\quad (5)$$

Stedinger et al (1993) developed the relationships for the parameters and the L-moments for various distributions.

For a Probability Distribution that takes on merely positive values, τ_2 varies within the interval: $0 \leq \tau_2 < 1$, and the other ratios are within: $-1 < \tau_3 < +1$, and $-1 < \tau_4 < +1$. These properties would be claimed to be an advantage over the Conventional Coefficients of the skew and the kurtosis, because as the latter mentioned may assume very high magnitudes and former would constantly remain in the reasonable and confined interval of (-1, +1).

The arithmetical average of a sample series is the estimate of λ_1 . The estimates of the L-coefficients of τ_2 , τ_3 , and τ_4 , are calculated using the recorded sample series with the aid of a suitable plotting position formula. For which the biased-Landwehr formula is preferred, as done in this study also, to estimate P_{nex} 's of the elements of the series.

2.2.4. Homogeneity tests

Hosking (1991; 1993) recommended the following three statistical measures for homogeneity tests as discordancy measure (D_i), heterogeneity measure (H) and goodness of fit measure (Z).

2.2.5. Discordancy measure (D_i)

This test is based on the L-moments ratios and utilized to identify the sites of a given group that are discordant with the other sites of entire group. Discordancy measure depends on the number of sites. Discordant sites should be discarded from the analyzed or evaluated in another region. Hosking & Wallis (1997) presented a table which shows critical values of discordancy statistic correspond to a number of sites (Table 3). The site is accepted to be harmonious if discordancy value of site is smaller than the critical value of the discordancy statistic.

Table 3- Critical values of discordancy statistic, D_i

Çizelge 3- Uyumsuzluk ölçüsünün kritik değerleri, D_i

No. of sites in region	Critical value	No. of sites in region	Critical value
5	1.333	11	2.632
6	1.648	12	2.757
7	1.917	13	2.869
8	2.14	14	2.971
9	2.329	≥15	3
10	2.491		

Discordancy measure (D_i) is defined in Equation 6, 7 and 8.

$$D_i = \frac{1}{3} (\mathbf{u}_i - \bar{\mathbf{u}})^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{u}_i - \bar{\mathbf{u}}) \tag{6}$$

$$\bar{\mathbf{u}} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \mathbf{u}_i \tag{7}$$

$$S = \sum_{i=1}^N (\mathbf{u}_i - \bar{\mathbf{u}})(\mathbf{u}_i - \bar{\mathbf{u}})^T \tag{8}$$

Where; \mathbf{u}_i , vector of LCv, LCs, LCK for a site I; S, covariance matrix of \mathbf{u}_i ; $\bar{\mathbf{u}}$, mean of vector \mathbf{u}_i

2.2.6. Heterogeneity measure (H)

The heterogeneity measure (H_i) is proposed for identification of the degree of heterogeneity of group of sites and H_i can be estimated by Equation 9 and 10.

$$H = \frac{V - \mu_v}{\sigma_v} \tag{9}$$

$$\tau_s^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \tau_s^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (s = 2, 3, 4) \tag{10}$$

Where; V, weighted standard deviation of L-coefficient of variation values; μ_v and σ_v , the mean and standard deviation of a number of simulations of V.

Suppose that the proposed region has N sites, with site i having record length n_i and sample L-moment ratios $\tau_2^{(i)}$, $\tau_3^{(i)}$, $\tau_4^{(i)}$. Denote by $\tau_2^{(R)}$, $\tau_3^{(R)}$, $\tau_4^{(R)}$ the regional average L-Cv, L-Skewness and L-Kurtosis. V_1 , weighted standard deviation of L-coefficient of variation values can be expressed as Equation 11.

$$V_1 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\tau_2^{(i)} - \tau_2^{(R)})^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right\}^{1/2} \tag{11}$$

It is possible to construct heterogeneity measures in which V in equation (11) is replaced by other measures of between-site dispersion of sample L-moments. One of the measures is based on L-Cv and L-Skewness (V_2) can be expressed as Equation 12.

$$V_2 = \sum_{i=1}^N n_i \left\{ (\tau_2^{(i)} - \tau_2^{(R)})^2 + (\tau_3^{(i)} - \tau_3^{(R)})^2 \right\}^{1/2} / \sum_{i=1}^N n_i \tag{12}$$

and the other based on L-Skewness and L-Kurtosis (V_3) can be expressed as Equation 13.

$$V_3 = \sum_{i=1}^N n_i \left\{ (\tau_3^{(i)} - \tau_3^{(R)})^2 + (\tau_4^{(i)} - \tau_4^{(R)})^2 \right\}^{1/2} / \sum_{i=1}^N n_i \tag{13}$$

If heterogeneity of a region $H < 1$ then the region is acceptably homogeneous. $1 \leq H < 2$, then the region

is possibly heterogeneous. $H \geq 2$, then the region is definitely heterogeneous.

2.2.7. Goodness of fit measure (Z)

Hosking & Wallis (1993) proposed a well-matched measure for goodness of fit dependent upon L-kurtosis. The Z^{DIST} goodness of fit test is used for selecting the appropriate regional frequency distribution function for a group of sites. Goodness of fit measure (Z) compares the difference between sample L-kurtosis and population L-kurtosis.

The Goodness of fit measure for each distribution is defined by the Z^{DIST} statistic, which is outlined below in Equation 14.

$$Z^{\text{DIST}} = \frac{\tau_4^{\text{DIST}} - \bar{t}_4 + \beta_4}{\sigma_4} \quad (14)$$

Continuing, \bar{t}_4 is the average of L-Ck values computed from an observed sample series in a given region, β_4 is the bias of t_4 , τ_4^{DIST} is the average L-Ck values computed from simulation for a fitted distribution, and σ_4 is the standard deviation of L-Ck values (from simulation), and β_4 and σ_4 . Equation 15 and 16 presented for clarification.

$$\beta_4 = N_{\text{sim}}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{\text{sim}}} (t_4^{(m)} - \bar{t}_4) \quad (15)$$

$$\sigma_4 = \left[(N_{\text{sim}} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{\text{sim}}} (t_4^{(m)} - \bar{t}_4)^2 - N_{\text{sim}} \beta_4^2 \right\} \right]^{1/2} \quad (16)$$

The above equation explains that N_{sim} is the number of simulated regional data sets that are generated using a Kappa distribution and m is the index denoting the simulated region. The fit is considered to be suitable if Z^{DIST} is sufficiently close to zero. A reasonable criterion example would be considered by Equation 17.

$$|Z^{\text{DIST}}| \leq 1.64 \quad (17)$$

A detailed description of the index flood procedure and L-moments is described by Hosking & Wallis (1997). The non-exceedance probability of an element in a sample series is estimated by the so-

called biased-Landwehr plotting position formula, which is Equation 18.

$$F_{ij} = \frac{(i - 0.35)}{(n_j)} \quad (18)$$

The above equation defines that: F_{ij} is the estimate of P_{nex} of the j 'th element in the j 'th sample series arranged in ascending order, and n_j is the number of elements in the j 'th sample series.

3. Results and Discussion

3.1. SPI results

Standardized Precipitation Index shows climatic changes and drought conditions in 11 meteorological stations accomplished for preferred time scales. The precipitation-time series were used to procure the SPI values for 3, 6, 9 and 12-month time scales. The results show that the most severe drought years were 1973, 1988, 1989, 2001 and 2008 for the most of the 11 stations. The wettest years were 1979, 1981, 1994. The periods have the most severe drought months are seen in Table 4. One can infer roughly from Table 4 that drought have experienced quinquennial overall basin.

Table 4- The most severe drought periods

Çizelge 4- En şiddetli kurak periyotlar

Adana	(1970-1975), (1997-2005)
Çamardı	(1989-1992)
Feke	(1970-1975), (1984-1987), (1989-1991)
Karaisalı	(1970-1975), (1989-1993), (2003-2009)
Karataş	(1982-1985), (1989-1992), (2003-2007)
Pınarbaşı	(1984-1987), (1989-1990), (1993-1994)
Pozantı	1973, 1982, 1984, (1989-1993)
Sarız	(1981-1985), (1999-2003)
Tomarza	(1973-1974), (1999-2001)
Tufanbeyli	1989, 1999, 2001, (2003-2008)
Ulukışla	(1973-1975), (1981-1985), (1989-1994), (2004-2007)

As shown in Table 5, most of the minimum SPI values are seen in 6-month (seasonal) time scale. The minimum SPI value of a month -3.76 (exceptionally drought) was experienced in Tomarza station for 6-months period in May 1989. One can see the SPI results and read from example following figures for the 12-month period of Karaisalı and Tufanbeyli stations, graphs for the other stations and explanations are not dwelled on because of their similarities. With reference to average monthly SPI values, the most severe drought station is the Karaisalı station, the maximum and minimum SPI values were observed as 3.59 (extremely wet) and -3.6 (extremely drought) respectively in 3-month period. Extreme SPI values for Karaisalı station are seen in Table 6. We can see the monthly flash drought and precipitation changes by reading SPI graph (Figure 2). Period 2005 to 2009 was moderate drought and mild drought. Especially year 2008 was severe drought (Figure 3). The drought frequency is 50.9% for this station. It means that drought incidents are experienced more than wet conditions

and happens more often. Moderate drought with frequency value 9.1% was observed in 12-month period. Probability occurrence corresponds to drought categories for Karaisalı station are seen in Figure 4.

Table 5- The minimum SPI values of stations

Çizelge 5- İstasyonların minimum SPI değerleri

<i>Station</i>	<i>Minimum SPI</i>	<i>Period</i>	<i>Month</i>	<i>Year</i>
Adana	-3.18	6-month	February	1973
Çamardı	-3.68	6-month	June	1989
Feke	-3.2	3-month	January	1973
Karaisalı	-3.6	3-month	April	1989
Karataş	-3.74	6-month	July	1989
Pınarbaşı	-3.75	6-month	May	1989
Sarız	-3.39	9-month	January	2001
Pozantı	-3	3-month	April	1989
Tomarza	-3.76	6-month	May	1989
Tufanbeyli	-3.37	6-month	June	1989
Ulukışla	-3.3	6-month	October	1984

Table 6- Extreme SPI values of droughts and precipitations for Karaisalı station, presenting 3, 6, 9 and 12-month time scales

Çizelge 6- Karaisalı istasyonunun 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman serileri için ekstrem SPI değerleri

	<i>3-month period</i>	<i>6-month period</i>	<i>9-month period</i>	<i>12-month period</i>
Exceptional drought month	April	July	October	April
Observed year	1989	1989	1989	2008
SPI value	-3.6	-2.98	-2.42	-2.15
Exceptional wet month	March	June	September	December
Observed year	1994	1994	1994	1994
SPI Value	3.59	3.42	3.45	3.31
The most severe year in respect to the average SPI value	2007	2008	2008	2008
SPI value	-0.88	-1.36	-1.7	-1.84
The most wet year in respect to the average SPI value	1988	1994	1994	1994
SPI value	0.99	1.54	2.24	2.84

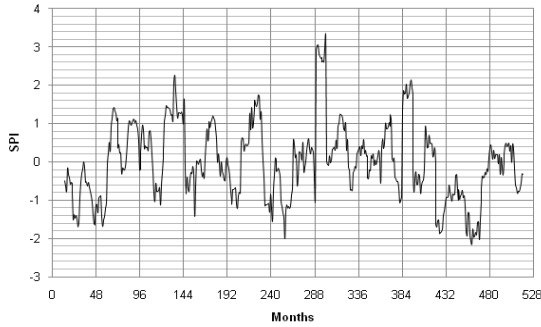


Figure 2- 12-month SPI analysis for Karaisalı station

Şekil 2- Karaisalı istasyonunun 12 aylık SPI değerleri

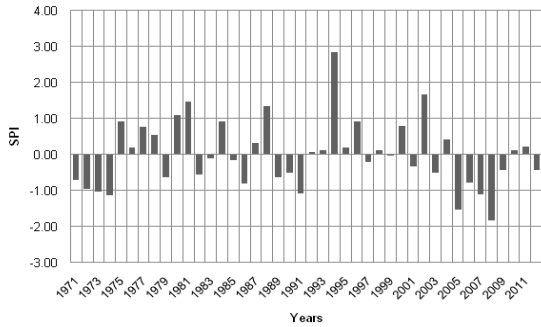


Figure 3- 12-month average annual SPI analysis for Karaisalı station

Şekil 3- Karaisalı istasyonunun yıllık ortalama 12 aylık SPI değerleri

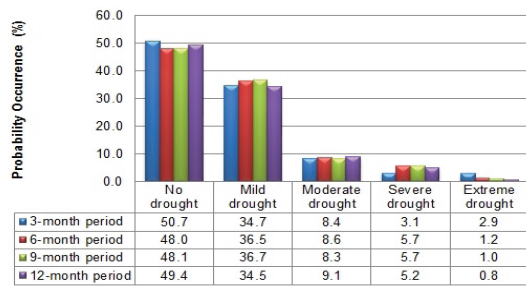


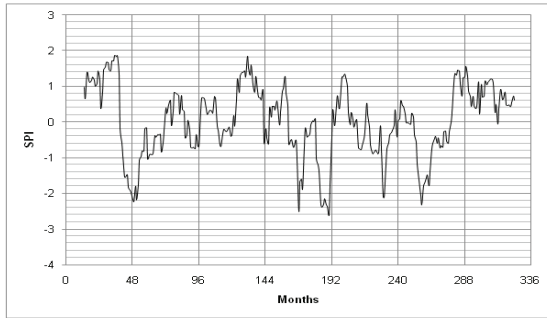
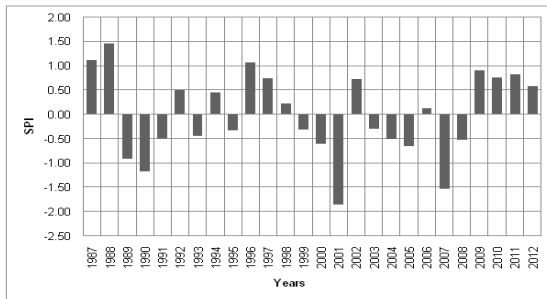
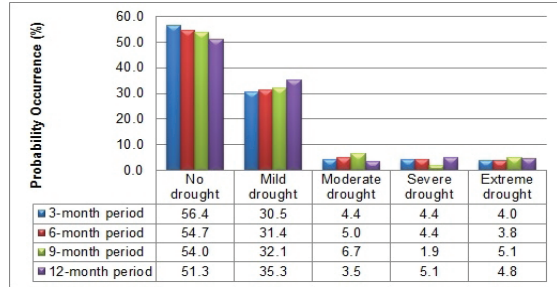
Figure 4- Probability of drought occurrence for Karaisalı station, presenting 3, 6, 9 and 12-month time scales and different drought categories

Şekil 4- Karaisalı istasyonunun 3, 6, 9 ve 12 aylık SPI değerleri ve farklı kuraklık kategorilerine göre oluşma olasılıkları

The Tufanbeyli station is the wettest station with respect to drought frequency. Frequency value is 45.9%. The most exceptional drought was observed as -3.37 (extremely drought) in 6-month period. Extreme SPI values for Tufanbeyli station are shown in Table 7. Instantaneous monthly drought changes are seen in Figure 5. The climate after the year 2002 to 2009 shifted from mild drought to severe drought. Severe drought observed in year 2011 is remarkable. A little increment of amount of precipitation was observed in the last 3 years (explicitly shown in Figure 6), severe drought with frequency value 5.1% was lived in 12-month period. Probability occurrence corresponds to drought categories for Tufanbeyli station are seen in Figure 7. The Adana station is a mild drought station. The drought frequency is 47.7% for this station. Exceptional droughts were seen in the 12-month period, the climate is prone to shift having less precipitation and more drought. For the Pozantı station the drought frequency is 49.2%, severe drought was observed especially in the 12-month period. Exceptional and severe precipitations occurred in the period from 1974 to 1978. Exceptional precipitations shown in 12-months are prone to shift to mild precipitations for the concluding 10 years, exactly like the other stations. For the Pınarbaşı, Tufanbeyli, Sarız, Karataş, Tomarza, Çamardı, Feke, Ulukışla stations drought frequencies are consecutively 46.3%, 45.9%, 46.2%, 46.8%, 46.8%, 48.3%, 49.8%, 47%. We have to underline that comparing stations in terms of drought, indeed, entails meteorological stations to have same size data. Because, observation size and beginning values alter the results of SPI. All stations seriously must have same beginning and end time. Longer data show the results realistically. In fact, Ulukışla station is the wettest station concerning just average SPI values not the drought frequency by reason of frequency includes size.

Table 7- Extreme SPI values of droughts and precipitations for Tufanbeyli station, presenting 3, 6, 9 and 12-month time scales*Çizelge 7- Tufanbeyli istasyonunun 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman serileri için ekstrem SPI değerleri*

	3-month period	6-month period	9-month period	12-month period
Exceptional drought month	January	June	September	October
Observed year	2001	1989	1989	2001
SPI value	-3.24	-3.37	-3.27	-2.6
Exceptional wet month	September	November	November	January
Observed year	2002	1996	1988	1989
SPI Value	2.42	2.83	2.43	1.87
The most severe year in respect to the average SPI value	1989	1989	2001	2001
SPI value	-1.35	-1.46	-1.78	-1.85
The most wet year in respect to the average SPI value	1988	1988	1988	1988
SPI value	1.09	1.26	1.4	1.47

**Figure 5- 12-month SPI analysis for Tufanbeyli station***Şekil 5- Tufanbeyli istasyonunun 12 aylık SPI değerleri***Figure 6- 12-month average annual SPI analysis for Tufanbeyli station***Şekil 6- Tufanbeyli istasyonunun yıllık ortalama 12 aylık SPI değerleri***Figure 7- Probability of drought occurrence for Tufanbeyli station, presenting 3, 6, 9 and 12-month time scales and different drought categories***Şekil 7- Tufanbeyli istasyonunun 3, 6, 9 ve 12 aylık SPI değerleri ve farklı kuraklık kategorilerine göre oluşma olasılıkları*

The results also indicate that high elevation located stations have lower amount of precipitation, yet, because of the low temperature and sun energy, they have lowest evaporation rate so this engenders less drought events. Generally, all of the stations are on the boundary of drought. According to results, we can claim that the Seyhan Basin, average frequency of drought of the 11 stations considered, is neither drought nor wet but experiencing extreme event from time to time. Basin has the 47.7% frequency of occurrence of drought.

3.2. L-moments results

L-moments method was employed to perform regional frequency analysis. The amount of precipitations which correspond to minimum monthly SPI values of the each year were utilized as input data for L-moments method. After procuring input data, L-moments method was employed to specify the homogenous regions. After all, the best distributions for the basins or the sub-basins were elected. Generalized Extreme Value, Generalized Logistic, Generalized Normal, Generalized Pareto, Pearson Type 3 and Wakeby distributions were implemented to homogenous regions and sub-basins. Unfortunately, there are no proper distributions for 3 and 6-month periods minimum precipitation series, even tried dividing whole basin into several parts to detect homogenous regions. Heterogeneity values (H1), (H2) and (H3) are enormously greater than the critical value '1'. But, for the 9 and 12-month periods minimum precipitation series, achieved homogenous regions and distributions. Results are seen in the following.

3.2.1. The results of the stations in terms of 12-month period minimum precipitation series

All of the 11 stations are in accordance with each other when the 12-month period minimum precipitation series are used in L-moments. All of the discordancy values are smaller than the critical value ' $D_i = 2.632$ ' which determined by Hosking & Wallis (1997) for the number of 11 stations. Discordancy values (D_i) and L-moments ratios (t , t_3 , t_4 , t_5) of each station are seen in Table 8. Heterogeneity values (H1), (H2) and (H3) are smaller than the critical value '1' (Table 9). And Z (goodness-of fit test) value $0.35 \leq 1.64$. Considering this, the Generalized Normal distribution is the most proper for the entire basin as regards the 12-month time scale minimum precipitation series (Table 10). The values of dimensionless growth factors (Q_T/Q_{ave}) for various return periods are calculated by using regional parameters (Table 11) and shown in Table 12. Growth curves for whole basin, growth factors (Q_T/Q_{ave}) of best fitted distributions correspond to y (gumbel reduced values), are drawn in Figure 8.

Table 8- L-moments ratios and discordancy values for 12-month minimum precipitation series

Çizelge 8- 12 aylık minimum yağış serileri için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

Station name	Observation size	Average precipitation	t	t_3	t_4	t_5	D_i
Adana	42	52.4	0.4837	0.2637	0.125	0.078	0.62
Çamardı	24	35.4	0.4331	0.2441	0.119	-0.006	0.76
Feke	24	80.4	0.4053	0.1425	0.097	0.1201	0.57
Pınarbaşı	40	27.1	0.4666	0.327	0.228	0.1586	0.58
Tomarza	40	29.3	0.394	0.1414	0.105	0.078	0.61
Sarız	41	33.8	0.3947	0.0742	0.112	0.1377	1.88
Ulukışla	42	21.2	0.3951	0.2597	0.184	0.1257	1.43
Karaisalı	42	72.0	0.485	0.3248	0.253	0.1719	1.69
Karataş	42	81.5	0.5137	0.3523	0.153	0.0596	1.51
Pozantı	23	69.6	0.4666	0.3713	0.223	0.1072	0.94
Tufanbeyli	26	34.3	0.4917	0.2863	0.166	0.1096	0.42

Table 9- Heterogeneity (H) measures for whole basin

Çizelge 9- Tüm havzanın heterojenlik ölçüleri

		All stations
Heterogeneity	H1	-0.06*
	H2	0.68
	H3	0.06

*, $H \leq 1$ whole basin is definitely homogenous**Table 10- Values of the Z^{DIST} Statistic of various distributions for whole basin**Çizelge 10- Tüm havzanın çeşitli dağılımlar için Z^{DIST} değerleri

Distribution	Whole basin
Gen. extreme value	$Z = 1.04$
Gen. normal	$Z = 0.35^*$
Pearson type III	$Z = -0.88$

*, absolute Z-statistic value closest to zero and lower than 1.64

Table 11- Regional parameters for various frequency distributions for whole basin

Çizelge 11- Tüm havzanın farklı frekans dağılımları için bölgesel parametreleri

Distributions	XI (location parameter)	ALPHA (scale parameter)	K (shape parameter)		
Gen. extreme value	0.591	0.571	-0.125		
Gen. normal	0.8	0.712	-0.525		
Pearson type III	1	0.857	1.52		
Wakeby	XI -0.06	ALPHA 1.243	BETA 1.607	GAMMA 0.485	DELTA 0.167

Table 12- Values of dimensionless growth factors (Q_T/Q_{ave}) for various return periods for whole basinÇizelge 12- Tüm havzanın farklı dönüş periyotları için boyutsuz büyüme faktörü (Q_T/Q_{ave}) değerleri

y (Gumbel reduced values)	T return period (year)	F (non-exceedance probability)	F				Observed values	
			GEV	GNO	PE3	WAKEBY	y^*	Q/Q_{ave}
-0.834	1.111111	0.1	0.138	0.136	0.131	0.112	-1.224	0.017
-0.476	1.25	0.2	0.327	0.316	0.294	0.284	-0.726	0.158
0.367	2	0.5	0.805	0.8	0.792	0.816	-0.244	0.43
1.5	5	0.8	1.533	1.553	1.589	1.552	0.248	0.738
2.25	10	0.9	2.074	2.101	2.142	2.058	0.747	1.043
3.2	25	0.96	2.835	2.842	2.843	2.78	1.23	1.375
3.9	50	0.98	3.46	3.428	3.358	3.395	1.754	1.713
4.6	100	0.99	4.138	4.04	3.865	4.083	2.321	2.188
5.3	200	0.995	4.874	4.683	4.366	4.854	2.845	2.553
6.21	500	0.998	5.948	5.584	5.02	6.022	3.404	2.942
6.9	1000	0.999	6.845	6.307	5.51	7.032	4.571	3.644

y^* , Gumbel reduced values using Hosking plotting position formula; y^* , Hosking noktalama pozisyon formülü ile hesaplanan Gumbel azalan değerler

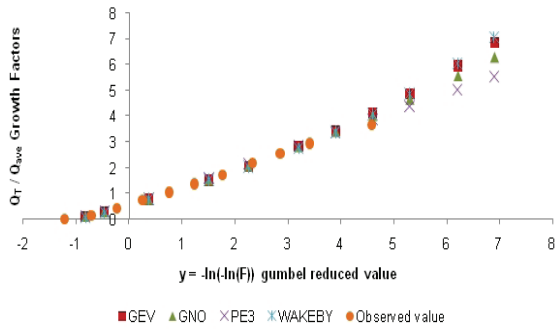


Figure 8- Growth curves for the whole basin

Şekil 8- Tüm havza için büyüme eğrileri

3.2.2. The results of region 1 and region 2 in terms of 9-month period minimum precipitation series

Two homogenous regions are procured by dividing basin, by selecting stations with respect to approximate elevation values, as Region 1 and

Region 2 for 9-month period minimum precipitation series. Discordancy values (D_i) and L-moments ratios (t , t_3 , t_4 , t_5) of region 1 and region 2 are seen in Table 13 and Table 14. Heterogeneity values (H_1), (H_2) and (H_3) are smaller than the critical value '1' for all regions (Table 15). Also Z (goodness-of fit test) values $-0.88 \leq 1.64$ and $0.57 \leq 1.64$ for region 1 and 2 respectively. The Pearson Type 3 distribution is the most proper for two homogenous sub-basins as regards the 9-month time scale minimum precipitation series (Table 16). The values of dimensionless growth factors (Q_r/Q_{ave}) for various return periods are calculated by using regional parameters (Table 17) and shown in Table 18 and Table 19 for region 1 and region 2 respectively. Growth curves, growth factors (Q_r/Q_{ave}) of best fitted distributions correspond to y (gumbel reduced values), are drawn in Figure 9 for region 1 and Figure 10 for region 2.

Table 13- L-moments ratios and discordancy values for region 1

Çizelge 13- Bölge 1'in L-moment oranları ve uyumsuzluk değerleri

Region 1							
Station name	Observation size	Average precipitation	t	t_3	t_4	t_5	D_i
Adana	42	47.3	0.477	0.2348	0.1099	0.0828	1.09
Feke	24	82.5	0.4594	0.2416	0.1041	0.0775	0.51
Karaisalı	42	63.9	0.4538	0.2627	0.203	0.1666	1.12
Karataş	42	41.6	0.522	0.301	0.1485	0.0882	1.18
Pozantı	23	58.1	0.3867	0.2211	0.1559	0.0911	1.1

Table 14- L-moments ratios and discordancy values for region 2

Çizelge 13- Bölge 1'in L-moment oranları ve uyumsuzluk değerleri

Region 2							
Station name	Observation size	Average precipitation	t	t_3	t_4	t_5	D_i
Çamardı	24	33	0.3365	0.156	0.1864	0.0494	1.26
Pınarbaşı	40	22.2	0.4081	0.158	0.1212	0.1103	0.32
Tomarza	40	25.6	0.3259	0.211	0.1423	0.0338	1.27
Sarız	41	29.8	0.3908	0.083	0.0617	0.0635	1.54
Ulukışla	42	16.6	0.3838	0.224	0.1391	0.0421	0.42
Tufanbeyli	26	39.6	0.4765	0.197	0.0682	0.0764	1.2

Table 15- Heterogeneity (H) measures for region 1 and region 2

Çizelge 15- Bölge 1 ve Bölge 2'nin heterojenlik ölçüleri

		Region 1	Region 2
Heterogeneity	H1	-0.21*	0.59*
	H2	-1.5	-0.23
	H3	-1.45	-0.94

*, $H \leq 1$ sub-regions are definitely homogenous

Table 16- Values of the Z^{DIST} Statistic of various distributions for region 1 and region 2

Çizelge 16- Tüm havzanın çeşitli dağılımlar için Z^{DIST} değerleri

Distribution	Region 1	Region 2
Gen. extreme value	Z= 1.25	Z= 1.33
Gen. normal	Z= 0.77	Z= 1.13
Pearson type III	Z= -0.08*	Z= 0.57*
Gen. pareto	Z= -1.12	

*, absolute Z-statistic values closest to zero and lower than 1.64

Table 17- Regional parameters for various frequency distributions in sub-regions 1 and 2

Çizelge 17- Alt bölgeler 1 ve 2'nin farklı frekans dağılımları için bölgesel parametreleri

Region	Distributions	XI (location parameter)	ALPHA (scale parameter)	K (shape parameter)			
Region 1	Gen. extreme value	0.573	0.589	-0.131			
	Gen. normal	0.789	0.736	-0.534			
	Pearson type III	1	0.893	1.545			
	Gen. pareto	-0.021	1.208	0.183			
Region 2	Wakeby	XI	ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	
		-0.058	1.345	0.546	0.093	0.508	
	Gen. extreme value	0.679	0.554	-0.002			
	Gen. normal	0.882	0.648	-0.353			
	Pearson type III	1	0.705	1.039			
	Wakeby	XI	ALPHA	BETA	GAMMA	DELTA	
	-0.021	1.467	2.94	0.71	-0.095		

Table 18- Values of dimensionless growth factors (Q_T/Q_{ave}) for various return periods in Region 1

Çizelge 18- Bölge 1'in farklı dönüş periyotları için boyutsuz büyüme faktörü (Q_T/Q_{ave}) değerleri

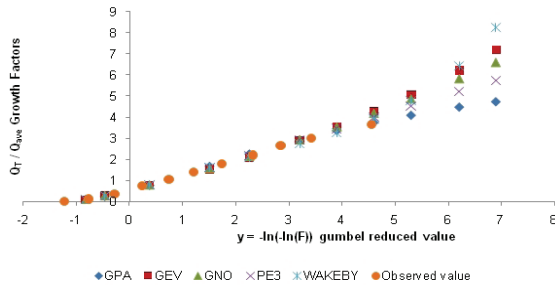
	-0.834	-0.476	0.367	1.5	2.25	3.2	3.9	4.6	5.3	6.21	6.9
y (Gumbel reduced values)											
T return period (year)	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
F (non-exceedance probability)	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
GPA	0.105	0.243	0.765	1.663	2.249	2.918	3.355	3.739	4.078	4.465	4.718
GEV	0.108	0.301	0.794	1.549	2.114	2.912	3.572	4.289	5.072	6.22	7.184
GNO	0.105	0.29	0.789	1.571	2.143	2.921	3.538	4.185	4.865	5.82	6.589
PE3	0.101	0.267	0.78	1.61	2.188	2.922	3.463	3.996	4.522	5.211	5.727
WAKEBY	0.09	0.246	0.795	1.613	2.109	2.733	3.262	3.916	4.778	6.427	8.262
y*	-1.219	-0.763	-0.281	0.242	0.743	1.21	1.737	2.325	2.844	3.421	4.55
Q / Q_{ave}	0.004	0.112	0.349	0.736	1.042	1.383	1.776	2.186	2.638	3.007	3.64

y*, Gumbel reduced values using Hosking plotting position formula; y*, Hosking noktalama pozisyon formülü ile hesaplanan Gumbel azalan değerler

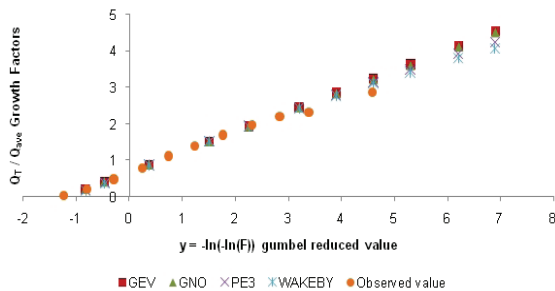
Table 19- Values of dimensionless growth factors (Q_T/Q_{ave}) for various return periods in Region 2Çizelge 19- Bölge 2'nin farklı dönüş periyotları için boyutsuz büyüme faktörü (Q_T/Q_{ave}) değerleri

y (Gumbel reduced values)	T return period (year)	F (non-exceedance probability)	F				Observed values	
			GEV	GNO	PE3	WAKEBY	y^*	Q/Q_{ave}
-0.834	1.11111	0.1	0.217	0.215	0.21	0.187	-1.228	0.055
-0.476	1.25	0.2	0.415	0.411	0.4	0.376	-0.793	0.216
0.367	2	0.5	0.882	0.882	0.88	0.889	-0.289	0.494
1.5	5	0.8	1.511	1.517	1.531	1.533	0.254	0.8
2.25	10	0.9	1.929	1.931	1.946	1.946	0.75	1.129
3.2	25	0.96	2.457	2.451	2.447	2.447	1.245	1.398
3.9	50	0.98	2.85	2.835	2.805	2.798	1.77	1.702
4.6	100	0.99	3.24	3.217	3.15	3.127	2.318	1.966
5.3	200	0.995	3.63	3.601	3.485	3.435	2.846	2.206
6.21	500	0.998	4.144	4.114	3.916	3.812	3.39	2.319
6.9	1000	0.999	4.534	4.508	4.236	4.076	4.589	2.851

y^* , Gumbel reduced values using Hosking plotting position formula; y^* , Hosking noktalama pozisyon formülü ile hesaplanan Gumbel azalan değerler

**Figure 9- Growth curves for region 1**

Şekil 9- Bölge 1 için büyüme eğrileri

**Figure 10- Growth curves for region 2**

Şekil 10- Bölge 2 için büyüme eğrileri

4. Conclusions

Turkey is in the temperate (semi-arid) zone of the world. Due to its geographical change in short distance, there are various climate types. Some parts (northeast) are exceptionally wet but some parts (central south) severe drought. These circumstances affect, no doubt, the whole country economically, agriculturally, culturally and socially. The Standardized Precipitation Index identified the drought conditions realistically for the specific 3, 6, 9 and 12-month time scales. Probing the drought for 4 different time scales provides us tracing the bad or good impacts of the drought or excessive precipitations on water resources, reservoirs and underground water in the Seyhan Basin. Considering the output data, severe and extreme drought mostly experienced for 6-month time scale. SPI showed the pattern of drought of 11 stations in the Seyhan Basin successfully and unfolded the years have flash climatic changes, keeping in view monthly precipitation alteration. L-moments method was exploited to have probable minimum precipitations which will create drought. We can readily attain the minimum amount of precipitation correspond

to requested return periods by using growth factor values multiplied by average precipitation. These data should be put into cognizance by farmers, politicians and water resource planners even citizens, consequently, the data may be used for other basins having the same climatologic characters throughout the world. For further researches precipitation values should not singly be used for monitoring drought, because occurrence of drought cannot be explained by only lack of precipitation. Urbanization and housing, vegetation condition, reservoir storage, number of snowy days, number of days without rain, wind direction, solar radiation, day length and duration of insolation, air temperature and humidity also affect occurrence of drought. For this reason all these factors, at least some of them must be combined during analysis and calculation drought.

The Mediterranean region, including the Seyhan Basin, is detected as the most vulnerable to global warming (IPCC 2007). Scientists on this point say that temperature in this basin would increase about 2-3.5 °C until the end of this century (CSB 2011). Rising temperature accelerates the rate of evaporation, principally, from the beginning of the 2000s till now, as results show, there was a considerable decline in the amount of precipitations. The worst of all, the Seyhan Basin is going through not only decrease in precipitations but also increase in temperatures and more frequent drought events. If these drivers come together too often, it could worsen the climatic situation already irresolute. Whether it is human induced or complexity of the atmosphere itself, unluckily global warming threatens the world, needless to say our study area ‘the Seyhan Basin’. We can see the flash or creeping alteration of precipitations from graphs. Serious precautions must be taken before colossal disasters emerge.

References

- Abolverdi J & Khalili D (2010). Probabilistic analysis of extreme regional meteorological droughts by L-Moments in a semi-arid environment. *Theoretical and Applied Climatology* **102**: 351-366
- Altın B T & Barak B (2012). Seyhan Havzasında 1970-2009 yılları arasında yağış ve hava sıcaklığı değerlerindeki değişimler ve eğilimler. *Türk Coğrafya Dergisi* **58**: 21-34
- Anlı S A, Apaydın H & Öztürk F (2009). Trabzon ilinde gözlenen yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **15**(3): 240-248
- Anlı S A (2014). Güneydoğu anadolu bölgesinde referans bitki su tüketiminin (et_0) zamansal değişimi ve rdi (keşif kuraklık indeksi) yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **20**(3): 248-260
- Aydoğan D, Kankal M & Önsoy H (2014). Regional flood frequency analysis for Çoruh Basin of Turkey with L-moments approach. *Journal of Flood Risk Management* doi: 10.1111/jfr3.12116
- Blain C G (2012). Monthly values of the standardized precipitation index in the State of Sao Paulo, Brazil: Trends and spectral features under the normality assumption. *Bragantia* **71**(1): 122-131
- CSB (2011). Turkey’s National Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan, T.R. Ministry of Environment and Urbanization, November 2011. Ankara (1st edition) http://www.csb.gov.tr/db/iklim/editorodoya/Adaptation_Strategy.pdf (Access Date 03.03.2014)
- Dalrymple T (1960). Flood Frequency Methods. U. S. Geol. Survey, *Water Supply Paper* 1453 A, Washington, 11-51
- Dodangeh S, Sattari M T & Seçkin N (2011). Minimum akımların L momentler yöntemi ile bölgesel frekans analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **17**: 43-58
- Dubey A (2014). Regional flood frequency analysis utilizing L-moments: A case study of Narmada Basin. *International Journal of Engineering Research and Applications* **4**(2): 155-161
- Dutra E, Giuseppe D F, Wetterhall F & Pappenberger F (2013). Seasonal forecasts of droughts in African Basins using the standardized precipitation index. *Hydrology and Earth System Sciences* **17**: 2359-2373
- Edwards D C & McKee T B (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report Number 97-2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
- Eslamian S S & Feizi H (2006). Maximum monthly rainfall analysis using L-moments for an arid region in isfahan province, Iran. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* **46**: 494-503

- Eslamian S, Hassanzadeh H, Abedi-Koupai J & Gheysari M (2012). Application of L-moments for regional frequency analysis of monthly drought indexes. *Journal of Hydrologic Engineering* **17**(1): 32-42
- Fang Y, Mauzerall D L, Liu J, Fiore A M & Horowitz L W H (2013). Impacts of 21st century climate change on global air pollution-related premature mortality. *Climatic Change* **121**: 239-253
- Fowler H J & Kilsby G (2003). A regional frequency analysis of United Kingdom extreme rainfall from 1961 to 2000. *International Journal of Climatology* **23**: 1313-1334
- Fujihara Y, Simonovic P S, Topaloğlu F, Tanaka K & Tsugihara W (2008). An inverse modelling approach to assess the impacts of climate change in the Seyhan River Basin, Turkey. *Hydrological Sciences Journal* **53**(6): 1121-1136
- Gebehehu A (1989). Regional Flood Frequency Analysis. The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Bulletin No. TRIVA-VBI-148
- Gingras D & Adamowski K (1994). Performance of L-moments and nonparametric flood frequency analysis. *Canadian Journal of Civil Engineering* **21**(5): 856-862
- Guenang M G & Kamga M F (2014). Computation of the standardized precipitation index (spi) and its use to assess drought occurrences in cameroon over recent decades. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* **53**: 2310-2324
- Gurkan D (2005). Assessment of Climate Change Impacts on Surface Water Resources in Seyhan River Basin. MSc, Thesis, Hacettepe University (in Turkish, unpublished)
- Guttman N B (1998). Comparing the palmer drought severity index and the standardized precipitation index. *Journal of the American Water Resources Association* **34**(1): 113-121
- Guttman N B (1999). Accepting the Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. *Journal of the American Water Resources Association* **35**: 311-322
- Hosking J R M (1986). The Theory of Probability Weighted Moments. Research Rep. RC 12210, 160 pp. IBM Research Division, Yorktown Heights, NY
- Hosking J R M (1990). L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society* **52**(2): 105-124
- Hosking J R M & Wallis J R (1993). Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research* **29**(2): 271-281
- Hosking J R M & Wallis J R (1997). Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments. Cambridge University Press, UK
- IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/> (Access Date 03.03.2014)
- Jha S, Sehgal K V, Raghava R & Sinha M (2013). Trend of standardized precipitation index during Indian summer monsoon season in agro climatic zones of India. *Earth System Dynamics Discussions* **4**: 429-449
- Keskin F & Sorman A Ü (2010). Assessment of the Drought Pattern Change in Çamlıdere Basin Using SPI. BALWOİS 2010, 25-29 May Ohrid, Republic of Macedonia
- Kömüscü A Ü (2001). An analysis of recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns. *Drought Network News (1994-2001)*. Paper 22
- Landwehr J M, Matalas N C & Wallis J R (1979a). Probability weighted moments compared with some traditional techniques in estimating gumbel parameters and quantiles. *Water Resources Research* **15**(5): 1055-1064
- Landwehr J M, Matalas N C & Wallis J R (1979b). Estimation of parameters and quantiles of wakeby distributions. 1. Known lower bounds. *Water Resources Research* **15**(6): 1361-1372
- Landwehr J M, Matalas N C & Wallis J R (1979c). Estimation of parameters and quantiles of wakeby distributions. 1. Unknown lower bounds. *Water Resources Research* **15**(6): 1373-1379
- Li W, Fu R, Juarez R I N & Fernandes K (2008). Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the amazon region. *Philosophical Transactions of the Royal Society* **363**: 1767-1772
- Lloyd-Hughes B & Saunders M A (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology* **22**: 1571-1592
- McKee T B, Doesken N J & Kleist J (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Reprints, *8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, USA, 179-184 pp
- McRoberts B D & Nielsen-Gammon W J (2012). The use of a high-resolution standardized precipitation index for drought monitoring and assessment. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* **51**: 68-83

- NASA (2010a). Is Current Warming Natural? <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/> (Access Date: 03.03.2014)
- NASA (2010b). Satellites Pinpoint Drivers of Urban Heat Islands in the Northeast. <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/heat-island> (Access Date: 03.03.2014)
- Norbiato D, Borga M, Sangati M & Zanon F (2007). Regional frequency analysis of extreme precipitation in the Eastern Italian Alps in the August 29, 2003 flash flood. *Journal of Hydrology* **345**: 149-166
- Parida B P & Moalafhi D B (2008). Regional rainfall frequency analysis for botswana using l-moments and radial basis function network. *Physics and Chemistry of the Earth* **33**: 614-620
- Saf B (2009). Regional flood frequency analysis using l moments for the Buyuk and Kucuk Menderes river basins of Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering* **14**(8): 783-794
- Seçkin N & Yurtal R (2008). L-momentlere dayalı göstergesel metodu ile bölgesel taşkın frekans analizi. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* **19**: 120-129
- Seçkin N, Yurtal R, Haktanır T & Doğan A (2010a). Comparison of probability weighted moments and maximum likelihood methods used in flood frequency analysis for Ceyhan River Basin. *The Arabian Journal for Science and Engineering* **35**(1): 49-69
- Seçkin N, Yurtal R, Haktanır T & Topaloğlu F (2010b). Regional flood frequency analysis of Ceyhan River Basin in Turkey using L-moments method. *Fresenius Environmental Bulletin* **19**(11a): 2616-2624
- Seçkin N, Haktanır T & Yurtal R (2011). Flood frequency analysis of Turkey using L-moments method. *Hydrological Processes* **25**: 3499
- Selek B & Tuncok K I (2014). Effects of climate change on surface water management of Seyhan Basin, Turkey. *Environmental and Ecological Statistics* **21**(3): 391-409
- Sen B, Topcu S, Giorgi F, Bi X, Kanit E.G & Dalkılıç T (2008). Seyhan Havzasında iklim değişikliğinin tarımsal su kullanımına etkileri. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi 20-22 Mart 2008, Ankara*
- Shi P, Chen X, Qu S, Zhang Z & Ma J (2010). Regional frequency analysis of low flow based on l moments: case study in karst area, southwest china. *Journal of Hydrologic Engineering* **15**(5): 370-377
- Simsek O & Cakmak B (2010). Drought analysis for 2007-2008 agricultural year of Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* **7**(3): 99-109
- Stedinger J R, Vogel R M & Foufoula-Georgiou E (1993). Frequency Analysis of Extreme Events. *Handbook of Hydrology* D. R. Maidment, ed., McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, NY
- Tallaksen C Y, Ngongondo C S, Xu L, Alemaw B & Chirwa T (2011). Regional frequency analysis of rainfall extremes in southern malawi using the index rainfall and l-moments approaches. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* **25**(7): 939-955
- Thom H C S (1951). A Frequency Distribution for precipitation (abstract). *Bulletin of the American Meteorological Society* **32**(10): 397
- Thom H C S (1958). A Note on the Gamma Distribution. *Monthly Weather Review* **86**: 117-122
- Tonkaz T (2006). Spatio-temporal assessment of historical droughts using SPI with GIS in GAP Region, Turkey. *Journal of Applied Sciences* **6**(12): 2565-2571
- Topcu E (2013). L-Momentler ve Standart Yağış İndeksi (SYİ) yardımıyla Seyhan Havzası Kuraklık Analizi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Trenberth K E & Dai A (2007). Effects of Mount Pinatubo volcanic eruption on the hydrological cycle as an analog of geoengineering. *Geophysical Research Letters* **34**: L15702
- Türkes M (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science* **23**: 363-380
- Vardiman L (2008). A new theory of climate change. *Acts & Facts* **37**(11): 10
- Wilhite D & Glantz M R (1987). Understanding the drought phenomenon. The role of definitions, in Wilhite, David, Easterling, William and Wood, David eds, Planning for drought: Boulder, Colo. *Westview Press* pp. 11-27
- WMO (2007). Global Climate Highlights in 2006. <http://www.wmo.int/pages/> (Access Date: 03.03.2014)
- Xie H, Ringler C, Zhu T & Waqas A (2013). Droughts in Pakistan: A spatiotemporal variability analysis using the standardized precipitation index. *Water International* **38**(5): 620-631



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Genç Elma Ağaçlarının Vejetatif Gelişim, Meyve Verimi ve Kalitesi Üzerine Farklı Sulama Programlarının Etkileri

Erdal DAŞCI^a, Sebahattin KAYA^b, Salih EVREN^a, Hasbi YILMAZ^c, Mesut Cemal ADIGÜZEL^a

^aDoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 25090, Aziziye, Erzurum, TÜRKİYE

^bBingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

^cAtatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 77102, Yalova, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Sebahattin KAYA, E-posta: sebahattinkaya@yahoo.com, Tel: +90 (426) 216 00 12

Geliş Tarihi: 18 Eylül 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 01 Şubat 2015, Kabul: 02 Şubat 2015

ÖZET

Bu araştırma, genç elma ağaçlarının; ağaç gelişimi, meyve verim ve kalitesi üzerine farklı sulama programlarının etkilerini araştırmak için 2000-2007 yılları arasında Iğdır Ovası koşullarında yapılmıştır. Sulama programları, 90 cm'lik toprak katmanındaki mevcut nemin, farklı zaman aralıklarında (S1: 7 gün, S2: 14 gün, S3: 21 gün ve S4: 28 gün) tarla kapasitesine getirilmesi şeklinde uygulanmıştır. Araştırmada, Golden Delicious (GD), Starking Delicious (SD) ve Granny Smith (GS) olmak üzere MM 106 anacı üzerine aşılanmış 3 farklı elma çeşidi ve ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemi kullanılmıştır. Ağaç gelişimi ile meyve verim ve kalitesi üzerine sulama programlarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. İstatistiksel olarak önemli farklılıklar, genellikle, yıllar ve çeşitler arasında elde edilmiştir. Yılların ortalaması olarak; GD çeşidinde ağaç gelişim ve ağaç başına meyve verim değerleri (13.9 cm² yıl⁻¹ ve 60.3 kg ağaç⁻¹), GD ve SD çeşitlerinde birim gövde kesit alanına düşen meyve verimi (her iki çeşit için de 0.49 kg cm⁻²) ve SD çeşidinde birim taç hacmine düşen meyve verimi (7.4 kg m⁻³) diğer çeşitlerinkinden daha yüksek olmuştur. GS çeşidinde asitlik ve sertlik değerleri (% 1.18 ve 6.3 kg cm⁻²) ve GD çeşidinde suda çözünebilir kuru madde değeri (% 12.2) diğer çeşitlerinkinden daha yüksek olmuştur. Çeşitlerin tamamında, en yüksek su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri S4 sulama programından elde edilmiştir. Sonuç olarak, Iğdır Ovası koşullarında, su tasarrufu için, su kullanım etkinliği en yüksek olan S4 sulama programının uygulanmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Golden delicious; Starking delicious; Granny smith; Verim; Kalite; Sulama planlaması; Iğdır ovası

Effects of Different Irrigation Regimes on Vegetative Growth, Fruit Yield and Quality of Young Apple Trees

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Sebahattin KAYA, E-mail: sebahattinkaya@yahoo.com, Tel: +90 (426) 216 00 12

Received: 18 September 2014, Received in Revised Form: 01 February 2015, Accepted: 02 February 2015

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of different irrigation regimes on the vegetative growth, fruit yield and quality of young apple trees from 2000 to 2007 year in Iğdir Plain conditions. Irrigation regimes were applied by increasing the available water at 90 cm depth soil profile to field capacity in different time intervals (S1: 7 days, S2: 14 days, S3: 21 days and S4: 28 days). Three apple varieties grafted on MM106 rootstock (Golden Delicious, GD; Starking Delicious, SD; and Granny Smith, GS) and under-tree micro sprinkler irrigation method was used in this study. Effects of irrigation regimes on vegetative growth, fruit yield and quality were not statistically significant. Statistically significant differences were generally obtained among years, and cultivars. The average values of vegetative growth and fruit yield per tree of the GD (13.9 cm² year⁻¹ and 60.3 kg tree⁻¹), fruit yield per unit trunk cross - sectional area of the GD and the SD (0.49 kg cm⁻² for both cultivars), and fruit yield per unit crown volume of the SD (7.4 kg m⁻³) were more than those of other cultivars for the experimental years. Titrable acidity and pulp hardness of the GS (1.18% and 6.3 kg cm⁻²), and total solids soluble in the water for the GD (12.2%) was more than other cultivars. The highest water use efficiency, and irrigation water use efficiency were obtained from the S4 irrigation regime for all the cultivars. Consequently, the S4 irrigation regime to have the highest water use efficiency should use to conserve the water for the cultivation of apple in Iğdir Plain conditions.

Keywords: Golden delicious; Starking delicious; Granny smith; Yield; Quality; Irrigation scheduling; Iğdir plain

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Verim ve kalitesi yüksek ürün yetiştirmek için yeterli miktarda suyun uygun zamanda ve en uygun yöntemle verilmesi gerekir. Bu amaca, bitkilerin farklı gelişme dönemlerinde suyun bitki gelişimi ve verimi üzerindeki etkisinin iyi bilinmesi ile ulaşılabilir. Bu bakımdan ekonomik ve uygulanabilir sulama programlarına gereksinim duyulmaktadır. Son yıllardaki gelişmeler ve yöresel uygulamalardaki yenilikler, yeni sulama programlarının oluşturulmasını gerektirmektedir.

Bitkisel üretimi artırmak için eksik suyun tamamlanması yanında, sulama suyunun uygulanma yöntemi de önemlidir. Ağaç altı mikro yağmurlayıcılar ile ihtiyaç duyulan su kolaylıkla verilebileceği gibi bu sulama yöntemi ile türdeş su dağılımı sağlandığından, üründe önemli artışlar sağlanmaktadır. Ağaç altı mikro yağmurlama sulama yönteminin, yaprağını döken meyve ağaçlarının sulanmasında kullanımı son yıllarda yaygınlaşmıştır. Anılan sistemin damla ve yüzey sulama sistemlerine göre; düşük bakım giderleri, bir kaynaktan daha geniş ıslatma alanı sağlaması, seyrek sulama aralıklarından dolayı daha iyi yabancı ot kontrolü sağlaması, daha az tıkanıklık oluşması ve tıkanma probleminin kolay anlaşılması gibi üstünlükleri

vardır (Fereris & Goldhamer 1990). Bu sulama yönteminde, bitki besin elementlerinin kökler tarafından alındığı ıslatılan toprak hacmi arttığı için, özellikle kumlu topraklarda yetiştirilen meyve ağaçlarında kullanımı çok önemlidir. Ayrıca ticari gübrelerin, anılan sistemle birlikte verilebilmesi, onun bir diğer üstün yanını oluşturmaktadır (Yazar & Tekinel 1989).

Bu çalışmada, yüksek sulama randımanına sahip ağaç altı mikro yağmurlama sulama yönteminin, yeni kurulmuş elma bahçelerinin sulanmasında kullanılma olanakları ve farklı sulama programlarının genç elma ağaçlarının vejetatif gelişme, meyve verim ve kalitesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma, Iğdir Ovasında yer alan Toprak ve Su Kaynakları Araştırma İstasyonu arazisinde 1999 yılında kurulmuş olan elma bahçesinde, 2000-2007 yılları arasında yürütülmüştür. Iğdir Ovası, Doğu Anadolu Bölgesinde 44° 49' ve 45° 31' doğu boylamları ile 39° 03' ve 40° 03' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Ovanın denizden

yüksekliği ortalama 850 m'dir. Uzun yıllık verilere göre; ortalama yağış miktarı 255.7 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 12.1 °C'dir. Oransal nem yıllık ortalama olarak % 55'dir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda bitki yetiştirme döneminde kaydedilmiş yağış değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Araştırmada, MM106 yarı bodur anaçları üzerine aşılınmış üç ayrı elma çeşidi kullanılmıştır. Söz konusu çeşitler, Golden Delicious (GD), Starking Delicious (SD) ve Granny Smith (GS) olup, mevcut çeşitler arasında tozlaşma problemi yoktur. Deneme bahçesi, ağaçların sıra üzeri ve sıra arası mesafeleri 3 m x 4 m olarak 1999 yılında tesis edilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü topraklar ovanın genelini tanımlayacak karakterde olup killi-tın yapıda, derin, orta kireçli, hafif bazik reaksiyonlu, organik maddece fakir, fosfor durumu az ve potasyum durumu çok fazla özellik göstermektedir. Toprakların su alma hızı 6.9 cm h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırma yeri topraklarına ait bazı fiziksel analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

İstasyonda içme suyu olarak kullanılmakta olan yeraltı suyu, bu araştırmada sulama suyu olarak kullanılmıştır ve tuzluluk açısından 2. sınıf, sodyum içeriği açısından 1. sınıf olduğu (T2A1) belirlenmiştir.

Parselleri ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemi ile sulamak için her parsel (her ağaç sırasına) 32 mm dış çaplı 1 adet PE lateral boru hattı yerleştirilmiş ve başlangıç noktasına küresel vana takılmıştır. Lateral hatlar üzerine iki ağacın orta noktasına gelecek şekilde 3 m aralıklarla mini yağmurlama başlıkları yerleştirilmiştir. Yağmurlama başlıklarının basıncı test edilmiş olup, test sonucunda söz konusu başlıkların 1.5 atü çalışma basıncındaki debileri 40 L h⁻¹, ıslatma yarı çapı ise 1.5 m ve dolayısıyla yağmurlama hızı 6 mm h⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Sulamalarda ıslatılan alan yüzdesi % 58.9 olarak hesaplanmıştır.

2.2.Yöntem

Araştırma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre, ana parsellerde 4 sulama programı (ilk sulamayı takiben 7 günde bir sulama, S1; ilk sulamayı takiben 14 günde bir sulama, S2; ilk sulamayı takiben 21 günde bir sulama, S3 ve ilk sulamayı takiben 28 günde bir sulama, S4), alt parsellerde 3 çeşit (GD, SD ve GS) olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Her alt parselde 7 ağaç bulunmaktadır. Deneme bahçesinin tesis edildiği 1999 yılında fidanların tutmaları ve eşit şartların sağlanması açısından parseldeki tüm ağaçlara eşit su uygulanmıştır.

Çizelge 1- Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda yetiştirme döneminde düşen yağış değerleri (mm)

Table 1- Precipitation values in growing period of the experimental years

Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Yağış (mm)	142.0	189.3	253.0	260.5	208.5	180.5	216.3	222.8

Çizelge 2- Araştırma yeri topraklarına ilişkin bazı fiziksel analiz sonuçları

Table 2- Some physical analysis results of soils in the experimental area

Toprak derinliği (cm)	Tarla kapasitesi		Solma noktası		KSTK*		Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Bünye analizi (%)			Bünye
	P _w (%)	mm	P _w (%)	mm	P _w (%)	mm		Kum	Silt	Kil	
0-30	31.5	115.4	17.4	63.8	14.1	51.6	1.22	29	35	36	CL
30-60	31.9	120.7	17.1	64.5	14.8	56.2	1.26	28	36	36	CL
60-90	35.0	134.3	17.4	66.8	17.6	67.5	1.28	31	34	35	CL
90-120	27.2	99.4	16.4	60.1	10.8	39.3	1.22	15	55	30	SiCL

*, kullanılabilir su tutma kapasitesi

Sulama programlarının uygulanmasına 2000 yılında başlanmıştır.

Toprak nemi, her bir sulama programı için gravimetrik yöntemle ölçülmüştür (Güngör & Yıldırım 1989). Bu amaçla, sezon başında (Mart ayı ortasında), her ayın son gününde, yapılan her sulama öncesinde ve sezon sonunda (Ekim ayı sonunda) topraktaki mevcut nem belirlemek için toprak örnekleri alınmıştır. Örnekler, topraktaki nem içeriğini en iyi yansıtacak şekilde, orta blokta sulama programlarına ait parsellerde ağaçların sıra üzerinden, yağmurlama başlığı ile ağaç arasından 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinlikler arası toprak katmanlarından alınmıştır.

Denemede, sulamalara bitki kök bölgesindeki elverişli nem yaklaşık % 65'e düştüğünde başlanmıştır. Sulamaların tamamında 90 cm derinliğindeki toprak katmanının nem düzeyi tarla kapasitesine getirilmiştir. Her sulamada uygulanan sulama suyu miktarı (I , mm), Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$I = \frac{(TK - MR) \cdot \gamma_t \cdot D \cdot P}{100} \quad (1)$$

Burada; TK, tarla kapasitesinde tutulan nem miktarı (%); MR, sulama öncesi ölçülen nem miktarı (%); γ_t toprağın hacim ağırlığı ($g\ cm^{-3}$); D, ıslatılan toprak derinliği (mm) ve P, ıslatılan alan oranını ifade etmektedir. Derinlik (mm) cinsinden hesaplanan sulama suyu miktarı, parsel alanı ile çarpılarak hacim cinsinden bulunmuş ve parsel girişindeki su sayacı ile ölçülerek verilmiştir.

Bitki su tüketimi değerleri aylık ve mevsimlik olarak hesaplanmıştır. Bitki su tüketiminin (ET, mm) belirlenmesinde, Eşitlik 2 kullanılmıştır (Doorenbos & Kassam 1988). Bu amaçla, 90 cm derinliğindeki toprak katmanının, yetiştirme sezonu içerisinde ölçülmüş olan toprak nemi değerleri kullanılmıştır.

$$ET = P_e + I - D - R \mp \Delta S \quad (2)$$

Burada; P_e , etkili yağış (mm); I , uygulanan sulama suyu miktarı (mm); D, drenajla kaybolan su miktarı (mm); R, yüzey akışla kaybolan su miktarı (mm) ve ΔS , toprak katmanında tutulan nem

miktarındaki değişmeyi (mm) ifade etmektedir. Araştırma süresince, bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışın tamamı etkili yağış olarak alınmıştır (Güngör & Yıldırım 1989). 90 cm derinliğindeki üst toprak katmanındaki eksik nem tarla kapasitesine getirmek için su ölçülü olarak verildiğinden ve belirli aralıklarla nem kontrolü yapılarak 90 cm'nin aşağısında nem değişimi olmadığı belirlendiğinden dolayı drenajla su kaybı olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca, uygulanan sulama yönteminden dolayı yüzey akış oluşmadığından Eşitlik 2 yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda değerlendirilerek Eşitlik 3 elde edilmiştir ve bu eşitliğe göre bitki su tüketimi belirlenmiştir.

$$ET = P_e + I \mp \Delta S \quad (3)$$

Azot kaynağı olarak % 46'lık üre (suda eritilerek), fosfor kaynağı olarak ise fosforik kullanılmıştır. Ağaç başına eşit olarak her yıl 60 g N, 25 g P_2O_5 verilmiştir. Azot ve fosfor sıvı halde gübre tankı vasıtasıyla sulama suyu ile birlikte verilmiştir (TOPRAKSU 1978). Elma ağaçlarında, dinlenme periyodunda olmak üzere, ilk üç yılda şekil budaması, sonraki yıllarda da verim budaması yapılmıştır. Hastalık ve zararlılara karşı gerekli ilaçlamalar yapılmıştır. Yabancı ot kontrolü, sıra araları rötovator ile 5 cm derinliğinde işlenerek, sıra üzerinde ise yabancı ot ilacı kullanılarak yapılmıştır.

Ağaçların vejetatif özellikleri kış dinlenme periyodunda incelenmiştir. Her alt parselde önceden belirlenmiş 3 ağaçta aşı yerinin 15-20 cm yukarısında ve dallanmanın başladığı yerde olmak üzere gövde kesit alanı ve aynı ağaçlarda taç genişliği (m) ve taç yüksekliği (m) belirlenmiştir (Köksal 1982; Çelik 1988). Ağaç gövde kesit alanındaki yıllık artış miktarı bakımından gövde gelişiminin hızlı olduğu 2000-2003 yıllarına ait değerler istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Normal verimlerin alınmaya başlandığı 2003 yılından itibaren denemenin sonlandırıldığı 2007 yılına kadar ağaçların tamamında toplanan meyveler tartılarak ağaç başına meyve verimleri ($kg\ ağaç^{-1}$) ve dekara verimler ($kg\ da^{-1}$) belirlenmiştir. Her parselde vejetatif ölçümlerin yapıldığı 3 ağaçta birim taç hacmine ve birim gövde kesit alanına düşen meyve verimi

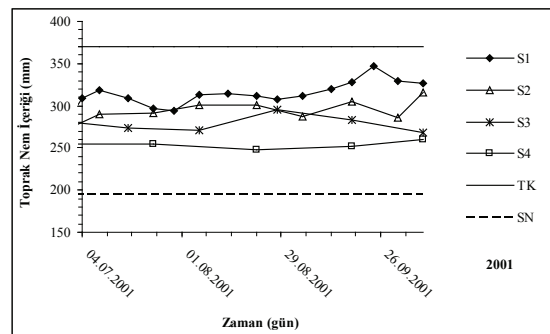
değerleri belirlenmiştir. Birim taç hacmine ve birim gövde kesit alanına düşen meyve verim değerleri, ağaçların sıra üzeri mesafeyi kapatarak vejetatif gelişmelerini tamamlamış olduğu 2005 yılı ve sonraki yıllar için, ağaç gelişim ve verim değerleri dikkate alınarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Meyve eti sertliği 6 mm çapında delici uca sahip penetrometre ile, suda çözünebilir toplam kuru madde miktarı süzülmemiş meyve suyunda Carl-Zeis-Abbe el refraktometresi ile doğrudan % olarak ölçülmüştür (Karaçalı 2006). Olgunlaşmanın göstergesi olan titre edilebilir asit oranı, 1:5 oranında saf su ile seyreltilmiş meyve suyunda çözeltinin rengi gülkurusu pembe oluncaya kadar 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilerek malik asit cinsinden belirlenmiştir (Karaçalı 2006). Ağaç başına düşen meyve verimi ve yukarıda belirtilen meyve kalitesi ile ilgili değerler 2003-2007 yılları için belirlenmiş ve istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri, 2003-2007 yılları ortalaması olarak, her bir sulama programında her bir çeşit için elde edilen dekar başına meyve verimleri, bitki su tüketimi ve sulama suyu değerlerine bölünmek suretiyle elde edilmiştir.

Ağaç gelişimi, meyve verimi ve kalitesine ait verilerin, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre öncelikle yıllık olarak varyans analizleri yapılmıştır. Daha sonra varyansların homojenliği kontrol edilmek suretiyle, yıl birleştirmesi yapılarak toplu varyans analizleri yapılmıştır (Yurtsever 1984). Ağaç başına düşen verim değerleri, varyansların homojen olmaması nedeniyle toplu analize tabi tutulmamıştır. Varyans analizleri JMP 7 yazılımı kullanılarak F testine göre % 5'lik hata sınırı dikkate alınarak yapılmıştır (SAS 2007). İstatistiksel analizlerde % cinsinden ve 0-1 aralığında olan desimal değerlerin dönüşümü yapılmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre ortaya çıkan farklılıklar % 5 hata sınırında LSD testi esas alınarak gruplandırılmıştır (Yurtsever 1984; SAS 2007).

3. Bulgular ve Tartışma

2000-2007 yıllarına ait mevsimlik sulama suyu miktarı ve su tüketim değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Uygulanan mevsimlik sulama suyu miktarları (yılların ortalaması olarak), sulama programları için 286-524 mm, ölçülen bitki su tüketim değerleri ise 504-735 mm arasında olmuştur. Bu konuda yapılmış çalışmalarda, elma ağaçlarına verilen sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimleri; Kıvanç (1991) tarafından 495-814 mm, Köksal et al (1999) tarafından 609-733 mm, Günbatılı & Demirören (1980) tarafından 547-845 mm ve Güngör & Kanburoğlu (1978) tarafından 531-920 mm olarak tespit edilmiştir. Çizelge 3'e göre, S1 sulama programına oranla; S2, S3 ve S4 sulama programlarında sırasıyla % 26, % 42 ve % 45 daha az sulama suyu kullanılmıştır. Bitki su tüketimleri ise, S1 sulama programına oranla S2, S3 ve S4 sulama programlarında sırasıyla % 17, % 28 ve % 31 daha az olmuştur. Programların su tüketimleri arasındaki bu farklılık, sulamaların yapıma sıklığından kaynaklanmıştır ve toprak katmanında oluşan farklı nem düzeyleri, bitkilerin farklı miktarlarda su kullanımına neden olmuştur. Farklı sulama programlarının, sulamalardan 1 gün önceki 90 cm derinlikteki toprak katmanının su içeriğine olan etkileri 2001, 2004 ve 2007 yılları için (araştırmanın başlangıç, orta ve son yıllarını karşılayacak şekilde) Şekil 1-3'de verilmiştir.



TK, tarla kapasitesi; SN, solma noktası

Şekil 1- 2001 yılı için sulama programlarının toprak nem içeriğine olan etkileri

Figure 1- Effects of irrigation regimes on soil moisture content for 2001

Çizelge 3- Uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen su tüketim değerleri

Table 3- Amounts of irrigation water applied and values of evapotranspiration determined

Yıllar	Sulama programı	Sulama aralığı (gün)	Sulama suyu miktarı (I, mm)	Bitki su tüketimi (ET, mm)	Yıllar	Sulama programı	Sulama aralığı (gün)	Sulama suyu miktarı (I, mm)	Bitki su tüketimi (ET, mm)
2000	S1	7	455	565	2005	S1	7	450	590
	S2	14	310	454		S2	14	350	485
	S3	21	272	369		S3	21	287	444
	S4	28	266	358		S4	28	266	445
2001	S1	7	529	673	2006	S1	7	580	892
	S2	14	385	539		S2	14	422	744
	S3	21	283	484		S3	21	345	686
	S4	28	282	483		S4	28	297	570
2002	S1	7	663	886	2007	S1	7	666	952
	S2	14	439	663		S2	14	475	769
	S3	21	340	579		S3	21	355	659
	S4	28	315	577		S4	28	313	600
2003	S1	7	392	615	2000-2007 Ort.	S1	7	524	735
	S2	14	353	593		S2	14	386	612
	S3	21	277	492		S3	21	306	531
	S4	28	264	473		S4	28	286	504
2004	S1	7	454	706	2003-2007 Ort.	S1	7	508	751
	S2	14	353	644		S2	14	391	647
	S3	21	290	535		S3	21	311	563
	S4	28	284	519		S4	28	285	522

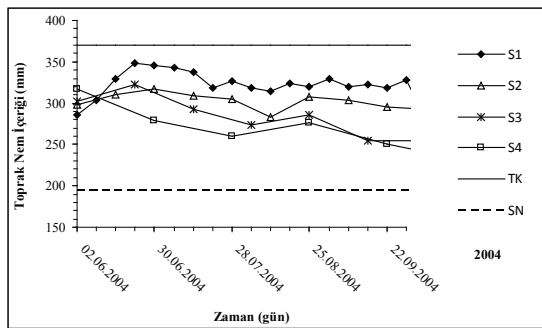
**Şekil 2- 2004 yılı için sulama programlarının toprak nem içeriğine olan etkileri**

Figure 2- Effects of irrigation regimes on soil moisture content for 2004

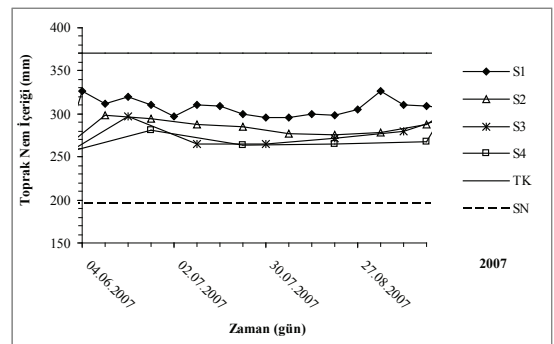
**Şekil 3- 2007 yılı için sulama programlarının toprak nem içeriğine olan etkileri**

Figure 3- Effects of irrigation regimes on soil moisture content for 2007

Ağaç gövde kesit alanındaki yıllık artış miktarı bakımından yıllar arasında, istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek artış miktarı 2003 yılında ($18.9 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$), en düşük artış miktarı ise 2000 yılında ($7.4 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$) elde edilmiştir. Yıllar arasındaki bu farklılığın, gelişme dönemindeki ağaçlara ait genel bir özellik olduğu kanaatine varılmıştır. Her bir yıl için ve yılların ortalaması olarak, sulama programlarının gövde kesit alanındaki yıllık artış miktarına etkisi önemsiz olmuştur. Benzer sonuçlar, Köksal et al (1999) tarafından da elde edilmiştir. 2002 yılı hariç, her bir yıl için ve yılların ortalaması olarak çeşitler arasındaki fark önemli bulunmuştur. 2000 ve 2001 yıllarında en yüksek değerler GD çeşidinden (sırasıyla 9.1 ve $11.5 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$), 2003 yılında ise GD ve GS çeşitlerinden (sırasıyla 21.1 ve $19.3 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$) elde edilmiştir. Yılların ortalaması olarak en yüksek yıllık artış değeri GD çeşidinden ($13.9 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$) elde edilmiştir. Birleştirilmiş analizlerde yıl x sulama programı ve yıl x sulama programı x çeşit interaksyonları önemli bulunmazken, yıl x çeşit interaksyonu ile sulama programı x çeşit interaksyonları önemli bulunmuştur. Farklılıkların önemli çıktığı yıl x çeşit interaksyonuna göre en yüksek yıllık artış değeri 2003 yılında GD çeşidinden ($21.1 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 4). Sulama programı x çeşit interaksyonu 2003 yılında ve birleştirilmiş analizlerde önemli çıkmıştır. 2003 yılında, en yüksek yıllık artış değeri S3 sulama programında GD çeşidinden ($24.3 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$) elde edilmiştir. Birleştirilmiş analizlerde (tüm yıllar ortalaması olarak) ise aynı istatistik grupta yer alan S1 ve S3 sulama programlarında GD çeşidi (sırasıyla 14.3 ve $15.6 \text{ cm}^2 \text{ yıl}^{-1}$) en yüksek yıllık artışa sahip olmuştur (Çizelge 5).

Ağaç başına verim bakımından sadece 2004 yılında sulama programları arasındaki farklar önemli olmuştur, diğer yıllarda ise önemli olmamıştır. 2004 yılında en yüksek verim S1 sulama programından ($40.5 \text{ kg ağaç}^{-1}$) elde edilmiştir. 2005 yılı hariç, diğer yılların tamamında ağaç başına verim bakımından çeşitler arasındaki farklılık önemli olmuştur. 2003, 2004 ve 2006 yıllarında en yüksek verimler GD

çeşidinden (sırasıyla 18.4 , 69.4 ve $142.7 \text{ kg ağaç}^{-1}$), 2007 yılında ise GS çeşidinden ($84.2 \text{ kg ağaç}^{-1}$) elde edilmiştir. Çeşitler için yıllar arasındaki verim farklılığı dikkate alınarak değerlendirildiğinde, GD çeşidinde periyodisitenin etkisi açıkça görülmektedir (Çizelge 4). Sulama programı x çeşit interaksyonu bakımından ortaya çıkan farklılıklar sadece 2005 yılında önemli olmuştur. En yüksek verim S2 sulama programında GD çeşidinden ($56.2 \text{ kg ağaç}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 5). Orta et al (2001), Starking Delicious elma çeşidinde yüzey ve damla sulama yöntemlerinde farklı sulama programlarının verim ve kalite özelliklerine etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Köksal et al (1999), elma çeşitlerinde ağaç altı mikro yağmurlama yönteminde farklı sulama programlarının, ağaç başına düşen meyve verimleri üzerine etkisinin; Starkspur Golden Delicious çeşidinde önemsiz, Starkrimson çeşidinde ise önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Birim gövde kesit alanına düşen verim bakımından yıllar arasındaki farklılık önemli olmamıştır. Sulama programları arasındaki farklılık sadece 2007 yılında önemli olmuştur. En yüksek verimler aynı istatistik grup içerisinde yer alan S2 ve S3 sulama programlarından (sırasıyla 0.49 ve 0.47 kg cm^{-2}) elde edilmiştir (Çizelge 4). Köksal et al (1999), ağaç altı mikro yağmurlama yönteminde farklı sulama programlarının, birim gövde kesit alanına düşen meyve verimleri üzerine etkisinin; Starkspur Golden Delicious ve Starkrimson çeşitlerinde önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. 2005 yılında çeşitler arasındaki farklılık önemsiz olmasına rağmen, 2006 ve 2007 yıllarında ve yılların ortalaması olarak çeşitler arasındaki farklılık önemli çıkmıştır. 2006 yılında en yüksek verim GD çeşidinden (0.84 kg cm^{-2}) elde edilmiştir. 2007 yılında ise en yüksek verim aynı istatistik grup içerisinde yer alan SD ve GS çeşitlerinden (her iki çeşit için de 0.52 kg cm^{-2}) elde edilmiştir. GD çeşidinde 2006 ve 2007 yıllarındaki bu farklılığın, yukarıda da belirtildiği gibi periyodisiteden kaynaklandığı kanaatine varılmıştır. Yılların ortalaması olarak en yüksek verim GD ve SD çeşitlerinden (her iki çeşit için de 0.49 kg cm^{-2}) elde edilmiştir (Çizelge 4). Sulama programı x çeşit interaksyonu sadece

Çizelge 4- Sulama programları ve çeşitlerin ağaç gelişimi ve meyve verimi üzerine etkileri

Table 4- Effects of irrigation regimes and cultivars on vegetative growth and fruit yield

Varyasyon kaynakları	Ağaç gövde kesit alanındaki yıllık artış miktarı (cm ² yıl ⁻¹)							Ağaç başına verim (kg ağaç ⁻¹)							Birim gövde kesit alanına düşen verim (kg m ⁻³)						
	2000	2001	2002	2003	Ort.	2003	2004	2005	2006	2007	Ort.	2005	2006	2007	Ort.	2005	2006	2007	Ort.		
Yıllar	7.4d ¹	9.0c	13.2b	18.9a	12.1	-	-	-	-	-	0.42	0.48	0.42	0.44	7.0a	5.7b	4.9b	5.8			
Sulama Prog.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns			
S1	7.0	9.0	12.8	19.0	11.9	14.4	40.5a ¹	35.0	76.1	58.8	45.0	0.37	0.51	0.40ab	0.43	6.7	5.4	5.8	5.9		
S2	7.9	9.1	12.5	18.4	12.0	17.2	35.9ab	42.1	71.0	66.5	46.6	0.48	0.33	0.49a	0.44	8.2	4.6	5.8	6.2		
S3	7.2	8.9	13.8	20.2	12.5	15.3	35.7b	25.5	80.8	54.9	42.4	0.36	0.53	0.47a	0.45	6.2	6.4	4.3	5.6		
S4	7.6	8.8	13.9	18.1	12.1	15.1	30.5b	39.3	77.0	54.2	43.2	0.48	0.57	0.31b	0.45	6.9	6.2	4.2	5.7		
Çeşitler	*	ns	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*		
GD	9.1a ¹	11.5a	14.0	21.1a	13.9a	18.4a	69.4a	34.3	142.7a	37.0c	60.3	0.42	0.84a	0.24 b	0.49a	5.8b	8.9a	3.4b	5.9b		
SD	f ²	e	d	a								bc	a	de	c	ab	d				
GS	6.7b	7.1c	12.3	16.4b	10.6c	14.7b	20.4b	36.8	55.7b	54.6b	36.4	0.50	0.45b	0.52 a	0.49a	9.8a	6.7b	5.9a	7.4a		
İnteraksiyonlar	h	gh	de	c								bc	bc	b	a	bc	c				
Yıl x sul. progr.	6.5 b	8.4b	13.3	19.3a	11.9b	13.4b	17.1b	35.4	30.3c	84.2a	36.1	0.35	0.19c	0.52 a	0.35b	5.6b	2.3c	5.6a	4.4c		
Yıl x sul. prog. x Çeşit	h	fg	d	b								cd	e	b	c	d	c				
Yıl x sul. progr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Yıl x çeşit	*											*						*			
Sul. prog. x çeşit	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns		
Yıl x sul. prog. x Çeşit	ns											ns			ns			ns			

ns, varyans analizine göre önemli olmayan farklılıkları; *, varyans analizine göre önemli olan farklılıkları (P≤0.05); ¹, 1. sıradaki harflendirmeler, LSD testine göre; yıllar, aynı yıl için sulama programları veya çeşitler arasındaki farklılıkları (P≤0.05); ², 2. sıradaki harflendirmeler, LSD testine göre; yıl x çeşit interaksiyonundaki önemli olan farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

Çizelge 5- Ağaç gelişimi ve meyve verimi üzerine sulama programı x çeşit etkileri

Table 5- Effects of irrigation regimexcultivar interaction on vegetative growth and fruit yield

Sul. prog.	Gövde kesit alanındaki yıllık artış (2003 Yılı)			Gövde kesit alanındaki yıllık artış (Tüm yıllar ort.)			Ağaç başına verim (2005 yılı)			Birim gövde kesit alanına düşen verim (2007 yılı)			Birim taç hacmine düşen verim (2005 yılı)		
	GD	SD	GS	GD	SD	GS	GD	SD	GS	GD	SD	GS	GD	SD	GS
S1	20.9ab*	12.0 d	22.1ab	14.3a	8.7f	12.8bc	23.7cd	44.8ab	36.6bc	0.12e	0.61ab	0.49bcd	2.7e	13.7a	5.7bcde
S2	18.2bc	18.2 bc	18.3bc	11.6cde	12.2cd	12.1cd	56.2a	40.7abc	29.2bcd	0.37cd	0.65ab	0.47bcd	11.0ab	9.5abc	4.9 cde
S3	24.3 a	17.0 c	19.3bc	15.6a	11.0de	11.1de	12.1d	27.6bcd	36.8bc	0.14e	0.72a	0.57abc	4.1de	7.2abcde	7.5 abcde
S4	20.8 ab	16.4 c	17.2c	14.1ab	10.6e	11.6cde	45.2ab	33.9bcd	38.8 abc	0.09e	0.34d	0.54abc	7.1bcde	9.3abcd	4.6 cde

*, harflendirmeler, LSD testine göre önemli olan farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

2007 yılında önemli olmuştur ve en yüksek verim S3 sulama programında SD çeşidinden (0.72 kg cm⁻²) elde edilmiştir (Çizelge 5). Yıl x sulama programı ve yıl x sulama programı x çeşit etkileri önemli olmazken, yıl x çeşit etkisi önemli olmuştur. Yıl x çeşit etkisine göre en yüksek verim 2006 yılında GD çeşidinden (0.84 kg cm⁻²) elde edilmiştir (Çizelge 4).

Birim taç hacmine düşen verim bakımından yıllar arasındaki farklılık önemli olmuştur. En yüksek verim 2005 yılında (7.0 kg m⁻³) elde edilmiştir. Her bir yıl için ve yılların ortalaması olarak sulama programları arasında fark önemli olmamıştır. Benzer sonuçlar, Köksal et al (1999) tarafından da elde edilmiştir. Çeşitler arasındaki farklılık, yılların tamamında ve yılların ortalaması olarak önemli olmuştur. En yüksek verimler 2005 ve 2007 yıllarında SD çeşidinden (sırasıyla 9.8 ve 5.9 kg m⁻³), 2006 yılında ise GD çeşidinden (8.9 kg m⁻³) elde edilmiştir. Yılların ortalaması olarak en yüksek verim SD çeşidinden (7.4 kg m⁻³) elde edilmiştir (Çizelge 4). Sulama programı x çeşit etkisi sadece 2005 yılında önemli olmuştur ve en yüksek verim S1 sulama programında SD çeşidinden (13.7 kg m⁻³) elde edilmiştir (Çizelge 5). Yıl x sulama programı ve yıl x sulama programı x çeşit etkileri önemli olmazken, yıl x çeşit etkisi önemli olmuştur. Yıl x çeşit etkisine göre en yüksek verim 2005 yılında SD çeşidinden (9.8 kg m⁻³) elde edilmiştir (Çizelge 4).

Titre edilebilir asitlik bakımından yıllar arasındaki farklılık önemli olmuştur. Aynı istatistik

grup içerisinde yer alan 2003, 2005 ve 2007 yıllarındaki asitlik değerleri (sırasıyla % 0.74, % 0.74 ve % 0.75), 2004 ve 2006 yıllarında elde edilen asitlik değerlerinden (sırasıyla % 0.61 ve % 0.64) önemli düzeyde daha yüksek olmuştur. Sulama programları arasındaki farklılık sadece 2003 yılında önemli olmuştur. 2003 yılında S1 sulama programından elde edilen asitlik değeri (% 0.80), aynı istatistik grup içinde yer alan diğer sulama programlarına göre önemli derecede yüksek olmuştur (Çizelge 6). Köksal et al (1999) ve Orta et al (2001), benzer şekilde sulama programlarının titre edilebilir asitlik üzerine etkisinin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Yılların ortalaması olarak sulama programları arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Tüm yıllarda ve yılların ortalaması olarak çeşitler arasındaki farklar önemli olmuştur. Tüm yıllar ve yılların ortalaması için en yüksek asitlik değerleri GS çeşidinden (ortalama % 1.18), en düşük asitlik değerleri ise SD çeşidinden (ortalama % 0.38) elde edilmiştir ki bu durum olması gereken bir sonuçtur. Sulama programı x çeşit etkileri tüm yıllarda ve yılların ortalaması olarak önemsiz olmuştur. Birleştirilmiş analizlerde yıl x sulama programı, sulama programı x çeşit ve yıl x sulama programı x çeşit etkileri önemli bulunmamış, yıl x çeşit etkisi ise önemli bulunmuştur. Yıl x çeşit etkisinde en yüksek değer 2003 yılında GS çeşidinden (% 1.23) elde edilmiştir (Çizelge 6).

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) bakımından yıllar arasındaki farklılık önemli olmuştur. En yüksek SÇKM değerleri aynı istatistik grup içerisinde yer alan 2003 ve 2006 yıllarında

Çizelge 6- Sulama programları ve çeşitlerin meyve kalitesi üzerine etkileri

Table 6- Effects of irrigation regimes and cultivars on fruit quality

Varyasyon kaynakları	Asitlik (%)							Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM, %)							Sertlik (kg cm ⁻²)												
	2003	2004	2005	2006	2007	Ort.		2003	2004	2005	2006	2007	Ort.		2003	2004	2005	2006	2007	Ort.							
Sulama prog.	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	0.74a ¹	0.61b	0.74a	0.64b	0.75a	0.70	*	12.3a	10.8b	9.5c	12.1a	11.1b	11.2	5.4b	5.1c	6.0a	5.3bc	6.0a	5.6	ns
S1	0.80a ¹	0.59	0.76	0.62	0.76	0.71	12.7	10.5	9.8	12.1	11.2a	11.2	5.4	5.5	6.0	5.2	6.1	5.6									
S2	0.73b	0.60	0.74	0.61	0.75	0.69	12.2	11.3	8.8	12.2	10.4b	11.0	5.4	4.9	5.8	5.4	5.9	5.5									
S3	0.75b	0.61	0.73	0.65	0.74	0.69	12.2	10.5	9.3	12.3	11.5a	11.1	5.4	5.1	6.1	5.3	5.9	5.5									
S4	0.72b	0.64	0.75	0.65	0.78	0.71	12.3	10.7	9.9	11.9	10.6b	11.1	5.4	5.0	6.2	5.2	6.4	5.7									
Çeşitler	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
GD	0.68b ¹	0.45b	0.66b	0.45b	0.72b	0.59b	14.7a	11.6a	10.3a*	12.4a	12.1a	12.2a	4.8c	4.4c	5.2b	4.5b	5.8b	4.9c									
SD	e ²	fg	e	f	d		a	cd	ef	bc	bc	bc	gh	i	efg	hi	d										
SD	0.39c	0.32c	0.41c	0.34c	0.43c	0.38c	13.0b	9.7b	9.8a	13.2a	11.0b	11.3b	5.2b	5.2b	6.2a	5.1b	5.5b	5.4b									
GS	h	i	h	i	gh		b	f	f	b	de	de	ef	efg	bc	fgh	de										
GS	1.23a	1.11a	1.21a	1.16a	1.17a	1.18a	9.5c	11.1ab	8.3b	10.8b	9.7c	9.9c	6.2a	5.8a	6.6a	6.2a	6.9a	6.3a									
İnteraksiyonlar	a	c	ab	bc	bc		f	de	g	de	f	c	d	d	ab	bc	a										
Yıl x sul. progr.						ns						ns						ns									
Yıl x çeşit						*						*					*										
Sul. prog. x çeşit	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
Yıl x sul. prog. x çeşit						ns						ns						ns									

ns, varyans analizine göre önemli olmayan farklılıkları; *, varyans analizine göre önemli olan farklılıkları (P≤0.05); ¹, 1. sıradaki harflendirmeler, LSD testine göre yıllar aynı yıl için sulama programları veya çeşitler arasındaki farklılıkları (P≤0.05); ², 2. sıradaki harflendirmeler, LSD testine göre yıl x çeşit interaksiyonundaki önemli olan farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

(sırasıyla % 12.3 ve % 12.1) elde edilmiştir. Sulama programları arasındaki farklılık sadece 2007 yılında önemli çıkmıştır. 2007 yılında aynı istatistik grup içerisinde yer alan S1 ve S3 sulama programlarından elde edilen SÇKM değerleri (sırasıyla % 11.2 ve % 11.5), aynı istatistik grup içinde yer alan S2 ve S4 sulama programlarından elde edilen değerlerden (sırasıyla % 10.4 ve % 10.6) daha yüksek olmuştur (Çizelge 6). Benzer şekilde, sulama programlarının, SÇKM miktarları üzerine etkisinin önemsiz olduğu, Köksal et al (1999) tarafından da belirtilmiştir. Yılların ortalaması olarak sulama programları arasındaki fark önemsiz olmuştur. Tüm yıllarda ve yılların ortalaması olarak çeşitler arasındaki farklar önemli olmuştur. En yüksek SÇKM değerleri, 2003, 2004 ve 2007 yıllarında GD çeşidinden (sırasıyla % 14.7, % 11.6 ve % 12.1) elde edilmiştir. 2005 ve 2006 yıllarında ise, aynı istatistik grup içerisinde yer aldıklarından dolayı, GD ve SD çeşitlerinden (2005 yılı için sırasıyla % 10.3 ve % 9.8, 2006 yılı için sırasıyla % 12.4 ve % 13.2) elde edilmiştir. Yılların ortalaması olarak en yüksek SÇKM değeri GD çeşidinden (% 12.2) elde edilmiştir. Sulama programı x çeşit interaksyonları tüm yıllarda ve yılların ortalamasına göre önemli olmamıştır. Birleştirilmiş analizlerde yıl x sulama programı, sulama programı x çeşit ve yıl x sulama programı x çeşit interaksyonları önemli bulunmamış, yıl x çeşit interaksyonu ise önemli bulunmuştur. Yıl x çeşit interaksyonunda en yüksek değer 2003 yılında GD çeşidinden (% 14.7) elde edilmiştir (Çizelge 6).

Sertlik bakımından da yıllar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. En yüksek sertlik değerleri,

aynı istatistik grup içerisinde yer alan 2005 ve 2007 yıllarında (her iki yıl için de 6.0 kg cm⁻²) elde edilmiştir. Yılların tamamında ve birleştirilmiş analizlerde (yılların ortalaması olarak) sulama programları arasındaki farklılık önemsiz çıkmış olmasına karşın çeşitler arasındaki farklılık önemli olmuştur. En yüksek sertlik değerleri 2005 yılı haricindeki diğer yıllarda GS çeşidinden (2003, 2004, 2006 ve 2007 yılları için sırasıyla 6.2, 5.8, 6.2 ve 6.9 kg cm⁻²), 2005 yılında ise, aynı istatistik grup içerisinde yer aldıklarından dolayı, SD ve GS çeşitlerinden (sırasıyla 6.2 ve 6.6 kg cm⁻²) elde edilmiştir. Yılların ortalaması olarak en yüksek değer GS çeşidinden (6.3 kg cm⁻²) elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, bu konudaki bilgi ve duyuşal gözlemlerle de uyumaktadır. Sulama programı x çeşit interaksyonları tüm yıllarda ve yılların ortalamasına göre önemli bulunmamıştır. Birleştirilmiş analizlerde yıl x sulama programı, sulama programı x çeşit ve yıl x sulama programı x çeşit interaksyonları önemli bulunmamış, yıl x çeşit interaksyonu ise önemli bulunmuştur. Yıl x çeşit interaksyonunda en yüksek değer 2007 yılında GS çeşidinden (6.9 kg cm⁻²) elde edilmiştir (Çizelge 6).

Sulama programlarının su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Yılların ortalaması olarak, en yüksek su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri S4 sulama programından (6.62 ve 12.12 kg da⁻¹ mm⁻¹), en düşük değerler ise S1 sulama programından (4.99 ve 7.37 kg da⁻¹ mm⁻¹) elde edilmiştir. Böylece, en fazla sulama suyu uygulanan sulama programında su kullanım ve sulama suyu

Çizelge 7- Sulama programları ve çeşitlerin su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri

Table 7- Values of water use efficiency, and irrigation water use efficiency for irrigation regimes and cultivars

Sulama programı	Su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği (kg da ⁻¹ mm ⁻¹)			
	Golden Delicious	Starking Delicious	Granny Smith	Ortalama
S1	6.36*-9.40**	4.25-6.28	4.36-6.44	4.99-7.37
S2	6.42-10.63	5.05-8.35	4.24-7.01	5.24-8.66
S3	8.34-15.10	5.24-9.49	5.34-9.66	6.31-11.42
S4	8.77-16.07	5.31-9.72	5.77-10.56	6.62-12.12

*, su kullanım etkinliği; **, sulama suyu kullanım etkinliği

kullanım etkinliği değerleri düşük, en az sulama suyu uygulanan sulama programında ise yüksek çıkmıştır. Bu durum, uygulanan sulama suyundaki artışa bağlı olarak verimin artmamasından, hatta fazla su uygulanan sulama programlarından elde edilen verimlerin, daha az su uygulanan programlardan elde edilen verimlerden daha düşük olmasından kaynaklanmıştır. Çeşitler bakımından da su kullanım etkinliği değerleri farklı olmuştur. Çeşitlerin her üçünde de en yüksek değerler S4 sulama programından, en düşük değerler GD ve SD çeşitlerinde S1 sulama programından, GS çeşidinde ise S2 sulama programından ve elde edilmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım etkinliği değerleri, bütün çeşitler için S4 sulama programından, en düşük değerler ise yine tüm çeşitler için S1 sulama programından elde edilmiştir. Tüm sulama programları ve çeşitler dikkate alındığında, en yüksek su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri S4 sulama programında GD çeşidinden (8.77 ve 16.07 kg da⁻¹ mm⁻¹) elde edilmiştir. En düşük su kullanım etkinliği değeri S2 sulama programında GS çeşidinden (4.24 kg da⁻¹ mm⁻¹) ve en düşük sulama suyu kullanım etkinliği değeri ise S1 sulama programında SD çeşidinden (6.28 kg da⁻¹ mm⁻¹) elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Farklı sulama programlarının elma ağaçlarının gelişimi, meyve verimi ve kalitesi üzerine olan etkileri genel olarak istatistikî açıdan önemsiz olmuştur. Önemli farklılıklar, genellikle, yıllar ve çeşitler arasında elde edilmiştir. Yıllar arasındaki farklılığın önemli çıkması, özellikle ağaçların genç olmasından ve dolayısıyla olgunlaştıkça gelişim ve verimlerinin artmasından kaynaklanmıştır. Çeşitler arasındaki farklılığın, genellikle önemli çıkması ise çeşitlerin potansiyelleri gereği beklenen bir durum olarak algılanmıştır. Özellikle, meyve kalite kriterleri yönüyle çeşitler arasındaki farkların tüm yıllarda önemli olması ve farklılık gruplandırmasında yılların tamamında çeşitlerin grup sıralarının hemen hemen aynı olması, çeşit özelliklerinden kaynaklanan bir durum olarak algılanmıştır.

Yılların ortalaması olarak; en yüksek ağaç gelişim değeri ve ağaç başına düşen en yüksek meyve verimi GD çeşidinden, birim gövde en kesitine düşen en yüksek verim GD ve SD çeşitlerinden ve birim taç hacmine düşen en yüksek verim SD çeşidinden elde edilmiştir. Tüm yıllar ve yılların ortalaması için en yüksek asitlik değerleri GS çeşidinden, en düşük asitlik değerleri ise SD çeşidinden elde edilmiştir. En yüksek SÇKM değerleri, tüm yıllar ve yılların ortalaması için GD çeşidinden elde edilmiştir. En yüksek sertlik değerleri, tüm yıllar ve yılların ortalaması için GS çeşidinden elde edilmiştir. Su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği, sulama suyu arttıkça azalmıştır. Çeşitlerin tamamında en yüksek su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliği S4 sulama programından elde edilmiştir. Sulama programlarının verim ve kalite üzerine etkileri önemsiz ve dolayısıyla suyun etkin kullanımı önemli olduğu için, su kullanım etkinliği en yüksek olan S4 sulama programının uygulanmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen, TAGEM /BB/ 98220K02 no`lu araştırma projesi sonuç raporundan kısmen özetlenmiştir. Projedeki katkılarından dolayı tüm kişi ve kuruluşlara teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Çelik M (1988). Ankara Koşullarında Williams, Ankara Akça Ve Şeker Armut Çeşitleri İçin En Uygun S.Ö. Ayva Anaçlarının Seçimi Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1075, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 578, Ankara
- Doorenbos J & Kassam A H (1988). Yield response to water: FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 33, Rome
- Fereres E & Goldhamer D A (1990). Deciduous fruit and nut trees. In: B A Steward & D R Nielsen (Eds). *Irrigation of Agricultural Crops*. Agronomy 30. Published by ASA, CSSA & SSA, Madison, Wisconsin, pp. 987-1017

- Günbatılı F & Demirören T (1980). Tokat-Kazova Koşullarında Elmanın Su Tüketimi, Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsü Yayınları: 37, Tokat
- Güngör H & Kanburoğlu S (1978). Orta Anadolu Koşullarında Elmanın Su Tüketiminin Tarla Parsellerinde Saptanması. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 143, Rapor Yayın No: 103, Eskişehir
- Güngör Y & Yıldırım O (1989). Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1155, Ankara
- Karaçalı İ (2006). Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 484, İzmir
- Kıvanç F (1991). Isparta-Atabey Ovasında Elmanın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Konya Araştırma Enstitüsü Yayınları: 142, Konya
- Köksal A I (1982). Bazı Elma ve Armut Anaçları ile Bunların Üzerine Aşılı Önemli Kültür Çeşitleri Arasındaki GA ve ABA Benzeri Maddelerin Değişimleri Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 800 (473), Ankara
- Köksal A İ, Dumanoğlu H, Güneş N, Yıldırım O & Kadayıfçı A (1999). Farklı sulama yöntemleri ve programlarının elma ağaçlarının vejetatif gelişimi, meyve verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **23**(4): 909-920
- Orta A H, Yüksel A N, Akçay M E, Erdem T & Balcı B (2001). Elma ağaçlarının farklı sulama yöntemi ve programları altındaki üretim özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **15**: 99-106
- SAS (2007). JMP user's guide. SAS Institute, Cary, NC. (<http://www.jmp.com>) (Erişim tarihi: 14.01.2014)
- TOPRAKSU (1978). Bitki Yetiştirme Tekniği Rehberi. Topraksu Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Yayını, Ankara
- Yazar A & Tekinel O (1989). Modern sulama sistemlerinin karşılaştırılması. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **4**(4): 18-19
- Yurtsever N (1984). Deneysel İstatistik Metotlar. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 121, Teknik Yayın No: 56, Ankara



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Bal Arısı (*Apis mellifera*) Ana Arılarının Ege Bölgesi Koşullarında Farklı Yöntemlerle Kışlatılması

Aytül Uçak KOÇ^a, Mete KARACAOĞLU^b

^aAdnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Aydın, TÜRKİYE

^bAdnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Aydın, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Aytül Uçak KOÇ, E-posta: aucak@adu.edu.tr, Tel: +90 (256) 772 73 48

Geliş Tarihi: 04 Kasım 2014, Düzeltilmelerin Gelişi: 09 Ocak 2015, Kabul: 02 Şubat 2015

ÖZET

Aydın'da 2012-2014 yılları arasında yürütülen bu araştırmanın amacı Ege Bölgesi koşullarında bireysel ve kitlesel ana arı (*Apis mellifera*) kışlatma başarısını karşılaştırmaktır. Ardı sıra 2 yıl Anadolu arısı Ege ekotipi (AE) ve İtalyan ırkından (It) yetiştirilen ana arılar banka kolonilerinde kitlesel ve çiftleştirme kutularında ve ruşetlerde (kontrol) bireysel kışlatılmıştır. Kitlesel kışlatma için birinci yıl AE ve It ırkından ana arılı (ABK) ve ana arısız (ASBK) banka kolonileri, ikinci yıl ise ana arısız banka kolonileri (ASBK) kullanılmıştır. Birinci yıl, her 2 ırktan (AE: 4 koloni, It: 4 koloni) 8 banka kolonisinde (ABK: 4 koloni, ASBK: 4 koloni) toplam 112 ana arı, ikinci yıl ise, 4 ASBK (AE: 2 koloni, It: 2 koloni)'de toplam 56 ana arı kitlesel kışlatılmıştır. Her 2 yılda 20 çiftleştirme kutusunda 10 It ve 10 AE ana arı bireysel kışlatılmıştır. Yaklaşık 3 ay süren her kışlatma dönemi sonunda her grupta ana arı yaşama gücü (%) saptanmıştır. Kitlesel kışlatmanın ana arıların üreme performansını etkileyip etkilemediğini test etmek için birinci yıl kitlesel ve bireysel kışlatılmış ana arılardan rasgele 30'u (banka kolonisi: 10, çiftleştirme kutusu: 10, ruşet: 10) üretim kolonilerine kabul ettirilmiştir. Ana arı yaşama gücü; banka kolonisinin ırkına ($P>0.05$) ve kışlatılan ana arının genotipine ($P>0.05$) göre değişmemiştir. Fakat banka kolonisinin tipi ana arı yaşama gücünü etkilemiştir ($P<0.01$). Birinci yıl, ASBK'da kışlatılan ana arıların % 64.3'ü, ABK'da kışlatılan ana arıların ise % 17.9'u kıştan çıkabilmiştir ($P<0.01$). Her 2 yılda da banka kolonilerinde ana arı yaşama gücü (% 64.3 ve % 71.5) çiftleştirme kutularında yaşama gücüne (% 100 ve % 100) göre daha düşük ($P<0.01$) bulunmuştur. Kitlesel kışlatılan ana arıların test kolonilerinde yumurtlama performansları bireysel kışlatılanlardan farklı bulunmamıştır ($P>0.05$).

Anahtar Kelimeler: Bal arısı; Ana arı; Banka kolonisi; Kitlesel depolama; Kışlatma; Ege Bölgesi

Overwintering of Honey Bee Queens (*Apis mellifera*) by Different Methods under Aegean Region Conditions

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Aytül Uçak KOÇ, E-mail: aucak@adu.edu.tr, Tel: +90 (256) 772 73 48

Received: 04 November 2014, Received in Revised Form: 09 January 2015, Accepted: 02 February 2015

ABSTRACT

This study was conducted between 2012-2014 years in Aydın province to compare the success of individual and mass storage of mated honey bee queens (*Apis mellifera*) under the winter conditions of Aegean region. The queens reared from Italian (It) and Aegean ecotype of Anatolian (AE) honey bee races in 2 consecutive years were overwintered *en masse* in reservoir colonies and individually in colonies held in Kirchain mating boxes and 5-frame nucleus hives (control group). In the first year, both queenright reservoir (QRR) and queenless reservoir (QLR) colonies were prepared from both naturally mated It and AE queens for mass storage, whereas only queenless reservoir (QLR) colonies from both races were used in the second year. A total of 112 mated queens were stored both in 4 QRR and 4 QLR in the first year, whereas a total of 56 mated queens were stored only in 4 QLR in the second year. In both years, 10 It and 10 AE queens were individually overwintered in 20 mating boxes. At the end of about 3-month overwintering period in both years, queen survival (%) was determined in all experimental groups. In order to test whether mass storage affected the reproductive performance of queens, 30 queens overwintered in the first year in reservoir colonies (10 queens), mating boxes (10 queens) and nucleus hives (10 queens) were introduced into test colonies. The queen survival (%) was not affected by both the race of reservoir colony ($P>0.05$) and of the queen overwintered ($P>0.05$). But, the type of reservoir colony affected queen survival ($P<0.01$). In the first year, 64.3% of queens stored in QLR colonies survived for 3 months, whereas 17.9% of queens survived in QRR colonies ($P<0.01$). In both years, the queen survivals in reservoir colonies (64.3% and 71.5% in QLR colonies) were lower than those in colonies held in mating boxes (100% and 100%; $P<0.01$). The reproductive performances of queens stored in reservoir colonies were not found different from those of individually overwintered queens in test colonies ($P>0.05$).

Keywords: Honey bee; Queen; Reservoir colony; Mass storage; Overwintering; Aegean Region

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Ana arı yetiştiriciliğinin olanaklı olmadığı yılın kritik zamanlarında, ana arı gereksiniminin karşılanması için bir önceki yıl yetiştirilen ana arıların kitlesel olarak banka kolonilerinde, bireysel olarak da çiftleştirme kutularında kışlatılması mümkündür. Ana arıların kitlesel olarak banka kolonilerinde depolanması biyolojik ve ekonomik olarak uygun bir sistemdir (Levinsohn & Lensky 1981; Wyborn et al 1993; Gençer 2003). Banka kolonilerinde ana arıları kitlesel kışlatmanın başarısı; banka kolonisinin çok güçlü olması, ana arısız olması, iyi beslenmesi ve iyi bir yalıtımın sağlanmasına bağlıdır (Wyborn et al 1993).

Bankalama başarısının göstergesi, ana arıların banka kolonilerinde depolanması sırasında ve sonrasında yaşayan ana arı oranının (ana arı yaşama gücü) yüksek olmasıdır. Yumurtlayan genç ana arıların, yazın kısa süre, kışın ise uzun süre (3-5 ay) kitlesel olarak banka kolonilerinde depolanması üzerine başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Levinsohn & Lensky 1981; Dietz et al 1983; Wyborn et al 1993;

Gençer 2003). Dietz et al (1983), kışın bankalanan ana arıların 3 aylık süreçte % 89.6'sının, sonraki 38 günlük süreçte ise hızlı bir azalma sonucu, % 46.4'ünün yaşadığını bildirmişlerdir. Levinsohn & Lensky (1981), subtropik iklim koşullarında ana arısız banka kolonilerinde ekim-kasım aylarında depolanan çiftleşmiş ana arılardan yaşayanların oranını ilk yıl % 35, ikinci, üçüncü ve dördüncü yılda ekim-şubat aylarında 5 ay boyunca depolanan ana arılardan yaşayanların oranını sırasıyla; % 57, % 81 ve % 86 olarak bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, yaz aylarında (Mayıs-Ağustos) iki ana arılı banka kolonilerinin ballık bölümünde 2 ay depolanan ana arıların % 78'inin yaşadığını bildirmişlerdir. Wyborn et al (1993), ana arıları kış boyunca banka kolonilerinde kitlesel depolamışlar, ana arı ızgarasından yapılan kafeslerdeki ana arıların yaşama oranını en fazla % 25, ahşaptan yapılmış ve telle kaplanmış bireysel kafeslerde tutulan ana arısız banka kolonilerinde yaşama oranını ise ortalama % 60 olarak belirlemişlerdir.

Türkiye'de ana arıların kitlesel kışlatılması üzerine ilk çalışma, Gençer (2003) tarafından

yapılmıştır. Yılın kritik zamanlarında ana arı gereksinimini karşılamının önemini vurgulayan araştırmacı, banka kolonilerinde ana arıları kışlatmak için başarılı bir yöntem tasarlamıştır. Araştırmacı, karasal iklim koşullarında 5 ay boyunca, ana arıları 2 farklı şekilde tasarlanmış banka çerçevesinde, ana arılı ve ana arısız banka kolonilerinde kitlesel, çiftleştirme kutularında bireysel kışlatmıştır. Gençler (2003), ana arılı banka kolonilerinde depolanan tüm ana arıların öldüğünü, ana arısız banka kolonilerinde üzeri elek teli ile kapatılmış doğal petekli banka çerçevesinde kışlatılmış ana arıların % 40.5'inin, elek telli bireysel kafese yerleştirilmiş banka çerçevesinde kışlatılmış ana arıların ise % 16.7'sinin 5 ay yaşayabildiğini bildirmiştir.

Banka kolonilerinde başarılı bir şekilde depolanan ana arıların koloniye kabul edildikten sonraki performansları da önemlidir. Woyke (1988) depolanan ana arıların bankalama uygulamasından zarar gördüğünü ve performanslarının düşük olduğunu belirtirken, bazı araştırmacılar da (Shehata 1982; Wyborn et al 1993; Gençler 2003) bankalamanın ana arıların performanslarını olumsuz etkilemediğini bildirmişlerdir.

Ege Bölgesi, sahip olduğu iklim özellikleri ve florasıyla yılın büyük bölümünde ana arı yetiştiriciliğine uygun bir bölgedir. Akdeniz iklim koşullarına sahip olan Güney Ege'de ana arı yetiştiriciliği mart ayından başlayarak ekim ayına kadar sürdürülebilmektedir (Uçak-Koç & Karacaoğlu 2004; 2005; 2011). Ana arı talebinin yoğun olduğu dönem, bölgede genel olarak şubat ayının sonu ile mart ayının başlarıdır. Bölgede, ana arı yetiştiren işletmeler ve ana arı gereksinimini işletmesinden karşılayan arıcılar için ekonomik ve kolay bir depolama yönteminin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, 2 farklı genotipten denetimli yetiştirilmiş ana arıları, ana arılı banka kolonileri (ABK) ve ana arısız banka kolonileri (ASBK)'nde kitlesel ve çiftleştirme kutularında bireysel kışlatmanın başarısını (kışlatılan ana arılardan ilkbahara canlı çıkanların oranı) ve kıştan canlı çıkan ana arıların koloni performanslarını Ege Bölgesi koşullarında belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmada ayrıca bireysel ve kitlesel kışlatılmış

ana arıların üretim kolonilerinde yumurtlama performansları karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma, Ege Bölgesi'nin güneyinde yer alan Aydın İli'nde Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma arılığında 2012-2014 yılları arasında yapılmıştır. Araştırmanın canlı materyalini oluşturan ana arılar; yapay tohumlanmış damızlık İtalyan arısı (It; *A. m. ligustica*) ve Anadolu arısı Ege ekotipi (AE; *A. m. anatoliaca*) kolonilerinden aşılama yöntemiyle yetiştirilmiş ve doğal çiftleşmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada yumurtlayan genç ana arılar, banka kolonilerinde kitlesel ve çiftleştirme kutularında bireysel (normal koloni düzeninde) yaklaşık 3 ay kışlatılmıştır. Banka kolonilerinin ana arıları, çiftleştirme kutularında ve ruşetlerde (kontrol grubu) tutulan kolonilerin ana arıları ve banka kolonilerinde depolanan ana arılar, yapay tohumlama ile saflığı korunan It ve AE kolonilerinden seçilen birer damızlık koloniden larva transferi ile Mayıs-haziran aylarında yetiştirilmiştir. Her 2 genotipten yetiştirilen ana arılar aynı yörede doğal çiftleştirilmiş, bunlardan birkaçı banka kolonisi olarak hazırlanan yeni kolonilere verilmiştir. Banka kolonilerinde, çiftleştirme kutularında ve ruşetlerde kışlatılacak ana arılar ise kışlatmaya kadar çiftleştirme kutularında tutulmuşlardır.

Araştırmanın birinci yılında (2012-2013), ana arılı (ABK) ve ana arısız (ASBK) olmak üzere toplam 8 banka kolonisi kullanılmıştır. Bu banka kolonilerinin hazırlık aşamasında, 4 ABK'nın 2'sine It, diğer 2'sine ise AE ana arısı, aynı şekilde 4 ASBK'nın 2'sine It, diğer 2'sine de AE ana arısı kabul ettirilmiştir. Banka kolonilerinin her birinde 14 ana arı olmak üzere toplam 112 ana arı depolanmıştır. It ve AE ana arıların bireysel kışlatılması için 20 çiftleştirme kutusu (10 It ve 10 AE) kullanılmıştır. Ayrıca kitlesel kışlatmanın başlangıcından 8 hafta önce 10 ruşet kolonisinden 5'ine It, diğer 5'ine

ise AE ana arısı kabul ettirilmiştir. Ana arılar; çiftleştirme kutularında ve ruşetlerde bireysel, banka kolonilerinde kitlesel olarak Kasım ayının ikinci haftasından (2012) Şubat ayının ilk haftasına kadar (2013) kışlatılmışlardır.

Banka kolonilerinde kışlatılan ana arılar, kış mevsimi boyunca 4 kez denetlenmiş ve kolonilere 2 kez kapalı yavrulu petek takviyesi yapılmıştır. Banka kolonilerinin denetlendiği günlerde çiftleştirme kutuları da denetlenmiştir. Kışlatma süresince, yaklaşık olarak 10 günde bir her banka kolonisine 500 g, her çiftleştirme kutusuna 100 g kek verilmiştir.

Araştırmanın birinci yılında, ana arısız banka kolonilerinde kitlesel kışlatılan ana arılardan yaşayanların oranının benzer iklim koşullarında yapılan bir çalışmada elde edilen sonuçlara (Levinsohn & Lensky 1981) göre daha düşük olması nedeniyle, ASBK'da kitlesel kışlatma 1 yıl daha denenmiştir. Ancak, ABK'da kitlesel kışlatılan ana arıların birçoğunun (% 82) ölmesi ve bu bulgunun literatür ile uyumlu olması (Gençer 2003) nedeniyle ikinci yıl ABK'da kitlesel kışlatmayı tekrarlamak gerekli görülmemiştir. Buna bağlı olarak ikinci yıl, 4 ASBK'da (2 It ve 2 AE) kitlesel kışlatma ve 20 çiftleştirme kutusunda bireysel kışlatma (Kasım 2013-Şubat 2014) yapılmıştır.

2.2.1. Banka kolonilerinin hazırlanması

Nisan ayında yetiştirilen ana arılardan Mayıs ayında yeni koloniler oluşturulmuştur. Bu kolonilerin yaz boyunca bakım ve beslemeleri yapılmış, Ağustos ayının sonundan Kasım ayına kadar iki ana arılı olarak yönetilmişlerdir. İki ana arılı yönetilen kolonilerden 4'ünün her 2 ana arısı, diğer 4'ünün ise sadece kuluçkalık bölümündeki ana arısı kovanlarından alınarak ASBK ve ABK hazırlanmıştır. Bu uygulamadan 5 gün sonra, ana arı kafes blokları banka kolonilerine yerleştirilmiştir. Kafes blokları yerleştirilmeden hemen önce, ABK'nın ana arısı ballık bölümüne ana arı ızgarası ile hapsedilerek ana arı kafes bloğu kuluçkalık bölümünde yavru alanının tam ortasına yerleştirilmiştir. ASBK'da ise ana arısızlık sonucu açık yavrulu peteklerde yapılmış ana arı yüksükleri bozulmuş, ana arı kafes

bloğu ABK'da olduğu gibi kuluçkalık bölümünde yavru alanının tam ortasına yerleştirilmiştir. Kasım ayı başında banka kolonileri; yaklaşık 20 kg bal, 4-5 yavrulu petek ve 14-16 arılı petek, çiftleştirme kutuları; yaklaşık 200 g ergin arı, 2 ballı ve 2 yavrulu petek, ruşetler ise 5 arılı petek, 1-2 yavrulu petek ve yaklaşık 5-6 kg bal içerecek şekilde düzenlenmişlerdir.

2.2.2. Ana arı kafes bloklarının hazırlanması

Bankalanacak ana arılar çiftleştirme kutularından toplandıktan sonra üzeri 2 mm gözenekli elek teli ile kaplanmış ahşap kafeslere (6 x 4 x 2 cm) tek tek konulmuş ve kafeslerin delikleri kapatılmıştır. Ardından yan yana 7, alt alta 2 kafes bir arada sabitlenerek 14 kafesten oluşan tek blok (28 x 14 cm) haline getirilmiştir. Üst kısmında bal kemeri bulunan bir kuluçkalık peteğinin ortası kafes bloğu boyutunda (28 x 14 cm) kesilerek çıkarılmış ve buraya kafes bloğu monte edilmiştir (Gençer 2003).

Ana arıların banka çerçevesindeki konumunun ana arı yaşama gücüne etkisini belirlemek için ana arılar kafes bloklarına 2 farklı düzende yerleştirilmiştir. Birincisinde, kafes bloğunun üst bölümünden başlayarak farklı genotip ana arılar yan yana getirilerek kafes bloğuna dizilmiştir. İkincisinde ise, genotiplerden biri kafes bloğunun üst bölümüne diğeri de alt bölüme dizilmiştir. Banka çerçeveleri banka kolonilerine yerleştirilirken her bir banka kolonisi tipi (ABK ya da ASBK) ve her bir genotipi (It ya da AE) temsil eden 2 banka kolonisinden her birinde 2 farklı kafes bloğu düzeninden birinin olması sağlanmıştır.

2.2.3. Kitlesel ve bireysel kışlatılmış ana arıların yumurtlama performansı

Araştırmanın birinci yılında kışlatmadan canlı çıkan ana arıların yumurtlama performanslarını belirlemek için her gruptan (banka kolonisi ve çiftleştirme kutusu) rastgele 5 It ve 5 AE ana arı (toplam 20 ana arı) seçilmiştir. Bu ana arılar 2013 yılı Mart ayının ilk haftasında her biri 1.5-2 yavrulu petek, 4-4.5 arılı petek içeren 20 koloniye kabul ettirilmiştir. Ergin arı ve yavru bakımından aynı/benzer kondisyona sahip It ve AE ana arılı 5'er

ruşet ise (toplam 10 ruşet) kontrol grubu olarak teste dahil edilmiştir. Test (üretim) kolonileri (30 koloni) Mayıs ayına kadar şeker şurubu ile düzenli beslenmiştir. Test kolonilerinin Nisan ayından Ağustos ayına kadar 21 gün arayla toplam 7 kez arılı petek sayıları saptanmıştır. Kitlesel ve bireysel kışlatılan ana arıların yumurtlama performansları arasında farklılık bulunmaması ve bu sonucun literatür ile uyumlu olması (Shehata 1982; Wyborn et al 1993; Gençer 2003) üzerine ikinci yıl kışlatılan ana arıların koloni performanslarının belirlenmesi gerekli görülmemiştir.

2.3. İstatistik analiz

Ana arı kışlatma verileri 3 aşamada analiz edilmiştir. Birinci aşamada, yıllara göre ASBK, ABK ve çiftleştirme kutularında kışlatılan ana arıların yaşama oranları $P < 0.05$ önem seviyesinde χ^2 testi uygulanarak karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada, birinci yılda banka kolonisi tipinin (ABK ve ASBK) ve kışlatılan ana arıların genotipinin (It ve AE) her kontrol gününde (bankalama süresi) yaşayan ana arı oranını etkileyip etkilemediği $P < 0.05$ önem seviyesinde χ^2 testi uygulanarak belirlenmiştir. Araştırmanın ikinci yılında ise, banka kolonisi genotipinin (It ve AE) bankalama başarısının (her kontrol gününde yaşayan ana arıların oranı) banka kolonisinin genotipine (It ve AE) bağlı olarak değişip değişmediği $P < 0.05$ önem seviyesinde χ^2 testi uygulanarak belirlenmiştir. Üçüncü aşamada, birinci yıl ve ikinci yıl ASBK'ne ait ana arı yaşama oranları birlikte analiz edilerek, kışlatma başarısının yıl ve banka kolonisi genotipine göre değişip değişmediği $P < 0.05$ önem seviyesinde χ^2 testi uygulanarak belirlenmiştir. Ayrıca, birinci yıl ve ikinci yıl ASBK'nde ana arıların yaşama güçlerini (y_i) belirlemek için yaşayanlar 0, ölenler 1 olarak kodlanmıştır.

$$Y_i = \begin{cases} 0 & \text{yaşadı} \\ 1 & \text{öldü} \end{cases}$$

Banka kolonisi genotipinin (X_1) ve kafeslenen ana arıların yerleştirme düzeninin (X_2) ana arıların yaşama gücü üzerine etkisini belirlemek için $P < 0.05$ önem seviyesinde lojistik regresyon analizi

uygulanmıştır. Bu analizde, lojistik regresyon eşitliği;

$$\theta = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2)}}$$

olup $\theta = P(Y_i=1) = 1 - P(Y_i=0)$ olasılık değerini, β_0 eşitliğin sabit değerini, β_1 ve β_2 regresyon katsayıları da banka kolonisi genotipinin (X_1) ve bankalanan ana arıların banka çerçevesine yerleştirme düzeninin (X_2) ana arı yaşama gücüne etkilerini belirtmektedir.

Araştırmanın birinci yılında, banka kolonileri, çiftleştirme kutuları ve ruşetlerde kışlatılan ana arıların test kolonilerinde yumurtlama performanslarının ölçüsü olarak kullanılan arılı petek sayısı verileri tekrarlanan deneme düzeninde SAS paket programı ile analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmanın birinci ve ikinci yılında çiftleştirme kutularında bireysel kışlatılan ana arıların tümü (% 100) yaşarken, kitlesel kışlatmanın yapıldığı ABK ve ASBK'da yaşayan ana arı oranı azalarak devam etmiş, 3 aylık kışlatma sonunda birinci yılda yaşayan ana arı oranı ABK'da % 17.9, ASBK'da % 64.3, ikinci yılda ASBK'da % 71.5 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Her 2 yılda da kitlesel kışlatılan ana arılardan yaşayanların oranı bireysel kışlatılanlara göre daha düşük ($P < 0.01$) bulunmuştur.

ABK ve ASBK'da kitlesel kışlatılan ana arılardan yaşayanların oranı karşılaştırıldığında, ABK (% 17.9) ve ASBK (% 64.3) arasındaki fark (% 46.4) önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur (Çizelge 1). Seksen beş gün sonunda It ana arılı-ABK'de kışlatılan 28 ana arıdan 3'ü (% 10.7), It ana arılı-ASBK'de kışlatılan 28 ana arıdan ise 20'si (% 71.4) yaşarken, AE ana arılı-ABK'de 28 ana arıdan 7'si (% 25) ve AE ana arılı-ASBK'de ise 16'sı (% 57.1) yaşamıştır (Çizelge 1).

Birinci yıl elde edilen veriler doğrultusunda araştırmanın ikinci yılında deneme ASBK ile yürütülmüştür. Kışlama sonunda It ve AE ana arılar

Çizelge 1- Çiftleştirme kutularında bireysel ve banka kolonilerinde kitlesel kışlatılan ana arıların yaşama gücü (%)

Table 1- The survival (%) of queens overwintered individually in mating hives and en mass in reservoir colonies

Birinci yıl denetim günleri	Bireysel kışlatma		Kitlesel kışlatma [#]			
	ÇK (n=20)		ABK (n=56)		ASBK (n=56)	
	It	AE	It	AE	It	AE
	(n=10)	(n=10)	(n=28)	(n=28)	(n=28)	(n=28)
1. gün	100	100	98.2	96.4	100	100
15. gün	100	100	89.3	89.3	92.9	92.9
71. gün	100	100	21.4 A	39.3 A	75.0 B	64.3 B
85. gün	100	100	10.7 A	25.0 a	71.4 B	57.1 b
Genel	100 A		17.9 B		64.3 C	
İkinci yıl denetim günleri						
1. gün	100	100	-	-	100	100
10. gün	100	100	-	-	96.4	96.4
66. gün	100	100	-	-	78.6	75.0
83. gün	100	100	-	-	75.0	67.9
Genel	100 A		-		71.5 B	

A, B, C: P<0.01; a, b: P<0.05; It, İtalyan; AE, Anadolu arısı Ege ekotipi; ÇK, çiftleştirme kutusu, ABK, ana arılı banka kolonisi; ASBK, ana arısız banka kolonisi; # ABK-It ile ASBK-It ve ABK-AE ile ASBK-AE aynı denetleme gününde karşılaştırılmıştır

ile oluşturulan ASBK'de yaşayan ana arıların oranı sırasıyla; % 75.0 ve % 67.9 olarak belirlenmiş, fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1).

Araştırmanın her 2 yılında ASBK'de ana arı yaşama gücü verilerine uygulanan lojistik regresyon analizine göre, hem banka kolonisi genotipinin hem de ana arıları yerleştirme sırasının kışlatılan ana arıların yaşama gücüne etkisi önemsiz bulunmuştur. Ayrıca ana arı yaşama gücüne yılın etkisi ve genotip x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Birinci ve ikinci yıl ASBK verileri birlikte analiz edildiğinde, It ana arıları ve AE ana arıları ile oluşturulan ASBK'de yaşayan ana arı oranları sırasıyla % 73.2 ve % 62.5 olarak saptanmış, fark önemsiz bulunmuştur. Ayrıca ASBK ve çiftleştirme kutularında yaşayan ana arıların genotipinin (AE ve It) yaşama gücüne etkisi önemsiz bulunmuştur.

Bireysel ve kitlesel kışlatılan ana arılar ile oluşturulan koloniler ve kontrol grubu kolonilerin 7 ölçüm döneminde saptanan arılı petek sayıları Çizelge 2'de sunulmuştur. Kitlesel kışlatılan ana arıların test kolonilerinde sergiledikleri yumurtlama performansı (arılı petek sayısı) bireysel

kışlatılanlardan farklı bulunmamıştır (P>0.05). Ana arı genotipleri arasında farklar önemsiz (P>0.05), dönemler arası farklar ise önemli (P<0.01) bulunmuştur.

Bu çalışmada, ABK ve ASBK'de depolanan ana arılardan yaşayanların oranı bazı araştırmacıların bulduğu değerlerden düşük (Levinsohn & Lensky 1981; Dietz 1983) bazı araştırmacıların (Wyborn et al 1998; Gençer 2003) bulduğu değerden ise yüksek bulunmuştur. Farklı iklim koşullarının, banka kolonilerindeki farklı uygulamaların, banka kolonisinin izolasyonu, ana arı depolama çerçevesinin boyutları, ballık ya da kuluçkalıktaki pozisyonu gibi birçok uygulama farklılığının, yaşayan ana arıların oranını etkilediği bildirilmektedir (Levinsohn & Lensky 1981; Wyborn et al 1998; Gençer 2003). Örneğin karasal iklim koşullarında Gençer (2003), ana arılı banka kolonilerinde ana arıları kitlesel kışlatmanın başarısız olduğunu, ana arısız banka kolonilerinde ise 2 farklı uygulamada % 40.5 ve % 16.7'sinin 5 ay yaşadığını bildirmiştir.

Bu çalışmada, yaklaşık 3 aylık depolama sonunda, ABK'de kışlatılan ana arıların % 15-25

Çizelge 2- Çiftleştirme kutuları, banka kolonileri ve ruşetlerde kışlatılmış ana arılar ile yönetilen test kolonilerinin farklı dönemlerde arılı petek sayıları

Table 2- The number of combs covered with bees in test colonies headed by queens overwintered in mating boxes, reservoir colonies and 5-frame nucleus colonies in different periods

Dönem	Çiftleştirme kutusu		Banka kolonisi		Ruşet (kontrol)		Genel
	It (n=5)	AE (n=5)	It (n=5)	AE (n=5)	It (n=5)	AE (n=5)	
19.04.13	8.1±0.60	8.2±0.60	8.4±0.60	8.0±0.60	8.0±0.60	7.8±0.60	8.1±0.08 ^A
10.05.13	11.6±0.60	10.3±0.60	11.7±0.60	10.4±0.60	11.0±0.60	10.1±0.60	10.9±0.21 ^B
31.05.13	12.9±0.60	12.8±0.67	13.2±0.60	12.4±0.60	12.6±0.60	11.5±0.60	12.6±0.29 ^{CE}
21.06.13	14.0±0.60	14.3±0.67	14.4±0.60	13.8±0.60	14.2±0.60	14.2±0.60	14.1±0.29 ^D
12.07.13	11.8±0.67	13.3±0.67	12.8±0.67	13.8±0.67	14.1±0.60	13.8±0.60	13.3±0.37 ^{CD}
02.08.13	10.8±0.67	11.3±0.67	12.6±0.78	11.0±0.78	12.0±0.60	11.3±0.60	11.5±0.24 ^{BE}
23.08.13	10.0±0.67	10.5±0.67	11.7±0.78	10.3±0.78	10.8±0.67	10.8±0.60	10.6±0.21 ^B
Genel	11.3±0.24	11.5±0.25	12.1±0.25	11.4±0.25	11.8±0.23	11.3±0.24	

A, B, C, D, E: P<0.01, It, Italian; AE, Anadolu arısı Ege ekotipi

gibi az bir kısmının yaşadığı belirlenmiştir. Bu sonuç, Ege Bölgesi'nde ABK'de uzun süre kitlesel kışlatmanın başarısız olduğunu göstermiştir. ABK'de ana arının kış aylarında yumurtlamaya çok kısa süre ara vermesi, bakıcı işçi arıların depolanan ana arıları ihmal etme olasılığını artırmaktadır. Benzer iklim koşullarında yapılan bir çalışmada (Levinsohn & Lensky 1981), mayıs-ağustos ayları arasında ABK'de bankalanan ana arıların 1 ay sonunda % 83'ünün yaşadığı, 2 ay sonunda ise % 78'inin yaşadığı saptanmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı arılıkta da yaklaşık 10 yıldır yetiştirilen ana arıların elde tutulması amacı ile mayıs-ağustos ayları arasında zaman zaman ana arılı kolonilerde 2-3 ay gibi uzun süre depola uygulamalarında önemli düzeyde ana arı kaybı yaşanmamıştır.

Wyborn et al (1993) kışı sert geçen bölgelerde yalıtıma bağlı olarak, banka çerçevesindeki ana arı sayısının ve ana arının çerçevedeki konumunun önemli olduğunu, merkeze yakın ana arıların yaşama şansının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da, depolama çerçevesine farklı genotipler dizilirken buna dikkat edilmiştir. Banka çerçevesinde bulunan kafes bloğunun merkezindeki kafeslerde kenardaki kafeslere göre daha az sayıda ana arının öldüğü gözlenmiştir.

Çalışmada, çiftleştirme kutularında bireysel kışlatma (% 100, % 100), ASBK'de kitlesel kışlatmaya (% 64.3 ve % 71.5) göre daha başarılı bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, bölge koşullarında çiftleştirme kutularında bireysel kışlatma yapmak bilgi beceri gerektirmemesi ve kolay olması bakımından daha avantajlı görünmektedir. Bu çalışmada her banka kolonisinde 14 ana arı bankalanmıştır. Çok güçlü hazırlanan bir ASBK'de ise 24-48 arasında ana arı bankalanabilir (Wyborn et al 1993). Çok sayıda ana arıyı bireysel kışlatmak besleme ve bakım işlerini artıracığı için daha çok zaman alıcı olabilir. Bu nedenle sonbaharda çok sayıda ana arı kışlatmak isteyen ana arı yetiştiricileri % 25-30 ana arı kaybını göze alarak çok sayıda ana arıyı bir kaç banka kolonisinde kışlatabilirler.

Çalışmada, her 2 yılda da çiftleştirme kutularında kışlatılan ana arıların yaşama oranının (% 100), karasal iklim koşullarında, çiftleştirme kutularında kışlatılan ana arıların yaşama oranlarından (% 80.0 ve % 83.3; Gençer 2003) daha yüksek bulunması, bölgenin ılıman iklim özelliklerinden kaynaklanabilir. Banka kolonileri ve çiftleştirme kutularında kışlatılmış ana arılar ile oluşturulan test kolonilerinin gelişimlerinin kontrol grubu kolonilerden farklı olmaması, kitlesel kışlatmanın

ana arıların yumurtlama performanslarını olumsuz etkilemediğini göstermiştir. Bu sonuç Shehata (1982), Wyborn et al (1993) ve Gençler (2003)'in bulgularıyla uyumaktadır.

4. Sonuç

Ege Bölgesi ekolojik koşulları nedeniyle uzun dönem ana arı yetiştiriciliğine uygundur. Bölgede ana arı işletmelerinin yetiştirdikleri ana arılardan, sonbaharda elde kalanları bireysel olarak çiftleştirme kutularında ya da kitlesel olarak ana arısız banka kolonilerinde erken ilkbahara kadar depolamaları karlılığı artıracaktır.

Sonuç olarak, ana arı yaşama gücü bakımından bireysel kışlatma kitlesel kışlatmaya göre, kitlesel kışlatmada da ana arısız banka kolonileri ana arılı banka kolonilerine göre daha başarılı olmuştur. Ancak, sonbaharda ana arı üretim işletmelerinde pazarlanmamış ana arılar kalması durumunda, işletmelerin % 25-30 ana arı kaybını göze alınarak bu ana arıları ana arısız banka kolonilerinde depolamaları mümkündür.

Teşekkür

Bu araştırmaya ZRF 10004 ve ZRF 14026 numaralı projeler aracılığı ile finansal destek sağlayan ADÜ-Bilimsel Araştırma Proje Komisyonu'na ve verilerin istatistik analizine yardımcı olan Prof. Dr. Kadir KIZILKAYA'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Dietz A, Wilbanks T W & Wilbanks W G (1983). Investigations on long term queen storage in a confined

system. *Apiacta*3, <http://www.apimondiafoundation.org/foundation/files/1983/A.%20DIETZ,%20T.W.%20WILBANKS,%20W.G.%20WILBANKS.pdf> (Erişim tarihi: 24 Ocak 2013)

Gençler H V (2003). Overwintering of honey bee queens *en mass* in reservoir colonies in a temperate climate and its effect on queen performance. *Journal of Apicultural Research* **42**(4): 61-64

Levinsohn M & Lensky Y (1981). Long-term storage of queen honeybees in reservoir colonies. *Journal of Apicultural Research* **20**(4): 226-233

Shehata S M (1982). Long-term storage of queen honeybees in isolation. *Journal of Apicultural Research* **21**(1): 11-18

Uçak-Koç A & Karacaoğlu M (2004). Effects of rearing season on the quality of queen honeybees (*Apis mellifera* L.) raised under the conditions of Aegean Region. *Mellifera, Türkiye Arıcılık Dergisi* **4**(7): 34-37

Uçak-Koç A & Karacaoğlu M (2005). Anadolu arısı Ege ekotipi (*A. m. anatoliaca*) ana arılarında üreme özellikleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* **2**(1): 73-77

Uçak-Koç A & Karacaoğlu M (2011). Effects of queen rearing period on reproductive features of Italian (*Apis mellifera ligustica*), Caucasian (*Apis mellifera caucasica*), and Aegean ecotype of Anatolian honey bee (*Apis mellifera anatoliaca*) queens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **35**(4): 271-276

Woyke J (1988). Problems with queen banks. *American Bee Journal* **128**(4): 276-278

Wyborn M H, Winston M L & Laflamme P H (1993). Mass storage of honey bee (Hymenoptera: Apidae) queens during the winter. *The Canadian Entomologist* **125**(1): 113-128



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Determination of Drying Kinetics of Tunceli Garlic with Microwave Drying Technique

Hakan YOĞURTÇU^a

^aTunceli University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, 62000, Tunceli, TURKEY

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Hakan YOĞURTÇU, E-mail: hakanyogurtcu@gmail.com, Tel: + 90 (428) 213 17 94

Received: 30 September 2014, Received in Revised Form: 23 January 2015, Accepted: 14 February 2015

ABSTRACT

In this study, drying kinetics of 4 mm-thick slices of Tunceli garlic (*Allium tuncelianum*) was investigated by using microwave technique at an interval of 90-600 W microwave output power. Ten mathematical models were used to represent the experimental data in this study. The determination of coefficient (R^2), root mean square error ($RMSE$), chi-square (χ^2) and percentage error ($E\%$) values that show compatibility to these models were determined. The determination of coefficient (R^2) values were found to vary at an interval of 0.9440-0.9993. The Midilli et al model was determined to be the best model that represents the experimental data. It was seen that drying rate increases with the increase in microwave output power (P) and decreases with the increase in sample mass (m). Effective diffusion coefficients (D_{eff}) and drying rate constants (k) were determined for different sample masses at microwave output power of 90 W. Activation energies for both effective diffusion coefficients and drying rate constants were determined by using an Arrhenius type exponential equation. Activation energies from effective diffusion coefficients and drying rate constants were found as 3.85 W g⁻¹ and 3.99 W g⁻¹ respectively.

Keywords: Tunceli garlic; Thin-layer drying; Microwave drying

Tunceli Sarımsağının Mikrodalga Kurutma Tekniği ile Kuruma Kinetiğinin Belirlenmesi

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Hakan YOĞURTÇU, E-posta: hakanyogurtcu@gmail.com, Tel: + 90 (428) 213 17 94

Geliş Tarihi: 30 Eylül 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 23 Ocak 2015, Kabul: 14 Şubat 2015

ÖZET

Bu çalışmada, mikrodalga tekniği kullanılarak 90-600 W mikrodalga çıkış gücü aralığında 4 mm kalınlıktaki Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum*) dilimlerinin kuruma kinetiği incelenmiştir. Deneysel verileri temsil etmek için on adet matematiksel model kullanılmıştır. Bu modellere uygunluğu gösteren determinasyon katsayısı (R^2), ortalama hata kareleri karekökü (root mean square error, $RMSE$), ki- kare (χ^2) ve yüzde hata ($E\%$) değerleri belirlenmiştir. Determinasyon katsayısı (R^2) değerlerinin 0.9440-0.9993 aralığında değiştiği görülmüştür. Midilli et al modeli deneysel verileri

temsil eden en iyi model olarak belirlenmiştir. Mikrodalga çıkış gücündeki (P) artma ile kuruma hızı artarken örnek kütledeki (m) artma ile kuruma hızının azaldığı görülmüştür. Farklı örnek kütleleri için etkin difüzyon katsayıları (D_{eff}) ve kuruma hız sabitleri (k) 90 W mikrodalga çıkış gücünde belirlenmiştir. Hem kuruma hız sabitleri hem de etkin difüzyon katsayıları için Arrhenius tipi exponansiyel bir eşitlik kullanılarak aktivasyon enerjisi belirlenmiştir. Etkin difüzyon katsayılarından ve kuruma hız sabitlerinden aktivasyon enerjileri sırasıyla 3.85 W g⁻¹ ve 3.99 W g⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tunceli sarımsağı; İnce tabaka kurutma; Mikrodalga kurutma

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Introduction

Allium tuncelianum, whose original name is *Allium macrochaetum* Boiss and Haussk subsp. *tuncelianum* Kollmann, is an endemic plant that grows in Tunceli (Turkey) and its environs, especially in the counties of Ovacık, Pülümür, Hozat and Pertek. For this reason, it is called “Tunceli garlic” or “Ovacık garlic” in the region (Ipek et al 2008). The most prominent features of Tunceli garlic that distinguish it from other garlic species are that it is single-cloved and yields seeds by flowering. It is an economically valuable plant and people in the region depend on it for their livelihoods. Various projects are carried out by the Ministry of Food, Agriculture and Livestock in order to grow and market Tunceli garlic. It loses its aroma and taste in a short time if it is not stored under suitable conditions.

Drying can be described in simple terms as removing water from a wet/moist material. However, drying is a complex process of heat and mass transfer between the moist material and its environment (Midilli et al 2002). Drying can be said to be one of the oldest methods of increasing the durability of food items and consuming them later. Drying is the best method in terms of preserving their vitamin potential, appearance, taste, advantage in packaging due to a reduction in size and the improvement in storing and transportation of food products (Doymaz 2013).

Such drying methods as contact drying, convective drying, radiative drying, freeze drying and osmotic drying are used to dry vegetables, fruits and cereal products. (Yagcioglu et al 1999). Microwave drying has an important place

among radiative drying methods. Microwaves are generally used as heat sources due to their fast heating capabilities. Microwave drying has gained popularity as an alternative drying method in the food industry in recent years (Cui et al 2004). Due to the fact that the inner temperature of the food that is dried with microwave is greater than its surface temperature, a more dynamic moisture transfer compared to convective drying is achieved (Torrington et al 2001; Wang & Sheng 2006). Compared to the traditional and conventional hot air drying methods, microwave drying method has such advantages as homogenous energy distribution, high thermal conductivity, conservation of energy, a smaller area of drying, a shorter drying time and preservation of food items from enzymatic decay (Decareau 1992; Rhen & Chen 1998; Schifmann 2001).

Microwave drying of various agricultural products was investigated by various researchers; for example, potato (Bouraout et al 1994), soybean (Adu & Otten 1994), white bean (Adu & Otten 1996), grape (Tulasidas et al 1997), apple (Feng & Tang 1998), carrot (Lin et al 1998; Litvin et al 1998), banana (Maskan 2000), kiwi (Maskan 2001), parsley (Soysal 2004), spinach (Ozkan et al 2007), grapevine leaves (Alibaş 2012). Related to garlic drying, different drying methods were reported in the literature (Madamba et al 1996; Sablani et al 2007; Babetto et al 2011; Thuwapanichayanan et al 2014). Microwave drying for garlic clove was also investigated in some studies (Sharma & Prasad 2001; Sharma & Prasad 2006; Figiel 2009).

The aim of this study is to investigate the drying kinetics of Tunceli garlic in a microwave oven at different microwave power levels and different

amounts of the garlic and to apply the chosen thin layer drying models. This will be the first study investigating drying behavior of Tunceli garlic. This study is also original due to using microwave drying which is recently used as an alternative drying method in the food industry for Tunceli garlic.

2. Material and Methods

2.1. Material

Tunceli garlic (*Allium tuncelianum*) samples used in this study were obtained from a Tunceli-based and licensed producer, who grows garlic in a natural-like medium. Dirt and plant residues of the garlic samples were cleaned off and stored unpeeled at 4 ± 0.5 °C in a refrigerator. Moisture determination device with a halogen lamp (AND MX50, Japan) was used to determine the initial moisture content of the garlic samples. The moisture content of the garlic samples was found to be $1.42 \text{ kg}_{\text{water}} \text{ kg}_{\text{dm}}^{-1}$. The deviation among the five measurement results was $\pm 2\%$.

2.2. The experimental set-up and method

In the garlic drying experiments, a domestic microwave oven with a maximum output power of 800 W and a frequency of 2450 MHz (SIEMENS HF12G240, Germany) was used. This microwave oven was modified by attaching 0.01 g sensitive digital scales to the oven and a pendulum to the scales (Figure 1). The teflon (PTFE) string attached to the pendulum was dangled into the oven whose internal dimensions were 194 mm (H) x 290 mm (W) x 300 mm (D). A teflon dish (diameter of 120 mm and depth of 5 mm) attached to the teflon string was used to place the garlic samples in microwave oven. Changes in mass were monitored periodically with a chronometer.

Garlic was peeled before each drying experiment and sliced 4 ± 0.5 mm thick. Garlic slices placed in the teflon dish were dried at 90, 180, 360 and 600 W microwave output powers until their ultimate moisture content of $0.05 \text{ kg}_{\text{water}} \text{ kg}_{\text{dm}}^{-1}$. Drying experiments were realized in duplicate.

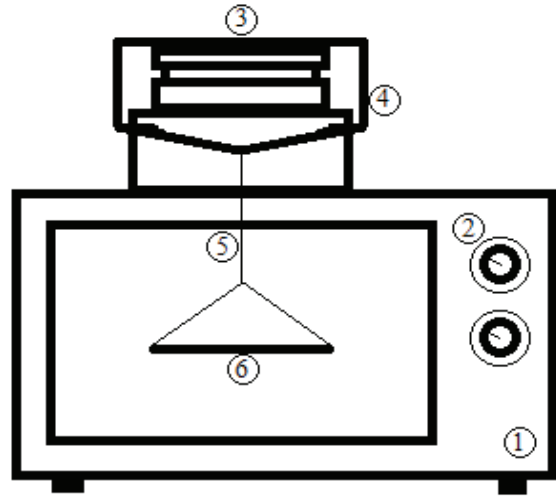


Figure 1- Microwave drying experimental setup. 1, microwave oven; 2, power and time set; 3, electronic balance; 4, pendulum hanger; 5, PP pendulum rope; 6, PTFE plate

Şekil 1- Mikrodalga kurutma deney düzeneği 1, mikrodalga fırın; 2, güç ve zaman ayar düğmeleri; 3, elektronik terazi; 4, sarkaç tutucu; 5, PP sarkaç ipi; 6, PTFE tabak

2.3. Modeling of microwave drying curves

Mathematical models to represent the thin layer drying behaviors of food products and agricultural products were developed by many researchers. Ten mathematical models in the literature were used in this study (Table 1). The dimensionless moisture ratio (*MR*) in these models is calculated with the Equation 1 and 2.

$$MR = \frac{M_{C_t} - M_{C_e}}{M_{C_0} - M_{C_e}} \quad (1)$$

$$MC = \frac{w_t - w_d}{w_d} \quad (2)$$

Where; w_t (kg) and w_d , masses of the garlic samples (kg) at any time of drying and at the end of drying, respectively; M_{C_0} and M_{C_t} , moisture contents of the garlic samples ($\text{kg}_{\text{water}} \text{ kg}_{\text{dm}}^{-1}$) in the beginning and at any time of drying, respectively; M_{C_e} , equilibrium moisture content ($\text{kg}_{\text{water}} \text{ kg}_{\text{dm}}^{-1}$). It has been regarded as the moisture content at the

end of drying in the microwave drying (Ren & Chen 1998; Altan & Maskan 2005).

Drying rate of the garlic slices (DR ($\text{kg}_{\text{water}} \text{kg}_{\text{dm}}^{-1} \text{min}^{-1}$)) was calculated with the Equation 3.

$$DR = \frac{M_{C_{t+dt}} - M_{C_t}}{dt} \quad (3)$$

Where; dt , period between two consecutive measurements (min).

The constants of the mathematical models were determined by doing regression analysis. Regression analyses were done with STATISTICA data analysis program (version 10). The consistency between the moisture ratios that were determined experimentally and calculated from the mathematical model was determined by using statistical parameters, i.e. determination of coefficient (R^2), chi-square (χ^2), root mean square error ($RMSE$), and percentage error ($E\%$). Small χ^2 and $RMSE$ values and high R^2 values show that the model was more suitable (Yaldız & Ertekin 2001; Midilli & Küçük 2003).

The $E\%$ values smaller than 10% were acceptable (Park et al 2002; Mohapatra & Rao 2005). The values of χ^2 , $RMSE$ and $E\%$ were calculated with the Equations 4, 5 and 6.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp, i} - MR_{pre, i})^2}{N-z} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp, i} - MR_{pre, i})^2}{N}} \quad (5)$$

$$E\% = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|MR_{exp, i} - MR_{pre, i}|}{MR_{exp, i}} \quad (6)$$

Where; $MR_{exp, i}$ experimental moisture ratio at i th observation; $MR_{pre, i}$ predicted moisture ratio for this observation; N , number of observations and z , number of constants in the model.

2.4. Diffusion of moisture

Removal of moisture from the solid matter during drying was diffusion-controlled. The effective diffusion coefficient for the garlic slices was determined by using Fick's diffusion equation. The effective diffusion coefficient was calculated with the Equation 7 (Crank 1975).

$$MR = \frac{M_{C_t} - M_{C_e}}{M_{C_0} - M_{C_e}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \cdot t\right) \quad (7)$$

Where; t , time (s); L , half-thickness of garlic slice (m); D_{eff} effective diffusion coefficient ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$). For long drying periods Equation 7 can be written as Equation 8 (i.e. for $i=0$) (Lopez et al 2000).

$$MR = \frac{M_{C_t} - M_{C_e}}{M_{C_0} - M_{C_e}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \cdot t\right) \quad (8)$$

Table 1- Thin-layer drying models applied to Tunceli garlic microwave drying curves

Çizelge 1- Uygulanan ince tabaka kuruma modelleri

Model no	Model name	Model equation	Reference
1	Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Arslan & Özcan (2010)
2	Henderson & Pabis	$MR = a \exp(-k t)$	Yagcioglu et al (1999)
3	Logarithmic	$MR = a \exp(-k t) + c$	Yaldız & Ertekin (2001)
4	Midilli et al	$MR = a \exp(-k t^n) + b t$	Midilli et al (2002)
5	Weibull Distribution	$MR = a - b \exp(-k t^n)$	Corzo et al (2008)
6	Two Term Exponential	$MR = a \exp(-k t) + (1 - a) \exp(-k a t)$	Yaldız & Ertekin (2001)
7	Two-Term	$MR = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	Arslan & Özcan (2010)
8	Simplified Fick's Diffusion	$MR = a \exp(-c (t/L^2))$	Diamante & Munro (1991)
9	Diffusion Approach	$MR = a \exp(-k t) + (1 - a) \exp(-k b t)$	Doymaz (2013)
10	Wang & Singh	$MR = 1 + a t + b t^2$	Eştürk & Soysal (2010)

The Equation 8 can be written in logarithmic form as in Equation 9.

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 \cdot D_{eff}}{4 \cdot L^2} \cdot t\right) \quad (9)$$

Experimental $\ln(MR)$ values and drying time can be transferred onto a graph and the effective diffusion coefficient is calculated from the slope (Equation 10) of line obtained from the graph.

$$\text{Slope} = \frac{\pi^2 \cdot D_{eff}}{4 \cdot L^2} \quad (10)$$

2.5. Effect of sample mass

In microwave technique, the influence time of the microwave power that was applied depends on the sample mass. There is no known study in the literature that shows the effect of sample mass on Tunceli garlic's drying kinetics with microwave. In this study, the drying kinetics of garlic samples with sample mass ranging from 11 to 44 g were investigated at 90 W constant microwave output power.

In order to determine the relationship between the effective diffusion coefficient and proportion of sample mass to microwave output power, Arrhenius type exponential model (Equation 11) proposed by Dadalı et al (2007a) was used.

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a m}{P}\right) \quad (11)$$

Where; D_{eff} effective diffusion coefficient ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$); D_0 , pre-exponential factor ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$); E_a , activation energy (W g^{-1}); m , sample mass (g) and P , microwave output power (W).

According to the drying rate constant data, the activation energy was determined using the Arrhenius type exponential model (Dadalı et al 2007b) in Equation 12.

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_a m}{P}\right) \quad (12)$$

Where; k , drying rate constant (min^{-1}); k_0 , pre-exponential factor (min^{-1}); E_a , activation energy (W g^{-1}); m , sample mass (g) and P , microwave output power (W).

3. Results and Discussions

3.1. Drying kinetics

Garlic samples were dried at 90, 180, 360 and 600 W microwave output powers in order to determine the effect of microwave output power on drying characteristics of Tunceli garlic. The change of the moisture ratio with drying times at different microwave output powers was shown in Figure 2. It was seen that drying time decreased with an increase in microwave output power. It was reached the moisture content of $0.05 \text{ kg}_{\text{water}} \text{ kg}_{\text{dm}}^{-1}$ after periods of 32, 11, 5.5 and 4 minutes at 90, 180, 360 and 600 W microwave output powers respectively. It took about 25 minutes to decrease the moisture content of fresh garlic (*Allium sativum* L.) slices (4 mm thickness) from 1.9 to $0.1 \text{ kg}_{\text{water}} \text{ kg}_{\text{dm}}^{-1}$ under vacuum-microwave drying conditions at 240 W microwave output power (Figiel 2009).

The change in drying rates with moisture ratios at different microwave output powers was shown in Figure 3. The zone between 1.0 and 0.88 for moisture ratio at 90 W microwave output power was the pre-heating period. The falling rate period was seen after the moisture ratio of 0.88. The falling rate periods for the 180, 360 and 600 W microwave output powers started around the 0.85, 0.81 and 0.82 moisture ratios, respectively. Similarly, drying rate was decreased with the decrease in the moisture content of garlic during drying. This showed that the dominant physical mechanism in moisture removal from garlic was diffusion. The results are compatible with Sharma & Prasad (2001) for garlic, Dadalı et al (2007b) for okra and Arslan & Özcan (2010) for onion.

3.2. Evaluation of mathematical models

The model constants regarding the ten mathematical models that were used to represent the drying behaviors of garlic samples were given in Table 2. The drying rate constant (k) increased with the increase in microwave output power in all of the drying models.

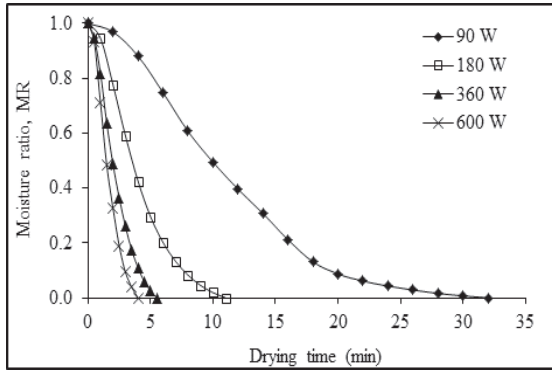


Figure 2- The relationship between the moisture ratio and drying time at different microwave output power

Şekil 2- Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kuruma süresi ile nem oranı arasındaki ilişki

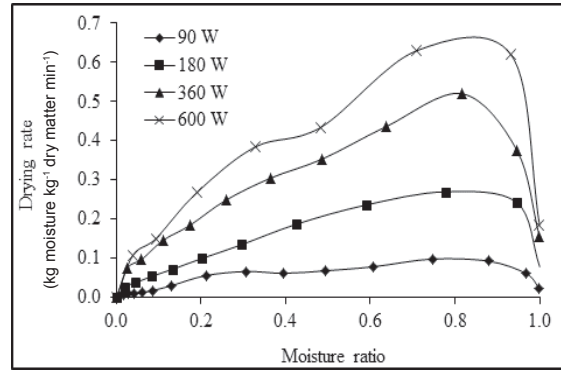


Figure 3- Drying curves for Tunceli garlic versus moisture ratio at different microwave output power

Şekil 3- Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde nem oranı ile kuruma hızlarının değişimi

The results of statistical evaluation, which was an indicator of the compatibility between experimental results and the models used, were displayed in Table 3. The model which has the highest R^2 and lowest $RMSE$, χ^2 and $E\%$ values is chosen as the best suitable one (Wang et al 2007; Doymaz & İsmail 2011; Doymaz 2013). The Weibull Distribution model was the most compatible model according to the $RMSE$ values obtained at 90 W microwave output power. According to χ^2 and $E\%$ values, the Page model showed a better compatibility: however, the values of R^2 , $RMSE$, χ^2 and $E\%$ were quite close to each other in the Page, Midilli et al and Weibull Distribution models.

The Midilli et al model was clearly seen to be the most compatible model at 180, 360 and 600 W microwave output powers. Figure 4 shows the relationship between the experimental moisture ratios obtained at 90 W microwave output power and the moisture ratios obtained from the drying models used in this study.

3.3. The effect of sample mass on microwave drying kinetics of garlic

The change with time in moisture contents of garlic samples with different masses was seen in

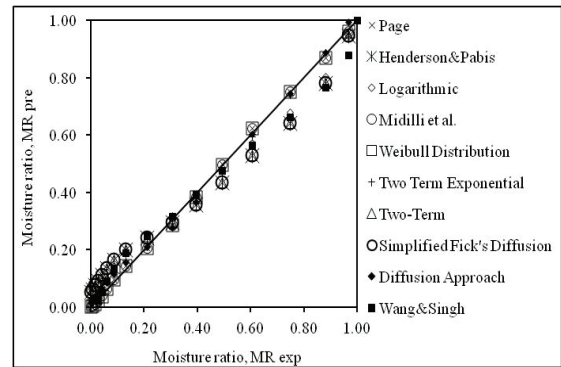


Figure 4- Predicted moisture ratio from mathematical models versus experimental moisture ratio for 90 W microwave output power

Şekil 4- 90 W mikrodalga çıkış gücü için deneysel nem oranına karşı matematiksel modellerden elde edilen nem oranını değişimi

Figure 5. Drying time increased with an increase in sample mass. For example, while it was taken 14.5 minutes for the moisture content of 22 g of sample mass to drop from 1.40 to 0.05 $\text{kg}_{\text{water}} \text{kg}_{\text{dm}}^{-1}$, the same amount of moisture content change in 33 g of sample mass was taken 25 minutes. The change in drying rate with time for different sample masses at 90 W microwave output power was displayed in Figure 6. It was clearly seen that

Table 2- Constants and coefficients of thin-layer drying models for 33 grams of samples at different microwave output powers

Çizelge 2- Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde 33 gram örnek için kuruma modellerine ait sabitler ve katsayılar

Microwave output power (W)	Model no	Constants and coefficients			
90	1	k= 0.0124	n= 1.7472		
	2	k= 0.0971	a= 1.1518		
	3	k= 0.0629	a= 1.3362	c= -0.2350	
	4	k= 0.0133	n= 1.7193	a= 1.0058	b= -0.0001
	5	k= 0.0134	n= 1.7150	a= -0.0045	b= -1.0104
	6	k= 0.1429	a= 2.1718		
	7	k ₀ = 0.0971	k ₁ = 0.0971	a= 0.5670	b= 0.5848
	8	a= 1.1518	c= 0.3883		
	9	k= 0.1998	a= -22.9699	b= 0.9502	
	10	a= -0.0618	b= 0.0009		
180	1	k= 0.0824	n= 1.6642		
	2	k= 0.2591	a= 1.1248		
	3	k= 0.1611	a= 1.3500	c= -0.2705	
	4	k= 0.0890	n= 1.6213	a= 1.0137	b= -0.0003
	5	k= 0.0887	n= 1.6232	a= -0.0023	b= -1.0158
	6	k= 0.3902	a= 2.1578		
	7	k ₀ = 0.5551	k ₁ = 0.5050	a= -11.9115	b= 12.9084
	8	a= 1.1248	c= 1.0365		
	9	k= 0.2329	a= 0.8509	b= 1.0000	
	10	a= -0.1681	b= 0.0069		
360	1	k= 0.2149	n= 1.6990		
	2	k= 0.4694	a= 1.1282		
	3	k= 0.2414	a= 1.5141	c= -0.4424	
	4	k= 0.2250	n= 1.6157	a= 1.0101	b= -0.0044
	5	k= 0.2238	n= 1.6036	a= -0.0270	b= -1.0371
	6	k= 0.7052	a= 2.1524		
	7	k ₀ = 0.4694	k ₁ = 0.4694	a= 0.5751	b= 0.5530
	8	a= 1.1282	c= 1.8776		
	9	k= 0.4192	a= 0.8657	b= 1.0008	
	10	a= -0.2937	b= 0.0193		
600	1	k= 0.3316	n= 1.7991		
	2	k= 0.6218	a= 1.1192		
	3	k= 0.2901	a= 1.6204	c= -0.5525	
	4	k= 0.3419	n= 1.7194	a= 1.0122	b= -0.0047
	5	k= 0.3401	n= 1.7085	a= -0.0206	b= -1.0327
	6	k= 0.9731	a= 2.2225		
	7	k ₀ = 0.6217	k ₁ = 0.6218	a= 0.5582	b= 0.5611
	8	a= 1.1192	c= 2.4870		
	9	k= 0.1376	a= 8.2168	b= 0.7453	
	10	a= -0.3864	b= 0.0318		

Table 3- Statistical results obtained from different thin-layer drying models for various microwave output powers

Çizelge 3- Farklı kuruma modelleri için elde edilen istatistiksel sonuçlar

Microwave output power (W)	Model no	Constants and coefficients			
		R ²	RMSE	χ ²	E%
90	1	0.9993	9.3501 10 ⁻⁰³	9.9083 10 ⁻⁰⁵	5.92
	2	0.9568	7.3143 10 ⁻⁰²	6.0632 10 ⁻⁰³	123.22
	3	0.9814	4.7936 10 ⁻⁰²	2.7902 10 ⁻⁰³	63.07
	4	0.9993	9.0932 10 ⁻⁰³	1.0813 10 ⁻⁰⁴	6.24
	5	0.9993	9.0754 10 ⁻⁰³	1.0771 10 ⁻⁰⁴	6.48
	6	0.9952	2.4385 10 ⁻⁰²	6.7391 10 ⁻⁰⁴	49.52
	7	0.9568	7.3143 10 ⁻⁰²	6.9960 10 ⁻⁰³	123.23
	8	0.9568	7.3143 10 ⁻⁰²	6.0632 10 ⁻⁰³	123.23
	9	0.9971	1.8958 10 ⁻⁰²	4.3642 10 ⁻⁰⁴	35.81
	10	0.9812	4.8226 10 ⁻⁰²	2.6358 10 ⁻⁰³	43.85
180	1	0.9991	1.0377 10 ⁻⁰²	1.2923 10 ⁻⁰⁴	5.40
	2	0.9603	7.0045 10 ⁻⁰²	5.8876 10 ⁻⁰³	60.94
	3	0.9845	4.3808 10 ⁻⁰²	2.5588 10 ⁻⁰³	19.94
	4	0.9993	9.3211 10 ⁻⁰³	1.3033 10 ⁻⁰⁴	4.74
	5	0.9993	9.3555 10 ⁻⁰³	1.3129 10 ⁻⁰⁴	4.97
	6	0.9983	1.4673 10 ⁻⁰²	2.5836 10 ⁻⁰⁴	17.92
	7	0.9992	9.8835 10 ⁻⁰³	7.4652 10 ⁻⁰⁴	11.80
	8	0.9603	7.0045 10 ⁻⁰²	5.8876 10 ⁻⁰³	60.49
	9	0.9428	8.4070 10 ⁻⁰²	9.4236 10 ⁻⁰³	73.39
	10	0.9840	4.4506 10 ⁻⁰²	2.3769 10 ⁻⁰³	15.52
360	1	0.9991	1.0500 10 ⁻⁰²	1.3231 10 ⁻⁰⁴	6.28
	2	0.9547	7.4455 10 ⁻⁰²	6.6522 10 ⁻⁰³	53.91
	3	0.9876	3.8919 10 ⁻⁰²	2.0196 10 ⁻⁰³	14.62
	4	0.9995	8.0445 10 ⁻⁰³	9.7072 10 ⁻⁰⁵	2.04
	5	0.9995	8.1451 10 ⁻⁰³	9.9515 10 ⁻⁰⁵	2.14
	6	0.9958	2.2815 10 ⁻⁰²	6.1371 10 ⁻⁰⁴	20.56
	7	0.9547	7.4455 10 ⁻⁰²	8.3153 10 ⁻⁰³	53.91
	8	0.9547	7.4455 10 ⁻⁰²	6.6522 10 ⁻⁰³	53.91
	9	0.9351	8.9125 10 ⁻⁰²	1.0591 10 ⁻⁰²	64.23
	10	0.9851	4.2753 10 ⁻⁰²	2.1933 10 ⁻⁰³	13.66
600	1	0.9987	1.3281 10 ⁻⁰²	2.2677 10 ⁻⁰⁴	3.49
	2	0.9440	8.5584 10 ⁻⁰²	9.4174 10 ⁻⁰³	48.37
	3	0.9830	4.7226 10 ⁻⁰²	3.3455 10 ⁻⁰³	12.93
	4	0.9990	1.1607 10 ⁻⁰²	2.4248 10 ⁻⁰⁴	2.67
	5	0.9990	1.1646 10 ⁻⁰²	2.4415 10 ⁻⁰⁴	2.76
	6	0.9958	2.4053 10 ⁻⁰²	7.4384 10 ⁻⁰⁴	16.17
	7	0.9440	8.5584 10 ⁻⁰²	1.3184 10 ⁻⁰²	48.37
	8	0.9440	8.5584 10 ⁻⁰²	9.4174 10 ⁻⁰³	48.37
	9	0.9779	5.3751 10 ⁻⁰²	4.3337 10 ⁻⁰³	13.98
	10	0.9801	5.0972 10 ⁻⁰²	2.3405 10 ⁻⁰³	11.98

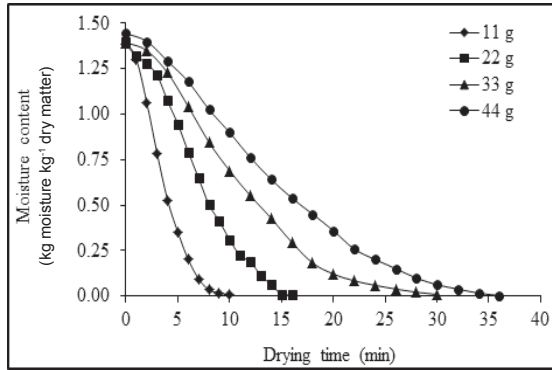


Figure 5- The relationship between moisture content of Tunceli garlic and drying time at various sample amounts for microwave output power of 90 W

Şekil 5- 90 W mikrodalga çıkış gücü için farklı örnek kütlelerinde kuruma zamanı ile nem içeriği arasındaki ilişki

drying rate decreases with an increase in sample mass. The energy amount that was transferred per unit sample mass decreased from 8.18 to 2.05 $W g^{-1}$ with an increase of sample mass from 11 to 44 g. As a result, while the amount of energy to remove unit of water mass in a less sample mass of garlic sample with the same amount of moisture content was high, less energy per mass was applied for a larger sample mass. For this reason, drying rate decreased with an increase in sample mass.

3.4. Determination of activation energy

3.4.1. The effect of sample mass on moisture diffusion

The change in the effective diffusion coefficients obtained from Equation 9 and Equation 10 at 90 W microwave output power for different sample masses with sample mass was seen in Figure 7. The effective diffusion coefficient decreased with an increase in sample mass. This observation is in agreement with microwave drying of okra (Dadalı et al 2007a). The values of D_0 and E_a were determined as $21.5 \times 10^{-9} m^2 s^{-1}$ and $3.85 W g^{-1}$

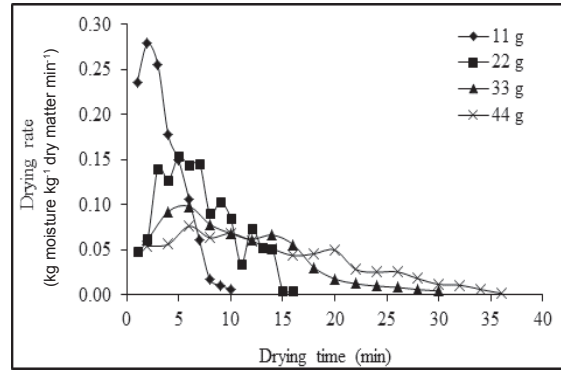


Figure 6- Drying curves for Tunceli garlic versus drying time at various sample amounts for microwave output power of 90 W

Şekil 6- 90 W mikrodalga çıkış gücü için farklı örnek kütlelerinde kuruma süresine karşı kuruma hızının değişimi

respectively from the exponential model (Equation 11) with a R^2 value of 0.9783.

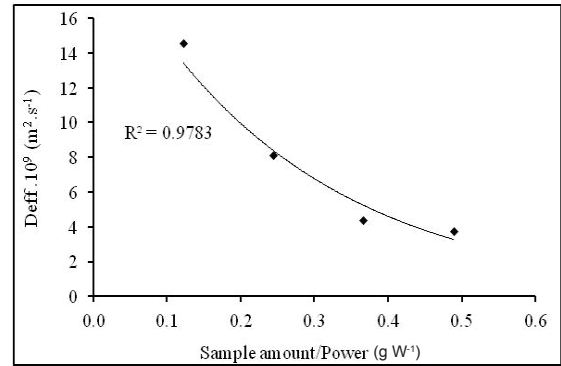


Figure 7- Relationship between D_{eff} and sample amount of Tunceli garlic for microwave output power of 90 W. ♦ estimated data, — model (Equation 11)

Şekil 7- 90 W mikrodalga çıkış gücü için örnek kütleleri ile D_{eff} arasındaki ilişki. ♦ hesaplanan veri, — model (Eşitlik 11)

3.4.2. The effect of sample mass on drying rate constant

The change in the drying rate constant for different sample masses at 90 W microwave output power was determined according to the Midilli et al model. The drying rate constant values obtained from this model and statistical evaluation results were displaced in Table 4. It was seen that the drying rate constant value decreased with an increase in

sample amount. The values of R^2 , χ^2 and $E\%$ values for the sample mass interval of 11-44 g changed as 0.9990-0.9997, 4.2615×10^{-5} - 15.6298×10^{-5} and 6.66-19.35% respectively. High R^2 and low $E\%$ values showed that the applied model was suitable. The compatibility of the data for Equation 12 was seen in Figure 8. The values of R^2 , k_0 and E_a were determined as 0.9706, 0.0596 min^{-1} and 3.99 W g^{-1} , respectively.

Table 4- Drying rate constants and statistical analysis of Midilli et al model at various sample amount of Tunceli garlic for microwave output power of 90 W

Çizelge 4- 90 W mikrodalgı çıkış gücünde farklı örnek kütleleri için Midilli et al modeline göre kuruma hız sabitleri ve istatistiksel veriler

Sample amount (g)	$k \text{ (min}^{-1}\text{)}$	R^2	RMSE	χ^2	$E\%$
11	0.0406	0.9997	6.2842×10^{-3}	5.9237×10^{-5}	8.73
22	0.0196	0.9990	11.0256×10^{-3}	15.6298×10^{-5}	19.35
33	0.0133	0.9993	9.3730×10^{-3}	11.7139×10^{-5}	6.66
44	0.0091	0.9997	5.8389×10^{-3}	4.2615×10^{-5}	7.07

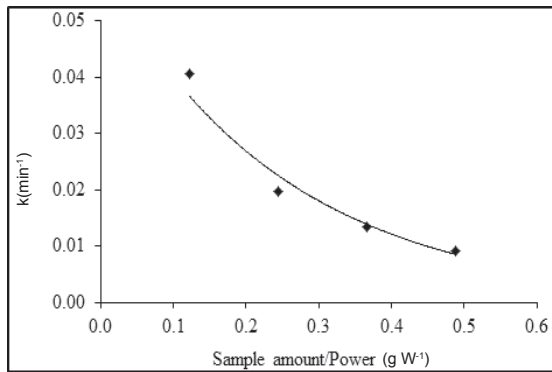


Figure 8- Relationship between drying rate constant, k , from Midilli et al model and sample amount of Tunceli garlic for microwave output power of 90 W. ♦ estimated data, — model (Equation 12)

Şekil 8- 90 W mikrodalgı çıkış gücü için örnek kütlesi ile Midilli et al modelinden elde edilen kuruma hız sabiti, k , arasındaki ilişki (Equation 12)

4. Conclusions

In the drying of Tunceli garlic with microwave, while drying rate increased with an increase in

microwave power, it decreased with an increase in sample mass. It was seen that the Midilli et al model, one of the thin layer drying models used in this study, was the best fit model to the experimental results.

The effective diffusion coefficient (D_{eff}) and drying rate constant (k) values decreased with an increase in sample mass (m). The activation energy values calculated from the effective diffusion coefficient and the drying rate constant data were 3.85 W g^{-1} and 3.99 W g^{-1} , respectively and these values were very close. The findings obtained from this study showed that microwave technique was viable for the drying of sliced Tunceli garlic.

References

- Adu B & Otten L (1994). Modelling thin layer microwave drying of soybeans. *Canadian Agricultural Engineering* **36**(3): 135-141
- Adu B & Otten L (1996). Microwave heating and mass transfer characteristics of white beans. *Journal of Agricultural Engineering Research* **64**: 71-78

- Alibaş İ (2012). Microwave drying of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves and determination of some quality parameters. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **18**: 43-53
- Altan A & Maskan M (2005). Microwave assisted drying of short-cut (ditalini) macaroni: Drying characteristics and effect of drying processes on starch properties. *Food Research International* **38**: 787-796
- Arslan D & Özcan M M (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-Food Science and Technology* **43**: 1121-1127
- Babetto A C, Freire F B, Barrozo M A S & Freire J T (2011). Drying of garlic slices: Kinetics and nonlinearity measures for selecting the best equilibrium moisture content equation. *Journal of Food Engineering* **107**(3-4): 347-352
- Bouraout M, Richard R & Durance T (1994). Microwave and convective drying of potato slides. *Journal of Food Process Engineering* **17**: 353-363
- Corzo O, Brocho N, Pereira A & Vasquez A (2008). Weibull distribution for modeling air drying of coroba slices. *LWT-Food Science and Technology* **41**: 2023-2028
- Crank J (1975). *The mathematics of diffusion*. 2nd Edition, Clarendon Press, Oxford
- Cui Z W, Xu S Y & Sun D W (2004). Microwave-vacuum drying of carrot slices. *Journal of Food Engineering* **65**: 157-164
- Dadalı G, Apar D K & Özbek B (2007a). Estimation of effective moisture diffusivity of okra for microwave drying. *Drying Technology* **25**: 1445-1450
- Dadalı G, Apar D K & Özbek B (2007b). Microwave drying kinetics of okra. *Drying Technology* **25**: 917-924
- Decareau R V (1992). *Encyclopaedia of Food Science and Technology*. John Wiley & Sons, USA, Vol: 3, pp. 1772-1778
- Diamante L M & Munro P A (1991). Mathematical modelling of hot air drying of sweet potato slices. *International Journal of Food Science and Technology* **26**: 99-106.
- Doymaz İ (2013). Determination of infrared drying characteristics and modelling of drying behaviour of carrot pomace. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **19**: 44-53
- Doymaz İ & İsmail O (2011). Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing* **89**: 31-38
- Eştürk O & Soysal Y (2010). Drying properties and quality parameters of dill dried with intermittent and continuous microwave-convective air treatments. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **16**: 26-36
- Feng H & Tang J (1998). Microwave finish drying of diced apple slices in a spouted bed. *Journal of Food Science* **63**(4): 679-683
- Figiel A (2009). Drying kinetics and quality of vacuum-microwave dehydrated garlic cloves and slices. *Journal of Food Engineering* **94**: 98-104
- Ipek M, Ipek A & Simon P W (2008). Genetic characterization of *Allium tuncelianum*: An endemic edible *Allium* species with garlic odor. *Scientia Horticulturae* **115**: 409-415
- Lin T M, Durance T D & Seaman C H (1998). Characterization of vacuum microwave air and freeze dried carrot slices. *Food Research International* **4**: 111-117
- Litvin S, Mannheim C H & Miltz J (1998). Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying. *Journal of Food Engineering* **36**: 103-111
- Lopez A, Iguaz A, Esnoz A & Virseda P (2000). Thin layer drying behaviour of vegetable wastes from wholesale market. *Drying Technology* **18**(4-5): 995-1006
- Madamba P S, Driscoll R H & Buckle K A (1996). The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering* **29**(1): 75-97
- Maskan M (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering* **44**: 71-78
- Maskan M (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering* **48**(2): 177-182
- Midilli A, Kucuk H & Yapar Z (2002). A new model for single-layer drying. *Drying Technology* **20**(7): 1503-1513
- Midilli A & Kucuk H (2003). Mathematical modeling of thin layer drying of pistachio by using solar energy. *Energy Conversion and Management* **44**(7): 1111-1122

- Mohapatra D & Rao P S (2005). A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering* **66**(4): 513-518
- Ozkan I A, Akbudak B & Akbudak N (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* **78**: 577-583
- Park K J, Vohnikova Z & Brod F P R (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). *Journal of Food Engineering* **51**(3): 193-199
- Ren G & Chen F (1998). Drying of American ginseng (*Panax quinquefolium*) roots by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering* **35**: 433-443
- Sablani S S, Rahman M S, Al-Kuseibi M K, Al-Habsi N A, Al-Belushi R H, Al-Marhubi I & Al-Amri I S (2007). Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze-drying. *Journal of Food Engineering* **80**(1): 68-79
- Schiffmann R F (2001). Microwave Processes for the Food Industry. In A K Datta, & R C Ananteswaran (Eds.), *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*. Marcel Dekker, New York, pp. 299-338
- Sharma G P & Prasad S (2001). Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering* **50**: 99-105
- Sharma G P & Prasad S (2006). Optimization of process parameters for microwave drying of garlic cloves. *Journal of Food Engineering* **75**: 441-446
- Soysal Y (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering* **89**(2): 167-173
- Thuwapanichayanan R, Prachayawarakorn S & Soponronnarit S (2014). Heat and moisture transport behaviour and quality of chopped garlic undergoing different drying methods. *Journal of Food Engineering* **136**: 34-41
- Torringa E, Esveld E, Scheewe I, Vanden Berg R & Bartels P (2001). Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *Journal of Food Engineering* **49**(2-3): 185-191
- Tulasidas T N, Ratti C & Raghavan G S V (1997). Modelling of microwave drying of grapes. *Canadian Agricultural Engineering* **39**(1): 57-67
- Wang J & Sheng K (2006). Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT-Food Science and Technology* **39**: 247-255
- Wang Z, Sun J, Chen F, Liao X & Hu X (2007). Mathematical modeling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying. *Journal of Food Engineering* **80**: 536-544
- Yagcioğlu A, Degirmencioğlu A & Cağatay F (1999). Drying characteristic of laurel leaves under different conditions. In: *Proceedings of the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy*, 26-27 May, Adana, Turkey, pp. 565-569
- Yaldız O & Ertekin C (2001). Thin layer solar drying of some vegetables. *Drying Technology* **19**: 583-596



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Isparta İli Elma Bahçelerinden Toplanan *Panonychus ulmi* Koch'nin Bazı Akarisitlere Karşı Duyarlılık ve Detoksifikasyon Enzim Düzeyleri

Yasemin YAMAN^a, Sibel YORULMAZ SALMAN^a, Recep AY^a

^aSüleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Recep AY, E-posta: recepay@sdu.edu.tr, Tel: +90 (246) 211 48 52

Geliş Tarihi: 23 Kasım 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 09 Şubat 2015, Kabul: 15 Şubat 2015

ÖZET

Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *Panonychus ulmi* Koch popülasyonlarının etoxazole, spirodiclofen, hexythiazox'a karşı duyarlılık ve detoksifikasyon (esteraz, glutation-S-transferaz (GST), sitokrom P450 monoxygenaz (P450) ve asetilkolinesteraz (AChE)) enzim düzeyleri belirlenmiştir. Bu amaçla Isparta ili ve ilçelerinden 2012 ve 2013 yılı üretim sezonunda toplam 13 adet *P. ulmi* popülasyonu toplanmıştır. Akarisiter akarlar ilaçlama kulesi-yaprak biyoassay yöntemi ile uygulanmıştır. Elde edilen veriler POLO PC programı ile analiz edilmiş ve LC₅₀ değerleri elde edilmiştir. Tarla popülasyonlarının LC₅₀ değerleri hassas popülasyonun LC₅₀ değerlerine oranlanarak direnç oranları hesaplanmıştır. *P. ulmi* popülasyonlarının spirodiclofen'e karşı direnç düzeyleri <1-1.95 kat, hexythiazox'a <1-2.36 kat ve etoxazole <1-7.30 kat arasında değişmiştir. Bütün popülasyonlarda detoksifikasyon enzim düzeyleri farklı substratlarla biyokimyasal olarak incelemiştir. Detoksifikasyon enzimlerinin düzeyleri popülasyonlara göre değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Panonychus ulmi*; Direnç; Esteraz; GST; P450; AChE

The Sensitivity Against Some Acaricides and the Detoxification Enzyme Levels of *Panonychus ulmi* Koch Collected from Apple Orchards in Isparta

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Recep AY, E-mail: recepay@sdu.edu.tr, Tel: +90 (246) 211 48 52

Received: 23 November 2014, Received in Revised Form: 09 February 2015, Accepted: 15 February 2015

ABSTRACT

Susceptibility of *Panonychus ulmi* Koch populations collected from apple orchards in Isparta province was studied against etoxazole, spirodiclofen and hexythiazox, and their detoxification enzyme (esterase, glutathione-S-transferase (GST), monoxygenaz cytochrome P450 (P450) and acetylcholinesterase (AChE)) levels were determined. For this purpose, 13 *P. ulmi* populations were collected from Isparta province and its districts during summer periods of 2012-2013. Acaricides were applied to mites by spray tower-leaf bioassay method. The data were analyzed by the program POLO PC and LC₅₀ values were calculated. The resistance ratios are calculated by comparing LC₅₀ values of field

populations with LC₅₀ values of the susceptible population. The resistance ratios in *P. ulmi* populations ranged from <1 to 1.95-fold for spirodiclofen, <1 to 2.36-fold for hexythiazox, and <1-7.30-fold for etoxazole. In all population, detoxification enzymes levels were examined biochemically with different substrates. The levels of detoxification enzymes are changed according to populations.

Keywords: *Panonychus ulmi*; Resistance; Esterase; GST; P450; AChE

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Ülkemizde meyvecilik açısından Isparta ve çevresi önemli bir potansiyele sahiptir. Isparta ili uygun ekolojik koşulları nedeniyle elma yetiştiriciliği bakımından ülkemizde önemli bir yeri vardır. Türkiye’de üretilen toplam elma miktarının yaklaşık 1/5’i Isparta’da üretilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2013 verilerine göre ülkemizin elma üretimi 3.128.450 tondur ve bunun yaklaşık 634.862 tonu Isparta’da üretilmektedir (TÜİK 2014). Elma bahçelerinin ana zararlısı elma içkurdu (*Cydia pomonella* L.) olarak bilinmektedir (GTHB 2011).

Elma bahçelerinde, elma içkurdundan sonra en fazla görülen zararlı tür kırmızı örümceklerdir. Avrupa kırmızı örümceği *Panonychus ulmi* Koch. (Acari: Tetranychidae) ve iki noktali kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) elma bahçelerinde önemli zararlara neden olmaktadır. Avrupa kırmızı örümceği, dünyanın meyve yetiştirilen alanlarının çoğunda en önemli zararlılardan biridir. *P. ulmi*, yaprak döken çalılar ve özellikle Rosaceae familyasına ait elma, armut, erik, şeftali gibi ekonomik değeri yüksek olan meyve ağaçlarında bulunmaktadır (Croft 1975).

Isparta ilinde elma üreticileri zararlılara karşı savaşımında çoğunlukla kimyasal savaşımı tercih etmektedirler. Bölgede erken uyarı sistemi kurulu olmasına rağmen üreticiler bundan gereği gibi faydalanmamaktadırlar. Demircan & Yılmaz (2005), Isparta ili elma bahçelerinde bir üretim sezonunda ortalama 12-43 ilaçlama yapıldığını belirtmişlerdir. Elma bahçelerinde yapılan yoğun insektisit uygulaması bahçe içerisindeki tüm zararlı ve yararlı faunası üzerine etkili olmaktadır. Aşırı ilaç kullanımı zararlı türlerde direnç gelişimine, yararlı türlerde ise yan etkiye neden olmaktadır.

Direnç, normal bir popülasyondaki bireylerin çoğunu öldürdüğü tespit edilen bir kimyasal maddenin belirli bir dozuna karşı, aynı popülasyondaki bazı bireylerin tolerans kazanma yeteneğidir (Hemingway 1998). Etkili bir kimyasal savaş yapmak için zararlıların ilaçlara gösterdiği duyarlılık düzeylerinin belirli aralıklarla kontrol edilmesinde ve direnç belirleme yöntemlerinin geliştirilmesinde yarar vardır. Elma bahçelerinin önemli bir zararlısı olan *P. ulmi*’nin yetiştirilmesinin zorluğu nedeniyle ilaçlara duyarlılığı konusunda yapılmış çalışmalar sınırlı sayıdadır. Ayrıca Isparta ve yöresindeki *P. ulmi* popülasyonlarının duyarlılığının belirlendiği bir çalışmada yoktur.

Bu amaçla, Isparta ili elma bahçelerinden toplanan zararlı akar *P. ulmi*’nin kimyasal savaşımında sık kullanılan etoxazole, spirodiclofen ve hexythiazox’a karşı duyarlılık düzeylerinin saptanması, detoksifikasyon enzim aktivelerinin belirlenmesi çalışmanın konusunu oluşturmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. *Panonychus ulmi* popülasyonlarının toplanması ve kültüre alınması

Panonychus ulmi örnekleri Isparta ili elma bahçelerinden 2012 ve 2013 yıllarında toplanmıştır (Çizelge 1). Tesadüfen seçilen elma bahçelerinden toplanan akarlar bulaşık yapraklar naylon poşetlere konarak etiketlenmiş ve buz kapları ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvarına getirilmiştir. Bu amaçla laboratuvara getirilen üzerlerinde *P. ulmi* bulaşık yapraklar Stereo-mikroskop altında kontrol edilmiştir. Akarlı yapraklar, içi su dolu küvetler içerisindeki 2-3 adet elma (*Malus domestica*

Borckhausen) ve erik (*Prunus domestica* Angeleno) fidanına aktararak iklim odalarına alınmıştır. İklim odaları 26±1 °C sıcaklık, % 60-65 nem ve 16:8 aydınlık: karanlık koşullarına ayarlanmıştır. Popülasyonlar yeterli yoğunluğa ulaşınca biyoassay ve biyokimyasal çalışmalara başlanmıştır.

Çalışmalarda karşılaştırma popülasyonu olarak kullanılan ve 1990 yılından bu yana ilaçsız ortamda yetiştirilen *P. ulmi*'nin hassas popülasyonu HS ise Bayer CropScience (Almanya)'den sağlanmıştır ve tarla popülasyonlarında bahsedildiği gibi halen Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde yetiştirilmektedir.

2.2. Akarisitler

Çalışmada hangi akarisitlerin kullanılacağı Isparta Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, ilaç bayileri ve üreticilerle görüşülerek belirlenmiştir. Yapılan bu görüşmeler de Isparta İli elma bahçelerinde kırmızı örümceklere karşı en fazla kullanılan akarisitlerden etoxazole (Zoom 10 SC, 110 g L⁻¹ Sumitomo), spirodiclofen (Envidor SC 240, 240 g L⁻¹ Bayer) ve

hexythiazox (Twister 5 EC, 50 g L⁻¹ Hektaş) aktif maddelerinin ele alınmasına karar verilmiştir.

2.3. LC₅₀ değerlerinin ve direnç oranlarının belirlenmesi

Bu çalışmada, *P. ulmi*'nin yaygın kullanılan ilaçlara karşı duyarlılık ve detoksifikasyon enzim düzeyleri incelenmiştir. Biyoassay denemelerinde kullanılan akarisitler larva dönemine etkili olduğu için larval biyoassay yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla Rauch & Nauen (2002)'in yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır.

LC₅₀ belirleme çalışmalarının tamamında 0-24 saatlik larvalar kullanılmıştır. 0-24 saatlik larvalar ıslak pamuk üzerine yerleştirilmiş erik yaprakları üzerine ince uçlu bir fırça yardımı ile aktarılmıştır. Larvaların yaprak dışına kaçmaması için yaprak disklerin kenarı Tangle trap yapışkan ile çevrelenmiştir. Bu işlere paralel olarak yukarıda özellikleri verilen akarisitlerden 6-7 farklı dozlarda konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Çalışmalarda ilaç formülasyonu kullanılmıştır. Hazırlanan akarisit konsantrasyonları, petrielerde bulunan *P. ulmi* larvaları

Çizelge 1- *Panonychus ulmi* popülasyonlarının toplanma yerleri ve toplanma tarihleri

Table 1- Collection site and date of *Panonychus ulmi* populations

Tür	Örneğin toplandığı yer	Tarih
<i>Panonychus ulmi</i>	HS (Hassas)	22.02.2012
	Balkırı-Eğirdir	13.06.2012
	Tepeli-Eğirdir	13.06.2012
	Eyüpler-Eğirdir	27.06.2012
	Eğirdir gölü kıyısı-Gelendost	13.06.2012
	Eski Gelendost yolu-Gelendost	13.06.2012
	Harmanören-Atabey	13.06.2012
	Ağlıköy-Eğirdir	30.05.2013
	Büyük Gökçeli-Isparta	30.05.2013
	Yalvaç	10.06.2013
	Gönen	30.05.2013
	Büyük Kabaca-Senirkent	10.06.2013
	Gelendost yeni yol	30.05.2013
	Bağlılı-Gelendost	10.06.2013

üzerine doğrudan 1 bar basınçla 2 mL olacak şekilde ilaçlama kulesi ile uygulanmıştır. Kontrolde ise saf su uygulanmıştır. Uygulama yapılan akarlar 20-30 dakika havalandırılarak, 26±1 °C sıcaklık, % 60-65 nem ve 16:8 aydınlık:karanlık koşullarındaki iklim kabinine alınmıştır. Ölü-canlı değerlendirmeleri 7. günde yapılmıştır. Kontroldeki ölümler % 10'u geçmemiştir, kontroldeki ölüm oranları % 10'u geçtiğinde denemeler tekrarlanmıştır. LC₅₀ belirlenmesinde popülasyonlarda yaklaşık % 10 ile % 90 arasında ölüme yol açan ilaç konsantrasyonları kullanılmaya çalışılmıştır. Denemeler en az üç tekerrürlü yapılmıştır. Her petri, bir tekerrür olarak kabul edilmiş ve her petride en az 15 larva olmasına özen gösterilmiştir. Sayım sonuçlarından elde edilen veriler dozlara göre toplanarak POLO paket programında (LeOra Software 1994) probit analiz yöntemiyle popülasyonların LC₅₀ değerleri elde edilmiştir. Direnç oranları, bahçe popülasyonlarının LC₅₀ değerlerinin hassas popülasyonun LC₅₀ değerlerine bölünmesiyle bulunmuştur.

2.4. Biyokimyasal çalışmalar

Biyokimyasal çalışmalarda esteraz, glutation-S-transferaz (GST) ve cytochrome P450 monooksijenaz (P450) enzim aktiviteleri mikropilaka okuyucu cihazlar kullanarak belirlenmiştir. P450 enzimleri iki farklı substratla PNOD (*p*-nitroanisole) ve 7-ECOD (7-Ethoxycoumarin) iki farklı tipteki mikropilaka okuyucuda (fotometrik ve florimetrik) ölçülmüştür.

Panonychus ulmi'nin esteraz enzimlerinin kinetik aktivitesinin incelenmesi: Kinetik esteraz aktivitesinin belirlenmesinde α -naphtylacetate substratı, 96 hücreli düztabanlı mikropilakada Stumpf & Nauen (2002)'in geliştirdikleri yöntemle kullanılmıştır. 20 adet ergin dişi % 0.1 Triton X-100 içeren 100 μ L sodyum fosfat buffer (0.1 M, pH 7.5) içinde plastik pestle yardımıyla eppendorf tüplerde ezilmiştir. Bu homojenat 10000 g ve +4 °C'da 5 dakika santrifüj edildikten sonra supernatant kısmı enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. Mikropilaka hücrelerine önce 25 μ L 0.2 M fosfat buffer (pH 6) ve üzerine 10 kez seyreltilen enzim kaynağından 25 μ L konulmuştur. Esteraz enziminin kinetik okuması

200 μ L substrat solüsyonunun eklenmesiyle başlatılmıştır. Substrat solüsyonu 30 mg Fast blue RR tuzunun 50 mL 0.2 M sodyum fosfat buffer (pH 6)'da çözülmesi ve bu karışıma 500 μ L 100 mM α -naphtylacetate'ın ilavesiyle elde edilmiştir. Enzim aktivitesi 23 °C ve 450 nm'de 10 dakika süreyle mikropilaka okuyucuda (Versamax, Molecular Devices) okunmuştur. Kontrol ise homojenatsız olarak okunmuştur. Enzim okumaları en az üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Panonychus ulmi'nin GST enzimlerinin kinetik olarak incelenmesi: GST enziminin kinetik olarak belirlenmesinde de Stumpf & Nauen (2002)'in geliştirdikleri yöntem kullanılmıştır. 30 ergin dişi 300 μ L Tris HCL buffer (0.05 M, pH 7.5) içinde eppendorf tüplerde plastik pestle kullanılarak ezilmiştir. 100 μ L supernatant 10000 g ve +4 °C'da 5 dakika santrifüj edilmiştir. 100 μ L supernatant, 100 μ L 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) ve 100 μ L reduced glutathione (GSH)'dan oluşan toplam hacim mikropilaka hücrelerine koyulmuştur. Son konsantrasyonda CDNB (% 0.1 v v⁻¹ etanolde) 0.4 mM ve GSH (Tris HCL bufferda) ise 4 mM olacak şekilde hazırlanmıştır. Kontrol hücrelerinde ise sadece CDNB ve GSH homojenatsız olarak okunmuştur. Absorbanstaki değişim 340 nm'de 25 °C'de 5 dakikada okunarak belirlenmiştir. Enzim okumaları en az üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Panonychus ulmi'nin asetilkolinesteraz (AChE) enziminin kinetik olarak incelenmesi: Asetilkolinesteraz belirlenmesinde Stumpf et al (2001) yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. *P. ulmi*'nin 50 ergin dişi eppendorf tüp içinde bulunan 500 μ L % 0.1 Triton X-100 içeren 0.1 M fosfat buffer (1 mL, pH 7.5) içinde plastik pestle ile homojenize edilmiştir. Buz içinde 20 dakika dokuların çözülmesi beklendikten sonra, homojenat 10000 g, 4 °C'de 5 dakika santrifüj edilerek elde edilen supernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. AChE aktivitesini ölçmek için mikropilaka hücrelerine 100 μ L acetylcholine iodide (ATChI), 100 μ L 5,5-dithiobis (2-nitrobenzoic acid) (DTNB) ve 100 μ L enzim solüsyonu konulmuştur. 300 μ L'lik son konsantrasyonunda her bir maddenin miktarı 0.5 mM olmuştur. AChE

aktivitesi mikropilaka okuyucuda 23 °C'de 412 nm'de 20 dakikada ölçülmüştür. Kontrol hücreleri ise homojenatsız olarak okunmuştur. Okumalar en az üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Panonychus ulmi'nin P450 enziminin fotometrik aktivitesinin incelenmesi: P450 enzim aktivitesinin belirlenmesinde substrat olarak *p*-nitroanisole (PNOD) kullanılmıştır. Bu enzimin belirlenmesinde Rose et al (1995) yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. P450 enzim aktivitesi için popülasyondan yaklaşık 50 adet dişi birey ependorf tüpe alınarak 200 µL homojenizasyon bufferda (0.05 M Tris-HCl+ % 1.15 KCl+1 mM EDTA pH 7.7) ezilerek +4 °C'de 20000 g'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası süpernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. PNOD substratı ile enzim okunması için mikropilakanın her kuyucuğuna 90 µL enzim kaynağı+100 µL 2 mM *p*-nitroanisole eklenerek karışım 30 °C'de 3 dakika inkübe edilmiştir. Reaksiyon 10 µL 9.6 mM NADPH eklenerek başlatılmış, kontrol hücreleri ise homojenatsız olarak okunmuştur. Enzim aktivitesi 405 nm'de 30 °C'de 15 dakika 34 saniye aralıklarla mikropilaka okuyucuda (Versamax, Molecular Devices) okunmuş ve 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Panonychus ulmi'nin P450 enziminin florimetrik aktivitesinin incelenmesi: P450 enziminin florimetrik belirlenmesinde Rauch ve Nauen (2002) uyguladığı metot uyarlanarak kullanılmıştır. *Panonychus ulmi*'nin 100 adet dişisi, 200 µL sodyum fosfat buffer (0.1 M, pH 7.6) içerisinde homojenize edilmiştir. Bu homojenattan 50 µL alınarak mikropilaka hücresine konulduktan sonra üzerine 40 µL sodyum fosfat buffer eklenmiştir. Sonrasında her bir hücreye 2 µL 7-ethoxycoumarin (7-EC) ve 10 µL NADPH eklenmiş ve final konsantrasyonunda 0.4 mM 7-EC ve 1 mM NADP olması sağlanmıştır. Daha sonra bu karışım 30 °C'de 44 g'de 30 dakika çalkalanarak inkübe edilmiştir. Chauret et al (1998)'ün tanımladığı şekilde NADPH uzaklaştırılmıştır. Bu amaçla 10 µL glutathion oksidaz (100 mM su içerisinde) ve 13 µL glutathion redüktaz (1.3 U) eklenmiştir. Oda sıcaklığında 10 dakika bekletildikten sonra bu reaksiyon % 50'lik 125 µL asetonitril [Trizma-basebuffer (0.05 M, pH 10) içerisinde] kullanılarak durdurulmuştur. Florimetrede

(SpectraMax Gemini XS model; Molecular Devices) enzim okuması 390 nm ve 465 nm'de okunmuş ve 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol ise homojenat koyulmamıştır. Elde edilen veriler 7-hydroxycoumarin (7-HC) ile standardize edilmiştir.

Bütün enzim testlerinde toplam protein miktarının belirlenmesinde Bradford (1976) yöntemi kullanılmıştır. Enzimlerin aktivitesi (mOD dakika⁻¹ mg protein⁻¹ veya ng 30 dakika⁻¹ mg protein⁻¹) değeri olarak Softmax PRO yazılımı ile analiz edilmiştir. Veriler SAS-GLM kullanılarak 0.05 standart sapma değeri esas alınarak analiz edilmiştir (SAS 1999).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Biyoassay çalışmalarının sonuçları

Elma bahçelerinde elma içkurdundan sonra en fazla ekonomik kayba neden olan ve en fazla savaşımlı yapılan zararlılardan biri de *P. ulmi*'dir. *P. ulmi*'nin Isparta popülasyonlarının yaygın kullanılan üç akarisit (Spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole) karşı duyarlılık düzeyleri incelenmiştir. Bu üç akarisit karşı sadece bir popülasyon dışında önemli bir duyarlılık kaybı belirlenmemiştir. Direnç düzeyleri; LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerine göre sırasıyla spirodiclofen'e <1-1.95 kat ve <1-2.9 kat, hexythiazox'a <1-2.36 kat ve <1-2.17 kat, ve etoxazole'e <1-7.30 kat ve <1-7.25 kat arasında değişmiştir. Etoxazole LC₅₀ ve LC₉₀ değerine sadece bir popülasyonda (Eyüpler-Eğirdir) 7.30 ve 7.25 kat direnç belirlenmiştir (Çizelge 2, 3 ve 4).

3.2. Biyokimyasal çalışmalarının sonuçları

Panonychus ulmi popülasyonlarının detoksifikasyon enzimleri incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Her yılın popülasyonları ve hassas popülasyon kendi içlerinde karşılaştırılmıştır. Çizelge 5'de görüldüğü gibi 2012 ve 2013 yılında toplanan *P. ulmi* popülasyonlarının esteraz enzim aktiviteleri popülasyonlara göre değişmiştir. Her iki yılda da en az esteraz enzim düzeyi hassas HS popülasyonunda belirlenmiştir. 2012 yılında bir popülasyonun, 2013 yılında da beş popülasyonun esteraz enzim düzeyi istatistiki olarak hassas HS popülasyonundan önemli derecede yüksek çıkmıştır (P<0.05) (Çizelge 5).

Çizelge 2- *Panonychus ulmi* popülasyonlarında spiroadiclofen için elde edilen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları*Table 2- LC₅₀ value and resistance ratio for spiroadiclofen in *Panonychus ulmi* populations*

Popülasyon	n**	Eğim±SH	LC ₅₀ µL 100 mL ⁻¹ (% 95 güven aralıkları)	LC ₅₀ Direnç oranı***	LC ₉₀ Direnç oranı***
HS (hassas)	311	1.402±0.213	20.160 13.532-29.071	-	-
Balkırı-Eğirdir	291	1.374±0.220	21.821 14.165-31.778	1.08	1.12
Tepeli-Eğirdir	303	1.178±0.200	39.478 26.420-64.286	1.95	2.9
Eyüpler-Eğirdir	347	1.445±0.206	36.002 24.066-51.078	1.79	1.6
Eğirdir gölü kıyısı- Gelendost	409	1.283±0.175	35.669 15.008-74.555	1.77	2.1
Eski Gelendost yolu-Gelendost	291	1.614±0.206	11.571 6.211-18.440	<1	<1
Harmanören- Atabey	274	1.912±0.240	12.548 7.146-19.313	<1	<1
Ağılköy	339	2.356±0.298	16.347 12.235-20.690	<1	<1
Büyük Gökçeli	355	2,047±0.249	15.357 11.496-19.606	<1	<1
Gelendost yeni yol	350	1.744±0.248	24.259 17.127-32.670	1.2	<1
Gönen	352	2.145±0.306	19.007 13.853-24.305	<1	<1
Büyük Kabaca	381	1.843±0.212	21.619 15.657-28.373	1.08	<1
Yalvaç	347	2.666±0.316	10.153 7.976-12.465	<1	<1
Bağlılı	329	2.863±0.388	13.816 10.580-17.088	<1	<1

*, çalışmada verilen dozlar formülasyon üzerindedir; **, n: denemede kullanılan birey sayısı; ***, direnç oranı= bahçe popülasyonlarının LC₅₀ veya LC₉₀ değeri/hassas popülasyonun LC₅₀ veya LC₉₀ değeri

Çizelge 3- *Panonychus ulmi* popülasyonlarında hexythiazox için elde edilen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları*
Table 3- LC₅₀ value and resistance ratio for hexythiazox in *Panonychus ulmi* populations*

Popülasyon	n**	Eğim±SH	LC ₅₀ µL 100 mL ⁻¹ (% 95 güven aralıkları)	LC ₅₀ Direnç oranı***	LC ₉₀ Direnç oranı***
HS (hassas)	318	1.383±0.198	28.685 14.823-49.005	-	-
Balkırı-Eğirdir	281	1.829±0.257	21.905 11.370-38.296	<1	<1
Tepeli-Eğirdir	224	1.285±0.314	44.126 24.407-88.484	1.53	1.8
Eyüpler-Eğirdir	241	1.192±0.257	18,345 8.900-31.497	<1	<1
Eğirdir gölü kıyısı- Gelendost	379	1.963±0.352	53.676 25.300-87.240	1.87	<1
Eski Gelendost yolu-Gelendost	297	1.442±0.432	67.933 40.086-120.704	2.36	2.17
Harmanören- Atabey	250	1.303±0.389	46.162 21.657-83.307	1.61	1.8
Ağılköy	385	2.647±0.350	24.885 18.954-30.711	<1	<1
Büyük Gökçeli	368	2.913±0.386	25.290 19.791-30.698	<1	<1
Gelendost yeni yol	340	1.723±0.234	34.447 25.898-45.475	1.2	<1
Gönen	352	2.235±0.264	26.160 20.251-32.556	<1	<1
Büyük Kabaca	365	2.664±0.382	23.185 17.145-28.941	<1	<1
Yalvaç	338	2.282±0.271	21.887 16.555-27.703	<1	<1
Bağlılı	356	2.398±0.306	18.188 13.607-22.905	<1	<1

*, çalışmada verilen dozlar formülasyon üzerindedir; **, n: denemede kullanılan birey sayısı; ***, direnç oranı= bahçe popülasyonlarının LC₅₀ veya LC₉₀ değeri/hassas popülasyonun LC₅₀ veya LC₉₀ değeri

Çizelge 4- *Panonychus ulmi* popülasyonlarında etoxazole için elde edilen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları*
Table 4- LC₅₀ value and resistance ratio for etoxazole in *Panonychus ulmi* populations*

Popülasyon	n**	Eğim±SH	LC ₅₀ µL 100mL ⁻¹ (% 95 güven aralıkları)	LC ₅₀ Direnç oranı***	LC ₉₀ Direnç oranı***
HS (hassas)	241	1.287±0.210	59.944 28.291-118.341	-	-
Balkırı-Eğirdir	209	1.387±0.214	121.409 48.535-247.178	2.03	1.7
Tepeli-Eğirdir	330	1.596±0.183	37.406 27.940-48.276	<1	<1
Eyüpler-Eğirdir	269	1.291±0.209	437.292 188.411-1003.522	7.30	7.25
Eğirdir gölü kıyısı-Gelendost	241	1.882±0.267	115.790 82.270-154.627	1.93	<1
Eski Gelendost yolu-Gelendost	350	1.502±0.175	94.718 70.522-123.508	1.58	1.13
Harmanören- Atabey	341	1.281±0.170	122.091 58.658-219.075	2.04	2.06
Ağilköy	446	2.066±0.316	156.289 109.134-202.685	2.6	1.09
Büyük Gökçeli	406	1.603±0.179	86.330 63.064-113.515	1.4	<1
Gelendost yeni yol	396	1.388±0.178	123.349 83.607-173.037	2.05	1.7
Gönen	452	1.526±0.161	46.353 32.246-62.839	<1	<1
Büyük Kabaca	400	1.914±0.242	74.857 52.796-98.215	1.2	<1
Yalvaç	404	1.576±0.190	105.228 73.554-142.197	1.75	1.1
Bağlılı	420	2.134±0.250	79.976 59.144-102.188	1.3	<1

*, çalışmada verilen dozlar formülasyon üzerindedir; **, n: denemede kullanılan birey sayısı; ***, direnç oranı= bahçe popülasyonlarının LC₅₀ veya LC₉₀ değeri/hassas popülasyonun LC₅₀ veya LC₉₀ değeri

Panonychus ulmi'nin 2012 ve 2013 yılında toplanan popülasyonlarının GST enzim düzeyleri popülasyonlara göre değişmiştir (Çizelge 5). GST enzim düzeyi 2012 yılında 4 popülasyonda, 2013 yılında ise 3 popülasyonda hassas HS popülasyonuna göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Diğer popülasyonların GST aktivitesi ise ya hassas HS popülasyonu ile aynı düzeyde ya da daha düşük düzeyde bulunmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 5).

Panonychus ulmi popülasyonlarının AChE aktiviteleri de incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. *P. ulmi*'nin 2012 ve 2013 yılında toplanan popülasyonlarının AChE aktivite düzeyleri popülasyonlara göre değişiklik göstermiştir (Çizelge 5). AChE enzim düzeyi sadece 2012 yılında iki popülasyonda hassas HS popülasyonundan önemli derecede yüksek çıkmıştır, 2012 yılında toplanan diğer popülasyonları ise hassas HS popülasyonu ile aynı düzeyde ya da daha düşük düzeylerde bulunmuştur. 2013 yılında toplanan bütün popülasyonların AChE enzim düzeyleri hassas HS popülasyonunki ile istatistik olarak aynı düzeyde olmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 5).

Panonychus ulmi'nin P450 enzimi; PNOD substratı ile mikropalakada okuyucuda kinetik ve 7-Ethoxycoumarin substratı ile florimetre de endpoint olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. *P. ulmi* popülasyonlarının PNOD ile elde edilen sonuçlarına göre popülasyonları P450 enzim aktiviteleri arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır ($P<0.05$) (Çizelge 5). Ancak 7-Ethoxycoumarin ile elde edilen sonuçlara göre popülasyonlar arasında önemli derecede farklılıklar belirlenmiştir. 2012 yılında toplanan bütün popülasyonların P450 aktiviteleri arasında önemli derecede farklılıklar belirlenmiştir. En düşük P450 enzim aktivitesi Eski Gelendost yolu-Gelendost popülasyonunda belirlenirken, en yüksek P450 enzim aktivitesi ise Harmanören-Atabey popülasyonunda belirlenmiştir. *P. ulmi*'nin 2013 yılında toplanan popülasyonlarında da P450 enzimi florimetrik okumalarında popülasyonlar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. En düşük P450 enzim aktivitesi Bağlılı popülasyonunda belirlenirken en yüksek P450 enzim aktivitesi ise Büyük Gökçeli popülasyonunda belirlenmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 5).

Elde edilen bulgulara bağlı olarak uygulanan ilaçlara karşı popülasyonlarda, hassas popülasyona oranla önemli ölçüde bir duyarlılık kaybı belirlenmemiştir. Thwahite (1991), Avustralya'da 1984-1987 yıllarında *P. ulmi*'ye karşı clofentezine ve hexythiazox kullanıldığını ve 1988 yılında clofentezine'e direnç geliştiğini bildirmiştir. Buna ilaveten aynı araştırmacı Doğu Avustralya'daki elma bahçelerinden toplanan 23 *P. ulmi* popülasyonunun clofentezine'e, bunlardan 19'unun aynı zamanda hexythiazox'a dirençli olduğunu rapor etmişlerdir. Yu et al (2011), *Panonychus citri* McGregor'yi spirodiclofen ile selekte etmişlerdir ve 51.2 kat direnç geliştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca seleksiyon maruz bırakılan popülasyonun çapraz direnç çalışmalarında spirotramat, abamectin, hexythiazox, pyridaben, fenprothrin, fenbutatinoxide, fenpyroximate, clofentezine, chlorfenapyr, bifenthrin ve amitraz'a sırasıyla; 29.5, 2.3, 1.2, 3.7, 1.6, 0.9, 4.7, 1.8, 2.1, 1.8 ve 2.7 kat direnç belirlenmişlerdir. Yukarıda verilen çalışmalarda da görüldüğü gibi *P. ulmi* popülasyonları birçok akarite direnç geliştirebilmektedir. Ancak bu sonuçlara göre Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *P. ulmi* popülasyonlarında çalışmada kullanılan akarisitlere karşı bir duyarlılık kaybı belirlenmemiştir. Bunun nedenlerinin başında Isparta ilinde bulunan elma bahçelerinde avcı akar *Neoseiulus californicus* (McGregor)'un yaygın olmasıdır. Bu çalışma sırasında ve daha önceki yapmış olduğumuz çalışmalarda topladığımız akar popülasyonlarının % 50'sinden fazlasının bu avcı akar ile bulaşık olduğu belirlenmiştir (Yorulmaz-Salman & Ay 2012; Yorulmaz-Salman & Ay 2013; Yorulmaz-Salman et al 2014). Ayrıca bölgede üreticiler zararlı akar ve diğer böceklerle karşı çok fazla ve farklı etkili maddeye sahip ilaç kullanmaktadır. Buda akarlarda direnç gelişimini önlemiş olabilir.

Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *P. ulmi* popülasyonlarının esterase, GST, AChE ve P450 ve enzimlerinin aktiviteleri farklı yöntemlerle incelenmiştir. *P. ulmi* popülasyonlarının detoksifikasyon enzim düzeylerinde farklılıklar sonuçlar belirlenmiştir. Rauch & Nauen (2002), spirodiclofen ile 37 kez selekte ettikleri *T. urticae* popülasyonunda 13 kat direnç geliştiğini ve spirodiclofenin PBO ile 3.8

Çizelge 5- *Panonychus ulmi* popülasyonlarının detoksifikasyon enzim aktiviteleri**Table 5- Detoxification enzyme activities in *Panonychus ulmi* populations**

Popülasyon	Esteraz		GST		AChE		P450 (PNOD)		P450 (7-ECOD)	
	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg 30 dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹
2012 yılı popülasyonları										
HS (hassas)	16.426±2.09 (4)* b**		4.462±0.36 (4) cd		0.017924±0.0017 (4) bc		0.015635±0.0034 (3) a		0.449938±0.0003 (4) e	
Balkırı-Eğirdir	23.246±2.09 (4) ab		6.238±0.36 (4) b		0.015916±0.0019 (3) c		0.013822±0.0034 (3) a		0.423965±0.0003 (4) f	
Tepeli-Eğirdir	24.313±2.09 (4) a		7.384±0.36 (4) a		0.019379±0.0019 (3) abc		0.017319±0.0034 (3) a		0.47028±0.0003 (4) c	
Eyüpler-Eğirdir	19.252±2.09 (4) ab		5.916±0.36 (4) b		0.024736±0.0019 (3) a		0.013708±0.0034 (3) a		0.451038±0.0003 (4) d	
Eğirdir gölü kıyısı-Gelendost	19.705±2.09 (4) ab		6.258±0.36 (4) b		0.018807±0.0019 (3) abc		0.014671±0.0029 (4) a		0.473831±0.0003 (4) b	
Eski Gelendost yolu-Gelendost	22.947±2.09 (4) ab		5.145±0.36 (4) cb		0.022833±0.0017 (4) b		0.019368±0.0034 (3) a		0.39668±0.0003 (4) g	
Harmanören-Atabey	22.203±2.09 (4) ab		3.979±0.36 (4) d		0.024608±0.0017 (4) a		0.016359±0.0034 (3) a		0.496948 ±0.0003 (4) a	
2013 yılı popülasyonları										
HS (Hassas)	17.78±0.90 (3) c		3.71±0.11 (4) d		0.025031±0.0017 (4) ab		0.015947±0.0029 (4) a		0.5235593±0.0002 (4) c	
Ağilköy	20.93±0.90 (3) b		2.13±0.12 (3) e		0.021127±0.0017 (4) b		0.014723±0.0029 (3) a		0.5667890±0.0002 (4) b	
Büyük Gökçeli	21.64±0.90 (3) b		4.28±0.11 (4) b		0.022123±0.0017 (4) ab		0.014493±0.0025 (4) a		0.5724380±0.0002 (4) a	
Gelendost yeni yol	26.28±0.90 (3) a		3.72±0.11 (4) d		0.025167±0.0019 (4) ab		0.018846±0.0025 (4) a		0.4223370±0.0002 (4) g	
Gönen	24.99±0.78 (4) a		5.15±0.11(4) a		0.025922±0.0017 (4) ab		0.012113±0.0025 (4) a		0.4751326±0.0002 (4) d	
Büyük Kabaca	16.10±0.90 (3) c		4.04±0.12 (3) bcd		0.021037±0.0017 (4) b		0.011595±0.0029 (3) a		0.4227619±0.0002 (4) g	
Yalvaç	17.06±0.78 (4) c		3.89±0.11 (4) cd		0.027629±0.0017 (4) a		0.01121±0.0025 (4) a		0.4349749±0.0002 (4) e	
Bağlılı	22.39±0.78 (4) b		4.25±0.11 (4) bc		0.024015±0.0017 (4) ab		0.010566±0.0025 (4) a		0.4280302±0.0002 (4) f	

*, parentez içindeki değerler tekerrür sayısı; **, istatistikî karşılaştırmalar her enzim için ait olduğu yıla ait popülasyonların karşılaştırmasıdır

kat, prefonos ile 2.1 ve DEM ile 1.4 kat sinerjistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada seleksiyon popülasyonunda esteraz enziminin ve GST enziminin 1.2 kat P450 enziminin ise 2.1 kat arttığı bildirmişlerdir. Van Pottelberge et al (2009), spirodiclofen ile selekte ettiği *T. urticae* popülasyonunun spirodiclofen'e 5 ayda 274 kat direnç geliştirdiği ve spirodiclofen'in PBO ile 3.5 kat DEF ile 3.3 kat ve DEM ile 1 kat sinerjistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Kramer & Nauen (2011), Avrupa'dan topladıkları 63 farklı *P. ulmi* popülasyonlarının bazılarında düşük ve orta düzeyde direnç belirlemişlerdir. Laboratuvarında spirodiclofen'le selekte ettikleri bir popülasyonda 6 ayda 7000 kattan fazla direnç gelişmiştir. Bu popülasyonda spirodiclofenle en iyi sinerjistik etkiyi PBO'nun gösterdiğini bildirmişlerdir. Pree et al (2005), yaptıkları çalışmada etoxazole dirençli *P. ulmi*'nin clofentezine ve hexthizox'a karşı direnç geliştirdiğini belirtmişlerdir. Kumral & Kovancı (2007), Bursa ilinin elma bahçelerinden topladıkları *P. ulmi*'nin LC₅₀ değerine göre amitraz, dicofol, bromopylate ve fenpyroximate karşı sırasıyla 2.2-11.9, 0.8-3.6, 1.0-22.5 ve 0.9-7.9 kat direnç bulmuşlardır. Kumral et al (2009), ise yine aynı bölgeden topladıkları *P. ulmi* popülasyonlarında chlorpyrifos ve lambda-cyhalothrin'e karşı 6.0-35.6 ve 0.7-5.7 kat direnç belirlemişler ve direncin esteraz ve GST ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Elde edilen sonuçlara göre *P. ulmi*'de bu ilaçlara önemli bir ölçüde direnç belirlenmediği ve sinerjistler ile çalışma koşulları oluşmadığı için çalışmada kullanılan ilaçların direnç mekanizmaları hakkında yorum yapmak mümkün değildir. Ancak bazı popülasyonlarda bazı detoksifikasyon enzimlerinin yüksek olması, diğer bazı ilaçlara karşı direnç geliştirmiş olabileceğine işaret etmektedir.

4. Sonuçlar

Zararlılarla savaşmada kimyasalların yoğun kullanımı, birçok probleme neden olmaktadır. Bunlardan bazıları, hedef dışı organizmalar ve faydalıların yok edilmesi, üründe kalıntı, çevre kirliliği ve organizmalarda direnç gelişimidir. Yaprakbiti, kırmızıörümcek gibi zararlılar kısa sürede döl vermesi nedeniyle tarım ilaçlarına

hızlı direnç geliştirebilmektedirler. *P. ulmi*'ye karşı sadece kimyasal mücadelenin tercih edilmesi durumunda direnç problemlerinin ortaya çıkma olasılığı artmaktadır. Auger et al (2003), Fransa'da bazı elma bahçelerinde *P. ulmi*'ye karşı kullanılan METI akarisitlerin etkisiz olduğunu ve laboratuvarında yapılan çalışmalarda *P. ulmi* popülasyonlarının fenazaquine'e karşı 19.8-38.8 kat ve tebufenpyrad'e karşı 16.8-39.8 kat direnç geliştirdiğini belirlemiştir. Elma bahçelerinde kimyasal mücadele yerine diğer mücadele yöntemlerinin üreticilere özendirilmesi gerekmektedir. Özellikle zararlıları baskı altına aldığı bilinen yararlı popülasyonlar üzerinde daha çok çalışılmalıdır. Akarisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki yan etkileri belirlenmelidir, arazideki mücadelelerde faydalı organizmaların direnç gösterdiği, zararlı kırmızıörümceklerin ise duyarlı olduğu akarisitler tercih edilmelidir. Kimyasal mücadele kaçınılmaz ise popülasyonlarda direnç düzeyleri sürekli olarak izlenmeli ve mücadelede hiç yada en düşük direnç gelişen akarisitler tercih edilmelidir. Geniş etki mekanizmasına sahip akarisitler yerine spesifik olanları kullanılmalı, aynı etki mekanizmasına sahip veya aynı grup akarisitler sürekli kullanılmamalı ve ilaç uygulamalarında rotasyon yapılmalıdır.

Teşekkür

P. ulmi'nin hassas popülasyonu HS'yi gönderen Dr. Ralf Nauen (Bayer CropScience, Almanya)'e ve bu çalışmada elma bahçelerinden toplanan kırmızı örümceklerin teşhisini yapan Prof. Dr. Sultan ÇOBANOĞLU (Ankara Üniversitesi)'na teşekkür ederiz. Çalışmamıza maddi katkı sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu-TÜBİTAK (TOVAG, 11O631 nolu proje) ve Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (3650-YL1-13 nolu proje)'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Auger P, Bonafos R, Guichou S & Kreiter S (2003). Resistance to fenazaquin and tebufenpyrad in *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) populations from South of France apple orchards. *Crop Protection* 22: 1039-1044

- Bradford M M (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* **72**: 248-254
- Chauret N, Gauthier A & Nicoll-Griffith D A (1998). Effect of common organic solvents on in vitro cytochrome P450-mediated metabolic activities in human liver microsomes. *Drug Metabolism and Disposition* **26**: 1-4
- Croft B A (1975). Integrated Control of Apple Mites. Michigan State University Extension Service Bulletin E-825
- Demircan V & Yılmaz H (2005). Isparta ili elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi. *Ekoloji* **14**(57): 15-25
- GTİHB (2011). Elma Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı 188, Ankara
- Hamingway J (1998). Techniques to Detect Insecticide Resistance Mechanisms (Field and Laboratory Manual). World Health Organization Department of Disease Prevention and Control WHO Communicable Diseases U.S.A
- Kramer T & Nauen R (2011). Monitoring of spirodiclofen susceptibility in field populations of European red mites, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae), and the cross-resistance pattern of a laboratory selected strain. *Pest Management Science* **67**: 1285-1293
- Kumral N A & Kovancı B (2007). Susceptibility of female populations of *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari:Tetranychidae) to some acaricides in apple orchards. *Journal of Pest Science* **80**: 131-137
- Kumral N A, Susurluk H, Gençer N S & Gürkan M O (2009). Resistance to chlorpyrifos and lambda-cyhalothrin along with detoxifying enzyme activities in field-collected female populations of European red mite. *Phytoparasitica* **37**: 7-15
- Leora Software (1994). Polo-pc: a User's Guide to Probit or Logit Analysis Leora Software, 28 pp., Berkeley, CA
- Pree D J, Whitty K J & Driel L V (2005). Baseline susceptibility and cross resistances of some new acaricides in the European red mite, *Panonychus ulmi*. *Experimental and Applied Acarology* **37**: 165-171
- Rauch N & Nauen R (2002). Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): A biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **74**(2): 91-101
- Rose R L, Barbhuiya R, Roe G, Rock E & Hodgson E (1995). Cytochrome p-450 associated insecticide resistance and the development of biochemical diagnostic assays in *Heliothis virescens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **51**: 178-191
- SAS (1999). Statistical Analysis Systems User's Guide, 8th Edn. SAS Institute INC, Raleigh
- Stumpf N, Zebitz C P W, Kraus W, Moores G D & Nauen R (2001). Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* **69**: 131-142
- Stumpf N & Nauen R (2002). Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* **72**: 111-121
- Thwahite W G (1991). Resistance to clofentezine and hexythiazox in *Panonychus ulmi* from apples in Australia. *Experimental and Applied Acarology* **11**: 73-80
- TÜİK (2014). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 6.5.2014)
- Van Pottelberge S, Van Leeuwen T, Khajehali J & Tirry L (2009). Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spirodiclofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science* **65**(4): 358-366
- Yorulmaz-Salman S & Ay R (2012). Isparta ili elma bahçelerinden toplanan avcı akar *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının bazı akarisitlere karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmaları. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* **16**(2): 122-132
- Yorulmaz-Salman S & Ay R (2013). Avcı akar *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının üç farklı akarosite karşı duyarlılık ve detoksifikasyon enzim düzeylerinin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi* **37**(1): 105-116
- Yorulmaz-Salman S, Aydın F & Ay R (2014). Predator akar *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)'un dört farklı popülasyonunun spirodiclofen, hexythiazox, etoxazole karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmalarının belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi* **5**(1): 81-98
- Yu D Y, Wang C F, Yu Y, Huang Y Q, Yao J A & Hu J F (2011). Laboratory selection for spirodiclofen resistance and cross-resistance in *Panonychus citri*. *African Journal of Biotechnology* **10**: 3424-3429



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Patlıcanda Akar (Acari) Biyolojik Çeşitliliği ve Baskın Türlerin Popülasyon Dalgalanması

Nabi Alper KUMRAL^a, Sultan ÇOBANOĞLU^b

^aUludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, TÜRKİYE

^bAnkara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Nabi Alper KUMRAL, E-posta: akumral@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 15 76

Geliş Tarihi: 08 Aralık 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 10 Şubat 2015, Kabul: 15 Şubat 2015

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin farklı ekolojilerine sahip Bursa ve Ankara illerinde patlıcanelerde 2009-2011 yıllarında akar tür çeşitliliği ve baskın akar türlerinin popülasyon dalgalanmasını saptamak amacıyla yürütülmüştür. Bu çalışmada saptanan 32 tür içinden bitki zararlısı *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) ve avcı *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) baskın türler olarak belirlenmiştir. Acari takımı içinde Phytoseiidae 11 türle en zengin familya olmasına rağmen, sadece beş türe sahip Tetranychidae familyası tüm örneklerin % 85'ini oluşturmuştur. Kozmopolit bitki zararlısı tür *T. urticae* ile avcı tür *Neopronematus rapidus* (Kuznetsov) (Acari: Iolinidae) her iki ilde de saptanırken, diğer türlerin varlığı iller arasında farklılık göstermiştir. *Typhlodromus (Anthoseius) pycnosoma* (Swirski & Ragusa) (Phytoseiidae), *N. rapidus* ve *Zygoribatula frisiae* (Oudemans) (Acari: Oribatidae) türleri ise Türkiye faunası için ilk kayıt olmuştur. Her iki ilde de akar tür çeşitliliğini artıran grup avcı akarlar olmuştur. Bursa'da 2010 yılında patlıcaneler üzerinde bitki zararlısı akar *T. urticae*'nin popülasyon yoğunluğu Haziran başında artmaya başlamış ve Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim başlarında dört tepe noktası oluşturmuştur. Çalışmanın ikinci yılında Haziran başındaki yoğun yağışlar nedeniyle erginler Haziran ortasında çıkmaya başlamış ve Temmuz ve Ağustos başı ve sonunda 3 tepe noktası meydana getirmiştir. Ankara'da ise *T. urticae*'nin 2010 yılında Ağustos, Eylül ve Ekim başında belirgin olarak üç tepe noktası oluşturduğu belirlenmiştir. Genellikle *T. urticae* ve avcı akarlar aynı dönemlerde görülmüş olup, özellikle avcı türlerden *N. californicus* bu zararlının popülasyonuna belirgin olarak sayısal tepki oluşturmuştur. Phytoseiid popülasyonları Ağustos başından Ekim başına kadar artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Zararlı akarlar; Avcı akarlar; Popülasyon; Biyoçeşitlilik; Patlıcan

The Mite (Acari) Biodiversity and Population Fluctuation of Predominant Species in Eggplant

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Nabi Alper KUMRAL, E-mail: akumral@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 15 76

Received: 08 December 2014, Received in Revised Form: 10 February 2015, Accepted: 15 February 2015

ABSTRACT

A study was carried out in order to determine the mite species-diversity and population fluctuations on eggplant in two provinces (Bursa and Ankara) which were located in different ecological areas of Turkey during 2009-2011. Among thirty two species, predominant pest and predator species were *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) and *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) on eggplant. Although Phytoseiidae had the greatest richness with eleven species, five species of Tetranychidae had formed 85% of mite species. Although the cosmopolite pest species, *T. urticae*, and predatory species *Neopronematus rapidus* (Kuznetsov) (Acari: Ionilidae) were found the shared, the mite species diversity between provinces was very different. *Typhlodromus (Anthoseius) psyllakisi* (Swirskii & Ragusa) (Phytoseiidae), *N. rapidus* and *Zygoribatula frisiae* (Oudemans) (Acari: Oribatidae) were found as the first record for Turkey's fauna. The group increasing mite diversity was predatory mites in both provinces. The population density of *T. urticae* on eggplant began to increase in early June and occurred four peaks in early July, August, September and October of 2010 in Bursa. Whereas, in 2011, the mites emerged in mid June and peaked three times in early July, early and late August due to intense rainfall in early June. In Ankara, spider mite populations were occurred three peaks in early August, September and October of 2010 year. *Tetranychus urticae* and predatory mites were observed similar time period with those on eggplant and especially *N. californicus* existed in a stronger clear numerical response to *T. urticae* population. Phytoseiids on eggplant fields emerged in early August and increased until early October.

Keywords: Plant parasitic mites; Predatory mites; Population; Bio-diversity; Eggplant

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Patlıcan, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) besleyici rolü ile önemli bir sebze türüdür. Dünya'daki en önemli patlıcan yetiştirici ülke 29 milyon ton üretim ile Çin olup, bu ülkeyi Hindistan, Mısır ve 799 bin ton üretim ile Türkiye izlemektedir (FAO 2012). Ülkemizde en yüksek üretim 359.357 ton ile Akdeniz bölgesinde olmakla birlikte, Marmara Bölgesi (Bursa bölgenin % 40'ını karşılamakta)nde 89.563 ton; Orta Anadolu'da 9.400 ton (Ankara bölgenin % 23'ünü oluşturmakta) patlıcan üretilmektedir (TÜİK 2012). Patlıcan üzerinde bugüne kadar yapılan faunistik çalışmalarda yaklaşık 10 zararlı ve avcı akar türü belirlenmiştir (Öngören et al 1975; Çobanoğlu 1989; Çıkman et al 1996; Kumral & Kovancı 2005; Can & Çobanoğlu 2010; Özşişli & Çobanoğlu 2011; Reddy et al 2011). Patlıcan üretiminde gerek nicelik gerekse nitelik yönünden ürün kayıplarına neden olan kırmızıörümcek türleri *Tetranychus urticae* (Koch) ve *T. cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae) patlıcanın ana zararlılarından (Soysal & Yayla 1988; Grewal 1992; Kapoor et al 1997; Yaşarakıncı & Hıncal 1997; Singh & Singh 1999; Brar et al 2003; Leite et al 2003; Kumral & Kovancı 2005; Özşişli & Çobanoğlu 2011). Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu iki türün aslında tek tür olduğunu ve kırmızı ve yeşil

morfolojik formları bulunduğunu göstermiştir (Auger et al 2013). Tarımsal üretimde kırmızıörümceklerin yanında zararlı böcek türlerine karşı yoğun ilaç kullanımı hem doğal düşmanların popülasyonlarının azalmasına hem de çevre kirliliğine neden olmaktadır (Yu 2008). Kontrolsüz ilaçlamalar sonucunda doğal düşman tür çeşitliliğinin azalması veya popülasyonlarının düşmesiyle kırmızıörümceklerden kaynaklanan zarar oranında bir artış gözlenmiştir (Kumral & Kovancı 2005). Nitekim ülkemizde yapılan bir çalışmada kırmızıörümcek türlerinin (*T. urticae* ve *T. cinnabarinus*) popülasyonlarının üretim dönemi boyunca 2 veya 3 kere ekonomik zarar eşiği üzerine çıktığı bildirilmektedir (Soysal & Yayla 1988). Diğer taraftan, kırmızıörümceklerle mücadelede avcı akar türleri olan phytoseiidler önemli yer tutmaktadır. Günümüzde birçok phytoseiid türü patlıcandaki hem kırmızıörümceklerin hem de beyazsinek ve thripslerin savaşımı için ticari olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Moon et al 2006; Stansly et al 2009; Shibao et al 2009). Ayrıca, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxide, Stigmaeidae ve Iolinidae familyasından bazı avcı türler patlıcanda belirlenmiştir (Kumral & Kovancı 2005). Ulaşılabilen kaynaklara göre bugüne kadar patlıcanda bazı faunistik ve popülasyon dalgalanması çalışmaları yürütülmüş olup, hiçbirinde

türlerin biyolojik çeşitliliği ve zararlıların avcı türlerle olan ilişkileri incelenmemiştir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı ülkemizin iki çok farklı ekolojik koşullara sahip (ılıman ve karasal iklim) bölgesinde bulunan Bursa ve Ankara'daki patlıcanlarda bulunan akar türlerinin biyolojik çeşitliliğini ve yoğunluklarını 2009 ve 2010'da yapılan çalışmalarla belirlemektir. Bu çalışmanın diğer bir amacı da Bursa (2010 ve 2011 yılları) ve Ankara'da (sadece 2010 yılında) patlıcanlar üzerinde bulunan baskın akar türlerinin popülasyonlarını izlemek, bunların bitki fenolojisi, iklim etmenleri ve avcı türler arasındaki ilişkilerini saptamaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Biyolojik çeşitlilik çalışmaları

Ankara ve Bursa illerindeki patlıcanlarda bulunan akar türlerini saptamak amacıyla Çizelge 1'de belirtilen farklı ekolojik yapılaraya sahip alanlara 2009 ve 2010 yıllarında Mayıs-Ekim ayları (üretim dönemi boyunca) arasında hava koşullarına bağlı olarak 7-10 gün aralıklarla gidilmiştir. Biyolojik çeşitlilik çalışmalarında iller arasında karşılaştırma yapıldığı için örnekleme yönteminde ve miktarında

homojenlik sağlanmıştır. Bu amaçla, örnekleme için seçilen bahçeler farklı parsel büyüklüğüne sahip olmakla birlikte her bahçenin 1 dekarlık bölümü (50 cm x 20 cm) kullanılarak, bu parsellede tüm alanı temsil edecek şekilde köşegenler boyunca hareket edilmiştir. Her köşegende ilk bitkiden başlamak üzere 6 m (yaklaşık 10 adım) mesafede bir bitkilerin alt ve orta yapraklarından sapıyla birlikte aynı büyüklükte 15 bitkiden 30 yaprak örneği alınmıştır. Steromikroskop ile gözle kontrol edildikten sonra ayıklanan akar örnekleri % 70'lik alkole alınmıştır. Gözden kaçan veya hızlı hareket eden akarları da ayıklamak amacıyla aynı yapraklar Berlese hunisine konularak elde edilen akarlar alkole konulmuştur. Akarların Hoyer ortamında preparasyon işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada yer alan türler teşhis anahtarlarından yararlanılarak Sultan Çobanoğlu tarafından veya yurt dışında ilgili otoritelerle birlikte çalışarak Eddie Ueckermann (Agricultural Research Council, Pretoria, Güney Afrika) ve Maka Murvanidze (Entomology and Biocontrol Research Centre, Ilia State University Tbilisi-Georgia) tarafından teşhis edilmiştir. Akarların beslenme tercihlerine göre (zararlı, avcı ve diğer) tür yoğunlukları, teşhisleri yapılan tüm

Çizelge 1- Örnekleme yapılan yerlerin koordinatları ve yükseklik bilgileri

Table 1- The coordinant and altidute data of sampling areas

	Örnek alınan yerler	Kuzey enlem	Doğu enlem	Yükseklik (m)	Sürvey yılları
Ankara	Ayaş çiftlik*	40.01501	32.14101	680	2009-2010
	Ayaş-1	40.01507	32.15344	708	2009-2010
	Ayaş-2	40.01432	32.14322	685	2009-2010
	Çubuk-1	40.14436	33.0144	998	2009-2010
	Kazan-1*	40.11174	32.39504	873	2009-2010
	Kazan-2	40.10533	32.39469	860	2009-2010
	Kazan-3	40.11011	32.40107	860	2009-2010
	Merkez*	39.57375	32.51527	858	2009-2010
Bursa	Gürsu İğdir-1	40.25527	29.20396	80	2009-2010
	İnegöl Çeltikçi	40.07692	29.47081	298	2009-2010
	İznik Boyalıca	40.49060	29.56414	140	2009-2010
	Karacabey Hotanlı	40.18508	28.25882	5	2009-2010
	Karacabey Küçük karaağaç	40.17895	28.26316	10	2009-2010
	Mustafakemalpaşa Koşuboğazi*	40.04945	28.2584	24	2009-2011
	Nilüfer Uludağ Üniv. Organik Bahçe*	40.22971	28.86043	113	2009-2011
	Orhangazi Merkez*	40.45376	29.70862	86	2009-2011
	Orhangazi Üreğil	40.50674	29.4133	105	2009-2010
	Yenişehir Yolören	40.24346	40.24346	227	2009-2010

*. popülasyon dalgalanması çalışmalarının yürütüldüğü bahçeleri göstermektedir

akarların sayısına oranlanarak hesaplanmıştır. Buna ek olarak, patlıcanda akar biyolojik çeşitlilik parametreleri Shannon Wiener Katsayısı (H') kullanılarak belirlenmiştir (Magurran 2004).

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

Burada; S , türlerin sayısını; p_i , belirli bir türde bulunan bireylerin oranını, \ln , doğal logaritmayı göstermektedir.

2.2. Akar popülasyon dalgalanması

Bursa ilinde 2010 ve 2011 yıllarında patlıcanlar üzerinde saptanan baskın zararlı ve yararlı akar türlerinin popülasyon dalgalanması Orhangazi Merkez, Mustafakemalpaşa (MKP) Koşuboğazı ve Nilüfer Uludağ Üniversitesi'deki Organik bahçelerinde Pala tipi Patlıcan çeşidi yetiştirilen bahçelerde yürütülmüştür (Çizelge 1). Orhangazi Merkez'de bulunan bahçede her iki yıl da thripsler için spinosad ve imidacloprid, akarlar için abamectin, cyhexatin gibi akarisitler 15 gün ara ile kullanılmıştır. Mustafakemalpaşa ve U.Ü. Organik bahçelerde ise üretim dönemi boyunca hiçbir insektisit veya akarisit kullanılmamıştır. Ankara'da popülasyon dalgalanması çalışmaları sadece 2010 yılında Kazan-1, Merkez ve Ayaş çiftlik'de proje ekibinin yetiştiriciliğini yaptığı Pala çeşidi patlıcan tarlalarında yürütülmüştür (Çizelge 1). Bu bahçelerde üretim mevsimi boyunca hiçbir ilaçlama yapılmamış ve ekimden önce topraktan temel gübre uygulamaları yapılmıştır. Tüm bahçelerde sulama damla sulama sistemi ile yapılmıştır. Örnekler (30 yaprak), daha önce biyolojik çeşitlilik çalışmaları bölümünde belirtildiği gibi laboratuvara 7-10 gün aralıklarla getirilmiştir. Örnekler hemen steromikroskop altında gözle tüm yüzeylerindeki akarların tüm hareketli dönemleri sayılmıştır. Yine gözden kaçan akarları ayıklamak için daha sonra aynı örnekler ekstrasyon için Berlese hunisine konulmuş ve toplanan akarlar mikroskopla sayılarak ek akarlar sayım sonuçlarına eklenmiştir. Akar sayım sonuçları toplam akar sayısının toplam yaprak sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir. Her sayımda

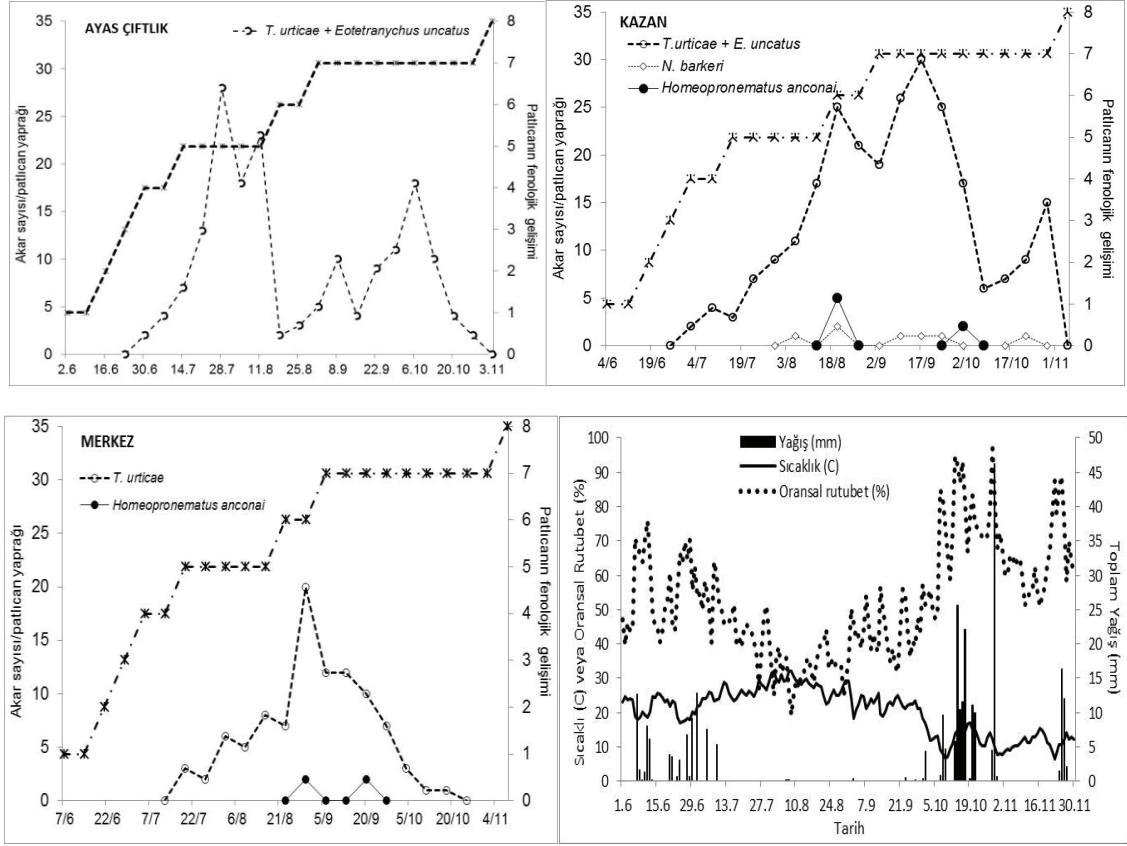
az sayıdaki örneklerin tümü yoğun örneklerin ise en az % 10'u preperat haline getirilmiştir. Bunlar daha sonra ışık mikroskopunda incelenerek türleri teşhis edilmiş ve grafikler cins veya tür düzeyinde verilmiştir. İklim ile ilgili sıcaklık, yağış ve nem değerleri her bahçenin en yakınındaki Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün iklim rasat istasyonlarından elde edilmiştir. Patlıcanın fenolojik gelişimi ve akar popülasyon artış zamanlarıyla arasında ilişkilerin belirlenmesi için haftalık olarak her araziden bitki fenolojisine ait veriler not edilmiştir. Her fenolojik dönem BBCH'ın Solanaceae bitkileri için belirlediği uluslararası düzeyde kabul gören gelişme dönemleri skalası göz önünde bulundurularak patlıcan bitkisine göre adapte edilmiştir (Meire 2001). Skala şu şekilde oluşturulmuştur; 1, Genç fide dönemi (1-3 yapraklı fide); 2, Vejetatif gelişme (5-7 yapraklı fide); 3, Çiçeklenme başlangıcı (8-10 yapraklı fide); 4, Çiçeklenme ve meyve bağlama; 5, Çiçeklenme ve meyve gelişimi; 6, Çiçeklenme ve meyve gelişimi (çeşitli boylarda olgunlaşmamış meyve); 7, Fizyolojik olgunlaşma; 8, Yaşlanma (Şekil 1, 2, 3).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Akar biyolojik çeşitliliği

Ankara ve Bursa illerinde 2009 ve 2010 yılında patlıcan bitkisinde yapılan biyolojik çeşitlilik çalışmalarında toplam 1564 birey toplanmış olup, 4 farklı alt takıma, 12 familya ve 22 cinse ait 32 tür saptanmıştır (Çizelge 2).

Zararlı türler tüm örneklerin % 84.62'sini oluşturmuş ve bu türlerden *T. urticae* (% 80.64) en baskın tür olarak tespit edilmiştir. Muhtemelen, bu kozmopolit türün polifag olması ve ayrıca çok geniş bir sıcaklık ve nem aralığını tolere edebilme özelliğine sahip olması daha sık elde edilmesini sağlamıştır (Helle & Sabelis 1985; Boom et al 2003). Ayrıca bu türün, birçok kimyasal bileşiğe ve ikincil metabolitlere göstermiş olduğu telorans ve dayanıklılık da buna katkı sağlamış olabilir (Whalon et al 2014). Benzer olarak, ülkemizde ve dünyanın farklı yerlerinde *T. urticae*'nin patlıcanın önemli bir zararlısı olduğu bildirilmiştir (Atanasov 1998; Leite et al 2003; Kumral &

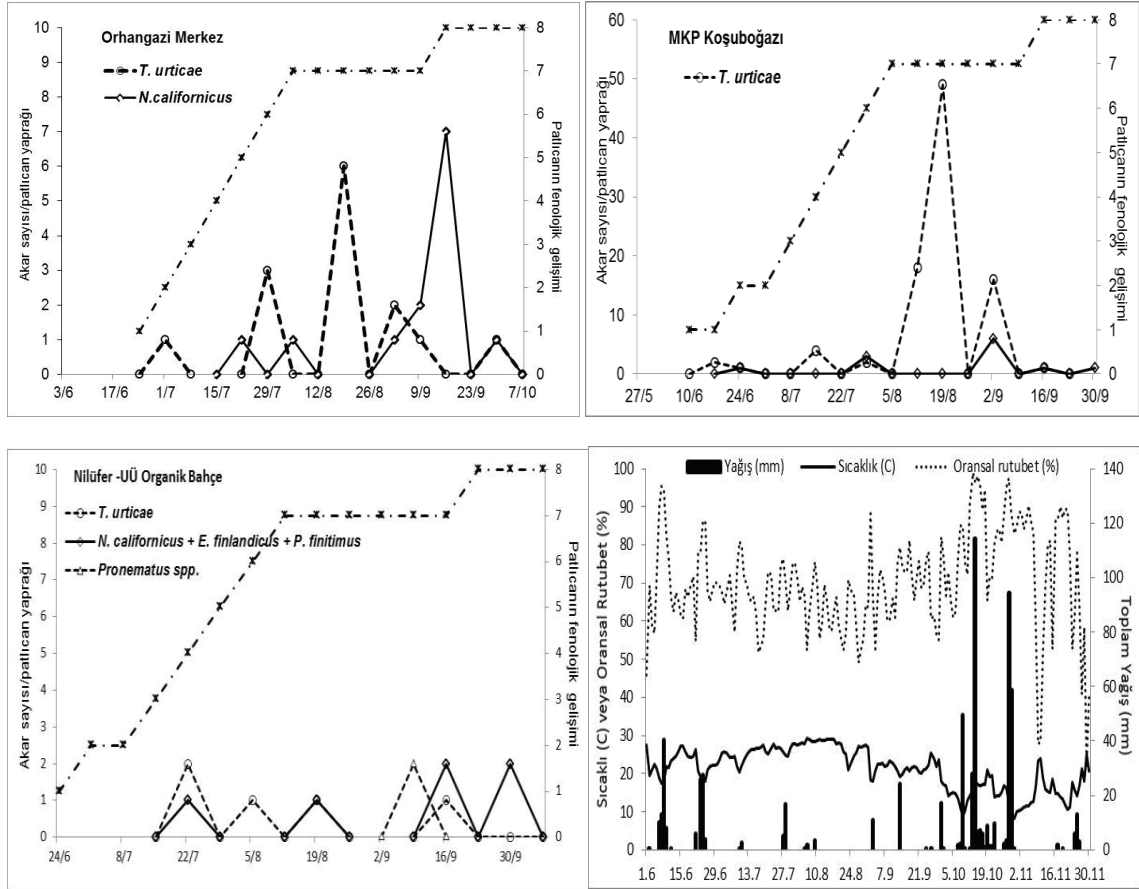


Şekil 1- Ankara ili Merkez, Kazan ve Ayaş bahçelerinde 2010 yılında patlıcan yaprakları üzerinde akar popülasyon dalgalanması, iklim verileri ve patlıcan fenolojisi gelişimi: 1, genç fide dönemi; 2, vejetatif gelişme; 3, çiçeklenme başlangıcı; 4, çiçeklenme ve meyve bağlama; 5, çiçeklenme ve meyve gelişimi; 6, çiçeklenme ve meyve gelişimi; 7, fizyolojik olgunlaşma; 8, yaşlanma

Figure 1- Mite population fluctuation on eggplants, climatic data, eggplant phenological development (1, premature seedling; 2, vegetative development; 3, blooming beginning period; 4, full blooming period and fruit formation; 5, full blooming period and fruit development; 6, full blooming period and fruit development; 7, physiological maturing; 8, aging) in Merkez, Kazan and Ayaş fields of Ankara in 2010

Kovanci 2005; Migeon & Dorkeld 2014). Bu kozmopolit tür dışında *Eotetranychus uncatus* Garman (% 2.24), *Tetranychus turkestanii* Ugarov & Nikolskii (% 1.15), az sayıda *Schizotetranychus* sp. ve *T. solanacearum* Çobanoğlu & Ueckermann belirlenmiştir. *Tetranychus turkestanii* daha önce patlıcan üzerinde saptanmasına rağmen (Ugarov & Nikolskii 1937; Atanasov 1998; Soleimannejadian et al 2006; Özşişli & Çobanoğlu 2011), *E. uncatus*

ulaşabilen kaynaklara göre patlıcan için ilk kayıt olmuştur (Migeon & Dorkeld 2014). Bu tür ülkemizde daha önce sadece elma bahçelerinde bulunmuştur (Yanar & Ecevit 2008; Yanar 2012). Bu çalışmada saptanan *T. solanacearum* Çobanoğlu & Ueckermann türü ise dünya için yeni bir kayıt olarak daha önce bildirilmiştir (Çobanoğlu et al 2015). Patlıcan üzerinde *Schizotetranychus* cinsine ait bugüne kadar saptanan tek tür Hindistan'da



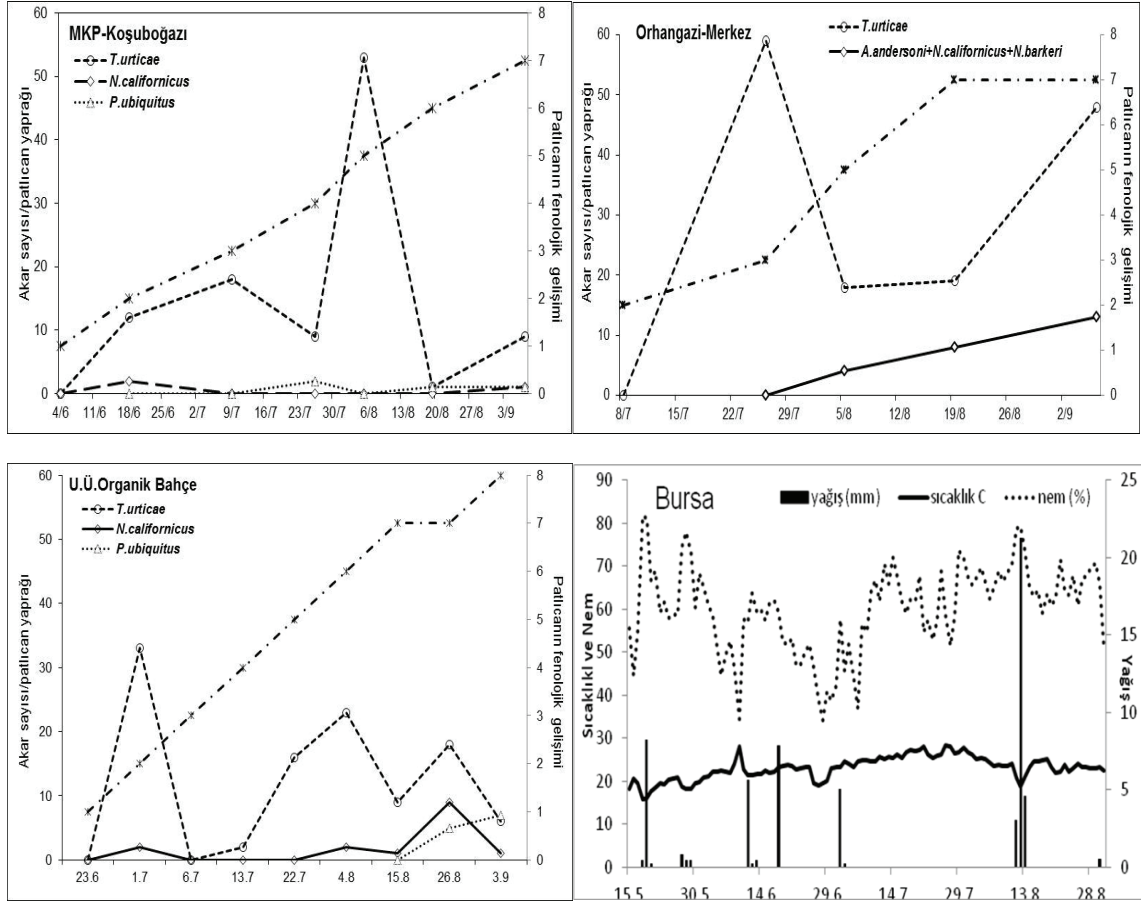
Şekil 2- Bursa ili Orhangazi Merkez, Mustafakemalpaşa Koşuboğazı ve Nilüfer Uludağ Üniversitesi organik bahçesinde 2010 yılında patlıcan yaprakları üzerinde akar popülasyon dalgalanması, iklim verileri ve patlıcan fenolojisi gelişimi: 1, genç fide dönemi; 2, vejetatif gelişme; 3, çiçeklenme başlangıcı; 4, çiçeklenme ve meyve bağlama; 5, çiçeklenme ve meyve gelişimi; 6, çiçeklenme ve meyve gelişimi; 7, fizyolojik olgunlaşma; 8, yaşlanma

Figure 2- Mite population fluctuation on eggplants, climatic data, eggplant phenological development (1, premature seedling; 2, vegetative development; 3, blooming beginning period; 4, full blooming period and fruit formation; 5, full blooming period and fruit development; 6, full blooming period and fruit development; 7, physiological maturing; 8, aging) in Orhangazi Merkez, Mustafakemalpaşa Koşuboğazı and Nilüfer Uludağ University organic fields of Bursa in 2010

Schizotetranychus spiculus Baker & Pritchard'tur (Karuppuchamy & Mohanasundaram 1987).

Avcı türler arasında *Neoseiulus californicus* (McGregor) (% 3.33), *N. bicaudus* Wain. (% 1.22) (Acari: Phytoseiidae) ve *Pronematus ubiquitous*

(McG.) (% 1.35) (Acari: Iolinidae) en yaygın örneklenen türler olmuştur. Dünyada birçok meyve ve sebze alanlarında çok yaygın görülen *N. californicus* patlıcan üzerinde de daha önce belirlenmiş olup, ticari olarak üretilen ve örtü altı yetiştiricilikte kullanılan önemli bir biyolojik savaşım etmenidir (Calvitti &



Şekil 3- Bursa ili Orhangazi Merkez, Mustafa Kemalpaşa Koşuboğazi ve Nilüfer Uludağ Üniversitesi organik bahçesinde 2011 yılında patlıcan yaprakları üzerinde akar popülasyon dalgalanması, iklim verileri ve patlıcan fenolojisi gelişimi: 1, genç fide dönemi; 2, vejetatif gelişme; 3, çiçeklenme başlangıcı; 4, çiçeklenme ve meyve bağlama; 5, çiçeklenme ve meyve gelişimi; 6, çiçeklenme ve meyve gelişimi; 7, fizyolojik olgunlaşma; 8, yaşlanma

Figure 3- Mite population fluctuation on eggplants, climatic data, eggplant phenological development (1, premature seedling; 2, vegetative development; 3, blooming beginning period; 4, full blooming period and fruit formation; 5, full blooming period and fruit development; 6, full blooming period and fruit development; 7, physiological maturing; 8, aging) in Orhangazi Merkez, Mustafakemalpaşa Koşuboğazi and Nilüfer Uludağ University organic fields of Bursa in 2011

Tsolakis 1992; Rott & Ponsonby 2000; Castagnoli et al 2004; Çakmak & Çobanoğlu 2006; El-Saiyed et al 2008; Kuştutan & Çakmak 2009; Reddy & Bautista 2012; Armağan & Çobanoğlu 2013). Ancak, bu tür ülkemiz patlıcanlarında ilk olarak bu

çalışmada belirlenmiştir. Ayrıca aynı familyadan *Neoseiulus bicaudus* (Wain.), *Euseius finlandicus* (Oud.), *Phytoseius finitimus* Ribaga ve *Typhlodromus (Anthoseius) recki* (Wain.) türlerinin sayıları dikkat çekici düzeyde yüksek çıkmıştır. *Neoseiulus bicaudus*

Çizelge 2- Ankara ve Bursa illerinde 2009 ve 2010 yıllarında patlıcan bitkisinden toplanan akarların tür listesi ve oransal dağılımı

Table 2- The species list and abundance of mite from collected eggplant fields in Ankara and Bursa province during 2009-2010

Takım	Familya	Tür	Oransal dağılım (%)**	Toplanan birey sayısı	Bursa	Ankara
Prostigmata	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> Koch 1836	80.64	1258	+	+
		<i>Tetranychus turkestanii</i> (Ugarov & Nikolskii 1937)	1.15	18		+
		<i>Tetranychus solanacearum</i> (Cobanoğlu & Ueckermann 2015)	0.45	7		+
		<i>Schizotetranychus</i> sp.	0.13	2		+
		<i>Eotetranychus uncutus</i> Garman 1952	2.24	35		+
	Iolinidae	<i>Pronematus ubiquitous</i> (McGregor 1932)	1.35	21	+	
		<i>Homeopronematus anconai</i> (Baker 1943)	0.13	2	+	
		<i>Neopronematus rapidus</i> (Kuznetsov 1973)*	1.03	16	+	+
	Tydeidae	<i>Tydeus kochi</i> (Oudemans 1928)	0.96	15	+	
	Stigmaeidae	<i>Zetzelia mali</i> (Ewing 1917)	0.13	2		+
	Erythraeidae	<i>Erythraeus ankaraicus</i> Saboori et al 2004	0.06	1		+
		<i>Tarsonemus confusus</i> Ewing, 1939	0.19	3	+	
	Tarsonemidae	<i>Tarsonemus waitei</i> Banks, 1912	0.06	1	+	
		<i>Tarsonemus bifurcatus</i> Schaarschmidt 1959	2.44	38	+	
<i>Amblyseius andersoni</i> (Chant 1957)		0.38	6	+		
Mesostigmata	Phytoseiidae	<i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor 1954)	3.33	52	+	
		<i>Neoseiulus bicaudus</i> (Wainstein 1962)	1.22	19	+	
		<i>Neoseiulus alpinus</i> (Athias-Henriot 1961)	0.06	1	+	
		<i>Neoseiulus barkeri</i> (Hughes 1948)	0.06	1		+
		<i>Euseius finlandicus</i> (Oudemans 1915)	0.96	15	+	
		<i>Phytoseius finitimus</i> Ribaga, 1904	0.83	13	+	
		<i>Typhlodromus (Anthoseius) recki</i> (Wainstein 1958)	0.96	15		+
		<i>T. (T.) pysllakisi</i> Swirski & Ragusa, 1976*	0.06	1		+
		<i>T. (T.) athiasae</i> (Porath & Swirski 1965)	0.32	5	+	
		<i>T. (T.) tubifer</i> Wainstein 1961	0.06	1		+
		Ascidae	<i>Arctoseius</i> sp.	0.06	1	
<i>Asca</i> sp.	0.13		2	+		
Ameroseiidae	<i>Ameroseius plumigera</i> (Oudemans 1930)	0.26	4	+		
Parasitidae	<i>Parasitus fimetorum</i> (Berlese 1904)	0.06	1	+		
Astigmata	Acaridae	<i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Schrank 1781)	0.26	4	+	
Cryptostigmata	Oribatidae	<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudemans 1900)*	0.06	1		+
		<i>Oribatula pannonica</i> Willmann, 1949	0.19	3	+	
Toplam			100.00	1564		

*, Türkiye faunası için ilk kayıt niteliği taşımaktadır; **, oransal dağılım tür örnek sayısının toplam birey sayısına oranlanmasıyla elde edilmiştir; +, işaretinin ilde saptanma durumunu bildirmektedir.

daha önce Bursa'da ve Antalya'da patlıcanlar üzerinde yaygın bir avcı tür olarak belirlenmiştir (Kumral & Kovancı 2005; Can & Çobanoğlu 2010). Genellikle polenle veya eriophyidler gibi küçük akar türleri ile beslenen *E. finlandicus* ise daha önce benzer olarak Kahramanmaraş ve Hindistan'da patlıcan tarlalarında belirlenmiştir (Grewal 1992; Özşişli & Çobanoğlu 2011). Çalışmamızda yaygın olarak bulunan diğer bir phytoseiid türü *P. finitimus*, Antalya ve İzmir'de patlıcan alanlarında daha önce de saptanmıştır (Çobanoğlu 1989). Ancak, *Typhlodromus (A.) recki* patlıcanda ilk kez belirlenmiştir. Avcı familya Iolinidae'den *Neopronematus rapidus* (Kuz.) türü her iki ilde de belirlenmesine rağmen, diğer avcı türler ilden ilden tamamen farklılık göstermiştir. Patlıcanda bu familyadan ayrıca *P. ubiquitous* ve *Homeopronematus anconai* (Baker) toplanmış olup, içlerinden sırasıyla *P. ubiquitous* ve *N. rapidus* en yaygın türler olarak belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar *P. ubiquitous* ve *H. anconai*'nin *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae) ve *T. urticae* yumurtaları üzerinde beslendiğini bildirmektedirler (Yaşarakıncı & Hıncal 1997; Abou-Awad et al 1999; Hıncal et al 2002; Gerson et al 2003; Mohd & Kawai 2003;

Kawai & Mohd 2004; Can & Çobanoğlu 2010; Xu 2011). Diğer taraftan *H. anconai*'nin bir fungus olan *Cladosporium cladosporioides* üzerinde de beslendiği bildirilmektedir (Yanar et al 2013). *N. rapidus* Rusya'da Kırım bölgesinde önemli bir avcı tür olarak belirlenmiştir (Kuznetsov 1972; 1986). Bu çalışmada patlıcanlarda saptanan *Zygoribatula frisiae* (Oudemans) (Acari: Oribatidae), Weigmann (2006)'nın bildirdiğine göre tüm Plaeartik bölgede yaygın olup, kuru topraklar, yosun alanlar ile ağaç kabukları altında bulunan bir nötür türdür ve ülkemiz faunası için ilk kayıt niteliği taşımaktadır. İller arasındaki biyolojik çeşitlilik parametreleri incelendiğinde akar faunalarının tamamen birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Sadece, *T. urticae* ve *N. rapidus* her iki ilde de toplanmıştır (Çizelge 2). Akarların beslenme rejimlerine göre tür sayıları, yoğunlukları ve Shannon Weiner biyoçeşitlilik parametresi Çizelge 3'de verilmiştir. Bursa'da 20 ve Ankara'da ise 14 tür belirlenmiştir. Bursa ilinde belirlenen türlerin 14 adedi avcı, 1 adedi zararlı ve 5 adedi ise diğer grupta yer almıştır. Ankara ilinde ise zararlı tür çeşitliliği Bursa'ya göre çok daha fazla olmuş (5) ve avcı tür sayısı 8 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3- Ankara ve Bursa illerinde 2009 ve 2010 yıllarında patlıcan bitkilerinde akarların habitat tercihine göre tür yoğunlukları (%), tür sayıları (S) ve Shannon Weiner (H) katsayısı

Table 3- Based on habitat preference, the Shannon Weiner Index and the species number and abundance of mites collected from eggplant fields in Ankara and Bursa province during 2009-2010

	Tür yoğunluğu (%)				Tür sayısı (S)				Shannon Weiner (H) katsayısı			
	Avcı	Zararlı	Diğerleri	Toplam	Avcı	Zararlı	Diğerleri	Toplam	Avcı	Zararlı	Diğerleri	
Ankara	3.10	96.53	0.37	14	8	5	1	0.59	1.56	0.42	0.01	
Bursa	17.69	75.48	9.15	20	14	1	5	1.15	2.11	0.01	1.03	

Bursa ilinde sadece *T. urticae* zararlı akar türü olarak saptanmış olup, zararlı akar tür yoğunluğunun % 75.48'ini oluşturmuştur. Bu türün biyoçeşitliliğe katkısı ise oldukça düşüktür (0.01). Ankara ilinde ise zararlı türlerin biyolojik çeşitliliğe katkısı 0.42 olarak belirlenmiştir. Bursa ilinde sadece *T. urticae*'nin bulunma sebebi üreticilerin yoğun kimyasal bileşik kullanmasıyla açıklanabilir. Çünkü bu tür dışında

bu çalışmada saptanan diğer kırmızıörümcek türleri için günümüze kadar herhangi bir dayanıklılık kaydı henüz yapılmamıştır (Whalon et al 2014). Bu bulgumuz patlıcanda konvensiyonel yetiştiriciliğin sonucunda akar biyolojik çeşitliliğinin etkilendiği sonucunu da ortaya koymaktadır. Bursa ilinde avcı türlerin yoğunluğu (% 17.69), Ankara (% 3.15) ile karşılaştırıldığında oldukça fazla bulunmuştur. Her

iki ilde avcı akarların biyoçeşitlilik parametresine katkısı fitofag akarlar göre de oldukça yüksek çıkmıştır. Shannon Weiner'ın biyoçeşitlilik parametresine göre, Bursa'nın patlıcan yetiştirilen alanlardaki patlıcanlar üzerinde akar faunasının biyolojik çeşitlilik yönünden (1.15) çok zengin olduğu, Ankara'dan (0.59) daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bursa ilinde genellikle patlıcan yetiştiriciliğinde yoğun kimyasal mücadele programları kullanılmasına rağmen, avcı akar sayısı ve özellikle phytoseiid akar tür çeşitliliğinin fazla olmasının muhtemel sebebi, bu ilin yıllık sıcaklık ve özellikle nem ortalamalarının Ankara'ya göre daha yüksek olmasıdır (Şekil 1, 2, 3). Nitekim Sabelis (1985), phytoseiidlerin üreme ve gelişmelerini tamamlamalarında sıcaklığın; özellikle de yumurtalarının açılmasında yüksek nemin önemli gereksinimler olduğunu vurgulamaktadır.

3.2. Akar popülasyon dalgalanması ve ilişkiler

Ankara'da 2010 yılında Merkez'de *T. urticae*; Kazan'da *T. urticae* ve *E. uncatius* karışık olarak bulunmuştur (Şekil 1). Ayaş'da ise sadece *T. urticae* saptanmıştır. Kırmızıörümcekler iki veya üç tepe noktası oluşturmuş olup, en yüksek tepe noktası Ayaş çiftlikte Ağustos başında, Merkez ve Kazan'da Eylül başında meydana gelmiştir. Ankara'da Ağustos ayı başından itibaren kırmızıörümcek popülasyonları ekonomik zarar eşiğini (5 akar yaprak⁻¹) aşmış ve Ekim ayına kadar da bu seviyede seyretmiştir. Merkez'de ve Kazan'da *Neopronematus* sp. ile kırmızıörümceklerin Ağustos ve Eylül sonundaki popülasyon dalgalanması ilişkili görülmektedir. Kazan'da Ağustos sonunda *N. barkeri* ile tetranychidler arasında bir senkronizasyon görülmüştür. Ankara ilinde ilk zararlı akarlar patlıcanın 8-10 yapraklı fide döneminde (17-22 Haziran) görülmeye başlanmış, Temmuz başında tam çiçeklenme ve meyve bağlama döneminde ilk tepe noktası meydana getirmiştir. Diğer tepe noktaları ise Ağustos sonunda tam çiçeklenme ve olgunlaşmış meyve döneminde saptanmıştır. Zararlıların popülasyonundaki tepe noktaları Temmuz sonundaki yüksek sıcaklıklarla ve düşük nem değerleri ile ilişkili olup, ani düşüşler

ise yağışla ilişkili görülmektedir (Şekil 1). Bursa ilinde 2010 ve 2011 yılında tüm bahçelerdeki zararlı kırmızıörümcek türü *T. urticae* olarak saptanmıştır (Şekil 2). *Tetranychus urticae* popülasyonları sezon boyunca Temmuz başı, Ağustos başı ve ortası, Eylül ve Ekim başında belirgin tepe noktaları meydana getirmiştir. Orhangazi Merkez ve MKP Koşuboğazi'ndeki bahçelerde yüksek *T. urticae* popülasyonları gözlemlenmekle birlikte bunların en yüksek tepe noktası Ağustos ortasında meydana gelmiştir. Organik bahçede ise diğerlerine nazaran oldukça düşük popülasyonlar oluşmakla birlikte en yüksek popülasyon düzeyi Temmuz sonu-Ağustos başında oluşmuştur. Organik bahçe hariç diğer iki bahçede zararlı popülasyonları ekonomik zarar eşiği düzeyini bu dönemde aşmıştır. Patlıcan tarlalarında ilk *T. urticae* bireyleri Temmuz başında patlıcanın 8-10 yapraklı fide veya çiçeklenme başlangıcında ve en yüksek tepe noktası ise Temmuz sonu- Ağustos başında tam çiçeklenme ve olgunlaşmamış meyve döneminde görülmüştür. Tetranychidae familyasına ait türlerin en yüksek tepe noktasının oluştuğu dönemler ise Ankara'da olduğu gibi yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem (% 50) ile ilişkili bulunmuştur. Ekim ayı başında meydana gelen aralıksız yağışlar zararlıların popülasyonunu düşürmüştür. Ayrıca, Orhangazi Merkez'de Temmuz sonu, Ağustos sonu ve Ekim başında *T. urticae*'nin üç tepe noktasıyla avcı akar *N. californicus* popülasyonları arasında senkronizasyonlar bulunmuştur (Şekil 2). Benzer bir ilişki Koşuboğazi'nde *T. urticae* ile *N. californicus* ve *Typhlodromus (T.) athiasae* (Por. & Swir.) arasında Temmuz ve Ağustos sonunda saptanmıştır. Organik bahçede *N. californicus* yanında *Euseius finlandicus* (Oudemans) ve *Phytoseius finitimus* Ribaga türleri, *Tetranychus urticae* popülasyonlarının tepe noktaları ile Temmuz sonu, Ağustos ve Eylül ortasında ve ayrıca bir de Eylül sonunda ilişki göstermişlerdir. Tüm bahçelerde ilk phytoseiid bireyleri patlıcanın Temmuz ortasında tam çiçeklenme döneminde belirlenmiştir. Bursa ilinde aynı bahçelerde 2011 yılında Mayıs ayındaki yüksek yağış nedeniyle fide şaşırtması Haziran ortalarına kadar sarkmış olup, muhtemelen akarların erken tepe noktaları yüksek yağış ve geç ekimle birlikte bu yıl saptanamamıştır (Şekil 3). İlk *T. urticae* bireyleri Koşuboğazi'de

haziran ortasında, Organik bahçe’de Haziran sonunda ve Orhangazi Merkez’de Temmuz ortasında görülmeye başlanmıştır. Organik bahçe ile Koşuboğazında Temmuz başında ilk tepe noktası meydana gelirken Orhangazi’de ise bu tepe noktası saptanamamıştır. İkinci tepe noktaları ise tüm bahçelerde Ağustos başında meydana gelmiş, üçüncüsü ise Ağustos sonu ile Eylül başında görülmüştür. Bu yıl içinde Temmuz ayı başından itibaren yaprak başına düşen akar sayıları ekonomik zarar eşiği değerlerinin çok üzerinde seyretmiştir. 2011 yılında patlıcan tarlalarında ilk tetranychid bireyleri patlıcanın Temmuz başında 5-7 yapraklı fide döneminden itibaren görülmeye başlanmış olup, çiçeklenme başlangıcında popülasyonları ilk tepe noktasına ulaşmıştır. Akar tepe noktaları ile bitki fenolojisi arasındaki ilişki 2010 yılı ile benzer olmuştur. Ayrıca, kırmızıörümceklerin yüksek popülasyonları 2010 yılında olduğu gibi yüksek sıcaklık ortalamaları ve oransal ortalama nem ile ilişkili bulunmuştur. Ağustos ortasındaki yüksek yağışın ise zararlının popülasyonunun sert düşüşünde rol oynadığı açıkça görülmüştür. Organik bahçede phytoseiid bireyleri (*N. californicus*) *T. urticae*’nin 3 tepe noktasıyla aynı zamanda tepe noktaları oluşturmuş ve aralarında açık bir senkronizasyon saptanmıştır. Orhangazi merkez’de phytoseiid popülasyonu ağırlıklı *N. californicus* olmakla birlikte, *Amblyseius andersoni* Chant ve *Neoseiulus barkeri* Hughes türlerinden oluşmuştur. Burada phytoseiidler Ağustos başında görülmeye başlanmış ve Eylül başına kadar sürekli artış göstermiştir. Koşuboğazi’nde ise *N. californicus* kırmızıörümceklerle yalnızca Haziran içinde belirgin bir senkronizasyon göstermiştir. Diğer taraftan, hem Koşuboğazında hem de Organik bahçede *T. urticae*’nin son tepe noktasında *P. ubiquitus*’un popülasyonunun artarak tepe noktası yaptığı saptanmıştır. Kumral ve Kovancı (2005), *T. urticae*’nin Bursa’da patlıcan üzerinde Temmuz-Ağustos ve Eylül-Ekim aralığında olmak üzere iki önemli tepe noktası oluşturduğunu bildirmektedirler. Zararlının popülasyon dalgalanmasında yüksek sıcaklığın ve düşük nemin etkili olduğunu, buna karşılık yüksek yağışla birlikte popülasyonların çok düştüğü yağmurun arkasından zararlının ekim

ayına doğru yine çıkış yaptığını belirtmektedirler. Prasad (2006), Hindistan’da tetranychid türlerin en yüksek popülasyonlarının Nisan-Temmuz arasında meydana geldiğini, bunu Eylül-Ekim periyodunun izlediğini kaydetmektedir. Hindistan’da patlıcanlar üzerinde *T. urticae*’nin popülasyonunun artışının yüksek sıcaklıklarla pozitif, düşük nem ile yüksek yağışla negatif ilişkili olduğunu bildirilmektedir (Imran & Janardan 2006; Chinniah et al 2009). Yine Hindistan’da *T. urticae*’nin patlıcanlar üzerinde popülasyonlarının bitkinin çiçeklenme sonrasında artış gösterdiği ve ilaçlama yapılması gerektiği bildirilmektedir (Patel et al 1982). Bu çalışmada, genellikle phytoseiidler patlıcanlarda Ağustos başında görülmeye başlanmış ve Eylül başına kadar sürekli artış göstermiştir. Mori et al (2008), benzer olarak soya fasülyesinde *T. urticae* popülasyonlarıyla Ağustos ayında senkronizasyon yaptığını, Eylül ayında popülasyonlarının artış gösterdiğini ve genellikle ilaçlamalardan 3-4 hafta sonra bu avcılarının popülasyonlarının artış gösterdiğini bildirmektedir.

4. Sonuçlar

Sonuç olarak, her iki ilde de en bol akar örneği Tetranychidae familyasından saptanmış olup, en yaygın tür ise *T. urticae* olmuştur. Bursa ve Ankara’da yapılan popülasyon dalgalanması çalışmalarında da yine bu türün baskın olduğu ve popülasyon dalgalanmasında sıcaklık, bitki fenolojisi ve nemin ilişkili olduğu belirlenmiştir. İller arasındaki ekolojik farklılıklar göz önünde tutulduğunda Bursa’nın Ankara’ya göre ılıman iklime ve özellikle yüksek neme sahip olması akar biyolojik çeşitliliğini avcı phytoseiid türler açısından artırmıştır. Diğer taraftan, muhtemelen Bursa ilinde sürdürülen yoğun kimyasal savaşım programları nedeniyle zararlı tür sayısı çok düşük çıkarken; birçok kimyasala hızlıca direnç oluşturabilen *T. urticae* bu ilde tek ve çok yoğun saptanan tür olmuştur. Kimyasalların daha az kullanıldığı Ankara’da ise zararlı yönünden biyolojik çeşitlilik daha fazla bulunmuştur. Zararlı türlerin avcı akarlarla olan ilişkileri çalışmalarında, Iolinidae ve Phytoseiidae popülasyonlarının *T. urticae* popülasyonları ile olan uyumları dikkat

çekici bir diğer sonuç olmuştur. Bu çalışma, birçok firma tarafından ticari olarak üretilen ve satılan avcı türlerin bu araştırmanın yapıldığı illerde patlıcanlarda bulunduğunu, bunların korunması, popülasyonlarının arttırılması veya üretilerek salınması ile kırmızıörümcek savaşımında kullanabileceği yönünde ipuçları vermiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, patlıcan yetiştirilen alanlarda söz konusu doğal düşmanların popülasyonlarını destekleyen ve etkinliğini artıran faktörlerin belirlenmesine yönelik araştırmaların yapılması yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu araştırmaya TOVAG 1080363 nolu proje ile destek sağlayan TÜBİTAK'a ve ayrıca teşhis çalışmalarında FP7 IRSES 269133 nolu ve DetanMite kısa adlı projeye destekleyen European Union Research Executive Agency (ERA)'ya, teşhiste yardımcı olan Prof. Dr. Eddie UECKERMANN (Agricultural Research Council, Güney Afrika) ve Maka Murvanidze (Entomology and Biocontrol Research Centre, Ilia State University Tbilisi- Georgia) ve preperasyonda yardımcı olan bursiyerlerimiz Ayhan ÖĞRETEN, Deniz AKPINAR, Cem YALÇIN, Pınar HEPHİZLİ, Birtan ARMAĞAN ve Esra ATALAY'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abou-Awad B A, El-Sawaf B M & Abdel Kader A A (1999). Life history and life table of *Pronematus ubiquitous* (Mcgregor) as a predator of eriophyoid mites in Egypt (Acari: Tydeidae). *Acarologia* **40**(1): 29-32
- Armağan B & Çobanoğlu S (2013). *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)'un laboratuvar koşullarında *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) üzerinde gelişimi, tüketim kapasitesi ve yaşam çizelgesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni* **3**(1): 33-43
- Atanasov N (1998). Species composition and dynamics of acariphages in some crops in the Sofia region. *Rasteniev" Dni Nauki* **35**(8): 645-650

- Auger P, Migeon A, Ueckermann E A, Tiedt L & Navajas M (2013). Evidence for synonymy between *Tetranychus urticae* and *Tetranychus cinnabarinus* (Acari, Prostigmata, Tetranychidae): Review and new data. *Acarologia* **53**(4): 383-415
- Boom C E M, Van Den Beek T A & Van Dicke M (2003). Differences among plant species in acceptance by the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology* **127**(3): 177-183
- Brar B, Manmeet K & Ghai J (2003). Seasonal abundance of phytophagous and predatory mites infesting brinjal in Punjab. *Annals of Biology (Hissar)* **19**(2): 231-234
- Calvitti M & Tsolakis H (1992). Phytoseiid mites collected from some herbaceous crops in Lazio (central Italy). *Redia* **75**(2): 529-535
- Can M & Çobanoğlu S (2010). Kumluca (Antalya) ilçesinde sebze üretimi yapılan seralarda bulunan akar (Acari) türlerinin tanımı ve konukçuları üzerinde çalışmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **23**(2): 87-92
- Castagnoli M, Liguori M & Simoni S (2004). *Tetranychus urticae* Koch and its predator *Neoseiulus californicus* (McGregor) on different Solanaceae (Acari Tetranychidae and Phytoseiidae). *Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria* **87**: 13-18
- Chinniah C S, Kumar V, Muthiah C & Rajavel D S (2009). Population dynamics of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in brinjal ecosystem. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* **22**(3): 734-735
- Çakmak İ & Çobanoğlu S (2006). *Amblyseius californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae), a new record for the Turkish fauna. *Turkish Journal of Zoology* **30**(1): 55-58
- Çıkman E, Yücel A & Çobanoğlu S (1996). Şanlıurfa ili sebze alanlarında bulunan akar türleri, yayılışları ve konukçuları. *Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri*, 24-28 Eylül, Ankara, Turkey, pp. 517-525
- Çobanoğlu S (1989). Antalya ili sebze alanlarında tespit edilen Phytoseiidae Berlese, 1915 (Acarina: Mesostigmata) türleri. *Bitki Koruma Bülteni* **29**(1-2): 47-64
- Çobanoğlu S, Ueckermann E & Kumral N A (2015). A new *Tetranychus* Dufour (Acari: Tetranychidae) from Solanaceae in Turkey. *Turkish Journal of Zoology* **39**: 565-570
- El-Saiedy E M A, Abou-Ellella G M A & Alotaibi S A (2008). Efficiency of three predatory phytoseiid mites

- and biocide chemical for controlling *Tetranychus urticae* Koch on eggplant at Beheira governorate. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* **4**(3): 238-244
- FAO (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistical Database, <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx> (Erişim Tarihi: 27.11.2014)
- Gerson U, Smiley R L & Ochoa R (2003). Mites (Acari) for Pest Control, Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 539
- Grewal J S (1992). Seasonal fluctuation in the populations of various mite species associated with brinjal crop in Punjab. *Annals of Entomology* **10**(1): 37-40
- Helle W & Sabelis M W (1985). Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control, Chapter Volume 1A, Elsevier Amsterdam, pp. 405
- Hıncal P, Yaşarakıncı N & Çınarlı İ (2002). İzmir ilinde domates pas akarı (*Aculops lycopersici* Masee) (Acarina: Eriophyidae)'nın popülasyon seyri, doğal düşmanları ve kimyasal mücadelesi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni* **42**(1-4): 9-22
- Imran S & Janardan S (2006). Population dynamics of red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. on brinjal as affected by abiotic factors. *Environment and Ecology* **24**(2): 297-298
- Kapoor V C, Paul M & Kapur J (1997). Seasonal incidence of mite species infesting okra (*Hibiscus esculentus*) and brinjal (*Solanum melongena*) in Punjab. *Indian Journal of Agricultural Sciences* **67**(7): 325-326
- Karuppuchamy P & Mohanasundaram M (1987). New species and records of tetranychid mites (Tetranychidae: Acarina) from India. *Entomon* **12**(2): 89-94
- Kawai A & Mohd M H (2004). Population dynamics of tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Masee) and its natural enemy, *Homeopronematus anconai* (Baker). *Japan Agricultural Research Quarterly* **38**(3): 161-166
- Kumral N A & Kovancı B (2005). Seasonal population dynamics of the Two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) under acaricide constraint on eggplant in Bursa province. *Acarologia* **45**(4): 297-303
- Kuştuhan O & Çakmak İ (2009). Development, fecundity, and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (McGregor) fed *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **33**(1): 19-28
- Kuznetsov N N (1972). Mites of the genus *Pronematus* Canestrini (Acarina, Tydeidae) from Crimea. *Nauc Dokl Vyss Skoly Biol Nauki* **5**: 11-16
- Kuznetsov N N (1986). Comparative biology of predatory prostigmatid mites (Acariformes: Prostigmata). *Trudy Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada* **99**: 69-78
- Leite G L D, Picanco M, Zanoncio J C & Marquini F (2003). Factors affecting mite herbivory on eggplants in Brazil. *Experimental and Applied Acarology* **31**(3-4): 243-252
- Magurran A E (2004). Measuring Biological Diversity. Oxford: Blackwell Publishing. pp. 107
- Meier U (2001). Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. <http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbcheng.pdf> (Erişim tarihi: 05.02.2015)
- Migeon A & Dorkeld F (2014). Spider Mites Web: A Comprehensive Database for the Tetranychidae. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Erişim tarihi: 01.01.2014)
- Mohd M H & Kawai A (2003). Predatory efficiency of *Homeopronematus anconai* (Baker) (Acari: Tydeidae) on *Aculops lycopersici* (Tyron) (Acari: Eriophyoidea). *International Pest Control* **45**(5): 258-259
- Moon H, Lim J, Kim J, Ryu J, Ko B, Kim D & Hwang C (2006). Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus persimilis* in eggplant greenhouses. *Korean Journal of Applied Entomology* **45**(2): 173-177
- Mori K, Takagi K, Kohjimoto T, Gotoh T & Kobayashi M (2008). Seasonal fluctuation in population density of spider mites (Acari: Tetranychidae) and their predators on soybean cultivated in agrochemical sprayed and unsprayed plots. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* **52**(4): 215-223
- Öngören K, Kaya N & Türkmen Ş (1975). Ege bölgesi sebzelelerinde zarar yapan kırmızı örümcek türlerimin tesbiti, hakim tür olan *Tetranychus urticae* (Koch.)'nin biyolojisi, mücadelesi ve doğal düşmanlar üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni* **15**(1): 3-26
- Özşişli T & Çobanoğlu S (2011). Mite (Acari) fauna of some cultivated plants from Kahramanmaraş, Turkey. *African Journal of Biotechnology* **10**(11): 2149-2155
- Patel C B, Shah A H & Patel S H (1982). Effect of insecticides on the resurgence of two spotted spider mites, *Tetranychus telarius* Linn., in brinjal. *Indian Journal of Agricultural Sciences* **52**(11): 774-776

- Prasad R (2006). Occurrence and pest status of phytophagous mites infesting common vegetables. *Indian Journal of Entomology* **68**(3): 235-239
- Reddy G V P, Kikuchi R & Remolona J E (2011). New mite species associated with certain plant species from Guam. *Journal of Entomological and Acarological Research* **43**(1): 41-46
- Reddy G V P & Bautista J R (2012). Integration of the predatory mite *Neoseiulus californicus* with petroleum spray oil treatments for control of *Tetranychus marianae* on eggplant. *Biocontrol Science and Technology* **22**(10): 1211-1220
- Rott A S & Ponsonby D J (2000). Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. *Biocontrol Science and Technology* **10**(4): 487-498
- Sabelis M W (1985). Development, In: Helle W & Sabelis MW (Editors), Spider Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests Vol 1B. Elsevier, Amsterdam, pp. 43-53
- Shibao M, Momoshita M, Yamanaka S, Tanaka H (2009). Control of melon thrips, *Thrips palmi* Karny on greenhouse eggplant by releasing of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot. *Annual Report of the Kansai Plant Protection Society* **52**: 21-25
- Singh M P & Singh K M (1999). Some phytophagous and predaceous mites associated with summer vegetables in Manipur. *Insect Environment* **4**(4): 117
- Soleimannejad E, Nemati A, Shishehbor P, Kamali K & Baniameri V (2006). Biology of the two spotted spider mite, *Tetranychus turkestanii* (Acari: Tetranychidae) on four common varieties of eggplant in Iran. *IOBC/wprs Bulletin* **29**(4): 115-119
- Soysal A & Yayla A (1988). Preliminary studies on the population density of *Tetranychus* spp. (Acarina: Tetranychidae), harmful on vegetable crops and their natural enemies in Antalya. *Bitki Koruma Bülteni* **28**(1-2): 29-41
- Stansly P A, Castillo J, Castañé C & Perdakis D (2009). Control of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* and the whitefly *Bemisia tabaci* in open field pepper and eggplant with predaceous mites. *IOBC/WPRS Bulletin* **49**: 145-152
- TÜİK (2012). Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim Tarihi: 27.11.2014)
- Ugarov A A & Nikolskii V V (1937). Systematic study of spider mites from Central Asia. *Tr. Sredne-Aziy. Stn. Zash. Rast.* **2**: 26-64
- Weigmann G (2006). Hornmilben (Oribatida).-In: Dahl, Die Tierwelt Deutschlands, Vol. 76. Goecke & Evers, Keltern: pp. 520
- Whalon M E, Mota-Sanchez R M, Hollingworth R M & Duynslager L (2014). Arthropods Resistant to Pesticides Database (ARPD) <http://www.pesticideresistance.org> (Erişim tarihi: 05.02.2014)
- Xu X (2011). Predatory capacity of *Homeopronematus anconai* against *Aculops lycopersici*. *Plant Diseases and Pests* **2**(3): 24-26
- Yanar D & Ecevit O (2008). Species composition and seasonal occurrence of spider mites and their predators in sprayed and unsprayed apple orchards in Tokat, Turkey. *Phytoparasitica* **36**: 491-501
- Yanar D (2012). Life-History parameters of *Eotetranychus uncatius* Garman (Acari: Tetranychidae) on red delicious apple. *Pakistan Journal of Zoology* **44**(1): 129-132
- Yanar D, Erdoğan H & Yanar Y (2013). Feeding behaviors of the tydeid mites. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **30**(2): 1-5
- Yaşarakıncı N & Hıncal P (1997). The research on determining the pests and beneficial species and their population densities on the tomato, cucumber, pepper and lettuce glasshouses in Izmir. *Bitki Koruma Bülteni* **37**(1-2): 79-89
- Yu S J (2008). The toxicology and biochemistry of insecticides. London: CRC Press; pp. 276



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Land Use/Cover Change from 2001 to 2010 and its Socioeconomic Determinants in Guangdong Province, A Rapid Urbanization Area of China

Lili LI^a, Yunpeng WANG^a

^aGuangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guangzhou 510640, CHINA

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Yunpeng WANG, E-mail: wangyp@gig.ac.cn, Tel: +86 (020) 852 901 97

Received: 07 July 2014, Received in Revised Form: 07 January 2015, Accepted: 16 February 2015

ABSTRACT

Rapid economic and population growth exert profound effects on land use/cover change, especially in rapid economically developing areas, such as Guangdong Province—a pioneer of economic growth and urbanization in China. To elucidate the changes and mutual conversions of land-use types and their determinants in Guangdong Province, land-use maps of Guangdong Province from 2001 to 2010 were obtained from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) L1B images with 500 m resolution by using the supervised classification combined support vector machine (SVM) algorithm with a decision tree. The results indicate that during the studied time period, the area of urban land and orchards increased by 4186 km² and 3615.5 km², respectively, while the percentage of cropland decreased from 11.46% to 10.14%. Massive urbanization and cropland loss have occurred in the region. The conversion from wasteland to urban land, and the mutual transformation between wasteland and cropland were the most prevalent in Guangdong Province. This was especially obvious from 2007 to 2010, with an annual changing rate of 5.13% and -19.33%, respectively. Several socio-economic factors were also obtained to investigate their impacts on land-use changes in Guangdong Province. It is shown that marked increases in gross domestic product (GDP), total investment in fixed assets, total retail sales of consumer goods, and the increasing development of modern service industries have led to large-scale migration, and industrial structure adjustment and improvement; consequently dramatically rapid expansion of cities and cropland loss have occurred.

Keywords: Land use/cover change; MODIS; Change detection; Urbanization; Economic development

Çin'in Hızlı Bir Ekonomik Gelişim Alanı Olan Guangdong'da Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimleri ve Sosyo-Ekonomik Etkileri

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Yunpeng WANG, E-posta: wangyp@gig.ac.cn, Tel: +86 (020) 852 901 97

Geliş Tarihi: 07 Temmuz 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 07 Ocak 2015, Kabul: 16 Şubat 2015

ÖZET

Çin'in ekonomik gelişim ve kentleşme bakımından öncü bölgelerinden Guangdong'da, ekonomik gelişim ve nüfus artışına bağlı olarak arazi kullanım/arazi örtüsü hızla değişmektedir. Bölgede alan kullanım tiplerini ve arazi değişimlerini tespit edebilmek için 500 metre çözünürlükte Orta Çözünürlüklü Spektrometre Görüntüleme Sistemi (MODIS) L1B görüntüleri üzerinden destek vektör makineleri (SVM) algoritması kullanılarak 2001-2010 yıllarına ait alan kullanım haritaları elde edilmiştir. Harita analizleri sonucunda 2001-2010 yılları arasında kentsel alanların 4186 km² ve meyveliklerin 3615.5 km² artış gösterdiği, tarım alanlarının % 11.46 oranından % 10.14'e gerilediği görülmüştür. Bölgede hızlı kentleşmeye bağlı olarak tarım arazilerinin azaldığı belirlenmiştir. Boş arazilerin kentsel alana dönüşmesi yanında tarım alanları ile boş alanların yer değiştirmesi bölgede en çok görülen değişimlerdir. Bu değişimler özellikle 2007 ve 2010 yılları arasında % 5.13 ve % -19.33 değişim oranlarında görülmüştür. Bölgede alan kullanım değişimlerini etkileyen çeşitli sosyo-ekonomik faktörler belirlenmiştir. Gayrisafi yurtiçi hasıla ve sabit gelirin değişimi, perakende malların tüketimi ile çağdaş servis endüstrilerinin artışı ve yaygınlaşması sonucunda oluşan göçlerle endüstriyel yapı yaygınlaşmış; dolayısıyla kentler hızla büyüyerek tarım arazileri yok edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı/örtüsü değişimi; MODIS; Değişim belirleme; Kentleşme; Ekonomik gelişim

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Introduction

Land use/cover change (LUCC) is regarded as a fundamental component of global environmental change because of its interactions with climates, ecosystems, biodiversity and human beings, and its crucial function in resource management and land planning (Meyer & Turner 1992; Bagarinao 2008; Sun et al 2012). Since the late 1980s, when remote sensing and GIS technology were extensively applied to land research, the monitoring of regional land-use dynamic change has expanded globally, such as in the tropical rainforest areas of the Brazilian Amazon Basin (Skole & Tucker 1993), Africa (Tucker et al 1985), and South America (Townshend et al 1987). In 1995, the International Geosphere Biosphere Programme (IGBP) and the International Human Dimensions Programme (IHDP) jointly developed a plan titled, "Land Use and Cover Change" (LUCC), which made land-use change an urgent international priority and focused on improving the ability to predict LUCC on different spatial scales (Thomson & Hardin 2000; Lo & Yang 2002; Gilani et al 2015). Masek et al (2000) utilized Landsat TM and MSS to detect urban growth in Washington D.C. based on a NDVI-differencing approach. Thenkabail et al (2005) mapped the irrigated areas in the Ganges and Indus River basins using near-continuous time-series, 500 m resolution

MODIS land data for 2001-2002. In addition, Kiage et al (2007) depicted the land degradation and land-use change in the Lake Baringo catchment by using the NDVI-differencing and post-classification comparison on TM classification results. Mertes et al (2014) also demonstrated a methodology for monitoring urban land expansion at continental to global scales through employing MODIS data.

A series of studies on LUCC at different spatial-temporal levels has also been conducted in China (Yu & Yang 2002; Liu et al 2003; Ye et al 2004; Wu et al 2006; Ding et al 2007; Chen et al 2011). For example, Wang et al (2001) applied mathematical methodology to study the spatial-temporal changes of land use and dynamic features in China. Okamoto et al (2005) classified the land cover in Heilongjiang Province, China by employing Landsat TM and ETM, and analyzed the conversions of paddy fields. Moreover, Xu et al (2007) described the development of the land-cover maps of the Yangtze River Delta. To accomplish this, they used 250 m MODIS data by utilizing DEM, EVI and reflectance data, and generating a composite classification matrix. Wang et al (2015) investigated the LUCC in the Kaidu-Kongqi River Basin during 1990-2010 based on the land-use classification data derived from Landsat images.

Nature, population, economy, and policy are considered to be the typical driving forces of land use/cover changes (Lambin et al 2003; Siciliano 2012). Lambin et al (2001) concluded that people's response to economic opportunities motivated land-cover changes, and global forces became the main determinant of LUCC. Yan et al (2006) studied the human dimensions affecting land-use change in one of China's mega-urban regions and revealed that the population factor, economic development level, urbanization, and industrialization were the major factors influencing LUCC in the Pearl River Delta. Wang et al (2012) indicated that land-use changes in China, especially regarding cultivated and developed land, were closely related to economic fluctuations and the enactment and implementation of land policies. In China, especially since the reform and opening-up periods, the population explosion and rapid urbanization have brought about a sharp increase in the demand for natural resources and produced remarkable land use/cover changes (Zhou & Jiang 2000; Lin & Ho 2003; Lichtenberg & Ding 2008), significantly affecting the sustainable development of China's economy, society, and ecology (Ge et al 2000; Liu et al 2010). Complex land-use structure and intensive utilization gradually created serious problems, such as land degradation and pollution, thus highlighting the necessity and significance of comprehensive study on LUCC and its determining factors (Shi et al 2000; Zhang et al 2008).

Guangdong Province, as China's richest province, has witnessed rapid economic development, fast population growth, and consequently tremendous changes in land use. These dramatic changes became obvious beginning in China's reform and opening-up periods, and have become especially pronounced in the past several years. Considering that many studies of LUCC have been conducted in the Pearl River Delta instead of Guangdong Province (Seto et al 2002; Weng 2002; Zhang et al 2007; Fan et al 2008; Dai et al 2010), this paper acquired the land-use maps of Guangdong Province from 2001 to 2010, a period when it experienced unprecedented development and expansion. The

current study investigated land-use change and mutual conversions using remote sensing and geographic information system techniques, and then analyzed the driving factors behind the changes.

2. Material and Methods

2.1. Study area and data

Guangdong Province lies between 109.5° and 117.3° E longitude and 20.2° and 25.5° N latitude, and borders Fujian Province to the northeast, Jiangxi and Hunan Provinces to the north, and Guangxi Autonomous Region to the west (Figure 1). It exhibits diverse and complicated landscape types, including mountains, hills, plateaus and plains, constituting 33.7%, 24.9%, 14.2% and 21.7% of the whole province area, respectively. It has a humid subtropical climate, in which winters are short, mild and relatively dry, while summers are long, hot, and very wet. The annual average temperature ranges between 19-24 °C, and the average yearly precipitation is between 1300-2500 mm.

Guangdong Province has a total population of 85.21 million and covers an area of 179800 km², accounting for only 1.87% of the entire country's land area. However, its gross domestic product (GDP) constitutes 11.17% of the country (Guangdong Statistical Bureau 2010) and it is known as the richest province in China. As the province's economy has developed rapidly in recent years, marked and intense land-cover changes have occurred in the region, and are closely correlated with human activity, resulting in greatly increased environmental pollution and damage. Therefore, it is of critical importance to analyze LUCC of Guangdong Province in recent years and further identify its determinants.

At present, MODIS has become a widely-used moderate resolution remote-sensing data sources. The unique design of MODIS instrument provides data (12 bit) in 36 spectral bands ranging in wavelength from 0.4 µm to 14.4 µm, and at varying spatial resolutions (two bands at 250 m, five bands at 500 m, and the remaining 29 bands at 1 km).

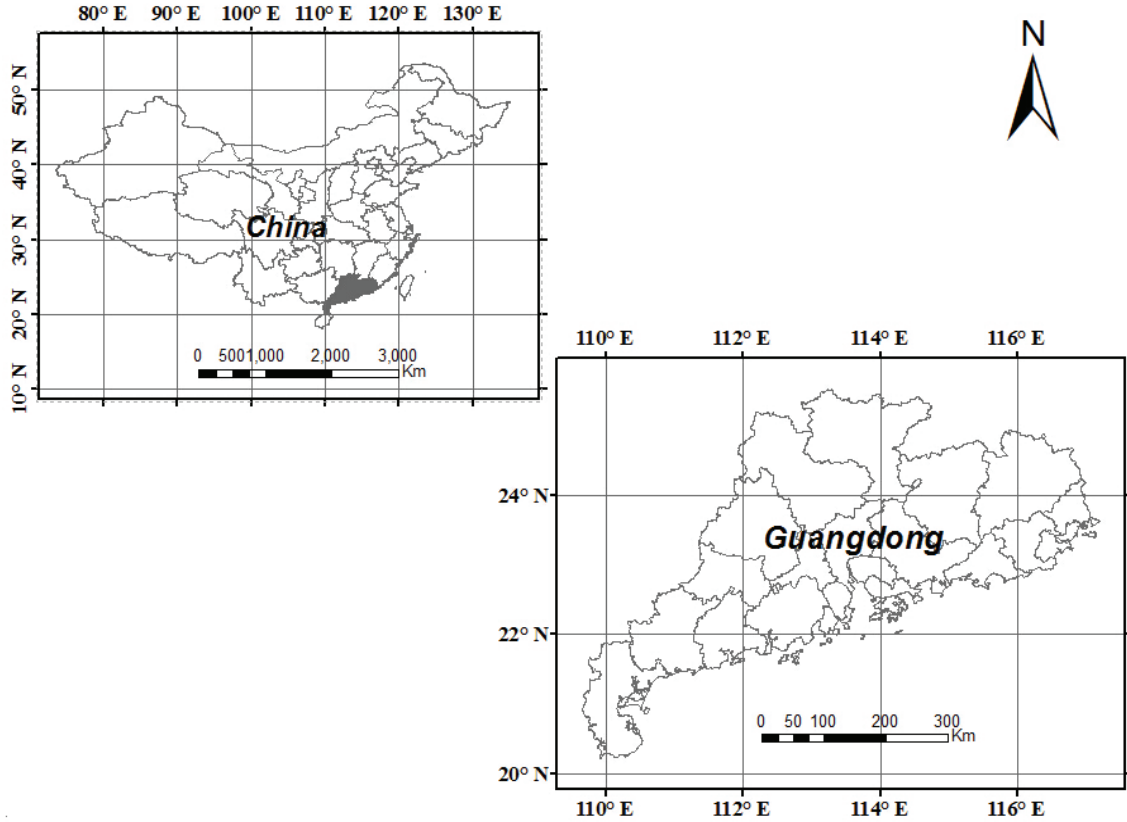


Figure 1- Location and administrative boundary of Guangdong Province, China (109.5°-117.3° E, 20.2°-25.5° N)

Şekil 1- Guangdong bölgesinin konumu ve yönetim sınırları

In addition, its ± 55 -degree scanning pattern at the EOS orbit could provide global coverage every one to two days. The moderate spectral, spatial, and temporal resolutions make it easy to obtain cloud-free images and facilitate land use and land cover classification on a large scale. The data involved in this paper mainly include: 1) MODIS 500 m resolution satellite images (L1B) in the last months from 2001 to 2010 (at URL http://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data), considering that the quality of images at that time is the best, and there is the least cloud coverage during that time of the year. The exact dates of the MODIS images used in the study

are: November 25, 2001; October 8, 2002; October 23, 2003; December 7, 2004; December 21, 2005; December 21, 2006; December 1, 2007; December 9, 2008; October 10, 2009; and November 1, 2010. 2) The Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 90 m. The data set is provided by the NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) and downloaded from the International Scientific and Technical Data Mirror Site, Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences (<http://www.gscloud.cn>). 3) Vector data of Guangdong Province administrative division boundary. 4) Several socioeconomic indexes

reflecting the development of the economy and population in Guangdong Province.

2.2. Methodology

The processing of remote-sensing images is the key to the entire study and the method, and thus the accuracy and the procedure may affect the final results greatly. Figure 2 is the entire image processing flow chart in this study.

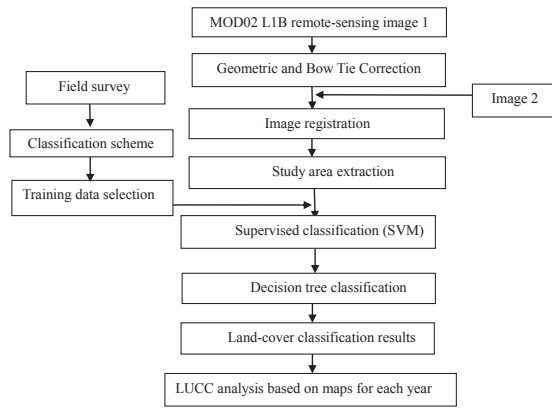


Figure 2- The image processing flow chart of remote-sensing images (including pre-processing and image interpretation)

Şekil 2- Uzaktan algılama görüntülerinin görüntü işleme akış diyagramı (ön değerlendirme ve yorumlama süreçleri dahil)

2.2.1. Pre-processing

MODIS LIB data reflect the calibrated and geo-located radiation values, and are saved as hierarchical data format (.HDF) through band hierarchical storage. Pre-processing tasks, such as reprojection and sub-setting, are crucial prerequisites for the study, and their accuracy has direct effects on classification and change detection.

Geo-referencing and Bow Tie Correction: The imaging characteristics of the MODIS detector result in geometric distortion of MODIS LIB images. This is especially the case between the scanning swathes where serious dislocation, i.e., bow tie, exists. Geometric and bow tie correction

are conducted through the MODIS processing module (Geo-reference MODIS) in ENVI software.

Image Registration: As MODIS images with the same coverage of each year are not identical and may have certain pixel offsets, we firstly subset the images with an area slightly bigger than Guangdong Province. Then, registration is performed to make all of the corresponding pixels locate in the same place by selecting over 50 control points, with a root mean square error (RMSE) below 0.5 pixels.

Image Sub-setting: Vector data of Guangdong Province boundary are needed to extract the study area from the corrected remote-sensing imagery.

2.2.2. Land-use classification scheme and approach

Before conducting Land-use classification, there are two aspects we should consider: 1) to develop a classification scheme suitable for the study area; and 2) to select an appropriate classification approach. Based on the prior knowledge of Guangdong Province obtained in recent years and a literature survey on previous research in this region, we developed a classification scheme comprising six classes, including water, wasteland, urban land, forest, orchards, and cropland. Moreover, wasteland includes waste grassland, saline-alkali land, sand, and undeveloped land.

The objective of image classification is to classify all of the pixels of the image into several categories or themes, and the cores of the classification algorithm are the discrimination function and the corresponding criterion. In this study, we firstly use a supervised classification with a support vector machine (SVM) algorithm (Burges 1998) to classify the MODIS image into water, vegetation, urban land, and wasteland with the aid of existing knowledge, experience and some auxiliary data, such as MODIS land use/cover products and Landsat TM images with higher spatial resolution. The auxiliary data in our study were used to help select regions of interest (ROIs) as training pixels for each class in the SVM and validate the classification results. TM images at similar times, covering parts

of Guangdong Province, were used because of their higher spatial resolution with 30 m, which provided clearer details of the objections. MODIS Land Cover Type Product supplies global maps of land cover at annual time steps. The primary results with IGBP global vegetation classification scheme identify 17 land-cover classes, and the overall accuracy of the product is about 75%. SVM is a classification system derived from statistical learning theory. Specifically, it separates the classes with a decision surface that maximizes the margin between the classes. The surface is called the optimal hyperplane, and the data points closest to the hyperplane are support vectors. SVM classification output is the decision values of each pixel for each class, which are used for probability estimates, and then ENVI performs classification by selecting the highest probability. A decision tree (He 2007; Zhang et al 2008; Jia & Xu 2010) is then built by setting a series of thresholds to DEM data and Enhanced Vegetation Index (EVI) to further categorize vegetation into forest, orchard, and cropland (Figure 3). The decision tree performs multistage classifications by employing a series of binary decisions to place pixels into classes. Each decision divides the pixels in the images into two classes based on an expression, and the results of the decisions are classes. The rules of the decision tree include: 1) croplands are generally at low altitudes and have low Enhanced Vegetation Index (EVI); 2) orchards are at slightly higher altitudes and have much higher EVI values; and 3) forests are usually at the highest altitudes. Therefore, firstly a low value of elevation A is set to extract the cropland and orchards at low altitudes from the vegetation class, and then a threshold of EVI D is set to separate the cropland and orchards. For vegetation at altitudes greater than A, we further set a threshold for elevation B to extract the forests. For vegetation at altitudes between A and B, a value of EVI C is used to divide forests and orchards, since orchards have higher EVI values. Thresholds A, B, C and D vary in different years, and are defined according to existing knowledge, MODIS land use/cover products, and Guangdong Province vegetation maps. The accuracy of classification was evaluated using the 30 m resolution TM images covering the

study areas. MODIS Land Cover Type products by the IGBP classification scheme were also utilized. Over 50 samples for each class were selected to calculate the kappa coefficient.

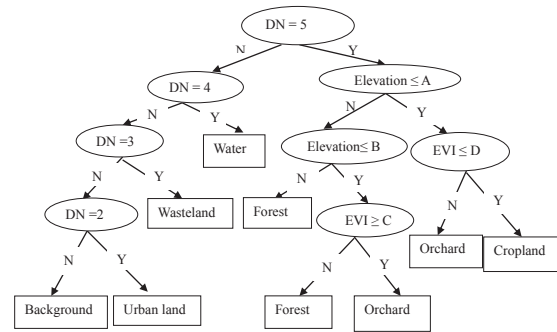


Figure 3- A decision tree developed for land-use classification in Guangdong Province (DN is the code of each type of initial classification result; A, B, C, and D are the thresholds of elevation and EVI for different years)

Şekil 3- Guangdong bölgesinde alan kullanım sınıflandırması için geliştirilen karar sıralaması (DN, sınıflandırma sonuçlarının kodlamasını ifade etmekte; A, B, C, ve D, farklı yıllara ait EVI ve yükseklik sınırlarını ifade etmektedir)

3. Results and Discussion

3.1. Land-use change detection from 2001 to 2010

The land use maps of each year from 2001 to 2010 were obtained through various image processing techniques and combined classification techniques (Figure 4). The overall accuracy of the results in 2008 and 2010 were calculated as 80.4% and 81.2% with kappa coefficient of about 0.79 and 0.776, respectively. These are mainly limited by the low spatial resolution of MODIS images, since a single pixel covers about 0.25 km² and there are many mixed pixels.

Table 1 shows that the water area changed very little from 2001 to 2010; the area of wasteland shrank in a large amount and proportion due to its low transformation cost; urban land expanded dramatically as a result of economic growth and

a great influx of population, so it is necessary to increase the built-up area to meet people's living demands; the forest area first shows a decrease, and then an increase, which implies that both human demand for forest resources and control over ecosystems have been increasing with the rapid development of society; the percentage of orchards demonstrates a significant rise during the period, since they produce much higher income due to market mechanisms. Moreover, because of superior geographical condition, the area of cropland decreased from 11.46% to 10.14% gradually in those years, identifying a dramatic expansion of urban area and a major loss of cropland during the years, which are closely related to the rapid growth of the economy and population in the region. As data acquisition for the selected MODIS images in 2002, 2003 and 2009 took place in October when the harvest is not yet completed, an obscure variation trend of wasteland and forest resulted.

3.2. Analysis of the LUCC in Guangdong Province (2001-2010)

To perform further analysis, we selected the land-use maps of 2001, 2004, 2007, and 2010 to elucidate the mutual transformation of each land use/cover class. The change matrixes between each two years

are listed in Table 2, which reveals the unchanged area and the conversion area of land-cover type *i* in the initial stage to type *j* at the end of the period.

It can be concluded from the Table 2 that in the past 10 years, the conversion between land-cover types in Guangdong Province has been quite dramatic. Moreover, three major types of land-cover change can be identified: wasteland to urban land, wasteland to cropland, and cropland to orchards. The conversion from wasteland is the most notable, and the areas converted from wasteland to cropland account for 46.1%, 30.1% and 28.8% of the total changing area of wasteland in 2001-2004, 2004-2007 and 2007-2010, respectively. Urban land witnessed a great rise by 4186.25 km², exhibiting first an increasing trend and then a slowing trend. The areas transformed to urban land from wasteland are 2759.5 km², 2949.75 km² and 2973 km² during each of the above periods, respectively. In addition, a large amount of cropland was converted to orchards for the purpose of obtaining additional profits owing to the subsequent processes of agricultural restructuring and land encroachment. The conversion patterns are presented in Figure 5. The conversions between land cover types during 2007-2010 were the most profound and complicated.

Table 1- Percentage (%) of each land cover class in Guangdong Province (2001-2010)

Çizelge 1- Guangdong bölgesinde herbir alan örtüsünün yüzdesi (%)

Year \ LC	Water	Wasteland	Urban land	Forest	Orchard	Cropland
2001	2.95	17.78	6.21	54.83	6.76	11.46
2002	2.94	12.39	6.76	59.53	6.95	11.44
2003	2.63	15.08	7.03	56.69	7.20	11.35
2004	3.00	17.00	7.44	53.96	7.43	11.16
2005	2.76	14.01	7.58	57.03	7.68	10.94
2006	2.93	15.53	8.04	54.81	7.88	10.79
2007	2.85	15.50	8.19	54.83	8.02	10.59
2008	2.75	12.35	8.45	57.80	8.23	10.40
2009	2.59	5.86	8.58	64.27	8.43	10.25
2010	2.71	6.51	8.59	63.38	8.66	10.14

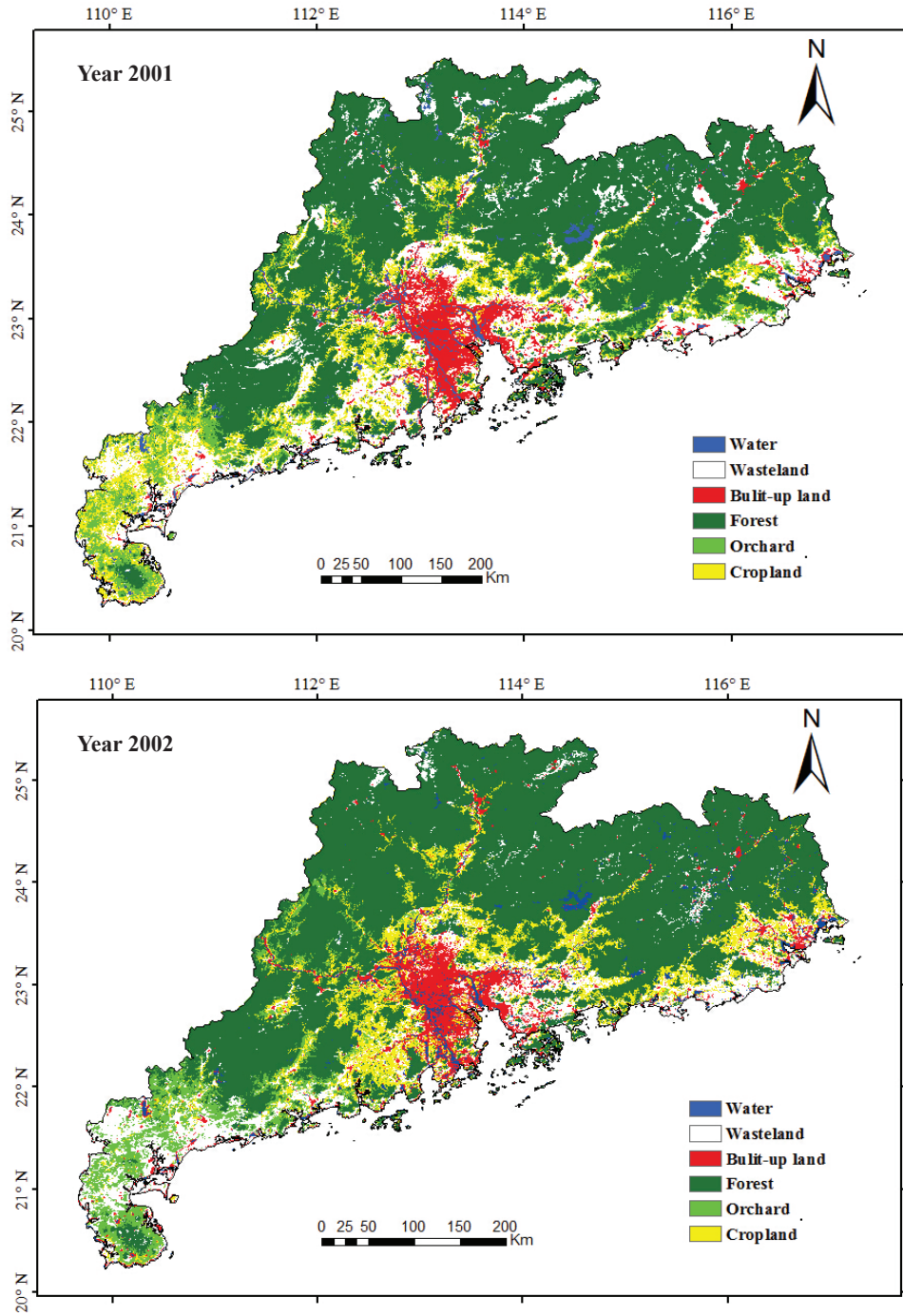


Figure 4- Land-use maps of each year in Guangdong Province from 2001 to 2010

Şekil 4- Guangdong bölgesinde 2001'den 2010 yılına kadar her yıla ait alan kullanım haritaları

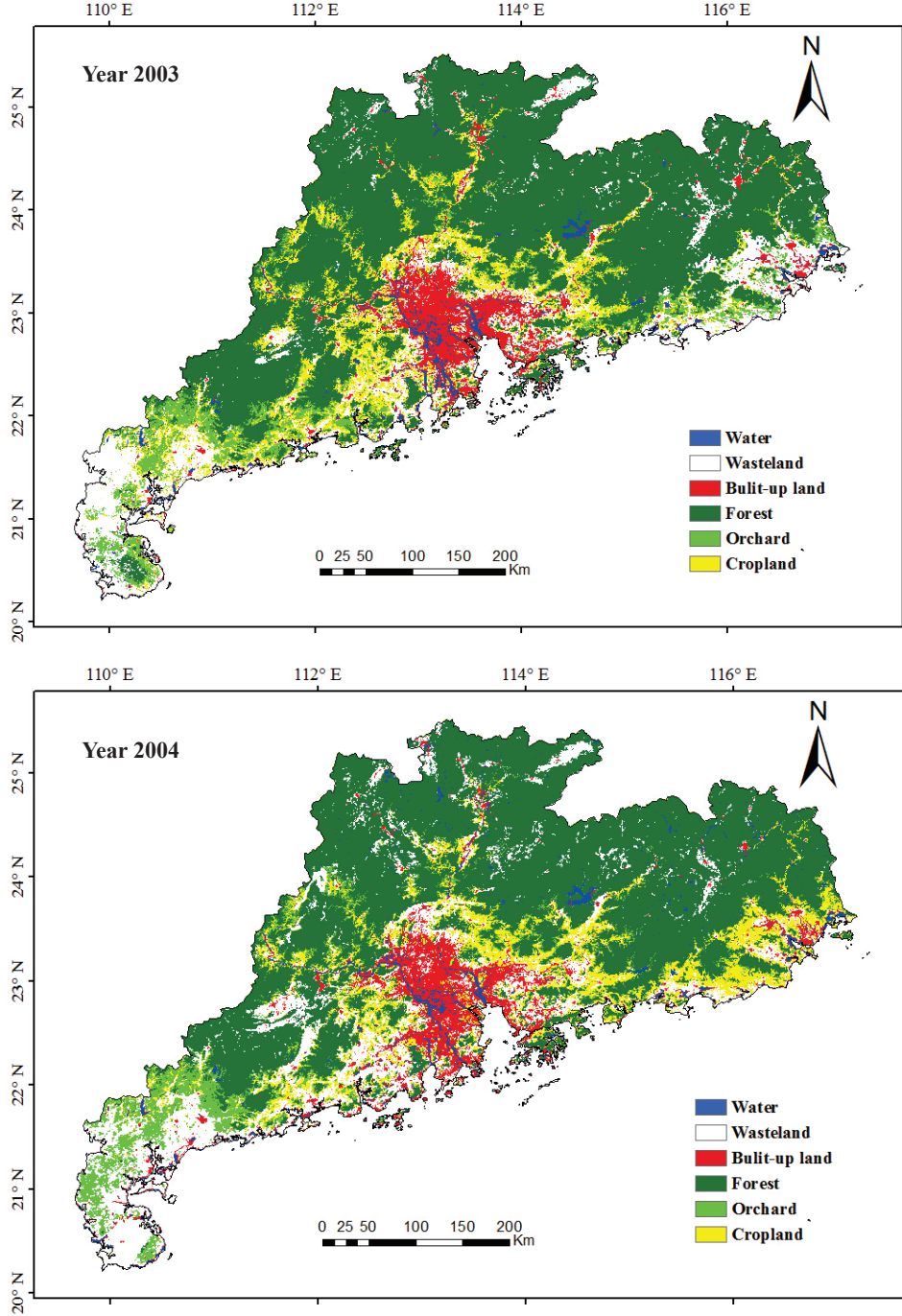


Figure 4- (Continued) Land-use maps of each year in Guangdong Province from 2001 to 2010

Şekil 4- (Devam) Guangdong bölgesinde 2001'den 2010 yılına kadar her yıla ait alan kullanım haritaları

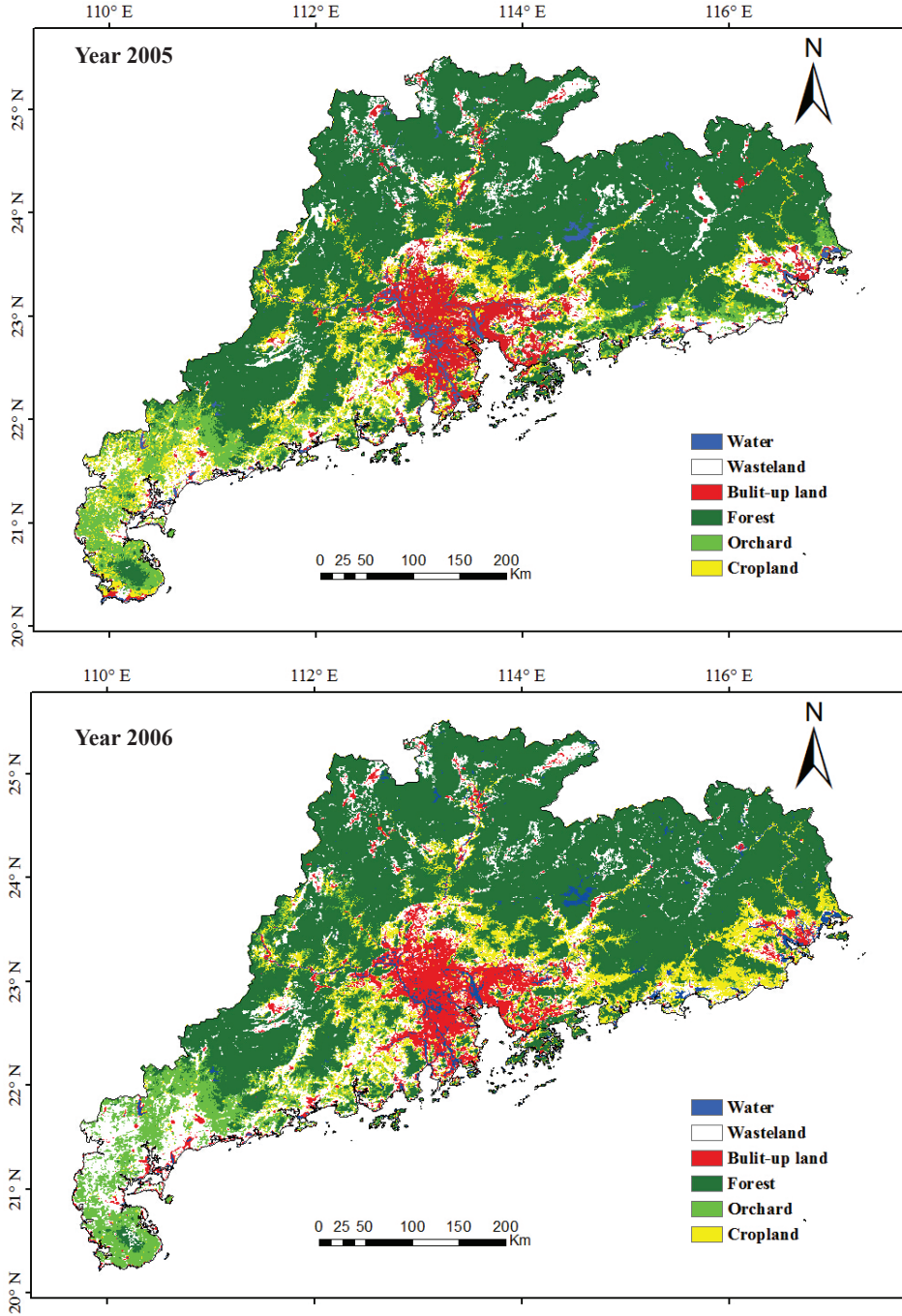


Figure 4- (Continued) Land-use maps of each year in Guangdong Province from 2001 to 2010

Şekil 4- (Devam) Guangdong bölgesinde 2001'den 2010 yılına kadar her yıla ait alan kullanım haritaları

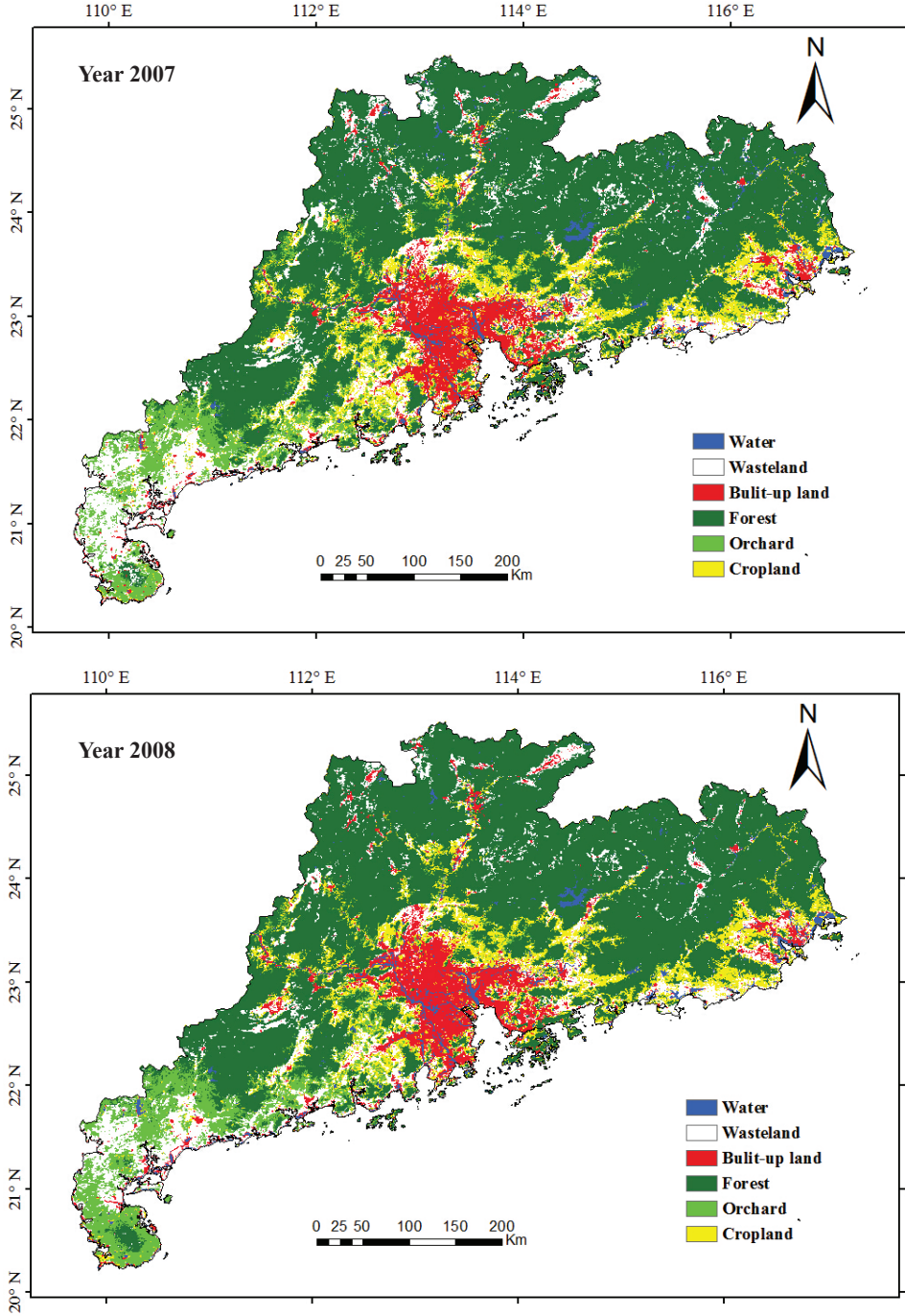


Figure 4- (Continued) Land-use maps of each year in Guangdong Province from 2001 to 2010

Şekil 4- (Devam) Guangdong bölgesinde 2001'den 2010 yılına kadar her yıla ait alan kullanım haritaları

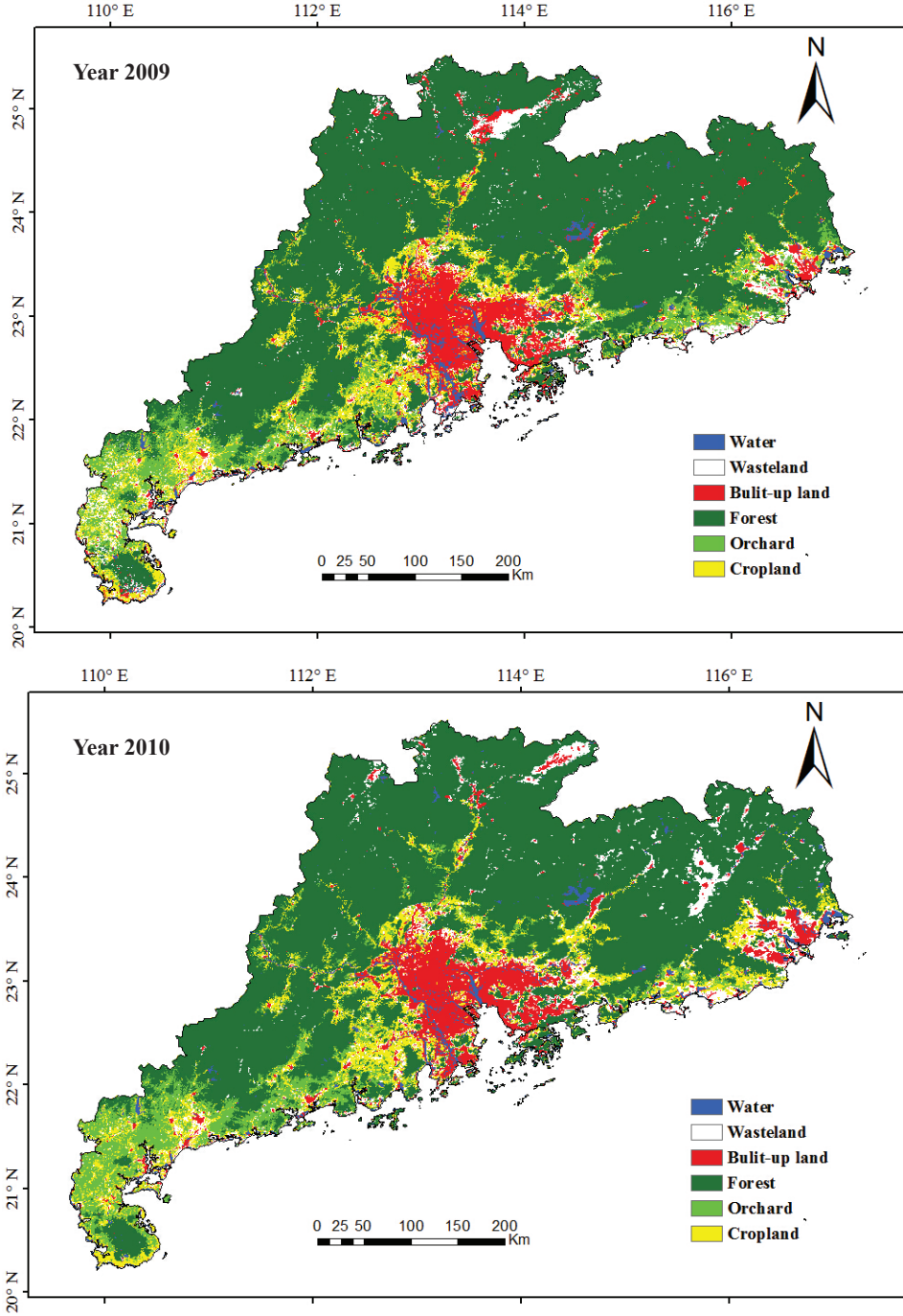


Figure 4- (Continued) Land-use maps of each year in Guangdong Province from 2001 to 2010

Şekil 4- (Devam) Guangdong bölgesinde 2001'den 2010 yılına kadar her yıla ait alan kullanım haritaları

Table 2- Change matrixes of land-cover types during three different periods (km²)Çizelge- 2- Üç farklı dönemde alan örtüsü tiplerinin değişim matrisleri (km²)

2001	Water	Wasteland	Urban	Forest	Orchard	Cropland	Total
2004							
Water	2798	111.5	952.25	725.5	45	274.75	4907
Wasteland	395.75	20316.5	1050.75	2517.75	1388	4848	30516.75
Urban	1166.75	2759.5	8457.75	228.75	63.25	486.75	13162.75
Forest	308.5	2888	116.75	93076.25	319	403.25	97111.75
Orchard	15.5	513.25	3	2211	7456	3162	13360.75
Cropland	214.25	5354.75	426.25	0	2778.5	11232.75	20006.5
Total	4898.75	31943.5	11006.75	98759.25	12049.75	20407.5	179065.5
2004							
2007							
Water	2805.5	215.75	890.25	518.25	15.25	383.75	4828.75
Wasteland	117.5	19547.75	1263.75	3076.5	1514.25	2331.5	27851.25
Urban	1125.75	2949.75	9904.75	137.75	3.75	348	14469.75
Forest	604.5	2174.25	269.25	93154.75	2549	0	98751.75
Orchard	57.75	2325	97.25	224.5	8886.75	2712.75	14304
Cropland	196	3304.25	737.5	0	391.75	14230.5	18860
Total	4907	30516.75	13162.75	97111.75	13360.75	20006.5	179065.5
2007							
2010							
Water	2037	370	1335	199.75	35.25	378.25	4355.25
Wasteland	262.25	6428.25	1071	1662.25	150.25	2122.75	11696.75
Urban	1060	2973	10104.5	109.25	17	929.25	15193
Forest	874.25	6539	410	96780.5	6285.25	3071.25	113960.3
Orchard	18.75	5361.75	74.75	0	6274.5	3935.5	15665.25
Cropland	576.5	6179.25	1474.5	0	1541.75	8423	18195
Total	4828.75	27851.25	14469.75	98751.75	14304	18860	179065.5

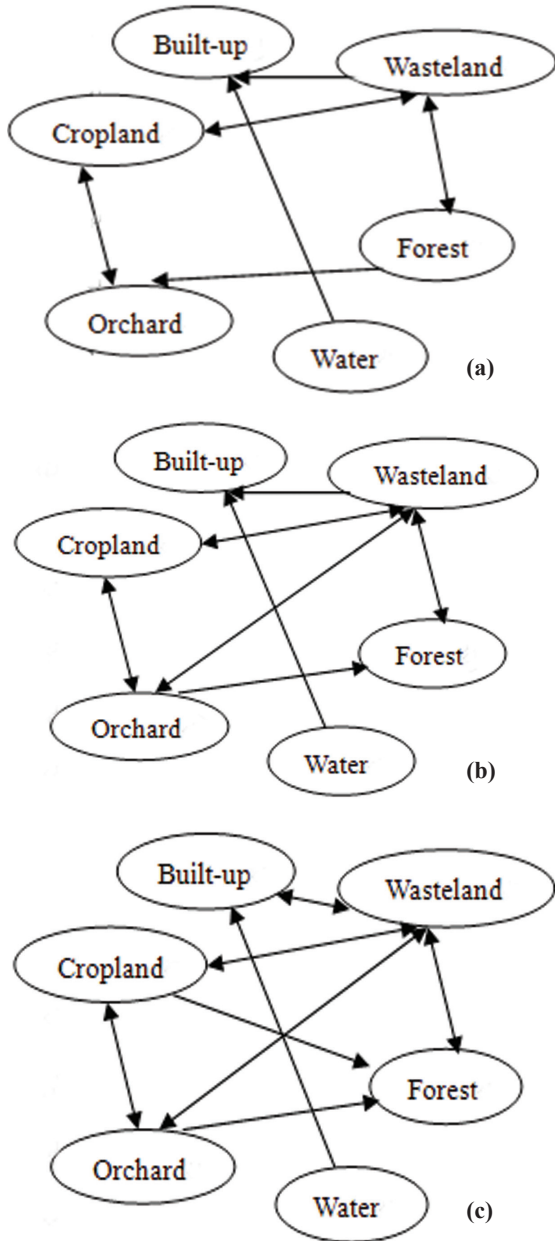


Figure 5- Land-use mutual conversion patterns during 2001-2004 (a), 2004-2007 (b), and 2007-2010 (c)

Şekil 5- 2001-2004 (a), 2004-2007 (b), ve 2007-2010 (c) yıllarında alan kullanım değişimlerini gösteren dokular

Here, two dynamic index proposed by Wang & Bao (1999) are used to quantify the yearly changing rate of land use types. The single land-use dynamic index is calculated with Equation 1.

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (1)$$

Where; K is the dynamic degree of a land-use type in a certain period from t_1 to t_2 ; U_a represents the area of the type at the beginning of the period; and U_b is the area at the end of the period.

The comprehensive land-use dynamic index is used to describe the regional transforming rate of all land-use types during the study period, and quantitatively reflects the transformation rate and intensity of land use in the region. It can be expressed as Equation 2.

$$CR = \left[\frac{\sum_{i=1}^r \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^r LU_i} \right] \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

Where; CR is the value of comprehensive land-use dynamic degree; LU_i is the area of land-use type i at the beginning of the period; and ΔLU_{i-j} is the conversion area from land-use type i to land-use type j.

The yearly changing rate and comprehensive land-use dynamic degrees during 2001-2004, 2004-2007, and 2007-2010 are obtained according to the above equations and are listed in Table 3. The results suggest that Guangdong Province has experienced striking and intense changes in land use, and the comprehensive land-use dynamic during 2001-2004, 2004-2007 and 2007-2010 was 3.32, 2.84 and 4.56, respectively. Wasteland shrank at an increasing rate, while the area of urban land witnessed a substantial expansion at a decreasing rate. The annual growth rate of orchards was rapid, while cropland suffered a moderate reduction from 2001 to 2010. It is inferred that agricultural restructuring, urbanization, and wasteland development are the direct causes of Guangdong Province's fast land-

cover change. Cities and towns spread rapidly into the countryside, creating strong development pressures on surrounding farmland and open spaces.

3.3. Analysis of the driving forces in Guangdong Province (2001-2010)

To further identify the socio-economic determinants of LUCC in Guangdong Province, several typical socio-economic factors during four years were collected from Guangdong's Statistical Bureau (Table 4).

Owing to the massive investment and rapid export growth made possible by the reform and opening-up policies, Guangdong Province's economy developed rapidly in the 1980s and early 1990s. Until 2001, the economy was large and the growth rate was moderate during 2001-2004; from 2004 to 2010, the economy advanced at a stable and fast speed, which can be reflected from marked increases in GDP, total investment in fixed assets, and total retail sales of consumer goods. Increases in wealth and income promoted increasing demands

Table 3- Single and comprehensive dynamic degree of land use/cover classes (from 2001 to 2010)

Çizelge 3- Alan kullanımı ve arazi örtüsünün tekli ve karmaşık derecesi

	<i>Water</i>	<i>Wasteland</i>	<i>Urban</i>	<i>Forests</i>	<i>Orchards</i>	<i>Cropland</i>
Single dynamic degree (%) (2001-2004)	0.056	-1.49	6.53	-0.56	3.63	-0.65
Comprehensive dynamic degree (%) (2001-2004)	3.32					
Single dynamic degree (%) (2004-2007)	-0.53	-2.91	3.31	0.56	2.35	-1.91
Comprehensive dynamic degree (%) (2004-2007)	2.84					
Single dynamic degree (%) (2007-2010)	-3.26	-19.33	1.67	5.13	3.17	-1.17
Comprehensive dynamic degree (%) (2007-2010)	4.56					

Table 4- Socio-economic indices in Guangdong Province

Çizelge 4- Guangdong bölgesinin sosyo-ekonomik indeksi

	2001	2004	2007	2010
Gross Domestic Product (100 million Yuan)	10647.71	16039.46	31084.4	46013.06
Primary Industry	1004.35	1245.42	1695.57	2286.98
Secondary Industry	5341.61	8890.29	15939.1	23014.53
Tertiary Industry	4301.75	5903.75	13449.73	20711.55
Population (10000 people)	7565.33	7804.75	8156.05	8521.55
Government Revenue (100 million Yuan)	1160.51	1418.51	2785.8	4517.04
Total Investment in Fixed Assets (100 million Yuan)	3536.34	6025.53	9596.95	16113.19
Total Retail Sales of Consumer Goods (100 million Yuan)	4515.28	6370.42	10598.14	17414.66
Gross Agricultural Output Value (100 million Yuan)	1722.35	2154.79	2821.24	3754.86
Gross Industrial Output Value (100 million Yuan)	18909.91	26720.87	62759.92	85824.64

for urban land, since people desire more comfortable houses, more convenient transportation, and more beautiful living environments. Moreover, the rapid expansion of urban land occurred mainly because the economic output of urban land is generally much more than that of agricultural land. Since the agricultural land and wasteland in the urban fringe have the potential to be transformed into urban land, the rate of land cover change increased accordingly.

Guangdong Province's total investment in fixed assets soared to 16113.19 billion Yuan in 2010 from 3536.34 billion Yuan in 2001. The substantial increase in investment resulted in the rapid growth of infrastructure projects, simulated the low-density expansion of urban areas, and consequently the frequent conversion of wasteland and cropland into construction land.

The total retail sales of consumer goods in Guangdong Province has risen by over four times during the past 10 years, marking a great enhancement of buying power and demand for durable goods, including houses and cars. This consequently promoted the development of the

real estate, transportation, and service industries. Due to the above mentioned causes, along with the effects of developments in science and technology on economic development, Guangdong Province made significant progress in industrial structure adjustment and improvement. In fact, secondary and tertiary industries have increased at a fairly higher rate than primary industries, which led to a rising demand for labor, and consequently a large quantity of floating population. The population has been on the move, up to 852.15 million in 2010 from 756.53 million in 2001, and the population growth rate during 2001-2004, 2004-2007 and 2007-2010 was 3.16%, 4.5% and 4.48%, respectively. Furthermore, the population mainly gathered in urban centers and the outskirts surrounding them (mainly the Pearl River Delta), which is also a reason for urbanization and cropland loss.

To further confirm the influence of population and GDP on land-use change, we collected relevant data from 2001 to 2010. The change trend of GDP, and area of urban and cropland is shown in Figure 6. During the last 10 years, Guangdong

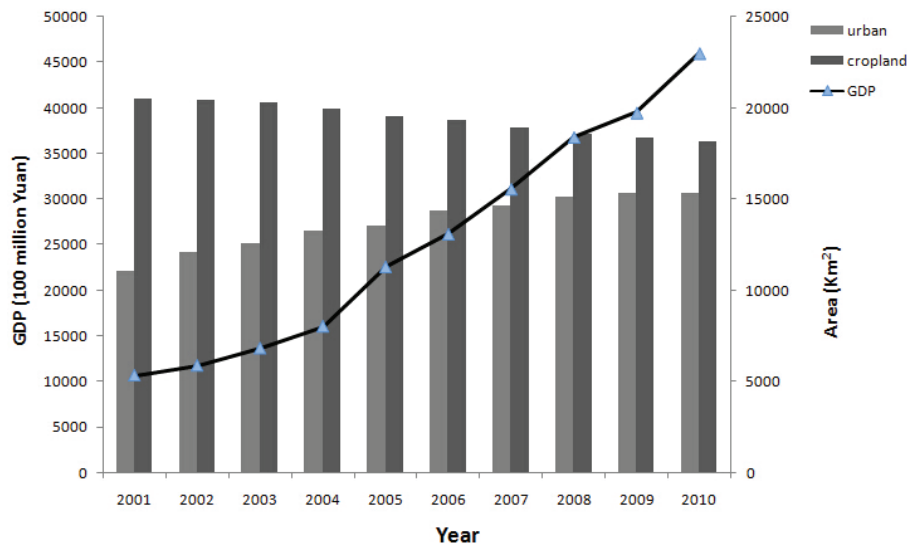


Figure 6- Change trend of GDP, and area of urban and croplands in Guangdong Province during 2001-2010

Şekil 6- Guangdong bölgesinde 2001-2010 yılları arasında GSYH ile kentsel ve tarım alanlarındaki değişim trendleri

Province has experienced a dramatic increase in GDP and corresponding gradual city expansion and cropland loss. Urbanization and economic growth are characterized by a close relationship and mutual promotion. Figure 7 indicates the correlation between population and area of urban and cropland, with the correlation coefficient of 0.923 and 0.987, respectively. In other words, the growing population has not only facilitated urbanization, but is also a major driving force behind reduction in farmland.

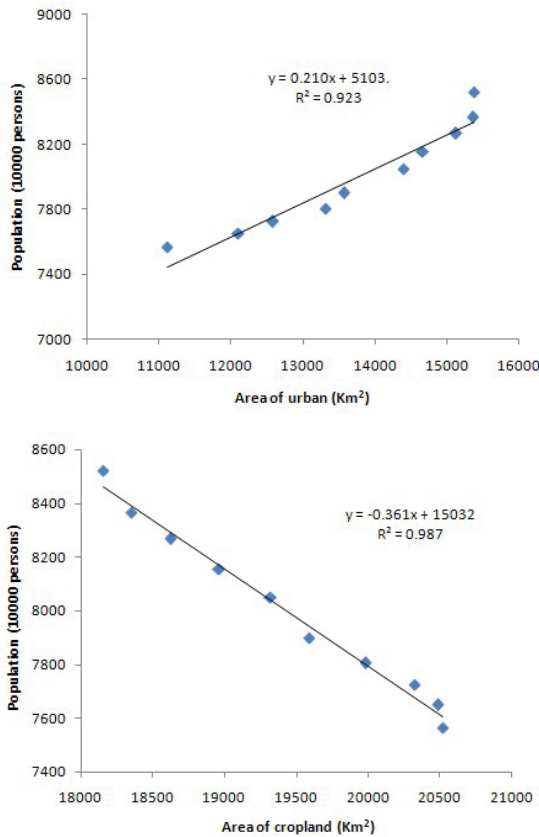


Figure 7- Correlation between population and area of urban (top) and cropland (bottom) in Guangdong Province during 2001-2010

Şekil 7- Guangdong bölgesinde 2001-2010 yılları arasında nüfus ile (üst) kentsel alan ve (alt) tarım alanları arasındaki korelasyon

4. Conclusions

Land use/cover change is recognized as an important factor in environmental change, especially in areas where enormous population and rapid economic growth exist. Our analysis indicates that in the last decade, Guangdong Province has witnessed dramatic land-use change, mainly manifested in urban land and cropland. The percentage of urban land and orchards increased by 2.38% and 1.9%, respectively; whereas, cropland shrank to 10.14% from 11.46%. This indicates that along with rapid economic development, massive urbanization (4186.25 km²) and cropland loss (2212.5 km²) have taken place in the region; meanwhile, the utilization of wasteland has been greatly increased, as shown by a decrease of area from 20407.5 km² to 18195 km². To some degree, the shrinkage of cropland and undeveloped land reflects an irreversible trend of growing industrialization, urbanization, and marketization. However, fertile cropland loss usually incurs substantial costs through diminishing the productivity of land and the capability of food grain production, as well as farmland diversity, which presents many challenges for farmers. Urban development could also cause environmental problems, such as air and water pollution, and an increase of carbon emissions.

The land-cover conversion mechanisms in Guangdong Province are mainly wasteland to urban land, and the mutual transformation between wasteland and cropland. The conversions from 2007 to 2010 were especially dramatic and complicated, which can also be inferred from the annual changing rate, with the most positive being 5.13%, the most negative -19.33%, and comprehensive land-use dynamic being 4.56%. The expansion rate of urban land and orchards was rapid, while wasteland and cropland suffered a sharp decline. The land-use changes could result in alterations in the physical and chemical soil parameters, thus giving rise to soil erosion, salinization, and desertification. Forestlands to built-up and wasteland conversions have been proven to produce an increase in soil erosion (Li et al 2014). Moreover, massive deforestation could change the atmospheric concentration of carbon

dioxide, i.e., the principal heat-trapping gas, and the local and regional climate by altering the vegetation cover on the surface. Therefore, there exists an urgent need for the government of Guangdong Province to plan and utilize the limited land resources more efficiently and effectively, and achieve a workable balance between the preservation of high-quality cropland and the need for urban growth.

The notable land-cover change in Guangdong Province is conclusively driven by its economic and population development. Marked increases in GDP (10647.71 billion Yuan to 46013.06 billion Yuan), total investment in fixed assets (3536.34 billion Yuan to 16113.19 billion Yuan), and total retail sales of consumer goods (4515.28 billion Yuan to 17414.66 billion Yuan) have led to fast expansion of cities and industrial structure adjustment and improvement. The rise of modern service industries has also created an opportunity for large-scale migration from rural to urban areas, together with rapid growth of the total population, thus accelerating the urbanization process and loss of farmland.

Acknowledgements

China National Key Technology R&D Program (2012BAH32B03), China National 863 Program (2006AA06A306) and Guangdong NSF (S2013010014097) are acknowledged for financial supports. We also thank the NASA Earth System for the MODIS products. Bernard de Jong of Utrecht University are thanked for comments and corrections. This is contribution No. SKLOG2013A01 from SKLOG and No. IS-2243 from GIGCAS.

References

- Bagarinao R T (2008). Land use change and its implications on the environment and people's health: The case of Mananga Watershed in Metro Cebu, Philippines. *Asia Life Sciences* 2: 65-76
- Burges C J C (1998). A tutorial on support vector machines for pattern recognition. *Data Mining and Knowledge Discovery* 2: 121-167
- Chen G Y, Guo D Z, Wojtaszek M V & Márkus B (2011). Land use and land cover change based on remote sensing and GIS in Changping, Beijing, China and Lake Velence Watershed, Hungary. *Advanced Material Research* 403-408: 1543-1547
- Dai J L, Wang K Y & Gao X L (2010). Spatial structure and land use control in extended metropolitan region of Zhujiang River Delta, China. *Chinese Geographical Science* 20(4): 298-308
- Ding H, Wang R C, Wu J P, Zhou B, Shi Z & Ding L X (2007). Quantifying land use change in Zhejiang Coastal region, China using multi-temporal landsat TM/ETM plus images. *Pedosphere* 17(6): 712-720
- Fan F L, Wang Y P & Wang Z S (2008). Temporal and spatial change detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. *Environmental Monitoring and Assessment* 137(1-3): 127-147
- Ge Q S, Zhao M C & Zheng J Y (2000). Land use change of China during the 20th century. *Acta Geographica Sinica* 55(6): 706-716
- Gilani H, Shrestha H L, Murthy M S R, Phuntso P, Pradhan S, Bajracharya B & Shrestha B (2015). Decadal land cover change dynamics in Bhutan. *Journal of Environmental Management* 148: 91-100
- Guangdong Statistical Bureau & Guangdong Survey Office of National Bureau of Statistics (2002, 2005, 2008, 2010). Guangdong Statistical Yearbook (2002, 2005, 2008, 2010). China Statistics Press, Beijing (in Chinese)
- He B F, Fan W, Liu H M & Feng Y (2007). Study of land cover classification of Anhui province using MODIS data. *Infrared Technology* 29(11): 651-656
- Jia W J & Xu F F (2010). Land use change research in Beijing city based on MODIS. *Journal of Shandong Jianzhu University* 25(2): 151-153
- Kiage L M, Liu K B, Walker N D, Lam N & Huh O K (2007). Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment, Kenya, East Africa: evidence from Landsat TM and ETM. *International Journal of Remote Sensing* 28(19): 4285-4309
- Lambin E F, Turner B L, Geist H J, Agbola S B, Angelsen A, Bruce J W, Coomes O T, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George P S, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X B, Moran E F, Mortimore M, Ramakrishnan P S, Richards J F, Skanes H, Steffen W, Stone G D, Svedin U, Veldkamp T A, Vogel C & Xu J C (2001). The causes of land-use and land-cover change:

- moving beyond the myths. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* **11**(4): 261-269
- Lambin E F, Geist H J & Lepers E (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* **28**(1): 205-241
- Li L L, Wang Y P & Liu C (2014). Effects of land use changes on soil erosion in a fast developing area. *International Journal of Environmental Science & Technology* **11**: 1549-1562
- Lichtenberg E & Ding C (2008). Assessing farmland protection policy in China. *Land Use Policy* **25**(1): 59-68
- Lin G & Ho S P (2003). China's land resources and land-use change: insights from the 1996 land survey. *Land Use Policy* **20**(2): 87-107
- Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, Zhang Z Z & Deng X Z (2003). Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000. *Science in China Series D: Earth Sciences* **46**(4): 373-384
- Liu J Y, Zhang Z X, Xu X L, Kuang W H, Zhou W C, Zhang S W, Li R D, Yan C Z, Yu D S & Wu S X (2010). Spatial patterns and driving forces of land use change in China during the early 21st century. *Journal of Geographical Sciences* **20**(4): 483-494
- Lo C P & Yang X J (2002). Drivers of land-use/land-cover changes and dynamic modeling for the Atlanta, Georgia Metropolitan Area. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **68**(10): 1073-1082
- Masek J G, Lindsay F E & Goward S N (2000). Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973-1996, from Landsat observations. *International Journal of Remote Sensing* **21**(18): 3473-3486
- Mertes C M, Schneider A, Sulla-Menashe D, Tatem A J & Tan B (2014). Detecting change in urban areas at continental scales with MODIS data. *Remote Sensing of Environment* doi.org/10.1016/j.rse.2014.09.023
- Meyer W B & Turner B L (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics* **23**: 39-61
- Okamoto K, Shindo J & Kawashima H (2005). Analysis of rapid land-use/land-cover change in North-eastern China using Landsat TM/ETM+ data. *Transactions on Ecology and the Environment* **81**: 553-561
- Seto K C, Woodcock C E, Song C, Huang X, Lu J & Kaufmann R K (2002). Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing* **23**(10): 1985-2004
- Shi P J, Gong P & Li X B (2000). 2. Science Press, Beijing (in Chinese)
- Siciliano G (2012). Urbanization strategies, rural development and land use changes in China: A multiple-level integrated assessment. *Land Use Policy* **29**(1): 165-178
- Skole D & Tucker C (1993). Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. *Science* **260**(5116): 1905-1910
- Sun X, He J, Shi Y Q, Zhu X D & Li Y F (2012). Spatiotemporal change in land use patterns of coupled human-environment system with an integrated monitoring approach: A case study of Lianyungang, China. *Ecological Complexity* **12**: 23-33
- Thenkabail P S, Schull M & Turrall H (2005). Ganges and Indus river basin land use/land cover (LULC) and irrigated area mapping using continuous streams of MODIS data. *Remote Sensing of Environment* **95**(3): 317-341
- Thomson C N & Hardin P (2000). Remote sensing/GIS integration to identify potential low-income housing sites. *Cities* **17**(2): 97-109
- Townshend J R G, Justice C O & Kalb V (1987). Characterization and classification of South American land cover types using satellite data. *International Journal of Remote Sensing* **8**(8): 1189-1207
- Tucker C J, Townshend J R G & Goff T E (1985). African land-cover classification using satellite data. *Science* **227**(4685): 369-375
- Wang X L & Bao Y M (1999). Study on the methods of land use dynamic change research. *Progress In Geography* **18**(1): 81-87
- Wang S Y, Liu J Y, Zhang Z X, Zhou Q B & Zhao X L (2001). Analysis on spatial-temporal features of land use in China. *Acta Geographica Sinica* **56**(6): 631-639
- Wang J, Chen Y Q, Shao X M, Zhang Y Y & Cao Y G (2012). Land-use changes and policy dimension driving forces in China: Present, trend and future. *Land Use Policy* **29**(4): 737-749
- Wang Y, Chen Y N, Ding J L & Fang G H (2015). Land-use conversion and its attribution in the Kaidu-

- Kongqi River Basin, China. *Quaternary International* **380-381**: 216-223
- Weng Q H (2002). Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management* **64**(3): 273-284
- Wu Q, Li H Q, Wang R S, Paulussen J, He Y, Wang M, Wang B H & Wang Z (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning* **78**(4): 322-333
- Xu Y M, Liu Y H, Wei M & Lv J J (2007). Land cover classification of the Yangtze River Delta using MODIS data. *Acta geographica sinica* **62**(6): 640-648
- Yan X P, Mao J X & Pu J (2006). Research on the human dimensions of land use changes in the mega-urban region: A case study of the Pearl River delta. *Acta Geographica Sinica* **61**(6): 613-623
- Ye Q H, Liu G H, Tian G L, Chen S L, Huang C, Chen S P, Liu Q S, Chang J & Shi Y (2004). Geospatial-temporal analysis of land-use changes in the Yellow River Delta during the last 40 years. *Science in China Series D-Earth Sciences* **47**(11): 1008-1024
- Yu X X & Yang G S (2002). The advances and problems of land use and land cover change research in China. *Progress in Geography* **21**(1): 51-57
- Zhang H H, Zeng Y N, Zou B, Xiao P F, Hu D Y & Peng J C (2007). Quantitative analysis and simulation of land use changes in the Pearl River Delta, China. *Proc. SPIE 6752, Geoinformatics 2007: Remotely Sensed Data and Information* doi:10.1117/12.761303
- Zhang X, Sun R, Zhang B & Tong Q (2008). Land cover classification of the North China Plain using MODIS_EVI time series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **63**(4): 476-484
- Zhang Y L, Nie Y & Lv X F (2008). Chinese literature analysis on land use research in China. *Progress in Geography* **27**(6): 1-11
- Zhou W C & Jiang X B (2000). Construction of information system of policy-making supporting for sustainable development of land resources in Sichuan, Yunan, Guizhou and Chongqing in China. *Journal of Mountain Science* **18**(6): 536-540



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

CBS Kullanılarak Çeltik Tarımı için Arazi Uygunluk Değerlendirmesi: Hayrabolu Deresi Havzası (Trakya Yarımadası) Örneği

Emre ÖZŞAHİN^a

^aNamık Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 59030, Tekirdağ, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Emre ÖZŞAHİN, E-posta: eozsahin@nku.edu.tr, Tel: +90 (282) 250 26 96

Geliş Tarihi: 01 Eylül 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 17 Şubat 2015, Kabul: 17 Şubat 2015

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli çeltik ekim alanlarının bulunduğu Trakya Yarımadasında yer alan Hayrabolu Deresi Havzası'nda çeltik tarımı için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli arazi uygunluk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Havza alanı Tekirdağ ilinde çeltik tarımının yapıldığı en önemli sahadır. Bu bakımdan Tekirdağ ilinin Türkiye çeltik üretimine olan katkısını değerlendirmek ve gelecekte yapılacak tarımsal amaçlı planlamalara destek olması açısından çalışmanın önemli olduğu düşünülmektedir. Çalışma amacı kapsamında Dengiz (2013) tarafından kullanılan yöntem içeriğinden yararlanılmıştır. Bu amaçla Ekinci (1990) tarafından bildirilen yöre topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılmıştır. Çalışma sonunda Hayrabolu Deresi Havzası'nın % 74.1 oranla çeltik tarımına uygun arazilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Türkiye'deki çeltik ihtiyacındaki artışa bağlı olarak yakın gelecekte havzada yeni sahalarda bu tahılın yetiştirilmesi için kullanılacağı anlaşılmaktadır. Bu bakımdan çeltik tarımına açılacak yeni sahaların bu veya buna benzer farklı çalışmalarla tespit edilip, araştırılması doğal kaynakların kullanımının sürdürülebilir olması bakımından oldukça mühim bir husustur. Sonuç olarak CBS teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmanın sonuçları, benzer sahalara için aynı yöntemin rahatlıkla kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik tarımı; Coğrafi bilgi sistemleri (CBS); Dengiz yöntemi; Arazi uygunluk değerlendirme; Hayrabolu deresi havzası; Tekirdağ

Land Suitability Assessment for Rice Cultivation Using GIS: Hayrabolu Stream Basin (Thrace Peninsula) Case

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Emre ÖZŞAHİN, E-mail: eozsahin@nku.edu.tr, Tel: +90 (282) 250 26 96

Received: 01 September 2014, Received in Revised Form: 17 February 2015, Accepted: 17 February 2015

ABSTRACT

This study aims to generate a Geographic Information Systems (GIS) based land suitability assessment for rice cultivation in the Hayrabolu Stream Basin located in the Thrace Peninsula where important rice cultivation areas of Turkey situated. The basin area is most important rice cultivation site in Tekirdağ province. In this regard, the study was considered

significant attributes for evaluating current contribution of Tekirdağ province to the rice cultivation in Turkey and supporting the future agricultural plans in the region. The method employed by Dengiz (2013) was used in the present study. In addition, the physical and chemical properties of the soils reported by Ekinci (1990) were utilized in the study. It was determined that 74.1% of the Hayrabolu Stream Basin consisted of typical rice cultivation lands. New sites in the basin may be used for the cultivation of this grain in near future due to increasing rice demand in Turkey. Therefore, determination and characterization of possible new rice sites by means of GIS technologies is quite important for sustainable utilization of natural resources. Consequently results of this study indicated that GIS based techniques could be used for similar sites.

Keywords: Rice cultivation; Geographic information systems (GIS); Dengiz method; Land suitability assessment; Hayrabolu stream basin; Tekirdağ

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Günümüze kadar yaklaşık 5000 yıldan beri tarımı yapılan çeltik (Özşahin 2008), işlenip pirinç haline getirildiğinde yeryüzündeki çok sayıdaki insanın temel besin maddelerinden birisine dönüşmektedir (Taşlıgil & Şahin 2011). Bu nedenle tahıllar içerisinde dünya çapında bir öneme sahiptir (Sezer & Mut 2004). Nitekim Dünya’da çeltik ekimi 156×10^6 ha ve üretimi ise 660×10^6 t’dur (Dengiz 2013). Türkiye’de ise Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanının 2012 yılı verilerine göre çeltik ekimi 1196639 dekar, üretim ise 880000 t’dur. Bütün bu istatistik veriler gerek dünya, gerekse Türkiye açısından çeltik tarımının önemini göstermektedir.

Günümüzde neredeyse bütün dünya ülkeleri, gerçekleştirdikleri bilimsel çalışmalar ile arazi değerlendirme, arazi kullanım ve tarımsal üretim planlamaları yapmaktadır (Dengiz et al 2009; 2010a; Dengiz & Sarioğlu 2013). Böylece tarımsal anlamda verimlilik özelliklerinin ve kalite indikatörlerinin belirlenmesi sağlanarak sürdürülebilir agroekosistemler oluşturulmaktadır (Dengiz & Özcan 2006; Dindaroğlu & Canbolat 2011). Tarımsal ürünler açısından bu tür çalışmalar daha çok arazi uygunluk ve kalite değerlendirmesi şeklinde yapılabildiği gibi (Dengiz & Baskan 2009), doğal kaynak yönetimi ve çevresel değerlendirme şeklinde de gerçekleştirilebilmektedir (Dengiz et al 2010b). Bu kapsamlı çalışmalar, yaşadığımız bilgi çağında bilgi teknolojisine bağlı olarak Coğrafi

Bilgi Sistemleri (CBS) destekli olarak yapılmaktadır (Dengiz & Sarioğlu 2011).

Perera et al (1993) Sri Lanka’nın güneyinde çeltik tarımı için uygun alanları CBS’ye dayalı olarak araştırmışlardır. Mongkolsawat et al (2002) Kuzeydoğu Tayland’daki Aşağı Namphong havzasındaki arazilerin çeltik tarımına uygunluğunu CBS tabanlı arazi değerlendirme modelinde sorgulamışlardır. Usul et al (2006) Amasya ilinin güneybatısında yer alan Gökhöyük Tarım İşletmesinde CBS destekli arazi kalite değerlendirmesi yapmışlardır. Dengiz & Özcan (2006) Samsun ilindeki Bafra Ovası’nın CBS kullanarak arazi verimlilik özelliklerini belirlemişlerdir. Dengiz et al (2010a) Bafra Ovası’nda çeltik tarımının yapıldığı araziler için CBS tabanlı arazi uygunluk haritalamasını yapmışlardır. Cheng & Wu (2011) Çin’in Zhejiang ilinde çeltik tarımı ve verimi için CBS destekli uygunluk indeksi belirlemesi ve haritalaması yapmışlardır. Dengiz (2013) İç Anadolu Bölgesi’ndeki Çankırı ilinin Kızılırmak ilçesindeki çalışma alanın çeltik tarımı için CBS tabanlı arazi uygunluk haritalamasını yapmıştır.

Bu çalışmada CBS kullanılarak Hayrabolu Deresi Havzası’nda çeltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Dengiz (Dengiz et al 2010a; Dengiz 2013) tarafından kullanılan yöntem içeriğinden yararlanılmıştır.

Çalışma, Tekirdağ ilinde çeltik tarımının yapıldığı en önemli yeri kapsamı, ilin Türkiye

çeltik üretimine olan katkısını değerlendirmek ve gelecekte yapılacak çalışmalara destek olması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu çalışma günümüzde, Türkiye’de tarımın karşılaştığı en büyük problem olan verim düşüklüğünün de (Taşlıgil 2010) giderilmesi adına atılacak önemli bir adımı oluşturmaktadır. Son olarak elde edilen bulgular ve sonuçlar, konu hakkında kuramsal çalışmalara ve hipotezlerin geliştirilmesine yardımcı olabileceği gibi, bu konularda çalışacak bilim insanlarına da bir kaynak teşkil edebilecektir.

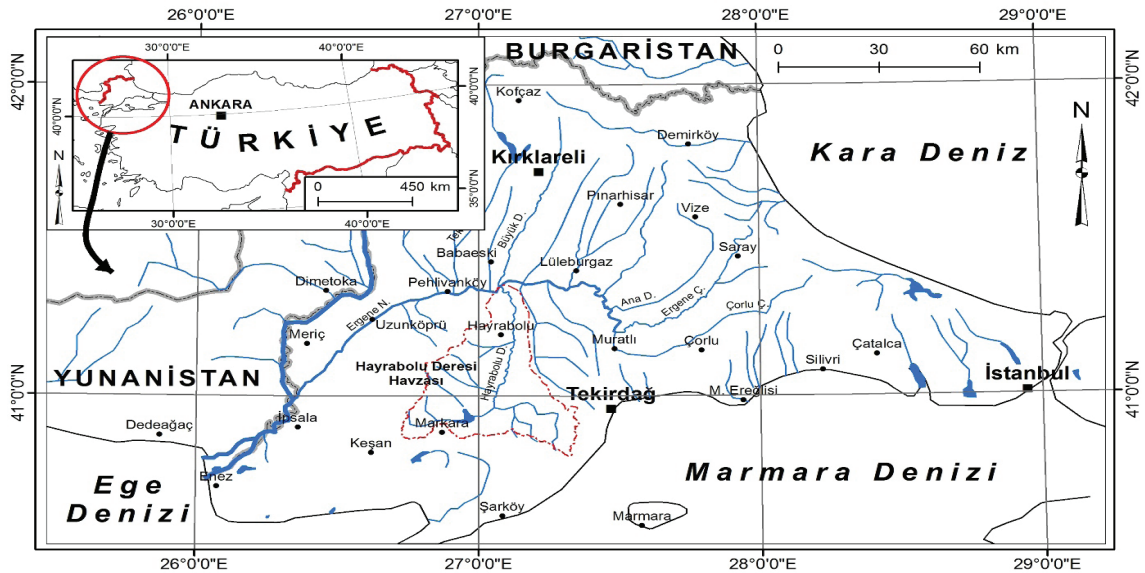
2. Materyal ve Yöntem

2.1. İnceleme alanının konumu ve genel özellikleri

İnceleme alanı, Türkiye’nin kuzeybatı kesiminde (Şekil 1), Marmara Bölgesi’nin Ergene Bölümü’nde yer almaktadır. İdari olarak havzanın büyük çoğunluğu Tekirdağ ili sınırları olmak üzere Edirne ve Kırklareli il sınırları dahilinde bulunmaktadır. Havzanın yüzölçümü 1536 km² olup, Ergene Nehri’nin bir kolu olan Hayrabolu Deresi’nin su bölümü sahasını oluşturmaktadır (Şekil 1).

Trakya Havzası’nda yer alan inceleme alanında, jeolojik olarak Üst Eosen’den günümüze farklı yaş ve türde değişik kayalar yayılış göstermektedir. Üst Eosen’den Kuvaterner’e kadar farklı dönemlerde oluşmuş kırıntılılar en geniş sahada bulunur. En genç çökeller ise Kuvaterner’e ait alüvyonlar’dır. Tektonik olarak, Kuzey Anadolu Fayı ailesinin (Şengör 2011) batı uzantısında bulunan Ganos (Saroç-Gaziköy) fayı’nın kuzeyinde konumlanmaktadır (Işık 2007).

Havza alanında jeomorfolojik olarak çeşitli yerçekli sistemleri bulunur (Altın et al 1992). Havzanın güney kesiminde inceleme alanının en yüksek kesimleri olan Ganos (Işıklar) Dağı yer alır. Havzanın kuzeyinde Ergene Nehri’ne doğru olan kısımlarında alüvyon vadi tabanları şeklinde gelişmiş ovalık sahalarda bulunur. Dağ ve ova tabanları arasında aşınım ve birikim yüzeyleri şeklinde plato sahalarda yayılış gösterir. Havza alanında yaz mevsiminin sıcak ve kurak, kış mevsiminin ise soğuk ve kar yağışlı bir karakterde olduğu karasal iklim koşulları egemendir (Gürpınar 1994). Bölge genelinde yapılan toprak çalışmalarından elde



Şekil 1- Havza alanının konumu

Figure 1- Location of basin area

edilen bilgiler ışığında havza alanında Toprak Taksonomisine göre Entisol, Alfisol, İnceptisol, Mollisol ve Vertisol olmak üzere 5 toprak ordusu yer almaktadır (Ekinci 1990). Havza alanının doğal bitki örtüsünü ormanlar oluşturur. Saha genelinde kurak ormanlar hakim durumdadır (Dönmez 1990). Buna mukabil havzanın Ganos Dağı'na doğru olan kesimlerinde meşe, gürgen, ıhlamur ağaçlarının oluşturduğu nemli ormanlarda yayılış gösterir (Güngördü 1999).

Genel olarak tarımsal amaçlı olarak kullanılan havza alanında en geniş sahada buğday, ayçiçeği, mısır ve çeltik tarımı yapılmaktadır (Adiloglu & Güler 2010; Orak et al 2012). Ancak çeltik tarımı havza açısından oldukça önemlidir. Zira büyük çoğunluğu Tekirdağ ili sınırları içerisinde kalan havza alanı, 2013 yılında bu ilde çeltik tarımının yapıldığı tek yerdir. Gerçekten de Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanının 2013 yılı verilerine göre (TUİK 2014) çeltik tarımında ülke genelinde ekilen alan (31000 dekar) ve üretim (28899 ton) açısından 7., verim (932 kg da⁻¹) açısından da 3. sırada yer alan Tekirdağ ilinde çeltik tarımının yapıldığı tek alan burasıdır (Çizelge 1). Ayrıca bu durum T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan elde edilen 1:25000 ölçekli Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma sisteminden alınan verilerde de teyit edilmektedir (Şekil 2).

Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı kayıtlarına (TUİK 2014) göre havza alanındaki çeltik ekimi ile ilk kayıt 1996 yılında tutulmaya başlanmıştır. Bu dönemde 300 da alanda çeltik tarımı yapılmıştır. Daha sonra bazı

yıllarda dalgalanma yaşanmışsa da günümüze kadar çeltik tarımının yaygınlaşarak attığı görülmektedir (Çizelge 2). Çalışmayı daha anlamlı kılmak için geçmiş ve günümüze ait arazi kullanımı verileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma 1999 yılı ve 2013 yıllarına ait çeltik tarlalarının mekânsal dağılışı şeklinde gerçekleştirilmiştir. 1999 yılındaki dağılışı 1:100000 ölçekli Tekirdağ İli Arazi Varlığı raporundan (Tekirdağ İli Arazi Varlığı 1999), 2013 yılındaki dağılışı ise 1:25000 ölçekli Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma sisteminden alınan veriler çerçevesinde elde edilmiştir. Buna göre 1999 yılında 1500 da alanda lokal olarak yapılan çeltik tarımı, günümüze doğru genişleyerek 2013 yılında 31000 da'a ulaşmıştır (Çizelge 2, Şekil 3). İlgili yıllarda görülen bu artış beşeri faktörlerin yanında doğal faktörlerin de bu sahanın çeltik tarımına müsait olduğunu göstermektedir.

2.2. Yöntem

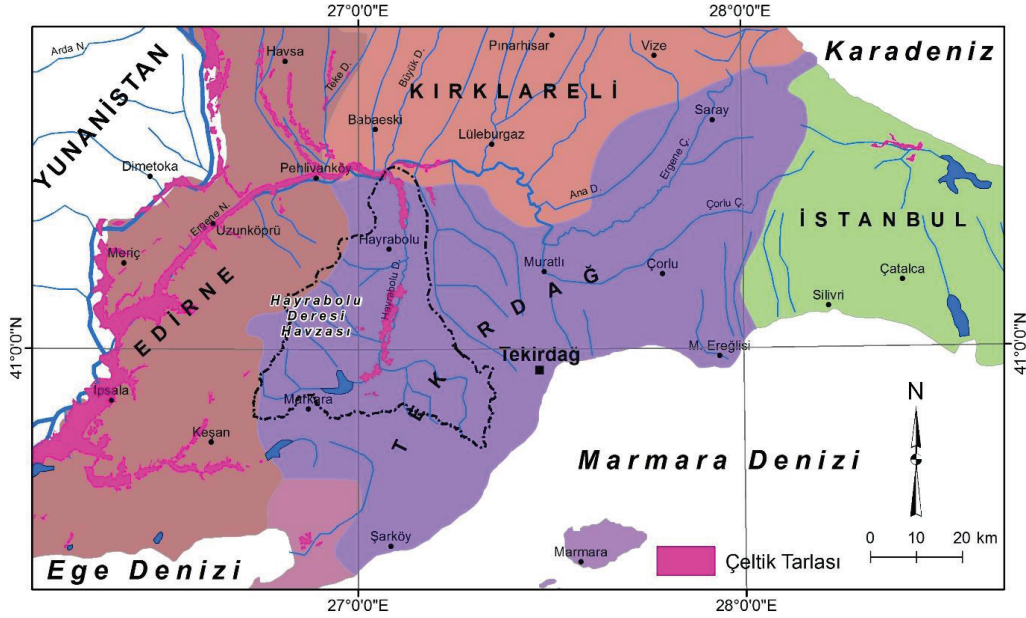
Çeltik tarımı için uygunluk değerlendirmesinin yapılmasının amaçlandığı bu çalışma, bilimsel araştırma yöntemlerine bağlı kalınarak hazırlık; gözlem, ölçme ve istatistik; analiz ve sonuç olmak üzere dört aşamada tamamlanmıştır.

Çalışmanın hazırlık safhasında, öncelikli olarak konu ve alan ile ilgili literatür taranarak gözden geçirilmiştir. Daha sonra temel materyal olarak kullanılacak toprak analizleri ve hâlihazırda bulunan haritalar tedarik edilmiştir. Toprak analizleri için, Ekinci (1990), Adiloglu ve Güler (2010) tarafından yapılan ölçüm sonuçlarından yararlanılmıştır. Bu yararlanma, havza alanı ve yakın çevresini

Çizelge 1- 2013 yılında havza alanının çeltik tarımı açısından Türkiye ve Tekirdağ ilindeki durumu (TUİK 2014)

Table 1- The state of the basin area in terms of rice cultivation in Turkey and Tekirdağ province in 2013 (TUİK 2014)

Yer		Ekilen alan (da)	Hasat edilen alan (da)	Üretim (ton)	Verim (kg da ⁻¹)
Türkiye		1105924	1105924	900000	814
Tekirdağ		31000	31000	28899	932
Havza alanı	Hayrabolu	30000	30000	28110	937
	Malkara	1000	1000	789	789



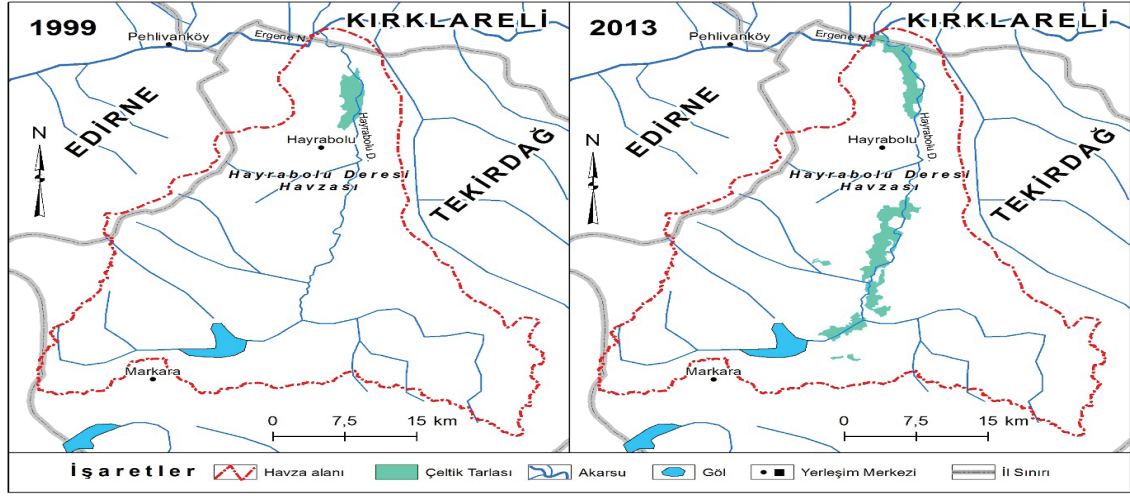
Şekil 2- Havza alanı ve yakın çevresindeki çeltik tarlalarının dağılışı

Figure 2- Distribution of Rice paddies in the basin area and its surroundings

Çizelge 2- Havza alanında çeltik tarımının zamansal değişimi (TUİK 2014)

Table 2- Temporal change of rice cultivation in the basin area (TUİK 2014)

Yıllar	Ekilen alan (dekar)	Hasat edilen alan (dekar)	Üretim (ton)	Verim (kg da ⁻¹)
1996	300	300	150	500
1997	1200	1200	535	446
1998	1480	1480	808	546
1999	1500	1500	794	529
2000	2050	2050	2264	2033
2001	5870	5870	4206	1261
2002	6630	6630	4729	1320
2003	9220	9220	6200	1316
2004	16440	16440	12255	1427
2005	17500	17500	12960	1422
2006	35177	35177	25658	1491
2007	32697	32697	31809	1746
2008	35721	35721	29835	1702
2009	20500	20500	17582	1716
2010	27075	27075	26255	1940
2011	25604	25604	22023	1720
2012	37700	37700	30924	1606
2013	31000	31000	28899	1726



Şekil 3- Havza alanında çeltik tarlalarının 1999 ve 2013 yıllarındaki mekânsal dağılışı

Figure 3- The spatial distribution of paddy field in the basin area in 1999 and 2013 years

karakterize eden 153 toprak örneğinin fiziksel ve kimyasal ölçüm sonuçlarının derlenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılan örneklerin drenaj, tekstür, derinlik, tuz, kireç, organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), Toprak reaksiyonu (pH), Sodyum (Na), Potasyum (K), Yarayışlı Fosfor (P_2O_5), Yarayışlı Potasyum (K_2O), Hacim ağırlığı ve Katyon değişim kapasitesi (KDK) ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Bu sonuçların mekânsal dağılışı toprak parametrelerinin incelenmesinde çok sık kullanılan ve daha iyi olduğu bildirilen (Uygur et al 2010) ters uzaklık ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting-IDW) entarpolasyon yöntemiyle yapılmıştır.

Çalışmada 1:25000 ölçekli topografya paftalarından temel altlık harita olarak yararlanılmıştır. Bunun yanında Japonya Ekonomi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı (METI) Dünya Uzaktan Algılama Veri Analiz Merkezi (ERSDAC) ve Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (GDEM)'nden, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yaptırılan 1:500000 ölçekli jeoloji haritasından ve Altın et al (1992) tarafından bildirilen saha hakkındaki jeomorfolojik bilgilerden faydalanılmıştır. Bütün

bu verilerin dağılışı ve haritalandırılması, ArcInfo/ ArcMap 10.2 paket programı destekli olarak CBS ortamında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın gözlem, ölçme ve istatistik aşamasında, havza alanında sistematik bir şekilde arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu esnada, hem literatürden hem de haritalar üzerinden toplanan veriler yerinde kontrol edilmiştir. Yine bu safhada, ilk aşamadaki toprak analiz sonuçları Microsoft Excel 2013 programında düzenlenmiş ve CBS tabanına Microsoft Access 2013 yazılımı kullanılarak aktarılmıştır.

Çalışmanın analiz kısmı, 10x10 m çözünürlüğünde üretilen grid haritalarla üç aşamada tamamlanmıştır. Bu safhada Dengiz (Dengiz et al 2010a; Dengiz 2013) tarafından çeltik tarımı için kullanılan metodolojiden istifade edilmiştir. Analiz kısmının ilk aşamasında besin elementi yarayışlılık indeksi, ikinci aşamada toprak kalitesi indeksi ve üçüncü aşamada ise arazi uygunluk indeksi tespit edilmiştir (Şekil 4, Çizelge 3).

Arazi kalite parametreleri çeltik tarımı için önem derecesine göre atanmıştır. Bu bakımdan Dengiz (Dengiz et al 2010a; Dengiz 2013) tarafından bildirilen arazi uygunluk parametreleri ve indeks

değerleri kullanılmıştır. İndeks değerlerinden yararlanılarak tanımlanan faktör haritaları oluşturulmuştur.

Elde edilen faktör haritaları kullanılarak önce besin elementi yarayırlılık indeksi Eşitlik 1'e göre analiz edilmiştir.

$$NAI = NA \times K \times P_2O_5 \times K_2O \quad (1)$$

Burada; NAI, besin elementi yarayırlılık indeksi; Na, Sodyum; K, Potasyum; P_2O_5 (Yarayırlı fosfor) ve K_2O (Yarayırlı potasyum)'dur.

İkinci olarak ise toprak kalite indeksi Eşitlik 2'ye göre analiz edilmiştir.

$$SQI = R \times T \times D \times F \times S \times K \times OM \times EC \times H \times V \times C \quad (2)$$

Burada; SQI, toprak kalite indeksi; R, drenaj; T, tekstür; D, derinlik; F, topografya; S, tuz; K, kireç; OM, organik madde; EC, elektriksel iletkenlik; H, toprak reaksiyonu; V, hacim ağırlığı; C, katyon değişim kapasitesidir.

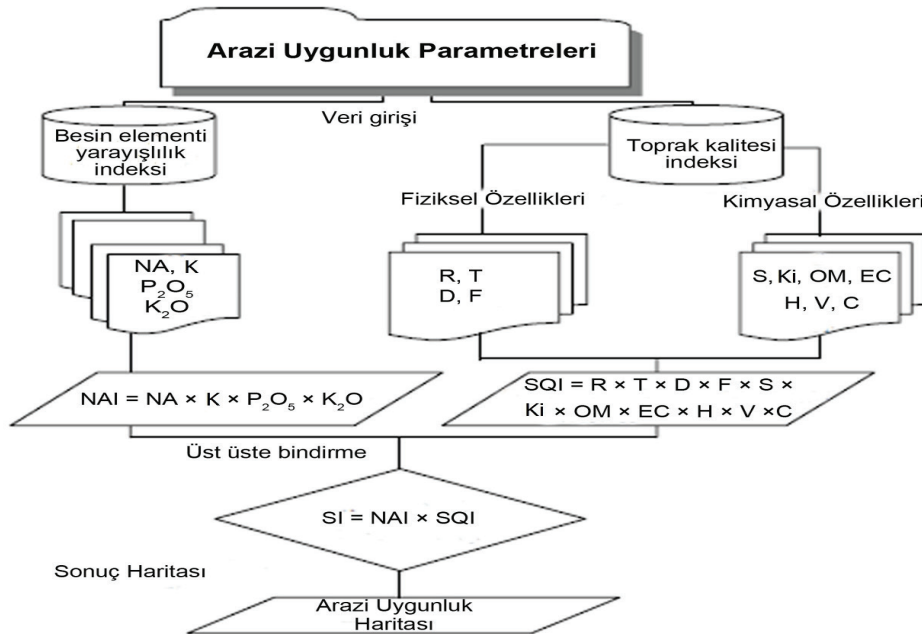
Her iki aşamada uygulanan eşitlik içerikleri doğrultusunda oluşturulan faktör haritaları ise Eşitlik 3 kapsamında birleştirilmiştir.

$$SI = NAI \times SQI \quad (3)$$

Burada; SI, uygunluk indeksi; NAI, besin elementi yarayırlılık indeksi ve SQI, toprak kalite indeksi'dir.

Nihai aşamada elde edilen uygunluk indeksi haritası Dengiz (Dengiz et al 2010a; Dengiz 2013) tarafından yapılan ayırım göz önünde bulundurularak 4 sınıf altında sıralanmıştır (Çizelge 4).

Çalışmanın sonuç aşamasında ise hem literatür taraması hem de arazi çalışmalarından elde edilen veriler, güncel çalışmalar ışığında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular tartışılarak güncel bazı problemlerle ilişkilendirilmiş ve çeşitli öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 4- Havza alanında çeltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesindeki CBS uygulamalarının sistematik şeması

Figure 4- Schematic chart of GIS application to land suitability assessment for rice cultivation in the basin area

Çizelge 3- Havza alanında çeltik tarımı için arazi kalite parametrelerinin faktör oranları

Table 3- The factor ratios of quality parameters for rice cultivation in the basin area

Arazi kalite parametreleri		Faktör oranları			
Tanımlanan faktörler	Birim	1.0	0.8	0.5	0.2
		0.60 - >	0.60 - 0.40	0.40 - 0.10	0.10 - <
		NAI = NA × K × P ₂ O ₅ × K ₂ O			
Sodyum (Na)	me 100 g ⁻¹	1 - >	1 - 0.50	0.50 - 0.20	0.20 - <
Potasyum (K)	me 100 g ⁻¹	1.50 - >	1.50 - 1	1 - 0.50	0.50 - <
Yarayışlı Fosfor (P ₂ O ₅)	kg da ⁻¹	10 - >	10 - 5	5 - 2	2 - <
Yarayışlı Potasyum (K ₂ O)	kg da ⁻¹	150 - >	150 - 100	100 - 50	50 - <
II. Toprak kalite indeksi (SQI)		SQI = R × T × D × F × S × Ki × OM × EC × H × V × C			
Drenaj (R)		Çok kötü	Kötü	Orta derecede iyi	İyi
Tekstür (T)	%	Kil	Kil, Killi balçık	Killi balçık, Kumlu killi balçık, Kumlu kil	Kil, Killi balçık, Kumlu killi balçık, Balçıklı kum
Derinlik (D)	cm	100 - >	100 - 75	75 - 50	50 - <
Topografya (F)	Yerçekilleri	Dağ	Plato	Ova	Taraça
	Eğim (%)	6 - >	6 - 4	4 - 2	2 - <
Tuz (S)	%	0.15 - >	0.15 - 0.05	0.05 - 0.02	0.02 - <
Kireç (Ki)	%	5 - >	5 - 1	1 - 0.60	0.60 - <
Organik Madde (OM)	%	5 - >	5 - 3	3 - 2	2 - <
Elektriksel iletkenlik (EC)	mS cm ⁻¹	0.30 - >	0.30 - 0.20	0.20 - 0.10	0.10 - <
Toprak reaksiyonu (H)	pH	7.5 - >	7.5 - 7	7 - 6.5	6.5 - <
Hacim ağırlığı (V)	g cm ⁻³	1.75 - >	1.75 - 1.50	1.50 - 1.25	1.25 - <
Katyon değişim kapasitesi (C)	me 100 g ⁻¹	50 - >	50 - 30	30 - 20	20 - <

Çizelge 4- Çeltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesi

Table 4- Land suitability evaluation for rice cultivation

Tanımlama	Uygunluk sınıfı	İndeks değeri
Çok uygun	S1	1.00 - 0.250
Orta derecede uygun	S2	0.250 - 0.100
Uygun	S3	0.100 - 0.025
Uygunsuz	N	0.025 - <

3. Bulgular ve Tartışma

Dünya nüfusunun beslenmesindeki üç önemli tahıldan biri olan (Zaman 2001; Doğanay 2007) çeltik, işlendiğinde dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel gıdasını oluşturmaktadır (Bulut 2006; Özşahin 2008). Bu nedenle Türkiye tarımında çok önemli bir yer teşkil etmektedir (Taşlıgil & Şahin 2011). Bilhassa gerek Dünya, gerekse Türkiye ölçeğinde çeltik tarımı kapsamında yapılan çalışmalar bu bakımdan oldukça önemli ve zaruri bir durum kazanmaktadır.

Tekirdağ ilinde çeltik tarımının yapıldığı tek saha olan Hayrabolu Deresi Havzası'nda çeltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirilmesinin yapıldığı bu çalışmada kullanılan toprak analizlerindeki tüm örneklerin, besin elementi yarıyışlılık ve toprak kalite indeksleri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın analiz kısmının ikinci safhası olan toprak kalite indeksi'nin tespit edilmesinde ise drenaj, tekstür, derinlik, topografya, tuz, kireç, organik madde, elektriksel iletkenlik, toprak reaksiyonu, hacim ağırlığı ve katyon değişim kapasitesi gibi parametreler değerlendirilmiştir. Bu bağlamda çeltik tarımı için en müsait alanlar; drenajın kötü (Meral & Temizel 2006), toprak tekstürünün killi yapıda (Er & Geçit 1988), toprak derinliğinin fazla (Göney 1980; Özgöz et al 2012), yerçekillerinin düz ya da düze yakın (Taşlıgil & Şahin 2011), eğimin az (Sürek 2002), kireç oranının düşük (Doğanay 2007), organik madde bakımından zengin (Sürek 2002), elektriksel iletkenliğin düşük (Sürek 2002), toprak reaksiyonunun 8.5'ten düşük (Sürek 2002), hacim ağırlığı ve katyon değişim kapasitesinin (kil oranıyla doğru orantılıdır) ise yüksek (Ekinci 1990) olduğu yerlerdir.

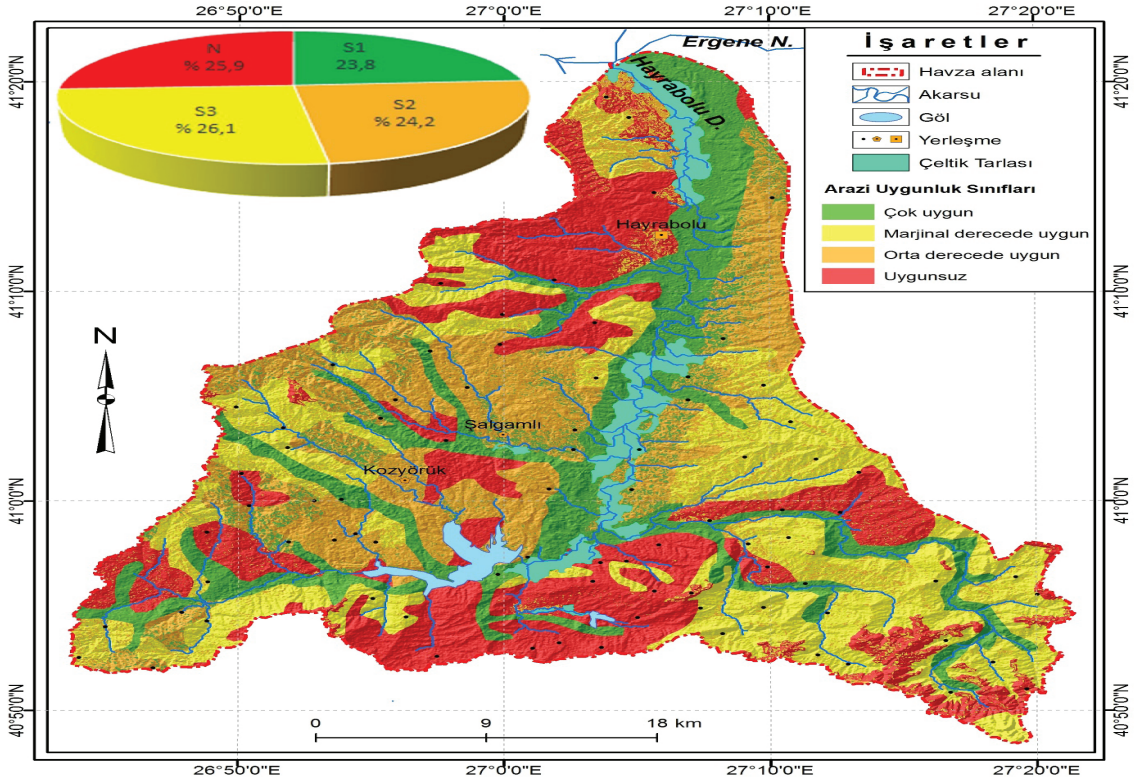
Bu çalışma kapsamında formül içerikleri dâhilinde gerçekleştirilen analizler sonucunda, Hayrabolu Deresi Havzası'nın çeltik tarımı için uygun olduğu anlaşılmıştır. Zira havza alanının % 26.1'i uygun, % 24.8'inin orta derecede uygun ve % 23.8'inin de çok uygun sahalardan oluşmaktadır (Çizelge 5). Havza alanında çeltik tarımı için en uygun alanlar başta Hayrabolu Deresi olmak üzere bu akarsuya ait kolların oluşturduğu alüvyon vadi tabanlarıdır (Şekil 5). Çeltik tarımı için uygunsuz sahaların oranı ise % 25.9'dur (Çizelge 5). Havzanın güneyinde Ganos Dağı'na doğru olan kesimleri ile Hayrabolu şehrinin batısındaki plato sahaları da çeltik tarımı için uygunsuz alanlar kategorisindedir (Şekil 5). Diğer arazi uygunluk sınıfları ise bu gruplar arasında dağılışı gösterir (Şekil 5).

Çizelge 5- Havza alanında çeltik tarımı için arazi uygunluk sınıflarının dağılışı

Table 5- Distribution of land suitability classes for rice cultivation in the basin area

Uygunluk sınıfı	Alan (km ²)	Oran (%)
S1: Çok uygun	365.2	23.8
S2: Orta derecede uygun	372.2	24.2
S3: Uygun	401.2	26.1
N: Uygunsuz	397.4	25.9
Toplam	1536.0	100.0

Çalışma sonucunda tespit edilen arazi uygunluk sınıflarının oranları havzanın çeltik tarımına müsait olduğunu desteklemektedir. Zira benzer bulgulara literatürde de erişilmiştir. Perera et al (1993) Sri Lanka'nın güneyi için yaptıkları çalışmada bu sahanın % 72'sinin çeltik tarımına çok uygun veya uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Mongkolsawat et al (2002) Kuzeydoğu Tayland'daki Aşağı Namphong havzasının % 17.7'sinin çeltik tarımı için müsait olmadığını belirlemişlerdir. Dengiz et al (2010a) Bafra Ovası'nın bir kısmını kapsayan çalışmalarında inceledikleri alanın % 79'unun çeltik tarımına çok uygun ve uygun arazilerden oluştuğu bulgusuna erişmişlerdir. Cheng & Wu (2011) Çin'in Zhejiang ilinin çeltik tarımına çok uygun olduğunu ortaya koymuşlardır. Dengiz (2013) İç Anadolu Bölgesi'ndeki Çankırı ilinin Kızılırmak ilçesindeki çalışma alanının çeltik tarımı açısından çok uygun ve uygun arazilerden oluştuğu sonucuna ulaşmıştır.



Şekil 5- Havza alanının çeltik tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesi haritası

Figure 5- Land suitability assessment map for rice cultivation in the basin area

Hayrabolu Deresi Havzası'ndaki çeltik tarımına uygun alanların dağılışı sonuçları ayrıca, hâlihazırda çeltik tarımının yapıldığı sahalarla paralellik göstermektedir (Şekil 5). Bu uyumluluk çalışma bulgularının da doğru olduğuna işaret etmektedir.

Bununla birlikte CBS tabanlı arazi uygunluk çalışmalarının planlama ve yönetim açısından olduğu kadar, doğal kaynakların korunmasında da önemli olduğu anlaşılmıştır. Dengiz & Özcan (2006) benzer çalışmaların doğal kaynakların, özellikle toprakların, karakteristiklerine uygun sürdürülebilir bir şekilde üretkenliklerinin devamlılığı sağlamaya yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Dengiz et al (2007) bu tür çalışmaların birçok veriyi doğru ve hızlı bir şekilde analiz edilmesinde planlamacılara önemli kolaylıklar sağladığını bildirmişlerdir. Dengiz et al (2009) CBS destekli tarımsal kullanıma

uygunluk çalışmalarının, hem kullanıcılara hem de karar vericilere kararların alınmasında çabukluk ve esneklik kazandırdığının altını çizmişlerdir.

4. Sonuç

Bu çalışma sonunda Tekirdağ ilinde tek çeltik tarımını yapıldığı yer olan Hayrabolu Deresi Havzası'nın % 74.1 oranla çeltik tarımına uygun arazilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Türkiye'deki çeltik yetiştirilmesindeki artış eğilimine bakılarak yakın gelecekte havza alanında yeni sahalarda bu tahılın yetiştirilmesi için kullanılacağı anlaşılmaktadır. Bu bakımdan çeltik tarımına açılacak yeni sahalardan bu veya buna benzer farklı çalışmalarla tespit edilip, araştırılması doğal kaynakların kullanımının

sürdürülebilir olması bakımından oldukça mühim bir husustur.

Son olarak CBS teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmanın sonuçları, benzer sahalar için aynı yöntemin rahatlıkla kullanılabilceğini göstermiştir.

Kaynaklar

Adıloğlu A & Güler M (2010). Hayrabolu Yöresi Tarım Topraklarının Verimlilik Durumu. *Hayrabolu Değerleri Sempozyumu* 13 Ekim 2010, s. 41-46, Tekirdağ

Altın B N, Eldeniz Ş & Kayacılar C (1992). Hayrabolu dolayının jeomorfolojik ve neotektonik gelişimi-Ergene Nehri Havzası Güneyi, Trakya. *İ. Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülten* 9(9): 299-307

Bulut İ (2006). Genel Tarım Bilgileri ve Tarımın Coğrafi Esasları (Ziraat Coğrafyası). Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara

Cheng Q & Wu X (2011). Mapping paddy rice yield in Zhejiang Province using MODIS spectral index. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35: 579-589

Dengiz O & Özcan H (2006). Samsun-Bafra Ovası topraklarının CBS yardımıyla verimlilik indekslerinin (PI) belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(38): 136-142

Dengiz O & Baskan O (2009). Land quality assessment and sustainable land use in Salt Lake (Tuz Gölü) specially protected area. *Environmental Monitoring and Assessment* 148: 233-243

Dengiz O, Özdemir N, Öztürk E & Yakupoğlu T (2009). Doğu Karadeniz Bölgesi fındık arazilerinin tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının belirlemesi, pilot çalışma; Ünye-Tekiraz beldesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 24(3): 174-183

Dengiz O, Sezer İ, Özdemir N, Göl C, Yakupoğlu T, Öztürk E, Sırat A & Şahin M (2010a). Application of GIS model in physical land evaluation suitability for rice cultivation. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 25(S-3): 184-191

Dengiz O, Özcan H, Koksal S E, Baskan O & Kosker Y (2010b). Sustainable natural resource management and environmental assessment in the Salt Lake (Tuz Gölü) Specially Protected Area. *Environmental Monitoring and Assessment* 161: 327-342

Dengiz O & Sarıoğlu F E (2011). Samsun ili bazı arazi özellikleri ve arazi kullanım durumlarının topografik özellikleri ile birlikte CBS analizleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 48(1): 55-60

Dengiz O & Sarıoğlu F E (2013). Arazi değerlendirme çalışmalarında parametrik bir yaklaşım olan doğrusal kombinasyon tekniği. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* 19: 101-112

Dengiz O (2013). Land suitability assessment for rice cultivation based on GIS modeling. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37: 326-334

Dindaroğlu T & Canbolat M Y (2011). Kuzgun baraj gölü su üretim havzasının toprak kalitesi bakımından değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 42(2): 145-151

Doğanay H (2007). Ekonomik Coğrafya 3 (Ziraat Coğrafyası). Aktif Yayınları, Erzurum

Dönmez Y (1990). Trakya'nın Bitki Coğrafyası. Genişletilmiş İkinci Baskı, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3601, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 51, İstanbul

Ekinci H (1990). Türkiye Genel Toprak Haritasının Toprak Taksonomisine Göre Düzenlenebilir Olanaklarının Tekirdağ Bölgesi Üzerinde Araştırılması. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (Basılmamış), Adana

Er C & Geçit H H (1988). Çeltik. Garanti Bankası Tarım Bilgileri Dizisi 6, Ankara

Göney S (1980). Sıcak Bölgelerde Ziraat (Ziraat Coğrafyası). Cilt: IV, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 116, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 2732, İstanbul

Güngördü M (1999). Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 3416, İstanbul

Gürpınar E (1994). Bir Çevresel Analiz Örneği Trakya. Der Yayınları, İstanbul

Horuz A, Korkmaz A & Karaman M R (2013). Çeltik topraklarının silisyumlu gübrelemeye tepkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* 19: 268-280

İşık Ü (2007). Nusratlı-Yağcı-Tekirdağ arasındaki bölgenin hidrojeolojisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji Programı (Basılmamış), İstanbul

- Meral R & Temizel K E (2006). Çeltik Tarımında Sulama Uygulamaları ve Etkin Su Kullanımı. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* **9**(2): 104-109
- Mongkolsawat C, Thirangoon P & Kuptawutinan P (2002). A physical evaluation of land suitability for rice: A methodological study using GIS. Computer Centre, Khon Kaen University, Thailand
- Orak A, Sağlam N & Üngör M G (2012). Hayrabolu Köylerinde Çiftçilerin Sorunlarına Yönelik Yapılan Anket Çalışması. Hayrabolu Tarla Bitkileri Üretim Sorunları ve Çözüm Önerileri Paneli. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ
- Özgöz E, Günal H, Önen H, Bayram M & Acir N (2012). Effect of management on spatial and temporal distribution of soil physical properties. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* **18**: 77-91
- Özşahin E (2008). Gönen Ovasında Pirinç Tarımı. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* **18**(2): 49-70
- Perera L K, Kajiwarra K & Tateishi R (1993). Land suitability assessment by GIS for paddy cultivation in Sri Lanka. With a concern on environmental protection. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS. *Better Understanding of Earth Environment* **4**: 2076-2078
- Sezer İ & Mut Z (2004). Samsun ilinde çeltik tarımının durumu ve üretimi arttırmak için öneriler. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi* **21**(1): 57-66
- Sürek H (2002). Pirinç Tarımı. Hasad Yayıncılık, İstanbul
- Şengör A M C (2011). İstanbul Boğazı Niçin Boğaziçi'nde Açılmıştır? Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları No: 5, s. 57-102, İstanbul
- Taşlıgil N (2010). Türkiye Ziraatının Problemleri. Çantay Kitabevi, İstanbul
- Taşlıgil N & Şahin G (2011). Türkiye'de çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliği ve coğrafi dağılımı. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* **4**(6): 182-203
- Tekirdağ İli Arazi Varlığı (1999). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. İl Rapor No: 59, Ankara
- TÜİK (2014). Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. (Erişim tarihi: 29.03.2014)
- Usul M, Dilsiz A & Tuğaç M G (2006). Gökhöyük tarım işletmesi topraklarının kalite durumlarının değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **37**(1): 21-27
- Uygur V, Irvem A, Karanlık S & Akis R (2010). Mapping of total nitrogen, available phosphorous and potassium in Amik Plain, Turkey. *Environmental Earth Sciences* **59**: 1129-1138
- Zaman M (2001). Çarşamba Ovası'nda çeltik tarımı. *Doğu Coğrafya Dergisi* **7**(5): 447-479



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of the Yellow Lentil

Eşref IŞIK^a, Nazmi İZLİ^a

^aUludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Görükle Campus, Nilüfer, Bursa, TURKEY

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Eşref IŞIK, E-mail: dresref@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 16 03

Received: 17 December 2014, Received in Revised Form: 11 February 2015, Accepted: 20 February 2015

ABSTRACT

This research focuses on yellow lentil seeds and determining the effects of moisture content on some of their physical properties. The various types of machinery used in gathering crops, processing, shipping, categorizing, sorting, and packaging are designed according to the physical properties of the specific crops. When the moisture content increased from 15.6% to 22.5% d.b., the bulk density decreased from 750.27 to 625 kg m⁻³, the true density increased from 1200.5 to 1334 kg m⁻³, and the rupture force decreased from 2.5 to 16.2 N. Under the same conditions, the measurements of the average thickness, diameter, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, projected area, surface area, sphericity, thousand seed mass, porosity, and terminal velocity values varied as follows: from 1.22 to 1.42 mm, 4.29 to 4.6 mm, 3.26 to 3.53 mm, 2.82 to 3.1 mm, 15.33 to 17.66 mm², 24.93 to 30.15 mm², 0.66 to 0.67, 15.33 to 17.66 mm², 15.1 to 18.01 g, 37.49 to 53.18% and 1.5 to 2.09 m s⁻¹, respectively. For all moisture content levels, rubber had the greatest static coefficient of friction, followed by aluminum, galvanized iron, stainless steel, plywood and glass.

Keywords: Yellow lentils; Physical properties; Moisture

Nem İçeriğinin Sarı Mercimeğin Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Eşref IŞIK, E-posta: dresref@uludag.edu.tr, Tel: +90 (224) 294 16 03

Geliş Tarihi: 17 Aralık 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 11 Şubat 2015, Kabul: 20 Şubat 2015

ÖZET

Bu çalışma değişen nem oranlarına bağlı olarak sarı mercimek tohumlarının bazı fiziksel özelliklerini belirlemeye odaklanmıştır. Hasat, işleme, nakliye, katagorize etme, sınıflandırma ve paketlemede kullanılan makinalar bu fiziksel özelliklerine göre tasarlanmaktadır. Nem oranı % 15.6'dan % 22.5 d.b (kuru baz)'a arttığında, hacim ağırlığı 750.27' dan 625 kg m⁻³'e, özgül ağırlık 1200.5'dan 1334 kg m⁻³'e ve kırılma kuvveti 2.5'dan 16.2 N'a azalmıştır. Aynı koşullar altında ortalama kalınlık, çap, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, projeksiyon alanı, bindane ağırlığı, gözeneklilik ve kritik hız değerleri sırasıyla 4.29-4.6 mm, 1.22-1.42 mm, 3.26-3.53 mm, 2.82-3.1 mm, 0.66-0.67, 24.93-30.15 mm², 15.33-17.66 mm², 15.1-18.01 g, % 37.49-53.18 ve 1.5-2.09 m s⁻¹ aralığında değişmiştir. Bütün nem değerlerinde en yüksek sürtünme katsayısı kauçuk yüzey kullanıldığında elde edilmiştir, bunu alüminyum, galvanizli sac, çelik, kontrplak ve cam yüzeyleri takip etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sarı mercimek; Fiziksel özellikler; Nem

1. Introduction

Lentil (*Lens culinaris* L.) belonging to the *Fabaceae* family is one of the most popular cultivated plants for the dry foods industry and is an important ingredient for the canned food industry. Lentils are an excellent source of vitamins, energy, proteins, mineral elements, and carbohydrates (Gharibzahedi et al 2014). The widespread use of lentils in traditional foods around the world dates back to ancient times (Kouvoutsakis et al 2014). The most common varieties of lentils are red, yellow, black, or green.

Lentils are cultivated in many different countries, and in 2013 the annual production of lentils was calculated to be approximately 4.9 Mt. Canada is the most important lentil growing country (1880500 t); the other top producers are India (1134000 t), Turkey (417000 t) Australia (324000 t) and the USA (227658 t) (FAO 2013).

The known physical properties of crops are the main determining factor in the design of appropriate machinery for grading and sizing, separating, cleaning, shipping, handling, storing, sizing, processing, and packaging (Altuntas & Demirtola 2007). Additionally, the known physical properties aid in identifying the efficiency of machines and systems operations, determine the quality of the finished product, and correctly identify the different varieties. Determining these factors can lead to increased work efficiency and reduced product loss. Consequently, it is important to correctly identify and measure these properties and give them serious consideration (Fathollahzadeh et al 2008).

A number of studies have found that moisture affects the physical properties of a wide variety of specific agricultural products such as lentil seeds (Carman, 1996), safflower seeds (Bäumler et al 2006), cowpea (*Vigna sinensis* L.) seed (Yalcin 2007), teff seeds (Zewdu & Solomon 2007), jatropha seeds (Garnayak et al 2008), bay laurel seeds (Yurtlu et al 2010), rice (Kibar et al 2010), red lentil seeds (Gharibzahedi et al 2011), christmas lima beans (Aghkhani et al 2012), coriander seeds (Balasubramanian et al 2012), hemp seeds (Taheri-Garavand et al 2012), maize seeds (Barnwal et al

2012), barley (Sologubik et al 2013) and *Moringa oleifera* seeds (Aviara et al 2013). No previous literature exists on how the physical properties of yellow lentil seeds are affected by moisture.

The purpose of this research was to study the various physical properties of yellow lentil seeds that are affected by moisture: thickness, diameter, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, projected area, surface area, sphericity, thousand seed mass, porosity, terminal velocity, rupture force and the static coefficient of friction.

2. Material and Methods

For the research purposes of this paper, yellow lentils from a market in Bursa, Turkey, were used. To cleanse the lentil seeds from foreign matter and ensure the removal of damaged or unripe seeds, the lentils were cleaned by hand. Using a digital moisture meter (Pfeuffer HE 50, Germany), the initial moisture content of the lentil was measured to be 15.6% (dry basis (d.b.)).

The preparation of the samples of yellow lentils with different chosen moisture contents was accomplished by adding the necessary amount of distilled water as calculated according to Equation 1 (Sacilik et al 2003).

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

Where; Q , mass of water added (kg); W_i , initial mass of the sample (kg); M_i , initial moisture content of the sample (% d.b.), and M_f , final moisture content of the sample (% d.b.).

Next, the prepared samples were placed in individual polyethylene bags which were then tightly sealed and kept refrigerated for 7 days at 5 °C to ensure that the moisture would spread evenly throughout the lentils in the bag. Before a test was conducted, the lentils to be used in the test were removed from refrigeration and placed at room temperature for approximately 2 h. For all tests of physical properties, measurements were taken for moisture levels of 15.6, 17.4, 18.9, 20.6 and 22.5% (d.b.).

The average yellow lentil size was calculated by choosing 100 seeds at random and measuring at each moisture level the diameter (D) and thickness (T), which are recognized as the principal dimensions. These measurements, taken with an accuracy of 0.01 mm, were obtained using digital slide calipers (Mitutoyo, Japan). Equation 2 and 3 were used to calculate the arithmetic mean diameter (D_a) and the geometric mean diameter (D_g) (Mohsenin 1986).

$$D_a = (2D + T)/3 \quad (2)$$

$$D_g = (D^2T)^{1/3} \quad (3)$$

The sphericity (ϕ) and the surface area (S) of yellow lentil seeds were determined according to the Equation 4 and 5 (Mohsenin 1986).

$$\phi = D_g / L \quad (4)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (5)$$

A digital camera (SONY; 10.1 Mpixels, China) was used to photograph the seeds in order to calculate the projected area A_p . The reference area was compared to the sample area using the Global Lab Image 2-Streamline (trial version) program (Işık 2007).

A digital electronic balance (Chyo, MP-300, Japan), which is accurate to 0.001 g, was used to measure the thousand seed mass (M_{1000}).

Seed was poured at a constant rate from a height of 150 mm into a circular container (500 mL volume) until the container was full to measure the bulk density (ρ_b), which was determined from the container's volume and the seeds' mass (Sacilik et al 2003).

The toluene displacement method was used to find the true density (ρ_t). Yellow lentil seeds of a measured weight were immersed in toluene, and the volume of toluene displaced was measured (Paksoy & Aydın 2004).

The porosity (ε) of the yellow lentil seeds was found at the specific moisture percentages by calculations using the bulk and true densities

according to the equation given by Mohsenin (1986) as shown in Equation 6.

$$\varepsilon = \left(\frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (6)$$

A digital anemometer (Thies clima, Germany) with a least count of 0.1 m s⁻¹ was used to measure the terminal velocity (V_t) that was required to keep the seed suspended (Shirkole et al 2011).

A biological material test device (Sundoo, SH-500, Digital Force Gauge, China) with a load cell of 500 N was used to measure the yellow lentils' rupture force (R_f).

Lentils were tested with six types of structural materials rubber (μ_{ru}), aluminum (μ_{al}), galvanized iron (μ_{gi}), stainless steel (μ_{ss}), plywood (μ_{pw}), and glass (μ_{gl}) to measure the static coefficient of friction. For this test, a polyvinylchloride (PVC) cylindrical pipe 50 mm in diameter and 100 mm in height resting on an adjustable tilting plate facing the test surface was used. The seed sample was poured into the cylinder, which was held just above the surface. A screw device was used to slowly raise the structural surface with the cylinder on top until the cylinder just began to slide down. A graduated scale was used to measure the angle of tilt (Karababa & Coşkuner 2013). Equation 7 was used to obtain the coefficient of friction.

$$\mu = \tan \alpha \quad (7)$$

Where; μ is the coefficient of friction and α is the angle of tilt (°).

The findings of these tests and calculations were processed with the MINITAB (Version 14, University of Texas and Austin, Texas, USA) and MS-Excel software programs. The results were analyzed with a one-way analysis of variance. Mean differences were tested for significance with a least significant difference (LSD). Variations were generally considered to be significant at $P < 0.05$. Any other significance levels used are specified.

3. Results and Discussion

3.1. Seed dimensions

Table 1 contains the values of each of the lentil samples at different moisture percentages for their diameter, thickness, arithmetic mean diameter and geometric mean diameter. When the moisture content was increased from 15.6 to 22.5% d.b., the diameter, thickness, arithmetic mean diameter and the geometric mean diameter of seeds all significantly increased ($P < 0.05$): from 4.29 to 4.60 mm, 1.22 to 1.42 mm, 3.26 to 3.53 mm and 2.82 to 3.1 mm, respectively. Gharibzahedi et al (2011) showed that when the moisture content for red lentil seeds increased from 9.5 to 21.1% (w.b.), the average thickness, arithmetic mean diameter and geometric mean diameter increased linearly from 2.32 to 2.38 mm, 3.44 to 3.5 mm and 3.33 to 3.39 mm, respectively. Other linear increases related to increasing moisture content that have been reported in the literature include the diameter of green lentils (Işık 2007), the thickness of locust bean seeds (Sobukola & Onwuka 2011), the arithmetic mean diameter of Christmas lima beans (Aghkhani et al 2012) and the geometric mean diameter of coriander seeds (Balasubramanian et al 2012).

3.2. Sphericity

Figure 1 details how sphericity is affected by moisture content. When the moisture content was

increased from 15.6 to 22.5% d.b., there was a linear increase in sphericity from 0.66 to 0.67. When Taheri-Garavand et al (2012) observed hemp seeds and Balasubramanian et al (2012) experimented with coriander seeds, the sphericity of these seeds linearly increased when the moisture content was increased. Equation 8 shows the relationship between moisture content and sphericity.

$$\phi = 0.6555 + 0.0038M_c \quad (R^2 = 0.9139) \quad (8)$$

When compared to the sphericity results of bay laurel seeds, the sphericity values of yellow lentils were lower (Yurtlu et al 2010); however, another study by Garnayak et al (2008) found similar values for the sphericity of jatropha seeds.

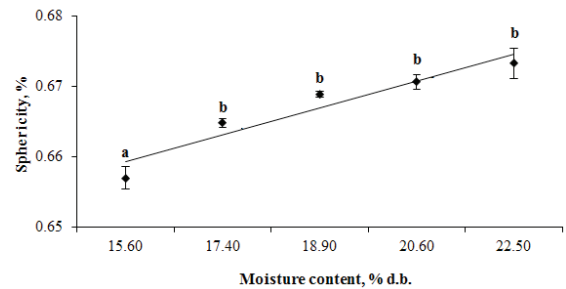


Figure 1- Effect of moisture content on sphericity of yellow lentil seeds

Şekil 1- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının küreselliği üzerine etkisi

Table 1- Dimensions of the yellow lentil seeds at the different moisture contents

Çizelge 1- Farklı nem içeriğinde sarı mercimek tohumlarının boyutları

Moisture content, % d.b.	Dimensions, mm			
	Mean diameter	Mean thickness	Arithmetic mean diameter	Geometric mean diameter
15.60	4.286 (0.042) ^{a*}	1.218 (0.044) ^a	3.263 (0.019) ^a	2.82.816 (0.027) ^a
17.40	4.375 (0.033) ^b	1.286 (0.028) ^b	3.345 (0.018) ^b	2.909 (0.023) ^b
18.90	4.470 (0.046) ^c	1.338 (0.039) ^c	3.426 (0.019) ^c	2.990 (0.024) ^c
20.60	4.567 (0.039) ^d	1.376 (0.020) ^d	3.503 (0.020) ^d	3.061 (0.021) ^d
22.50	4.600 (0.045) ^e	1.418 (0.032) ^e	3.528 (0.022) ^d	3.097 (0.027) ^e

*, values in the parentheses are standard deviation. ^{a-e}, means with different superscript alphabets in the same column differ significantly ($P < 0.05$)

3.3. Surface area of seeds

Figure 2 details the results of the experiments determining how different moisture levels affect the surface area of yellow lentils. In the experiment, when the moisture content was increased from 15.6 to 22.5% d.b., a 17.31% linear increase was observed (from 24.93 to 30.15 mm²). This moisture content effect on the yellow lentils surface area was statistically significant ($P < 0.05$). Surface area relationship with moisture content of yellow lentil seed was determined to be linear and is shown in Equation 9.

$$A_s = 23.833 + 1.3339M_c \quad R^2 = 0.9821 \quad (9)$$

Sacilik et al (2003) and Sologubik et al (2013) reported a similar linear increase with regards to surface area when experimenting with hemp seeds and barley, respectively.

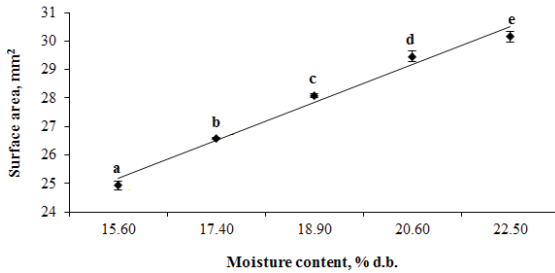


Figure 2- Effect of moisture content on surface area of yellow lentil seeds

Şekil 2- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının yüzey alanı üzerine etkisi

3.4. Projected area of seed

A graphical representation of the projected area calculated for yellow lentil seeds at the various experimental moisture contents is presented in Figure 3. Increasing moisture content resulted in a linear increase of the projected area of the seed from 15.33 to 17.66 mm². Equation 10 represents how the moisture content and the value of the projected area are related.

$$A_p = 14.403 + 0.5887M_c \quad (R^2 = 0.9078) \quad (10)$$

Yalcin & Ozarslan (2004) found that vetch seeds also behaved similarly when moisture content was increased, as did Dursun & Dursun (2005) when caper seeds were studied and Işık (2007) when green lentils were observed.

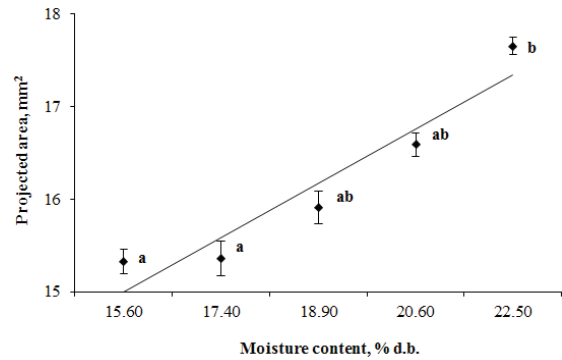


Figure 3- Effect of moisture content on projected area of yellow lentil seeds

Şekil 3- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının projeksiyon alanı üzerine etkisi

3.5. Thousand seed mass

Figure 4 shows the results for the effects of moisture content on the thousand seed mass. An increase in moisture content from 15.6 to 22.5% d.b. was accompanied by a linear increase in the thousand seed mass M_{1000} from 15.1 to 18.01 g, which can be calculated as an increase of 19.27%. Szot et al (2003) noted that Polish and Canadian varieties of lentil seeds also increased in thousand seed mass when moisture was increased, as did Solomon & Zewdu (2009) in their study of Niger seeds and Bagherpour et al (2010) in a study of lentils. In other studies, the values for the thousand seed mass Dursun & Dursun (2005) observed for caper seeds were less than the values found for the yellow lentil samples; the values observed for green lentils were higher (Işık 2007). Equation 11 shows the relationship between moisture content and the thousand seed mass.

$$M_{1000} = 14.526 + 0.712M_c \quad (R^2 = 0.9827) \quad (11)$$

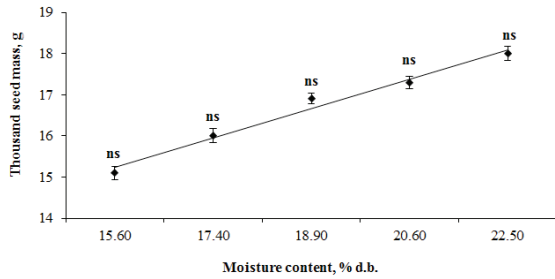


Figure 4- Effect of moisture content on the thousand seeds mass of yellow lentil seeds

Şekil 4- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının bin dane ağırlığı üzerine etkisi

3.6. Bulk density

The results found for the bulk density of yellow lentils at various moisture levels are given in Figure 5. Increasing the moisture content from 15.6 to 22.5% d.b. resulted in a decreased bulk density from 750.27 to 625 kg m⁻³; this effect was found to be statistically significant ($P < 0.05$). Increasing the moisture content resulted in a 16.7% percent corresponding decrease in bulk density for the yellow lentil sample. Equation 12 defines the relationship between moisture content and bulk density.

$$\rho_b = 783.93 - 31.691M_c \quad R^2 = 0.998 \quad (12)$$

Lentil seeds were also found to have a negative linear relationship between their bulk density and moisture content (Carman 1996); a similar negative relationship was found for maize seeds (Barnwal et al 2012).

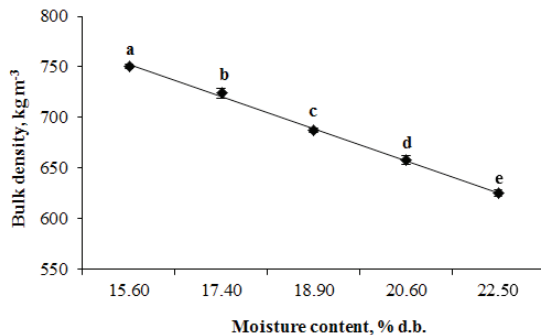


Figure 5- Effect of moisture content on bulk density of yellow lentil seeds

Şekil 5- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının hacim ağırlığı üzerine etkisi

3.7. True density

Figure 6 shows how various moisture levels affect the true density of yellow lentils, which increased linearly from 1200.5 to 1334 kg m⁻³ as a result of increasing the moisture content from 15.6 to 22.5% d.b. Equation 13 represents the relationship between the moisture content and the value of true density.

$$\rho_t = 1168.5 + 33.45M_c \quad R^2 = 0.9993 \quad (13)$$

Singh et al (2012) also recorded an increase in true density accompanying an increase in moisture content for flaxseeds, as did Paksoy & Aydın (2004) in a study on edible squash seeds and Kibar et al (2010) in an examination of rice seeds.

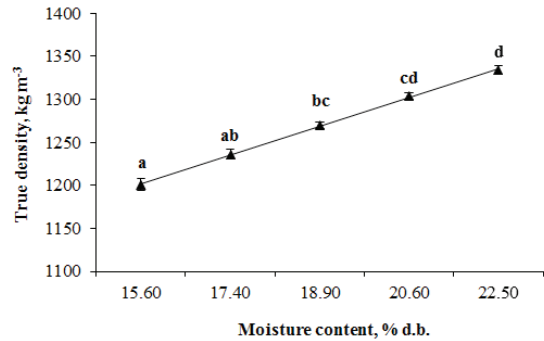


Figure 6- Effect of moisture content on true density of yellow lentil seeds

Şekil 6- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının özgül ağırlığı üzerine etkisi

3.8. Porosity

Figure 7 shows how porosity was affected by moisture content. The increase in moisture content from 15.6 to 22.5% d.b. caused the porosity to increase from 37.49 to 53.18%. Porosity and moisture content relationship presented in Equation 14.

$$P_f = 33.683 + 3.9291M_c \quad R^2 = 0.9981 \quad (14)$$

Altuntas & Yildiz (2007) reported porosity values for fava beans that are higher than those found for yellow lentils, while Vilche et al (2003) found lower porosity values for quinoa seeds when compared with yellow lentil seeds; Amin et al (2004) also found lower porosity values for lentil seeds.

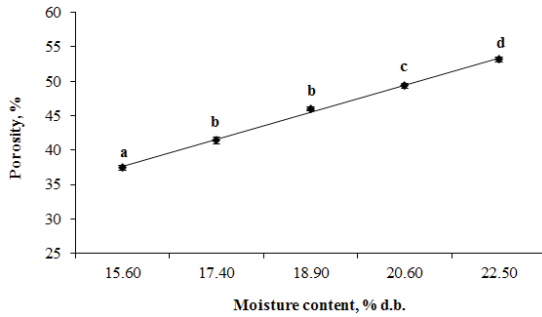


Figure 7- Effect of moisture content on porosity of yellow lentil seeds

Şekil 7- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının boşluk oranı üzerine etkisi

3.9. Terminal velocity

Figure 8 gives the effects of moisture content on the values for terminal velocity. Increasing moisture content caused the terminal velocity values to increase from 1.5 to 2.09 m s⁻¹. The reason for this increase in terminal velocity can be explained by the increase in the mass of each seed per unit frontal area that faces the air stream. The linear relationship between moisture content and terminal velocity can be defined by Equation 15.

$$V_t = 1.366 + 0.144M_c \quad (R^2 = 0.9975) \quad (15)$$

When comparing the terminal velocity of yellow lentils with the terminal velocities of vetch seeds, the latter were found to have a higher terminal velocity when moisture levels were the same (Yalcin & Ozarslan 2004). Additionally, safflower seeds were found to have a higher terminal velocity (Kara et al 2012).

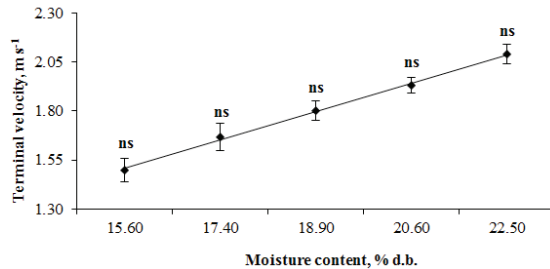


Figure 8- Effect of moisture content on terminal velocity of yellow lentil seeds

Şekil 8- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının kritik hızları üzerine etkisi

3.10. Rupture force

Figure 9 shows the effects of various moisture content levels on the rupture force of yellow lentils. An increase from 15.6 to 22.5% d.b. indicated a decrease in the rupture force of yellow lentils from 22.5 to 16.2 N. Bagherpour et al (2010) also found a negative linear relationship of rupture force with moisture content in a study of lentil seeds, while Balasubramanian et al (2012) found a negative relationship for coriander seeds. The relationship between moisture content and rupture force can be expressed with Equation 16.

$$R_f = 23.74 - 1.56M_c \quad R^2 = 0.9753 \quad (16)$$

Bäumler et al (2006) found a higher rupture force for the safflower seed when compared to the rupture force of yellow lentils at the same moisture level, as did Barnwal et al (2012) for maize seeds and Taheri-Garavand et al (2012) for hemp seeds.

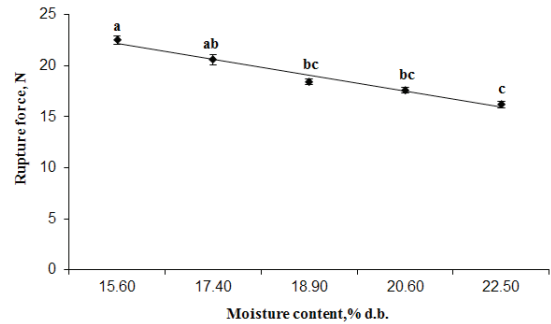


Figure 9- Effect of moisture content on rupture force of yellow lentil seeds

Şekil 9- Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının kırılma kuvveti üzerine etkisi

3.11. Static coefficient of friction

The coefficient results of testing how different moisture content levels ranging from 15.6 to 22.5% d.b. effected the static friction of yellow lentils on six surfaces including rubber, aluminum, galvanized iron, stainless steel, plywood, and glass against moisture are given in Table 2. For each material tested, the coefficient of static friction was found to linearly increase as the moisture content

increased. It is possible that this increase could be attributed to the fact that when moisture content is increased, there is increased adhesion between the surface of the material and the seed. The tests with the different moisture content levels showed that the coefficient of static friction on the rubber surface varied from 0.7002 to 0.8098, on the aluminum from 0.6249 to 0.7265, on the galvanized iron from 0.6009 to 0.7002, on the stainless steel from 0.5774 to 0.6745, on the plywood from 0.4663 to 0.5543 and on the glass from 0.4452 to 0.5317. These variations correspond to the following percentages of increase: 13.53%, 13.98%, 14.18%, 14.40%, 15.88% and 16.27% for the rubber, aluminum, galvanized iron, stainless steel, plywood and glass surfaces, respectively. The highest coefficient of static friction value (0.8098) was found for the rubber surface at 22.5% d.b. moisture content. The glass surface had the lowest value (0.4452) at 15.6% d.b. moisture content. Carman (1996) reported that rubber has the highest coefficient of static friction when tested with lentil seeds, and Aghkhani et al (2012) came to the same conclusion for lima beans. Araghi et al (2010) & Davies (2010) found that rough varieties of rice and arigo seeds, respectively, had the lowest friction values when tested on a glass surface. The effects of moisture content levels on the six different tested surfaces are shown in Equations 17-22.

$$\mu_{ru} = 0.6721 + 0.0274M_c \quad (R^2 = 0.9998) \quad (17)$$

$$\mu_{al} = 0.5989 + 0.0254M_c \quad (R^2 = 0.9998) \quad (18)$$

$$\mu_{gi} = 0.5755 + 0.0248M_c \quad (R^2 = 0.9998) \quad (19)$$

$$\mu_{ss} = 0.5525 + 0.0243M_c \quad (R^2 = 0.9998) \quad (20)$$

$$\mu_{pw} = 0.44399 + 0.022M_c \quad (R^2 = 0.9999) \quad (21)$$

$$\mu_{gl} = 0.4232 + 0.0216M_c \quad (R^2 = 0.9999) \quad (22)$$

4. Conclusions

This study examined the effect of different levels of moisture content on several different physical properties of yellow lentil seeds. When moisture levels were increased from 15.6 to 22.5% d.b., decreases were observed in the bulk density (from 750.27 to 625 kg m⁻³) and the rupture force (from 22.5 to 16.2 N). Additionally, with the same increase in moisture content levels, the average diameter increased from 4.29 to 4.6 mm, the thickness from 1.22 to 1.42 mm, the arithmetic mean diameter from 3.26 to 3.53 mm, the geometric mean diameter from 2.82 to 3.1 mm, the sphericity from 0.66 to 0.67, the surface area from 24.93 to 30.15 mm², the projected area of seed from 15.33 to 17.66 mm², the thousand seed mass from 15.1 to 18.01 g, the porosity from 37.49 to 53.18%, the terminal velocity from 1.5 to 2.09 m s⁻¹ and the true density from 1200.5 to

Table 2- Effect of moisture content on static coefficient of friction of yellow lentil seeds against various surface

Çizelge 2- Farklı yüzeylerde, nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının sürtünme katsayısı üzerine etkisi

Moisture content, % d.b.	Surface					
	Rubber	Stainless steel	Aluminium	Glass	Plywood	Galvanised iron
15.60	0.700 (0.012) ^{a*}	0.577 (0.012) ^a	0.625 (0.009) ^a	0.445 (0.015) ^a	0.466 (0.013) ^a	0.601 (0.017) ^a
17.40	0.727 (0.008) ^{ab}	0.601 (0.015) ^{ab}	0.649 (0.011) ^{ab}	0.466 (0.008) ^{ab}	0.488 (0.016) ^{ab}	0.625 (0.019) ^{ab}
18.90	0.754 (0.006) ^{bc}	0.625 (0.006) ^{bc}	0.675 (0.012) ^{bc}	0.488 (0.014) ^{bc}	0.510 (0.017) ^{abc}	0.649 (0.018) ^{bc}
20.60	0.781 (0.009) ^{cd}	0.649 (0.012) ^{cd}	0.700 (0.008) ^{cd}	0.510 (0.013) ^{cd}	0.532 (0.025) ^{bc}	0.675 (0.015) ^{cd}
22.50	0.810 (0.005) ^d	0.675 (0.004) ^d	0.727 (0.010) ^d	0.532 (0.007) ^d	0.554 (0.014) ^c	0.700 (0.019) ^d

*, values in the parentheses are standard deviation; ^{a-d}, means with different superscript alphabets in the same column differ significantly (P<0.05)

1334 kg m⁻³. A linear increase was observed in the coefficients of static friction of yellow lentil seeds at the same levels of moisture content on surfaces of the following six structural materials: rubber (0.7002-0.8098), aluminum (0.6249-0.7265), galvanized iron (0.6009-0.7002), stainless steel (0.5774-0.6745), plywood (0.4663-0.5543) and glass (0.4452-0.5317).

Acknowledgements

This publication has been edited by American Journal Experts (AJE).

Abbreviations and Symbols

A_p	Projected area	mm ²
A_s	Surface area	mm ²
C_1, C_2	Regression coefficients	
D_a	Arithmetic mean diameter of seed	mm
D_g	Geometric mean diameter of seed	mm
D	Diameter of seed	mm
M_c	Moisture content	% d.b.
M_{1000}	Thousand seed mass	g
M_f	Final moisture content of sample	% d.b.
M_i	Initial moisture content of sample	% d.b.
P_f	Porosity	%
Q	Mass of water to added	g
R_s	Rupture force	N
R^2	Coefficient of determination	dimensionless
T	Thickness of seed	mm
V_t	Terminal velocity	ms ⁻¹
W_i	Initial mass of sample	g
ρ_b	Bulk density	kgm ⁻³
ρ_i	True density	kgm ⁻³
ϕ	Sphericity of seed	dimensionless
μ	Coefficient of friction	dimensionless
<i>d.b.</i>	Dry basis	

References

- Agkhani M H, Ashtiani S H M, Motie J B & Abbaspour-Fard M H (2012). Physical properties of christmas lima bean at different moisture content. *International Agrophysics* **26**(4): 341-346
- Altuntas E & Demirtola H (2007). Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **35**(4): 423-433
- Altuntas E & Yildiz M (2007). Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering* **78**(1): 174-183
- Amin M N, Hossain M A & Roy K C (2004). Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering* **65**(1): 83-87
- Araghi H A, Sadeghi M & Hemmat A (2010). Physical properties of two rough rice varieties affected by moisture content. *International Agrophysics* **24**(2): 205-207
- Aviara A N, Power P P & Abbas T (2013). Moisture-dependent physical properties of *Moringa oleifera* seed relevant in bulk handling and mechanical processing. *Industrial Crops and Products* **42**: 96-104
- Bagherpour H, Minaei S & Khoshtaghaza M H (2010). Selected physico-mechanical properties of lentil seed. *International Agrophysics* **24**(1): 81-84
- Balasubramanian S, Singh K K & Kumar R (2012). Physical properties of coriander seeds at different moisture content. *International Agrophysics* **26**(4): 419-422
- Barnwal P, Kadam D M & Singh K K (2012). Influence of moisture content on physical properties of maize. *International Agrophysics* **26**(3): 331-334
- Bäumler E, Cuniberti A, Nolasco S M & Riccobene I C (2006). Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering* **72**(2): 134-140
- Carman K (1996). Some physical properties of lentil seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research* **63**(2): 87-92
- Davies R M (2010). Some physical properties of arigo seeds. *International Agrophysics* **24**(1): 89-92
- Dursun E & Dursun I (2005). Some physical properties of caper seed. *Biosystems Engineering* **92**(2): 237-245
- FAO (2013). FAOSTAT Agricultural Database Web Page Retrieved in December, 23, 2013 from. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- Fathollahzadeh H, Mobli H, Jafari A, Rafiee S & Mohammadi A (2008). Some physical properties of tabarzeh apricot kernel. *Pakistan Journal of Nutrition* **7**(5): 645-651

- Garnayak D K, Pradhan R C, Naik S N & Bhatnagar N (2008). Moisture-dependent physical properties of jatropha seed (*Jatropha curcas* L.). *Industrial Crops and Products* **27**(1): 123-129
- Gharibzahedi S M T, Ghasemlou M, Razavi S H, Jafari S M & Faraji K (2011). Moisture-dependent physical properties and biochemical composition of red lentil seeds. *International Agrophysics* **25**(4): 343-347
- Gharibzahedi S M T, Emam-Djomeh Z, Razavi S H & Jafari S M (2014). Mechanical behavior of lentil seeds in relation to their physicochemical and microstructural characteristics. *International Journal of Food Properties* **17**(3): 545-558
- Işık E (2007). Moisture Dependent physical and mechanical properties of green laird lentil (*Lens culinaris*) grains. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **10**(3): 474-480
- Kara M, Bastaban S, Öztürk I, Kalkan F & Yildiz C (2012). Moisture-dependent frictional and aerodynamic properties of safflower seeds. *International Agrophysics* **26**(1): 203-205
- Karababa E & Coşkuner E (2013). Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): An industrial gum yielding crop. *Industrial Crops and Products* **42**: 440-446
- Kibar H, Öztürk T & Esen B (2010). The effect of moisture content on physical and mechanical properties of rice (*Oryza sativa* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research* **8**(3): 741-749
- Kouvoutsakis G, Mitsi C, Tarantilis P A, Polissiou M G & Pappas C S (2014). Geographical differentiation of dried lentil seed (*Lens culinaris*) samples using diffuse reflectance fourier transform infrared spectroscopy (DRIFTS) and discriminant analysis. *Food Chemistry* **145**: 1011-1014
- Mohsenin N N (1986). Physical properties of plant and animals materials (2nd ed.). Gordon and Breach Science Publishers New York. 891 pp
- Paksoy M & Aydin C (2004). Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *Journal of Food Engineering* **65**(2): 225-231
- Sacilik K, Ozturk R & Keskin R (2003). Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Engineering* **86**(2): 213-215
- Shirkole S S, Kenghe R N & Nimkar P M (2011). Moisture dependent physical properties of soybean. *International Journal of Engineering Science and Technology* **3**(5): 3807-3815
- Singh K K, Mridula D, Barnwal P & Rehal J (2012). Physical and chemical properties of flaxseed. *International Agrophysics* **26**(4): 423-426
- Sobokola O P & Onwuka V I (2011). Effect of moisture content on some physical properties of locust bean seed (*Parkia fillicoides* L.). *Journal of Food Process Engineering* **34**(6): 1946-1964
- Sologubik C A, Campanone L A, Pagano A M & Gely M C (2013). Effect of moisture content on some physical properties of barley. *Industrial Crops and Products* **43**: 762-767
- Solomon W K & Zewdu A D (2009). Moisture-dependent physical properties of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed. *Industrial Crops and Products* **29**(1): 165-170
- Szot B, Horabik J & Rusinek R (2003). Physical properties characteristic of Polish and Canadian lentil seeds. *International Agrophysics* **17**: 123-129
- Taheri-Garavand A, Nassiri A & Gharibzahedi S M T (2012). Physical and mechanical properties of hemp seed. *International Agrophysics* **26**(2): 211-215
- Vilche C, Gely M & Santalla E (2003). Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Engineering* **86**(1): 59-65
- Yalcin I & Ozarslan C (2004). Physical properties of vetch seed. *Biosystems Engineering* **88**(4): 507-512
- Yalcin I (2007). Physical properties of cowpea (*Vigna sinensis* L.) seed. *Journal of Food Engineering* **79**(1): 57-62
- Yurtlu Y B, Yeşiloğlu E & Arslanoğlu F (2010). Physical properties of bay laurel seeds. *International Agrophysics* **24**(3): 325-328
- Zewdu A D & Solomon W K (2007). Moisture-dependent physical properties of tef seed. *Biosystems Engineering* **96**(1): 57-63

TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ-JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

YAZIM KURALLARI

Genel

Tarım Bilimleri Dergisi, tarım bilimleri alanında ve yazım dili İngilizce olan özgün araştırma makaleleri yayımlar. Sonuçları önceden bilinen ve yenilik getirmeyen araştırma makaleleri, taksonomi ile sadece durum tespitine dayanan ve yöresel çalışmalar ile veri ve anket analizine dayanan çalışmalar derginin kapsamı dışındadır. Basılacak makalelerin daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış olması ve yayım haklarının verilmemiş olması gerekir. Dergide yayımlanacak makalelerin her türlü sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

Yayımlanması için gönderilen eser, yayım ilkeleri doğrultusunda Dergi Editörler Kurulu tarafından ön incelemeye alınır. Dergi Editörler Kurulu, dergide yayımlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri hakemlere göndermeden yazara/yazarlara iade kararı verme hakkına sahiptir. Ayrıca yazım kurallarına uymayan veya anlatım dili yetersiz olan makaleler, düzeltilmek üzere yazara/yazarlara iade edilir. Değerlendirmeye alınan makaleler, incelenmek üzere en az 2 hakeme gönderilir. Hakem değerlendirmesinden geçen makalelere ait düzeltmeler, düzeltmeler listesiyle birlikte en fazla 30 gün içerisinde sisteme yüklenerek gönderilmelidir. Bu süreden sonraki gönderimler kabul edilmez. Başeditör, hakem raporlarını ve/veya istenilen düzeltmelerin yeterli olup olmasını dikkate alarak makalenin yayımlanıp yayımlanmamasına karar verir.

Makalede isimleri yer alan tüm yazarlar, yayım haklarını Tarım Bilimleri Dergisine verdiklerine dair **Makale Gönderme ve Telif Hakkı Devir Sözleşmesini** imzalamalıdır. Makalenin yayımlanması kabul edildikten sonra makale metninde, yazarlarında ve yazarların sıralamasında değişiklik yapılamaz. Makale yayıma kabul edildiğinde, sorumlu yazar Ankara Üniversitesi adına açılmış banka hesabına 300 TL yatırmalıdır. Makaleden sorumlu yazara banka hesap numarası, makalenin basıma kabul edilmesinden sonra bildirilir.

Makale Yükleme

Hazırlanan makaleler; sadece makaleden sorumlu yazar (makalenin yayım başlangıcından basım sonrasındaki her türlü yazışmalarda sorumluluğu bulunan) tarafından Tarım Bilimleri Dergisi web sayfasındaki çevrimiçi **Makale Gönderme ve Değerlendirme Sistemi** kullanılarak elektronik ortama yüklenmelidir. Makale yükleme bölümünün **“Başvuruyu Yükle”** bölümünde pdf formatındaki makale dosyasına ilave olarak **“Ek Dosyalar”** bölümüne aşağıdaki dosyaların da yüklenmesi gerekir.

- ✓ Makalenin Word (2003 veya daha üst versiyonları) formatındaki dosyası. Sisteme yüklenen makalenin hem pdf formatında ve hem de Word formatında iletişim, ad-soyad, kurum gibi yazarları tanıttıcı bilgiler bulunmamalıdır.
- ✓ Tüm yazarlar tarafından imzalanmış ve pdf formatında taranmış olan “Makale Gönderme ve Telif Hakkı Devir Sözleşmesi”. Yayına kabul edilmesi durumunda bu formların aslı da posta ile editöre gönderilmelidir.
- ✓ Yazar Makale Kontrol Listesi (pdf formatında),
- ✓ Yazarların ad-soyad, kurum ve iletişim bilgilerini içeren Word dosyası,
- ✓ Gerekliyorsa Etik Kurul Raporu eklenmelidir.

Derginin Kapsamı

Tarım Bilimleri Dergisi, tarım bilimleri alanında yapılan özgün araştırmaları ve yeni bulguları içeren makaleleri yayımlar. Sonuçları önceden bilinen ve yenilik getirmeyen araştırma makaleleri, taksonomi ile sadece durum tespitine dayanan ve yöresel çalışmalar ile veri ve anket analizine dayanan çalışmalar derginin kapsamı dışındadır. Derleme makaleler, yayım komisyonunun çağrısı üzerine hazırlanmışsa normal inceleme ve değerlendirme sürecinden geçirilerek yayımlanır.

Makale Hazırlama

Makaleler, A4 boyutundaki kâğıdın tek yüzüne 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Sayfanın sağında, solunda, altında ve üstünde 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)ı açık olarak yazılmalı ve herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir. Editörler kurulu, anlatım dili yeterli olmayan makaleleri değerlendirme dışı tutabilir. Yazar(lar)ın makale göndermeden önce eseri dil yönünden bir dil bilimciye incelettirmesi tavsiye olunur. Sıralama olarak, İngilizce özet ve peşinden Türkçe özet verilir. Bu durum şekil ve çizelge başlıkları için de geçerlidir.

Makale; Türkçe Başlık, Türkçe Özet, Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık, İngilizce Özet, Keywords, 1.Giriş, 2.Materyal ve Yöntem, 3.Bulgular ve Tartışma, 4.Sonuçlar, Teşekkür (varsa), Kısaltmalar ve/veya Semboller (varsa), Kaynaklar bölümleri ile Şekil ve Çizelgelerden oluşmalıdır. Bölüm adları koyu yazılmalıdır.

Makale, “Kaynaklar” bölümü dâhil 16 sayfayı geçmemelidir. Yazar(lar), bu kısımların oluşturulmasında derginin web sayfasındaki **Makale Hazırlama Şablonunu** kullanmalıdır.

Başlık: Kısa ve açıklayıcı olmalı, 14 punto ve koyu, kelimelerin ilk harfi büyük olmalı, ortalanarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılamalı, 13 punto ve koyu yazılmalıdır.

Özet ve Anahtar Kelimeler: Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 300 kelimeyi geçmemelidir. Türkçe ve İngilizce özetlerde sırasıyla “Özet” ve “Abstract” kelimeleri kullanılmalıdır. Özet, çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir. Özetlerin 1 satır altına, her anahtar kelimenin ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak ve aralarında noktalı virgül (;) olacak şekilde en fazla 6 anahtar kelime yazılmalıdır.

1. Giriş: Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile doğrudan ilgili önceki çalışmalar ve çalışmanın amacı verilir.

2. Materyal ve Yöntem: Kullanılan materyal ve yöntem aynı başlıkta verilmelidir. Alt başlık verilecekse bölüm numarası ile birlikte numaralandırılmalı (2.1. gibi) ve italik yazılmalıdır. Yeni veya değiştirilmiş yöntemler, aynı konuda çalışanlara araştırmayı tekrarlama olanağı verecek nitelikte açıklanmalıdır.

3. Bulgular ve Tartışma: Elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle desteklenerek bulgular açıklanmalıdır. Elde edilen bulgular tekrardan kaçınılması amacıyla ya çizelge ya da grafik olarak verilmelidir. İstatistikî olarak önemli bulunan faktörler, uygulanan istatistik analiz tekniğine uygun karşılaştırma yöntemi ile yorumlanarak ilgili istatistikler üzerinde harflendirme yapılmalıdır. İstatistikî analiz yönteminin doğru seçilmediği ve/ya analizin gereği gibi yapılmadığı durumlarda editörler kurulu makaleyi değerlendirme dışında tutabilir. Bulgular tartışılmalı ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıklanmalıdır.

4. Sonuçlar: Elde edilen sonuçlar, bilime ve uygulamaya katkısıyla birlikte kısa ve öz olarak verilmelidir. Giriş ile Bulgular ve Tartışma bölümünde verilen ifadeler bu kısımda aynı şekilde tekrar edilmemelidir.

Teşekkür: Gerekli ise mümkün olduğunca kısa olmalı ve yapılan katkı ifade edilerek verilmelidir.

Kısaltmalar ve/veya Semboller: Makalede kısaltmalardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Semboller Makale Hazırlama Şablonunda belirtildiği gibi verilmelidir. Kısaltma ve semboller metin içinde ilk kez kullanıldığı yerde açıklanmalıdır. Uluslararası geçerliliği olan ve yerleşik kısaltmalar tercih edilmelidir. Kısaltmalar makalenin başlığında kullanılmamalıdır. Semboller SI sistemine göre verilmelidir.

Kaynaklar: Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf metin içinde “(Yazarın soyadı yılı)” yöntemine göre yapılmalıdır. Örnek: (Doymaz 2003), (Basunia & Abe 2001). Yazara atıf yapılırsa sadece yayının yılı parantez içine alınmalıdır. Örnek: Doymaz (2003)’e göre ya da Basunia & Abe (2001). Üç ya da daha fazla yazar için makale içindeki atıfta “et al” kullanılmalıdır. Örnek: (Lawrence et al 2001) veya Lawrence et al (2001)’e göre. Aynı yazarın aynı yıl içinde 1’den fazla yayını varsa, yıldan sonra küçük harfler verilmelidir. Örnek: (Akpınar et al 2003a). Aynı yazarın birden fazla yayınına atıf yapılacaksa yıldan sonra noktalı virgül (;) işareti ile ayırt edilmelidir. Örnek: (Akpınar 2007; 2009; 2013). Birden fazla atıf yapılırsa atıflar arasında noktalı virgül (;) kullanılmalı ve eskiden yeniye doğru yıl sırasına göre verilmelidir. Örnek: (Perl et al 1987; Bailly et al 1996; Copeland & McDonald 2001; Goel & Sheoran 2003). Eğer bilginin, kaynağın belirli bir sayfasından ya da sayfalarından alındığı belirtilmek istenirse (Hardeman & Jochemsen 2012, s 657-674; Naess 1991, s 34) biçiminde gösterilmelidir. Kaynaklarda Anonim ya da Anonymous şeklinde gösterim yapılmamalıdır.

Kaynaklar bölümünde metin içinde atıf yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Aynı yazara birden çok atıf yapılıyorsa önce tek isim, sonra iki isim ve sonra da üç ve daha fazla yazarlı kaynak sırasına göre hepsi kendi içinde eskiden yeniye yıl sırasına göre verilmelidir. İki veya daha fazla yazarlı eserlerin bildiriminde son yazardan önce “&” kullanılmalıdır. Örnek: Lawrence K C, Funk D B & Windham W R (2001). Dergi isimleri kısaltma yapılmadan tam adı ile ve italik yazılmalıdır. Kongre kitaplarında Türkçe ya da yabancı dilde özeti yayınlanmış çalışmalara atıf yapılamaz. Makaledeki yanlış atıf ve kaynak gösterimlerine ait sorumluluk yazar(lar)a aittir. Kaynaklar bölümündeki her bir kaynağın sonuna nokta (.) konmamalıdır.

Dergi:

Doymaz I (2003). Drying kinetics of white mulberry. *Journal of Food Engineering* **61**(3): 341-346

Basunia M A & Abe T (2001). Thin-layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection. *Journal of Food Engineering* **47**(4): 295-301

Lawrence K C, Funk D B & Windham W R (2001). Dielectric moisture sensor for cereal grains and soybeans. *Transactions of the ASAE* **44**(6): 1691-1696

Akpınar E, Midilli A & Bicer Y (2003a). Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modelling. *Energy Conversion and Management* **44**(10): 1689-1705

Kitap:

Yıldırım O (1996). Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1438, Ders Kitabı: 420, Ankara
Mohsenin N N (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York

Kitapta Bölüm:

Fıratlı Ç (1993). Arı yetiştirme. (Ed: M Ertuğrul), *Hayvan Yetiştirme*, Baran Ofset, Ankara, s. 30-34
Rizvi S S H (1986). Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: M A Rao & S S H Rizvi (Eds), *Engineering Properties of Foods*, Marcel Dekker, New York, pp. 190-193

Yazarı Belirtilmeyen Kurum Yayınları:

TÜİK (2012). Tarım İstatistikleri Özeti. Türkiye İstatistik Kurumu, Yayın No: 3877, Ankara
ASAE (2002). Standards S352.2, 2002, Moisture measurement-unground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI

İnternette Alınan Bilgi:

FAO (2013). Classifications and standards. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-standards/en/> (Erişim tarihi:10.02.2013)

Tez:

Koyuncu T (1992). Tarım arabalarında kullanılan çarpma etkili frenlerin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara
Berbert PA (1995). On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. PhD Thesis, Cranfield University (Unpublished), UK

Tam Metin Kongre/Sempozyum Kitabı:

Yağcıoğlu A, Değirmencioğlu A & Çağatay F (1999). Drying characteristics of laurel leaves under different drying conditions. In: *Proceedings of the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy*, 26–27 May, Adana, Turkey, pp. 565–569
Kara Z & Beyoğlu N (1995). Konya ili Beyşehir yöresinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Bildiriler (II)*: 3-6 Ekim, Adana, s. 524-528

Şekiller ve Çizelgeler: Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri “Şekil”, sayısal değerler ise “Çizelge” olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve çizelgeler makalenin sonuna yerleştirilmelidir. Şekil ve çizelgelerin boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve çizelgelerin boyutu baskıda çıkabilecek çözünürlükte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde ”jpg” formatında olmalıdır. Renkli resimler yerine gri ya da siyah tonlu resimler tercih edilmelidir. Çizelgelerde düşey çizgi kullanılmamalı ve makale hazırlama şablonunda belirtildiği gibi hazırlanmalıdır. Her çizelge ve şekle metin içerisinde atıf yapılmalıdır. Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1 ve Şekil 1). Çizelge ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Çizelge ve şekillerin İngilizce başlıkları, Türkçe başlığın hemen altına italik olarak yazılmalı, ilk yazılan Türkçe başlık yazısı koyu olmalıdır. Şekil ve çizelge başlık yazıları 9.5 punto, şekil ve çizelgelerin içindeki yazılar 9 punto, çizelge altı yazılar 8 punto Times New Roman yazı karakterinde olmalıdır. Şekillerde yatay ve düşey kılavuz çizgiler ve rakamlar bulunmamalıdır. Ancak istatistiksel karşılaştırmalar yapıyorsa küçük harfler bulunabilir. Çizelge ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır. Şekil ve çizelge başlıkları ile çizelge altı yazılarının sonuna nokta (.) konmamalıdır.

Birimler: Tüm makalelerde SI (Système International d’Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak nokta kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Birimlerde “/” kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (m/s yerine m s⁻¹, J/s yerine J s⁻¹, kg m/s² yerine kg m s⁻² gibi). Sayı ile sembol arasında bir boşluk bırakılmalıdır (4 kg N ha⁻¹, 3 kg m⁻¹ s⁻², 20 N m, , 1000 s⁻¹, 100 kPa, 22 °C ve % 29 gibi). Bu kuralın istisnaları düzlemsel açılar için kullanılan derece, dakika ve saniye sembolleridir (°, ’ ve ”). Bunlar sayıdan hemen sonra konmalıdır (10°, 45’, 60”) gibi). Litrenin kısaltması “l” değil “L” olarak belirtilmelidir. Cümle sonunda değilse sembollerin sonuna nokta konulmamalıdır (kg. değil kg).

Formüller ve Eşitlikler: Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüllerin yazılmasında Word programı matematik işlemcisi kullanılmalı, ana karakterler 12 punto, değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa “Eşitlik 1” biçiminde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1’ de verilmiştir).

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

Guide for Authors

Journal of Agricultural Sciences is abstracted and/or indexed in: Science Citation Index – Expanded, TUBITAK-ULAKBIM, CAB Abstracts, CAB International, FAO AGRIS/CARIS, and Directory of Open Access Journals (DOAJ).

Journal of Agricultural Sciences (JAS) is an international, double-blind peer-reviewed, open-access journal, published by the Faculty of Agriculture, Ankara University. The journal invites original research papers containing new insight into any aspect of Agricultural Sciences that are not published or not being considered for publication elsewhere. Preliminary, confirmatory or inconclusive research, review articles, case and local studies and works presenting taxonomy will not be published.

Before preparing papers for journal, authors should read through **Guide for Authors** and consult a current issue to make themselves familiar with general format.

The journal uses double-blind system for peer-review; both reviewers and authors' identities remain anonymous. The paper will be peer-reviewed by two reviewers from outside and one editor from the journal typically involve in reviewing a submission. Please note that authors are required to pay \$ 100 for each manuscript published.

Manuscript Submission

Manuscripts should be submitted to journal's online submission system by the corresponding author. All submissions should include following documents:

- ✓ **Title page** with author names, titles, addresses and contact information (in Word format).
- ✓ **Manuscript** (in Word format version 2003 or above). All author names, titles and affiliations should be excluded.
- ✓ **Transfer of Copyright Form**. This form should be filled and signed by all authors and sent electronically as a scanned copy. Authors of the accepted papers should send the original version of this form.
- ✓ **Submission Check List** (in PDF format).
- ✓ **Ethics Committee Approval** (if needed).

Papers should be written with fluent English without any grammatical and typographical errors. Manuscripts with any of those errors will be rejected and sent to the authors for corrections before submission and review.

Manuscripts should be typed using Times New Roman font 12 pt. with numbered lines, in the left-hand margin and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. The pages of the manuscript, including the title page, abstract, references, tables, etc. should be numbered consecutively. Make the width at 3 cm for all margins. Place tables and figures with captions after the text. Each figure and table should be referred to in the text. Avoid excessive use of italics to emphasize part of the text.

Manuscripts should include the following sections; **Title** (short, specific and informative), **Keywords** (indexing terms, up to 6 items), **1. Introduction, 2. Material and Methods, 3. Results and Discussion, 4. Conclusions, Acknowledgements** (if needed), **Abbreviations and Symbols** (if needed), **References, Figures and Tables** with captions not exceeding 16 pages (with references). All headings and titles should be written in Bold.

Acknowledgements

Acknowledgements should be a brief statement at the end of the text and may include source of financial support. The contract number should be provided.

References

Cite references in the text as author's family name should be followed by the year of the publication in parentheses (Peter 2010; Basunia & Abe 2001). Use et al after the first author's family name for citations with three or more authors (Lawrence et al 2001). For citations of the same authors published on the same year, use letters after the year (Dawson 2009a).

References cited in the text should be arranged chronologically. The references should be listed alphabetically on author's surnames, and chronological per author. Names of journals should be in full titles rather than the abbreviations. Avoid using citations of abstract proceedings. The following examples are for guidance.

Journal Articles

Doymaz I (2003). Drying kinetics of white mulberry. *Journal of Food Engineering* **61**(3): 341-346

Basunia M A & Abe T (2001). Thin-layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection. *Journal of Food Engineering* **47**(4): 295-301

Lawrence K C, Funk D B & Windham W R (2001). Dielectric moisture sensor for cereal grains and soybeans. *Transactions of the ASAE* 44(6): 1691-1696

Akpinar E, Midilli A & Biçer Y (2003a). Single layer drying behavior of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modeling. *Energy Conversion and Management* 44(10): 1689-1705

Books

Mohsenin N N (1970). *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York

Book Chapter

Rizvi S S H (1986). Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: M A Rao & S S H Rizvi (Eds.), *Engineering Properties of Foods*, Marcel Dekker, New York, pp. 190-193

Publications of Institutions / Standard Books

ASAE (2002). Standards S352.2, 2002, Moisture measurement - unground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI

Internet Sources

FAO (2013). Classifications and standards. Retrieved in April, 12, 2011 from <http://www.fao.org/economic/ess/ess-standards/en/>

Thesis and Dissertations

Berbert P A (1995). On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. PhD Thesis, Cranfield University (Unpublished), UK

Conference Proceedings (Full papers)

Yağcıoğlu A, Değirmencioğlu A & Çağatay F (1999). Drying characteristics of laurel leaves under different drying conditions. In: *Proceedings of the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy*, 26–27 May, Adana, pp. 565–569

Tables and Figures

Tables and Figures should be numbered consecutively and accompanied by a title at the top. All tables and figures should not exceed 16x20 cm size. Figures should have high resolution, minimum 600dpi in jpg format. For publication purposes use grayscale images. Avoid using vertical lines in tables.

Illustrations

Do not use figures that duplicate matter in tables. Figures can be supplied in digital format, or photographs and drawings, which can be suitable for reproduction. Label each figure with figure number consecutively.

Units

Units of measurement should all be in SI units. Use a period in decimal fractions (1.24 rather than 1,24). Avoid using “/”. Include a space between the units (m s⁻¹ rather than m/s, J s⁻¹ rather than J/s, kg m s⁻² rather than kg m/s²). Units should have a single space between the number and the unit (4 kg N ha⁻¹, 3 kg m⁻¹ s⁻², 20 N m, 1000 s⁻¹, 100 kPa, 22 °C). The only exceptions are for angular definitions, minutes, seconds and percentage; do not include a space (10°, 45°, 60°, 29%). The abbreviation of liter is “L”.

Formulas and Equations

Number each formula with the reference number placed in parentheses at the end. Use Word mathematical processor for formulas with 12pt., variances in Italics, numbers and mathematical definitions in plain text. If needed, refer as “Equation 1” in the text (...the model, as given in Equation 1).

Note: Title and Abstract, Tables and Figures Captions are translated into Turkish by editor for authors whose native language is not Turkish.

