





ISSN: 2147–8384
e-ISSN: 2564–6826

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi

(COMU Journal of Agriculture Faculty)

Cilt (Volume): 12 Sayı (Issue): 2 Yıl/Year: 2024

Yazışma Adresi (*Corresponding Address*)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü,
Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

Tel: +90 286 218 00 18

Faks: +90 286 21805 45

E-mail: ziraatdergi@comu.edu.tr

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi Hakemli bir dergi olup yılda iki sefer yayınlanır.
Dergi içerisindeki makaleler, çizelgeler, şekiller ve resimler izinsiz olarak kullanılamaz.
Diğer makale, bildiri ve kitaplar için alıntı yapılacağı zaman referans verilerek yapılmalıdır.

COMÜ Journal of Agriculture Faculty is a peer reviewed journal and published twice in a year.
The articles, tables and figures of this journal are not allow to be used anywhere without permission.
Only should be given as reference in other research papers, articles, books, poster and oral presentations.
All rights to articles published in this journal are reserved by the COMU, Faculty of Agriculture, Canakkale.



ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi
(COMU Journal of Agriculture Faculty)

İmtiyaz Sahibi (Publisher)

Prof. Dr. Murat ŞEKER, Dekan/Dean

Editörler Kurulu Başkanı (Editor-in-Chief)

Prof. Dr. Altıngül ÖZASLAN PARLAK

Yardımcı Editörler (Assistant Editor-in-Chief)

Prof.Dr. Mehmet PARLAK

Prof.Dr. Gökhan ÇAMOĞLU

Prof. Dr. Fatih KAHRIMAN

Doç. Dr. Cemil TÖLÜ

Doç.Dr Anıl ÇAY

Doç.Dr. Bengü EVEREST

Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali

Danışma Kurulu (Advisory Board)

Prof. Dr. Aydın AKIN, Bahçe Bitkileri

Prof. Dr. Çiğdem ULUBAŞ SERÇE, Bitki Koruma

Prof. Dr. Muhammad AFZAL, Bitki Koruma

Prof. Dr. Neelima TALWAR, Bitki Koruma

Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ, Tarım Ekonomisi

Doç. Dr. Athanasios KAMPAS, Tarım Ekonomisi

Prof. Dr. Erdem AYKAS, Tarım Makinaları

Prof. Dr. Plamen Ivanov Daskalov, Tarım Makinaları

Prof. Dr. Mustafa YILDIZ, Tarımsal Biyoteknoloji

Doç. Dr. Shahjahan Shabbir AHMED RANA, Tarımsal Biyoteknoloji

Prof. Dr. İsmail Hakkı TÜZEL, Tarımsal Yapılar ve Sulama

Doç. Dr. Shafiqur RAHMAN, Tarımsal Yapılar ve Sulama

Prof. Dr. Ali KOÇ, Tarla Bitkileri

Dr. Anna Wondolowska-Grabowska, Tarla Bitkileri

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Prof. Dr. Rüdiger ANLAUF, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Prof. Dr. Orhan KARACA, Zootekni

Prof. Dr. Muhamed BRKA, Zootekni

Yabancı Dil Danışmanı (Foreign Language Advisor) **Mizanpaj (Typesetting)**

Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali

Arş Gör. Eylem DURMUŞ

Yazışma Adresi (Corresponding Address)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye.

Tel: +90 286 218 00 18, Faks: +90 286 21805 45,

E-mail: ziraatdergi@comu.edu.tr

Tarandığı Dizinler

DergiPark
AKADEMİK

ROOTINDEXING
JOURNAL ABSTRACTING AND INDEXING SERVICE

CABI

COSMOS
IMPACT FACTOR

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

SIS
Scientific Indexing Services

DRJI Directory of
Research
Journals Indexing

CiteFactor
Academic Scientific Journals

**Academic
Resource
Index**
ResearchBib

ESJI Eurasian
Scientific
Journal
Index
www.ESJIndex.org



ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2024, 12(2):211-314

İçindekiler/Contents

| | |
|--|-----|
| Tuz Stresi Altında Karabuğday (<i>Fagopyrum esculentum Moench.</i>)’ın Çimlenmesi ve Fide Büyümesi Üzerine Borik Asit ile Tohum Ön Uygulamasının Etkisi..... | 211 |
| Influence of Seed Priming with Boric Acid on Germination and Seedling Growth of Buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum Moench.</i>) Under Salt Stress Semih Açıkbaş, Gülen Özyazıcı, Mehmet Arif Özyazıcı | |
| Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Yerleşkesi Kullanıcılarının Çevresel Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi..... | 223 |
| Determination Of Environmental Awareness Levels Of Users Of Tokat Gaziosmanpaşa University Campus Aysun Çelik, Güzella Yılmaz Vural, Venhar Melda Hassamancıoğlu, Saliha Erdoğan, Esen Oruç | |
| Mersin-Erdemli İlçesi Limon Bahçelerinin Zamansal ve Alansal Değişimlerin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi..... | 240 |
| Determination of Temporal and Spatial Changes in Lemon Orchards of Mersin-Erdemli District by Remote Sensing and GIS İnci Demirağ Turan, Orhan Dengiz, Emine Arslan | |
| Evaluation of Initial Yield Performances of Perennial Wheat Genotypes and Their F1 Hybrids..... | 253 |
| Çok Yıllık Buğday Genotiplerinin ve F1 Hibritlerinin Ön Verim Performanslarının Değerlendirilmesi Burcu Gökbulut, Deniz İstipliler | |
| Ham Fosfat, Humik Asit ve Fosfor Çözücü Bakteri Uygulamalarının Sakız Fasulyesi Bitkisi Gelişim Özelliklerine Etkileri..... | 263 |
| Effects of Crude Phosphate, Humic Acid and Phosphorus Solubilizing Bacteria Applications on Gum Bean Plant Growth Characteristics Ali Karaca, Cafer Türkmen | |



| | |
|---|-----|
| Determinants of Welfare Status and Net Farm Income Among Smallholder Sorghum Farmers in North West, Nigeria..... | 273 |
| Kuzey Batı, Nijerya'daki Küçük Toprak Sahibi Sorgum Çiftçileri Arasında Refah Durumunun ve Net Çiftlik Gelirinin Belirleyicileri <i>Sunday Sambo Mailumo, Ibrahim Maharazu, Olugbenga Omotayo Alabi, Jeremiah Samuel Aluwong, Nancy Agbenu Olisakwe</i> | |
| Development of an Android Application for Manure Management..... | 284 |
| Gübre Yönetimi İçin Android Aplikasyon Geliştirilmesi <i>Sude Mutlu, Dilek Selçuk, Özlen Tepeli, Ünal Kızıl</i> | |
| Identification and Expression Profiling of LEA Gene Family in Olive (<i>Olea europaea L.</i>)..... | 294 |
| Zeytinde (<i>Olea europaea L.</i>) LEA Gen Ailesinin Tanımlanması ve Gen Anlatım Profillerinin Belirlenmesi <i>Fatih Sezer</i> | |
| Terroir-Driven Viticultural Micro-Zoning In Bozcaada-Turkey..... | 306 |
| Bozcaada'da (Türkiye) Terroir Odaklı Bağcılık Mikro Zonlaması <i>Yusuf Yiğini, Hüseyin Ekinci, Elman Bahar</i> | |

Araştırma Makalesi

Tuz Stresi Altında Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'ın Çimlenmesi ve Fide Büyümesi Üzerine Borik Asit ile Tohum Ön Uygulamasının Etkisi

Semih Açıkbaş¹  Gülten Özyazıcı¹  Mehmet Arif Özyazıcı^{1*} 

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye
*Sorumlu yazar: arifozyazici@siirt.edu.tr

Geliş Tarihi: 26.08.2024

Kabul Tarihi: 13.11.2024

Öz

Tuzluluk, bitkilerin çimlenmesini, büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyen dünya çapında ciddi bir sorundur. Tohum ön uygulaması (priming), başta tuz stresi olmak üzere birçok abiyotik stres faktörlerinin etkisini hafifleterek, tohumların çimlenmesini, fide gelişimini, bitkilerin büyümesini ve verimini artıran bir tekniktir. Bu çalışma, tuz stresi altındaki karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'ın bor (B) ile priming uygulamasının çimlenme ve fide gelişimine etkisini incelemek için yürütülmüştür. Çalışmada karabuğday tohumları, dört farklı konsantrasyon seviyesinde (1, 2, 3 ve 4 mM) borik asit (H_3BO_3) çözeltisi ile ön uygulamaya tabi tutulmuştur. Priming uygulamasından sonra bu tohumlar, farklı seviyelerde (0, 100 ve 200 mM) sodyum klorür ($NaCl$) ile muamele edilmiştir. Borik asit ve tuzluluğun çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi, fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi gibi farklı fizyolojik büyüme parametreleri üzerine etkisi gözlenmiştir. Priming uygulanmayan tohumların $NaCl$ stresi altında daha az çimlenme performansı ve fide büyümesi gösterdiği gözlemlenmiştir. Borik asit ile ön işlem uygulanan tohumlar, kontrol (ön işlem uygulanmayan) konusuna kıyasla çimlenme ve fide özelliklerinde (çimlenme yüzdesi hariç) daha iyi gelişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre, tuz stresi yaşanan alanlarda, çimlenmeyi iyileştirmeye yönelik olarak ekim öncesi karabuğday tohumlarının 1.0 mM borik asit konsantrasyonu ile ön işleme tabi tutulması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, borik asit, tuz stresi, çimlenme yüzdesi, fide güç indeksi.

Influence of Seed Priming with Boric Acid on Germination and Seedling Growth of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) Under Salt Stress

Abstract

Salinity is a serious problem worldwide that negatively affects plant germination, growth and productivity. Seed priming is a technique that increases seed germination, seedling development, plant growth and yield by alleviating the effects of many abiotic stress factors, especially salt stress. Present study was carried out to investigate the effects of boron (B) priming on germination and seedling development of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) under salt stress. In this study seeds of buckwheat were primed with four different concentration levels (1, 2, 3, and 4 mM) of boric acid (H_3BO_3) solutions. After priming, these seeds were treated with different levels (0, 100, and 200 mM) of sodium chloride ($NaCl$). The effect of H_3BO_3 and $NaCl$ was observe on different physiological growth parameter including germination percentage, mean germination time, germination uniformity coefficient, germination energy, germination index, seedling fresh weight, and seedling vigor index were observed. It was observed that seeds without priming exhibited reduced germination performance and seedling growth under $NaCl$ stress. Whereas priming of seeds with H_3BO_3 showed improved in germination and seedling traits (except for germination percentage) as compared to non-primed seeds. According to these results, it is recommended to pretreat buckwheat seeds with 1.0 mM boric acid concentration before sowing to improve germination in areas experiencing salt stress.

Keywords: Buckwheat, boric acid, salt stress, germination percentage, seedling vigor index.

Giriş

Asya, Orta ve Doğu Avrupa'nın geleneksel bir ürünü olan karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.) (Wijngaard ve Arendt, 2006), Polygonaceae familyasına ait; genel olarak ılıman iklimlerde yetiştirilen, yüksek lif, mineral besin maddeleri, vitamin ve protein seviyeleri, dengeli amino asit bileşimi ve yüksek biyolojik değeri nedeniyle önem verilen bir yalancı tahıl (pseudo tahıllar) türüdür (Wijngaard ve Arendt, 2006; Özyazıcı ve Turan, 2021; Gabr ve ark., 2022; Borgonovi ve ark., 2024). Karabuğday ayrıca, polifenoller, fitosteroller, flavonoidler gibi önemli miktarda biyoaktif bileşenler de içerir (Wijngaard ve Arendt, 2006; Özyazıcı ve ark., 2023; Sofi ve ark., 2023). Karabuğday, hızlı gelişmesi ve kısa vejetasyon süresine sahip olması nedeniyle iyi bir ara ürün ve ekim nöbeti bitkisi olarak kullanılması (Kara ve Yüksel, 2014), yeşil ot, kuru ot ve silaj bitkisi şeklinde hayvan yemi olarak değerlendirilebilme potansiyeli (Kara ve Yüksel, 2014; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2022a; Özyazıcı, 2023a), karışık yetiştirme sistemlerinin önemli bir bileşeni olması (Salehi ve ark., 2018; Biszczak ve ark., 2020; Cheriere ve ark., 2020) gibi önemli tarımsal özelliklere de sahiptir. Karabuğday aynı zamanda, özellikle çölyak hastaları tarafından günlük beslenmenin bir parçası olarak tüketilebilen, sağlıklı ve fonksiyonel bir gıda ürünü olarak da büyük bir önem taşımaktadır (Wijngaard ve Arendt, 2006). Karabuğday tarımında; sıcaklık, tuzluluk, besin maddeleri gibi birçok faktör, bitkinin verimliliğini, ürün kalitesini ve potansiyelini etkilemektedir (Slawinska ve Obendorf, 2001; Taylor ve Obendorf, 2001; Matsuura ve ark., 2005; Biçer ve Özyazıcı, 2020; Özyazıcı, 2020).

Tuzluluk, kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden biridir (Açıkbaş ve ark., 2023). Tuzlu topraklarda, sodyum klorür (NaCl)'ün aşırı birikimi; bitkilerde osmotik stres, iyon toksisitesi ve oksidatif stresi sonuçlandırarak tohum çimlenmesinde önemli oranda azalmaya, klorofilin parçalanmasına ve fotosentetik oranlarda düşüğe neden olur (Liu ve ark., 2018; Navada ve ark., 2020; Rezayian ve ark., 2023). Bu anlamda çimlenme dönemi, genellikle bitki yaşam döngüsünün tuza en duyarlı aşaması olarak kabul edilmektedir (Ashraf ve Wahid, 2000; Acikbas ve ark., 2021). Günümüzde, çimlenme ve fide gelişim döneminden hasada kadar geçen süreç içerisinde, bitkiler üzerindeki abiyotik streslerin etkisini engellemek için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Özellikle daha hassas olan çimlenme ve fide gelişim aşamalarında, bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı toleransının iyileştirilmesinde ve/veya abiyotik stresin etkisini hafifletmek için priming teknikleri sıklıkla kullanılmakta (Gupta ve ark., 2024; Oyebamiji ve ark., 2024); bu teknik, çeşitli abiyotik stres altında, çimlenme karakterlerinin iyileştirilmesine, bitki gelişimi ve ürün veriminin teşvik edilmesine katkı sağlamaktadır (Sedghi ve ark., 2010; Marthandan ve ark., 2020; Rhaman ve ark., 2020; Mutum ve ark., 2021; Özyazıcı, 2021).

Çimlenme öncesi değişiklikler, genellikle hidro-priming, ozmo-priming, halo-priming, kimyasal priming, besinsel priming, hormonal priming, biyo-priming, nano priming ve redoks priming gibi çeşitli tohum priming yaklaşımlarıyla sağlanabilmektedir (Pawar ve Laware, 2018; Ceritoğlu ve ark., 2021; Mim ve ark., 2022). Tohum ön uygulamasının çimlenme hızını artırdığı (Deering ve Young, 2006; Iqbal ve ark., 2020), ortalama çimlenme süresini kısalttığı (Moazz Ali ve ark., 2020; Özyazıcı, 2022a), fide canlılığını ve fide oluşumunu iyileştirdiği (Harris, 1996; Arif ve ark., 2005; Ali ve ark., 2007; Ghyasi ve ark., 2019) rapor edilmiştir. Priming teknikleri kapsamında birçok çalışmada, tohum çimlenmesi ve fide canlılığının, makro ve mikro besin çözeltilerinde tohum ön uygulamaları ile arttırıldığı gösterilmiştir (Ceritoglu ve ark., 2021; Mim ve ark., 2022; Faisal ve ark., 2023; Ghimire ve ark., 2023). Mikro besin maddeleri açısından zenginleştirilmiş tohumların (tohum priming) kullanımının, aynı zamanda, mikro besin eksikliklerinin giderilmesinde de etkili bir strateji olduğu bildirilmiştir (Musakhandov, 1984; Harris ve ark., 1999). Mondal ve Bose (2019), mikro besin maddelerinin uygulanmasında kolay ve uygun maliyetli bir yöntem olan tohum aşılamanın, kaynak sıkıntısı çeken çiftçiler için de cazip bir seçenek sunduğunu ifade etmişlerdir.

Bu anlamda, bor (B) ihtiva eden farklı formdaki besin çözeltileri de priming tekniğinde sıklıkla kullanılmaktadır (Abdollahi ve ark., 2012; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021, 2022b; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2023). Diğer yandan, tohum ön uygulama etkileri; tuzluluk, düşük veya yüksek sıcaklık, kuraklık, ağır metal gibi stres ortamı koşullarında devam eder. Bu nedenle, tuzluluk stresi koşullarında tohumların gücünü arttırmak için optimum çimlenme oranı ve fide oluşumu amacıyla farklı priming yöntemlerinin incelenmesi gereklidir. Bu yöntemlerde, tohum ön uygulaması sırasında, solüsyonun konsantrasyonunun belirlenmesi sonucu etkileyen en kritik faktörlerden biridir. Özellikle bor gibi besin maddelerinin kullanıldığı çözeltilerle tohum ön uygulaması, çimlenmeyi ve erken fide büyümesini ve bazı tarımsal karakterleri iyileştirir; fakat aynı zamanda, farklı ürünlerde önemli oranda bazı verim

kayıplarına da yol açar (Mondal ve Bose, 2019). Bu nedenle, bor ile priming uygulamasına yönelik olarak uygun çözelti konsantrasyonunun test edilip optimize edilmesi, özellikle tarla uygulamasından önce önem taşımaktadır. Bu çalışmada, tuzluluk koşullarında karabuğday (*F. esculentum*) tohumlarına farklı dozlarda borik asit priming uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deney alanı

Çalışma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda kontrollü şartlar altında (25 ± 1 °C) yürütülmüştür.

Bitki materyali

Çalışmanın bitkisel materyalini, "Güneş" karabuğday (*F. esculentum*) çeşidine ait tohumlar oluşturmuştur.

Tohum ön uygulaması ve deneysel tasarım

Araştırmada karabuğday tohumları ilk olarak, 4 farklı borik asit (H_3BO_3 ; BA) dozları ($BA_1= 1$ mM, $BA_2= 2$ mM, $BA_3= 3$ mM ve $BA_4= 4$ mM) ile ön uygulamaya tabi tutulmuştur. Daha sonra, ön uygulama yapılmış ve yapılmamış (kontrol) tohumlar, çeşitli konsantrasyonlarda ($T_0= 0$ mM, $T_1= 100$ mM ve $T_2= 200$ mM) NaCl (T) ile simüle edilen tuzluluk stresi koşulları altında çimlendirilmiştir. Buna göre laboratuvar deneyi, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak Petri kaplarında kurulmuştur.

Her tekrür için 20 adet tohum kullanılmıştır. Tohumlar önce, 5 dakika % 70 etil alkolde steril edilmiş; daha sonra, 3 kez steril su ile durulanmıştır. Bu işleme ek olarak, tohum yüzeyindeki mikroorganizmaların deforme olması için 1 dakika % 10'luk sodyum hipoklorit ($NaOCl$) + % 0.01 tween20 solüsyonu ile tohumları iyice kaplayacak şekilde yüzey sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Steril hale gelen tohumlar, Petri kapları (90 mm x 15 mm)'nda, iki katlı Whatman's filtre kâğıdının arasına yerleştirilmiştir.

Dört farklı konsantrasyonda hazırlanan BA solüsyonları, her bir Petri kabına 5 ml olacak şekilde uygulanmış ve tohumlar 8 saat süreyle priming uygulamasına tabi tutulmuştur. Uygulamada, Johnson ve ark. (2005) tarafından bildirilen esaslara göre, tohum/solüsyon oranı 2:1 g/ml olarak ayarlanmıştır. Tohum ön uygulamaları sonrası, tohumlar saf su ile tüm yüzey temizlenecek şekilde yıkanarak kurutma kağıdı içerisinde önce kabaca kurutulmuş; daha sonra, tekrar kuru filtre kağıdı arasına alınarak başlangıç nemine kadar (% 3±) kurutulmuştur (Jatana ve ark., 2020). Priming uygulanan tohumlar ile ön uygulama yapılmayan (kontrol) tohumlar yeni Petri'lere yerleştirilerek, Petri kapları 25 ± 1 °C sıcaklığa ayarlı etüv (BINDER, GmbH, Almanya)'de çimlenmeye bırakılmıştır. Çalışmada, 24 saatte 1 kez olacak şekilde her gün aynı saatte çimlenen tohumlar sayılmıştır. Çalışmanın bittiği güne kadar 48 saatte bir olmak üzere, nemlilik durumuna göre, tuzluluk stresinin incelendiği Petri'lere tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak tuz çözeltisi, kontrol grubuna ise saf su ilave edilmiştir.

Çimlenme ve fide gelişim parametreleri ölçüm yöntemi

Çalışmada; çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi özellikleri incelenmiştir. Çimlenme oranı tespit edilirken, Scott ve ark. (1984) ile Soltani ve ark. (2012)'nin bildirdiği esaslara göre en az 2 mm kökçük çıkışı çimlenme kıstası olarak kabul edilmiştir. Denemede, 10. günün sonunda her bir Petri kabındaki bitkilerden rastgele seçilen 10 bitkide, filtre kağıdı ile yüzeydeki fazla su arındırıldıktan sonra, fide yaş ağırlığı (FYA) ölçümleri hassas terazi ile yapılmıştır.

Çimlenme yüzdesi (ÇY) (%): Her 24 saatte bir çimlenen tohumlar sayılarak Scott ve ark. (1984) kullandığı Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir.

$$\text{ÇY} = (\text{NÇTS}/\text{TS}) \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte *NÇTS*, normal çimlenen tohum sayısını; *TS*, kullanılan toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Ortalama çimlenme süresi (OÇS) (gün): Genel olarak tohumların çimlendiği günü belirlemede kullanılmakta olup, Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

$$\text{OÇS} = \Sigma(N_i T_i / N_i) \quad (2)$$

Burada N_i , T_i gününde çimlenen tohum sayısını; T_i , çimlenmenin başlangıcından itibaren geçen günlerin sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme üniformite katsayısı (ÇK): Bewely ve Black (1994) tarafından bildirilen Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{ÇK} = \frac{\sum n}{\sum[(\text{OÇS}-t)^2n]} \quad (3)$$

Eşitlikte t , ekim günü olan 0. günden başlayarak gün cinsinden süreyi; n , t gününde çimlenmeyi tamamlayan tohum sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme enerjisi (ÇE): Li ve ark. (2020) tarafından bildirilen Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{ÇE} = (T_1/N) \times 100 \quad (4)$$

Eşitlikte T_1 , birinci günde çimlenen tohum sayısını; N , toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme indeksi (Çİ): Wang ve ark. (2004) tarafından bildirilen Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Çİ} = \frac{\sum(G_i/T_i)}{\sum(G_i/T_i)} \quad (5)$$

Eşitlikte G_i , i . gündeki çimlenme yüzdesini; T_i , çimlenme süresinin günlerini ifade etmektedir.

Fide güç indeksi (FGİ): Kalsa ve Abebie (2012) tarafından bildirilen Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{FGİ} = \text{ÇY} \times \text{FYA} \quad (6)$$

İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

Bulgular

Borik asit priming uygulamasının tuz stresi altındaki karabuğday tohumlarının çimlenmesi ve bazı fide büyüme özelliklerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çimlenme yüzdesi

Borik asit ile tohum ön uygulamaları ve farklı tuz konsantrasyonlarının karabuğday tohumlarının çimlenme yüzdesine etkisi istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Çimlenme yüzdesi yönünden TxBA interaksyonu da önemsiz çıkmıştır. Farklı tuz konsantrasyonları ve BA priming uygulamalarına göre karabuğday tohumlarının çimlenme yüzdesi değerleri % 86.7-98.3 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 1).

Ortalama çimlenme süresi

Yüksek tuz konsantrasyonu karabuğday tohumunun ortalama çimlenme süresini geciktirdiği, OÇS yönünden anlamlı değişimin T_1 dozundan sonra meydana geldiği, T_2 tuz konsantrasyonunda 1.88 gün ile en yüksek OÇS değerinin elde edildiği görülmüştür. Buna karşılık, BA priming uygulamaları ise kontrole göre ortalama çimlenme süresini kısaltmış; borik asidin tüm uygulama dozlarında OÇS yönünden en düşük değerler saptanmıştır. Ortalama çimlenme süresi yönünden tuz ve BA dozlarının bu etkileri istatistiki açıdan $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, OÇS yönünden ikili interaksiyon istatistiksel olarak önemsiz olmuştur (Çizelge 1).

Çimlenme üniformite katsayısı

Karabuğday tohumlarının çimlenme üniformite katsayısı, tuz konsantrasyonlarından ve BA priming uygulamalarından istatistiki anlamda çok önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilenmiştir. Borik asit priming uygulamalarının ortalaması olarak en yüksek ÇK değeri istatistiki olarak birinci grupta yer alan T_0 (64.4) ve T_1 (71.2) tuz konsantrasyonlarında belirlenirken; en düşük ÇK, 51.4 ile T_2 uygulamasında saptanmıştır. Borik asit priming uygulamaları incelendiğinde, en yüksek ÇK tuz konsantrasyonlarının ortalaması olarak BA_1 , BA_2 ve BA_4 (sırasıyla, 65.2, 69.3 ve 64.1), en düşük ÇK değeri ise kontrol (51.8) konusunda belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çalışmada, T_0 uygulamasında en yüksek ÇK, BA_2 dozunda saptanırken; T_1 ’de BA_4 , T_2 ’de BA_3 konusunda tespit edilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonları altında BA priming uygulamalarının bu farklı etkileri, TxBA interaksyonunun istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı tuz (T) konsantrasyonlarındaki karabuğday tohumlarına borik asit (BA) priming uygulamalarının çimlenme ve bazı fide gelişim özelliklerine etkisi¹

Table 1. Effects of boric acid (BA) priming applications on germination and some seedling development characteristics of buckwheat seeds at different salt (T) concentrations¹

| Tuz dozları (mM) | BA dozları (mM) | ÇY (%) | OÇS (gün) | ÇK | ÇE | Çİ | FYA (mg) | FGİ |
|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| T ₀ | Kontrol | 98.3 | 1.63 | 62.0 a-d | 46.7 b-e | 14.4 a-d | 155.9 c | 15.3 bc |
| | BA ₁ | 91.7 | 1.40 | 67.8 abc | 68.3 ab | 15.7 abc | 198.1 bc | 18.1 ab |
| | BA ₂ | 90.0 | 1.20 | 76.9 ab | 75.0 ab | 16.4 ab | 238.9 ab | 21.5 a |
| | BA ₃ | 86.7 | 1.57 | 56.5 bcd | 53.3 a-d | 13.7 bcd | 267.0 a | 23.2 a |
| | BA ₄ | 91.7 | 1.57 | 58.7 a-d | 51.7 a-d | 14.0 a-d | 224.4 ab | 20.6 ab |
| Ortalama | | 91.7 | 1.47 B | 64.4 A | 59.0 A | 14.8 A | 216.9 A | 19.7 A |
| T ₁ | Kontrol | 98.3 | 1.93 | 51.4 cd | 8.3 fg | 10.7 de | 97.3 d | 9.6 cd |
| | BA ₁ | 95.0 | 1.30 | 73.4 abc | 70.0 ab | 16.4 ab | 94.8 d | 9.1 d |
| | BA ₂ | 96.7 | 1.30 | 77.5 ab | 73.3 ab | 16.9 ab | 92.3 d | 9.0 d |
| | BA ₃ | 96.7 | 1.40 | 71.0 abc | 63.3 abc | 15.9 abc | 97.3 d | 9.4 d |
| | BA ₄ | 98.3 | 1.23 | 82.5 a | 81.7 a | 17.9 a | 92.6 d | 9.0 d |
| Ortalama | | 97.0 | 1.43 B | 71.2 A | 59.3 A | 15.6 A | 94.9 B | 9.2 B |
| T ₂ | Kontrol | 91.7 | 2.20 | 42.1 d | 5.0 g | 9.0 e | 64.9 d | 6.0 d |
| | BA ₁ | 98.3 | 1.83 | 54.4 bcd | 25.0 d-g | 12.1 cde | 69.0 d | 6.8 d |
| | BA ₂ | 93.3 | 1.73 | 53.5 bcd | 26.7 d-g | 11.9 cde | 65.2 d | 6.1 d |
| | BA ₃ | 95.0 | 1.73 | 56.1 bcd | 36.7 c-f | 12.9 b-e | 76.6 d | 7.3 d |
| | BA ₄ | 96.7 | 1.90 | 51.1 cd | 20.0 efg | 11.4 de | 57.3 d | 5.6 d |
| Ortalama | | 95.0 | 1.88 A | 51.4 B | 22.7 B | 11.5 B | 66.6 C | 6.4 C |
| BA ortalamaları | | | | | | | | |
| Kontrol | | 96.1 | 1.92 A | 51.8 B | 20.0 B | 11.4 B | 106.1 C | 10.3 B |
| BA ₁ | | 95.0 | 1.51 B | 65.2 A | 54.4 A | 14.7 A | 120.6 BC | 11.3 AB |
| BA ₂ | | 93.3 | 1.41 B | 69.3 A | 58.3 A | 15.1 A | 132.1 AB | 12.2 AB |
| BA ₃ | | 92.8 | 1.57 B | 61.2 AB | 51.1 A | 14.2 A | 146.9 A | 13.3 A |
| BA ₄ | | 95.6 | 1.57 B | 64.1 A | 51.1 A | 14.4 A | 124.7 BC | 11.7 AB |
| Önemlilik düzeyi (P) | | | | | | | | |
| T | | 0.0980 ^{öd} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} |
| BA | | 0.7862 ^{öd} | 0.0001 ^{**} | 0.0012 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0389 [*] |
| TxBA | | 0.6741 ^{öd} | 0.1088 ^{öd} | 0.0303 [*] | 0.0001 ^{**} | 0.0038 ^{**} | 0.0001 ^{**} | 0.0344 [*] |

¹: Aynı konuda, aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli değildir. *: p<0.05 düzeyinde önemlilik, **: p<0.01 düzeyinde önemlilik, öd: istatistiksel olarak önemsiz

Çimlenme enerjisi

Çimlenme enerjisi, tohumların gücünü değerlendirmek için en temel özelliklerden biri olup, aynı zamanda iyi bir fide gelişmesinin de önemli bir göstergesidir (Bayat ve ark., 2015). Tuz konsantrasyonları ve BA priming uygulamalarının karabuğday tohumlarının çimlenme enerjisi üzerine istatistiksel anlamda çok önemli (p<0.01) etkisi olmuştur. Tuz stresinin önemli etkisi, 200 mM tuz konsantrasyonunda kendini göstermiş; T₀ ve T₁ tuzluluk seviyelerinde ÇE değeri sırasıyla 59.0 ve 59.3 iken, 200 mM dozunda ÇE 22.7'ye düşmüştür. Borik asit priming uygulamaları ise ÇE üzerine olumlu etkide bulunmuş; kontrol konusunda 20.0 olan ÇE değeri, BA dozlarında 51.1-58.3 arasında değişkenlik göstermiştir. Çalışmada ayrıca, ÇE yönünden TxBA interaksyonu da istatistiksel açıdan çok önemli bulunmuştur. İnteraksyonun anlamlı çıkmasında, farklı tuzluluk seviyeleri altında BA uygulamalarının farklı tepkiler göstermesi etkili olmuştur. Örneğin, T₀ tuz seviyesinde en yüksek ÇE değeri BA₂ priming uygulamasında saptanırken; T₁ dozunda BA₄, T₂ tuzluluk seviyesinde ise BA₃ uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çimlenme indeksi

Çimlenme indeksi yönünden tuz konsantrasyonları ve BA priming uygulamalarının etkisi ile TxBA interaksyonu istatistiksel anlamda çok önemli (p<0.01) çıkmıştır. Tuz konsantrasyonları yönünden en yüksek Çİ değeri, BA dozlarının ortalaması olarak istatistiksel anlamda birinci grubu oluşturan T₀ ve T₁ tuzluluk seviyelerinde belirlenirken (sırasıyla, 14.8 ve 15.6); en düşük Çİ, en yüksek tuz konsantrasyonunda (T₂) ortalama 11.5 olarak tespit edilmiştir. Çimlenme indeksi bakımından BA priming uygulamalarının etkisi incelendiğinde, en düşük Çİ değeri 11.4 ile kontrol konusunda saptanmış; BA dozlarının Çİ değeri 14.2-15.1 arasında değişkenlik göstererek kontrole göre önemli

düzeyde farklılık oluşturmuştur. Ayrıca, TxBA interaksiyonu da istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. İnteraksiyon incelendiğinde, en yüksek Çİ değeri $T_1 \times BA_4$, en düşük Çİ değeri ise $T_2 \times$ Kontrol işleminde tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Fide yaş ağırlığı

Tuz stresi altında, çimlenen karabuğday tohumlarının fide gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, tuzluluk düzeyi arttıkça fide yaş ağırlığı azalmıştır. Buna göre en yüksek FYA ortalama 216.9 mg ile T_0 tuz düzeyinde, en düşük FYA ise 66.6 mg ile T_2 tuz seviyesinde belirlenmiştir. Borik asit priming uygulamaları ise kontrol konusuna göre FYA değerlerinde anlamlı artışlar sağlamış; en yüksek FYA ortalama 146.9 mg ile BA_3 priming uygulamasında elde edilirken, en düşük FYA değeri 106.1 mg ile kontrol konusunda saptanmıştır. Farklı tuzluluk seviyeleri ve BA priming uygulamalarının FYA üzerindeki bu etkileri istatistiksel açıdan $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çalışmada ayrıca, FYA yönünden TxBA interaksiyonu da anlamlı çıkmış; interaksiyonun önemli çıkması, farklı tuzluluk seviyelerinde karabuğday tohumlarının BA priming uygulamalarına farklı tepkiler göstermesi ile açıklanabilir (Çizelge 1).

Fide güç indeksi

Fide yaş ağırlığı değerlerinde olduğu gibi, FGİ de tuzluluk seviyelerinden olumsuz yönde etkilenmiş; en yüksek FGİ (19.7) T_0 uygulamasında saptanırken, en yüksek tuz konsantrasyonunda (200 mM NaCl) FGİ değeri önemli oranda düşüş göstererek 6.4 değeri ile en düşük değeri göstermiştir. Borik asit priming uygulamaları incelendiğinde, en yüksek FGİ ortalama 13.3 ile BA_3 dozunda, en düşük değer ise ortalama 10.3 ile kontrol grubunda saptanmıştır. Fide güç indeksi yönünden, tuz konsantrasyonlarının bu etkileri istatistiki açıdan $p<0.01$, BA priming uygulamalarının etkileri ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuzluluk ve BA priming uygulamalarının birlikte etkileri de anlamlı ($p<0.05$) çıkmıştır. İnteraksiyonun önemli çıkmasının sebebi; tuzluluk probleminin olmadığı durumda tohumlara BA priming uygulamasının fide gelişimi üzerine etkileri istatistiki açıdan önemli farklılık göstermesi, tuzluluk probleminin yaşandığı durumlarda ise (T_1 ve T_2 uygulamalarında) BA priming uygulamasının fide gelişiminde etkisiz kalmasıdır (Çizelge 1).

Tartışma ve Sonuç

Bor, bitkilerin yaşam döngüsünde hücre duvarı gelişimi, karbonhidrat ve RNA metabolizması gibi çeşitli fizyolojik süreçleri düzenleyen önemli bir mikro besin maddesi olmasının (Herrera-Rodriguez ve ark., 2010) yanı sıra; bitkilerin çimlenmesini, plazma membranı bütünlüğünü ve tohum gelişmesini düzenlemesi (Oosterhuis, 2001) ile abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkisinin azaltılmasında da önemli rol oynamaktadır. Tohum ön uygulama işlemi, çimlenme fizyolojisini geliştirdiği ve tohumları çeşitli stres etmenlerine karşı hazırladığı genel olarak bilinmektedir (Bose ve ark., 2018). Ayrıca bu yöntemle; nükleik asitlerin onarımı ve birikimi, protein sentezinin artması, zar stabilitesinin onarımı ve antioksidan savunma sisteminin tetiklenmesi yoluyla tohum performansının da arttığı bildirilmektedir (Hsu ve ark., 2003).

Araştırmada, tohum ön uygulaması yapılmayan kontrol grubuna kıyasla, BA priming uygulamalarının genel olarak çimlenme ve fide gelişim özellikleri üzerine pozitif yönde etkiler yapmıştır. Bu etkiler, özellikle düşük BA konsantrasyonlarında ortaya çıkmıştır. Borun düşük konsantrasyonda çimlenmedeki olumlu etkileri, nişasta metabolizmasında yer alan nişasta fosforilazı ve a-amilaz gibi temel enzimleri aktive etmesiyle (Cresswell ve Nelson, 1973; Chatterjee ve ark., 1990) açıklanabilir. Nitekim yüksek bor konsantrasyonlu çözeltilerde priming uygulamasının toksik olduğu bildirilmiştir (Bonilla ve ark., 2004). Rehman ve ark. (2012), çeltikte bor ile tohum ön uygulamalarının kontrole göre ortalama çimlenme süresini kısalttığı, çimlenme enerjisini, çimlenme indeksini ve fide yaş ağırlığını arttırdığı, buna karşılık ÇK değerini azalttığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, daha düşük konsantrasyonlarda borik asit ile priming uygulamasının fide gelişim parametrelerini önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Iqbal ve ark. (2017), ekmeklik buğday tohumları ile yaptıkları çalışmalarında, borik asit ve boraks bor materyalleri ile yapılan priming uygulamalarının özellikle düşük bor konsantrasyonlarında çimlenme ve fide gelişim özelliklerine ait değerlerin yüksek olduğunu; 0.01 M boraks çözeltisi ile ön uygulamanın, çimlenme ve fide gelişimini iyileştirmede aynı dozdaki BA priming uygulamasından daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Farklı bitki türleri ile yapılan bazı çalışmalarda da bor içeren çözeltiler ile priming uygulamalarının tohumların çimlenme potansiyelini ve bazı fide gelişim özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Farooq ve ark., 2011; Aboutalebian ve ark., 2012; Ghasemi ve ark., 2016; Shahverdi ve ark., 2017; Asghar ve ark., 2019; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021;

Chakraborty ve Bose, 2023; Özyazıcı, 2023b). Diğer yandan, istatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte, BA priming uygulaması priming yapılmayan konuya göre daha düşük çimlenme yüzdelere yol açtığı bulunmuştur. Benzer bulgular, içerisinde borik asidin de bulunduğu farklı priming ajanları ile *Triticum aestivum*'da (Ghimire ve ark., 2023), farklı bor dozlarının ele alındığı nohut ve mercimek bitkilerinde (Sarı, 2023) de rapor edilmiştir.

Toprak tuzluluğu, ürün verimliliğini azaltan ana faktörlerden biridir. Tuzluluk önemli bir abiyotik stres olup, bitkilerin büyümesi ve verimliliği üzerinde olumsuz etkilere neden olur (Bakht ve ark., 2012). Araştırma sonucunda, tuz konsantrasyonunun en yüksek seviyesinde dahi karabuğday tohumlarının çimlenme yüzdesinin olumsuz etkilenmediği; buna karşılık, 200 mM konsantrasyonundaki tuzluluk düzeyinde, incelenen diğer çimlenme parametrelerinin önemli düşüşler sergilediği görülmüştür. Tuzun neden olduğu çimlenme inhibisyonu, Huang ve Redmann (1995) ve Zhu (2003) tarafından da bildirildiği üzere, spesifik iyon toksisitesi veya ozmotik stresle ilişkili olabilir. Yüksek tuzluluk seviyelerinde tohum çimlenmesinin engellendiği farklı bitki türleri ile yapılan diğer birçok araştırma raporlarında (Bybordi ve Tabatabaei, 2009; Zhu ve Bañuelos, 2016; Özyazıcı, 2022b; Gökçaya ve Arslan, 2023; Ahmed ve ark., 2024) da bildirilmiştir.

Mevcut araştırma sonuçlarına göre, tuz stresi arttıkça fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi değerlerinde ciddi azalmalar meydana gelmiştir. Bir başka ifade ile karabuğday tohumları, fide gelişimi aşamasında çimlenme devresine göre tuzluluktan daha fazla etkilenmiştir. Bu durum, tuzluluğun su potansiyelini azaltarak metabolik süreçleri olumsuz etkilemesi ile açıklanabilir. Bu sonuçlar Zaman ve ark. (2006 ve 2010) tarafından güçlü bir şekilde desteklenmektedir. Tuz stresi fide gelişimini azalttığı *Brassica napus* L. (Bybordi ve Tabatabaei, 2009), ekmeklik buğday (Akbarimoghaddam ve ark., 2011), *Parthenium argentatum* A. Gray (Zhu ve Bañuelos, 2016), yulaf (Iqbal ve ark., 2020) ve sorgum (Gökçaya ve Arslan, 2023; Ahmed ve ark., 2024) bitkileri ile yapılan bazı çalışmalarda da bildirilmiştir.

Borik asit priming uygulamaları, tuz stresi altındaki karabuğday tohumlarının çimlenme özelliklerini iyileştirdiği; buna karşılık fide yaş ağırlığı ve fide güç indeksi değerlerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Zhu ve Bañuelos (2016) tuz stresinin, *P. argentatum* bitkisi tohumlarının çimlenmesini ve fide büyümesini engellese de, 5 mg/L borun varlığı belirli *P. argentatum* hatlarında tuz toksisitesini azalttığını ve kabul edilebilir bir çimlenme yüzdesinin korunmasına yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinde yapılan çalışmada, sorgum tohumlarının çimlenme döneminde karşılaşılabilecekleri tuzluluk stresi koşullarında bor uygulamalarının bu etkiyi azalttığı, ancak, borun bu pozitif etkisinin düşük dozda bor uygulamaları ile olduğu bildirilmiştir (Gökçaya ve Arslan, 2023).

Farklı priming teknikleri ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da, örneğin; marul (*Lactuca sativa*) tohumlarında silisyum priming (Alves ve ark., 2019), nohutta salisilik asit priming (Ceritoğlu ve Erman, 2020), *Isatis indigotica* Fort. bitkisinde CaCl₂, GA₃ ve hidrojen peroksit (H₂O₂) ile priming (Jiang ve ark., 2020), çemen (*Trigonella foenum-graecum*)'de hidro-priming (Mahmoudi ve ark., 2020), yem baklası (*Vicia faba* L.)'nda gallik asit ve H₂O₂ priming (Bouazzi ve ark., 2024), *Scutellaria baicalensis* Georgi bitkisinde polietilen glikol (polyethylene glycol, PEG) ile priming (Wang ve ark., 2024) uygulamaları tuz stresi altında çimlenmeyi ve/veya fide büyümesini iyileştirdiği ve/veya tuz stresinin zararlı/olumsuz etkilerini hafiflettiği rapor edilmiştir. Ayrıca birçok araştırma, olumsuz koşullar altında ön çimlenmenin metabolik aktivitesini uyararak tohum çimlenmesini ve fide çıkışı iyileştirmek için pratik, uygun maliyetli ve düşük riskli bir alternatif olarak tohum priming uygulamalarının kullanılmasını savunmaktadır (Jiménez-Arias ve ark., 2015; Migahid ve ark., 2019; Farooq ve ark., 2020).

Sonuç olarak bu çalışma, özellikle düşük konsantrasyonda borik asit ile karabuğday tohumu ön uygulamasının, çimlenme ve bazı fide gelişim parametrelerini iyileştirme açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Karabuğdayın fide gelişim döneminde tuz stresine daha duyarlı olduğu görülmüştür. Borik asit ile tohum ön hazırlığı, tuz stresi altında karabuğday tohumunun özellikle çimlenme yeteneğini arttırabilen umut verici bir besinsel priming tekniği olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre, tuz stresi yaşanan alanlarda, çimlenmeyi iyileştirmeye yönelik olarak ekim öncesi karabuğday tohumlarının 1.0 mM borik asit konsantrasyonu ile ön işleme tabi tutulması önerilmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Abdollahi, M., Eshghi, S., Tafazzoli, E., Moosavi, N., 2012. Effects of paclobutrazol, boric acid and zinc sulfate on vegetative and reproductive growth of strawberry cv. Selva. *Journal Agriculture Science Technology*. 14(2): 357-363.
- Aboutalebian, M.A., Ekbatani, G.Z., Sephehri, A., 2012. Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars. *Annals Biological Research*. 3: 4790-4796.
- Acikbas, S., Ozyazici, M.A., Bektas, H., 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). *Legume Research-An International Journal*. 44(4): 407-412.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2023. Tuz stresine maruz bırakılan İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) tohumlarına borik asit priming uygulamasının bazı çimlenme ve fide parametrelerine etkisi. *Abant 2. Uluslararası Güncel Akademik Çalışmalar Sempozyumu*, 28-30 Aralık, Abant, 113-124.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., Bıçakçı, E., Özyazıcı, G., 2023. Germination and seedling development performances of some soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars under salinity stress. *Turkish Journal of Range and Forage Science*. 4(2): 108-118.
- Açıkgöz, N., Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. *Anadolu*. 11(1): 135-147.
- Ahmed, A.M., Wais, A.H., Ditta, A., Islam, M.R., Chowdhury, M.K., Pramanik, M.H., Ismaan, H.N., Soufan, W., El Sabagh, A., Islam, M.S., 2024. Seed germination and early seedling growth of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes under salinity stress. *Polish Journal of Environmental Studies*. 33(3): 3019-3032.
- Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A., Panjehkeh, N., 2011. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia journal of Sciences*. 9(1): 43-50.
- Ali, S., Arif, M., Gul, R., Khan, A., Shah, S.S., Ali, I., 2007. Improving maize seed emergence and early seedling growth through water soaking. *Scientific Khyber*. 19: 173-177.
- Alves, R.D.C., Nicolau, M.C.M., Checchio, M.V., Sousa, G.D.S., Oliveira, F.D.A.D., Prado, R.M., Gratão, P.L., 2020. Salt stress alleviation by seed priming with silicon in lettuce seedlings: an approach based on enhancing antioxidant responses. *Bragantia*. 79(1): 19-29.
- Arif, M., Ali, S., Shah, A., Javed, N., Rashid, A., 2005. Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. *Sarhad J Agric*. 21: 539-543.
- Asghar, M.K., Sarwar, M.A. Malik, S.R. Ahmad, W. Zareen, S. Ali, S., Ali, A., 2019. Seed priming with boron improves achene yield and oil contents of sunflower. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 32(1): 73-77.
- Ashraf, M., Wahid, S., 2000. Time-course changes in organic metabolites and mineral nutrients in germinating maize seeds under salt (NaCl) stress. *Seed Science and Technology*. 28: 641-656.
- Bakht, J., Khan, M.J., Shafi, M., Khan, M.A., Sharif, M., 2012. Effect of salinity and ABA application on proline production and yield in wheat genotypes. *Pak J Bot*. 44(3): 873-878.
- Bayat, M., Azadeh, R., Reza, A., Mehdi, R., 2015. The effect of priming and duration of priming on germination indices and seedling characteristics of *Althaea officinalis* L. plant. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*. 4(1): 73-82.
- Bewely, J., Black, M., 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York.
- Biçer, A., Özyazıcı, G., 2020. İkinci ürün olarak yetiştirilen karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'da vermikompost dozlarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*. 7(9): 273-287.
- Biszcak, W., Rożyło, K., Kraska, P., 2020. Yielding parameters, nutritional value of soybean seed and weed infestation in relay-strip intercropping system with buckwheat. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci*. 70: 640-647.
- Bonilla, I., El-Hamdaoui, A., Bolanos, L., 2004. Boron and calcium increase *Pisum sativum* seed germination and seedling development under salt stress. *Plant Soil*. 267: 97-107.
- Borgonovi, S.M., Iametti, S., Speranza, A.R., Di Nunzio, M., 2024. Cell culture models for assessing the effects of bioactive compounds in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*): A systematic review. *Food & Function*. 15: 2799-2813.
- Bose, B., Kumar, M., Singhal, R.K., Mondal, S., 2018. Impact of seed priming on the modulation of physico-chemical and molecular processes during germination, growth and development of crops. In: A. Rakshit and H. Singh (Eds.), *Advances in Seed Priming*, Springer, Singapore, pp. 23-40.

- Bouazzi, A., Bouallegue, A., Kharrat, M., Abbas, Z., Horchani, F., 2024. Seed priming with gallic acid and hydrogen peroxide as a smart approach to mitigate salt stress in faba bean (*Vicia faba* L.) at the germination stage. *Russian Journal of Plant Physiology*. 71(4): 104.
- Bybordi, A., Tabatabaei, J., 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 37(2): 71-76.
- Ceritoğlu, M., Çığ, F., Erman, M., 2021. Influence of different concentrations of boric acid and priming time on barley germination and seedling growth. *International İstanbul Modern Scientific Research Congress-II*, 23-25 Aralık, İstanbul, pp. 409-416.
- Ceritoğlu, M., Erman, M., 2020. Mitigation of salinity stress on chickpea germination by salicylic acid priming. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*. 6(3): 582-591.
- Ceritoğlu, M., Erman, M., Çığ, F., Şahin, S., Acar, A., 2021. Bitki gelişimi ve stres toleransının geliştirilmesi üzerine sürdürülebilir bir strateji: Priming tekniği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 8(3): 374-389.
- Chakraborty, P., Bose, B., 2023. Effects of various concentrations of boron on germination, seedling growth and sugar mobilization in wheat, using boric acid primed seeds. *Journal of Crop and Weed*. 19(1): 22-31.
- Chatterjee, C., Sinha, P., Agarwala, S.C., 1990. Boron nutrition of cowpea. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)*. 100(5): 311-318.
- Cheriere, T., Lorin, M., Corre-Hellou, G., 2020. Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control. *Field Crops Res*. 256: 107923.
- Cresswell, C.F., Nelson, H., 1973. The influence of boron on the RNA level, α -amylase activity and level of sugars in germinating *Themeda triandra* Forsk. seed. *Ann Bot*. 37: 427-438.
- Deering, R.H., Young, T.P., 2006. Germination speeds of exotic annual and native perennial grasses in California and the potential benefits of seed priming for grassland restoration. *California Native Grasslands Association*. 16: 14-17.
- Ellis, R.A., Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*. 9(2): 373-409.
- Faisal, S., Muhammad, S., Luqman, M., Hasnain, M., Rasool, A., Awan, M.U.F., Khan, Z.I., Hussain, I., 2023. Effects of priming on seed germination, physico-chemistry and yield of late sown wheat crop (*Triticum aestivum* L.). *Polish Journal of Environmental Studies*. 32(2): 1113-1124.
- Farooq, M., Rehman, A., Al-Alawi, A.K.M., Al-Busaidi, W.M., Lee, D.J., 2020. Integrated use of seed priming and biochar improves salt tolerance in cowpea. *Scientia Horticulturae*. 272: 109507.
- Farooq, M., Siddique, K.H.M., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D.-J., Wahid, A., 2011. Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. *Soil Tillage Res*. 111: 87-98.
- Gabr, A.M., Fayek, N.M., Mahmoud, H.M., El-Bahr, M.K., Ebrahim, H.S., Sytar, O., El-Halawany, A.M., 2022. Effect of light quality and media components on shoot growth, rutin, and quercetin production from common buckwheat. *ACS Omega*. 7(30): 26566-26572.
- Ghasemi, A., Ansari, M.R., Omidyar, R., 2016. Optimum concentration of boric acid and sodium molybdate for enhancing mung bean productivity in Nepal. *Advances in Agriculture and Agricultural Sciences*. 2: 60-66.
- Ghimire, N.P., Mehata, D.K., Yadav, S.P.S., Shrestha, S., Paudel, P., Shah, P., Prasai, G., Bhujel, S., 2023. Seed priming with various chemical agents stimulates the germination and growth attributes synergistically in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Peruvian Journal of Agronomy*. 7(3): 186-199.
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Rahimi, A., Özyazıcı, G., 2019. Farklı dormansi giderme ve priming uygulamalarının *Citrullus colocynthis* tohumlarının çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkileri. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*. 11: 21-32.
- Gökkaya, T.H., Arslan, M., 2023. Germination and growth parameters in sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.) effected by boron application under salinity stress. *KSU J. Agric Nat*. 26(3): 629-638.
- Gupta, N., Rai, S.K., Kumar, R., Singh, P.M., Chaubey, T., Singh, V., Behera, T.K., 2024. Seed priming with engineered nanomaterials for mitigating abiotic stress in plants. In: R.N. Pudake, R.M. Tripathi and S.S. Gill (Eds.), *Nanotechnology for Abiotic Stress Tolerance and Management in Crop Plants*, Academic Press, pp. 229-247.
- Harris, D., 1996. The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in semi-arid Botswana. *Soil Tillage Res*. 40: 73-88.
- Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothkar, P., Sodhi, P.S., 1999. Onfarm seed priming in semi-arid agriculture: Development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. *Exp Agric*. 35: 15-29.
- Herrera-Rodriguez, M.B., Gonzalez-Fontes, A., Rexach, J., Camacho-Cristobal, J.J., Maldonado, J.M., Navarro-Gochicao, M.T., 2010. Role of boron in vascular plants and response mechanism to boron stresses. *Plant Stress*. 4: 115-122.
- Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J., Sung, J.M., 2003. Accelerated aging enhanced lipid oxidation in bitter melon seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. *Scientia Horticulturae*. 98: 201-212.

- Huang, J., Redmann, R.E., 1995. Salt tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling growth. *Can J Plant Sci.* 75: 815-819.
- Iqbal, S., Farooq, M., Cheema, S.A., Afzal, I., 2017. Boron seed priming improves the seedling emergence, growth, grain yield and grain biofortification of bread wheat. *International Journal of Agriculture & Biology.* 19: 177-182.
- Iqbal, S., Khan, A.M., Dilshad, I., Moatter, K., Ahmed, T., Gilani, S.A., 2020. Influence of seed priming with CuSO_4 and ZnSO_4 on germination and seedling growth of oat under NaCl stress. *Pure and Applied Biology.* 9(1): 897-912.
- Jatana, B.S., Ram, H., Gupta, N., 2020. Application of seed and foliar priming strategies to improve the growth and productivity of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications.* 48: 383-390.
- Jiang, X.-W., Zhang, C.-R., Wang, W.-H., Xu, G.-H., Zhang, H.-Y., 2020. Seed priming improves seed germination and seedling growth of *Isatis indigotica* Fort. under salt stress. *HortScience.* 55(5): 647-650.
- Jiménez-Arias, D., Pérez, J.A., Luis, J.C., Martín-Rodríguez, V., Valdés-González, F., Borges, A.A., 2015. Treating seeds in menadione sodium bisulphite primes salt tolerance in *Arabidopsis* by inducing an earlier plant adaptation. *Environmental and Experimental Botany.* 109: 23-30.
- Johnson, S.E., Lauren, J.G., Welch, R.M., Duxbury, J.M., 2005. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. *Experimental Agriculture.* 41: 427-448.
- Kalsa, K.K., Abebie, B., 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (Ten.). *African Journal of Agricultural Research.* 7(21): 3202-3208.
- Kara, N.K., Yüksel, O., 2014. Karabuğdayı hayvan yemi olarak kullanabilir miyiz? *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi.* 1(3): 295-300.
- Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F., Cheng, Q., 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports.* 10(1): 1-9.
- Liu, L., Xia, W., Li, H., Zeng, H., Wei, B., Han, S., Yin, C., 2018. Salinity inhibits rice seed germination by reducing α -amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. *Frontiers in Plant Science.* 9: 275.
- Mahmoudi, H., Salah, I.B., Zaouali, W., Hamrouni, L., Gruber, M., Ouerghi, Z., Hosni, K., 2020. Priming-induced changes in germination, morpho-physiological and leaf biochemical responses of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum*) under salt stress. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology.* 154(5): 601-614.
- Marthandan, V., Geetha, R., Kumutha, K., Renganathan, V.G., Karthikeyan, A., Ramalingam, J., 2020. Seed priming: A feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants. *Int. J. Mol. Sci.* 21: 8258.
- Matsuura, A., Inanaga, S., Murata, K., 2005. Differences in the vegetative growth between common and tartary buckwheat in saline hydroponic culture. *Plant Product. Sci.* 5: 533-538.
- Migahid, M.M., Elghobashy, R.M., Bidak, L.M., Amin, A.W., 2019. Priming of *Silybum marianum* (L.) Gaertn seeds with H_2O_2 and magnetic field ameliorates seawater stress. *Heliyon.* 5(6): e01886.
- Mim, T.F., Anwar, P., Ahmed, M., Sriti, N., Moni, E.H., Hasan, A.K., Yeasmin, S., 2022. Competence of different priming agents for increasing seed germination, seedling growth and vigor of wheat. *Fundamental and Applied Agriculture.* 6(4): 444-459.
- Moazz Ali, M., Javed, T., Mauro, R.P., Shabbir, R., Afzal, I., Yousef, A.F., 2020. Effect of seed priming with potassium nitrate on the performance of tomato. *Agriculture.* 10(11): 498.
- Mondal, S., Bose, B., 2019. Impact of micronutrient seed priming on germination, growth, development, nutritional status and yield aspects of plants. *Journal of Plant Nutrition.* 42(19): 2577-2599.
- Musakhandov, A.N., 1984. Effect of trace elements and methods of their application on yield of horse beans. *Dokl Akad. Nauk SSSR.* 3: 26-88.
- Mutum, B., Maity, U., Roy, B., Dutta, P., Basak, S., 2021. Effects of priming of wheat (*Triticum aestivum*) seeds on its growth and yield attributes under rainfed and irrigated condition. *Biological Forum-An International Journal.* 13(3a): 31-38.
- Navada, S., Vadstein, O., Gaumet, F., Tveten, A.-K., Spanu, C., Mikkelsen, Ø., Kolarevic, J., 2020. Biofilms remember: Osmotic stress priming as a microbial management strategy for improving salinity acclimation in nitrifying biofilms. *Water Research.* 176: 115732.
- Oosterhuis, D., 2001. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. *Informacoes Agronomicas N-Setembro.* 95: 18-24.
- Oyebamiji, Y.O., Adigun, B.A., Shamsudin, N.A.A., Ikmal, A.M., Salisu, M.A., Malike, F.A., Lateef, A.A., 2024. Recent advancements in mitigating abiotic stresses in crops. *Horticulturae.* 10: 156.

- Ozyazıcı, G., Turan, N., 2021. Effect of vermicompost application on mineral nutrient composition of grains of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.). *Sustainability*. 13: 6004.
- Özyazıcı, G., 2020. Azotlu gübre dozlarının karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.) bitkisinin tohum verimi ve bazı tarımsal özelliklerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*. 4(3): 635-648.
- Özyazıcı, G., 2021. Determination of germination characteristics of milk thistle (*Silybum marianum* L.) plant under salt stress. *ISPEC 8th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development*, 24-25 December, Bingöl, Turkey, 1256-1267.
- Özyazıcı, G., 2022a. Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) genotiplerinin çimlenme özellikleri üzerine silisyum uygulamalarının etkisi. *II-International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies*, July 26-28, Batumi, Georgia, 1628-1639.
- Özyazıcı, G., 2022b. Tuz stresinin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *II-International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies*, July 26-28, Batumi, Georgia, 1617-1627.
- Özyazıcı, G., 2023b. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'de çimlenme parametrelerine borikasit uygulamalarının etkisi. *7. International Scientific Research and Innovation Congress*, 16-17 December, Ankara, Türkiye, 1032-1039.
- Özyazıcı, M.A., 2023a. Silaj yapımında kullanılan bitkiler. K. Kökten ve S. Seydoşoğlu (Editörler), *Her Yönüyle Silaj*, İKSAD Publishing House, Ankara, Türkiye, pp. 63-99.
- Özyazıcı, G., Özyazıcı, M.A., Açıkbay, S., 2023. Yaygın karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)'ın sekonder metabolitleri ve biyolojik aktiviteleri. *7. International Scientific Research and Innovation Congress*, 16-17 December, Ankara, Türkiye, 1040-1049.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbay, S., 2021. Borik asit priming uygulamasının yem bezelyesi [*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. (Poir.)]'nin çimlenme ve fide gelişimine etkileri. *ISPEC 8th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development*, December 24-25, Conference Proceedings Book, Bingöl, Turkey, 1093-1105.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbay, S., 2022a. Farklı azot dozlarının yaygın karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)'da yem verimi ve besin maddesi içeriğine etkisi. *II-International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies*, Conference Proceedings Book, July 26-28, Batumi, Georgia, 1605-1616.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbay, S., 2022b. Arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'na borik asit priming uygulamasının çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkisi. *5. International Sciences and Innovation Congress*, 11-12 November, Ankara, Turkey, 198-205.
- Pawar, V.A., Laware, S.L., 2018. Seed priming: A critical review. *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences*. 5(5): 94-101.
- Rehman, A.U., Farooq, M., Cheema, Z.A., Wahid, A., 2012. Seed priming with boron improves growth and yield of fine grain aromatic rice. *Plant Growth Regulation*. 68: 189-201.
- Rezayian, M., Ebrahimzadeh, H., Niknam, V., 2023. Metabolic and physiological changes induced by nitric oxide and its impact on drought tolerance in soybean. *J. Plant Growth. Regul.* 42: 1905-1918.
- Rhaman, M.S., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C.C., Murata, Y., Hasanuzzaman, M., 2020. Seed priming with phytohormones: An effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants*. 10: 37.
- Salehi, A., Mehdi, B., Fallah, S., Kaul, H.-P., Neugschwandner, R.W., 2018. Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. *Nutr. Cycl. Agroecosystems*. 110: 407-425.
- Sarı, D., 2023. Effects of PEG-induced drought stress and different boron levels on seed germination and seedling growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Turkish Journal of Agricultural Research*. 10(2): 154-161.
- Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*. 24: 1192-1199.
- Sedghi, M., Nemati, A., Esmailpour, B., 2010. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 22(2): 130.
- Shahverdi, M.A., Omidi, H., Tabatabaei, S.J., 2017. Determination of optimum duration and concentration of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) seed priming with boric acid (H₃BO₃). *Turkish Journal of Agricultural Research*. 4(1): 24-30.
- Slawinska, J., Obendorf, R.L., 2001. Buckwheat seed set *in planta* and during *in vitro* inflorescence culture: Evaluation of temperature and water deficit stress. *Seed Sci. Research*. 11: 223-233.
- Sofi, S.A., Ahmed, N., Farooq, A., Rafiq, S., Zargar, S.M., Kamran, F., Dar, T.A., Mir, S.A., Dar, B.N., Mousavi Khaneghah, A., 2023. Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Sci. Nutr.* 11: 2256-2276.

- Soltani, A., Khodarahmpour, Z., Jafari, A.A., Nakhjavan, S., 2012. Selection of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars for salt stress tolerance using germination indices. *African Journal of Biotechnology*. 11(31): 7899-7905.
- Taylor, D.P., Obendorf, R.L., 2001. Quantitative assessment of some factors limiting seed set in buckwheat. *Crop Sci*. 41: 1792-1799.
- Wang, R., Li, C., Zeng, L., Liu, L., Xi, J., Li, J., 2024. Polyethylene glycol priming enhances the seed germination and seedling growth of *scutellaria baicalensis georgi* under salt stress. *Plants*. 13: 565.
- Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Sciences*. 44(2): 535-541.
- Wijngaard, H.H., Arendt, E.K., 2006. Buckwheat. *Cereal Chemistry*. 83(4): 391-401.
- Zaman, B.U., Ali, A., Mahmood, I.A., Arshadullah, M., Shahzad, A., Khan, A.M., 2010. Potassium consumption by rice plant from different sources under salt stress. *Pak J Sci Indus Res*. 53: 271-277.
- Zaman, B.U., Rehana, A., Salim, M., Safdar, A., Niazi, B.H., Arshad, A., Mahmood, I.A., 2006. Growth and ionic relations of *Brassica campestris* and *B. juncea* L. Czern & Coss. under induced salt stress. *Pak J Agri Sci*. 43: 103-107.
- Zhu, H., Bañuelos, G., 2016. Influence of salinity and boron on germination, seedling growth and transplanting mortality of guayule: A combined growth chamber and greenhouse study. *Industrial Crops and Products*. 92: 236-243.
- Zhu, J.K., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol*. 6: 441-445.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Yerleşkesi Kullanıcılarının Çevresel Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi

Aysun Çelik^{1*}  Güzella Yılmaz Vural¹  Venhar Melda Hassamancıoğlu² 
Saliha Erdoğan¹  Esen Oruç³ 

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Tokat

³Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Tokat

*Sorumlu yazar: aysun.celik@gop.edu.tr

Geliş Tarihi: 27.05.2024

Kabul Tarihi: 19.12.2024

Öz

Bu çalışmada Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Yerleşkesi kullanıcılarının çevre sorunlarına ilişkin bilgi düzeylerini ve çevre sorunlarına karşı alınabilecek bireysel önlemler olan geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi davranışlara yönelik tercihlerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmanın yöntemi kullanıcıların tutum, eğilim ve görüşlerini ölçmeyi hedefleyen 5'li Likert ölçeği ile hazırlanan anket araştırmasına dayanmaktadır. Anket çalışmasının örneklemini TOGÜ Taşlıçiftlik yerleşkesini gündelik hayatında kullanan öğrenciler, akademik ve idari personel oluşturmaktadır. Araştırmanın örnek hacmini 516 kişi oluşturmaktadır. Elde edilen veriler frekans analizi, betimsel analiz ve ki-kare (chi-square) analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda katılımcıların %41,9'unun çevre sorunları hakkında iyi düzeyde, %13,4'ünün çok iyi düzeyde bilgi sahibi oldukları ve önemli bir çoğunluğun çevresel sorunlardan doğrudan etkilendikleri belirlenmiştir. Katılımcıların, yenilenebilir enerji kaynaklarının günlük hayatta kullanımına ilişkin cevapları karşılaştırıldığında, yaş, eğitim durumu ve gelir düzeyindeki artışla beraber yenilenebilir enerji kaynakları kullanım tercihlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre katılımcıların çoğunluğu, cam, kâğıt ve plastik gibi atıkları geri dönüşüme yönlendirmektedir ve yine çoğunluk yerleşkede geri dönüşüm noktalarının yetersiz olduğunu düşünmektedir. Alışveriş sırasında çevre dostu ürünlerin, öğrenci yurtlarında ikamet eden genç katılımcılara nazaran, gelir düzeyi ve eğitim seviyesi daha yüksek katılımcılar tarafından tercih edildiği görülmüştür. Çalışma sonucunda TOGÜ yerleşkesi kullanıcılarının yenilenebilir enerji kullanımı ve geri dönüşüm tercihleri ve bu tercihlerin cinsiyet, yaş, eğitim durumu, gelir düzeyi, konaklama yeri, üniversitedeki konumları ele alınarak nasıl değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: çevresel farkındalık, geri dönüşüm, yenilenebilir enerji kullanımı

Determination Of Environmental Awareness Levels Of Users Of Tokat Gaziosmanpaşa University Campus

Abstract

In this study, it was aimed to determine the level of knowledge of the users of Tokat Gaziosmanpaşa University Taşlıçiftlik Campus about environmental problems and to reveal their preferences for behaviors such as recycling and the use of renewable energy sources, which are individual measures that can be taken against environmental problems. The methodology of the study is based on a questionnaire survey using a 5-point Likert scale that aims to measure the attitudes, tendencies, and opinions of campus users. In the survey, demographic information such as age, gender, education level, income level, etc. was requested from the participants, and 26 questions were asked about their habits and preferences regarding recycling and renewable energy use. The sample of the survey consists of students, academic staff and administrative staff who use TOGÜ Taşlıçiftlik campus in their daily lives. The sample size of the study consisted of 516 people. The data obtained were evaluated by frequency analysis, descriptive analysis and chi-square analysis methods. As a result of the evaluation, 41.9% of the participants stated that they had a good level of knowledge about environmental problems, 13.4% stated that they had a very good level of knowledge, and a significant majority stated that environmental problems directly affected their lives. When the answers of the participants regarding the use of renewable energy sources in daily life are compared, it is observed that the preferences for the use of renewable

energy sources have increased with the increase in age, education level and income level. According to the results, most of the participants recycle waste such as glass, paper and plastic, and the majority also think that there are insufficient recycling points in the campus. It was observed that environmentally friendly products were preferred by participants with higher income and education levels than young participants residing in student dormitories. As a result of the study, the renewable energy use and recycling preferences of TOGU campus users were examined and it was revealed how these preferences vary based on gender, age, education level, income level, accommodation and position in the university.

Keywords: environmental awareness, recycling, use of renewable energy

Giriş

Dünya genelinde görülen hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların bilinçsiz ve hızlı tüketimi, düzensiz göçler sonucu oluşan çarpık kentleşme, sanayileşme, teknolojik gelişmelere bağlı tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi olumsuzluklar ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmakta ve doğal çevre üzerinde telafisi güç olan sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Karagözoğlu (2020)'nun da belirttiği gibi insanlar hayatlarını kolaylaştırmak adına çevreyi sürekli olarak değiştirmekte ve doğal çevreyi yapay çevre haline getirmektedir. Bu durumda insan, çevresel dengenin bozulmasında en önemli faktör olarak görülmektedir.

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve çevrenin korunabilmesi için ise çevre sorunları ile ilgili toplumun tüm katmanlarının bilinçlendirmesi gerekmektedir. Bireysel ve toplumsal çevre bilincinin geliştirilmesi çevresel farkındalığın artırılması ve çevre eğitimi ile mümkün olabilmektedir. Burada sözü geçen çevresel farkındalık; kişinin tutum ve davranışlarının çevreye olan etkisinin ve çevre sorunlarının kişinin kendi yaşamına nasıl etki edebileceğinin farkında olma durumunu ifade etmektedir (Tunç ve ark., 2012). Çevre eğitimi ise, çevrenin kullanıcısı ve parçası olan insanın, çevre konusunda eğitilmesi ve bilinçlenmesine katkı sağlayan bir süreçtir (Geray, 1992). Bu süreç, insanlara yaşadıkları çevreyi daha iyi tanıtarak, çevreyi korumak ve daha sağlıklı yaşamak için verilen çaba ve yapılan etkinliklerin tümünü kapsamaktadır (Ayvaz, 1998). Dikmen (1993)'e göre çevre eğitimi, doğumdan ölüme kadar insanın içinde yaşadığı çevrenin geleceğinin nasıl korunması, gelecek nesillere nasıl bırakılması gerektiği konusunda bilinçlendirmek amacıyla yapılan eğitimidir. Çevre eğitimi, bir yandan ekolojik bilgileri öğretirken diğer taraftan da bireylerde çevreye yönelik tutumların olumlu yönde gelişmesini, çevreyi korumalarının davranış haline getirmelerinin sağlanmasını ve bu tutumların sürekli devam eden davranış şekline dönüşmesini sağlamakta (Kazu ve Yapıcı Ödemiş, 2023), bireylerin yaşadıkları çevre hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeylerini arttırmaktadır (Gülay ve Öznacar, 2010; Gülay ve Önder, 2011).

Doğal kaynakların verimli kullanılmasında ve korunmasında önemli bir yere sahip olan geri dönüşüm, çevreye yönelik tutum ve davranışların geliştirilmesini amaçlayan çevre eğitiminin temel bileşenlerindedir (Şallı ve ark., 2013). Çevre eğitimi bünyesinde kazandırılan olumlu tutum ve davranışlardan en önemlisi atık yönetimi kapsamında olan geri dönüşüme katkı ile enerjinin verimli kullanımı konusundaki tutum ve davranışlardır.

Atık yönetimi, atıkları etkili ve çevre dostu bir şekilde ele almakta, atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi, geri dönüştürülmesi, bertaraf edilmesi ve kontrol altında tutulması süreçlerini içermektedir (Tamkoç ve ark., 2024). Burada amaç; atıkların insan ve çevre sağlığına zarar vermesini önlemek, atıkları ekonomik sürece kazandırmak, doğal kaynakların bilinçsiz ve hızlı tüketilmesini önlemek, gelecek nesillerin doğal yaşam haklarını korumaktır. Böylece, atık yönetimi ile doğal kaynakların en verimli şekilde kullanılıp, gelecek kuşaklara da olabildiğince potansiyel kaynak bırakılabilmesi mümkün olmaktadır (Ak ve Genç, 2018). Atıkların azalması doğal kaynakların korunmasını sağlarken, atıkların yeniden kullanılabilir hale dönüşmesi ise ürünlerin kullanım süreleri bakımından avantaj sağlamakta, bir taraftan enerji tasarrufu sağlanırken diğer taraftan da depolama için ayrılan alanlar azaltılmaktadır (Eroğlu ve Aydemir, 2021). Şenel (2023)'ün de belirttiği gibi, kaynaklar sonsuz olmayıp, gelecek nesiller için bu kaynakların en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir.

Üretime yeniden kazandırılması amacıyla kullanım ömrü sona eren ürünlerin (karton, metal, termoplastik, cam, kâğıt vb) fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ham maddelere dönüştürülmesi geri dönüşüm olarak tanımlanmaktadır (Büyüksaatçi ve ark., 2008; Çelik Eroğlu ve Şahin, 2023). Geri dönüşüm, en önemli çevre dostu tutum ve davranışların başında gelmektedir (Arı ve Yılmaz, 2016). Öyle ki, geri dönüşüm ile atıkların gereksiz bir şekilde yakılması ile metan ve sera gazlarının oluşumunun önlenmesi (McDermott-Levy R ve Fazzini, 2010; Riedel LM. 2011), atık depo

alanlarının azaltılması (McDermott-Levy R ve Fazzini, 2010; Kubicki ve ark., 2015), geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanılması ile doğal kaynakların korunması (Riedel LM. 2011; Kubicki ve ark., 2015), atıkların çevre ve sağlık üzerindeki negatif etkilerinin azaltılması (Largo-Wight ve ark., 2012), atık bertarafı için ayrılan fonların korunması (Prestin ve Pearce, 2010) gibi toplumsal ve çevresel birçok fayda sağlamaktadır. Bunun yanında atıkların yeniden değerlendirilmesi durumu olan geri dönüşüm, ekonomik, çevresel, sosyal faydalar sağlayan birçok sektörü de içinde barındırmaktadır.

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli bileşenlerinden biri olarak yaşam standartlarının yükseltilmesinde hayati bir rol oynamaktadır (Sagbaş ve Başbuğ, 2018). Çünkü enerji, modern sanayi ve hizmetler sektörünün önemli bir parçası olup, enerjiye erişim, insan refahı, ekonomik gelişme ve yoksullukla mücadele anlamında önemli rol oynamaktadır (Aydoğdu, 2021). Günümüzde enerji ihtiyacı sürekli artmasına rağmen, kaynaklar da sürekli azalmaktadır. Bu nedenle enerjinin verimli kullanımı son derece önem kazanmaktadır. Sagbaş ve Başbuğ (2018)'un da belirttiği gibi doğal kaynakların hızla tüketilmesi, artan çevre kirliliği ve yüksek enerji maliyetleri gibi kısıtlar göz önünde bulundurulduğunda; enerjinin verimli ve etkin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu durumda enerjinin verimli kullanımı, ürün ve hizmetlerin sağlanması için gereken enerji miktarını da azaltmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi (TOGÜ) Taşlıçiftlik Yerleşkesi kullanıcılarının çevresel farkındalık düzeylerini incelemek hedeflenmiştir. Çalışmanın amacı; TOGÜ yerleşkesi kullanıcılarının çevre sorunlarına ilişkin bilgi düzeylerini ve çevre sorunlarına karşı alınabilecek bireysel önlemler olan geri dönüşüme katılım ve enerjinin verimli kullanımı gibi davranışlara yönelik tutum ve tercihlerini ortaya koyarak öneriler geliştirmek ve farkındalık düzeyini arttırmaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyalini TOGÜ Taşlıçiftlik Yerleşkesinde yapılan, çevresel tutum, enerji verimliliği ve geri dönüşüm konularını içeren anket çalışmasının verileri oluşturmaktadır. Anket çalışmasında ana popülasyonu Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik kullanıcıları olan TOGÜ öğrencileri, akademik ve idari personeli oluşturmaktadır. Yerleşkede 13 fakülte, 5 yüksekokul ve 1 lise bulunmaktadır. Yerleşkeyi, personel ve öğrenci sayısı toplamı olmak üzere yaklaşık 22000 kişi günlük olarak kullanmaktadır. Ana popülasyon dikkate alındığında gayeli olarak 500 kişilik örnek hacminin ana popülasyonu temsil edeceğine karar verilmiş, araştırma kapsamında katılımcı olacak alt gruplarla (öğrenci, idari ve akademik personel) yapılacak değerlendirmelerde dağılımın daha sağlıklı olmasını sağlamak amacıyla örnek hacmi 516'ya tamamlanmıştır. Çalışma sürecinde hazırlanan anket formları kurumsal elektronik posta adresleri yoluyla mümkün olduğunca çok sayıda kampüs kullanıcılarına ulaştırılmış, sağlanan dönüşler arasından sağlıklı olarak nitelendirilebilecek olanlar değerlendirmeye alınmıştır.

Anket çalışması 2022-2023 akademik takvimi içerisinde yapılmıştır. Anket çalışması ile yerleşke kullanıcılarının, geri dönüşüme ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına dair farkındalık düzeylerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Araştırmada kullanılan anketler 5'li likert ölçeği ile hazırlanmış sorulardan oluşmaktadır.

Anket çalışmasında katılımcılardan yaş, cinsiyet, eğitim durumu, gelir düzeyi, üniversitedeki konum ve konaklama yeri gibi demografik bilgiler talep edilmiş, demografik bilgilerin yanı sıra katılımcılara çevresel farkındalık, geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji kullanımı konusundaki alışkanlıklarına ve tercihlerine ilişkin 26 adet soru yöneltilmiştir. Katılımcılara yöneltilen 26 soruya verilen cevapların güvenilirlik analizi SPSS programı kullanılarak yapıldığında ölçeğin güvenilirliğini ifade eden "Cronbach's Alpha" değerinin 0.779 olduğu görülmüştür.

Çalışmada elde edilen verilerin daha sistemli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla, sorular ve alınan cevaplar bazı alt başlıklar halinde gruplandırılmıştır. "Çevresel Tutum", "Geri Dönüşüm Tercihleri" ve "Enerjinin Verimli Kullanımı" olmak üzere üç grup oluşturulmuştur. "Farkındalık" terimi ile mümkün olduğunca kısa ifade edilmeye çalışılan başlıklar, aşağıda görüldüğü gibi, tutum ve davranış sorularını da kapsamaktadır. Anket kapsamında yer alan sorular belirlenen üç başlık altında aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır;

Çevresel Tutum;

- Çevresel sorunlar (iklim değişikliği, kirlilik, su kıtlığı, vb.) hakkında fikir sahibiyim.

- Çevresel konularla ilgili etkinliklere (paneller, kurslar, sempozyumlar) katılıyorum.
- Çevresel konularla ilgili üye olduğum kuruluşlar var (öğrenci kulüpleri, sivil toplum kuruluşları)
- Çevre ile ilgili faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşlarına şu an üye değilim ama üye olmak isterim.
- Çevreye zararlı olduğunu düşündüğüm ürün ve hizmetleri kullanmamaya dikkat ederim.
- Satın alacağım ürünün çevreye zararı alışveriş tercihlerimi etkilemez.
- Çevresel sorunlar hayatımı doğrudan etkilemez/etkilemiyor.
- Bireysel olarak aldığım önlemler çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlamaz.
- İnsan faaliyetlerinin olduğu her yerde doğal yaşamı korumaya yönelik çalışmalar yeterlidir.

Geri Dönüşüm Tercihleri;

- Geri dönüşüm konusunda bilgi sahibiyim.
- Atık pilleri geri dönüşüm noktalarına bırakırım.
- Atık pilleri geri dönüşüm noktalarına bırakırım.
- Kâğıt atıklarımı geri dönüşüm noktalarına bırakırım.
- Plastik atıklarımı geri dönüşüm noktalarına bırakırım.
- Çevremde geri dönüşüm için cam kâğıt plastik pil atıkları bırakabileceğim geri dönüşüm noktaları yeterlidir.
- Organik atıkları (bitki, hayvan mutfak artıkları vb.) bırakabileceğim bir nokta olursa, ayrıştırırım ve bırakırım.
- Çevremde geri dönüşüm için organik atıkları bırakabileceğim bir nokta bulunmamaktadır.
- Günlük yaşamımda naylon poşet veya plastik ürünler kullanırım.

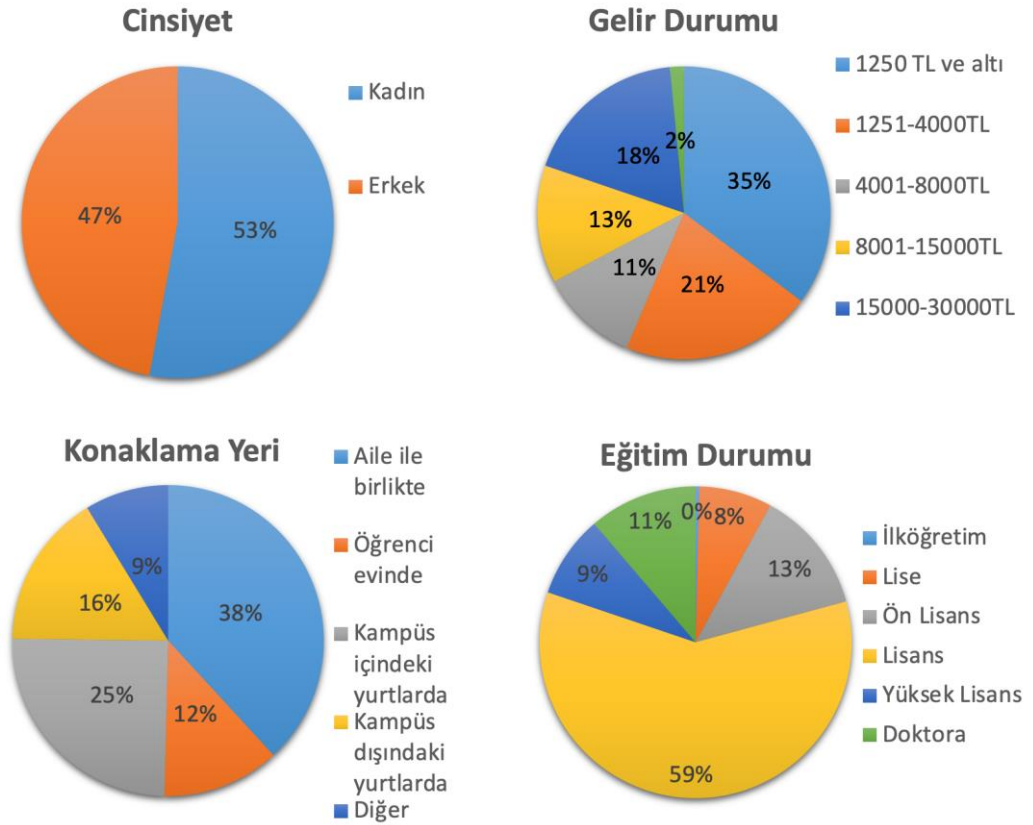
Enerjinin Verimli Kullanımı;

- Günlük yaşamımda su tasarrufuna dikkat ederim.
- Günlük yaşamımda enerji tasarrufuna dikkat ederim.
- Enerji (elektrik, su, doğalgaz, benzin) tasarrufu yapmamın öncelikli sebebi yüksek maliyettir.
- Yenilenebilir enerji (rüzgâr, güneş) kaynaklarıyla enerji üretimi için kurulum maliyetinin yüksek olduğunu düşünüyorum.
- Yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumunun maliyetli olmasına rağmen çevreye zararlı olmadığı için kullanmayı tercih ederim.
- Yenilenebilir enerji sistemleri uzun vadede maliyetini amorti edeceği için kullanmayı tercih ederim.
- Elektronik ürün satın alırken enerji verimliliğinden önce fiyatını dikkate alırım.
- Su kaynaklarının tükeneceği konusunda endişeli değilim

Anket çalışması kapsamında bu sorulara verilen yanıtlardan elde edilen veriler frekans analizi ve ki-kare (chi-square) analizi yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanıcı profili ve soru kategorilerine ilişkin cevapların ilişki analizi ele alınarak önemli farklılıkların tespit edildiği bulgulara yer verilmiştir. Çalışma kapsamında Ki-kare analizlerine göre yapılan değerlendirmeler ve faktörler arasındaki etkileşimin yönü ortaya konmuş, bunun yanı sıra analizde alt başlıklar içerisinde öne çıkan sorular için frekans dağılımının yorumlanması yararlı bulunmuştur.

Bulgular

Anket çalışmasına katılan toplamda 516 kişinin cinsiyet, eğitim durumu, gelir durumu ve konaklama yerlerine göre dağılımı Şekil 1'deki grafiklerde yer almaktadır. Kadın ve erkek katılımcıların birbirine oranlarında büyük bir farklılık görülmemiştir. Çalışma üniversite kampüsünde gerçekleştirildiğinden eğitim düzeyinin genellikle ön lisans ve üzerinde olması ve lisans düzeyinin ağırlıklı olarak ortaya çıkması olağan bir sonuç olarak kabul edilebilir. Gelir düzeyi en düşük iki grupta (%56.4) yoğunluk göstermiştir. En yüksek gelir grubunda olanların oranı oldukça düşüktür. Katılımcıların yarısından fazlası yurtlarda ve öğrenci evlerinde konakladıklarını bildirmişlerdir.



Şekil 1. Katılımcıların kategorilere göre dağılımı
Figure 1. Distribution of participants according to categories

- Farkındalık Grupları, Grupların Seçilmiş Bazı Kriterlerle İlişkisi ve Bu Kriterlere Göre Dağılım

Sorulara verilen cevaplar birer aralıklı olarak, ideal tutum ya da davranışa en uzak cevap “0”, en ideal cevap “4” olacak şekilde puanlanmış, her alt başlık ve her katılımcı için bir puan düzeyine ulaşılmıştır. Bu durumda alt gruplar itibarı ile soruların her soru için en ideal olacak cevaplar verildiğinde aşağıdaki puan düzeylerine ulaşacaktır;

Olabilecek en yüksek puan (en ideal farkındalık düzeyi)

| | |
|-----------------------------|----|
| Çevresel Tutum | 36 |
| Geri Dönüşüm Tercihleri | 36 |
| Enerjinin Verimli Kullanımı | 32 |

Her birey için ayrı ayrı hesaplanan puanlara göre dağılım Çizelge 1’de görülmektedir. Hesaplamalara göre Çevresel Tutum konusunda en düşük puan 4, en yüksek 31 olmuş, 36 puan düzeyine ulaşılmamıştır. Bu grupta en yüksek oran 11-20 aralığındadır ve bireylerin yarısından fazlası (%52.3) bu grupta yer almıştır. 21-30 puan aralığında yer alan bireylerin oranı %46.3’tür. Çevresel Tutum grubunda bireylerin ideal cevaba en fazla uzak kaldığı ifade “Çevre ile ilgili faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşlarına şu an üye değilim ama üye olmak isterim” cümlesi olmuştur. Görüşülen bireylerin ancak %1.2’si bu ifadeye tamamen katıldıklarını belirtmiştir. Hiç katılmayanların, yani bir sivil toplum örgütü yoluyla çevreyle ilgili faaliyet göstermeyi hiç düşünmediğini belirtenlerin oranı %46.1’dir. En ideal cevabın en yüksek oranda tercih edildiği ifade ise “Çevresel sorunlar hayatımı doğrudan etkilemez/etkilemiyor” cümlesidir. Bireylerin %94.9’u az ya da çok bu ifadeye katıldığını belirtmiştir.

Geri Dönüşüm Tercihleri konusunda farkındalık bireylerin ideal cevaplara daha fazla yaklaştıkları farkındalık alanı olmuştur. En yüksek puan düzeyi olan 36’ya yaklaşılmış, çok düşük

oranda (%0.2) olmakla birlikte 35 puan düzeyine ulaşılmıştır. Buna ek olarak daha iyi bir grubu temsil eden 21-30 puan aralığında bulunanların oranı (%63.4), yaklaşık üçte ikilik bir payla en fazla bu farkındalık başlığında gerçekleşmiştir. Bu başlık altında ideal ya da ideale yakın cevapların en az verildiği ifade “Günlük yaşamımda naylon poşet veya plastik ürünler kullanırım” cümlesi olmuştur. Bu ifade için yapılan tercihler göstermektedir ki, katılımcıların %98.8’i günlük hayatında az ya da çok poşet ve plastik ürün kullanmaktadır. Geri dönüşüm başlığı kapsamında ideal ya da ideale yakın tutumun en yüksek oranlı olduğu ifade “Organik atıkları (bitki, hayvan mutfak artıkları vb.) bırakabileceğim bir nokta olursa, ayrıştırırım ve bırakırım” cümlesi olmuştur. Katılımcıların %97.9’u farklı düzeylerde olmakla birlikte bu ifadeye katıldığını belirtmiştir.

Enerjinin Verimli Kullanımı diğer farkındalık grubudur. Bu grupta en düşük puan 10 olmuştur ve en ideal puan düzeyi olan 32’ye ulaşılmıştır. Ancak en yüksek puan düzeyi %0.6 ile oldukça düşüktür. Katılımcıların çoğunluğu (%56.2) 10-20 puan aralığında yer almıştır. Bu başlık altında ideal ya da ideale yakın tercihlerin en çok tercih edildiği ifade “Günlük yaşamımda enerji tasarrufuna dikkat ederim”, en az tercih edildiği ifade ise “Elektronik ürün satın alırken enerji verimliliğinden önce fiyatını dikkate alırım” cümlesi olmuştur. Bu sonuca göre araştırma kapsamında görüşülen bireyler çoğunlukla günlük yaşamlarında enerji tasarrufuna dikkat etmekte, buna karşın elektronik ürün satın alırken, ürünün enerji tasarruflu olma özelliğini genellikle fiyatının önüne koymamaktadır.

Çizelge 1.Farkındalık Gruplarının Puan Aralıklarına Göre Dağılımları
Table 1. Distribution of Awareness Groups According to Score Ranges

| Alt Farkındalık Grupları | Puan Aralıkları | Frekans | Oran (%) |
|-----------------------------|-----------------|---------|----------|
| Çevresel Tutum | 4 - 10 | 6 | 1.2 |
| | 11 - 20 | 270 | 52.3 |
| | 21 - 30 | 239 | 46.3 |
| | 31 | 1 | 0.2 |
| TOPLAM | | 516 | 100 |
| Geri Dönüşüm Tercihleri | 8-10 | 5 | 1.0 |
| | 11-20 | 159 | 30.8 |
| | 21 - 30 | 327 | 63.4 |
| | 31- 35 | 25 | 4.8 |
| TOPLAM | | 516 | 100 |
| Enerjinin Verimli Kullanımı | 10 - 20 | 290 | 56.2 |
| | 21- 30 | 223 | 43.2 |
| | 31 - 32 | 3 | 0.6 |
| TOPLAM | | 516 | 100 |

Araştırma kapsamında oluşturulan üç grup için katılımcıların puanları ile bazı kriterlerin ilişkisi sorgulanmıştır. Bu şekilde çevresel tutum, geri dönüşüm tercihleri ve enerji verimliliği konularının, katılımcıların seçilen özellikleriyle değişip değişmediği, değişiyorsa ne yönde olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. İlişkisi araştırılan kriterler, cinsiyet, uyruk, yaş, eğitim, gelir, üniversitede statüsü (öğrenci-personel), Tokat’ta konakladığı yer, Tokat’ta yaşadığı yerleşim birimi, Tokat’a gelmeden önce yaşadığı yerleşim birimi ve kampüste geçirdiği süre (yıl) şeklindedir. Çizelge 2’de belirlenen her bir farkındalık grubu için katılımcı özelliklerine dair kriterlerin ilişkisi yer almaktadır. Bu ilişki Ki-kare (Chi-Square) analizi kullanılarak belirlenmiştir. Çizelgede yer alan değerlere göre katılımcı özellikleri ve farkındalık kategorileri incelenmiştir.

Çizelge 2. Çevresel Tutum, Geri Dönüşüm Tercihleri ve Enerjinin Verimli Kullanımı Konularındaki Farkındalık Düzeyinin Seçilen Bazı Kriterlerle İlişkisi ve Kriterlere Göre Dağılımı
Table 2. The Relationship of the Awareness Level on Environmental Attitude, Recycling Preferences and Efficient Use of Energy with Selected Criteria and Distribution by Criteria

| | | Çevresel Tutum | | | Geri Dönüşüm Tercihleri | | | Enerjinin Verimli Kullanımı | | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------------|-------|------|--|-------|------|-----------------------------|-------|------|---|--|----|-----|-----|-----|---|--|
| | | ≤ 15 | 16-24 | 25 ≤ | ≤ 18 | 19-26 | 27 ≤ | ≤ 17 | 18-24 | 25 ≤ | Ki Kare değerleri | | | | | | | |
| Cinsiyet | Kadın | 33 | 193 | 47 | Pearson Chi-Square = 7.132; DF = 2; P-Value = 0.028 | | | 43 | 169 | 61 | Pearson Chi-Square = 3.135; DF = 2; P-Value = 0.209 | | | 53 | 190 | 30 | Pearson Chi-Square = 5.124; DF = 2; P-Value = 0.077 | |
| | Erkek | 50 | 159 | 34 | | | | 52 | 135 | 56 | | | | 62 | 146 | 35 | | |
| Yaş | ≤ 24 | 70 | 243 | 40 | Pearson Chi-Square = 28.043; DF = 4; P-Value = 0.000 | | | 74 | 216 | 63 | Pearson Chi-Square = 17.509; DF = 4; P-Value = 0.002 | | | 224 | 30 | 353 | Pearson Chi-Square = 36.532; DF = 4; P-Value = 0.000 | |
| | 25 -34 | 10 | 54 | 16 | | | | 12 | 44 | 24 | | | | 11 | 56 | 13 | | |
| | 35 ≤ | 3 | 55 | 25 | | | | 9 | 44 | 30 | | | | 5 | 56 | 22 | | |
| Üniversitede konum /statü | Öğrenci | 76 | 295 | 56 | Pearson Chi-Square = 15.314; DF = 2; P-Value = 0.000 | | | 85 | 258 | 84 | Pearson Chi-Square = 13.803; DF = 2; P-Value = 0.001 | | | 105 | 278 | 44 | Pearson Chi-Square = 16.221; DF = 2; P-Value = 0.000 | |
| | Personel | 7 | 57 | 25 | | | | 10 | 46 | 33 | | | | 10 | 58 | 21 | | |
| Eğitim Düzeyi | Lise | 10 | 29 | 2 | Pearson Chi-Square = 38.845; DF = 8; P-Value = 0.000 | | | 13 | 19 | 9 | Pearson Chi-Square = 41.483; DF = 8; P-Value = 0.000 | | | 15 | 26 | 0 | Pearson Chi-Square = 32.804; DF = 6; P-Value = 0.000 | |
| | Ön lisans | 19 | 44 | 3 | | | | 23 | 35 | 8 | | | | 20 | 42 | 4 | | |
| | Lisans | 45 | 216 | 46 | | | | 50 | 197 | 60 | | | | 72 | 198 | 37 | | |
| | Yük. Lisans | 8 | 23 | 13 | | | | 5 | 20 | 19 | | | | 5 | 27 | 12 | | |
| | Doktora | 1 | 40 | 17 | | | | 4 | 33 | 21 | | | | 3 | 43 | 12 | | |
| Gelir | ≤ 850 | 32 | 128 | 22 | Pearson Chi-Square = 23.537; DF = 8; P-Value = 0.003 | | | 31 | 116 | 35 | Pearson Chi-Square = 17.975; DF = 8; P-Value = 0.021 | | | 49 | 123 | 10 | Pearson Chi-Square = 40.733; DF = 8; P-Value = 0.000 | |
| | 851-2500 | 24 | 76 | 9 | | | | 26 | 65 | 18 | | | | 30 | 71 | 8 | | |
| | 2501 - 4500 | 10 | 38 | 8 | | | | 15 | 29 | 12 | | | | 15 | 35 | 6 | | |
| | 4501-10000 | 10 | 40 | 17 | | | | 12 | 38 | 17 | | | | 10 | 39 | 18 | | |
| | 10000 ≤ | 7 | 70 | 25 | | | | 11 | 56 | 35 | | | | 11 | 68 | 23 | | |
| Tokat'ta Konaklama Yeri | Aile evi | 23 | 139 | 35 | Pearson Chi-Square = 18.019; DF = 8; P-Value = 0.021 | | | 36 | 103 | 58 | Pearson Chi-Square = 11.698; DF = 8; P-Value = 0.165 | | | 34 | 137 | 26 | Pearson Chi-Square = 29.976; DF = 8; P-Value = 0.000 | |
| | Öğrenci evi | 19 | 37 | 7 | | | | 13 | 38 | 12 | | | | 25 | 31 | 7 | | |
| | Kamp. yurt | 17 | 87 | 24 | | | | 19 | 86 | 23 | | | | 21 | 94 | 13 | | |
| | Dış. yurt | 15 | 61 | 7 | | | | 17 | 52 | 14 | | | | 25 | 51 | 7 | | |
| | Diğer | 9 | 28 | 8 | | | | 10 | 25 | 10 | | | | 10 | 23 | 12 | | |
| Tokat'ta Yaşadığı Yer. Birimi | Köy | 10 | 40 | 9 | Pearson Chi-Square = 7.976; DF = 4; P-Value = 0.092 | | | 13 | 33 | 13 | Pearson Chi-Square = 4.780; DF = 4; P-Value = 0.311 | | | 15 | 37 | 7 | Pearson Chi-Square = 3.629; DF = 4; P-Value = 0.459 | |
| | Kasaba İlçe | 12 | 29 | 2 | | | | 12 | 25 | 6 | | | | 14 | 25 | 4 | | |
| | İl Merkezi | 61 | 283 | 70 | | | | 70 | 246 | 98 | | | | 86 | 274 | 54 | | |
| Tokat'a Gelmeden Önce Yaşadığı Yerleşim Birimi | Köy | 13 | 49 | 10 | Pearson Chi-Square = 7.676; DF = 10; P-Value = 0.660 | | | 17 | 45 | 10 | Pearson Chi-Square = 27.916; DF = 10; P-Value = 0.002 | | | 21 | 45 | 6 | Pearson Chi-Square = 13.334; DF = 10; P-Value = 0.206 | |
| | Kasaba İlçe | 16 | 75 | 15 | | | | 22 | 63 | 21 | | | | 18 | 75 | 13 | | |
| | İl Merkezi | 29 | 128 | 25 | | | | 38 | 108 | 36 | | | | 48 | 113 | 21 | | |
| | Büyükşehir | 7 | 37 | 15 | | | | 3 | 33 | 23 | | | | 7 | 40 | 12 | | |
| | Megakent* | 7 | 33 | 9 | | | | 3 | 34 | 12 | | | | 8 | 34 | 7 | | |
| Tokat | 11 | 30 | 7 | | | | 12 | 21 | 15 | | | | 12 | 30 | 6 | | | |
| Kampüste Geçirdiği Süre | ≤ 1 yıl | 48 | 182 | 48 | Pearson Chi-Square = 10.267; DF = 6; P-Value = 0.114 | | | 57 | 163 | 49 | Pearson Chi-Square = 10.870; DF = 6; P-Value = 0.092 | | | 69 | 166 | 34 | Pearson Chi-Square = 17.280; DF = 6; P-Value = 0.008 | |
| | 2 yıl | 9 | 67 | 9 | | | | 15 | 49 | 25 | | | | 14 | 69 | 6 | | |
| | 3 yıl | 12 | 32 | 12 | | | | 32 | 10 | 50 | | | | 14 | 32 | 4 | | |
| | 4 yıl ≤ | 12 | 70 | 12 | | | | 14 | 58 | 33 | | | | 15 | 69 | 21 | | |

*İstanbul, Ankara, İzmir

- Çevresel Tutum Konusunda Farkındalık Düzeyinin Değerlendirilmesi

Yapılan ki-kare Analizine göre, Çevresel Tutum puanı ile cinsiyet arasında (P-Value=0.05 düzeyinde) bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu konuda gruplar içerisinde en düşük puan grubunun erkekler kategorisinde yoğunluk gösterdiği, kadınlarınsa beklenenden düşük bir yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonucuna göre, Çevresel Tutum konusunda kadınlar erkeklere göre daha fazla yüksek puan gruplarında yer almışlardır.

Yaş ele alınan bir diğer kriterdir ve Çevresel Tutuma ilişkin soruların yaş faktörüyle de ilişkili olduğu (P-Value= 0.001) belirlenmiştir. Ki-kare analiziyle ortaya çıkan dağılıma göre, en küçük ve en büyük yaş grupları öne çıkmaktadır. Özellikle 35 ve üzeri yaşı temsil eden büyük yaş grubu yüksek puan grubunda gösterdiği yoğunlukla belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Ki-kare dağılımına göre yaş ilerledikçe çevresel farkındalığın arttığı söylenebilir. Aynı şekilde, Çevresel Tutum düzeyi ile üniversitedeki statünün ilişkili olduğu görülmüştür (P-Value=0.001). Personel grubu içerisinde yer alan katılımcıların belirgin şekilde yüksek puan grubuna doğru yoğunluk kazandığı görülmüştür.

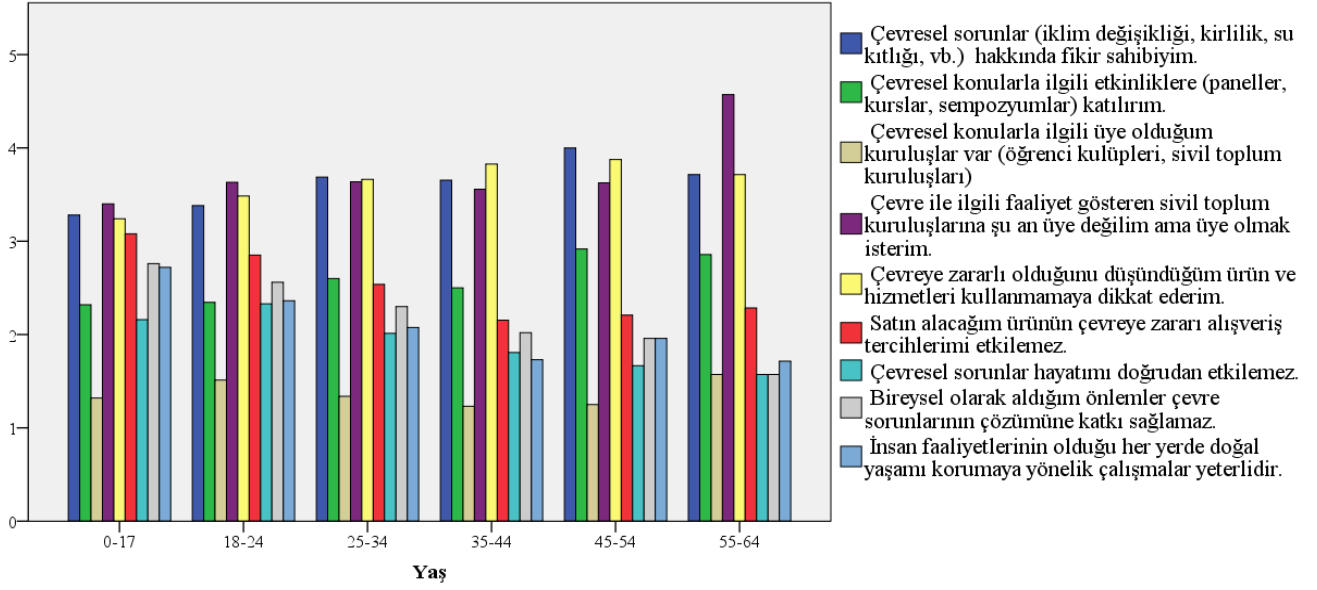
Çevresel Tutum düzeyi eğitimden de bağımsız değildir ve eğitimle puan düzeyleri arasında yakın bir ilişki (P-Value=0.001) söz konusudur. Ki-kare dağılımında yer alan değerlere göre, genel olarak eğitim düzeyinin artışıyla Çevresel Tutum konusunda yoğunluğun yüksek puan düzeylerine doğru kaydığı görülmektedir. Özellikle en yüksek eğitim düzeyi olan doktora grubundaki katılımcıların, en düşük Çevresel Tutum puan düzeyindeki oranı oldukça düşüktür. Düşük puan düzeyinde beklenenden yüksek bir yoğunlukla öne çıkan grup ise ön lisans mezunlarıdır.

Çevresel Tutum soruları ile gelir düzeyinin de ilişki (P-Value=0.005) olduğu görülmektedir. Gelir grupları arasında ikinci (851- 2500 ₺) ve en yüksek gelir grupları (10000 ₺'den yüksek) önemli farklılık göstermektedir. Sonuçlara göre, üçüncü gelir grubuna kadar katılımcıların düşük puan, 4. ve 5. gelir gruplarında ise yüksek puan düzeylerine doğru yoğunluğun arttığı görülmektedir. Özellikle en yüksek gelir grubunun öne çıktığı ve bu grubun düşük puan düzeyindeki gruba ait ki-kare değerinin önemli olduğu görülmüştür.

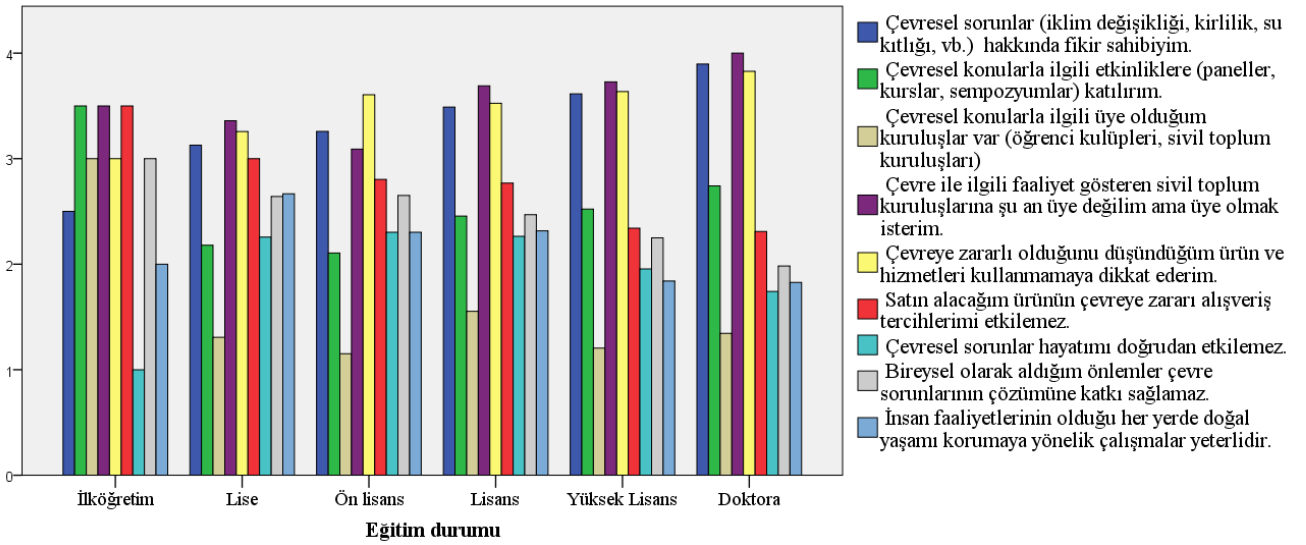
Görüşme yapılan bireylerin konaklama yerleri ile Çevresel Tutum düzeylerinin ilişkili olduğu (P-Value=0.05) görülmüştür. Ki-kare analizi sonucu ortaya çıkan dağılımda, öğrenci evinde kalan katılımcı grubuna ait Ki-kare değeri ile belirgin şekilde öne çıkmışlardır. Bu grup düşük puan düzeyinde ağırlık göstermiştir. Buna karşın aileleriyle birlikte yaşayan katılımcılar düşük puan grubunda beklenenden düşük bir yoğunluk göstermiştir. Bu sonuçlara göre, ailesiyle yaşayan bireylerin çevresel tutum düzeyinin daha yüksek, öğrenci evinde kalanların düşük olduğu söylenebilir.

Yapılan Ki-kare analizleri, katılımcının Tokat'ta yaşadığı yerleşim birimi, Tokat'a gelmeden önce yaşadığı yerleşim birimi ve kampüste geçirdiği süre kriterlerinin Çevresel Tutum düzeyi ile ilişkili olmadığını ortaya koymuştur. Bu sonuca göre, Çevresel Tutum düzeyi bireylerin köy-kasaba, ilçe, il merkezi, büyük şehir ya da mega kentlerde yaşıyor olmalarından ve kampüste geçirmiş oldukları süreden bağımsızdır.

Çevresel farkındalık sorularının her biri için yapılan değerlendirmede cevapların frekans analizleri ele alındığında farkındalığı önceleyen soru olan çevre sorunları konusunda bilgi sahibi olma sorusuna katılımcıların %55.3'ü çevresel sorunlar konusunda iyi düzeyde ve tam bilgi sahibi olduklarını belirtirken %29.7'si kısmen bilgi sahibi olduğunu ifade etmiştir. Ki kare ve frekans analizinin sonucunda çevresel farkındalık sorularına verilen cevapların yaşa göre değişkenlik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Şekil 2'de ki grafikte çevresel farkındalık sorularına verilen yanıtların yaşa göre nasıl dağıldığı görülmektedir. Farkındalık sorularına verilen cevaplarda en önemli değişkenlik eğitim durumunda ortaya çıkmış, eğitim düzeyi arttıkça çevre sorunları konusunda bilgi sahibi olma ve bireysel önlemler almaya ilişkin farkındalığın arttığı görülmüştür. Bu farklılık Şekil 3'teki grafikte görülmektedir.

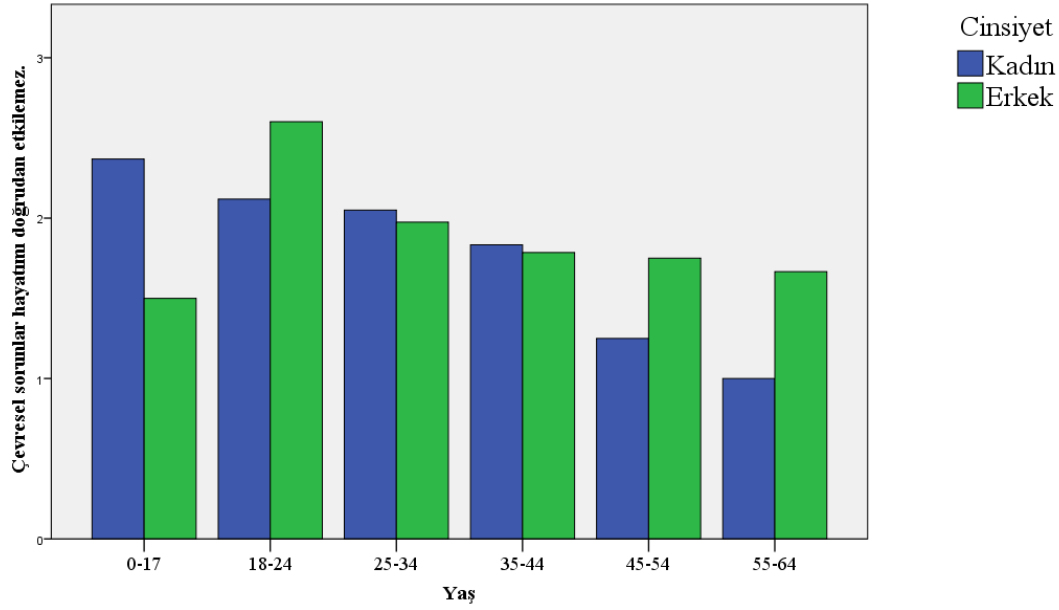


Şekil 2. Çevresel farkındalık sorularına verilen cevapların yaş kriterine göre dağılımı
Figure 2. Distribution of the mean answers to environmental questions according to age criterion



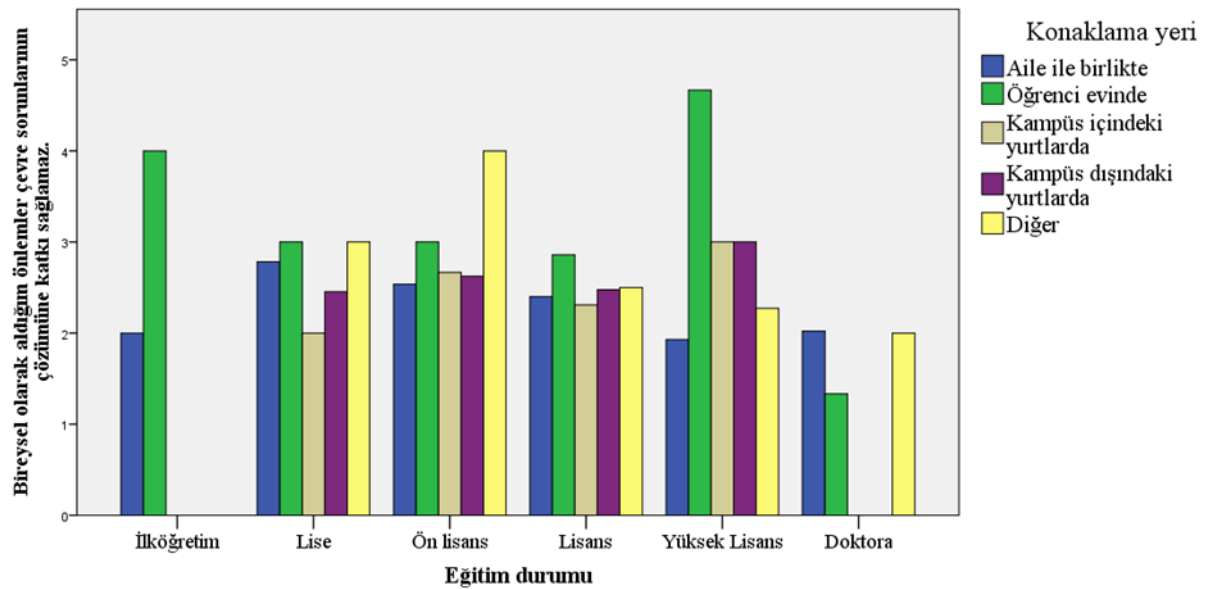
Şekil 3. Çevresel farkındalık sorularına verilen cevapların eğitim durumu kriterine göre dağılımı
Figure 3. Distribution of mean answers to environmental awareness questions according to educational attainment

Çevresel farkındalık sorularının Ki-kare analiziyle değerlendirilmesiyle ortaya çıkan yaş ve cinsiyet kriterleri ile ilişkinin en belirgin düzeyde olduğu soru çevre sorunlarının bireylerin hayatlarını doğrudan etkileyip etkilemediğine ilişkindir. Bu soruya verilen yanıtlarda katılımcıların %14.3'ü çevresel sorunların hayatlarını doğrudan etkilemediğini düşünürken %69.4'ü etkilediğini belirtmiştir. Kadın katılımcıların %74.4'ü etkilediğini düşünürken erkeklerde bu oran %63.8'dir. 17 yaş altı, 25-34 ve 35-44 yaş gruplarındaki çevresel sorunların hayatlarını doğrudan etkilemeyeceğini düşünen kadın katılımcıların oranı daha fazlayken, diğer yaş gruplarındaki tercihlerde kadınlar erkeklere oranla çevresel sorunlardan daha fazla etkilendiklerini ifade etmişlerdir. Şekil 4'de bu farklılığa ilişkin grafik yer almaktadır.



Şekil 4. Yaş ve cinsiyet kategorileri ile çevresel sorunların hayata etkisinin kıyaslanması
Figure 4. Comparison of the impact of environmental problems on life by age and gender categories

Katılımcıların %58.3'ü bireysel önlemlerin çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlayacağını düşünürken, %18'i katkı sağlamayacağını düşündüğünü ifade etmiştir. Bu durum eğitim ve konaklama yeri kriterlerine göre değişiklik göstermektedir. Özellikle yüksek lisans eğitimine sahip katılımcılardan bireysel önlemlerin sorunların çözümüne katkı sağlamayacağını düşünenlerin oranı diğer gruplara göre daha fazladır. Şekil 5'de katılımcıların konaklama yeri ve eğitim durumuna göre bireysel önlemlerin çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlayıp sağlamayacağı sorusuna verdikleri yanıtların ortalamaları yer almaktadır.



Şekil 5. Eğitim durumu ve konaklama yeri kategorileri ile bireysel çevre önlemleri tutumunun kıyaslanması
Figure 5. Comparison of individual environmental precautions attitudes by education level and accommodation categories

- Geri Dönüşüm Tercihleri Konusunda Farkındalık Düzeyinin Değerlendirilmesi

Geri Dönüşüm Tercihleri konusundaki soruların ki-kare analizine göre değerlendirilmesiyle bu konudaki farkındalığın katılımcıların cinsiyetlerinden, konaklama yerlerinden, kampüste geçirdikleri süreden ve Tokat'ta yaşadıkları yerleşim biriminden bağımsız olduğu görülmüştür.

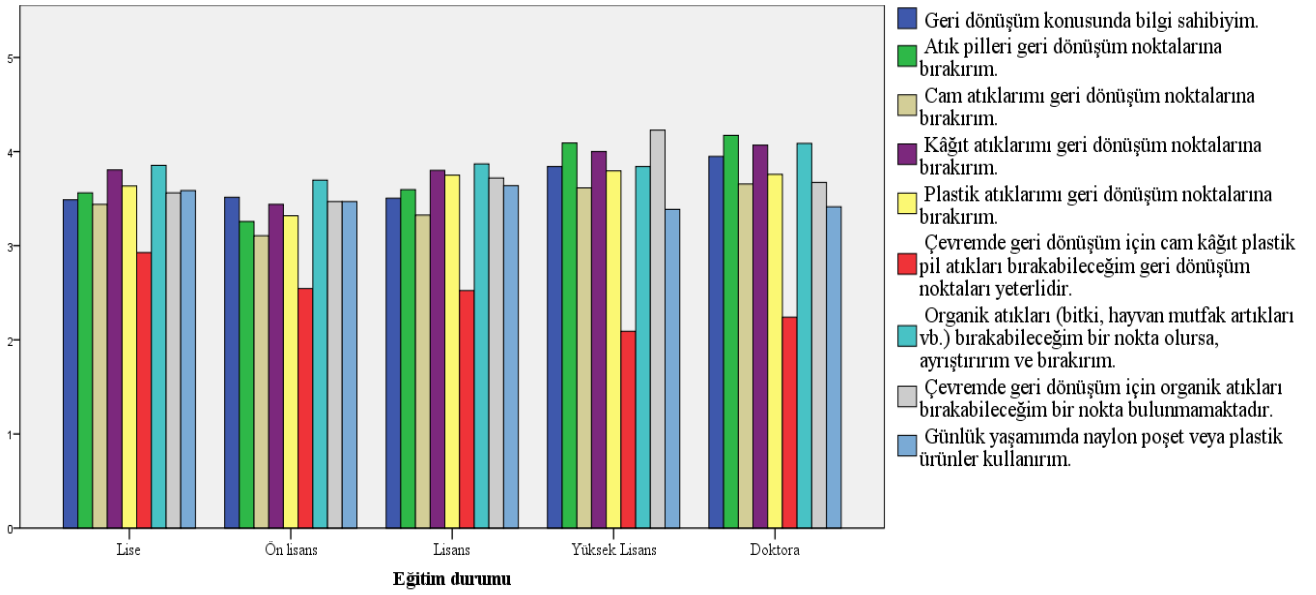
Geri Dönüşüm Tercihleri Konusunda Farkındalık yaş ile ilişkilidir (P-Value =0.001). Ki-kare analizi, yaş ilerledikçe Geri Dönüşüm Konusunda Farkındalığın arttığını ortaya koymuştur. En ileri yaş grubunda (35 ve üzeri) yer alan katılımcıların en yüksek puan düzeyindeki yoğunluğu dikkat çekicidir ve bu gruba ait Ki-kare değeri belirgin şekilde öne çıkmaktadır.

Katılımcıların üniversitedeki statüsü ile Geri Dönüşüm Farkındalığı puanı arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan analizine göre, bu iki kriter birbiriyle ilişkilidir (P-Value = 0.001) ve farkındalık düzeyi personel grubunda yer alan katılımcılar arasında daha yüksektir. Aynı şekilde eğitim kriterinin de geri dönüşüm farkındalığı ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir (P-Value=:0.001). Ki-kare dağılımında en öne çıkan grup, ön lisans mezunu bireylerin düşük puan düzeyi ile kesiştiği bölümdedir ve bu gruba ait Ki-kare değeri oldukça yüksektir. Ön lisans ve lise mezunları düşük puan düzeyinde belirgin bir yoğunluk göstermektedir. Sonrasında da eğitim düzeyinin yükselişiyle sayısal ve oransal ağırlığın yüksek puan düzeylerine doğru kaydığı görülmektedir. Doktora düzeyinde eğitim sahibi bireyler arasında yüksek puan grubuna girenler de farklılık oluşturmuşlardır.

Geri Dönüşüm Tercihleri Konusunda Farkındalık düzeyinin gelire de ilişkili olduğu (P-Value==0.005) belirlenmiştir. Bu iki kriter arasındaki analizde en yüksek gelirin en yüksek puan düzeyinde aldığı grup Ki-kare değeri en önemli farklılığı oluşturmuştur. En yüksek gelirli grup, en yüksek Geri Dönüşüm Farkındalık düzeyinde ağırlık kazanmıştır. Gelire puan düzeyinin tamamen paralel yani aynı yönde yükseldiğini ifade etmek mümkün olmasa da genel olarak böyle bir seyir olduğunu söylemek mümkündür.

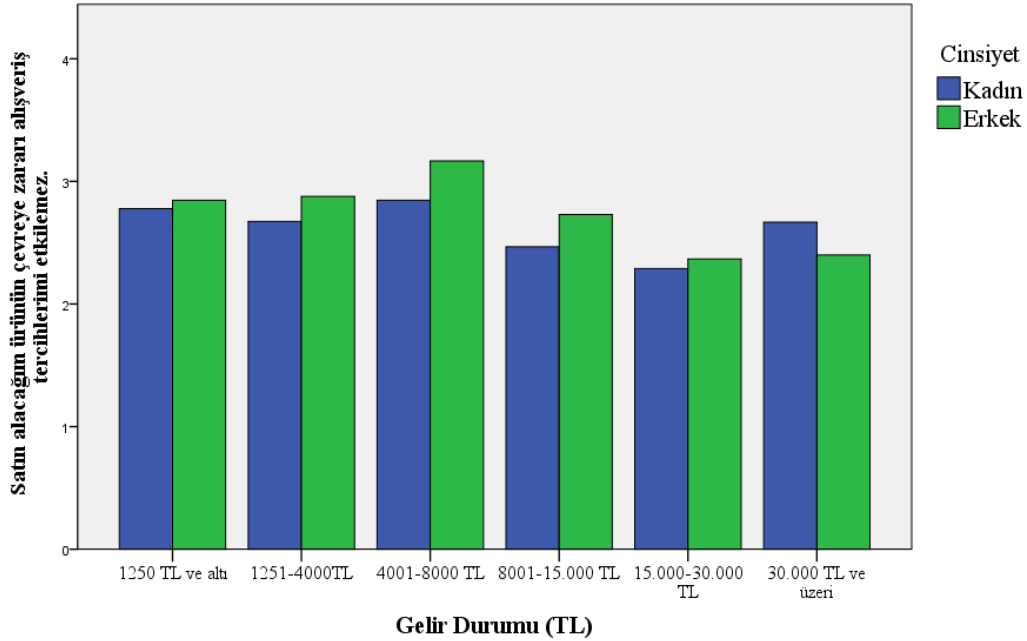
Katılımcıların Tokat'a gelmeden önce yaşadığı yerleşim birimi ile geri dönüşüm konusundaki farkındalıkları ilişkili bulunmuştur (P-Value=0.005). Tokat'a gelmeden önce büyük şehirlerde yaşayan katılımcılar yüksek puan grubunda ağırlıklıdır. Başka deyişle, Geri Dönüşüm Konusunda Farkındalığı yüksek bireyler, büyük şehirlerden Tokat'a gelmiş olanlar arasında sayısal ya da oransal olarak daha fazladır. Mega kentlerde (İstanbul, Ankara, İzmir) yaşıyorken Tokat'a gelmiş olanlar da en düşük puan düzeyinde düşük bir yoğunluktadır.

Katılımcıların geri dönüşüm alışkanlıklarına dair yanıtları frekans analizine göre incelendiğinde ise yerleşke kullanıcılarının çoğunluğu geri dönüşüm konusunda bilgi sahibi olduklarını ifade ederken, kullanıcıların kâğıt, cam, pil ve plastiklerin geri dönüştürülmesi konularındaki alışkanlıklarının yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir durumu gibi değişkenlerde önemli düzeyde bir farklılık göstermediği ortaya çıkmıştır. Katılımcıların %50'sinden fazlası kâğıt, cam, plastik ve pil atıklarını genellikle ve her zaman geri dönüştürdüklerini belirtmişlerdir. Yalnızca eğitim ve gelir düzeyi arttıkça katılımcı gruplarının erişebilecekleri geri dönüşüm noktalarını yetersiz bulduğu görülmüştür. Şekil 6'da katılımcıların geri dönüşüm alışkanlıklarının eğitim durumuyla ilişkisine dair grafik yer almaktadır.



Şekil 6. Eğitim durumu kategorisi ve geri dönüşüm tercihlerine verilen yanıtların kıyaslanması
Figure 6. Comparison of responses to recycling preferences and education level category

Gerçek dönüşüm konusunda katılımcılara yöneltilen sorularda en belirgin farklılık katılımcıların satın aldıkları ürünün çevreye zararının alışveriş tercihlerini etkileyip etkilemediği sorusuna verilen cevaplarda görülmüş, bu durumun gelir durumu ve cinsiyete göre değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle alt ve alt-orta gelir düzeyindeki erkeklerin alışveriş tercihlerinde ürünün çevreye zararını kadınlardan daha az önemsedikleri ortaya çıkmıştır Şekil 7’de bu farklılığı gösteren grafik yer almaktadır.



Şekil 7. Gelir durumu ve cinsiyet kategorileri ile alışveriş tercihlerinin kıyaslanması
Figure 7. Comparison of shopping preferences by income and gender categories

Enerjinin Verimli Kullanımı konusunda farkındalık düzeyi de seçilen kriterlerle analize tabi tutulmuştur.

Bu kriterlerden ilki olan cinsiyet diğer iki farkındalık düzeyiyle ilişkili iken, Enerji Konusunda Farkındalık Düzeyinden bağımsız bulunmuştur.

Yaş diğer iki farkındalık düzeyi gibi Enerjinin Verimli Kullanımı Konusundaki Farkındalık düzeyi ile de ilişkilidir (P-Value=0.001). Analiz sonucu, ileri yaşlara doğru sayısal ve oransal yoğunluğun yüksek puan düzeylerine doğru kaydığını ortaya koymaktadır. Ki-kare dağılımında en büyük Ki-kare değerini alan grup en ileri yaş grubunun (35 ve üzeri) en yüksek puan düzeyinde aldığı değerdir. Bu sonuca göre en ileri yaş grubu belirgin şekilde yüksek puan düzeyinde yoğunluk kazanmıştır.

Katılımcıların üniversitede öğrenci ya da personel konumunda olması da Enerjinin Verimli Kullanımı Konusundaki Farkındalık düzeyi ile ilişkilidir (P-Value=0.001). Personel statüsü ve yüksek puan düzeyi grubu, grup Ki-kare değeri ile öne çıkmaktadır. 35 ve üzerindeki bireyler, en yüksek (25-32) puan grubunda beklenenin oldukça üzerinde bir sayısal değer almıştır.

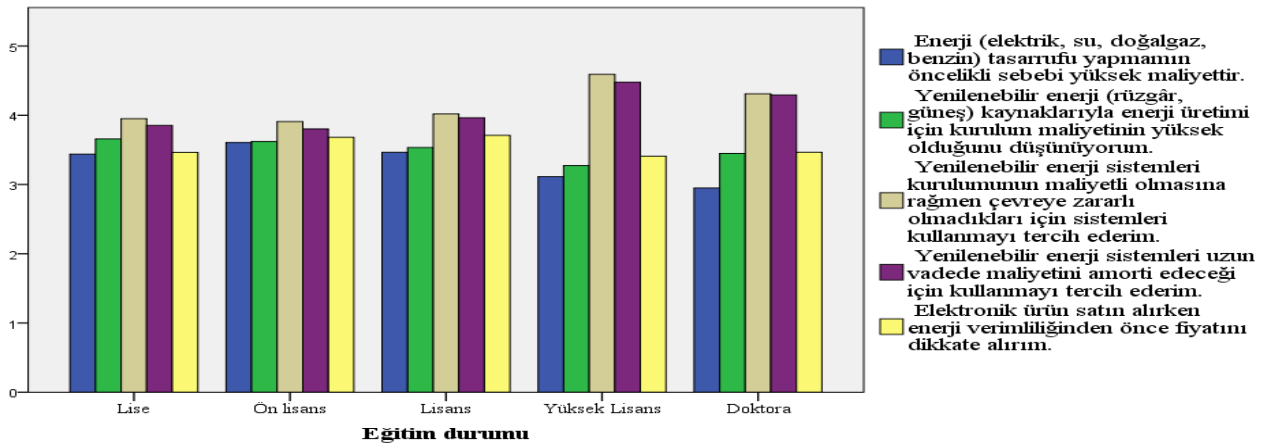
Enerjinin Verimli Kullanımı Konusunda Farkındalık düzeyi eğitimden de bağımsız değildir ve bu kriterle yakından ilişkilidir (P-Value=0.001). Göreli olarak düşük eğitim düzeylerindeki bireyler düşük puan düzeylerinde, yüksek eğitim düzeylerindeki bireyler yüksek puan düzeylerinde beklenenden yüksek değerler almışlardır. En yüksek grup Ki-kare değerleri, lisansüstü eğitime sahip bireylerin en yüksek puan grubunda beklenenden yüksek, en düşük puan grubunda beklenenden düşük gözlem değerleri ile ortaya çıkmıştır.

Gelir Enerjinin verimli kullanımı konusunda farkındalık düzeyi ile istatistiksel olarak ilişkilidir (P-Value=0.001). Özellikle en üstteki iki gelir grubunda bireyler en yüksek puan düzeylerinde ağırlık kazanmıştır. Gelir düzeyiyle enerji konusunda farkındalığın aynı yönde ilişkili olduğu, bir başka deyişle gelir artışıyla farkındalık düzeyi yüksek birey yoğunluğunun da arttığı söylenebilir.

Bireylerin Enerji Verimliliği konusunda Farkındalık düzeyi kalmaya devam ettikleri yerle de istatistiksel olarak ilişkilidir (P-Value=0.001). Ki-kare dağılımına göre, öğrenci evinde kalan bireyler düşük puan düzeyinde, kampüs dışı yurtlarda kalan bireyler ise yüksek puan düzeyindeki yoğunluklarıyla öne çıkmışlardır.

Enerjinin Verimli Kullanımı Konusundaki Farkındalık, bireylerin Tokat'ta yaşadıkları yerleşim birimi ve Tokat'a gelmeden önce yaşadıkları yerleşim biriminden bağımsız, kampüste geçirmiş oldukları süre ile ilişkilidir (P-Value=0.01). Kampüste 4 yıl ve daha uzun zaman geçirmiş olan bireyler arasında Enerji Verimliliği Konusunda yüksek puan düzeyinde olanlar yoğunlukları öne çıkmışlardır.

Yerleşke kullanıcılarının verimli enerji kullanım tercihlerine ilişkin sorulara verdikleri cevapların frekans analizlerinde ise en önemli farklılığın yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetine ilişkin olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların %57.3'ünün enerji tasarrufu yapmalarının öncelikli sebebinin yüksek maliyet olduğunu ifade ettikleri görülmüştür. Katılımcıların %58.1'i ise yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumun maliyetli olduğunu düşünmektedir. Eğitim düzeyinin artmasıyla paralel bir şekilde katılımcıların yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımını maliyetine rağmen tercih ettikleri ve sistemlerin uzun vadede maliyetini amorti edeceğini düşündükleri gözlemlenmiştir. Eğitim düzeyi ve geri dönüşüm tercihleri ilişkisi Şekil 8'de görülmektedir.

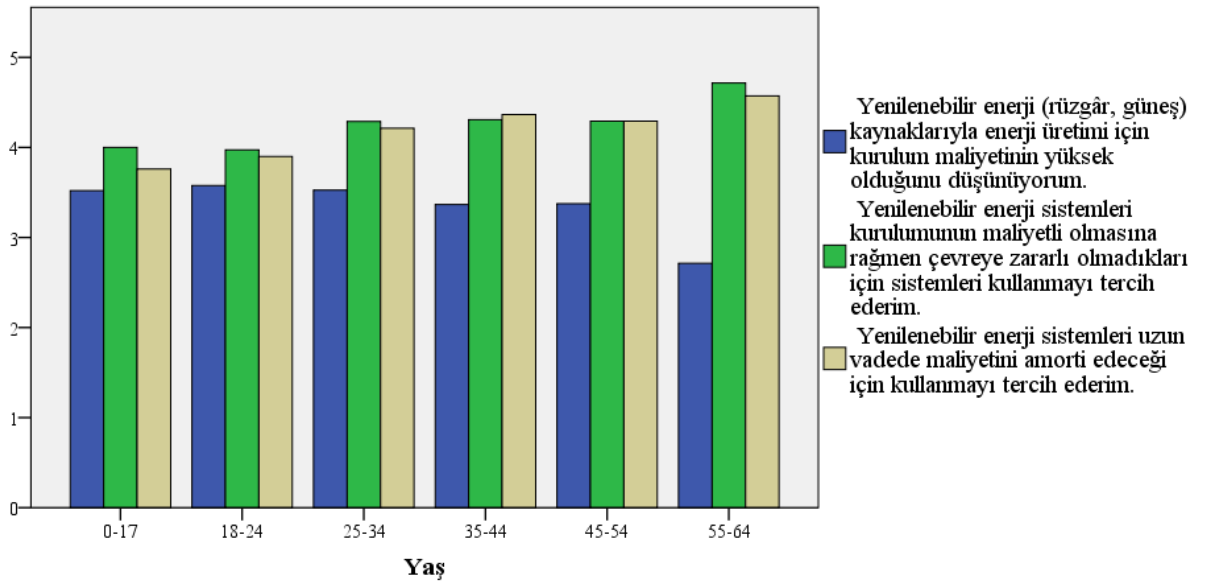


Şekil 8. Yenilenebilir enerji kullanım tercihlerine verilen yanıtlar ve eğitim durumu ilişkisi

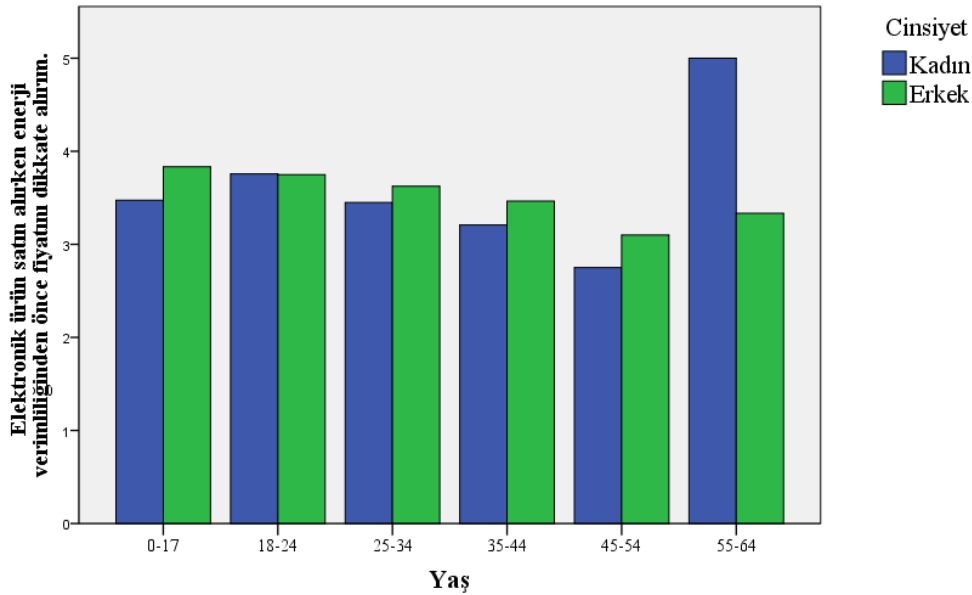
Figure 8. Relationship between mean responses to renewable energy usage preferences and educational status

Yenilenebilir enerji sistemlerinin maliyetleri ve kurulum tercihlerine ilişkin cevapların ise yaşa, eğitim durumuna ve gelir durumuna göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişkenlerin düzeyi arttıkça sistemlerin kullanımın daha çok tercih edildiği ve kurulum maliyetinin yüksek olmadığı düşünülüyor gözlemlenmiştir. Yaş, eğitim düzeyi ve gelir düzeyi arttıkça yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanım tercihlerinde de artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 9'da yenilenebilir enerji sistemleri kullanımına dair yaşa bağlı tercihleri göstermektedir.

Verimli enerji kullanımına ilişkin sorularda en önemli farklılıklardan biri ise katılımcıların elektronik ürün satın alma alışkanlıklarında ortaya çıkmıştır. Katılımcıların %60.5'i elektronik ürün alırken enerji verimliliğinden çok fiyatı düşündüğünü belirtmiş, %26.4'ü ise bu konuda kararsız kalmıştır. Özellikle yüksek yaş grubundaki kadın katılımcılar elektronik alışverişlerinde enerji verimliliğinden çok fiyatı dikkate aldıklarını beyan etmişlerdir. Şekil 10'daki grafik katılımcıların elektronik ürün satın alma tercihlerinin yaş ve cinsiyete göre dağılımını göstermektedir.



Şekil 9. Yenilenebilir enerji kullanım tercihleri ve yaş ilişkisi
Figure 9. Renewable energy usage preferences and age relationship



Şekil 10. Enerji verimli elektronik ürün satın alma tercihleri, yaş ve cinsiyet ilişkisi
Figure 10. Energy efficient electronic product purchasing preferences, age and gender relationship

Tartışma

TOGÜ Kampüs kullanıcılarının çevresel farkındalık düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen anketin değerlendirilmesiyle, anketin içeriğinde yer alan 3 başlık için de katılımcıların farkındalık düzeylerinin farklılık gösterdiği görülmüştür.

Kullanıcıların çevresel tutumla ilişkili sorulara verdikleri yanıtlarda kadın katılımcıların erkek katılımcılara kıyasla farkındalık düzeylerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bostanlıoğlu ve ark. (2017)'nin yapıları çalışmada da aynı durum saptanmış kadın kullanıcıların tutum ve farkındalık ölçeklerinde daha yüksek puan ortalamalarına sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca yaş, eğitim durumu, üniversitedeki konumu ve gelir durumu kategorileri ele alındığında ileri yaş gruplarına ve yüksek eğitim ve gelir gruplarına ait katılımcıların farkındalık düzeylerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Katılımcılara yöneltilen 'çevresel konularda faaliyet gösteren Sivil Toplum Kuruluşlarına üye olup olmadıkları' sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların büyük bir çoğunluğunun üye olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuca benzer olarak Oğuz ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışma sonucunda da yüksek öğretim öğrencilerinin STK'lara katılma konusunda ilgili olmadıkları tespitinde bulunulmuştur. Bu çalışmada ise TOGÜ kullanıcılarının çoğunluğu STK'lara üye olmadıklarını ama üye olmak istediklerini ifade etmişlerdir. Çevresel tutumla ilişkili anket sorularına verilen cevaplarda ise en büyük farklılık çevresel sorunların bireylerin hayatlarına doğrudan etkisi ve bireysel çözümlerin çevre problemlerinin çözümüne katkısı konusunda olmuştur. Özellikle 18-24 yaş arasındaki erkek katılımcılar, çevre sorunlarının hayatlarını doğrudan etkilemediğini ve bireysel önlemlerin sorunların çözümüne katkı sağlamayacağını düşünmektedirler. Bu durum yaş, eğitim düzeyi ve gelir düzeyi ilerledikçe her iki cinsiyetteki katılımcılar için de farklılık göstermektedir. Kısacası çevresel tutuma ilişkin farkındalık düzeyi artışının yaş, eğitim ve gelir durumu ile paralel olarak ilerlediği ortaya çıkmıştır.

Geri dönüşüm tercihlerine dair sorulara verilen cevaplarda TOGÜ Yerleşkesi kullanıcılarının büyük bir bölümü kâğıt, cam, plastik ve pil gibi atıkları dönüştürdüklerini, geri dönüşüm noktalarının artırılmasını ve organik atıkların dönüşümü için imkân sağlanması halinde organik atıklarını da dönüştüreceklerini ifade etmişlerdir. Ar ve Tokol (2010) 'ün yaptığı çalışmada tüketicilerin gerek üretim gerekse kullanım aşamasında çevreye ve insan sağlığına zararsız malzeme ve yöntemlerle üretilmiş, atık durumunda çevreye zarar vermeden yok edilebilen ürünleri tercih etmeye başladıkları belirlenmiştir. Karaaslan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada geri dönüşüm bilincinin geliştirilmesinde demografik faktörler, psikolojik nedenler, ailevi ve toplumsal etkiler, sosyo-ekonomik koşulların etkili olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmada ise katılımcıların geri dönüşüm tercihlerinde yaş, eğitim durumu, gelir düzeyi ve konaklama yeri gibi değişkenlerin ilişkili olduğu fakat büyük bir farklılık yaratmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle gelir durumu ele alındığında düşük ve orta gelir grubundaki genç katılımcıların alışveriş tercihlerinde geri dönüştürülebilir materyallere yönelmedikleri ortaya çıkmış, yüksek gelir grubunda yer alan ileri yaşta katılımcıların ise alışveriş ve geri dönüşüm alışkanlıklarında diğer gruplara nazaran çevre dostu ürünler kullanmayı daha fazla tercih ettikleri görülmüştür. TOGÜ yerleşkesi kullanıcılarının geri dönüşüm alışkanlıklarına dair sorulara verdiği cevapların değerlendirilmesinin sonucunda kullanıcıların geri dönüşüm konusunda bilinç düzeylerinin geri dönüşüm faaliyetlerini gerçekleştirme düzeyinden daha ileri seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Enerjinin verimli kullanımına ilişkin yanıtların da diğer iki soru grubunda olduğu gibi yaş, eğitim ve gelir durumuna dair farklılıklara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Cinsiyet ise diğer iki başlıkta farklılık gösterirken verimli enerji kullanımı kategorisinde yer alan cevaplarda kadın ve erkek katılımcıların cevaplarında belirgin bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kullanım tercihlerine ilişkin üniversite öğrencileri arasında yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, Bilen ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada lisans öğrencilerinin yenilenebilir enerji kaynakları kullanım tercihleri cinsiyete göre değişkenlik gösterirken bu çalışmada ve Oral (2020)'in çalışmasında cinsiyetin tercihler üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Enerjinin verimli kullanımına ilişkin sorularda özellikle yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumu ve maliyetine ilişkin sorularda yaş, eğitim seviyesi ve gelir seviyesi yükseldikçe yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilme oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum gençlerin enerji verimliliğinden çok ekonomik koşulları önceliğinin bir göstergesidir. Öte yandan tüm kategorilerdeki katılımcıların çoğu elektronik alışverişlerinde enerji verimliliğinden önce ürünün

fiyatına dikkat ettiklerini belirtmişlerdir. Bu durum hem yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımında hem de alışveriş tercihlerinde maliyetin katılımcılar tarafından ön planda tutulduğunun göstergesidir.

Sonuç ve Öneriler

Yapılan tüm değerlendirmeler sonucunda TOGÜ yerleşkesi kullanıcılarının çoğunluğu çevre sorunları konusunda bilgi sahibi olduklarını, günlük yaşamlarında enerji tasarrufuna dikkat ettiklerini ve atıkların geri dönüşümüne katkı sağladıklarını belirtmişlerdir. Çevresel tutum, geri dönüşüm tercihleri ve enerjinin verimli kullanımına ilişkin katılımcılara yönlendirilen sorulara verilen cevaplar, katılımcıların çevre sorunları ve sorunların çözümü için alınması gereken bireysel önlemler hakkında bilgi sahibi oldukları yönündedir. Öte yandan çevre dostu alışveriş tercihleri, organik ve inorganik malzemelerin geri dönüştürülmesi, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi kullanıcıların günlük yaşamlarına adapte edebilecekleri bireysel önlemlerin uygulanması konusunda kullanıcı profili kategorilerine göre farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Her bir soru grubu için yaş, eğitim seviyesi ve gelir seviyesi arttıkça hem bilinç hem tutuma ilişkin farkındalık düzeyinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, TOGÜ yerleşkesinde çevresel farkındalık düzeyinin artırılması için gençlere yönelik bilgilendirme çalışmaları yapılmalı, bu konuda faaliyetler yapan sivil toplum kuruluşlarına öğrencilerin katılımı sağlanmalı, çevre bilincini artıracak etkinlikler düzenlenmeli, yerleşkenin geri dönüşüm potansiyelini artırmak için yerleşkenin birden fazla konumuna kolay erişilebilen geri dönüşüm noktaları yerleştirilmeli, kampüste kullanılan enerji yenilenebilir kaynaklarından üretilerek kullanıcıların bireysel hayatlarında da yenilenebilir enerji kullanması teşvik edilmelidir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Ak, Ö., Genç, A.T., 2018. Üniversite öğrencilerinin geri dönüşüm bilinci üzerine bir araştırma: Sakarya Üniversitesi örneği. Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi. 4(2): 19-39.
- Ar, A.A., Tokol, T., 2010. Tekstil sektöründeki işletmelerin yeşil pazarlamadan kaynaklı kazanımları. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi. 9(31): 148-168.
- Arı, E., Yılmaz, V., 2016. A proposed structural model for housewives' recycling behavior: a case study from Turkey. Ecological Economics. 129:132-42.
- Aydoğdu, Ç., 2021. Yenilenebilir enerji sektöründe ve enerji verimliliğinde kamusal destekler ve türkiye'de yansımaları. Akademik İzdüşüm Dergisi Journal of Academic Projection. 6 (1): 52-74.
- Ayvaz, Y., 1998. Çevre eğitiminde temel kavramlar el kitabı. Çevre Eğitim Merkezi Yayınları. 1998, 98. İzmir.
- Bilen, K., Özel, M., Sürücü, A., 2013. Fen bilgisi öğretmen adaylarının yenilenebilir enerjiye yönelik tutumları. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. (36).
- Bostancıoğlu, D., Saraçoğlu, G.V., Öztürk, M., 2017. Öğrencilerin çevre farkındalık ve tutum düzeyleri ve bunları etkileyen faktörlerin araştırılması. Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi. (60): 266-278.
- Büyüksaatçı, S., Küçükdeniz, T., Esnaf, Ş., 2008. Geri dönüşüm tesislerinin yerinin gustafson-kessel algoritması-konveks programlama melez modeli tabanlı simülasyon ile belirlenmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 7(13): 1-20.
- Çelik, E.Ş., Şahin, Y., 2023. Geri dönüşüm süreci için yeni bir bulanık envanter modeli. DEÜ FMD. 25(7): 21-36.
- Dikmen, S., 1993. İlköğretim kurumlarında çevre için eğitim: Çevre eğitimi. Türkiye Çevre Vakfı Yayını. Ankara.
- Eroğlu, R., Aydemir, E., 2021. Geri dönüşüm sürecinde kusurlu yeniden üretim durumu için yeni bir envanter modeli. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. (23): 381- 397.
- Geray, C., 1992. Çevre için eğitim. İnsan çevre toplum. İmge Yayınları, 229. Ankara.
- Gülay, H., Önder, A., 2011. Sürdürülebilir Gelişim İçin Okulöncesi Dönemde Çevre Eğitimi. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- Gülay, H., Öznacar, M. D., 2010. Okul öncesi dönem çocukları için çevre eğitimi etkinlikleri. Pegem Akademi. Ankara.
- Karaaslan, A., Oktay, E., Karabacak, E., 2022. Üniversite öğrencilerinin geri dönüşüm bilincinin araştırılması. Efe Akademi Yayınları.

- Karagözoğlu, N., 2020. Causes and solution proposals for environmental problems: Yozgat example. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*. 42: 356-373.
- Kazu, H., Yapıcı Ödemiş, F., 2023. Geri dönüşüm etkinliklerinin okul öncesi eğitim kurumu öğrencilerinin farkındalık düzeylerine etkisinin incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 25(1): 34-53.
- Kubicki, MA., McGain, F., O'Shea, CJ., Bates, S., 2015. Auditing an intensive care unit recycling program. *Crit Care Resusc*. 17(2):135-40.
- Largo-Wight E, Bian H, L.L., 2012. An empirical test of an expanded version of the theory of Planned Behavior in predicting recycling behavior on campus. *AJHE*. 43(2):66-73.
- McDermott-Levy, R., Fazzini, C., 2010. Identifying the key personnel in a nurse-initiated Hospital Waste Reduction Program. *Nurs Adm Q*. 34(4):306-10.
- Oğuz, D., Çakıcı, I., Kavas, S., 2011. Yükseköğretimde öğrencilerin çevre bilinci. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 12(1): 34-39.
- Oral, M., 2020. Yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin bir farkındalık araştırması. *Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi*. 5(2): 387-397.
- Prestin, A., Pearce, K.E., 2010. We care a lot: Formative research for a social marketing campaign to promote school-based recycling. *Resources, Conservation and Recycling*. 54(11): 1017-1026.
- Riedel, L.M., 2011. Environmental and financial impact of a Hospital Recycling Program. *AANA Journal*. 79(4):8-14.
- Sagbaş, A., Başbuğ, B., 2018. Sürdürülebilir kalkınma ekseninde enerji verimliliği uygulamaları: Türkiye değerlendirmesi. *European Journal of Engineering and Applied Sciences. (J. Eng. App. Sci)*. 1(2): 43-50.
- Şallı, D., Dağal, B.A., Küçüköğlü, E.K., Niran, Ş.S., Tezcan, G., 2013. Okul öncesinde geri dönüşüm kavramı: Aile katılımlı proje tabanlı bir program örneği. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*. 2(2): 234-241.
- Şenel, Ö., 2023. Geri dönüşüm kutusu kullanımının zorunlu tutulmasının yeşil tüketim ve geri dönüşüm davranışları üzerindeki etkisi: Akademik personeller üzerine bir araştırma. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 15(3): 219-228.
- Tamkoç, H., Savaş, İ., Savaş, V., Tamkoç, O., 2024. Sıfır atık projesi ile öğrencilerde oluşan atık yönetimi ve geri dönüşüm farkındalığının değerlendirilmesi. *International Journal of Social Sciences*. 8(3): 497-510.
- Tunç, A.Ö., Ömür, G.A., Düren, A., 2012. Çevresel farkındalık. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*. (47).



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

Mersin-Erdemli İlçesi Limon Bahçelerinin Zamansal ve Alansal Değişimlerin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi

İnci Demirağ Turan^{1*}  Orhan Dengiz²  Emine Arslan³ 

¹Samsun Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun Türkiye,

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye,

³Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erdemli, Mersin, Türkiye

*Sorumlu yazar: dmrinci@gmail.com

Geliş Tarihi: 14.08.2024

Kabul Tarihi: 08.10.2024

Öz

Tarımsal üretim, günümüzde artan nüfusla birlikte oldukça önemli duruma gelmiştir. Buna bağlı olarak, tarımsal üretim alanları gün geçtikçe artmaktadır. Fakat bu artış, özellikle hızlı ve plansız kentleşme sonucu tarım alanlarında baskıyı artırırken, tarım alanlarının uygun olmayan orman-mera veya doğal alanları üzerine doğru kaymalarına neden olabilmektedir. Arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerindeki zamansal değişimleri belirleyerek, bu kullanım türlerinin alansal değişiminin tespiti yapılabilir. Böylece değişimin yönü belirlenerek arazi kullanım planlama çalışmaları ile gerekli planlamalar ve tedbirler alınabilir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki limon yetiştiriciliği açısından en fazla ve en önemli üretim yeri olan Mersin ili Erdemli ilçe sınırları içerisinde limon üretim alanlarının zamansal olarak değişimini belirlemektir. Çalışmada 2000 ve 2023 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri ve 2005-2015 yıllarına ait vektör limon parsel verileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 23 yıllık ara ile iki farklı tarihe ait Landsat uydu görüntüsü kullanılarak arazi kullanım ve arazi örtüsünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Limon arazilerinin 2000 yılında 9826 hektar alan kaplarken 2023 yılında 11300.2 hektar alana yükseldiği, mera alanlarının 19764.2 hektardan 15215.4 hektara, orman alanlarının ise 16287.7 hektardan 16054 hektara düştüğü belirlenmiştir. Sera alanları da alanda artış göstermiş olup 1108.4 hektardan 1535.9 hektara yükselmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı- arazi örtüsü değişimi, uzaktan algılama, limon bahçesi, Erdemli

Determination of Temporal and Spatial Changes in Lemon Orchards of Mersin-Erdemli District by Remote Sensing and GIS

Abstract

The significance of agricultural production has increased in tandem with the global population. The area dedicated to agricultural production is expanding at a rapid pace. Nevertheless, while this expansion exerts pressure on agricultural areas, particularly as a consequence of rapid and unplanned urbanisation, agricultural areas may also result in the conversion of forest and pastureland to less suitable natural habitats. By determining the temporal changes in land cover and land use types, it is possible to ascertain the spatial change of these use types. Thus, the direction of change can be determined and necessary plans and measures can be taken with the aid of land use planning studies. The objective of this study is to ascertain the temporal evolution of lemon production areas within the boundaries of Erdemli district in Mersin province, which represents the largest and most significant production area in Turkey. The study employed Landsat satellite images from 2000 and 2023 and lemon vector parcel data from 2005 to 2015. According to the results obtained, the changes in land use and land cover were analysed by using Landsat satellite images of two different dates with an interval of 23 years, and the lemon land, which covered an area of 9826 ha in 2000, increased to 11300.2 ha in 2023. The increase in the area of greenhouse areas increased from 1108.4 ha to 1535.9 ha. Pasture land decreased from 19764.2 ha to 15215.4 ha, forest land decreased from 16287.7 ha to 16054 ha in 2023.

Keywords: Land use-land cover change, remote sensing, lemon orchard, Erdemli

Giriş

Günümüzde tarımsal üretim, artan nüfusla birlikte oldukça önemli duruma gelmiştir. Buna bağlı olarak tarımsal üretim alanları gün geçtikçe artmaktadır. Fakat bu artış, özellikle hızlı ve plansız kentleşme sonucu tarım arazileri üzerindeki baskıyı artırırken, aynı zamanda tarım alanlarının uygun olmayan orman-mera veya doğal alanları üzerine doğru kaymalarına neden olabilmektedir. Arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerindeki zamansal değişimleri belirleyerek, bu kullanım türlerinin alansal değişiminin tespiti yapılabilir. Böylece değişimin yönü belirlenerek arazi kullanım planlama çalışmaları ile gerekli planlamalar ve tedbirler alınabilir.

Tarımsal üretimde önemli bir yeri olan ve ekonomik değeri yüksek portakal, mandalina, limon, altıntop, turunç, kamkat, gibi turunçgiller, Rutaceae Ailesi'nin Aurantioideae Alt Familya'sının üyesi olan Citrus cinsine aittir. Önemli bir C vitamini kaynağı olan turunçgillerin reçel, meyve suyu gibi farklı alanlarda da kullanımı söz konusudur. 2021 yılında yaklaşık 8.7 milyon hektar alanda turunçgil üretimi yapılmıştır (FAO, 2023) Bu üretimin %45'ini portakal, % 36'sını mandalina, % 15'ini limon ve % 4'ünü greyfurtur. 2021 yılında Türkiye'de ise 166 bin hektar alanda turunçgil üretimi yapılmaktadır. Dünyadaki turunçgil üretiminde Asya Kıtası % 44.9 ile ilk sıradadır (Atlı ve Söyler, 2018). USDA (2023) verilerine göre 2022/2023 üretim sezonunda 48 milyon ton portakal, 37 milyon ton mandalina, 9 milyon ton limon üretimi gerçekleşmiştir.

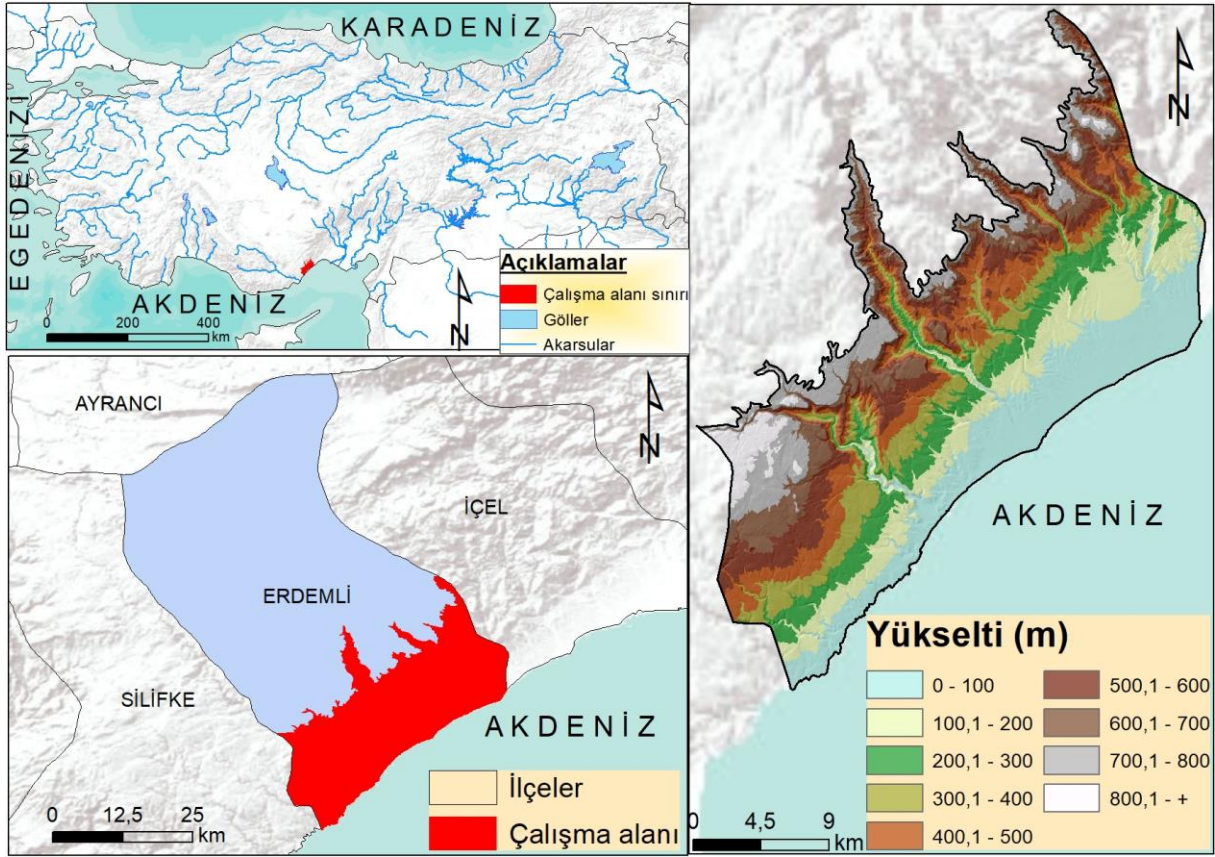
Turunçgiller içinde önemli bir yeri olan limonun pek çok kullanım alanı mevcuttur. Limon; suyu, eti, çiçeği, kabuğu gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca kozmetik ürünler, parfüm ve mum gibi farklı alanlarda kullanılan bitkidir (Şahin, 2022). Bu nedenle hem dünyada hem de Türkiye'de de limonun üretim alanları artış göstermektedir. Dünya üzerindeki limon üretim alanları, 2017 yılında 1.105 hektar iken 2021 yılında 1.338 hektara yükselmiştir (FAO, 2023). Türkiye, limon üretimi açısından 2022/2023 1.3 milyon tonluk üretim miktarı ile dünyada dördüncü sırada yer almaktadır. Bu üretimin büyük kısmı Akdeniz ve Ege bölgelerinde olmaktadır. Türkiye'de 2018 yılında 1.100.000 ton olan limon üretimi 2022 yılında 1.323.000 tona yükselmiştir (TUİK, 2023). Mersin ili, Türkiye' de limon üretimi açısından stratejik bir öneme sahip olup %47'lik üretim payı ile ilk sırada yer almaktadır (TUİK, 2023). Mersin ilinde limon üretim miktarında her yıl artışlar gözlenmektedir. Limon üretiminde meydana gelen bu artışlar, ihracatı da etkilemektedir. 2018/2019 piyasa yılında 528.980 ton olan limon ihracatı, 2022/2023 yılında ise 595.334 tona yükselmiştir (TUİK, 2023). Bu durumda genel olarak limon üretiminin alan ve oran olarak yıllar düzeyinde artış gösterdiğini söylemek mümkündür. Limon yetiştiriciliği açısından doğru bir değerlendirme yapabilmek için üretim miktarındaki artışların yanı sıra üretim alanlarında meydana gelen artışların da belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu alan bazlı artışların, hangi arazi kullanım türü üzerinde gerçekleştiğinin belirlenmesi de önemlidir. Limon yetiştiriciliği ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin Koca (1997) yaptığı çalışmada, Erdemli'de limon yetiştiriciliğinin coğrafi esaslarını incelemiş ve limon tarımının ekonomik katkısını belirleyerek sorunları ile ilgili çözüm önerilerinde bulunmuştur. Çalışmada, Erdemli'nin gelişmesi ve nüfusun hızla artması sonucu limon yetiştiriciliğinin de hızla arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Şahin (2022) ise Türkiye'de limon üretiminin coğrafi işaret kapsamındaki limonlar ile Türk limonlarının rekabet gücünün artırılmasına yönelik tedbirleri ele almış, limon üretim alanlarının planlı bir şekilde yapılması gerektiğinin üzerinde durmuştur.

Bu çalışmanın amacı, 2000 ve 2023 yılları arasında Türkiye'de limon yetiştiriciliği açısından en fazla üretim yapılan ve en önemli üretim yeri olan Mersin ili Erdemli ilçe sınırları içerisinde limon üretim alanlarının zamansal olarak değişimini belirlemektir. Farklı yıllara ait uydu görüntülerinden ayrıca diğer arazi türlerinin de (orman, mera, yerleşim alanı) tespiti yapılarak hangi arazi türünden limon arazisine dönüştürüldüğünün tespiti de amaçlar arasındadır.

Materyal ve Yöntem

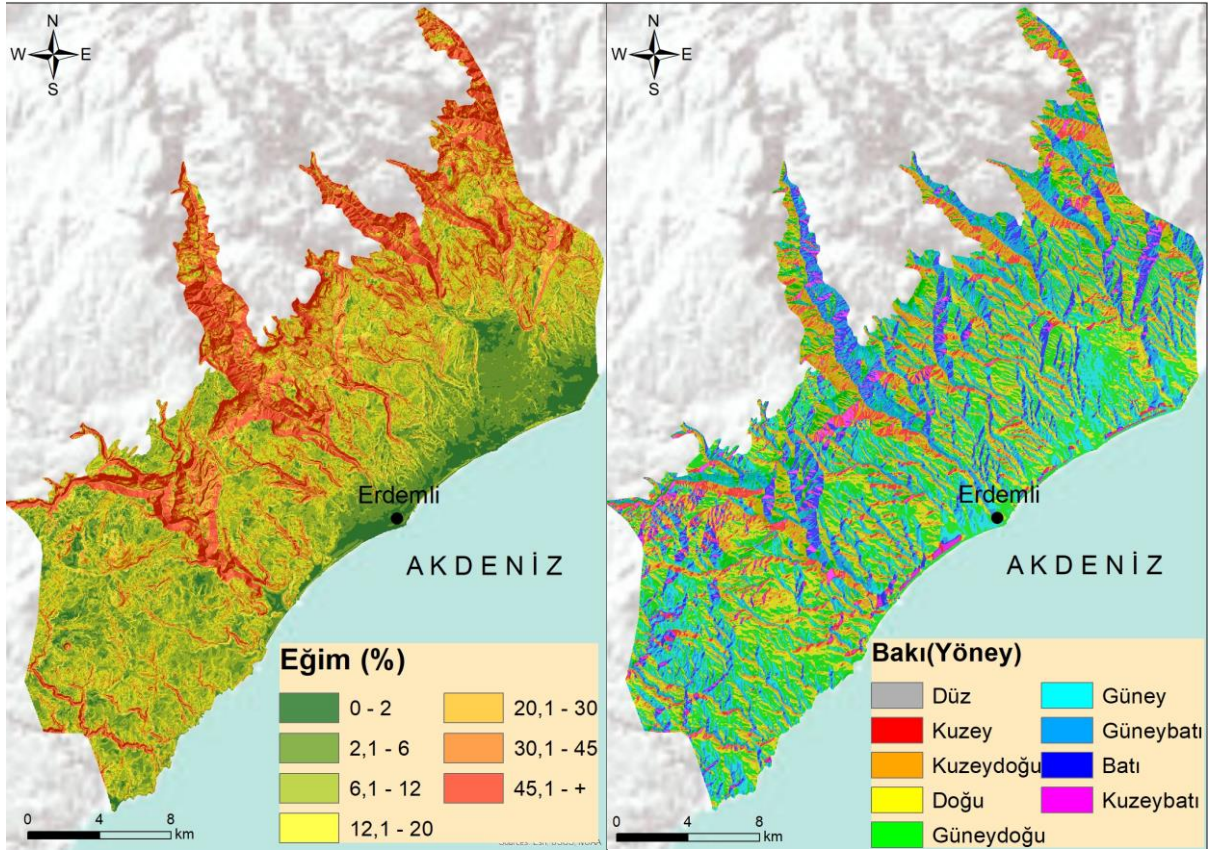
Çalışma alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Mersin ilinin Erdemli ilçesinde yer almaktadır. Kuzey sınırı, kıyıdan itibaren 800 m izohipsi esas alınarak belirlenmiştir. Doğusunda İçel, batısında Silifke ilçeleri ve güneyinde Akdeniz bulunmaktadır (Şekil 1). Ayrıca çalışma sahası, 36° 32' 22"-36° 47' 05" kuzey paralelleri ile 34° 05' 55"- 34° 26' 14"doğu meridyenleri koordinatları arasındadır ve yaklaşık olarak 5430.96 hektardır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası
Figure 1. Location map of the study area

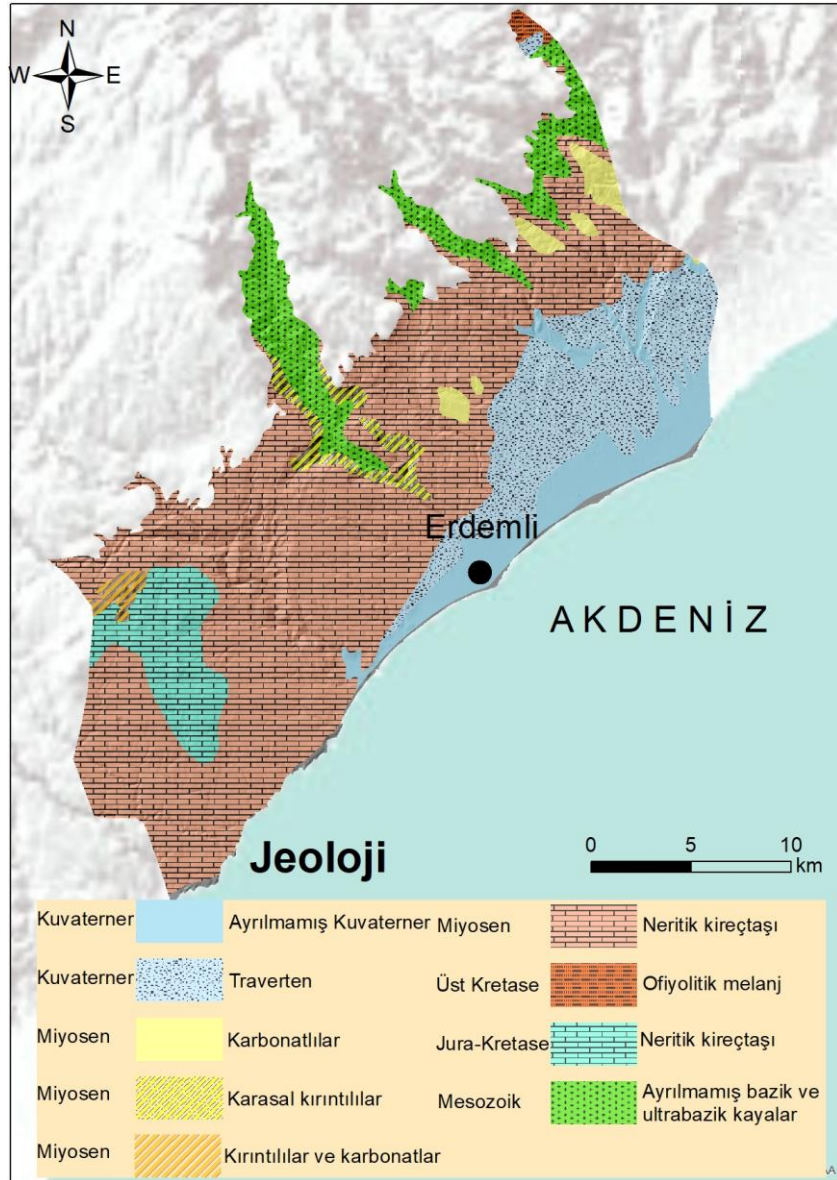
Çalışma alanının yükseltisi deniz seviyesinden başlayarak 800 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 1). Alüvyal depo alanlarında eğim değerleri ortalama % 0 ile 2 arasındadır (Şekil 2). Bu değer kuzeydeki dağlık bölgelerde % 45'in üzerine çıkmaktadır. Genel olarak çalışma alanının bakı yönü ise güney yöndedir.



Şekil 2. Çalışma alanının eğim ve bakı haritası
Figure 2. Slope and aspect map of the study area

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler doğrultusunda 1975-2011 yılları arasında sıcaklık ortalaması Erdemli için 18.3 °C olup yıllık toplam yağış ortalaması 556.41 mm'dir. Yağışlar genellikle kışın olmaktadır. Thornthwaite iklim sınıflama sistemi, Erdemli ölçüm istasyonlarına ait verilere uygulandığında çalışma sahası ikliminin "C1 B3 s2 b4" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Karabulut ark., 2013). Yani çalışma sahası iklimi, kurak-az nemli, mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde ve çok şiddetli olan, okyanus tesirine yakın tali iklim sınıfındadır.

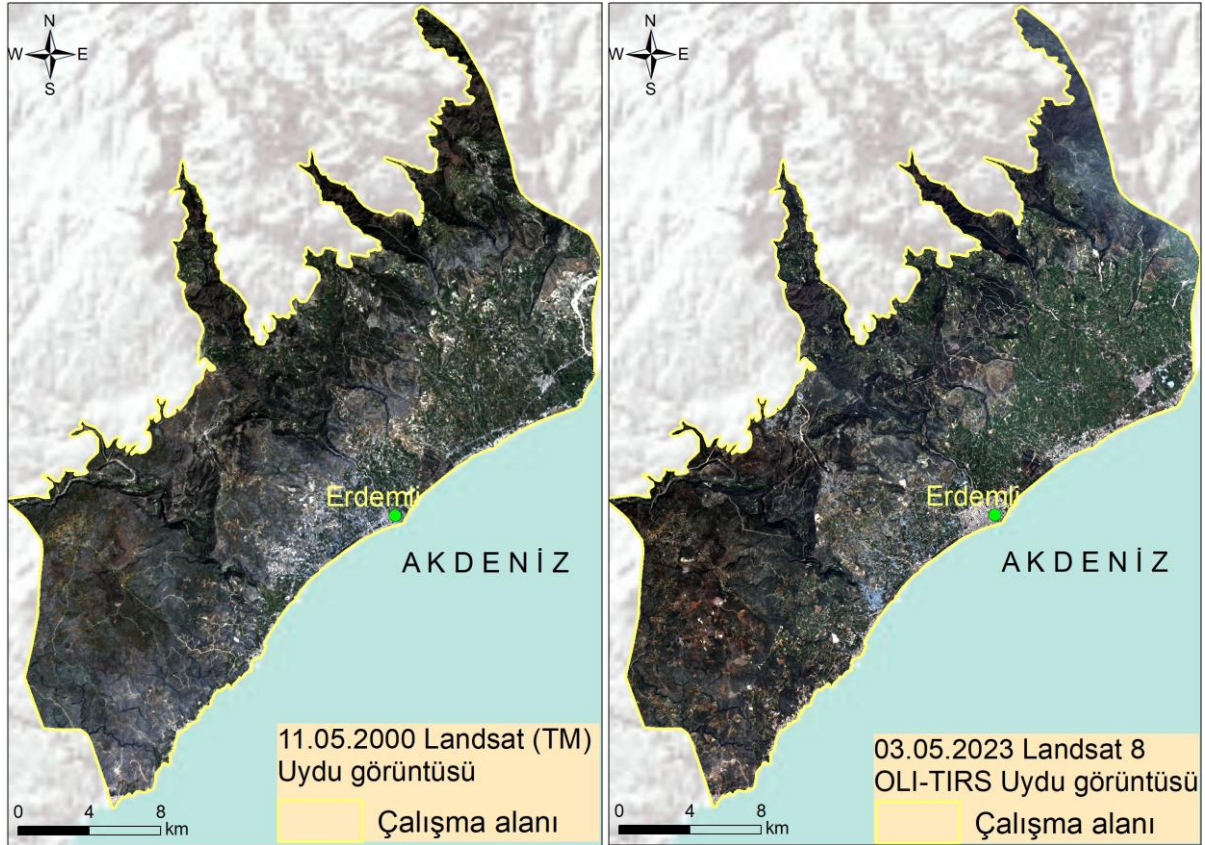
Verimli alüvyal topraklara sahip kıyı kesiminde yoğun olarak limon tarımı yapılmaktadır. Sahada hakim unsur Miyosen yaşlı kireçtaşıdır (Şekil 3). Bu jeolojik unsur alan içerisinde 3115.43 hektar alan ile alanın % 57.4'ünü kaplamaktadır. Kıyıda Erdemli şehir merkezi ve çevresinde alüvyal araziler yayılış göstermektedir. Alüvyal tabanlı olan bu ovalar, Adana ili ovalarının bir devamı olarak görülüp; Pleistosen'de oluştuğu görüşü öne çıkmaktadır (Koca, 1994). Alanın kuzeyinde dağlık alanlarında ise Mesozoik yaşlı, ayrılmamış bazik ya da ultrabazik kayalar yayılış göstermektedir.



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası
Figure 3. Geological map of the study area

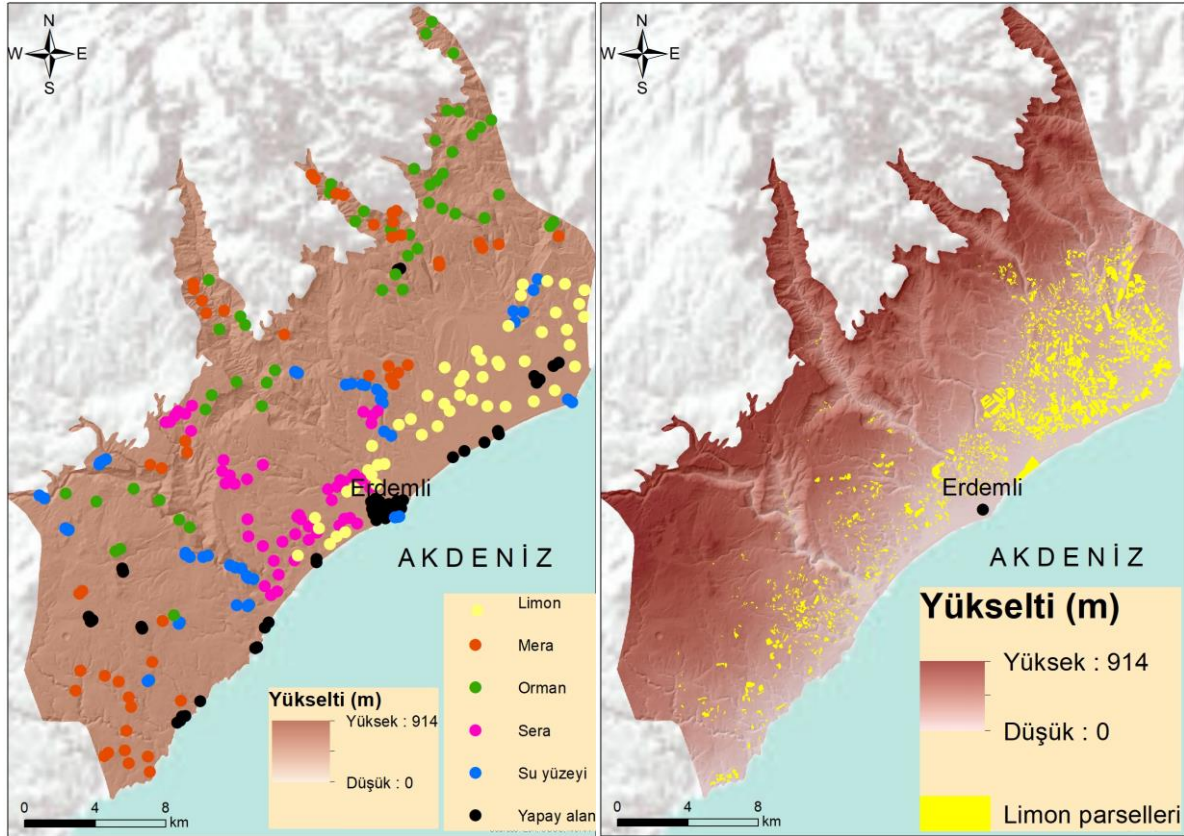
Materyal ve Yöntem

Çalışma alanında limon alanlarının belirlenmesi ve zamansal olarak değişiminin ortaya konması açısından hem limon alanları hem de diğer arazi türlerinin değişimi için 03.05.2023 Landsat 8 OLI-TIRS ve 11.05.2000 Landsat (TM) tarihlerine ait uydu görüntüleri üzerinden işlem yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanının LANDSAT uydu görüntüleri (2000, 2023)
Figure 4. LANDSAT satellite images of the study area (2000, 2023)

Çalışma alanı farklı iki uyduya girdiğinden sınıflandırma işlemi yapmadan önce mozaikleme uygulanmıştır. Mozaikleme işleminden sonra radyometrik, atmosferik düzeltme işlemleri yapılmış ve Pan-Sharpening işlemi yapılarak görüntü zenginleştirme yapılmıştır. ENVI 5.3 programı kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Arazi çalışmalarında her bir sınıf için 50 adet olmak üzere 300 adet nokta belirlenmiş ve bunların koordinatları kaydedilmiştir (Şekil 5). En çok kullanılan yöntem En Yüksek Olasılık (Maksimum Likelihood) yöntemidir (Ekercin, 2007). Bu nedenle bu çalışmada En Yüksek Olasılık yöntemi kullanılarak altı farklı sınıf oluşturulmuştur (limon arazisi, yapay alan, su yüzeyi, orman, mera ve sera). Sınıflandırma işlemi ve sonundaki doğruluk analizi için ENVI 5.3 programı, haritaların yapımında da ArcGIS 10.8 programları kullanılmıştır. Elde edilen sınıflandırılmış haritalar doğruluk analizleri yapılmıştır. Ayrıca, çalışma alanı için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından limon parselleri olarak kayıt edilen alanlar da kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanından alınan yer kontrol noktaları ve limon parselleri
Figure 5. Ground control points and lemon plots taken from the study area

Doğruluk Analizi

Uzaktan algılama veri ve tekniklerinin hızla gelişmesi farklı alanlarda kullanımı sağlamıştır. Doğruluk analizinden elde edilen sonuçların gerçek verilerle kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, gerçek arazilerden referans noktaları belirlenerek doğruluklarının kontrol edilmesi uzaktan algılama çalışmaları için önemlidir (Dağıstanlı ve ark., 2018).

Doğruluk analizi, en yaygın olarak kullanılan hata matrisi yöntemi (Fan ve ark., 2007) ile belirlenmiştir. Gerçek araziden alınan yer kontrol noktaları ile kontrollü sınıflandırma yapılan harita istatistiksel olarak karşılaştırılır. Sınıflandırma sonrası karşılaşılan hatalar, piksellerin yanlış sınıflara atanmasından dolayı meydana gelmektedir. Ayrıca, sınıflandırma sonrası doğruluk analizlerinde hata matrisi ile birçok hata ölçüsü oluşturulabilir. Kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve genel doğruluk en çok kullanılan hata ölçülerindedir (Yan, 2006). Kullanıcı doğruluğu aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Yan, 2006) (Eşitlik 1).

$$\text{Kullanıcı Doğruluk} = \frac{n_{ii}}{n_{ik}} \quad (1)$$

Burada; n_{ii} : sınıflandırılmış piksel ve n_{ik} : sınıflandırılan toplam piksel anlamına gelmektedir, Üretici doğruluğu ise her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının, o sınıf için seçilen gerçek örtü tipi örnekleme sayısı toplamına (sütun toplamı) bölünmesiyle hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$\text{Üretici Doğruluk} = \frac{n_{ii}}{n_{ki}} \quad (2)$$

Burada; n_{ii} : Doğru olarak sınıflandırılmış piksel ve n_{ki} : o sınıf için seçilen gerçek örtü tipi örnekleme sayısı toplamı anlamına gelmektedir,

Bu iki değerden birinin 100'e yakındır. Ancak iki değerden birinin yada ikisinin de küçük olması durumunda yeniden değerlendirme yapılmalıdır (Boyacı, 2012).

Genel doğruluk, her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının, toplam referans piksel sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Eşitlik 3).

$$Doğruluk\ Yüzdesi = \frac{\sum_{k=1}^q n_{kk}}{n} \times 100 \quad (3)$$

nkk: sınıflandırılmış piksel sayısı
n: toplam referans piksel sayısı
Sonucun % 80'in üzerinde olması genel olarak işlemin doğru olduğu kabul edilir (Koç ve Yener, 2001; Özdemir ve Özkan, 2003).
Sınıflandırma sonrası kappa (k) değerine de bakılır (Eşitlik 4).

$$K_{hat} = \frac{N \sum_{i=1}^R X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \quad (4)$$

Bu eşitlikte kullanılan semboller aşağıdaki gibidir:

Bu eşitlikte kullanılan semboller:

r : hata matrisindeki toplam satır sayısı,

Xii: i. satır ve sütundaki piksel sayısı,

Xi: i. satırdaki toplam piksel sayısı,

N : matrisin tamamındaki piksel sayısı

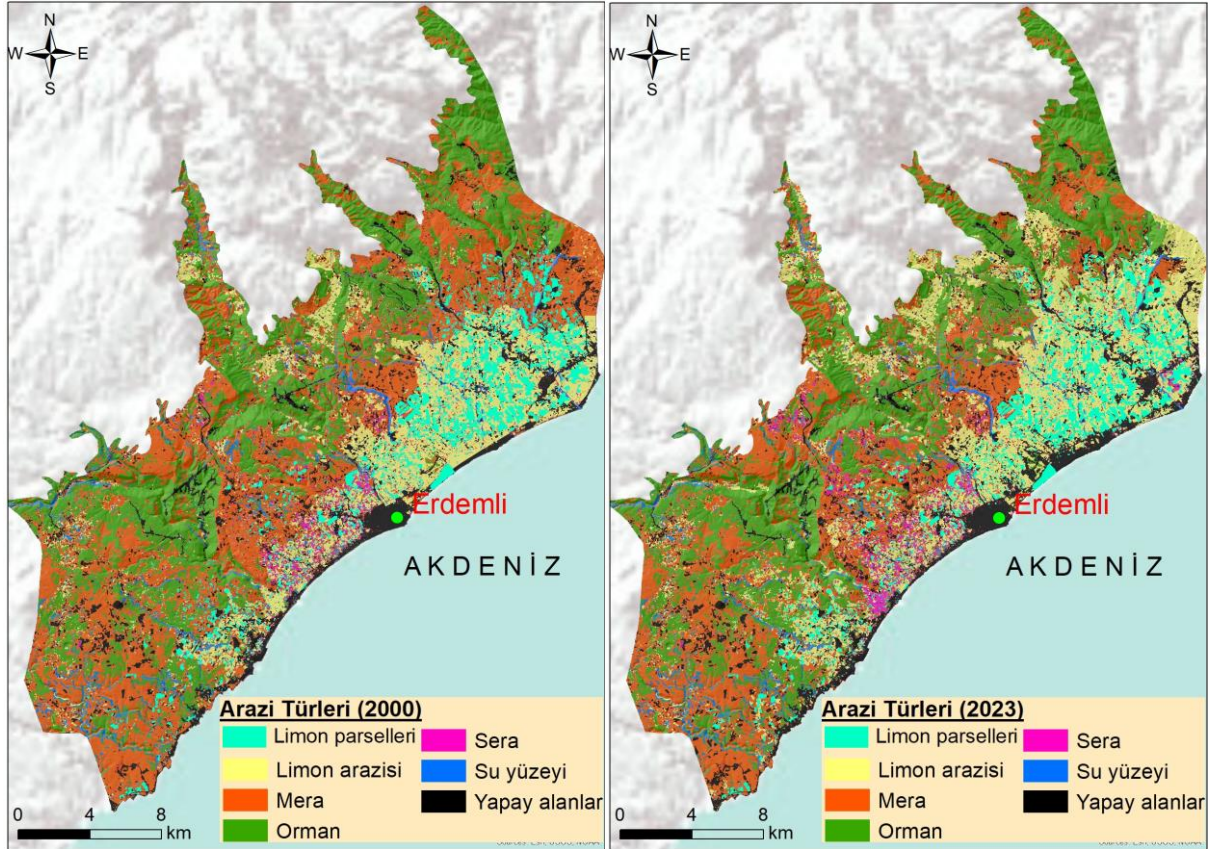
Kappa değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır. Bu değerin 1'e yakın olması sınıflandırmanın doğru ve güvenilir olduğunu gösterir (Lillesand ve ark., 2008). Sınıflandırıldığında ise aralıklar şu şekildedir: k: ≤ 0.20 ise önemsiz uyum, k: 0.21-0.40 ise minimal uyum, k: 0.41-0.60 ise orta derecede uyum, k: 0.61-0.80 ise önemli derecede uyum, k: 0.81-1.00 ise gözlemciler arasındaki uyumun tamdır (Çelik, 2006).

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Erdemli ilçesi kıyı kesiminde 2000 ve 2023 yılları arasında limon yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlardaki değişim incelenmiştir. Bu amaçla Landsat uydu görüntülerinden faydalanılarak alanın arazi kullanımı belirlenmiştir. Çalışma alanında 2000 yılında 9826 hektar alan kaplayan limon arazisi 2023 yılında 11300.2 hektar alana yükselmiştir (Çizelge 1). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kayıt altına alınan limon parsellerinin 2015 yılına ait verileri 3464 ha alan kaplamaktadır. Alanda her iki yılda da limon arazileri, limon parsellerinden daha fazla alan kaplamaktadır. Mera alanları 2020 yılında 19764.2 hektar iken 2023 yılında 15215.4 hektara düşmüştür. Yine orman arazisinde de bir azalış söz konusudur. Orman arazileri, 2020 yılında 16287.7 hektar alan kaplarken 2023 yılında 16054 hektara gerilemiştir. Çalışma alanında kıyıda özellikle yerleşim yerleri çevresinde limon arazilerinde artış yaşanmıştır (Şekil 6). Ayrıca 2000 yılı ve 2023 yılı sınıflandırılmış görüntüyü karşılaştırdığımızda güneydeki hem ormanlık alanların hem de mera alanlarının limon arazisine dönüştürüldüğü görülmektedir (Şekil 6). Yapay alanlar olarak sınıflandırdığımız yerleşme, yol vb. alanların 2023 yılında hem Erdemli ilçe merkezinde hem de sahil şeridi boyunca arttığı söylenebilir.

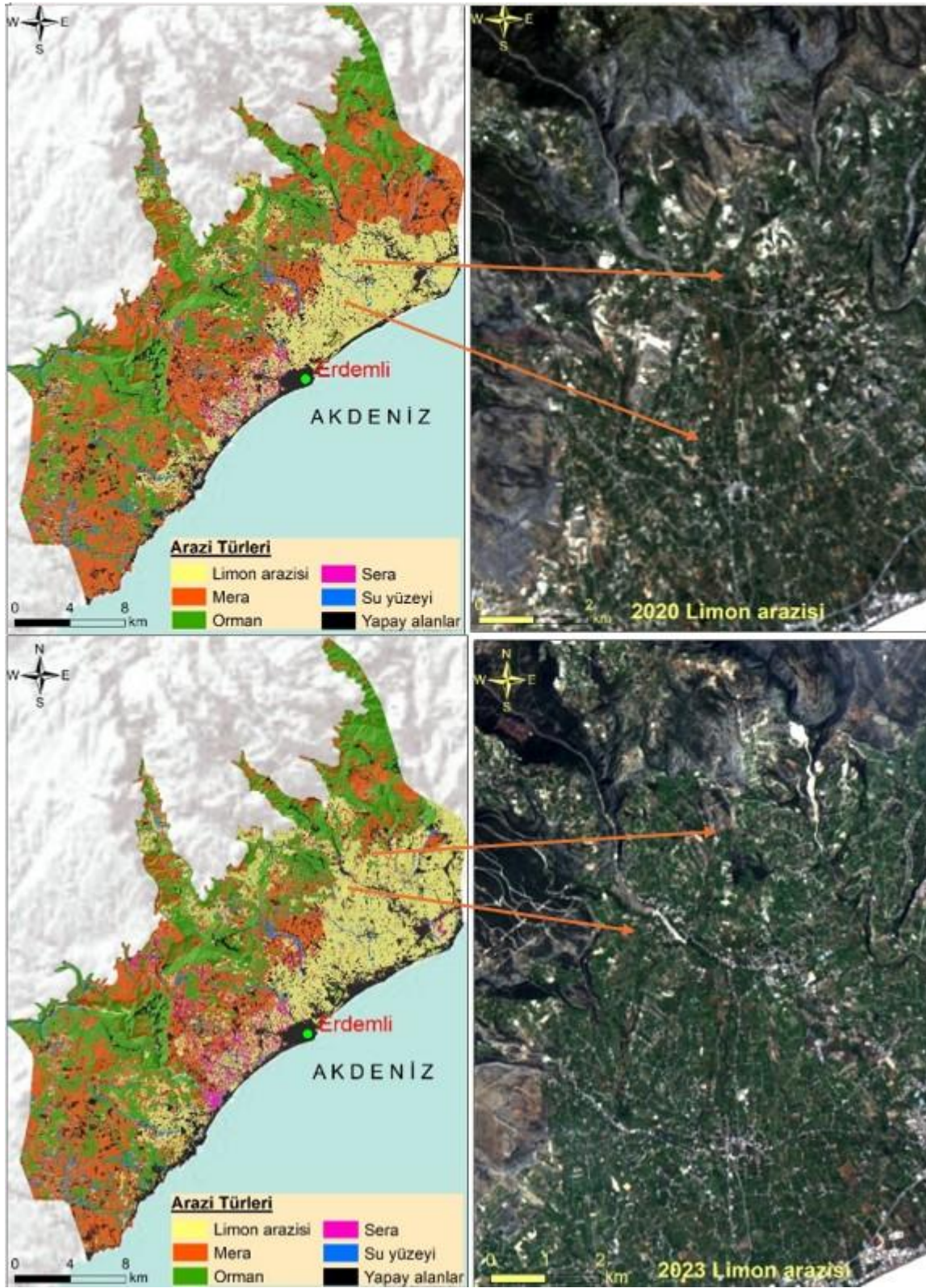
Çizelge 1. Çalışma alanındaki arazi örtüsünün alansal ve oransal değişimi
Table 1. Areal and proportional change of land cover in the study area

| Arazi Türleri | 2000 | | 2023 | |
|---------------|---------|-------|---------|-------|
| | ha | % | ha | % |
| Limon | 9826 | 18.1 | 11300.2 | 24.5 |
| Mera | 19764.2 | 36.4 | 15215.4 | 28.0 |
| Orman | 16287.7 | 30.0 | 16054 | 29.5 |
| Sera | 1108.4 | 2.0 | 1535.9 | 2.8 |
| Su yüzeyi | 2097.8 | 3.9 | 2015.6 | 3.7 |
| Yapay alanlar | 5244.5 | 9.7 | 6207.5 | 11.4 |
| Toplam | 54328.6 | 100.0 | 54328.6 | 100.0 |

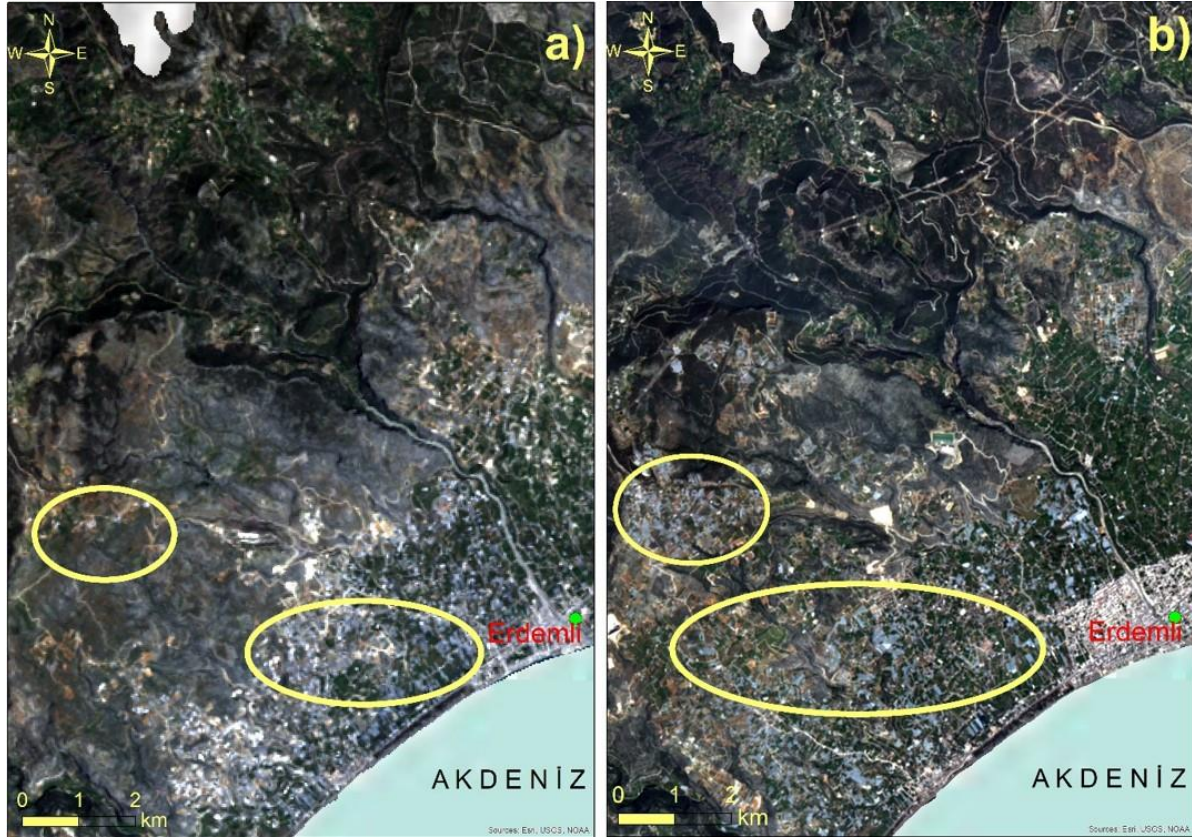


Şekil 6. Çalışma alanının arazi kullanım haritaları
Figure 6. Land use maps of the study area

Çalışma alanında limon arazilerindeki artışın güneye orman ve mera alanına yayılışı uydu görüntülerinde de açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 7). 2000 ve 2023 yılları arasında sera alanlarının da artış gösterdiğini söyleyebiliriz. Elde ettiğimiz sınıflandırılmış görüntülerden ve uydu görüntülerinden de bu değişim, net bir şekilde gözlemlenmiştir (Şekil 8). Güneye doğru yerleşim merkezlerinin çevresinde sera alanlarında artışın olduğu belirlenmiştir. Sera alanları 1108.4 hektardan 1535.9 hektara yükselmiştir (Çizelge 1).



Şekil 7. Arazi sınıflandırması ve uydu görüntülerinden 2000 ve 2023 yılı limon arazilerindeki değişim
Figure 7. Change in lemon lands in 2000 and 2023 from land classification and satellite images



Şekil 8. a) 2000 yılına ait sera alanları b) 2023 yılına ait sera alanları
Figure 8. a) Greenhouse areas in 2000 b) Greenhouse areas in 2023

Çalışma alanına ait 11.05.2000 Landsat (TM) ve 03.05.2023 tarihli Landsat-8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanımının belirlenmesine yönelik yapılan doğruluk analizleri için her bir arazi türünden 50'şer adet, toplam 300 yer kontrol noktaları belirlenmiştir. Bu kontrol noktaları belirlenirken; arazi, Google Earth görüntüsü ve uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. İki uydu görüntüsünün sınıflandırılması sonrası elde edilen doğruluk analiz sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 11.05.2000 tarihli uydu görüntüsünde % 88.76 doğruluğa ulaşılmıştır. Bu değere göre sınıflandırma, doğru ve güvenilir şekilde yorumlanmaktadır (Koç ve Yener, 2001; Özdemir ve Özkan, 2003). Ayrıca 0.85 kappa değeri, gözlemciler arasındaki uyumun olduğu sonucu çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek doğruluk, % 95.00' lik oran ile su alanlarında belirlenmiştir. Doğruluk sıralamasında, su alanlarından sonra yapay yüzeyler (% 94.20), limon (% 93.17), sera (% 92.20), mera (% 89.17) ve orman alanları (% 72.95) gelmektedir. 03.05.2023 tarihli uydu görüntüsünde sınıflandırma sonuçları için % 87.00 doğruluğa ulaşılmış ve 0.82 kappa değeri ile gözlemciler arasındaki uyumun tam olduğu belirlenmiştir. Bu döneme ait sonuçlarda kullanıcı doğruluğu en yüksek % 98.24 ile orman alanlarında elde edilmiştir. Orman alanlarını sırasıyla; limon (% 92.2), su alanı (% 91.44), sera (% 90.33), yapay alanlar (% 89.1) ve mera alanları (%78.13) izlemiştir.

Çizelge 2. Her bir uydu görüntüsünün sınıflandırma sonrası elde edilen doğruluk analiz sonuçları

Table 2. Accuracy analysis results obtained after classification of each satellite image

11.05.2000 (%) Genel Doğruluk = % 88.76 Kappa Değeri = 0.85

| Sınıf | Limon arazisi | Mera | Orman | Sera | Su yüzeyi | Yapay alanlar | Üretici Doğruluğu | Kullanıcı Doğruluğu |
|---------------|---------------|-------|-------|------|-----------|---------------|-------------------|---------------------|
| Limon arazisi | 93.17 | 2.05 | 1.49 | 2.21 | 2.57 | 0.00 | 92.16 | 89.42 |
| Mera | 1.96 | 89.17 | 1.39 | 2.6 | 0.76 | 5.64 | 87.2 | 78.14 |
| Orman | 0.04 | 1.85 | 72.95 | 0.21 | 1.52 | 0.16 | 85.41 | 76.95 |
| Sera | 1.31 | 3.33 | 0.82 | 92.2 | 0.00 | 0.00 | 91.23 | 85.21 |
| Su yüzeyi | 3.52 | 1.86 | 22.78 | 0.00 | 95 | 0.00 | 97.01 | 95.21 |
| Yapay alanlar | 0.00 | 1.74 | 0.57 | 2.78 | 0.15 | 94.2 | 97.28 | 89.83 |
| Toplam | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |

Çizelge 2 (devam). Her bir uydu görüntüsünün sınıflandırma sonrası elde edilen doğruluk analiz sonuçları
Table 2 (cont.). Accuracy analysis results obtained after classification of each satellite image

| 03.05.2023 (%) Genel Doğruluk = % 90.02 Kappa Değeri = 0.87 | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Limon arazisi | 88.26 | 5.38 | 1.41 | 0.37 | 0.00 | 0.31 | 88.26 | 92.2 |
| Mera | 5.98 | 84.53 | 0 | 0.25 | 3.41 | 12.16 | 84.53 | 78.13 |
| Orman | 1.92 | 0.22 | 98.59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 98.59 | 98.24 |
| Sera | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 97.03 | 0.00 | 0.00 | 97.03 | 90.33 |
| Su alanı | 3.20 | 3.48 | 0.00 | 0.5 | 94.19 | 2.35 | 94.19 | 91.44 |
| Yapay alanlar | 0.64 | 6.39 | 0.00 | 1.86 | 2.4 | 85.19 | 85.19 | 89.1 |
| Toplam | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |

Arazi kullanımı/arazi örtüsü ile ilgili yapılan birçok çalışmada, özellikle yapay alanların artışına bağlı olarak meydana gelen değişimler ortaya konmuştur. Efe ve Alganci (2023) yaptıkları çalışmada, Sentinel 2 uydu görüntüleri ve farklı algoritmalarla Kocaeli ilinde şehirleşme ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak değişimi incelemişler ve Temel Bileşen Analizi-Regresyon Ağacı yöntem ikilisinin en yüksek doğruluk sağlayan yaklaşım olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Demirağ Turan ve ark. (2021) Çarşamba Delta ovasında yaptıkları çalışmada, Landsat uydu görüntüleri kullanarak geçmişten günümüze farklı zamanlardaki arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimi, değişim analizi yaparak ortaya koymuşlardır. Çalışmada önemli tarım arazileri olan alanların fındık ve yapay alanlara değiştirildiği ortaya konmuştur. Limon arazilerinde ise genellikle limon yetiştiriciliği ve limon üreticisinin sorunları ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür. Özer ve İkikat Tümer (2020) çalışmalarında, Mersin ili Erdemli ilçesindeki limon yetiştiriciliği yapan üreticilerin risk karşısındaki tutumlarını etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Üreticilerin risk karşısındaki tutumları ile yaş, eğitim, şans oyunu oynama, iyi tarım uygulamaları hakkında bilgi sahibi olma durumu arasında pozitif, tarım dışında bir işte çalışma, herhangi bir afetle karşılaşma, üretici birliğine üyelik durumu arasında negatif yönlü bir ilişki belirlemişlerdir. Şahin (2022) çalışmasında limonun tarihsel geçmişine değinmiş olup limonun yetiştirilme şartlarını ve geçmişten günümüze Türkiye'deki limon üretiminden-dağılışı bahsetmiştir. Bu çalışma ile limon üretiminin mekânsal dağılışı incelenmiş, geçmiş ve günümüzdeki karşılaştırılması yapılmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesi'nin en önemli limon yetiştiriciliği yapılan Erdemli ilçesi kıyı kesiminde yaklaşık 23 yıllık ara ile iki farklı tarihe ait Landsat uydu görüntüsü kullanılarak arazi kullanımı ve arazi örtüsünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışma alanında 2000 yılında 9826 hektar alan kaplayan limon arazisi 2023 yılında 11300,2 hektar alana yükselmiştir. Sera alanları ise artış göstermiş olup 1108,4 hektardan 1535,9 hektara yükselmiştir. Mera alanları, 19764,2 hektar iken 15215,4 hektar alana düşmüştür. Orman alanları az miktarda bir azalma göstermiş, 16287,7 hektar iken 16054 hektar olmuştur. Uydu görüntülerine ait sınıflandırmaların doğruluk oranlarında ise %85'in üzerinde bir oran elde edilmiştir. Çalışma alanında, limon arazilerinde artış, mera ve orman arazilerinde ise azalış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Erdemli ilçe merkezini de içine alan çalışma alanı içerisinde yapay alanlardaki artış da dikkat çekmektedir. Son zamanlarda tarım alanlarında sera işletmelerinde artış olması bu alanda da kendini göstermektedir. 2000 ve 2023 yılları karşılaştırıldığında sera alanlarında da mekânsal olarak ciddi artışın olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada, elde edilen bulguların geçmiş ile günümüz karşılaştırılması sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, limon yetiştirilen arazilerin ne yönde ilerlediğinin tespiti yapılmış ve gelecekte yapılacak farklı sürdürülebilir arazi kullanımı veya üretime yönelik yönetim planlama çalışmalarında kullanılmak üzere karar vericiler için önemli bir altlık oluşturulmuştur. Ayrıca bu çalışma sonuçları, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin aktif bir şekilde kullanılmasının kısa sürede daha doğru sonuçlar almamız açısından önemli görülmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Atlı, H.F., Söyler O., 2018. Dünyada ve Türkiye’de turunçgil üretiminin ve ihracatının değerlendirilmesi, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi. 6(79): 357-366.
- Boyacı, D., 2012. CBS-uzaktan algılama entegrasyonu ve örnek uygulama: uydu görüntülerinden detay ve otomatik öznitelik tespiti. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 108 s.
- Çelik, H., 2006. İstanbul Sarıyer ilçesine ait uzaktan algılama uydu verileri ile mekansal veri analizleri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi. 170 s.
- Dağistanlı, C., Demirağ Turan, İ., Dengiz, O., 2018. Evaluation of the suitability of sites for outdoor recreation using a multi-criteria assessment model. Arabian Journal of Geosciences. 11(492):1-14.
- Demirağ Turan, İ., Dengiz, O., Kaya, N. S., 2021. Arazi örtüsü arazi kullanım değişimlerinin farklı zamanlı landsat uydu görüntüleri ile belirlenmesi Çarşamba delta ovası örneği. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 9(1): 141–152.
- Efe, E., Algancı, U., 2023. Çok zamanlı Sentinel 2 uydu görüntüleri ve makine öğrenmesi tabanlı algoritmalar ile arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi. Geomatik. 8(1): 27-34.
- Ekercin, Semih., 2007. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi. 202s.
- Fan, F., Weng, Q., Wang, Y., 2007. Land use land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. Sensors. 7:1323–1342.
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (Erişim tarihi: 14.05.2024).
- Karabulut, M., Korkmaz, H., Gürbüz, M., 2013. Uzaktan algılama ve cbs kullanarak göksu deltası sulak alanları ve çevresinde meydana gelen zamansal değişimlerin incelenmesi ve sulak alan bitkilerinin spektral özelliklerinin belirlenmesi, TÜBİTAK Proje No: 110Y295.
- Koca, H., 1994. Erdemli İlçesinin beşeri ve iktisadi coğrafyası. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 466 s.
- Koca, H., 1997. Erdemli’de turunçgil tarımının coğrafi esasları. Doğu Coğrafya Dergisi. 3(2): 305-336.
- Koç, A., Yener, H., 2001. Uzaktan algılama verileriyle İstanbul çevresi ormanlarının alansal ve yapısal değişikliklerinin saptanması. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A. 51(2): 17-36.
- Lillesand, T., Kiefer, R., Chipman, J., 2008. Remote Sensing and Image Interpretation, 6th ed., New York, NY: John Wiley & Sons, 756 p.
- Özdemir, İ., Özkan, Y.U., 2003. Armutlu Orman İşletme Şefliği’ndeki orman alanlarındaki değişimin LANDSAT uydu görüntülerinin kullanılarak değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi. 1: 55-66.
- Şahin, G. 2022. Türkiye limon yetiştiriciliğinin ziraat coğrafyası perspektifinden analizi, Ahi Evran akademi. 3(2): 54-78.
- Özer, D., İkiat Tümer, E., 2020. Limon üreticilerinin risk karşısındaki tutumlarını etkileyen faktörlerin analizi: Mersin İli Erdemli İlçesi örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 7(4): 988-996.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 12.06.2024).
- USDA, 2023. The United States Department of Agriculture. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index>. (Erişim tarihi: 05.05.2024).
- Yan, G., Mas, J.F., Maathuis, B.H., Xiangmin, Z., Van Dijk, P. M., 2006. Comparison of Pixelbased and Object-Oriented Image Classification Approaches-A Case Study in a Coal Fire Area, Wuda, Inner Mongolia, China.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Evaluation of Initial Yield Performances of Perennial Wheat Genotypes and Their F₁ Hybrids

Burcu Gökbulut¹  Deniz Istipliler^{*1} 

¹Ege University, Faculty of Agriculture, Department Crops Science, İzmir, Türkiye

*Corresponding author: deniz.istipliler@ege.edu.tr

Received Date: 09.10.2024

Accepted Date: 20.11.2024

Abstract

The rising demand for sustainable food production due to climate challenges has increased the interest in perennial crops as a potential solution. Perennial wheat improves soil structure thanks to its deep root structure and can contribute to reducing agricultural inputs and carbon emissions through reduced tillage. This study evaluates the first-year yield performances of 20 perennial wheat genotypes and 23 F₁ hybrids obtained from intraspecific crosses among these lines, with two commercial bread wheat cultivars. The field experiments were conducted over two consecutive growing seasons (2021-2022 and 2022-2023) at experimental fields of Ege University, Faculty of Agriculture and Department of Field Crops. Key agronomic traits measured were plant height (PH), grain number per spike (GNS), thousand kernel weight (TKW), and plot yield (PY). The ANOVA indicated significant genotypic effects on all traits ($p < 0.01$), and year effect was significant for PH ($p < 0.05$) and TKW ($p < 0.01$). Heritability estimates were high for all four traits, particularly for PH ($H^2=0.93$), TKW ($H^2=0.82$), and GNS ($H^2=0.77$), demonstrating substantial genetic influence on these traits. There was considerable variation observed in PH, with genotypes derived from *Thinopyrum ponticum* exhibiting the tallest growth, while commercial varieties (checks or control) displayed a relatively shorter stature. The commercial cultivars excelled in yield-related traits, consistently ranking in the highest statistical groups for TKW, GNS, and PY. Promising genotypes included G18 (sourced from *Th. intermedium*) and G19 (sourced from *Th. ponticum*), which close to commercial standards in TKW and PY across both years showed that these lines are promising for future breeding studies aiming to improve the yield. The findings demonstrate that specific perennial wheat genotypes can be employed in breeding programmes to achieve high yields, whereas the yield performance of lines is influenced by their genetic resources.

Keywords: perennial wheat, yield, plant height, heritability, heterosis.

Çok Yıllık Buğday Genotiplerinin ve F₁ Hibritlerinin Ön Verim Performanslarının Değerlendirilmesi

Öz

İklim değişikliği nedeniyle sürdürülebilir gıda üretimine olan talebin artması, çok yıllık bitkilere olan ilgiyi arttırmaktadır. Çok yıllık buğday derin kök yapısı sayesinde toprak yapısını iyileştirir ve daha az toprak işleme ile tarımsal girdilerin ve karbon emisyonunun azaltılmasına katkıda bulunabilir. Bu çalışmada, 20 farklı çok yıllık buğday genotipinin ve bu genotipler arasında yapılan tür içi melezlemelerden elde edilen 23 F₁ melezinin, iki ticari ekmeklik buğday çeşidi ile birlikte, verim performansları değerlendirilmiştir. Tarla denemeleri, Ege Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanlarında, 2021-2022 ve 2022-2023 buğday yetiştirme sezonlarında yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu (PH), başakta tane sayısı (GNS), bin tane ağırlığı (TKW) ve parsel verimi (PY) (g/plot) özellikleri incelenmiştir. Varyans analiz sonuçları, tüm özellikler için genotipik etkilerin önemli olduğunu ($p < 0.01$) göstermiş ve yıl etkilerinin PH ($p < 0.05$) ve TKW ($p < 0.01$) için anlamlı olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen dört özellik için yüksek geniş anlamda kalıtım dereceleri gözlenmiştir. Özellikle PH ($H^2=0.93$), TKW ($H^2=0.82$) ve GNS ($H^2=0.77$) karakterleri için genetik etkinin önemli olduğu yüksek kalıtım derecelerinden anlaşılmaktadır. Bitki boyu *Thinopyrum ponticum* kaynaklı genotiplerde yüksek olarak bulunmuş, ticari çeşitler ise nispeten daha kısa boy değerlerine sahip olmuşlardır. Ticari çeşitler, verimle doğrudan ilişkili özelliklerde üstünlük göstermiş ve TKW, GNS ve PY için en yüksek istatistiksel gruplarda yer almışlardır. G18 (*Th. intermedium* kaynaklı) ve G19 (*Th. ponticum* kaynaklı) her iki yılda da ticari çeşitlere yakın verim performansları ile umut verici genotipler arasında yer almışlardır. Bu

sonuçlar, belirli çok yıllık buğday genotiplerinin yüksek verim için ıslah programlarında kullanılabileceğini vurgularken, hatların verim performanslarının genetik kaynaklarından etkilendiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok yıllık buğday, verim, bitki boyu, kalıtım derecesi, heterosis

Introduction

The annual grain crops supply 70% of the global calorie demand in daily consumption and occupy 70% of the world's arable land (Glover et al., 2010). The environmental challenges sourced from climate change are affecting the global agricultural production and the sustainability of current food systems are increasingly questioned (Erenstein et al., 2022). Perennial wheat, a novel agricultural innovation, represents a significant advancement in the quest for sustainable food production systems. This crop is derived from hybridization between traditional wheat species and their perennial relatives, particularly those from the genus *Thinopyrum*. The development of perennial wheat aims to combine the desirable traits of both annual and perennial plants, thereby addressing pressing agricultural challenges such as soil degradation, nutrient loss, and the need for sustainable farming practices. The cultivation of perennial wheat is gaining attention due to its potential to enhance soil health, improve carbon sequestration, and provide a reliable source of food while minimizing environmental impact (Kane et al., 2016; Cassman and Connor, 2022; Bell et al., 2010). The environmental benefits of perennial wheat are particularly noteworthy. Unlike annual crops, which require tillage and replanting each season, perennial wheat maintains a continuous root system that enhances soil structure and stability. This characteristic significantly reduces soil erosion and nutrient leaching, contributing to improved soil fertility over time (Kurmanbayeva, 2024; Tyl and Ismail, 2018).

Agronomically, perennial wheat presents unique challenges and opportunities. While it is still in the developmental stages, ongoing research is focused on improving its yield and resilience. Initial assessments have indicated that perennial wheat may produce lower biomass than its annual counterparts; however, its dual-purpose potential as both a grain and forage crop is being explored (Jaikumar et al., 2012; Abbasi et al., 2020). The integration of perennial wheat into existing agricultural systems could enhance biodiversity and provide additional forage for livestock, thereby supporting mixed farming operations (Newell and Hayes, 2017; Ryan et al., 2018). Moreover, the genetic diversity introduced through hybridization with perennial species may confer advantages such as disease resistance and drought tolerance, which are increasingly critical in the face of climate variability (Morgan, 2023; Turner et al., 2013). Numerous studies have investigated the performance of the perennial wheat lines based on the yield related morphological traits. Murphy et al. (2009) assessed the nutritional and quality characteristics of 31 perennial wheat breeding lines. They reported significant variability in agronomic traits, including grain yield and thousand grain weight, among the lines evaluated. This variability highlights the potential for selecting superior lines that could perform better under specific environmental conditions. Pogna et al. (2014) recorded the spike length of the perennial wheat nearly 3 cm longer than the common annual wheat. Jaikumar et al. (2012) reported the perennial wheat lines grain yield values ranged from 1.0 to 1.6 tons/ha which coincides 50% less than bread wheat.

The aims of this study were i) to investigate the yield performance of 20 perennial wheat lines along with 23 F₁ hybrids derived from the crosses between perennial wheat lines ii) to compare the effects of different genetic backgrounds on measured traits iii) to assess the hybrid vigour in F₁ hybrids by calculating better parent heterosis (BPH).

Material and Methods

Experimental Site and plant material

The research was conducted during the 2021-2022 and 2022-2023 wheat growing seasons at the experimental fields of Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. The trial location, situated in Izmir/Bornova, is located at an elevation of 6 meters above sea level (38°34'45" N, 27°1'22" E). The soil profile of the research area is characterised by a silt-clay composition with a pH of 8.2 at depths of 0-20 cm, and a clay-loamy composition with a pH of 7.8 at depths of 20-40 cm.

Twenty perennial wheat genotypes sourced from different *Thinopyrum* spp. species (*Thinopyrum intermedium*, *Th. ponticum*, *Th. Elogantum*, and *Th. Junceiforme*) were used along with 23 F₁ hybrids derived from the intraspecific crosses between the perennial wheat lines (Table 1). Two

commercial bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars as Basribey and Masaccio were used as checks in both years of the study.

Experimental Design

The perennial wheat lines were sown according to randomized complete block design with three replications in both years. To evaluate the hybrids, randomized incomplete block design was used with three blocks due to the low amount of F₁ seeds obtained from the first year. One row plots were used with 50 cm distance between two rows and 25 seeds were sown in each row (approx. 5 cm distance between each seed on the row) in both years by hand according to Hayes et al. (2018). The sowings were done on 11 November 2021 in first year and 28 December 2022 in the second year of the study. The late sowing in the second year occurred due to an excessive amount of water in the soil caused by precipitation that made the sowing impossible. Fertilization was applied in the form of NPK (15-15-15) with the rate of 90 kg pure N per ha at the time of sowing in both years. At the end of tillering stage, the second fertilizer was applied as 60 kg pure N per ha of ammonium sulphate (21%). Weed control was performed by hand in both years when it was necessary.

Table 1. The perennial wheat genotypes and F₁ hybrids used in the study.

| Accession Number | Genotype No | Name | Origin | Donor Wheatgrass |
|--|-------------|---|--------|-----------------------|
| 160018 | G1 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | OTHER | <i>Th.ponticum</i> |
| 160020 | G3 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | USA | <i>Th.ponticum</i> |
| 160008 | G4 | PI573182/BFC2-4//BFC2-N/3/PI440048/4/(TAM110/PI401201//JAGand 2137)/5/(PI636500/PI414667//PI414667/3/(PI573182/PI314190//BFC1-FF)) | US-TLI | <i>Th.intermedium</i> |
| 160012 | G5 | (KEQIANG/NANDA2419)/AG.INTERMEDIUM//WHEAT | CHINA | <i>Th.intermedium</i> |
| 160009 | G8 | PI634318/PI414667 | US-TLI | <i>Th.junceiforme</i> |
| 160022 | G9 | WHEAT-AGROPYRON INTERMEDIUM PARTIAL AMPHIPLOID | RUSSIA | <i>Th.intermedium</i> |
| 160019 | G10 | VILMORIN 27*2/AG.INTERMEDIUM | FRANCE | <i>Th.intermedium</i> |
| 160014 | G11 | WHEAT-AGROPYRON INTERMEDIUM PARTIAL AMPHIPLOID | RUSSIA | <i>Th.intermedium</i> |
| 160011 | G12 | (KEQIANG/NANDA2419)/AG.INTERMEDIUM//WHEAT | CHINA | <i>Th.intermedium</i> |
| 160017 | G13 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | US-OSU | <i>Th.ponticum</i> |
| 160006 | G14 | TAM110/PI401201//JAG and 2137 | US-TLI | <i>Th.intermedium</i> |
| 160021 | G15 | T.DURUM/AG.ELONGATUM | CIMMYT | <i>Th.elongatum</i> |
| 160004 | G16 | MADSEN//CHINESE SPRING/PI531718 TAM110/PI401201//JAG and | US-WSU | <i>Th.elongatum</i> |
| 160007 | G17 | 2137/3/PI520054/4/PI401168/5/(TAM110/PI401201//JAG and 2137) | US-TLI | <i>Th.intermedium</i> |
| 160013 | G18 | HEZUO#2/AG.INTERMEDIUM//WHEAT | CHINA | <i>Th.intermedium</i> |
| 160015 | G19 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | RUSSIA | <i>Th.ponticum</i> |
| 160017 | G20 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | US-OSU | <i>Th.ponticum</i> |
| 160017 | G21 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | US-OSU | <i>Th.ponticum</i> |
| 160017 | G22 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | US-OSU | <i>Th.ponticum</i> |
| 160017 | G23 | WHEAT-AGROPYRON PONTICUM PARTIAL AMPHIPLOID | US-OSU | <i>Th.ponticum</i> |
| <i>Th.intermedium</i> × <i>Th.intermedium</i> F₁ Hybrids | | G12 × G5, G5 × G12, G11 × G12, G11 × G10, G17 × G4, G10 × G17, G4 × G9, G11 × G5, G10 × G11, G14 × G9, G9 × G14, G9 × G4, G10 × G4, G12 × G10, G4 × G12 | | |
| <i>Th.ponticum</i> × <i>Th.ponticum</i> F₁ Hybrids | | G22 × G19, G20 × G3, G21 × G3, G21 × G22, G3 × G13, G3 × G1, G3 × G20, G1 × G19 | | |

The crosses were done in the first year of the study to obtain the F₁ hybrids. The emasculation and pollination were done in the lines randomly based on the availability of the male and female parents. The lines from the same genotypic sources were used in hybridization process. Four yield-related

morphological traits were measured as plant height (PH), grain number per spike (GNS), thousand kernel weight (TKW) and plot yield (PY)

Statistical analyses

All statistical analyses were done using R statistical software v4.2.0. The aov function was used to obtain the analysis of variance table (ANOVA) to control the significance of the variance sources in the study. Fisher’s least significant difference (LSD) test was applied to determine the minimum significant differences between the effects. The broad sense heritability (H²) was calculated for each trait by using the following formula (1):

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{n}} \tag{1}$$

Where the H² is broad sense heritability, the σ_g² is genotypic variance, the σ_e² is the residual variance and the n is the number of replications. The best linear unbiased estimations (BLUEs) were extracted for each genotype to compare the hybrids and their parents. To calculate BLUEs a linear model was fit to dataset in which the genotypic effect was considered as fixed and year and block were used as random effects. Then the fixef function of the lme4 package in R was used to center BLUEs around the mean. All plots were generated by using the ggplot2 package (Wickham, 2016) in R.

Results

Genotypic variations are shaping agronomic traits with high heritability

ANOVA results (Table 2) showed that the genotypic effects are statistically important on forming all morphological traits measured in perennial wheat genotypes (p<0.01). The effects of two years were found significant for two traits PH (p<0.05) and TKW (p<0.01), while no year effect was observed for GNS and PY. Genotype by year interaction effect was found significant only for GNS of perennial wheat lines.

Table 2. The mean squares from the ANOVA table for the measured agronomic traits.

| Source/Trait | PH | TKW | GNS | PY |
|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Genotype | 2269.27** | 239.14** | 855.12** | 14943.2** |
| Year | 367.46* | 935.97** | 7.96 ^{ns} | 3613.5 ^{ns} |
| G x Y | 79.08 ^{ns} | 22.76 ^{ns} | 137.49** | 1266.2 ^{ns} |
| Block | 137.44 ^{ns} | 14.18 ^{ns} | 175.56* | 6956.1** |

** : p<0.01, * : p<0.05 , ns: non-significant, PH: plant height (cm), TKW: Thousand kernel weight (g), GNS: Grain number per spike (g/spike), PY: plot yield (g/0.5m²)

The H² values showed that all four measured traits are highly heritable (>0.50) and the variance values observed for these traits are mainly explained by the genotypic effects (Figure 1). The most heritable trait was PH (H²= 0.93) followed by TKW (H²= 0.82) and GNS (H²= 0.77). Although PY was found as the least heritable trait with a 0.65 H² value, it still indicates a sufficient genetic effect forming the yield in perennial wheat lines.

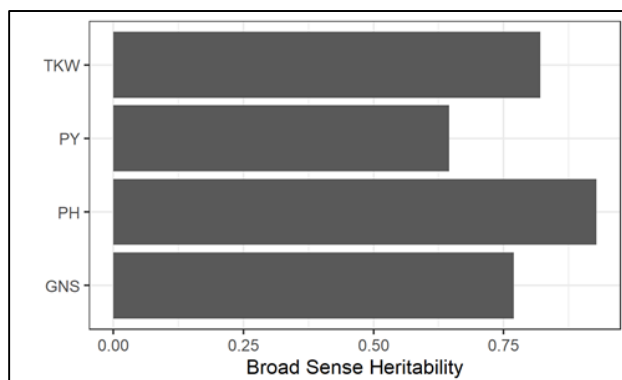


Figure 1. The broad sense heritability values (H²) of measured traits. PH: Plant height, PY: Plot yield, GNS: Grain number per spike, TKW: Thousand kernel weight.

Different genetic sources in perennial wheat affect yield-related traits

The plant height of the perennial wheat lines from different genetic sources and the commercial check cultivars (Basribey: BAS and Masaccio: MAS) showed a wide range of variation (LSD: 13.94) (Figure 2a). Although the year effect was significantly important, it can be seen that a similar patterns among the genotypes were observed for PH in both years, which confirmed the insignificant $G \times E$ effect (Table 2) for plant height. The G23 sourced from *Th. ponticum* had the highest plant height in the first (147.2 cm) and the second (138.3 cm) years of the study, followed by G15 (sourced from *Th. elongatum*), while G17 had the shortest PH for both the years of 2023 (66.0 cm) and (64.8 cm). Notably, the genotypes from *Th. ponticum* generally had taller heights than the other perennial wheat lines. The lines had the *Th. intermedium* as perennial genitor was found shorter in PH than *Th. ponticum* lines. The check cultivars BAS and MAS had relatively shorter PH values (~75 cm) in both years (Figure 2a).

Despite the PH, the commercial checks came into prominence when the yield-related traits were evaluated such as TKW (Figure 2b), GNS (Figure 2c), and PY (Figure 2d). The genotypes BAS and MAS were consistently placed in the first group in terms of TKW values in both years. The check cultivars were followed by two genotypes, G19 (33.2g) and G18 (32.0 g) in 2022, and G18 (39.5 g) and G13 (34.7 g) in 2023. No clear separation was observed between different sources in terms of TKW (Figure 2b). However, the genotypes G18 (*Th. intermedium*) and G19 (*Th. ponticum*) showed promising TKW values in both years consistently. It can be seen that both G18 and G19 are in the same statistical groups with commercial checks for TKW in both years (LSD: 6.59).

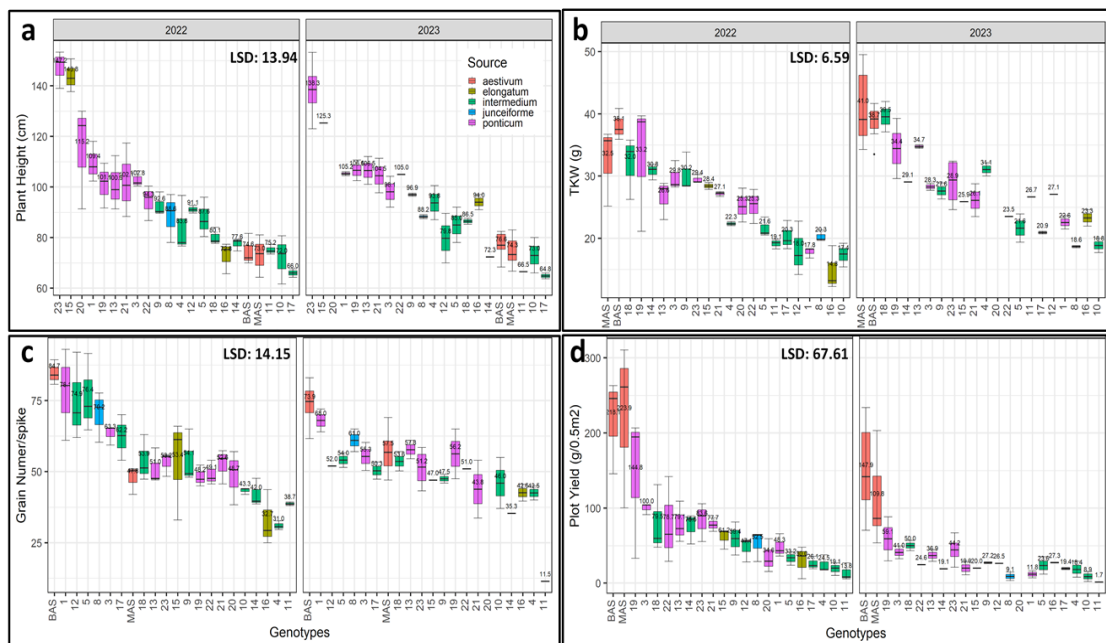


Figure 2. Comparison of the perennial wheat genotypes from different genetic backgrounds, *T. intermedium*, *T. ponticum*, *T. junceiforme*, *T. elongatum* based on four agronomic traits; plant height (a), Thousand Kernel Weight (b), Grain Number per Spike (c), and Plot yield (d).

For GNS, the cv. BAS showed a superior performance in both 2022 (84.7) and in 2023 (73.9) followed by G1 which is in the same statistical group (LSD: 14.15) (Figure 2c). Significant year and $G \times E$ effects can be observed for GNS (Figure 2c). Generally, the GNS values obtained in the first year were higher than those of the second year for each genotype. Moreover, changes in the order of the genotypes across two years indicated a crossover genotype by environment interaction for GNS. For example, G14 had the least mean GNS (31.0) in the first year, while G11 showed the lowest GNS value (11.5) in the second year. From different *Thinopyrum spp.* sources, two perennial wheat lines belonging to *Th. intermedium* group (G12 and G5) and one belonging to *Th. ponticum* group (G1) were in the same statistical group with cv. BAS in 2022. On the other hand, for 2023, G8 from the group *Th. junceiforme* and G1 from *Th. ponticum* was in the same statistical group with cv. BAS. It is

notable that the other check cv. MAS didn't show a similar performance with CV. BAS for GNS in both 2022 and 2023 (Figure 2c).

For PY, two check genotypes cv. BAS and cv. MAS showed superior performance in two years followed by G19 (*Th. ponticum*) which showed the closest performance to the checks (Figure 2d). The lowest yield was obtained from G11 (*Th. intermedium*) in both 2022 and 2023. Although the difference between two years was not found significant from ANOVA (Table 2), relatively lower PY values for 2023 are drawing attention (Figure 2d). Although it was not as clear as PH, the separation between two different sources, *Th. intermedium* and *Th. ponticum* was observed for PY. Especially in 2022, the three most yielded perennial wheat genotypes (G19, G3, G23) were *Th. ponticum* derivatives, while the least yielded genotypes (G11, G10, G4) were sourced from *Th. intermedium*.

Genotypic Performance and Hybrid Vigor Assessments

The best linear unbiased estimates (BLUEs) of perennial wheat lines and the F₁ hybrids used in the study are shown in Figure 3. Each point in the figure represents one genotype for one trait. The colors of the points separate the genotypes based on whether they are hybrids or lines (parents). The x-axis separates two different sources (*intermedium* or *ponticum*). The lines between the two dots represent the BPH for each hybrid that connects the hybrid's value with the superior parent. If the angle the line makes with the x-axis is greater than zero, that means that the hybrid showed better performance than the superior parent involved in the cross.

Similar to their parents, the *ponticum* × *ponticum* hybrids had greater PH values than those of *intermedium* × *intermedium* hybrids (Figure 3a). For *Th. intermedium* hybrids the highest PH was observed in 12 × 10 cross (103.7 cm), while the lowest PH was observed in the 10 × 4 (77.4 cm) cross. Out of 15 *Th. intermedium* hybrids, 11 of them showed positive BPH indicating the high possibility to obtain hybrid vigor in *Th. intermedium* crosses for PH. Similarly for the *Th. ponticum* crosses, five hybrids out of eight showed a positive BPH. 3 × 1 (122.7 cm) and 21 × 22 (94.4 cm) crosses had the highest and lowest plant heights respectively.

The hybrids of different *Thinopyrum spp.* derivatives showed a wide range of TKW values and it is not possible to conclude that one group is superior to another (Figure 3b). The hybrids, 4 × 9 and 11 × 10 had the highest (40.0 g) and the lowest (16.2 g) TKW values respectively in *Th. intermedium* crosses. For the *Th. ponticum* crosses, 22 × 19 (40.2 g) had the highest and 1 × 19 (18.3 g) hybrid had the lowest TKW values. Eight crosses from a total of 15 in *Th. intermedium* and similarly four hybrids out of eight for *Th. ponticum* showed a positive BPH indicating a lower possibility to obtain a hybrid vigor in TKW compared to PH in perennial wheat hybrids.

For GNS, similar to TKW there was no clear difference between the hybrids from different sources (Figure 3c). The highest GNS values were observed from 12 × 5 (73.8) and 1 × 19 (89.5) hybrids for *Th. intermedium* and *Th. ponticum* groups respectively. On the other hand 12 × 10 from *Th. intermedium* and 3 × 20 from *Th. ponticum* groups showed the lowest GNS values of 19.9 and 22.2 respectively. Notably, most of the hybrids in both groups didn't show a positive BPH for GNS trait. For *Th. intermedium* × *Th. intermedium* hybrids, only three combinations out of 15 showed a positive BPH. Similarly for the *Th. ponticum* group, five combinations out of eight showed positive BPH values.

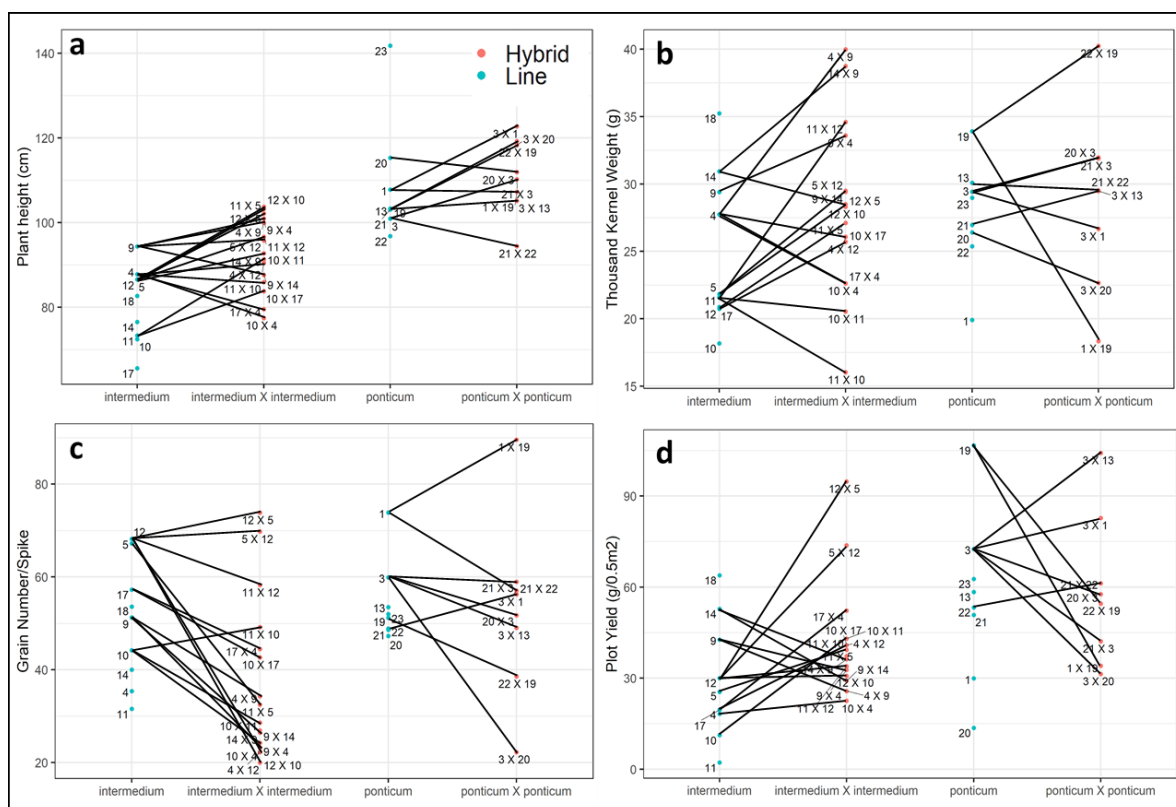


Figure 3. The comparison of perennial wheat lines and their hybrids for the species of *Th. intermedium* and *Th. ponticum* separately. Each dot represents an individual genotype with its label. Blue colour represents the lines (parents) and red for the hybrids obtained from these lines. The stripes connecting two genotypes are in between the hybrid and its superior parent representing the magnitude of the better parent heterosis.

Plot yield values of the F₁ hybrids and their parents are shown in Figure 5d. Overall, the *Th. ponticum* × *Th. ponticum* hybrids had a higher PY mean (58.5 g 0.5m⁻²) than the *Th. intermedium* × *Th. intermedium* hybrids (42.2 g 0.5m⁻²). The 12 × 5 (94.7 g 0.5m⁻²) hybrid combination in *Th. intermedium* group had the highest yield value as it was for GNS. On the other hand lowest plot yield was observed for 10 × 4 cross (22.54 g 0.5m⁻²). For *Th. ponticum* hybrids, the highest and lowest PY values were obtained from the hybrids 3 × 13 (104.1 g 0.5m⁻²) and 3 × 20 (31.3 g 0.5m⁻²) respectively. Nine hybrids out of 15 in *Th. intermedium* group and three hybrids out of eight in *Th. ponticum* group showed positive BPH values.

Discussion

This study investigated the agronomic performances of perennial wheat lines and their F₁ hybrids derived from various derivatives of *Thinopyrum spp.*, focusing on four key agronomical traits as PH, TKW, GNS, and PY. The H² values exceed 0.50 for all traits. Previous research stated that traits with high heritability are often more amenable to selection, particularly in the context of wheat breeding (Gashaw et al., 2011). Furthermore, high H² values in this study highlight the predominance of genetic variance over environmental influences, with PH showing the highest heritability at 0.93. This aligns with findings in other crops, where high heritability is often associated with traits that are primarily controlled by genetic factors (Khan, 2022; Wu et al., 2019). The relatively lower heritability of PY (0.65) suggests that while genetic factors play a role, environmental interactions may also significantly affect yield outcomes in perennial wheat genotypes, as noted in other study conducted by Akbarpour et al. (2015) in bread wheat.

The significant variation in PH among the perennial wheat genotypes, especially with G23 sourced from *Th. ponticum* exhibiting the tallest PH which underscores the potential of utilizing diverse genetic resources to enhance specific agronomic traits. This finding aligns with previous research that emphasizes the importance of genetic diversity in breeding programs aimed at improving crop characteristics (DeHaan et al., 2018). The commercial bread wheat checks had relatively lower PH values than *Thinopyrum spp.* species. This result is parallel with the research conducted by

Coleman et al. (2010) indicated that perennial grasses, including perennial wheat, can produce higher dry matter yields than annual wheat in certain conditions.

In terms of yield-related traits, the commercial check cultivars, cv. BAS and cv. MAS, performed consistently better than perennial wheat lines. In parallel to our results, Morgan et al. (2023) found that the grain yield of perennial wheat lines ranged from 50% to 70% of the annual control check. The superior performance of these checks highlights their established genetic backgrounds. On the other hand, it was indicated that perennial wheat is still under development, and there is ongoing research on its agronomic performance to reach the yield performance of commercial wheat cultivars (Morgan et al., 2023). For TKW, The presence of G18 and G19 in the same statistical group as the commercial checks indicates that these perennial wheat lines could be promising candidates for breeding programs aimed at improving yield potential. The significant genotype-by-environment ($G \times E$) interactions observed GNS in perennial wheat lines highlight the complexity of breeding for stability in this trait across varying growing conditions. This complexity can confound the selection process, as the ranking of genotypes may change depending on the environmental conditions experienced during growth (Khazratkulova et al., 2015).

The PY results further support the notion that *Th. ponticum* derivatives generally outperformed those from *Th. intermedium*, especially in the first year. In parallel with our results, Hayes et al. (2018) showed that genotypes derived from *Th. ponticum* often exhibit enhanced vigor and biomass accumulation compared to those from other *Thinopyrum* species, such as *Th. intermedium* in lower latitude sites. This separation in performance may be attributed to inherent genetic differences between the species, as noted in other studies focusing on the agronomic characteristics of perennial wheat (Liu et al., 2023; DeHaan et al., 2018).

Singh et al. (2021) emphasize that hybrid in bread wheat breeding programs can effectively exploit hybrid vigor to develop high-yielding varieties. In the context of perennial wheat, the ability to harness heterosis could lead to significant improvements in yield, which is essential for meeting global food demands. The analysis of BPH among hybrids indicates a potential for hybrid vigor, particularly in PH, although the results for TKW and GNS were less conclusive. The presence of positive BPH in a majority of the F_1 hybrids suggests that there is room for improvement through hybridization, which could lead to enhanced performance in subsequent generation. However, the lack of clear superiority among hybrid groups for TKW and GNS indicates that further research is needed to optimize hybrid combinations for these traits.

Conclusion

In conclusion, this study provides valuable insights into the agronomic performance of perennial wheat lines and their F_1 hybrids derived from *Thinopyrum spp.* The H^2 observed for traits such as PH and TKW underscores the significant influence of genetic factors, suggesting that these traits are suitable for selection in breeding programs. The variability in PH, particularly the notable performance of G23 from *Th. ponticum*, demonstrates the potential for utilizing genetic diversity to enhance specific traits. The high TKW and PY performance of certain perennial wheat genotypes, such as G18 and G19, further indicates promising candidates for future breeding efforts focused on yield improvement. The yield performance results showed the slight yield advantage of *Th. ponticum* derivatives over *Th. intermedium* under Mediterranean climate conditions. Continued research focusing on hybrid optimization, and stability across environments is essential to advance perennial wheat breeding and meet the demands of sustainable agriculture.

Acknowledgment

This study is a part of the master thesis of Burcu Gökbulut.

Researchers' Contribution Declaration

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflict of Interest Declaration

The authors of the article declare that there is no conflict of interest between them.

References

- Abbasi, J., Dehghani, H., Dvořák, J., McGuire, P., 2020. Perennial growth and salinity tolerance in wheat × wheatgrass amphiploids varying in the ratio of wheat to wheatgrass genomes. *Plant Breeding*. 139(6): 1281-1289.
- Akbarpour, O., Dehghani, H., Rousti, M., 2015. Evaluation of salt stress of Iranian wheat germplasm under field conditions. *Crop and Pasture Science*. 66(8): 770-781.
- Bell, L., Wade, L., Ewing, M., 2010. Perennial wheat: A review of environmental and agronomic prospects for development in Australia. *Crop and Pasture Science*. 61(9): 679-690.
- Cassman, K., Connor, D., 2022. Progress towards perennial grains for prairies and plains. *Outlook on Agriculture*. 51(1): 32-38.
- Coleman, S. W., Rao, S. C., Volesky, J. D., Phillips, W. A., 2010. Growth and nutritive value of perennial C3 grasses in the southern Great Plains. *Crop Science*. 50(3): 1070-1078.
- DeHaan, L., Christians, M., Crain, J., Poland, J., 2018. Development and evolution of an intermediate wheatgrass domestication program. *Sustainability*. 10(5): 1499.
- Erenstein, O., Poole, N., Donovan, J., 2022. Role of staple cereals in human nutrition: Separating the wheat from the chaff in the infodemics age. *Trends in Food Science and Technology*. 119: 508-513.
- Gashaw, A., Mohammed, H., Singh, H., 2011. Genotypic variability, heritability, genetic advance and associations among characters in Ethiopian durum wheat (*Triticum durum Desf.*) accessions. *East African Journal of Sciences*. 4(1): 27-33.
- Glover, J. D., Reganold, J. P., Bell, L. W., Borevitz, J., Brummer, E. C., Buckler, E. S., Cox, C.M., Crews T.E., Culman, S.W., Dehaan, L.R., Eriksson, D., Gill, B. S., Holland, J., Hu, F., Hulke, B. S., Ibrahim, A.M. H., Jackson, W., Jones, S. S., Murray, S. C., Paterson A.H., Ploschuk, E., Sacks, E. J., Snapp, S., Tao, D., Van Tassel, D. L., Wade, L. J., Wyse, D. L., Xu, Y., 2010. Increased food and ecosystem security via perennial grains. *Science*. 328(5986): 1638-1639.
- Hayes, R. C., Wang, S., Newell, M. T., Turner, K., Larsen, J., Gazza, L., Anderson, J. A., Bell, L. W., Cattani, D. J., Frels, K., Galassi, E., Morgounov, A. I., Revell, C. K., Thapa, D. B., Sacks, E. J., Sameri, M., Wade, L. J., Westerbergh, A., Shamanin, V., Amanov, A., Li, G., 2018. The performance of early-generation perennial winter cereals at 21 sites across four continents. *Sustainability*. 10(4): 1124.
- Jaikumar, N., Snapp, S., Murphy, K., Jones, S., 2012. Agronomic assessment of perennial wheat and perennial rye as cereal crops. *Agronomy Journal*. 104(6): 1716-1726.
- Kane, D., Rogé, P., Snapp, S., 2016. A systematic review of perennial staple crops literature using topic modeling and bibliometric analysis. *Plos One*. 11(5): e0155788.
- Khan, M., 2022. Devising selection strategy for increase in sesame yield based on variability heritability and genetic advance studies. *Pure and Applied Biology*. 11(1).
- Khazratkulova, S., Sharma, R. C., Amanov, A., Ziyadullaev, Z., Amanov, O., Alikulov, S., Ziyayev, Z., Muzafarova, D., 2015. Genotype × environment interaction and stability of grain yield and selected quality traits in winter wheat in Central Asia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 39: 920-929.
- Kurmanbayeva, M., 2024. Anatomical and morphological features, and productivity of six perennial wheat varieties in the agroecological conditions of the Almaty region, Kazakhstan. *Bio Web of Conferences*. 100: 04048.
- Liu Y., Song W., Song A., Wu C., Ding J., Yu X., Song J., Liu M., Yang X., Jiang C., Zhao H., Li X., Cui L., Li H., Zhang Y., 2023. Hybridization domestication and molecular cytogenetic characterization of new germplasm of *Thinopyrum intermedium* with SMGISH at Northeastern China. *Research Square*.
- Morgan, R., Danilova, T., Newell, M., Cai, X., Jones, S., 2023. Agronomic evaluation and molecular cytogenetic characterization of *Triticum aestivum* × *Thinopyrum* spp. derivative breeding lines presenting perennial growth habits. *Plants*. 12(18): 3217.
- Murphy, K. M., Hoagland, L., Reeves, P. G., Baik, B., Jones, S. S., 2009. Nutritional and quality characteristics expressed in 31 perennial wheat breeding lines. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 24(4): 285-292.
- Newell, M., Hayes, R., 2017. An initial investigation of forage production and feed quality of perennial wheat derivatives. *Crop and Pasture Science*. 68(12): 1141.
- Pogna N, Galassi E, Ciccoritti R, De Stefanis E, Sgrulletta D, Cacciatori P, Gazza L, Bozzini A. 2014. Evaluation of nine perennial wheat derivatives grown in Italy. In: C Batello, L Wade, S Cox, N Pogna, A Bozzini, J Choptiany, eds. *Perennial crops for food security – Proceedings of the FAO expert workshop*. Rome, Italy: FAO, 54–71.
- Ryan, M., Crews, T., Culman, S., DeHaan, L., Hayes, R., Jungers, J., Bakker, M. G., 2018. Managing for multifunctionality in perennial grain crops. *Bioscience*. 68(4): 294-304.
- Singh, M., Albertsen, M., Cigan, A., 2021. Male fertility genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and their utilization for hybrid seed production. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(15): 8157.

- Turner, M., DeHaan, L., Jin, Y., Anderson, J., 2013. Wheatgrass–wheat partial amphiploids as a novel source of stem rust and fusarium head blight resistance. *Crop Science*. 53(5): 1994-2005.
- Tyl, C., Ismail, B., 2018. Compositional evaluation of perennial wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) breeding populations. *International Journal of Food Science and Technology*. 54(3): 660-669.
- Wickham, H., *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.
- Wu, X., Liang, S., Byrne, D., 2019. Heritability of plant architecture in diploid roses (*Rosa* spp.). *HortScience*. 54(2): 236-239.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi

Ham Fosfat, Humik Asit ve Fosfor Çözücü Bakteri Uygulamalarının Sakız Fasulyesi Bitkisi Gelişim Özelliklerine Etkileri

Ali Karaca¹  Cafer Türkmen^{1*} 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Çanakkale
*Sorumlu yazar: turkmen@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.07.2024

Kabul Tarihi: 22.08.2024

Öz

Çalışmamız; yerli ham fosfat (HP) kaynaklarından Mazıdağı (Mardin-Türkiye) ham fosfatının çözünürlüğüne humik asit (HA) ve fosfor çözücü bakterisi (FB) uygulamalarının (UYG) etkisini belirlemek için serada ve alkalın toprak şartlarında yapılmıştır. Çalışmada sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) bitkisinin ekildiği saksılara 20 kg da⁻¹ P (P₂O₅) Mazıdağı ham fosfatı, sıvı humik asit (TKİ-HUMAS; 5 L da⁻¹) ve fosfor çözücü bakteri karışımı (S2-RC210; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida*) preparatları ayrı ayrı ve birlikte uygulanmıştır. Ham fosfat ve diğer uygulamaların bitki gelişim özelliklerine (bitki boyu, gövde çapı, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, bitki başına tane verimi, bitki gövde ve bitki kök kuru ağırlığı) etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; ham fosfat ve diğer uygulamaların birlikte etkisi (HP X UYG interaksyonu) bakımından; bitki çapı, baklada tane sayısı, bitki gövde ağırlığı ve bitki kök ağırlığındaki değişimler önemsiz olmuştur. Uygulamaların tek başlarına etkisiyle bitki boyu, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı önemli derecede değişmiştir. Bitki çapındaki değişimler ise sadece ham fosfat uygulanmış saksılarda önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, ham fosfat uygulanan saksılara eklenen fosfor bakterileri ve humik asit uygulanmasıyla genel olarak bitki büyüme özelliklerinin olumlu etkilendiği ve bu etkilerin farklı seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ham fosfat, Sakız fasulyesi, Fosfor çözen bakteri, Humik asit, Verim.

Effects of Crude Phosphate, Humic Acid and Phosphorus Solubilizing Bacteria Applications on Gum Bean Plant Growth Characteristics

Abstract

Our study was conducted in a greenhouse under alkaline soil conditions to investigate the impact of humic acid (HA) and phosphorus-solubilizing bacteria (FSB) applications (APPL) on the solubility of Mazıdağı (Mardin, Turkey) crude phosphate, which is one of the local raw phosphate sources. In the study, 20 kg de⁻¹ P (P₂O₅) from Mazıdağı crude phosphate (CP), liquid humic acid (TKİ-HUMAS; 5 L de⁻¹) and a mixture of phosphorus-solubilizing bacteria preparations (S2-RC210; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*, and *Pseudomonas putida*) were applied individually and in combination to the pots where the gum bean plant was planted. The effects of crude phosphate and other applications on plant development characteristics, such as plant height, stem diameter, number of side branches per plant, number of pods per plant, number of grains per pod, grain yield per plant, and dry weight of plant stem and roots, were determined. According to the results obtained, the combined effect of crude phosphate and other applications (CP X APPL interaction) did not significantly affect changes in plant diameter, number of grains per pod, plant stem weight, and plant root weight. With the effect of the applications alone, plant height, number of side branches per plant, number of pods per plant, and number of grains per plant changed significantly. Changes in plant diameter showed insignificant differences, except in pots treated with raw phosphate ($p < 0.05$). When all the results were evaluated together, it was observed that plant growth characteristics were generally positively affected by the application of phosphorus bacteria and humic acid added to the pots where raw phosphate was applied, and these effects were observed at different levels.

Keywords: Raw phosphate, Gum bean, Phosphorus-solubilizing bacteria, Humic acid, Yield.

Giriş

Günümüzde dünya nüfusunun %75'i karasal ekosistemlerden üretilen ürünlerle beslenmektedir. Bu ekosistemin en önemli bileşeni ise topraktır. Tarım toprakları binlerce yılda oluşup olgunlaşan sınırlı bir kaynaktır. Ancak artan nüfusu besleyebilmek için yapılan verim artırıcı (organik ve inorganik gübreler), koruyucu (pestisitler) kimyasal girdiler ve çevreye verilen diğer endüstriyel atıklar bu sınırlı kaynak kirlenmekte, hızla yapısı bozulmakta ve üretkenliği azalmaktadır (FAO, 2017; 2019). Tarımda sürdürülebilir toprak yönetimi ve verimlilik kapsamında; bitki büyümesini teşvik eden bakteri (BBTB) preparatlarına yönelik çalışmalar, nano kompozit gübre materyalleri, organik gübreler, yavaş salınımlı/akıllı gübreler, organo-mineral gübreler, mikrobiyal gübreler, tarımda dijital uygulamalar ve hassas tarım teknikleri gibi konular Dünya'da olduğu gibi son yıllarda ülkemizde de artan ilgi uyandırmış, ancak çalışmalar henüz yeterli çözümler üretecek seviyelerde bulunmamaktadır.

Sürdürülebilir toprak kalitesinin korunabilmesi için organik maddelerin önemi uzun zamandır bilinen bir gerçektir. Özellikle aşırı mineral gübrelemenin yapıldığı tarlalarda toprak organik maddesinin artırılması; hayvan gübreleri, kompost, vermikompost, yeşil gübreleme, biyokömür ve organo-mineral gübreler gibi organik gübre/materyal uygulamaları ile gerçekleştirilen ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi için vazgeçilmez olan uygulamalar olarak görülebilir, ancak organik maddelerin tarımda aşırı kullanımı bazı çevresel yüklerle de neden olabilmektedir (Asghar vd., 2022).

Toprak organik maddesinin yaklaşık %5'i canlı kısım kabul edilmekte bu canlıların büyük bölümü mikroorganizmalardan oluşmaktadır (Buscot ve Varma, 2005). Toprak organik maddesinin canlılar dışındaki en önemli bileşeni ise "Humus" tur. Humus; çok karbonlu, ancak belirli bir kimyasal formülü bulunmayan (Sutton ve Sposito, 2005), karmaşık yapılı, toprak organik maddesinin %65-85'ini oluşturan artık ayrışıp parçalanamayacak kadar stabilleşmiş (Gerke, 2018) humik-fulvik asitler ve diğer hümin maddelerden oluşan bir materyaldir (MacCarthy, 2001).

Toprak organik maddesinin canlı ve cansız kısımlarının tümü topraklarda sürdürülebilir tarım için çok önemli olup, özellikle toprak mikroorganizmaları besin maddesi döngülerinde, toprak verimliliğinde ve ürün kalitesinde hayati roller oynarlar (Wang vd., 2021). Bu nedenle topraktan izole edilen mikroorganizmalardan mikrobiyal gübre özellikleri gösteren izolatlarla çalışmalar önem kazanmış; özellikle de toprağa azot bağlayan ve topraktaki yarayışsız fosforu çözen bakterilerin önemi giderek artmıştır (Bala, 2022). Artık günümüzde bitki patojenleri için toksik olan biyopestisitler, antibiyotikler ve hidrojen siyanür gibi bazı metabolitlerin salgılanmasında da mikroorganizmalar kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür araştırmalarla tarımsal verim ve sürdürülebilirlik için mikrobiyal kaynakların kullanılacağı çevre dostu tarım tekniklerinin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Kimyasal gübreler ve pestisitlere iyi bir alternatif olarak; bitki büyümesini teşvik eden, patojenlerin kontrolünü sağlayan çeşitli mikrobiyal metabolitleri içeren modern teknikler, tarımı sürdürülebilir şekilde geliştirebilecek en önemli kaynaklar haline gelmiştir (Adeleke ve Babalola, 2021).

Fosfor çözünürlüğüne yönelik çalışmalarda özellikle alkali topraklar için son zamanlarda fosfor çözücü bakteri uygulamaları, çeşitli organik madde katkıları ve humik asit uygulamalarının denendiği çalışmaların artmasına rağmen, bu çalışmaların farklı topraklar ve bakteriyel ürünlerle çoğaltılması önerilmektedir. Ülkemiz açısından humik asit ham maddesi olan ve olgunlaşmamış kömür olarak nitelenen "leonardit" kaynaklarının bolluğu dikkate alındığında humik asit ile ilgili çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda BBTB ve humik asit uygulamalarının biyolojik açıdan doğal aktif maddeleri kullanan etkili yöntemler arasında olduğu (Ekin, 2019), ancak birçok araştırmacıya göre humik asidin düşük ve normal dozlarda kullanımının bitki gelişimini olumlu etkilediğini, ancak yüksek dozlarda uygulandığında olumsuz ya da etkisiz kaldığını bildirmiştir (Chen vd., 1990; Çimrin vd., 2001; Padem ve Ocal, 1999). Humik asit kullanımının toprak organik maddesine dolaylı etkileri ve organik maddenin toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu (Usta vd., 1996), inkübasyon şartlarında yapılan bir çalışmada ise artan humik asit dozlarına ve zamana bağlı olarak alınabilir mikro element miktarlarında farklılıklar olduğunu bildirmiştir (Türkmen ve Sungur, 2014).

BBTB'ler özellikle sağlıklı bitkilere uygulandığında sistemik dayanıklılığı harekete geçirerek kimyasal uygulamalardan, özellikle de bakırlı bileşik uygulamalarından daha etkin sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Kuc, 2001). Mikrobiyal biyogübreler, sürdürülebilir tarımda çok önemli bir rol oynamaktadır. Mikrobiyal gübrenin ana rolü, bitkinin besin elementlerini almasına yardımcı olmak ve strese karşı bitki toleransını artıran, çiftlik ürünlerinin kalitesini iyileştiren ve kimyasal gübre

uygulamalarını azaltan çeşitli fizyolojik aktif maddeler üretmektedir (Jian vd., 2001). Bitki köklerinde simbiyotik olarak yaşayan bakterilerin, fosfatı çözerek çeşitli şekillerde bitki büyümesini teşvik ettikleri, metabolik fonksiyonları sayesinde çözünmeyen fosforu çözebildikleri ve bu bakterilerin salgıladığı glukonik asit, sitrik asit gibi organik asitlerin H⁺ protonları pompalaması nedeniyle toprak pH'sı etkilenmekte ve topraktaki fosfor bitkilerin alabileceği formlara dönüştürülmektedir (Antoun, 2005; Seshadri vd., 2000).

Bu çalışmada; son zamanlarda tarımda kullanım alanı ve çeşitleri giderek artan fosfor çözücü bakteri gübresi olarak *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida* izolatları karışımından oluşan özel bir mikrobiyal preparat "S2-RC210" kullanılmıştır. Bu preparat, son 20 yılda kullanımı oranı artan humik asit (TKİ-HUMAS) ile birlikte kullanılarak sera koşullarında denenmiştir. Denemede tescillenme çalışmaları devam eden "Genotip 23" kodlu sakız fasulyesi ve fosfat kayasından zenginleştirilerek standardize edilmiş ve "Mazıdağı Metal Geri Kazanım ve Entegre Gübre Tesisleri" tarafından üretilmiş olan ham fosfat kullanılmıştır. Bu materyallerin ayrı ayrı ve birlikte etkilerinin incelendiği bu çalışmada uygulamaların bitki gelişim ögelerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme materyalleri

Deneme toprakları ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos yerleşkesi arazisinden alınarak gölgede kurutulmuş, ufalanmış ve 2 mm'lik elekten geçirilerek temel verimlilik analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). Saksılarda yetiştirilen sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) bitkisinin (Genotip 23) temel ihtiyacı kadar (20 kg da⁻¹) ham fosfat karıştırılmış topraklara daha sonra, sıvı humik asit (5 L da⁻¹ TKİ-HUMAS) ve fosfor çözücü özel bir bakteri karışımı (S2-RC210; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida*) birlikte ve ayrı ayrı uygulanmıştır.

Çalışmamızda, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından yürütülen 1170068 nolu TÜBİTAK Projesindeki incelenen farklı genotiplerdeki guar tohum materyalleri içerisinde seçilen 23 nolu (COMUZF 011 G T IND 18/4) sakız fasulyesi genotipi (Genotip 23) seçilerek kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneme toprağı temel özellikleri*
Table 1. Basic properties of trial soil.

| Özellik | Birimi | Değeri | Yöntemi |
|-------------------|------------------------|-------------------------------------|---|
| Organik Madde | (%) | 1.53 | Yaş yakma ile (Jackson, 1958; Schulte ve Hoskins, 1995) |
| pH | -- | 8.44 | 1:2.5 (Toprak:Su) karışımında pH Metre ile (Richards, 1954) |
| EC | (%) | 0.03 | 1:2.5 (Toprak:Su) karışımında EC Metre ile (Richards, 1954) |
| CaCO ₃ | (%) | 12.92 | Kalsimetre yardımıyla (Allison ve Moodie, 1965). |
| Bünye | CL (Killi Tın) | Kum:%41.21, Kil:%34.47, Silt:%24.32 | Hidrometre yardımıyla (Bouyoucos, 1951) |
| Toplam N | (%) | 0.08 | Sülfirik asitle yaş yakma (Bremner, 1965) |
| Alınabilir P | (kg da ⁻¹) | 3.78 | AB-DTPA Ekstraktında ICP-OES cihazıyla (Soltanpour, 1991) |
| Alınabilir K | (kg da ⁻¹) | 12.25 | AB-DTPA Ekstraktında ICP-OES cihazıyla (Soltanpour, 1991) |
| Tarla Kapasitesi | (%) | 22 | Basınçlı membran aletinde 1/3 atmosfer basınçta (Klute, 1986) |

*: Analizler ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme laboratuvarlarında yapılmıştır.

Ham fosfat, fosfat kayasından zenginleştirilerek standardize edilmiş ve "Mazıdağı Metal Geri Kazanım ve Entegre Gübre Tesisleri" tarafından üretilmiştir. Ham fosfatın temel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmada, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu tarafından ticari olarak üretilen TKİ-HUMAS markalı humik asit kullanılmıştır. Ticari TKİ-HUMAS gübresinin etiketinde Buğdaygiller için dekara 2-6 litre önerilmektedir. Çalışmamızda firmanın uygulama önerisi aralığında olan 5 L da⁻¹

dozu uygulanmıştır. TKİ-HUMAS leonardit kullanılarak üretilen humik asit ve fulvik asit içeren doğal organik bir toprak düzenleyicisi olan TKİ-HUMAS'ın garanti edilen içerik bilgisinde %5 oranında organik madde, %12 oranında toplam humik asit + fulvik asit, %2 oranında suda çözünür K₂O bulunmaktadır. TKİ-HUMAS'ın pH değeri 11 ile 13 arasında değişmektedir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan ham fosfatın özellikleri*

Table 2. Properties of the crude phosphate which used in the trial.

| Element | Oranı/Miktarı |
|-----------------------------------|---------------|
| P ₂ O ₅ (%) | 31.39 |
| Na (%) | 0.540 |
| K (mg kg ⁻¹) | 470.0 |
| CaO (%) | 54.39 |
| Mg (mg kg ⁻¹) | 1770 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | 2615 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | 440.0 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | 120.0 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | 68.00 |

*Mazıdağı Metal Geri Kazanım ve Entegre Gübre Tesisleri Laboratuvarında analiz ettirilmiştir.

Fosfor çözen bakteri suşları, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI koleksiyonundan temin edilmiş yerli bakteri suşları karışımından elde edilmiştir. Bu preparat "S2-RC210" kodu ile etiketlenmiş ve fosfor çözücü bakterilerden *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida* izolatlarından oluşmuştur. Çalışmada kullanılan bu dondurulmuş (-80°C) bakteri izolatları önce nutrient agar (NA) besi ortamı içeren petrilere ekilerek 27 °C'de inkübasyona bırakılmış ve 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir. Gelişen bu taze kültürlerden ayrı ayrı birer parça steril öze ile alınarak 250 ml'lik nutrient broth (NB) içeren sıvı besi ortamına aktarılmış ve yatay çalkalayıcı inkübatörde 150 rpm dk⁻¹ da 27 °C'de 24 saat bekletilmiştir. Bu sıvı kültürlerdeki mikroorganizma sayılarını belirlemek için önceden hazırlanan steril NA katı besi ortamına gerekli dilüsyonlardan (10⁷-10⁸) ekimler yapılarak kalan sıvı kültürler hemen +5°C'deki buzdolabına alınmıştır. Ekimi yapılan kültürlerin 48 saat 27 °C'de inkübasyonu sonrası koloni sayıcı cihaz yardımıyla koloni sayımları yapılarak sıvı kültürlerin her bir ml'sindeki canlı bakteri sayıları kontrol edilmiş ve canlı bakteri sayılarının elde edilen kültürlerin her bir ml'sinde en az 10⁸ olduğu tespit edilmiştir. Sıvı kültürlerin yeterli sayıda bakteri içerdiklerinden emin olunduktan sonra buzdolabında bekletilen sıvı kültürlerden eşit sayılarda canlı bakteri içerecek kadar hacimler alınarak karıştırılmış ve "S2-RC210" kodlu karışık kültür elde edilmiştir. Elde edilen bu sıvı kültürden; hazır halde bekletilen ilgili saksılardaki topraklara gölge şartlarda 2 L da⁻¹ dozunda homojen olarak verilmiş ve saksılar hemen tarla kapasitesine kadar sulanmıştır.

Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Hava kuru toprakların nem içerikleri ile tarla kapasitesiteleri belirlendikten sonra kuru toprak ağırlığı üzerinden saksılara doldurulmuştur. Denemede sakız fasulyesi ekilecek saksılara 12.5 kg kuru toprak doldurulmuş, bitki ekimi ve deneme desenine göre yapılması gereken ham fosfat miktarı karıştırılarak (1 g saksı⁻¹ = 20 kg da⁻¹) saksılar hazır hale getirilmiştir. Hazır haldeki saksılara sakız fasulyesi tohumu 2021 yılı haziran ayı içerisinde her bir saksıya 3 adet tohum olmak üzere yüzeyden aşağıya yaklaşık 2-4 cm derinliğe elle yapılmıştır.

Ekimle birlikte saksılara humik asit (0.25 ml saksı⁻¹ = 5 L da⁻¹) ve her ml'sinde en az 10⁷-10⁸ adet canlı mikroorganizma bulduran fosfor bakterisi karışık kültür (0.10 ml saksı⁻¹ = 2 L da⁻¹) uygulamaları yapılarak bu uygulamaların üzerine toprakların tarla kapasitesini geçmeyecek kadar dinlendirilmiş can suyu verilmiştir. Dinlendirilmiş can suyu ile birlikte verilen HA ve FB uygulamalarının toprağa homojen dağılımı sağlanmıştır. Denemede ham fosfat uygulanan ve uygulanmayan her bir grup için dörder uygulama olmak üzere (Kontrol, FB, HA ve HA + FB) toplam sekiz uygulama yapılmıştır. Her bir uygulama beş tekerrürlü olacak şekilde konular saksılara tesadüf parselleri deneme desenine göre dağıtılmıştır. Bu şekilde toplam: 8 konu x 5 tekerrür = 40 saksılık bir deneme kurulmuştur.

Saksılarda tohumların çimlenmesi tamamlandıktan 7 gün sonra bitkilerde seyreltme yapılmış ve her saksıda gelişimleri dengeli ve sağlıklı olan iki bitki bırakılmıştır. Tüm saksılar hava sıcaklığına

göre belirli aralıklarla tartılmış ve eksilen nem seviyeleri tarla kapasitesi düzeyine tutulacak şekilde sulanmıştır. Bitkilerin temel azot ihtiyacını karşılayabilmek için tüm saksılara 80 ppm Amonyum Nitrat (%33 N içeren) gübresi tek seferde uygulanmıştır. Denemede çiçeklenme öncesi kısa bir dönem yaprak biti zararlısı görülmüş, bertarafı için piyasa adı DECAN 2.5 EC olan ve formülasyonu gereği emülsiyeye olabilen, konsantr ve aktif maddesi 25 g L⁻¹ Deltamethrin olan bu insektisit 50 ml da⁻¹ oranında kullanılmıştır.

Verilerin elde edilişi ve istatistik analizler

Ham fosfat (HP) uygulanmış ve uygulanmamış saksılara HA+FB, HA ve FB uygulamaları yapıldıktan sonra sakız fasulyesi ekilmiş, hasat olgunluğuna kadar yetiştirilmiş ve hasat öncesi bitki gelişim özelliklerini gösteren veriler alınmıştır. Her bir saksıda hasat olgunluğuna gelen sakız fasulyesi bitkilerinin aşağıda belirtilen büyüme ve gelişme parametreleri ölçülerek, sayılarak veya tartılarak elde edilmiştir.

Bitki boyu; bitkilerin kök boğazından ana dal tepe büyüme noktasına kadar olan kısım mm taksimatlı metre ile ölçülerek belirlenmiştir.

Gövde çapı; bitkilerin gövdesi kök boğazından hasat öncesinde dijital kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülerek belirlenmiştir.

Bitkilerin yan dal sayıları, bakla sayıları ve baklalarındaki tane sayıları; saksılardaki bitkilerde ayrı ayrı sayıldıktan sonra bitkilerin ortalamaları alınarak verilmiştir.

Bitki başına tane verimi; her saksıdaki bitkilerin hasadından elde edilen toplam baklalardaki taneler baklalarından el ile ayrılarak harman edildikten sonra miktarları hassas teraziyle tartılmıştır.

Bitki kök ve gövde kuru ağırlıkları; bitkilerin hasat sonunda köklerinin ve gövdesinin yıkanıp 80 °C'de kurutulması sonucu hassas teraziyle tartılarak elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler üzerinde bilgisayar tabanlı istatistiksel paket programı (JMP Ver.13) yardımıyla faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi (VA) yapılmıştır. Sonuçlar arasındaki önemli farklılıklar ($\alpha=0.05$) Student's-t testi ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Düzgüneş vd., 1987).

Bulgular ve Tartışma

Ham fosfat varlığında veya yokluğunda uygulamaların etkisiyle bitki gelişim özelliklerindeki önemli değişimlerle ilgili istatistiksel farklar Çizelge 3'te verilmiştir.

Sakız fasulyesinin incelenen bitki gelişim özelliklerinden bitki boyu, en yüksek ham fosfat varlığında 70.6 cm ile HA+FB uygulamasında; en düşük ise ham fosfat yokluğunda 57.3 cm ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Ham fosfat yokluğunda bitki boyları çoktan aza doğru HA+FB uygulamasında 65.2 cm, FB uygulamasında 61.1 cm, HA uygulamasında 57.6 cm şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde ham fosfat varlığında bitki boyları çoktan aza doğru FB uygulamasında 69.8 cm, HA uygulamasında 69.7 cm ve kontrol uygulamasında 63.1 cm olacak şekilde takip etmiştir. Bitki boy uzunluklarının genel olarak HP eklenen saksılarda daha yüksek olduğu görülmüştür. HP uygulamasından bağımsız olarak diğer uygulamalardaki bitki boyları da kontrole göre daha fazla olmuştur. Sakız fasulyesi ile ilgili tarla şartlarında çalışan Cebeci (2016), farklı ekim sıklığının herba verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada uygulamaların bitki boyunda farklı etkileri olduğunu ve bitki boylarının 93.7 cm ile 101.77 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Denemelerinde sakız fasulyesinin farklı bir genotipini (Genotip 12) ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde tarla şartlarında kullanan Müftüoğlu vd. (2021) yaptıkları çalışmalarında; farklı dozlarda molibden uygulamasının bitki boyunda farklar oluşturduğunu ve bitki boylarının 66.7 cm ile 73.8 cm arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Farklı genotipteki bitkiler ve tarla şartlarındaki denemeden elde edilen bu değerlerle sakı denememizdeki bitki boyları uyumlu görülmektedir (Çizelge 3).

Ham fosfat ve diğer uygulamalar arasındaki interaksiyonun (HP x UYG) gövde çapı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çizelge 3 incelendiğinde sakız fasulyesinin en büyük gövde çapı, ham fosfat varlığında 6.19 mm ile HA+FB uygulamasında; en düşük gövde çapı ise yine ham fosfat varlığında 5.46 mm ile HA uygulaması ile elde edilmiştir. Ancak bitki çapında oluşan bu farklar istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Sakız fasulyesi bitkisi verim ve kalitesine farklı dozlarda molibden uygulamalarının etkisini araştıran Müftüoğlu vd. (2021), çalışmalarında uygulama dozunun bitki çapında farklar oluşturduğunu ve gövde çapının 8.0 mm ile 9.4 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen bitki çapı değerleriyle bildirilen değerler arasında farklılıklar

vardır. Bu farklılıkların bitkinin yetiştirme ortamlarına (sera/saksı/tarla), genotiplerine veya yapılan uygulamalara göre değişebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Ham fosfat, Humik asit ve Fosfor çözücü bakteri karışımı uygulamaların bitki gelişim özelliklerine etkileri

Table 3. Effects of raw phosphate, humic acid and phosphorus solubilizing bacteria mixture applications on plant growth characteristics

| Ham Fosfat Uygulamaları | Uygulamalar | | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Kontrol | HA+FB | FB | HA | Ortalama |
| <i>Bitki Boyu (cm)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 57.30±0.27 f* | 65.20±0.27 c | 61.10±0.22 e | 57.60±0.22 f | 60.30±3.29 B |
| Ham Fosfat (+) | 63.10±0.22 d | 70.60±0.42 a | 69.80±0.57 b | 69.70±0.27 b | 68.30±3.12 A |
| Ortalama | 60.20±3.07 D | 67.90±2.87 A | 65.45±4.60 B | 63.65±6.38 C | |
| <i>Gövde Çapı (mm)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 5.81±0.31 öd | 5.6300.55 öd | 5.76±0.23 öd | 5.66±0.73 öd | 5.71±0.46 ÖD |
| Ham Fosfat (+) | 5.74±0.09 öd | 6.20±0.32 öd | 6.12±0.45 öd | 5.46±0.32 öd | 5.88±0.43 ÖD |
| Ortalama | 5.77±0.22 ÖD | 5.91±0.52 ÖD | 5.94±0.39 ÖD | 5.56±0.54 ÖD | |
| <i>Bitki Yan Dal Sayısı (adet)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 3.40±0.10 c | 3.42±0.13 bc | 3.30±0.27 cd | 3.06±0.13 d | 3.30±0.22 B |
| Ham Fosfat (+) | 3.70±0.27 b | 4.72±0.27 a | 3.57±0.25 bc | 4.70±0.27 a | 4.17±0.61 A |
| Ortalama | 3.55±0.25 B | 4.07±0.71 A | 3.43±0.29 B | 3.88±0.89 A | |
| <i>Bitkide Bakla Sayısı (adet)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 67.2±0.27 c | 63.1±0.22 d | 58.3±0.25 e | 62.7±0.57 d | 62.8±3.26 B |
| Ham Fosfat (+) | 74.5±0.50 a | 74.8±0.45 a | 74.6±0.14 a | 72.4±0.22 b | 74.1±1.05 A |
| Ortalama | 70.9±3.87 A | 69.0±6.18 B | 66.4±8.61 D | 67.6±5.13 C | |
| <i>Bitkide Tane Sayısı (adet)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 307±0.650 e | 328±0.50 b | 283±0.45 g | 264±0.57 h | 296±24.7 B |
| Ham Fosfat (+) | 315±0.760 d | 338±0.35 a | 319±0.45 c | 291±0.001 f | 316±17.0 A |
| Ortalama | 311±3.960 B | 333±5.02 A | 301±18.7 C | 278±14.10 D | |
| <i>Bitkide Tane Ağırlığı (g/bitki)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 8.69±0.24 öd | 8.82±0.07 öd | 8.41±0.39 öd | 8.03±0.45 öd | 8.49±0.43 B |
| Ham Fosfat (+) | 9.30±0.60 öd | 9.54±0.29 öd | 9.35±0.23 öd | 9.12±0.20 öd | 9.33±0.37 A |
| Ortalama | 8.99±0.54 A | 9.18±0.43 A | 8.88±0.58 AB | 8.58±0.66 B | |
| <i>Bitki Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 23.56±0.44 öd | 26.44±0.37 öd | 24.57±0.44 öd | 24.05±0.49 öd | 24.65±1.19 B |
| Ham Fosfat (+) | 25.95±0.51 öd | 28.00±0.11 öd | 26.85±0.54 öd | 26.53±0.34 öd | 26.83±0.85 A |
| Ortalama | 24.76±1.34 D | 27.22±0.86 A | 25.71±1.29 B | 25.29±1.37 C | |
| <i>Bitki Kök Kuru Ağırlığı (g)</i> | | | | | |
| Ham Fosfat (-) | 1.71±0.17 öd | 1.76±0.28 öd | 1.60±0.31 öd | 1.50±0.32 öd | 1.64±0.28 B |
| Ham Fosfat (+) | 1.56±0.30 öd | 1.94±0.03 öd | 1.88±0.14 öd | 1.81±0.10 öd | 1.80±0.21 A |
| Ortalama | 1.64±0.24 ÖD | 1.85±0.21 ÖD | 1.74±0.27 ÖD | 1.66±0.27 ÖD | |

*: Aynı sütun ve satırlardaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar, istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki değişimleri, büyük harfler ise ortalamalar arasındaki değişimleri gösterir. ÖD, öd; Önemli değil. .

Sakız fasulyesi yan dal sayısı en yüksek ham fosfat varlığında 4.72 adet ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 3.06 adet ile HA uygulaması grubunda elde edilmiştir. Ham fosfat yokluğunda bitki yan dal sayısı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 3.42 adet, Kontrol uygulamasında 3.40 adet, FB uygulamasında 3.30 adet şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde Ham Fosfat varlığında bitki yan dal sayısı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla HA uygulamasında 4.70 adet, kontrol uygulamasında 3.70 ve FB uygulamasında 3.5 adet olacak şekilde takip etmiştir. Bitki yan dal sayısının genel ortalamalara göre yüksek olan değerleri ham fosfat eklenen uygulamalardan elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan HA+ FB ve HA uygulamaları aynı grupta, kontrol ve FB uygulamaları da aynı grupta ve daha düşük seviyede yer

almıştır. Cebeci (2016), çalışmalarında sakız fasulyesinin farklı sıra arası ile ekiminin bazı tarımsal karakterler üzerindeki etkileri belirledikleri çalışmalarında bitki yan dal sayısının 4.53 adet ile 8.73 adet arasında olduğunu bildirmişlerdir. Şanlıurfa ekolojik koşullarında farklı ekim sıklıklarının sakız fasulyesinin tarımsal karakterlere etkilerini araştıran Okant ve Karagözlü (2019), çalışmalarında sakız fasulyesi bitki yan dal sayısını 6.20 adet ile 8.60 adet arasında elde etmişlerdir. Abo El-Ezz (2019), yaptığı çalışmada guar bitkisinde (*Cyamopsis tetragonoloba* L., Taub.) bazı elementlerin NPK gübrelemesinden ve kasaba çöpü kompostu uygulamasından nasıl etkilendiğini araştırmış ve araştırmasında bitki yan dal sayısının 5.33 adet ile 11.33 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Sakız fasulyesi bitkilerinin yan dal sayıları başta genotipleri olmak üzere farklı topraklar, iklimler ve uygulamalardan kaynaklanabilir.

Sakız fasulyesi bitkide bakla sayısı en yüksek ham fosfat varlığında 74.80 adet ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 58.27 adet ile FB uygulaması grubunda elde edilmiştir. HP yokluğunda bitkide bakla sayısı çoktan aza doğru sırasıyla kontrol uygulamasında 67.2 adet, HA + FB uygulamasında 63.10 adet, HA uygulamasında 63.10 adet şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde ham fosfat varlığında bitkide bakla sayısı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 74.6 adet, kontrol uygulamasında 74.50 ve HA uygulamasında 72.4 adet olacak şekilde takip etmiştir. Bitkide bakla sayısı yüksek olan değerler genel ortalama bakımından ham fosfat eklenen uygulamalardan elde edilmiştir. Ancak uygulamalar ayrı ayrı ele alındığında bitkide bakla sayısının kontrol grubunda daha yüksek olmuş, bu durum bitkide dane ağırlığına da yansımıştır (Çizelge 3). Müftüoğlu vd. (2021), sakız fasulyesine Mo uygulaması yaptıkları çalışmalarında uygulama dozunun bitki bakla sayısında farklar oluşturduğunu ve bitki bakla sayısının 43.6 adet ile 66.2 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Filiz (2020), farklı bitki büyümesini teşvik edici bakteriler ve fosforlu gübre uygulamalarının fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini incelediği yüksek lisans tezinde bitkide bakla sayısının 16.50–36.82 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Naseri vd. (2013), farklı bakteri uygulamalarının bitkide bakla sayısını artırdığını bildirirken; Fayetörbay vd. (2014), yaptıkları çalışmada bitkide bakla sayısının bakteri uygulamasıyla önemli düzeyde etkilendiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sakız fasulyesi genotipi üzerinde başka çalışmaya rastlanmamış olsa da genel anlamda elde edilen veriler, benzer bitkilerle ilgili önceki çalışmalara uyumlu elde edilmiştir. Sakız fasulyesi genotip farkları ve yetiştirme şartlarındaki farklılıklar bitkide bakla sayısı değerlerindeki değişimlerin temel nedeni olarak görülebilir.

Seçilen sakız fasulyesi genotipinde en yüksek tane sayısı ham fosfat varlığında 337.5 adet ile HA+FB uygulamasında en düşük tane sayısı ise ham fosfat yokluğunda 264.3 adet ile HA uygulamasından elde edilmiştir. Ham fosfat yokluğunda bitki tane sayısı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 328 adet, kontrol uygulamasında 307.4 adet, FB uygulamasında 283.3 adet şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde Ham fosfat varlığında bitki tane sayısı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 318.8 adet, kontrol uygulamasında 314.8 ve HA uygulamasında ise 291.0 adet ile takip etmiştir. Bitki tane sayısı ortalamalarına göre, yüksek tane sayıları ham fosfat eşliğinde yapılan uygulamalardan elde edilmiştir (çizelge 3). Bitkide tane sayısı bakımından çalışmamızla ilişkili ve tartışabileceğimiz HP ve diğer uygulamalar ve bunların interaksiyon durumunun (HP x UYG) incelendiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Sakız fasulyesi bitki üst aksam ağırlığı en yüksek ham fosfat varlığında 27.99 g ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 23.56 g ile kontrol uygulaması grubunda elde edilmiştir. HP yokluğunda bitki üst aksam ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 26.43 g, FB uygulamasında 24.56 g, HA uygulamasında ise 24.04 g şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde Ham fosfat varlığında bitki üst aksam ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 26.84 g, HA uygulamasında 26.52 g ve kontrol uygulamasında ise 25.95 g şeklinde takip etmiştir. Genel ortalamalara göre HP uygulanan saksılarda üst aksam ağırlıkları yüksek olmuştur. Uygulama ortalamalarına göre ise HA+ FB uygulamasında en yüksek değerler alınırken kontrol grubunda en az üst aksam ağırlıkları elde edilmiştir (çizelge 3). Abo El-Ezz (2019), yaptığı çalışmada guar bitkisinde üst aksam ağırlığını 14.39 g ile 20.72 g arasında değiştiğini bildirmiş olup, bu değerler çalışmamızda elde edilen bitki üst aksam kuru ağırlıklarından düşük olmuştur. Genel anlamda diğer bitkilerde saksı denemelerinden elde edilen üst aksam ağırlıklarının tarla denemelerine göre yüksek seyrettiği bilinen bir durumdur. Çalışmamızda kullanılan genotipin üst aksam ağırlıkları ile ilgili başka bir çalışmaya rastlanmamıştır, ancak diğer bitkilerle ilgili genel görüşe uyumlu olduğu belirtilebilir.

Sakız fasulyesi bitki kök kuru ağırlığı en yüksek ham fosfat varlığında 1.93 g ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 1.50 g ile HA uygulaması grubunda elde edilmiştir. Ham Fosfat yokluğunda bitki kök kuru ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 1.75 g, kontrol uygulamasında 1.71 g, FB uygulamasında 1.60 g şeklinde azalarak takip etmiştir. Ham fosfat varlığında ise bitki kök kuru ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 1.87 g, HA uygulamasında 1.80 ve kontrol uygulamasında ise 1.56 g ile takip etmiştir. Genel ortalamalara göre HP uygulaması kök kuru ağırlığını önemli derecede artırırken, diğer uygulamalar arasında önemli farklar olmadığı görülmüştür (çizelge 3). Abo El-Ezz (2019), yaptığı çalışmada guar bitkisinde bitki kök ağırlığını 4.38 g ile 7.06 g arasında değiştiğini bildirmesine rağmen çalışmamızda elde edilen bitki kök kuru ağırlığı ile karşılaştırıldığında farklılıklar görülmüştür. Hussein ve Alva (2014), bitkilerin yeterli düzeyde fosfor alması durumunda hastalıklara dayanımı, kök gelişimi, tohum üretimi, tohum kalitesi ve sap uzunluğu arttığını bildirmişlerdir. Bitki kök ağırlığında oluşan farklılıkların; yetiştirme ortamlarına, bitki genotiplerine ve yapılan uygulamalara göre değişebileceği düşünülmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada yerli ham fosfat kaynaklarımızdan Mazıdağı (Mardin-Türkiye) ham fosfatının işlenmiş ve homojenize edilmiş temsili bir örneği, alkalın pH'lı bir toprağa karıştırıldıktan sonra sera şartlarındaki saksılarda sakız fasulyesi yetiştirilerek test edilmiştir. Ham fosfat uygulanmış topraklara ek olarak humik asit ve fosfor çözen bakteri uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte uygulanmaları durumunda yetiştirilen sakız fasulyesinde bitkisi gelişim özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir.

Uygulamaların birlikte etkisi ile (HP x UYG interaksyonu) bitki çapı, bitkideki tane ağırlığı, bitki üst aksam ağırlığı ve bitki kök ağırlığındaki değişimler istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Uygulamaların birlikte etkisiyle bitki boyu, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı gibi bitki gelişim özellikleri önemli derecede değişmiştir. Uygulamalardan elde edilen verilere göre ham fosfat uygulanmasıyla bitki çapı dışındaki tüm bitki gelişim özelliklerini (Bitki boyu, bitkide tane sayısı, bitkide tane ağırlığı, üst aksam kuru ağırlığı, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı) önemli derecede ve olumlu yönde değiştirmiştir. Genel ortalamalar bazında tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, ham fosfat uygulanmış saksılara ilave edilen fosfor bakterileri ve humik asitin bitki gelişim özelliklerine genel olarak olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

Fosfor çözücü olarak çalışmamızda da kullanılan ve olumlu sonuçlar veren bitki gelişimini teşvik edici bakteri preparatlarının yaygınlaştırılması için, sakız fasulyesinin farklı varyetelerinde ve farklı bitki türlerinde denemeleri önerilebilir. Farklı ve yerli bakteri suşlarının farklı bitkilerde kullanılarak araştırmaları teşvik edilmelidir. Bu çalışmada kullanılan humik asit ve mikrobiyal gübrelerin topraklara aynı anda birlikte uygulanmaları durumundaki toprak verimliliği ve biyokimyasal özelliklerindeki olumlu/olumsuz değişimlerin; farklı bitkiler, topraklar ve mikroorganizma şartlarında denenerek derinleştirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda mikrobiyal gübrelerin kullanımı giderek artmakta ve farklı organik maddelerin mikrobiyal gübrelerin yayınlığına olumlu/olumsuz etkilerine dair çalışmalara sık rastlanmaktadır. Ancak bu tür çalışmalarda; bitki ekilen ve ekilmeyen topraklar, sera ve tarla şartları, onlarca organik madde ve binlerce mikroorganizma çeşitliliği dikkate alındığında çok daha fazla bilimsel araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Son olarak Dünya besin ihtiyacının halen büyük oranda üretilen mineral gübrelere bağımlı olduğu gerçeğini dikkate aldığımızda, çeşitli organik ve mikrobiyal gübrelerin/preparatların ticari gübrelere veya kendi başlarına kullanılmalarının etkileri ürün verimi, çevre ve ekolojik açılardan sorgulanmalıdır. Tarımsal üretimde ürün verimi ve kalitesinin sürdürülebilir olarak artırılabilmesi için; yetiştirme ortamlarına uygulanacak farklı mikroorganizmaların besin maddelerinin yayınlılığını artırması ile mümkün olabileceği göz ardı edilmemelidir. Benzer çalışmaların sera ve tarla şartlarında yaygınlaştırılması ve bu tür araştırmaların yapılabileceği kurum, kuruluş ve işletmelerin mikrobiyal gübrelere ilgili çalışma altyapılarının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2021-3653 nolu proje ile Desteklenen Ali KARACA'nın Yüksek Lisans tez çalışması verilerinin bir kısmından üretilmiştir. İlgili kuruma desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Abo El-Ezz, S.F., 2019. Translocation of some elements in guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) as affected by NPK-fertilization and compost of town refuse. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 10(3): 173-177.
- Adeleke, B.S., Babalola, O., 2021. Roles of plant endosphere microbes in agriculture-A review. *Journal of Plant Growth Regulation*. 1-18.
- Antoun, H., 2005. Field and greenhouse trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi. Department of Soil and Agrifood Engineering, Faculty of Agriculture and Food. Science, Canada.
- Allison, L.E. ve Moodie, C.D., 1965. Carbonate. *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. 9: 1379-1396.
- Asghar, W., Akça, M.O., Akça, H., Tarf, O.J., Kataoka, R., Turgay, O.C., 2022. Alternative strategies to synthetic chemical fertilizers; revitalization of soil quality for sustainable agriculture using organic-based approaches. In: *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*, Elsevier Science, Oxford/Amsterdam, pp.1-30.
- Bala, K., 2022. Microbial Fertilizer as an Alternative to Chemical Fertilizer in Modern Agriculture. In: *Beneficial Microorganisms in Agriculture* (pp. 111-130), Springer Nature Singapore.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bremner, J.M., 1965. "Inorganic forms of nitrogen In: C.A. Black et al(ed)". *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1179-1237*. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Buscot, F., Varma, A., 2005. *Microorganisms in Soils. Roles in Genesis and Functions*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Printed in Germany
- Cebeci, G., 2016. Çanakkale koşullarında sakız fasülyesinde (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) farklı sıra aralıklarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Chen, Y., Aviad, T., 1990. Effect of humic substances on plant growth. In *Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, pp. 161-189.
- Çimrin, K.M., Karaca, S., Bozkurt, M.A., 2001. Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine humik asit ve NPK uygulamalarının etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 7(2): 95-100.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları*. A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ders Kitabı:296.
- Ekin, Z., 2019. Integrated use of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria to ensure higher potato productivity in sustainable agriculture. *Sustainability*. 11(12): 3417.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2017. *Water for Sustainable Food and Agriculture. A Report Produced for the G20 Presidency of Germany*, Rome.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. J. Bélanger ve D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome.
- Fayetörbay, D., Daşcı, M., Çomaklı, B., 2014. Fosfor çözücü bakteri, fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının macar fiğinde (*Vicia Pannonica* Roth) tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*. 20(4): 345-357.
- Filiz, O., 2020. Farklı bitki büyümesini teşvik edici bakteriler ve fosforlu gübre uygulamalarının fasülye'nin (*Phaseolus vulgaris* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Gerke, J., 2018. Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: A review. *Agronomy*. 8 (5): 76.
- Hussein, M.M., Alva, A.K., 2014. Growth, yield and water use efficiency of forage sorghum as affected by NPK fertilizer and deficit irrigation. *American Journal of Plant Sciences*. 5(13): 2134-2140.
- Klute, A., 1986. *Water Retention: Laboratory Methods*. *Methods of Soil Analysis Part1.2nd Ed*. Agronomy 9. Am. Soc. Argon., 635-660, Madison, USA.
- Kuc, J., 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. *European Journal of Plant Pathology*. 107:7-12.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA

- Jian, L., Li, J., Ge, C., 2001. Advance in role mechanism of microbial fertilizer. *Journal of Microbiology*. 21: 33-37.
- MacCarthy, P., 2001. The principles of humic substances. *Soil Science*. 166(11): 738-751.
- Müftüoğlu, N.M., Çıkkılı, Y., Türkmen, C., Akçura, M., 2021. Sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) bitkisi verim ve kalitesine farklı dozlarda molibden uygulamalarının etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 9(2): 309-315.
- Naseri, R., Maleki, A., Naserirad, H., Shebibi, S., Omidian, A., 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on reduction nitrogen fertilizer application in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*. 14(2): 213-220.
- Okant, M., Karagözü, Z., 2019. Şanlıurfa ekolojik koşullarında farklı ekim sıklıklarının guar fasulyesi (*Cyamopsis Tetragonobla* L. Taub.)'nin tarımsal karakterlere etkilerinin araştırılması. *Ejons Uluslararası Dergisi*. 3 (11):135-140.
- Padem, H., Ocal, A., 1998. Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. In VI International Symposium on Processing Tomato and Workshop on Irrigation and Fertigation of Processing Tomato. 487: 159-164.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook, (pp. 60-94).
- Seshadri, S., Muthukumarasamy, R., Lakshminarasimhan, C., Lgnacimuthu, S., 2000. Solubilization of inorganic phosphates by *Azospirillum halopraeferans*. *Current Science*. 79 (5): 565-567.
- Schulte, E.E. ve Hoskins, B., 1995. Recommended soil organic matter tests. Recommended Soil Testing Procedures for the North Eastern USA. Northeastern Regional Publication. 493: 52-60.
- Soltanpour, P.N., 1991. Determination of nutrient availability and elemental toxicity by AB-DTPA soil test and ICPS. In *Advances in Soil Science* (pp. 165-190). Springer, New York, NY.
- Sutton, R., Sposito, G., 2005. Molecular structure in soil humic substances: the new view. *Environmental Science & Technology*. 39 (23): 9009-9015.
- Türkmen, C., Sungur, A., 2014. Influence of humic acid on availability of Zn, Cu, Mn, Fe in soils. *Asian Journal of Chemistry*. 26(13): 3977.
- Usta, S., Sözüdoğru, S., Çaycı, G., 1996. Ülkemizdeki bazı peat ve peat benzeri materyallerin kimyasal özellikleri ile humik ve fulvik asit kapsamları üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 20:27-33.
- Wang, X., Lu, X., Yi, X., Li, Z., Zhou, Y., Duan, G., Lei, M., 2021. Changes in soil available cadmium and bacterial communities after fallowing depend on contamination levels. *Journal of Soils and Sediments*. 21: 1408-1419.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Determinants of Welfare Status and Net Farm Income Among Smallholder Sorghum Farmers in North West, Nigeria

Sunday Sambo Mailumo¹  Ibrahim Maharazu²  Olugbenga Omotayo Alabi^{3*} 
Jeremiah Samuel Aluwong⁴  Nancy Agbenu Olisakwe⁵ 

¹Federal College of Forestry Jos, Plateau State, NIGERIA.

²Department of Agricultural-Economics, Faculty of Agriculture, Kaduna State University (KASU), Kaduna State, NIGERIA.

³Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Abuja, PMB 117 Gwagwalada-Abuja, Federal Capital Territory, NIGERIA.

⁴Department of Agricultural-Extension and Management, School of Agricultural Technology, Nuhu Bamali Polytechnic, Zaria, Samaru Katf Campus, Kaduna State, NIGERIA.

⁵Department of Economics, Faculty of Social Sciences, University of Jos, Plateau State, NIGERIA.

*Corresponding author: omotayoalabi@yahoo.com

Received Date: 17.09.2024

Accepted Date: 19.12.2024

Abstract

This study focused on the determinants of welfare status and net farm income among smallholder sorghum farmers in North West, Nigeria. A multi-stage sampling method was employed to select 140 smallholder sorghum farmers. Primary data were used. The data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The results show that the mean age of smallholder sorghum farmers was 47 years. The smallholder sorghum farmers were literate with approximate of 11 years of school education. Approximate 75% of smallholder sorghum farmers were members of cooperative organizations. Averagely, the farm size was estimated at 1.5 hectares, this means they are small-scale farmers. The gross margin and net farm income were calculated at 557 175.35 and 518022.45 Naira per hectare, respectively. This shows that sorghum production is profitable. The total income and expenditure were estimated at 12192714.72 and 476439.76 Naira, respectively. The sorghum farmer household income exchange was calculated at 2.56. Approximate 97 which amounted to 69.29% of smallholder farmers had increased in welfare status from sorghum farming. The age of farmers, level of education, household size, farm experience, farm size, and amount of credit accessed were significantly different from zero in influencing the welfare status of smallholder sorghum farmers. The farm size and labour were significantly different from zero in influencing the net farm income of smallholder sorghum farmers. The study recommends mechanized farming utilizing improved seeds and new farm technologies to increase productivity, income and welfare status.

Keywords: Welfare Status, Net Farm Income, Tobit Regression Model, Sorghum Farmers, North West, Nigeria.

Kuzey Batı, Nijerya'daki Küçük Toprak Sahibi Sorgum Çiftçileri Arasında Refah Durumunun ve Net Çiftlik Gelirinin Belirleyicileri

Öz

Bu çalışma, Kuzey Batı Nijerya'daki küçük sorgum çiftçileri arasındaki refah durumuna ve net çiftlik geliri belirleyicilerine odaklanmıştır. Çok aşamalı bir örnekleme yöntemi kullanılarak 140 küçük ölçekli sorgum çiftçisi ile anket yapılmıştır. Veriler tanımlayıcı ve çıkarımsal istatistikler kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, küçük ölçekli sorgum çiftçilerinin yaş ortalamasının 47 olduğunu göstermektedir. Sorgum çiftçileri oku-yazar olup yaklaşık 11 yıl okul eğitimi almışlardır. Küçük sorgum çiftçilerinin yaklaşık %75'i kooperatif kuruluşlarının üyesidir. Ortalama olarak çiftlik büyüklüğünün 1,5 hektar olduğu tahmin edilmiştir, bu durum da işletme ölçeğinin küçük olduğunu göstermektedir. Brüt kar marjı ve net çiftlik geliri hektar başına sırasıyla 557175,35 ve 518022,45 Naira olarak hesaplanmıştır. Bu da sorgum üretiminin karlı olduğunu göstermektedir. Toplam gelir ve giderin sırasıyla 12192714,72 ve 476439,76 Naira olduğu tahmin edilmiştir. Sorgum çiftçisinin hane geliri değişimi 2,56 olarak hesaplanmıştır. Küçük çiftçilerin %69,29'unu oluşturan yaklaşık 97 kişinin sorgum üretimi sayesinde refah durumu arttığı görülmüştür. Çiftçilerin yaşı, eğitim düzeyi, hane büyüklüğü,

çiftlik deneyimi, çiftlik büyüklüğü ve erişilen kredi miktarı, küçük ölçekli sorgum çiftçilerinin refah durumunu etkileme açısından sıfırdan önemli ölçüde farklı bulunmuştur. Çiftlik büyüklüğü ve işgücü, küçük ölçekli sorgum çiftçilerinin net çiftlik gelirini etkileme açısından sıfırdan önemli ölçüde farklı bulunmuştur. Çalışma, üretkenliği, geliri ve refah durumunu artırmak için gelişmiş tohumlardan ve yeni tarım teknolojilerinden yararlanan tarımsal mekanizasyonu önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Refah Durumu, Net Çiftlik Geliri, Tobit Regresyon Modeli, Sorgum Çiftçileri, Kuzey Batı, Nijerya

Introduction

Sorghum (*Sorghum bicolor*) ranked fifth as the world major cereal crops after maize wheat, rice, and barley (Naik et al., 2016). Nigeria is the leading producer of sorghum in Africa with 34% followed by Sudan with 21% (Mitaru et al., 2012). Averagely, sorghum constitutes 20% of total cereals produced in Africa (Dube et al., 2014). According to FAO (2024), the output of sorghum in 2021 and 2022 approximates 6.7 million tons and 6.8 million tons, respectively (Figure 1). Similarly, the world output of sorghum in 2021 and 2022 approximates 62.1 million tons and 57.5 million tons, respectively (Figure 2). Also, in Nigeria the sorghum area in 2021 and 2022 approximates 5.9 million hectares and 5.7 million hectares, respectively (Figure 2). Similarly, the world area of sorghum in 2021 and 2022 approximates 41.6 million hectares and 40.7 million hectares, respectively (FAO, 2024) (Figure 2). Nigeria is the largest producer of sorghum in West Africa accounting for approximately 71 percent of the total regional sorghum output and ranks the second largest producer of sorghum in the world (Tugga et al., 2023). Globally, sorghum serves as staple food for more than 500 million people living in semi-arid, arid lands of Asia and Africa (Teferi, 2013). Sorghum is very important industrial crop for brewing alcoholic and non-alcoholic drinks, it is also used in baking and confectionary industry. The leaves and grain of sorghum are used for feeding livestock and the stalks are used for thatching houses and making fences (Onuk et al., 2020). Sorghum plays an important role in providing food security in the face of climate change (Mundia et al., 2019). Despite the potentials of sorghum in driving sub-Saharan Africa towards sustainable increase its food reserve, sorghum is under-utilized and the production is still low (Grovermann et al., 2018). Sorghum is one of the drought tolerant cereal crops presently under cultivation and it offers the smallholder farmers the ability to reduce costs on other farm expenses and irrigation (Aduba et al., 2013). It is a crop grown by resource poor farmers in predominantly low rainfall and the crop is typically produced under harsh conditions such as marginal land and low input use (Alemu and Haji, 2016). The research gap is that sorghum productivity is low, the largest percentage of farming population are small-scale subsistence producers with minimal access to production inputs such as pesticides, fertilizers, improved seeds and inadequate technical know-how (Tugga et al., 2023). According to Baiyegunhi and Fraser (2009), who reported that the Nigerian small-scale producers are characterized with the use of unimproved inputs and traditional production tools that are capable of generating only low level of income. The low income of producers leads to low level of savings and investment, the welfare status and living conditions of farmers is generally low which leads to low productivity and low income. The economic potentials of sorghum have not been fully harnessed in Nigeria and sub-Saharan Africa countries due to a number of production and productivity constraints (Yahaya et al., 2022). According to Ndjeunga et al. (2015) who reported that only 20% of total sorghum production area is planted with improved cultivars in Nigeria. Also, Mundia et al. (2019) documented that the small-scale producers in Africa, Nigeria inclusive use landraces because of poor access to seed of improved cultivars, production technologies and a lack of financial support (Ajeigbe et al., 2018). This study differs from the current and previous study conducted by Tugga et al. (2023) on profitability analysis of sorghum small-scale farmers in selected local government areas of Gombe State, Nigeria, the gross margin of 187758 Naira was realized per hectare of sorghum farming, the constraints encountered were cost of fertilizer, inadequate capital, cost of labour, inadequate improved seeds, pest and diseases, weed infestation, and inadequate extension workers. The current research study conducted by Yahaya et al. (2022) on sorghum production in Nigeria, opportunities, constraints, and recommendations reported that the farmer perceived constraints to sorghum production across the study zones of Northern Nigeria include, lack of access to production inputs, drought stress, striga infestation, bird damage, lack of access to credit, stem borer pest, and limited agricultural lands. This research study fills the gap that none of the

previous literatures examined determinants of welfare status and net farm income among smallholder sorghum farmers in North West, Nigeria.

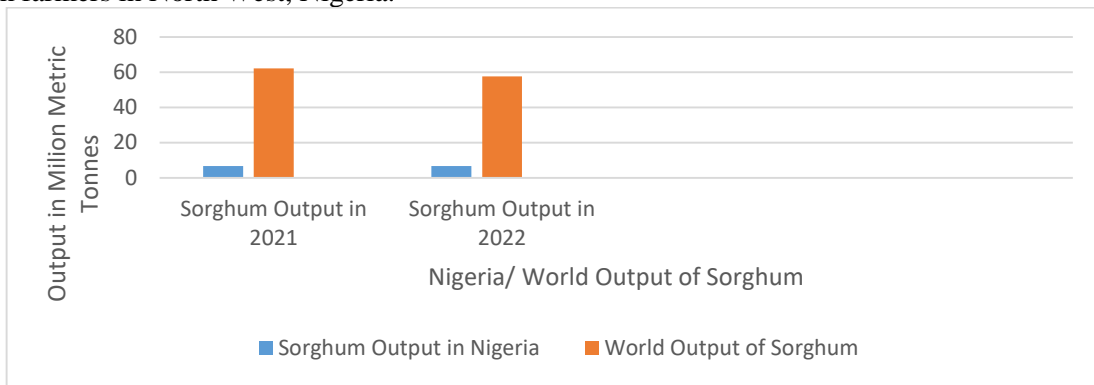


Figure 1. Sorghum Output in Nigeria and the World

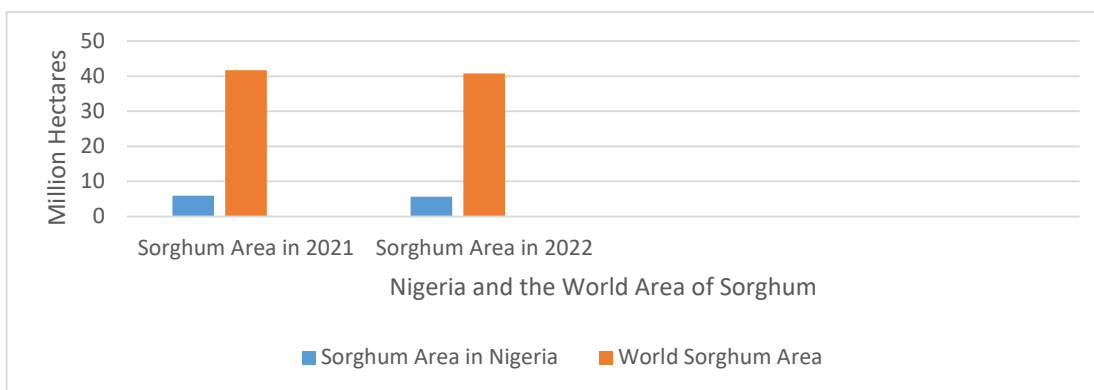


Figure 2: Sorghum Area in Nigeria and the World

Objectives of the Study

The main aim of the study is to evaluate factors influencing the welfare and net farm income among smallholder sorghum farmers in North West, Nigeria. The specific objectives include:

- (i) determine the summary information of smallholder sorghum farmers,
- (ii) estimate the welfare status and net farm income of sorghum farmers,
- (iii) evaluate the predictors influencing welfare status of sorghum farmers, and
- (iv) evaluate the predictors influencing net farm income of sorghum farmers.

Materials and Methods

This study was carried out in Kano and Kaduna States, Nigeria. Sorghum (*Sorghum bicolor*) is widely cultivated in the three agro-ecological zones (Guinea Savanna, Sudan Savanna, and Sahel Savanna) and approximately in the North-Western, North-Central and North East geopolitical zones of Nigeria. For the purpose of this research study, our focus or target location is North West, with an area of 317.5 thousand hectares and production average of 604675 metric tonnes (FMARD, 2018). The North-West is a geopolitical zone that contributes approximately 48% of the Nigeria sorghum production, Kaduna and Kano states are predominantly known for sorghum farming in the North West region (FMARD, 2018). This work utilized the use of a multi-stage sampling method. The multi-stage sampling design was used for a variety of reasons, time efficiency, cost reduction, flexibility, and increase reliability. The multi-stage sampling design is used when you have a large, geographically spread samples and you can obtain a probability sample without a complete list of sample respondents, and obtain a more reliable estimate of population parameters like the mean or proportion, you draw a sample from a population using smaller and smaller groups (units) at each stage. In the first stage, two states were purposively selected. In the second stage, two local government areas in each state were randomly selected. In the third stage, two villages in each local government area were randomly

selected. The sample frame of sorghum producers approximately 215 respondents. In the fourth and final stage, the total sample number of sorghum producers was proportionately and randomly selected which approximately 140 respondents comprising of 70 smallholder sorghum producers each from Kano and Kaduna States, respectively. Primary sources of data were used based on a well-structured questionnaire that was made susceptible to reliability and validity test. This sample number was calculated following the estimated formula of Yamane (1967) as follows:

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} = \frac{215}{1+215(0.05)^2} = 140 \quad (1)$$

Where,

n = The Sample Number

N = The Total Number of Smallholder Sorghum Producers (Number for the 2 States)

e = 5%

The data obtained were analyzed using both inferential and descriptive statistics:

Farm Household Income Exchange

The welfare of smallholder sorghum farmers was estimated following Kuswanto (2019). The income of sorghum farmers comes from sorghum farming and other farming and non-farming agricultural businesses. Mathematically the formula stated is as:

$$Y = Y_{sf} + Y_{of} + Y_{nfa} \quad (2)$$

Where,

Y = Farmers Income (Naira),

Y_{sf} = Income Sorghum Farming Businesses (Naira),

Y_{of} = Income from Other Farming Businesses (Naira), and

Y_{nfa} = Income from Non-Farming Agricultural Businesses (Naira).

The expenditure of the smallholder sorghum farmers can be classified into agricultural expenditure, non-agricultural expenditure and expenditure for consumption in the household.

$$E = E_{sf} + E_{of} + E_{nfa} \quad (3)$$

Where,

E = Farmers Expenditure (Naira),

E_{sf} = Expenditure Sorghum Farming Businesses (Naira),

E_{of} = Expenditure from Other Farming Businesses (Naira), and

E_{nfa} = Expenditure from Non-Farming Agricultural Businesses (Naira).

By comparing the total income received by the smallholder sorghum farmers with the total household expenditure, FHIE was generated as a measure of the level of welfare of sorghum farmers as:

$$FHIE = P_i^* = \frac{Y}{E} \quad (4)$$

Where,

FHIE = Farmer Household Income Exchange (Units),

Y = Total Income (Naira), and

E = Total Expenditure (Naira).

P_i^* = Welfare Index

If $FHIE > 1$ shows that the farmer's household have prospered. However, if $FHIE < 1$ shows that the farmer's household is not yet prosperous. Thus, farmers $FHIE > 1$ are more likely to meet their consumption and business needs.

Farm Budgetary Technique

Gross Margin Analysis is one of the budgetary technique and it can be defined as the difference between the gross farm income (GFI) and Total Variable Cost (TVC):

$$GM = \sum_{i=1}^n P_i Q_i - \sum_{j=1}^n P_j X_j \quad (5)$$

$$GM = TR - TVC \quad (6)$$

Where,

GM = Gross Margin (₦)

TR = Total Revenue (₺)
 TVC = Total Variable Cost (₺)
 NFI = Gross Margin (GM) – Total Fixed Cost (TFC)

$$NFI = \sum_{i=1}^n P_i Q_i - \sum_{i=1}^n P_j X_j - K \tag{7}$$

Where

NFI = Net Farm Income (Naira)
 GM= Gross Margin (Naira)
 P_i = Price of Sorghum Output i^{th} ₺/Kg
 Q_i = Quantity of Sorghum Output i^{th} (Kg)
 P_j = Price of Input j^{th} (₺/Kg)
 X_j = Quantity of Input j^{th} used (Kg/ha)
 K = Total Fixed Cost (TFC)

Depreciation of Assets

The straight line depreciation method is specified as:

$$D = \frac{P - S}{N} \tag{8}$$

D= Depreciation of Farm Production Assets (Naira)
 P= Purchase Cost of Farm Asset (Naira)
 S= Salvage Value of Farm Asset (Naira)
 N= Number of Years of the life span of the Farm Asset (Years)

Financial Analysis

The formula of Gross Margin Ratio (GMR) is stated as:

$$GMR = \frac{\text{Gross Margin}}{\text{Total Revenue}} = \frac{GM}{TR} \tag{9}$$

The operating ratio (OR) is stated thus:

$$OR = \frac{TVC}{GI} \tag{10}$$

Where, OR= Operating Ratio (Units); TVC= Total Variable Cost (Naira); GI= Gross Income (Naira).
 The rate of return invested per naira is stated thus;

$$RORI = \frac{NI}{TC} \tag{11}$$

Where, RORI= Rate of Return per Naira Invested (Units); NI= Net income from Sorghum Production (Naira); TC= Total Cost (Naira).

Tobit Dichotomous Regression Model (TDRM)

The model is explicitly stated as:

$$Y_i = P_i^* = \alpha_0 + \sum_{i=1}^5 \alpha_i Z_i + \dots \alpha_n Z_n + \mu_i$$

$$Y_i = P_i^* = \alpha_0 + \alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \alpha_3 Z_3 + \alpha_4 Z_4 + \alpha_5 Z_5 + \alpha_6 Z_6 + \mu_i \tag{12}$$

$$Y_i = \begin{cases} P_i^*, & \text{if } P_i^* > 0 \\ 0, & \text{if } P_i^* \leq 0 \end{cases}$$

Where,

Y_i = The Dependent Variable, it is Discrete when the households have Higher Welfare Status (Prospered), and Continuous when they have Lower Welfare Status (Not Prospered).
 P_i^* = Welfare Index
 α_0 = Constant Term
 $\alpha_1 - \alpha_6$ = Regression Coefficients
 Z_1 = Age (Years)
 Z_2 = Level of Education in Years
 Z_3 = Household Size (Number)
 Z_4 = Farm Experience (Years)

Z_5 = Farm Size (Ha)

Z_6 = Amount of Credit Accessed (Naira)

μ_i = Noise Term

Multiple Regression Model (MRM)

The multiple regression model (Lead Equation) is stated as:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^5 \beta_i X_i + \dots \beta_n X_n + \varepsilon_i \tag{13}$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon_i \tag{14}$$

Where,

Y_i = Net Farm Income (Naira), X_1 = Farm Size (Ha), X_2 = Seed Planted (Kg), X_3 = Fertilizer Usage (Kg), X_4 = Labour (Mandays), X_5 = Agrochemicals (Litres), β_0 = Constant Term, $\beta_1 - \beta_5$ = Regression Coefficients, ε_i = Noise Term

Results and Discussion

Summary Details of Smallholder Sorghum Farmers

The summary details of smallholder sorghum farmers are presented in Table 1. The mean age of smallholder sorghum farmers is 47 years. This means that they are young, strong, energetic and resourceful. Averagely, the smallholder farmers had 12 years’ experience in sorghum farming. This result agrees with Tugga et al. (2023) who reported that farmers with more years of farming experience have been observed to have higher farm output than those with lesser years of farming experience. The household sizes were large with an average of 7 people per household. They are small-scale farmers who cultivated an average farm size of 1.5 hectares of sorghum farms. Approximate 75% of smallholder sorghum farmers belongs to cooperative organization, while 25% of the respondents do not belong to any cooperative organizations. Membership of cooperatives enables the smallholder sorghum farmers share ideas, information, access credit and sell in bulk the sorghum produce. Furthermore, 85% of smallholder sorghum farmers were male, while 25% of the respondents were female. Approximate 90% (SD = 0.51) of smallholder sorghum farmers were married, while 10% of the respondents were not married. The smallholder sorghum farmers had formal education were literate with an average of 11 years of school education. This means they will be able to adopt innovation and farm technologies to increase productivity, income and welfare. This finding is line with outcomes of Tugga et al. (2023) who reported that 74% of sorghum farmers in Gombe State, Nigeria were members of cooperative organizations.

Table 1. Summary Details of Smallholder Sorghum Farmers

| Variables | Unit of Measurement | \bar{X}_i | SD |
|------------------------|--------------------------|-------------|-------|
| Age | Years | 47 | 12.17 |
| Farming Experience | Years | 12 | 5.21 |
| Household Size | Number | 7 | 2.13 |
| Farm Size | Hectare | 1.5 | 0.56 |
| Member of Cooperatives | 1, Member; 0, Otherwise | 0.75 | 0.41 |
| Sex | 1, Male; 0, Otherwise | 0.85 | 0.45 |
| Marital Status | 1, Married; 0, Otherwise | 0.90 | 0.51 |
| Formal Education | Years | 11 | 3.18 |

Source: Field Survey (2024)

Analysis of Cost and Returns in Sorghum Production

Analysis of cost and returns in sorghum production is presented in Table 2. The various costs involved and revenue obtained in sorghum production was based on the current market survey. The total variable cost was estimated at 100979.82 Naira (97.09 USD) per hectare and this accounted for 72.06% of total cost. The total fixed cost was estimated at 39152.75 Naira (37.65 USD) per hectare, and this accounted for 27.94% of total cost. The total cost is the addition of total variable cost (TVC) and total fixed cost (TFC), and this was estimated at 140132.57 Naira (134.74 USD) per hectare. The

gross margin and net farm income were evaluated at 557175.35 Naira (535.75 USD) and 518022.45 Naira (498.09 USD), respectively. This means that sorghum production in the area was profitable. The gross margin ratio and rate of return on investment was calculated at 0.846 and 3.69, respectively. The gross margin ratio of 0.846 implies that for every one Naira invested in sorghum production, 85 Kobo covered profits, interest, depreciation, and other expenses (marketing and administrative cost). This can be further explained to mean that the smallholder sorghum farmers retained 85.6% after accounting for the production cost. That implies that 85.6% of each Naira earned contributes to covering other expenses and generating net profit. The rate of return on investment or return per Naira invested in sorghum production was estimated at 3.69. This implies that for every one Naira invested into sorghum production, approximate 3.69 Naira is made as revenue, that is 2.69 Naira is realized as profit. This finding is in line with result of Aduba et al. (2013) who obtained the rate of return on investment of 1.89 among sorghum farmers in Kwara State, Nigeria.

Table 2. The Estimation of Costs and Returns in Sorghum Production

| Items | Value (Naira) | Value (USD) | Percentage |
|------------------------------|---------------|-------------|------------|
| Total Variable Cost (TVC) | 100 979.82 | 97.09 | 72.06 |
| Total Fixed Cost (TFC) | 39152.75 | 37.65 | 27.94 |
| Total Cost (TFC + TVC) | 140132.57 | 134.74 | 100.00 |
| Consumed (C) and Gift (G) | 138202.78 | 132.89 | |
| Quantity Sold (QS) | 519 952.39 | 499.95 | |
| Gross Income (QS+C+G) | 658155.17 | 632.84 | |
| Gross Margin | 557175.35 | 535.75 | |
| Net Farm Income | 518022.45 | 498.09 | |
| Gross Margin Ratio | 0.846 | | |
| Operating Ratio | 0.15 | | |
| Rate of Return on Investment | 3.69 | | |

Source: Field Survey (2024) USD = 1040 Naira

Sorghum Farmer Household Income Exchange (SFHIE) and Welfare of Sorghum Farmers

Results in Table 3 shows that the average income of sorghum farmers from non-farming agricultural businesses amounted to 287538.15 Naira (276.48 USD). Also, the income from other farming businesses were 413714.12 Naira (397.80 USD). The income from sorghum farming businesses was calculated at 518022.45 Naira (498.09 USD). Similarly, the expenditure on non-farming agricultural businesses amounted to 253048.55 Naira (243.31 USD). Furthermore, expenditure on other farming businesses approximate 83258.64 Naira (80.06 USD). The expenditure on sorghum farming businesses approximate 140132.57 Naira (134.74 USD). The total income of sorghum farmers approximates 1219274.72 Naira (1172.38 USD). The total expenditure of sorghum farmers was calculated at 476439.76 Naira (458.12 USD). The farmer household income exchange was 2.56. This outcome is in line with the findings of Mustapha *et al.* (2018).

Table 3. Sorghum Farmer Household Income Exchange (SFHIE)

| Description | Value (Naira) | Value (USD) |
|--|---------------|-------------|
| Income from Non-Farming Agricultural Business | 287538.15 | 276.48 |
| Income from other Farming Business | 413714.12 | 397.80 |
| Income from Sorghum Farming Business | 518022.45 | 498.09 |
| Expenditure on Non-Farming Agricultural Business | 253048.55 | 243.31 |
| Expenditure on Other Farming Business | 83258.64 | 80.06 |
| Expenditure on Sorghum Farming Business | 140132.57 | 134.74 |
| Total Income | 1219274.72 | 1172.38 |
| Total Expenditure | 476439.76 | 458.12 |

Farmer Household Income Exchange 2.56
 Source: Field Survey (2024) USD = 1040 Naira

Classification of Welfare of Sorghum Farmers

The classifications of welfare of sorghum farmers was presented in Table 4. The classification was done to identify the farming households that have prospered from the sorghum production and the households that were yet to prosper. The result shows that 69% of the smallholder farmers have higher welfare status from the production of sorghum, while only 31% of the sorghum farmers have lower welfare status. This implies that approximate 7 out of every ten-farming household have higher welfare status, while approximate 3 out of every ten-farming household have lower welfare status. This means that sorghum production was a viable enterprise, judging by the percentage of farming households that have prospered with higher welfare status from the cultivation of sorghum.

Table 4. Classification of Welfare of Sorghum Farmers

| Description | Frequency | Percentage |
|--|-----------|------------|
| Number of Sorghum Farmers Households that have Higher Welfare | 97 | 69.29 |
| Number of Sorghum Farmers Household that have Lower Welfare | 43 | 30.71 |
| Total | 140 | 100.00 |

Source: Field Survey (2024)

Factors Influencing the Welfare Status of Smallholder Sorghum Farmers

The results of maximum likelihood estimates using Tobit regression model of predictors influencing the welfare status of smallholder sorghum farmers was presented in Table 5. The dependent variable is the welfare status which was categorized as discrete when the households have higher welfare and have prospered, and continuous when they have lower welfare status and were not prospered. Approximate six predictors were significantly different from zero in influencing welfare status of smallholder sorghum farmers. The six significant predictors include age, level of education, household size, farm experience, farm size, and amount of credit accessed. All the coefficients of variables included in the model except household size had positive signs with welfare status of smallholder farmers, and this is in line with a priori expectations. The coefficient of age was measured at 0.2902 which was significantly different from zero at 1% level of probability. The marginal effect was estimated at 0.3817, this means that a 1 unit increase in age of smallholder sorghum farmers, while holding other factors constant would increase welfare by 0.3817 times. The coefficient of level of education was evaluated at 0.2159 and was significantly different from zero at 5% level of probability, while the marginal effect was evaluated at 0.1506, this implies that a 1 unit increase in the level of education of smallholder sorghum farmers, while keeping all other variables constant would increase the welfare status by 0.1506 times. The coefficient of household size was estimated at -0.2401, which was significant at 10% level of probability, the marginal effect was evaluated at -0.3225, this signifies that a 1 unit increase in household size of smallholder sorghum farmers would decrease welfare status by 0.2401 times. In addition, the coefficient of farm experience was calculated at 0.2319 and was significantly different from zero at 5% level of probability. The marginal effect was estimated at 0.2718, this shows that a 1 unit increase in farm experience of smallholder sorghum farmers, while keeping all other factors constant would increase the welfare status by 0.2718 times. Similarly, the coefficient of farm size was evaluated at 0.2108 and was significantly different from zero at 1% probability level, while the marginal effect was calculated at 0.3914, this means a 1 unit increase in the farm size of smallholder sorghum farmers, while keeping all other variables constant would increase welfare status by 0.3914 times. The coefficient of the amount of credit assessed was estimated at 0.1208 and was significant at 5% level of probability. The marginal effect was evaluated at 0.4209, this means that a 1 unit increase of the amount of credit accessed by smallholder sorghum farmers, while keeping all other factors constant would increase the welfare status by 0.4209 times. The Pseudo R square value was evaluated at 0.8407, this connotes that 84.07% of the welfare status was explained by the stimuli entered in the model. The LLF (The Likelihood Function) (-159.37) is

different significantly from zero at 1% probability level. This implies that the model and data is of good fit.

Table 5. The MLEs (Maximum Likelihood Estimates) of the Tobit Regression Model

| Variables | Parameters | Coefficient | Standard Error | t-Value | ME |
|---------------------------|------------|-------------|----------------|---------|---------|
| Constant | α_0 | 0.4205*** | 0.1209 | 3.48 | 0.0427 |
| Age | α_1 | 0.2902*** | 0.0467 | 6.21 | 0.3817 |
| Level of Education | α_2 | 0.2159** | 0.0875 | 2.47 | 0.1506 |
| Household Size | α_3 | -0.2401* | 0.1279 | -1.88 | -0.3255 |
| Farm Experience | α_4 | 0.2319** | 0.1046 | 2.21 | 0.2718 |
| Farm Size | α_5 | 0.2108*** | 0.0462 | 4.56 | 0.3914 |
| Amount of Credit Accessed | α_6 | 0.1208** | 0.0479 | 2.52 | 0.4209 |

Diagnostic Statistics

| | |
|-----------------------|------------|
| Sigma | 0.27543 |
| LR χ^2 (6) | 94.67*** |
| Pseudo R ² | 0.8407 |
| LLF (Log Likelihood) | -159.37 |
| Prob > χ^2 | 0.00000*** |

Source: Field Survey (2024), ME=Marginal Effect

*Significant at ($P < 0.10$)., **Significant at ($P < 0.05$), ***Significant at ($P < 0.01$).

Factors Influencing Net Farm Income of Smallholder Sorghum Farmers

Table 6 presents the factors influencing net farm income of smallholder sorghum farmers. The dependent variable is a continuous variable of net farm income of sorghum farmers measured in Naira. Two predictors were significantly different from zero in influencing net farm income of smallholder sorghum farmers. The two significant predictors include farm size, and labour. All the predictors had positive coefficients. The coefficient of farm size was evaluated at 0.654, and was significantly different from zero at 5% probability level. A 1 unit increase in farm size of smallholder sorghum farmers, while keeping all other variables constant would increase the welfare status (net farm income) by 0.654 times. Similarly, the coefficient of labour is 0.447 and was significantly different from zero at 5% probability level. A 1 unit increase in labour usage, while keeping all other variables constant would increase the welfare status (net farm income) of smallholder sorghum farmers by 0.447 times. The coefficient of multiple determinations (R^2) was evaluated at 0.94, this signifies that 94% of variations in the welfare status was explained by the independent predictors included in the model. The F-value of 432.76 was significantly different from zero at 1 percent probability level. This means that the model is of good fit. This finding is in line with result of Okeyo et al. (2020) who obtained that land size labour, farm gate price, and seed variety were significant predictors influencing output of sorghum in Siaya County Kenya.

Table 6. Multiple Regression Result of Factors Influencing Net Farm Income of Sorghum Farmers

| Variables | Parameters | Coefficient | Standard Error | t-Value |
|------------------|------------|-------------|----------------|---------|
| Constant | β_0 | 1.798** | 0.659 | 2.73 |
| Farm Size | β_1 | 0.654** | 0.258 | 2.53 |
| Seeds | β_2 | 0.136 | 0.145 | 0.94 |
| Fertilizer Usage | β_3 | 0.327 | 0.269 | 1.22 |
| Labour | β_4 | 0.447** | 0.193 | 2.32 |
| Agrochemicals | β_5 | 0.135 | 0.145 | 0.93 |
| R^2 | 0.94 | | | |
| Adjusted R^2 | 0.92 | | | |
| F-Value | 432.76*** | | | |

Source: Field Survey (2024),

*Significant at ($P < 0.10$)., **Significant at ($P < 0.05$), ***Significant at ($P < 0.01$).

Conclusion

This study focused on the determinants of welfare status and net farm income among smallholder sorghum farmers in North West, Nigeria. A multi-stage sampling technique was employed to select 140 smallholder sorghum farmers from total sample frame of 215 respondents. Primary data

were utilized through the use of a well-designed questionnaire. The data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The result shows that the average age of smallholder sorghum farmers was 47 years. This implies that they are young, strong, and energetic and can easily adopt innovations and new farm technologies. The average farm size was 1.5 hectares. Approximate 75% of smallholder sorghum farmers belong to cooperative organizations. Also, 90% of smallholder sorghum farmers were married. The average number of years' smallholder sorghum farmers' spent in school education was 11 years. The total variable cost of 100979.82 Naira per hectare accounted for 72.06% of total cost in sorghum production. Similarly, the total fixed cost of 39152.75 Naira accounted for 27.94% of the total cost. The gross margin and net farm income were estimated at 557 175.35 and 518022.45 Naira per hectare, respectively. This means that sorghum production is profitable in the area. The total income and expenditure of smallholder were calculated at 1219274.72 and 476439.76 Naira, respectively. The sorghum farmer household income exchange was estimated at 2.56. Approximate 97 which accounted for 69.29% of smallholder sorghum farmers have higher welfare status and have prospered, while approximate 43 which accounted for 30.71% of smallholder sorghum farmers have lower welfare status and have not prospered. The age of farmers, level of education, household size, farm experience, farm size, and amount of credit accessed were significantly different from zero in influencing the welfare status of smallholder sorghum farmers. Also, the farm size and labour were significantly different from zero in influencing the net farm income of smallholder sorghum farmers. Based on the findings the study suggest that:

(i) Based on the significant variable of farm size, the mechanized farming should be implemented using new farm technologies, also, the improved seed varieties should be given to smallholder sorghum farmers, this will increase productivity, income and welfare

(ii) The amount of credit accessed was significant, this suggests that the government and private organizations should provide credit to smallholder sorghum at low interest rate devoid of cumbersome administrative procedures

(iii) Farm inputs such as agrochemicals, fertilizers, at subsidized price should be provided to smallholder sorghum farmers.

(iv) Extension services should be employed to disseminate new research findings and innovations to farmers.

(v) The level of education was a significant variable in the model, this suggest that the persistent issue of neglecting education could lead to adverse effects on agricultural productivity, hence the welfare of smallholder sorghum farmers. Therefore, it is imperative to increase the investment in education in order to broaden educational opportunities including access to classes, capacity buldings, and traning through agricultural extesnion services. Demonstrating the positive impact of education on agricultural output can significantly enhance the quality and yield of agriculture.

References

- Aduba, J.J., Mohammed, B.T., Jiasaya, I., Ozumba, I.C., 2013. An economic analysis of sorghum production among sorghum farmers in Kwara State, Nigeria. *Global Journal of Current Research*. 1(4): 116 – 123.
- Ajeigbe, H.A., Akinseye, F.M., Jonah, J., Kunihya, A., 2018. Sorghum yield and water use under phosphorous fertilization application in the Sudan Savanna of Nigeria. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*. 7(8):245 – 257.
- Alemu, G., Haji, J., 2016. Economic efficiency of sorghum production for smallholder farmers in Eastern Ethiopis: The Case of Habro District. *Journal of Economics and Sustainable Development*. 7 (15): 44 – 51.
- Baiyegunhi, L.J.S., Fraser, G.C.G., 2009. Profitability in sorghum production in three villages of Kaduna State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences Research*. 5 (10): 1685 – 1691.
- Dube, M.H., Musara, J.P., Bediako, J., & Munyati, V.T., 2014. Marketing proclivity, constraints and opportunities in the sorghum based stockfeed value chain in Lusitu, Zambia. *Journal of Agriculture, Economics and Rural Development*. 2(3): 110 – 122.
- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization, Data Base, Rome, Italy, 2024.
- FMARD, 2018. Federal Ministry of Agriculture and Rural Development of Nigeria.

- Grovermann, C., Umesh, K.B., Qui, S., Kumar, B.G., Sakamma, S., Moakes, S., 2018. The economic reality of under-utilized crops for climate resilience, food security and nutrition: Assessing finger millet productivity in India. *Agriculture*. 8(9): 131
- Mitaru, N.B., Mgonja, A.M., Rwomushana, I., Opio, F., 2012. Integrated sorghum and millet sector for improved livelihood in ECA. *Proceedings of the ECARSAM Stakeholders' Conference, 20th – 22nd November, 2006 Dar-es-Salaam Tanzania*.
- Mundia, C.W., Secchi, S., Akamani, K., Wang, G., 2019. A regional comparison of factors affecting global sorghum production: The Case of North America, Asia and Africa's Sahel. <https://doi.org/10.3390/su11072135>.
- Mustapha, M.B., Abdullahi, A.N., Yusuf, B.I., 2018. Impact of Fadama iii additional financing (AF) on income and food security status of beneficiaries in Sokoto state, Nigeria. *International Journal of Development and Sustainability*. 7(11):2731-2742.
- Naik, A., Teggelli, R.G., Ahamed, Z., Patil, D.H., 2016. Yield gap analysis of sorghum through front line demonstrations in Kalaburagi Region of Northern Karnataka. *Research in Environment and Life Sciences*. 9 (5): 597 – 598.
- Ndjeunga, J., Mausch, K & Simtowe, F 2015. Assessing the effectiveness of agricultural R&D for groundnut, pearl millet, pigeon pea, and sorghum in West and Central Africa and East and Southern Africa. In: Walker, T.S., Alwang, J Editor. *Crop Improvement, Adoption, and Impact of Improved Varieties in Food Crops in Sub-Saharan Africa*. Wallingford, UK: CABI; p. 123 – 147
- Kuswanto, K., Zukifli, A., Armandelis, A., 2019. The impacts of the efficiency of rubber production on the welfare of rubber farmers in Jambi Province. *International Journal of Economics and Financial*. 9(2): 80 – 86.
- Onuk, E.G., Girei, A.A., Audu, S.I., 2020. Production function analysis and profitability of sorghum-groundnut intercropping in Doma Local Government Area of Nasarawa State, Nigeria. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 6 (102): 170 – 177.
- Okeyo, S.O., Ndirangu, S.N., Isaboke, H.N., Njeru, L.K., 2020. Determinants of sorghum productivity among small-scale farmers in Siaya County, Kenya. *African Journal of Agricultural Research*. 16(5): 722 – 731.
- Teferi, E.T., 2013. Adoption of improved sorghum varieties and farmers' varietal trait preference, North Wolo Zone, Ethiopia.
- Tugga, S.E., Hassan, A.A., Ojeleye, O.A., 2023. Profitability analysis of sorghum small-scale farmers in selected local government areas of Gombe State, Nigeria. *Journal of Agripreneurship and Sustainable Development*. 6(1): 47 – 55.
- Yahaya, M.A., Shimelis, H., Nebie, B., Ojiewo, C.O., & Danso-Abbeam, G., 2022. Sorghum production in Nigeria: Opportunities, constraints, and recommendations. *ACTA Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*. 72 (1): 660 – 672
- Yamane, T., 1967. *Statistics: An Introductory Analysis, 2nd Edition.*, New York: Harper and Row. Pp. 33-50.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Development of an Android Application for Manure Management

Sude Mutlu¹  Dilek Selçuk¹  Özlen Tepeli¹  Ünal Kızıl^{2*} 

¹Canakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Canakkale, Türkiye

²Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Canakkale, Türkiye

*Corresponding author: unal@comu.edu.tr

Received Date: 29.04.2024

Accepted Date: 19.06.2024

Abstract

Manure management planning is especially important to ensure the sustainable use of soil and water resources. The main purpose of planning is to apply the nutrients available in the manure produced in the operation and in the soil to the land at the appropriate time, taking into account the needs of the plant. For this purpose, a mobile application has been developed to run on Android-based mobile phones or tablets. In a case study where plant and animal production is carried out, management planning was made for corn and tomato plants in a dairy cattle enterprise with a capacity of 60 heads. As a result of the calculations, it was seen that the financial value of the manure produced by the animals in the operation was approximately \$14000. It shows that if the manure produced is used to provide the most optimum benefit, the amount that needs to be spent on additional plant nutrients will be \$7800 for corn and \$27332 for tomato. As a result, it has been determined that the developed mobile application can be used in manure management planning for sustainable agricultural production.

Keywords: Manure, Manure management planning, Agricultural waste management, Mobile application.

Gübre Yönetimi İçin Android Aplikasyon Geliştirilmesi

Öz

Gübre işletim planlaması özellikle toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak açısından oldukça önemlidir. Planlamanın temel amacı işletmede üretilen gübrede ve toprakta hali hazırda bulunan besin elementlerini bitkinin ihtiyaçlarını da dikkate alarak araziye uygun zamanda uygulamaktır. Bu amaçla Android tabanlı cep telefonları veya tabletlerde çalışacak bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bitkisel ve hayvansal üretimin yapıldığı örnek bir işletmede mısır ve domates bitkisi için 60 baş kapasiteli süt sığırcı işletmesinde gübre işletim planlaması yapılmıştır. Hesaplamalar sonucu işletmede hayvanlar tarafından üretilen gübrenin maddi değerinin yaklaşık olarak 14000 \$ olduğu görülmüştür. Üretilen gübrenin en optimum faydayı sağlayacak şekilde değerlendirilmesi durumunda ilave bitki besin maddesi için harcanması gereken miktarın mısır için 7800 \$, domates için ise 27332 \$ olacağını göstermektedir. Sonuç olarak, geliştirilen uygulamanın sürdürülebilir bir tarımsal üretim amacıyla gübre işletim planlamasında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gübre, Gübre işletim planlaması, Tarımsal atık yönetimi, Mobil uygulama.

Introduction

Agriculture is essential to maintain life for human beings (Ravindran et al., 2018). With the increase in agricultural production, the amounts of animal waste, agricultural product residues, and agro-industrial by-products also increase. The challenges in managing the resulting waste can lead to air, water, and soil pollution. As livestock production increases worldwide, the environmental impacts of animal waste are becoming an increasing risk (Catelo et al., 2001). Although the growing number of farm animals globally has a positive effect on reducing hunger and malnutrition, it brings a significant waste burden on the environment. Animal excreta can contain harmful chemical residues and zoonotic pathogens to human health (Singh et al., 2017). Improper management of animal waste can damage agricultural lands, water resources, soil fertility, and the atmosphere, leading to environmental problems. Hazardous gases such as H₂S, CH₄, CO₂, and NH₃, along with various chemicals and foul odors from farm animal manures, contribute to air pollution. Furthermore, manures

contain heavy metals, antibiotics, and nutrients (especially nitrogen and phosphorus) (Kraham, 2017). Water pollution arises when animal wastes are spread over crops and pastures. These wastes are used to fertilize the soil and enrich it with various forms of nitrogen. However, unplanned fertilizer applications (Kızıl and Lindley, 2001) can result in nitrogen, which is not fully absorbed by crops, leaching into groundwater along with excessive amounts of applied animal excreta. This leads to nitrate transportation from the soil to groundwater, causing various problems. Leaching and runoff losses to underground and surface waters are one of the main ways nitrogen is lost from the field (Rotz, 2004). Additionally, the resulting leachate indirectly contaminates the drinking water sources of both humans and animals.

The resulting agricultural wastes must be processed or disposed of in a way that does not pollute the environment or harm the health of living things. Animal waste can be a rich source of nutrients and can increase soil fertility by using it as plant nutrients. It can also contribute to sustainable agricultural practices. Animal waste, which contains essential nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, provides elements that are of great importance for the growth and development of plants. In this way, in addition to the use of traditional fertilizers, the use of animal waste in agricultural production can both improve soil quality and reduce fertilizer costs. The application of animal manure to agricultural lands appears to have become a suitable alternative as it provides high crop productivity and soil fertility for longer periods than synthetic fertilizers (Leclerc and Laurent, 2017).

There are many options for the disposal and use of animal manure. However, direct land spreading method is the most widely preferred method used among farmers (Jiang et al., 2014). In the past, manure management focused on using nutrients from manure for crop production (Millner, 2009). Although animal manure has high nutritional value, excessive application may cause negative effects on plant and environmental health. Therefore, it is important to apply fertilizer according to the needs of the plant and the current condition of the soil. The fertilizer to be applied must be applied at the right time, in the right amount and in the right way. This ensures efficient use of fertilizer to meet the nutritional needs of plants while minimizing environmental impacts.

The use of technology in agriculture is considered an important element of sustainable agriculture. Modern agricultural technology has been developed to obtain the highest yield and provide the most economic gain. To achieve these goals, basic practices such as the use of inorganic fertilizer, irrigation, soil tillage, control of chemical pests, and plant genetic manipulation come to the fore (Rehman et al., 2016). Advanced farming techniques, precision farming practices and digital farming practices play a key role in production by using resources more effectively and help increase productivity. With these technologies, environmentally friendly agricultural practices can be developed. For example, sensors and automation systems that enable smarter use of water and fertilizer can minimize the negative effects of agricultural waste on water resources and soil fertility.

Technologies used in agriculture such as smart agricultural practices and digital applications will enable farmers to become more conscious about production. Agricultural applications have the potential to improve agricultural production processes while increasing farmers' productivity. The application of innovative agricultural technologies makes a significant difference in the agricultural sector, making farmers' daily work easier and increasing productivity (Khan et al., 2021). By using applications, it will be easy to access data such as fertilization plans and weather forecast. Accessing such information will be a great convenience for manufacturers. Additionally, mobile applications and other agricultural technologies can help farmers make realistic decisions. In this way, technology will allow agriculture to be managed in a more sustainable and environmentally friendly way. Being aware of utilizing animal waste and using technologies and practices appropriately will contribute to more conscious and effective production. The aim of this study is to raise awareness by proving that animal waste can be used consciously, minimizing its damage to the environment, and using technologies such as digital agriculture and mobile applications in a more sensitive and conscious way.

Materials and Methods

Android Programming

MIT App Inventor, one of the development environments used to design Android applications, is maintained by the Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Hong and Hwang, 2020). MIT App Inventor is a web-based and free development platform with a graphical interface where fully functional Android applications can be designed (Pokress and Veiga, 2013). MIT App Inventor has two primary editors: the Design Editor and the Block Editor. The Design Editor is a drag-and-drop interface used to edit the application's user interface elements. The Block Editor allows application developers to visually organize the logic of the application by combining color-coded blocks (Patton et al., 2019). Since moving from Google to MIT, a number of improvements have been made to App Inventor. App Inventor platform was preferred in the application because it provides easy testing.

General Principles of Fertilizer Management Planning

The method used to recycle the manure produced in an agricultural enterprise as plant nutrients is generally called nutrient budget. When making a nutrient budget, plant nutrient resources that enter the enterprise, are produced in the enterprise, and leave the enterprise as a result of production must be taken into account. When considered on a farm basis, animal feed, inorganic and organic fertilizers, plant residues in the soil and even rainfall can be taken into consideration as nutrient input tools. Animal and plant products and losses during production are considered as output tools in the nutritional balance calculation. Major losses include ammonia volatilization, deep soil leaching, denitrification, runoff and erosion.

Studies have shown that more than 60% of the nutrients remain in the enterprise, but a smaller part leaves the enterprise in the form of products and losses (Klausner, 1997). In the calculation of the amount of fertilizer to be applied to the land, there are inputs, losses and outputs, just like on a farm basis. The basis of the application developed in this study is based on the calculation principles and formulas given in MWPS (1993).

Kizil et al. (2016) developed a computer program using the same formulas and approach. However, developing technology makes it inevitable for applications to run on smart mobile phones, which are widely used by almost everyone, without a computer. In this context, Aksu et al. (2017) developed only a map-based application for Çanakkale Province, Gümüşçay Town. However, this application provides fertilizer application rates calculated for the number of animals in the town and the products produced on a parcel basis. That is, the database of the application (plant and animal information) must be updated by the developers every year and a new version must be published. Therefore, it does not have a dynamic structure and does not provide the opportunity to see different scenarios. The developed mobile application can make calculations according to the flow diagram below using the nutrient budget approach (Figure 1). Here, the parameters given in different colors above the flow chart indicate the data that needs to be entered. It shows which data is used in which step. In the developed application, the amount of fertilizer to be applied to the land is calculated separately according to both nitrogen and phosphorus requirements. At this point, the user must specify the purpose of fertilizer application. If the fertilizer is intended to meet all the nitrogen and phosphorus needs of the plant, the greater of the calculated values is considered. If the purpose of fertilizer application is to maximize the use of plant nutrients in the fertilizer, the smaller of these two values is used. The developed application can also calculate the amount of land required to dispose of the fertilizer produced in the enterprise.

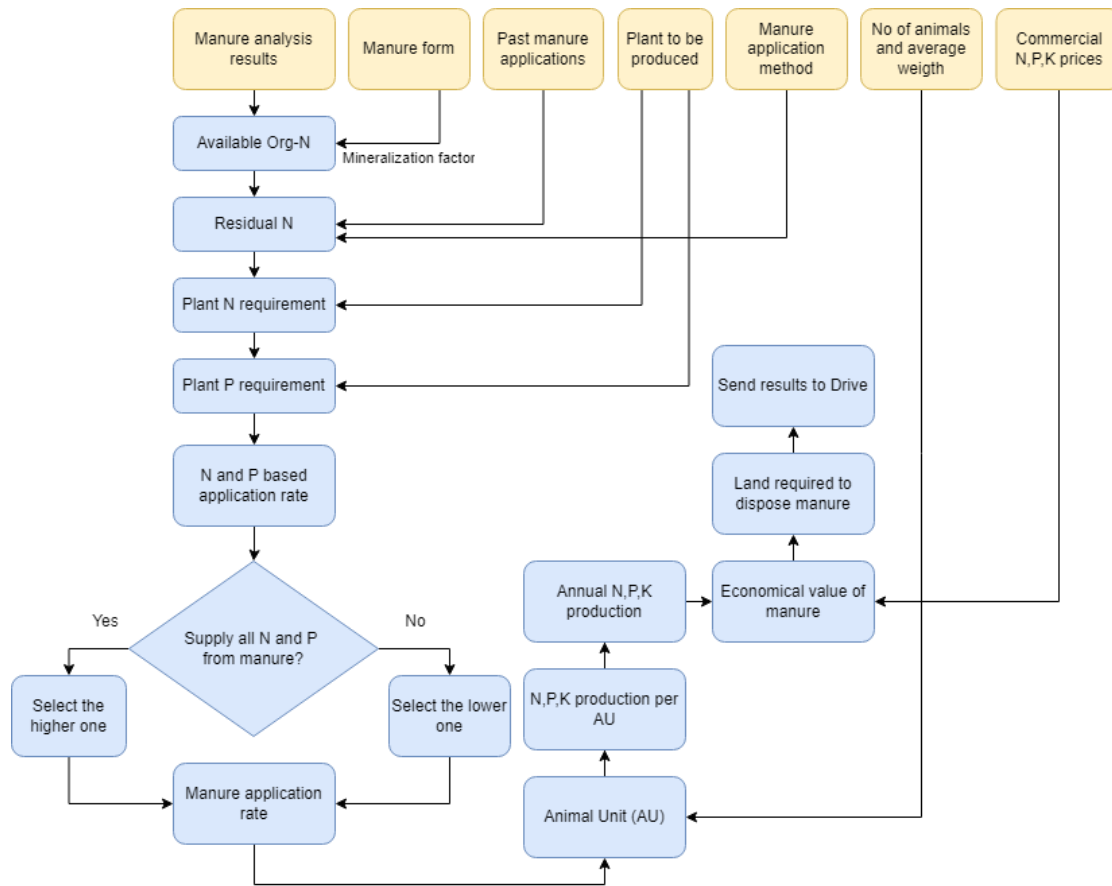


Figure 1. Application flow chart

With the application, annual production amounts of major plant nutrients originating from fertilizers can be calculated. Therefore, it is possible to calculate the economic value of fertilizer. For this purpose, the approximate economic value of the fertilizer can be revealed by entering the pure N, P₂O₅ and K₂O prices in the market.

Creating a Cloud Database

It is very important to keep the fertilizer operation plans of a business in a database on a yearly basis. Because knowing the amount, method and preferences of fertilizer application and animal presence in the past years will contain important data for fertilizer applications in the coming years. In this context, it is aimed to collect a fertilizer operation plan developed in an easily accessible, usable, and shareable database. Considering that smart mobile phones or tablets offer internet connection, the use of cloud data systems will provide significant advantages. For this purpose, Google Sheets, a cloud-based platform, was used. The URL address of the Sheets file to be created is used so that Google Sheets can receive data from the smart device. Google Sheets, an online version of MS Excel files, can collect and store incoming data in a certain hierarchy. It is a simple coding (Script) file created on Drive that enables communication with the smart device using the URL address of Sheets files accessible via Google Drive. Storing the calculated values and data in the developed application on the Sheets file is schematized as follows (Figure 2).

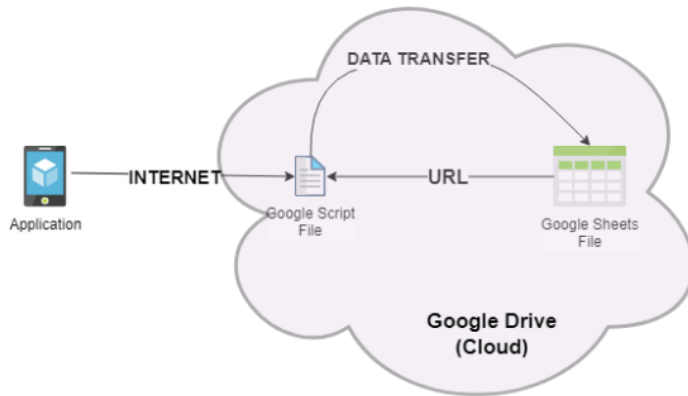


Figure 2. Cloud data storage hierarchy

Application Interface and Usage

The application has been tested on devices with Android operating system. The design of the user login screen to enable data entry is given in Figure 3. In the first stage, all data to be calculated must be entered. Here, fertilizer and soil analysis results, fertilizer application method (injection or surface application), application purpose, plant to be produced, animal information (number and average weight), commercial fertilizer prices and exchange rate must be entered, respectively. Then, when the Calculate button is pressed, the management plan appears on the screen. Finally, if desired, the calculation results are transferred to the Sheets file on Google Drive.

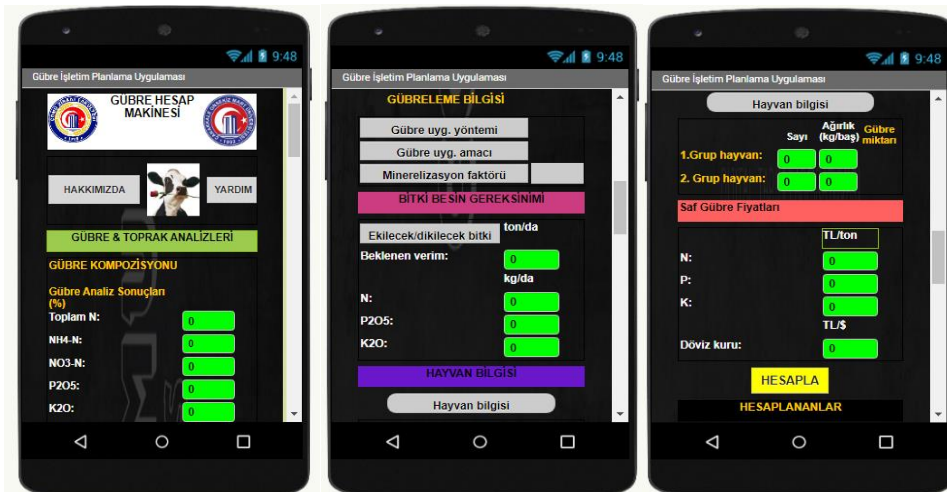


Figure 3. User interface and data entry of the application

Sample Application

Using the application, a sample nutrient management plan was prepared for a dairy cattle farm with a 60-head loose dairy barn located in Durali Village, Çan District, Çanakkale Province, Türkiye. The dairy barn has an area of $25 \times 30 = 750 \text{ m}^2$ and ridge height of 6 m. The average milk yield in the farm is 20 lt day^{-1} . The enterprise has an agricultural land of approximately 200 decares. Tomatoes, corn, and other plants dominant in the region are generally cultivated.

The first and most important data to be entered in the application is the manure chemical analysis results. These values can be obtained through laboratory analysis as well as literature. However, laboratory analyzes can take up to a few weeks, and during this period, changes occur in the chemical contents of the pile from which the manure is taken. Precipitation, wind and temperature are the most important reasons for these changes. The disadvantage of using literature information is that manure characteristics vary significantly even from one enterprise to another (Kızıllı and Lindley, 2001). In this study, to reduce this disadvantage, dairy cattle manure analysis results obtained under the conditions of the Çanakkale Region published in Aksu and Kızıllı (2015) were used (Table 1).

Table 1. Manure chemical analysis results (%)
Çizelge 1. Gübrenin kimyasal analiz sonuçları (%)

| | |
|-------------------------------|------|
| Total N | 0.86 |
| NH ₄ -N | 0.00 |
| NO ₃ -N | 0.00 |
| P ₂ O ₅ | 0.40 |
| K ₂ O | 0.50 |

Surface application was preferred as the manure application method since the producer does not have a manure injector like many other producers in the region. The aim was to meet all plant nutrient requirements from the manure. Hence higher of N and P based application rates was chosen at the beginning. However, in order to evaluate the result of other option, maximizing the use of plants nutrients in manure, both situations were simulated. In order to determine the amount of organic-N that will be mineralized in the season of manure application, the form of the fertilizer must be determined. For this purpose, the solid manure with bedding was used since the enterprise was in a loose barn system. Plant selection was based on tomatoes and corn. Accordingly, the nutritional requirements of these plants were automatically retrieved from the application's database. As stated above, the enterprise is a 60-head dairy operation, and the average animal weight is 450 kg. Finally, in the calculations, the market value of pure N, P₂O₅ and K₂O and the daily exchange rate were determined. Using March 2024 exchange rates, N, P₂O₅ and K₂O prices were used to be 2156, 1281 and 1625 \$ t⁻¹, respectively.

Results and Discussion

After the necessary data entries and preferences were entered, manure management plans were evaluated for different scenarios. In Table 2, the management plan to be obtained if the manure produced is applied as a nutrient to corn and tomatoes and the amount of land required to dispose of the manure are shown. Two separate calculations were made for both plants, depending on the application purpose. The option of the manure meeting all the nitrogen and phosphorus needs of the plant and the option of keeping the use of plant nutrients in the manure at the highest level were examined in two separate columns.

Table 2. Summary of alternative scenarios
Çizelge 2. Alternatif senaryoların özeti

| Parameter | Corn | | Tomato | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Unit ¹ | Unit ² | Unit ¹ | Unit ² |
| Manure Organic-N (kg t ⁻¹) | 7.83 | 7.83 | 7.83 | 7.83 |
| Organic-N available at the end of the first year (kg t ⁻¹) | 1.96 | 1.96 | 1.96 | 1.96 |
| Plant available-N (kg t ⁻¹) | 1.96 | 1.96 | 1.96 | 1.96 |
| Required N (kg da ⁻¹) | 25.0 | 25.0 | 30.0 | 30.0 |
| N-based manure application rate (t da ⁻¹) | 12.8 | 12.8 | 15.3 | 15.3 |
| P ₂ O ₅ based manure app. rate (t da ⁻¹) | 3.6 | 3.6 | 2.2 | 2.2 |
| Application rate to be used (t da ⁻¹) | 12.8 | 3.6 | 15.3 | 2.2 |
| N utilized from manure (kg da ⁻¹) | 25.0 | 7.0 | 30.0 | 4.3 |
| Additional N requirement (kg da ⁻¹) | 0.0 | 18.0 | 0.0 | 25.7 |
| P ₂ O ₅ utilized from manure (kg da ⁻¹) | 46.5 | 13.0 | 55.8 | 8.0 |
| Additional P ₂ O ₅ requirement (kg da ⁻¹) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| K ₂ O utilized from manure (kg da ⁻¹) | 58.1 | 16.3 | 69.8 | 10.0 |

Table 2. Summary of alternative scenarios (cont.)
Çizelge 2. Alternatif senaryoların özeti (devamı)

| Parameter | Corn | | Tomato | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Unit ¹ | Unit ² | Unit ¹ | Unit ² |
| Additional K ₂ O requirement (kg da ⁻¹) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 50.0 |
| Annual average animal unit (AU) | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Annual nutrient generation per AU | | | | |
| Plant available-N (kg AU ⁻¹) | 30.7 | 30.7 | 30.7 | 30.7 |
| P ₂ O ₅ (kg AU ⁻¹) | 57.1 | 57.1 | 57.1 | 57.1 |
| K ₂ O (kg AU ⁻¹) | 71.4 | 71.4 | 71.4 | 71.4 |
| Annual total nutrient generation | | | | |
| Plant available-N (t y ⁻¹) | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| P ₂ O ₅ (t y ⁻¹) | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 |
| K ₂ O (t y ⁻¹) | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.9 |
| Land required (da) | 66 | 237 | 55 | 386 |

¹ Provide all plant nutrients from the manure.

² Maximize the use of all plant nutrients in manure.

As summarized in Table 2, if all the nutritional requirements of corn are met from manure, there is no need to use additional chemical fertilizer, but only an area of 66 da can be fertilized with the manure produced. In other words, there will be enough fertilizer for only 66 decares of the 200 decares of land owned by the business. If the small application rate (3.6 t da⁻¹) is used, it will be possible to apply the fertilizer in an area of 237 da with an N supplement of 18 kg da⁻¹ without the need for additional P₂O₅ and K₂O. Therefore, although it was initially aimed to meet all the plant nutritional needs of the operation from manure, as a result of the calculations, it can be said that it would be more appropriate to use the smaller application rate. The cost of the calculated 18 kg da⁻¹ additional N requirement in a 200 da area will be approximately \$ 7800, considering the above exchange rate.

Similarly, looking at the results obtained for tomatoes, it seems that it would be more appropriate to choose the lower application rate (2.2 t da⁻¹). It is seen that choosing the larger value will meet the nutritional needs of approximately ¼ of the land. When the smaller rate is selected, the entire land will be fertilized in return for an additional requirement of 25.7 kg da⁻¹ N and 50 kg da⁻¹ K₂O. Under this condition, the amount of additional N and K₂O in the 200 da production area will be 5.14 t and 10.00 t, respectively. Again, considering the exchange rate, it can be seen that the costs of additional nutrient requirements will be \$11082 and \$16250 for N and K₂O, respectively.

Considering the number of animals, the annual manure production rate and the manure analysis results, the annual N, P₂O₅ and K₂O production amounts are given in the table. Again, the financial value of the fertilizer produced was calculated approximately, considering the exchange rate and the nutrient prices in the month in which the calculations were made. Accordingly, the economical values of N, P₂O₅ and K₂O produced in the operation are \$ 3665, \$ 3971, and \$ 6337, respectively. This shows that the value of the fertilizer produced in total as plant nutrients is approximately \$14000.

In this case study, when corn is produced, the cost of chemical fertilizer as an input decrease significantly compared to tomatoes. If tomatoes are planted, the total cost of chemical fertilizer is approximately \$27,300. This is approximately 3.5 times the cost of additional fertilizer required for corn production. Of course, it would not be correct to make a production plan based only on these results. In production planning, many factors such as other production costs and the market price of the product produced should be considered. However, considering that one of the most important production costs in plant production is fertilizer, it is obvious that more precise production planning can be made with the developed application.

Conclusions

In Türkiye, manure resulting from animal production is generally disposed of in a way that causes significant environmental problems. In cases where it is used as a plant nutrient, it is applied to the land in certain rates without relying on any calculation. The amount of nutrients already presents in the soil, the needs of the plant and the amount of nutrients available in the manure are generally

ignored. This causes either more manure to be applied than needed or excessive application and unnecessary fertilization. To ensure sustainability in agriculture, fertilizer, which is an important plant nutrient, must be applied to the land in appropriate amounts.

In practice, manure management planning can be easily made for different scenarios and production conditions in a short time by easily changing many parameters such as fertilizer source, number of plants and animals grown. Today, the widespread use of smart mobile phones will make the work of producers easier in fertilizer operation planning, as in other areas. In addition, storing the manure management plans in a database constitutes an important data source. This is very important for sustainable agricultural production in the long term.

Authors' Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors of the article declare that they have no conflict of interest.

References

- Aksu, S., Kızıllı, Ü., 2015. Developing a town based soil database to assess the sensitive zones in nutrient management. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*. 9–8: 818–823.
- Aksu, S., Kızıllı, Ü., Genç, L., Yıldız, A.M., 2017. Web and android applications for district level nutrient management. *Planning. Agronomy Research*. 15(3): 622-628.
- Catelo, M. O., Dorado, M.A., Agbisit Jr, E., 2001. Living with livestock: dealing with pig waste in the Philippines (No.pb2001041). *Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA)*.
- Hong, S., Hwang, Y., 2020. Design and implementation for iort based remote control robot using block-based programming. *Issues in Information Systems*. 21(4): 317-330.
- Jiang, X., Chen, Z., Dharmasena, M., 2014. The role of animal manure in the contamination of fresh food. In M. Gänzle, & J. T.Hill (Eds.), *Advances in microbial food safety*. 2:312–350.
- Khan, N., Ray, R. L., Sargani, G. R., Ihtisham, M., Khayyam, M., & Ismail, S., 2021. Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. *Sustainability*. 13(9): 4883.
- Kızıllı, Ü., Lindley, J.A., 2001. Comparison of different techniques in the determination of animal manure characteristics. In *ASAE/CSAE North Central Sections Conference*. Brookings, South Dakota September.
- Kızıllı Ü., Aksu, S., Genc, L., 2016. Gübre yönetiminde besin bütçesi yöntemi için bir bilgisayar programının geliştirilmesi ve uygulama örneği. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi , Turkey, 2016
- Klausner, S. D., 1997. *Nutrient management: crop production and water quality*. Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.
- Kraham, S. J., 2017. Environmental impacts of industrial livestock production. *International Farm Animal, Wildlife and Food Safety Law*. 3-40.
- Leclerc, A., Laurent, A., 2017. Framework for estimating toxic releases from the application of manure on agricultural soil: National release inventories for heavy metals in 2000–2014. *Science of the Total Environment*. 590: 452-460.
- Millner, P. D., 2009. Manure management. In *The produce contamination problem*, Academic Press. 79-104.
- MWPS 18., 1993. *Livestock waste facilities handbook*. Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames Iowa.
- Patton, E. W., Tissenbaum, M., Harunani, F., 2019. MIT app inventor: Objectives, design, and development. *Computational thinking education*. 31-49.
- Pokress, S. C., Veiga, J. J. D., 2013. MIT App Inventor: Enabling personal mobile computing. *arXiv preprint arXiv:1310.2830*.
- Ravindran, R., Hassan, S. S., Williams, G. A., & Jaiswal, A. K., 2018. A review on bioconversion of agro-industrial wastes to industrially important enzymes. *Bioengineering*: 5(4): 93.
- Rehman, A., Jingdong, L., Khatoon, R., Hussain, I., Iqbal, M.S., 2016. Modern agricultural technology adoption its importance, role and usage for the improvement of agriculture. *Life Science Journal*. 14(2): 70-74.
- Rotz, C. A., 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of animal science*. 82(13): E119-E137.
- Singh, A., Rashid, M., 2017. Impact of animal waste on environment, its managerial strategies and treatment protocols to reduce environmental contamination. *Vet. Sci. Res. J*. 8: 1-12.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Identification and Expression Profiling of LEA Gene Family in Olive (*Olea europaea* L.)

Fatih Sezer^{1*} 

¹ Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: fatihsezer@comu.edu.tr

Received Date: 23.09.2024

Accepted Date: 04.12.2024

Abstract

The olive tree (*Olea europaea* L.) is a vital crop in Mediterranean agriculture, frequently exposed to harsh drought conditions. Among the molecular mechanisms that confer drought tolerance, Late Embryogenesis Abundant (LEA) proteins play a central role. These hydrophilic proteins function in cellular protection during water deficit, preventing protein denaturation, stabilizing membranes, and scavenging reactive oxygen species. In this study, we performed a comprehensive phylogenetic and gene expression analysis of LEA proteins in olive. We identified LEA genes expressed across different tissues and conducted a differential expression analysis to assess their response to drought stress. A phylogenetic tree was constructed to classify LEA family members, and expression data was mapped onto the tree to link evolutionary conservation with functional responses. LEA proteins were classified into distinct subgroups (LEA_1-5, Dehydrin, SMP) to highlight their functional diversity. Additionally, a tissue-specific expression heatmap was generated to illustrate the spatial dynamics of LEA gene activity. Our results provide valuable insights into the molecular mechanisms of drought tolerance in olive and offer potential targets for genetic improvement to enhance resilience in olive cultivation.

Keywords: Olive, Late Embryogenesis Abundant Gene Family, LEA, Gene Expression

Zeytinde (*Olea europaea* L.) LEA Gen Ailesinin Tanımlanması ve Gen Anlatım Profillerinin Belirlenmesi

Öz

Zeytin ağacı (*Olea europaea* L.), Akdeniz tarımında hayati öneme sahip bir üründür ve sıklıkla şiddetli kuraklık koşullarına maruz kalmaktadır. Kuraklık toleransını sağlayan moleküler mekanizmalar arasında, Late Embryogenesis Abundant (LEA) proteinleri merkezi bir rol oynar. Bu hidrofilik proteinler, su kıtlığı sırasında hücre korumasını üstlenerek protein denatürasyonunu önler, zar bütünlüğünü korur ve reaktif oksijen türlerini ortadan kaldırır. Bu çalışmada, zeytinde LEA proteinlerinin kapsamlı bir şekilde filogenetik ve gen anlatımı profilleri incelenmiştir. LEA genlerinin farklı dokulardaki anlatım profilleri belirlenmiş ve kuraklık stresine karşı verdikleri yanıtların belirlenmesi amacıyla gen anlatım analizleri gerçekleştirilmiştir. LEA ailesi üyelerini filogenetik olarak sınıflandırılmış ve gen anlatımı verileri ilişkilendirilen analizler gerçekleştirilmiştir. LEA proteinleri, işlevsel çeşitliliklerini vurgulayacak şekilde (LEA_1-5, Dehydrin, SMP) gibi farklı alt gruplara ayrılmıştır. Ayrıca, LEA gen aktivitesinin farklı dokulardaki dinamiklerini gözler önüne sermek için dokuya özgü bir ısı haritası oluşturulmuştur. Sonuçlarımız, zeytinde kuraklık toleransının moleküler mekanizmalarına dair önemli bilgiler sunmakta ve zeytin yetiştiriciliğinde dayanıklılığı artırmaya yönelik genetik iyileştirme çalışmalarında potansiyel hedefler ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Zeytin, Late Embryogenesis Abundant Gen Ailesi, LEA, Gen Anlatımı

Introduction

The Late Embryogenesis Abundant (LEA) gene family comprises a diverse group of hydrophilic proteins crucial for enhancing plant stress tolerance, particularly under abiotic conditions such as drought, salinity, and low temperatures. Characterized by their accumulation during the later stages of seed development, LEA proteins protect cellular structures from desiccation and oxidative damage, thereby playing a significant role in plant survival and resilience during critical growth

phases (Hand et al. 2011; J.-S. Jia et al. 2023; Magwanga et al. 2018). With over 300 identified LEA proteins across various plant species, their functional diversity and evolutionary significance underscore their adaptability to environmental stressors (Hanin et al. 2011; Hundertmark and Hinch 2008; Sun et al. 2021).

The LEA proteins are a diverse group of hydrophilic proteins that play crucial roles in plant stress tolerance, particularly during periods of dehydration. Based on their sequence similarity and structural characteristics, LEA proteins can be classified into eight distinct subgroups: LEA_1, LEA_2, LEA_3, LEA_4, LEA_5, LEA_6, Dehydrins (DHN), and Seed Maturation Proteins (SMP) (Huang et al. 2022; Hundertmark and Hinch 2008; C. Jia et al. 2022; Li et al. 2021; Lin et al. 2024; Zhang et al. 2022). These proteins stabilize cell membranes and biomolecules, facilitate the refolding of misfolded proteins, and scavenge reactive oxygen species generated during stress, making them integral to plant physiological responses. (Huang et al. 2022; J.-S. Jia et al. 2023; Wang et al. 2024). LEA proteins are predominantly localized in the nuclear regions and cytoplasm of plant cells. They have been identified in various tissues, including roots, leaves, buds, and seedlings, although their primary function is observed in seeds (Hundertmark and Hinch 2008).

The expression of LEA genes is tightly regulated by hormonal pathways, particularly abscisic acid (ABA), indicating their complex involvement in the plant's stress response mechanisms (Hundertmark and Hinch 2008; C. Jia et al. 2022; Wang et al. 2024). The importance of LEA proteins extends beyond basic plant biology; they have significant implications for agriculture and crop improvement strategies. Research shows that transgenic plants overexpressing specific LEA proteins demonstrate enhanced abiotic stress tolerance, suggesting their potential for developing resilient crop varieties in the face of climate change (Brini et al. 2007; Hanin et al. 2011; Peng et al. 2008; RoyChoudhury, Roy, and Sengupta 2007). Despite their benefits, the complexity of LEA gene regulation and the variability in expression across different plant species and environmental conditions present ongoing challenges and opportunities for further research in this area.

The olive tree (*Olea europaea* L.) represents one of the most economically and culturally important crops of the Mediterranean basin, known for its resilience in semi-arid climates. However, olive cultivation is frequently challenged by prolonged drought conditions, a major environmental stressor affecting yield and plant health (Gholami et al. 2022; Rico et al. 2023). In such water-limited environments, the olive tree's ability to endure and continue its physiological functions is underpinned by an array of stress-responsive molecular mechanisms (Ben Abdallah et al. 2018). One such mechanism, LEA proteins have been recognized for their role in response to various abiotic stresses, particularly dehydration.

In summary, the LEA gene family is pivotal for plant stress tolerance, with a notable role in agricultural applications aimed at enhancing crop resilience. Continued investigations into their functional mechanisms and regulatory pathways will be essential for leveraging their potential in combating the challenges posed by climate variability and ensuring global food security. This study presents a comprehensive analysis of LEA proteins in olive with a focus on their evolutionary relationships and role in stress tolerance, particularly under drought conditions. Using RNA-seq data, we identified LEA genes expressed across different tissues of the olive tree, followed by a differential expression analysis to assess their transcriptional response to drought stress. We constructed a phylogenetic tree to elucidate the evolutionary connections among LEA family members. These findings contribute to a deeper understanding of the molecular basis of drought tolerance in olive and provide a foundation for future genetic improvement strategies aimed at enhancing resilience in olive cultivation.

Materials and Methods

Identification of LEA Gene Family Members in Olive Genome

To identify LEA protein family members in olive, we utilized the genome assembly *Olea europaea* var. *sylvestris* (wild olive) GCF_002742605.1 (Unver et al. 2017). The protein sequences of the entire genome were analyzed using HMMER version 3.1b1. We employed Hidden Markov Model (HMM) profiles corresponding to LEA domains sourced from the Pfam database: PF03760 (LEA_2), PF03168 (LEA_1), PF03242 (LEA_3), PF02987 (Dehydrin), PF00477 (SMP), PF00257 (LEA_4), and PF04927 (LEA_5). This approach yielded a total of 111 putative LEA proteins. Following the domain-based identification, we retrieved the corresponding transcript sequences and genomic loci for each

protein. These sequences were used in further analyses, including phylogenetic studies and gene expression profiling.

Protein Characterization

The identified LEA proteins from the *Olea europaea* var. *sylvestris* reference genome (GCF_002742605.1) were subjected to comprehensive characterization, focusing on their structural, functional, and physicochemical properties. A set of bioinformatics tools was employed to gather key attributes for each protein, including domain composition, chromosomal localization, exon count, gene length, mRNA length, protein sequence length, subcellular localization, signal peptide presence, molecular weight, and isoelectric point (pI). The HMMER software version 3.1b1 was used to identify conserved domains within the protein sequences, utilizing PFAM profiles corresponding to the LEA gene family domains (PF03760, PF03168, PF03242, PF02987, PF00477, PF00257, PF04927). This process enabled precise annotation of domain architecture for each protein. Chromosomal positions and exon counts for the identified LEA genes were extracted from the reference genome annotations. Genomic lengths and mRNA lengths were retrieved from the genome annotation data, while protein lengths were calculated based on the amino acid sequences. Subcellular localization predictions were made using DeepLoc 1.0, which classified the proteins into various cellular compartments (Ødum et al. 2024). Molecular weight and isoelectric points (pI) were predicted using the pepstats tool from the EMBOSS suite, based on the amino acid compositions of the LEA proteins (Madeira et al. 2024).

Gene Expression Analysis

The RNA-seq datasets used in this study were sourced from the BioProject databases under accession numbers PRJNA590386 (Ramírez-Tejero et al., 2020) and PRJNA606032 (Tsamir-Rimon et al., 2021). Raw sequence data were downloaded from the Sequence Read Archive (SRA) and preprocessed for quality control. Low-quality bases and adapter sequences were trimmed and the processed reads were then mapped to the *Olea europaea* var. *sylvestris* reference genome (GCF_002742605.1) using the tools within Geneious 2024 (Kearse et al., 2012). Read count data were generated for each gene using the same software.

Subsequent differential gene expression analysis was performed using the DESeq2 package in R. Genes with a log₂ fold change greater than 2 or less than -2, and adjusted p-values below 0.05, were considered significantly differentially expressed. The expression data were compared across multiple tissue types and stress conditions. To visualize the gene expression profiles, heatmap was used to generate heatmaps of differentially expressed genes.

Phylogenetic Analysis

For the phylogenetic analysis, the protein sequences of the identified LEA proteins were aligned using ClustalW in Geneious 2024 (Kearse et al., 2012). An unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) tree was constructed based on the multiple sequence alignment, with 1,000 bootstrap replicates to ensure the robustness of the tree. The tree file was exported in newick format and used in further visualization. To incorporate gene expression and domain data into the phylogenetic tree, further visualization was conducted in R using the ggtree and ggtreeExtra packages. The expression data were integrated into the tree using bar plots to display the log₂ fold change between control and drought conditions, while domain architecture was represented as colored tiles to highlight the conserved protein domains.

Results and Discussion

Olive LEA Proteins

In this study, we performed a comprehensive identification of LEA proteins in olive. The analysis of 111 LEA proteins was performed, focusing on their domain classifications, chromosomal locations, exon count, sequence length, subcellular localization, and physicochemical properties such as molecular weight and isoelectric point (pI) (Table 1).

A total of 111 LEA proteins were identified in the olive genome, each characterized based on domain composition, chromosomal distribution, exon counts, sequence lengths, subcellular localizations, and physicochemical properties. Among these proteins, 36 contained LEA2 domains, making it the most common domain, followed by 17 proteins with LEA_3 domains, 14 with LEA_1 domains, 5 with Dehydrin (DHN) domains, and 4 with Seed Maturation Protein (SMP) domains. The chromosomal locations of the LEA proteins were found to be widely distributed across various chromosomes, with no significant clustering that might suggest specific regions of high LEA gene

density. This wide distribution hints at the possibility of their involvement in diverse stress response mechanisms throughout the plant.

Exon counts ranged from 1 to 14, indicating structural diversity in gene organization, which could contribute to functional versatility. Genomic lengths varied from 500 bp to over 10,000 bp, while mRNA lengths spanned from 300 bp to 9,500 bp, indicating differences in transcript complexity. Protein lengths similarly showed considerable variability, ranging from 90 to over 600 amino acids, reflecting the diverse roles these proteins may play under different physiological conditions.

Localization predictions revealed that 48 of the LEA proteins have transmembrane domains, likely indicating their involvement in membrane stability under stress conditions. Beyond transmembrane proteins, 20 proteins were predicted to localize to the mitochondria, suggesting a role in protecting mitochondrial integrity during stress. The remaining proteins were mostly soluble, localizing primarily to the cytosol (24 proteins) or nucleus (10 proteins), indicating their potential regulatory roles in stress response and gene expression. A small number of proteins were associated with the endoplasmic reticulum (3 proteins), possibly indicating involvement in protein folding or secretion under stress.

Physicochemical analysis showed that the molecular weight (MW) of the LEA proteins ranged from 10 kDa to 60 kDa, with most proteins falling in the range of 15 kDa to 40 kDa, suggesting they are relatively small proteins, ideal for quick response to abiotic stress. The isoelectric points (pI) varied from 4.5 to 9.5, reflecting the proteins' wide range of charge properties. This variation in pI suggests that these proteins might function in different cellular environments and under different stress conditions, maintaining stability in both acidic and basic intracellular compartments.

Table 1. Protein characteristics of Olive LEA proteins.

| Protein Accession | Domain | Chr | Exon Count | Genomic Length | mRNA Length | Protein Length | Localization | Signal | Molecular Weight (kDa) | pI |
|-------------------|----------|-----|------------|----------------|-------------|----------------|--------------------|--------|------------------------|------|
| XP_022842058.1 | LEA_1 | 17 | 2 | 698 | 610 | 151 | Cyt | | 33,75 | 6,35 |
| XP_022842435.1 | LEA_2 | 17 | 1 | 993 | 993 | 209 | C_memb | SP TD | 28,46 | 5,95 |
| XP_022843012.1 | LEA_3 | 18 | 2 | 804 | 558 | 84 | MD | MTP | 15,62 | 6,58 |
| XP_022843751.1 | LEA_6 | 18 | 1 | 1005 | 1005 | 85 | Cyt Nucleus | | 23,59 | 5,53 |
| XP_022844117.1 | LEA_2 | 18 | 1 | 1133 | 1133 | 252 | C_memb | TD | 20,39 | 6,71 |
| XP_022844300.1 | Dehydrin | 18 | 2 | 1141 | 1046 | 239 | Cyt Nucleus | NLS | 28,52 | 6,22 |
| XP_022844537.1 | LEA_2 | 18 | 1 | 1229 | 1229 | 209 | C_memb | SP TD | 20,42 | 5,71 |
| XP_022844932.1 | LEA_2 | 18 | 3 | 4334 | 1118 | 228 | C_memb ER LYSO/VAC | SP TD | 22,02 | 6,11 |
| XP_022845171.1 | LEA_2 | 18 | 3 | 1949 | 1423 | 323 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 26,53 | 6,05 |
| XP_022845238.1 | LEA_2 | 19 | 2 | 1234 | 606 | 201 | C_memb ER | SP TD | 28,54 | 5,81 |
| XP_022845239.1 | LEA_2 | 19 | 2 | 2461 | 366 | 121 | C_memb ER | SP TD | 26,83 | 5,88 |
| XP_022846305.1 | LEA_2 | 1 | 3 | 4051 | 993 | 222 | ER LYSO/VAC | SP TD | 26,09 | 6,45 |
| XP_022850613.1 | LEA_2 | | 1 | 792 | 792 | 201 | C_memb | SP TD | 25,67 | 5,92 |
| XP_022853417.1 | LEA_3 | | 2 | 788 | 540 | 81 | MD | MTP | 18,42 | 6,63 |
| XP_022853418.1 | LEA_3 | | 2 | 788 | 561 | 80 | MD | MTP | 16,72 | 6,58 |
| XP_022853760.1 | LEA_2 | | 1 | 987 | 987 | 209 | C_memb | SP TD | 24,5 | 6,72 |
| XP_022854074.1 | LEA_2 | | 1 | 949 | 949 | 199 | C_memb | SP TD | 19,86 | 5,88 |
| XP_022854327.1 | LEA_3 | | 2 | 756 | 633 | 103 | MD | MTP | 14,02 | 6,12 |
| XP_022854420.1 | LEA_2 | | 1 | 990 | 990 | 209 | C_memb | SP TD | 24,89 | 6,64 |
| XP_022854693.1 | LEA_3 | | 2 | 846 | 744 | 97 | MD | MTP | 26,92 | 6,08 |
| XP_022855095.1 | LEA_2 | | 2 | 2482 | 1267 | 203 | C_memb | SP TD | 27,01 | 6,35 |
| XP_022858503.1 | Dehydrin | | 3 | 496 | 345 | 114 | Cyt Nucleus | NLS | 14,43 | 5,98 |
| XP_022858973.1 | SMP | 3 | 3 | 1447 | 944 | 239 | Cyt | | 18,73 | 6,85 |
| XP_022859033.1 | Dehydrin | | 2 | 1758 | 843 | 153 | Cyt Nucleus | NLS | 24,53 | 6,91 |
| XP_022859405.1 | LEA_3 | | 2 | 718 | 577 | 92 | MD | MTP | 20,65 | 5,92 |

Table 1 cont.

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----|---|------|------|-----|--------------------|---------|-------|------|
| XP_022859406.1 | LEA_3 | | 2 | 718 | 577 | 92 | MD | MTP | 18,64 | 5,99 |
| XP_022860591.1 | LEA_2 | | 1 | 1003 | 1003 | 223 | C_memb | SP TD | 26,71 | 6,02 |
| XP_022860835.1 | LEA_2 | | 1 | 1475 | 1475 | 210 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 22,18 | 6,54 |
| XP_022861872.1 | Dehydrin | | 1 | 687 | 687 | 148 | Cyt | NLS | 19,75 | 6,31 |
| XP_022862923.1 | LEA_2 | | 1 | 976 | 976 | 208 | C_memb | SP TD | 22,39 | 6,67 |
| XP_022862928.1 | LEA_2 | | 1 | 420 | 420 | 139 | Nucleus C_memb | NLS | 25,74 | 5,97 |
| XP_022862930.1 | LEA_2 | | 1 | 612 | 612 | 203 | C_memb | SP TD | 20,11 | 6,51 |
| XP_022863156.1 | LEA_4 | | 3 | 1901 | 1711 | 400 | Cyt C_memb | NLS | 21,5 | 6,38 |
| XP_022863204.1 | LEA_2 | | 3 | 1813 | 1545 | 309 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 27,22 | 6,11 |
| XP_022864302.1 | LEA_1 | | 2 | 786 | 703 | 152 | Cyt Nucleus | | 18,87 | 5,86 |
| XP_022865060.1 | LEA_2 | | 1 | 1078 | 1078 | 259 | C_memb | TD | 22,74 | 6,12 |
| XP_022865774.1 | LEA_2 | 3 | 1 | 897 | 897 | 222 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 17,96 | 5,94 |
| XP_022865782.1 | LEA_2 | 3 | 1 | 896 | 896 | 222 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 17,57 | 6,01 |
| XP_022866689.1 | LEA_2 | | 1 | 867 | 867 | 209 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 27,88 | 6,24 |
| XP_022866926.1 | LEA_2 | | 1 | 1047 | 1047 | 250 | C_memb | TD | 25,97 | 5,98 |
| XP_022867195.1 | LEA_2 | | 1 | 1087 | 1087 | 218 | C_memb LYSO/VAC | TD | 21,43 | 6,1 |
| XP_022868236.1 | LEA_2 | | 1 | 992 | 992 | 211 | C_memb | SP TD | 19,65 | 5,88 |
| XP_022868427.1 | LEA_2 | | 1 | 741 | 741 | 222 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 22,31 | 6,43 |
| XP_022869332.1 | LEA_2 | | 1 | 836 | 836 | 208 | C_memb | SP TD | 19,92 | 6,26 |
| XP_022869337.1 | LEA_2 | | 4 | 4949 | 1096 | 250 | C_memb | TD | 24,22 | 6,14 |
| XP_022869339.1 | LEA_2 | | 4 | 4949 | 1076 | 250 | C_memb | TD | 19,92 | 6,26 |
| XP_022869340.1 | LEA_2 | | 4 | 4949 | 1261 | 250 | C_memb | TD | 24,35 | 6,42 |
| XP_022869341.1 | LEA_2 | | 4 | 4949 | 947 | 250 | C_memb | TD | 23,56 | 6,22 |
| XP_022869344.1 | LEA_2 | | 2 | 2692 | 1079 | 270 | C_memb | TD | 20,15 | 6,09 |
| XP_022869391.1 | SMP | 1 | 3 | 1326 | 1164 | 263 | Cyt Nucleus | | 24,89 | 6,15 |
| XP_022871447.1 | LEA_2 | | 2 | 1848 | 807 | 268 | C_memb | TD | 18,74 | 6,05 |
| XP_022871461.1 | LEA_2 | | 1 | 933 | 933 | 260 | C_memb | SP TD | 18,74 | 6,05 |
| XP_022872520.1 | LEA_2 | 3 | 3 | 2430 | 1123 | 240 | C_memb | TD | 22,71 | 6,27 |
| XP_022873986.1 | LEA_2 | | 3 | 1260 | 1025 | 306 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 19,32 | 6,1 |
| XP_022875541.1 | LEA_2 | 1 | 1 | 897 | 897 | 209 | C_memb | SP TD | 23,56 | 6,09 |
| XP_022875755.1 | LEA_3 | 1 | 2 | 921 | 706 | 99 | MD | MTP | 26,71 | 6,23 |
| XP_022876757.1 | Dehydrin | 5 | 2 | 958 | 753 | 175 | Cyt Nucleus | NLS | 26,53 | 6,11 |
| XP_022876768.1 | LEA_1 | 5 | 2 | 1000 | 696 | 136 | Cyt | | 21,96 | 6,4 |
| XP_022878701.1 | LEA_2 | 6 | 2 | 2437 | 934 | 223 | C_memb | SP TD | 21,82 | 6,23 |
| XP_022878798.1 | LEA_2 | 1 | 4 | 4119 | 1066 | 234 | C_memb | SP TD | 22,34 | 6,42 |
| XP_022878806.1 | LEA_2 | 1 | 4 | 4119 | 1169 | 234 | C_memb | SP TD | 19,74 | 6,3 |
| XP_022879111.1 | LEA_2 | 1 | 4 | 4831 | 1317 | 289 | C_memb ER LYSO/VAC | SP TD | 17,29 | 5,97 |
| XP_022879120.1 | LEA_2 | 1 | 4 | 4831 | 1152 | 220 | C_memb ER LYSO/VAC | SP TD | 16,91 | 5,94 |
| XP_022881290.1 | LEA_2 | 1 | 2 | 1333 | 1044 | 210 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 21,94 | 6,07 |
| XP_022882247.1 | LEA_2 | 8 | 1 | 953 | 953 | 222 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 19,97 | 6,21 |
| XP_022882268.1 | LEA_5 | 8 | 2 | 609 | 536 | 110 | Cyt Nucleus | NLS NES | 22,81 | 6,36 |
| XP_022883025.1 | LEA_2 | 9 | 1 | 1027 | 1027 | 217 | C_memb | SP TD | 23,27 | 6,19 |
| XP_022883611.1 | LEA_2 | 10 | 1 | 783 | 783 | 260 | C_memb | TD | 18,62 | 6,04 |
| XP_022884625.1 | LEA_2 | 10 | 1 | 1062 | 1062 | 252 | C_memb | TD | 19,14 | 6,12 |
| XP_022885703.1 | Dehydrin | 10 | 2 | 1005 | 887 | 180 | Cyt Nucleus | NLS | 19,73 | 6,22 |
| XP_022885704.1 | Dehydrin | 10 | 2 | 943 | 828 | 148 | Cyt Nucleus | NLS | 19,73 | 6,22 |
| XP_022885755.1 | SMP | 1 | 3 | 1190 | 1035 | 250 | Cyt Nucleus | NLS | 23,09 | 6,31 |
| XP_022886511.1 | LEA_2 | 10 | 1 | 1923 | 1923 | 223 | C_memb | SP TD | 23,56 | 6,25 |

Table 1 cont.

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----|---|-------|------|-----|--------------------|-------|-------|------|
| XP_022887510.1 | LEA_2 | 11 | 3 | 2854 | 1398 | 324 | Cyt | NLS | 21,83 | 6,2 |
| XP_022887511.1 | LEA_2 | 11 | 3 | 2854 | 1392 | 322 | Cyt | NLS | 21,83 | 6,2 |
| XP_022887512.1 | LEA_2 | 11 | 3 | 2854 | 1389 | 321 | Cyt | NLS | 21,83 | 6,2 |
| XP_022887839.1 | LEA_2 | 11 | 1 | 1012 | 1012 | 208 | C_memb | SP TD | 21,42 | 6,18 |
| XP_022887840.1 | LEA_2 | 11 | 1 | 1040 | 1040 | 260 | C_memb | TD | 21,42 | 6,18 |
| XP_022888469.1 | LEA_2 | 11 | 1 | 1060 | 1060 | 237 | C_memb | TD | 24,76 | 6,31 |
| XP_022888912.1 | LEA_2 | 11 | 2 | 899 | 834 | 277 | C_memb | SP TD | 19,57 | 6,17 |
| XP_022889217.1 | LEA_2 | 11 | 2 | 3083 | 1148 | 274 | C_memb | SP TD | 22,53 | 6,27 |
| XP_022889488.1 | LEA_1 | 11 | 2 | 742 | 567 | 124 | Cyt C_memb | NLS | 19,94 | 6,18 |
| XP_022890720.1 | LEA_2 | 12 | 1 | 1137 | 1137 | 268 | C_memb | TD | 21,83 | 6,23 |
| XP_022890958.1 | LEA_5 | 12 | 2 | 630 | 519 | 90 | Cyt Nucleus | NES | 24,98 | 6,36 |
| XP_022890959.1 | LEA_5 | 12 | 2 | 614 | 512 | 90 | Cyt Nucleus | NES | 24,98 | 6,36 |
| XP_022891618.1 | LEA_2 | 12 | 3 | 2915 | 1343 | 167 | C_memb ER LYSO/VAC | SP TD | 23,42 | 6,23 |
| XP_022891747.1 | LEA_2 | 12 | 1 | 633 | 633 | 210 | C_memb | SP TD | 23,31 | 6,27 |
| XP_022891939.1 | LEA_2 | 12 | 1 | 648 | 648 | 215 | C_memb | SP TD | 21,89 | 6,18 |
| XP_022892036.1 | LEA_5 | 12 | 3 | 2076 | 507 | 94 | Cyt Nucleus | | 24,13 | 6,3 |
| XP_022892037.1 | LEA_5 | 12 | 3 | 2076 | 493 | 86 | Nucleus | NLS | 24,13 | 6,3 |
| XP_022892074.1 | SMP | 12 | 3 | 1136 | 963 | 270 | Cyt | | 22,63 | 6,22 |
| XP_022892120.1 | LEA_5 | 12 | 2 | 659 | 547 | 90 | Cyt Nucleus | NES | 24,67 | 6,35 |
| XP_022894413.1 | Dehydrin | 14 | 2 | 1195 | 1099 | 242 | Cyt Nucleus | NLS | 23,16 | 6,24 |
| XP_022895516.1 | LEA_2 | 15 | 2 | 1532 | 1304 | 167 | Cyt | | 22,41 | 6,29 |
| XP_022895517.1 | LEA_2 | 15 | 2 | 1629 | 878 | 155 | Cyt | PTS | 22,41 | 6,29 |
| XP_022895786.1 | LEA_2 | 15 | 1 | 841 | 841 | 211 | C_memb LYSO/VAC | SP TD | 21,72 | 6,21 |
| XP_022896449.1 | LEA_2 | 15 | 2 | 25104 | 546 | 152 | Cyt | NLS | 20,38 | 6,14 |
| XP_022896966.1 | LEA_2 | 2 | 1 | 1046 | 1046 | 256 | C_memb | TD | 21,93 | 6,23 |
| XP_022897316.1 | SMP | 15 | 3 | 2343 | 991 | 238 | Cyt | | 23,07 | 6,25 |
| XP_022897382.1 | Dehydrin | 15 | 2 | 846 | 749 | 195 | Cyt Nucleus | NLS | 22,58 | 6,28 |
| XP_022897396.1 | LEA_3 | 15 | 2 | 694 | 412 | 102 | MD | MTP | 20,43 | 6,17 |
| XP_022898650.1 | Dehydrin | 16 | 2 | 1258 | 910 | 189 | Cyt Nucleus C_memb | NLS | 22,43 | 6,24 |
| XP_022898889.1 | LEA_2 | 16 | 2 | 3556 | 2391 | 250 | C_memb | TD | 22,14 | 6,26 |
| XP_022898891.1 | LEA_2 | 16 | 1 | 921 | 921 | 207 | C_memb | SP TD | 22,14 | 6,26 |
| XP_022898968.1 | LEA_2 | 16 | 1 | 1072 | 1072 | 258 | C_memb | TD | 21,72 | 6,21 |
| XP_022899059.1 | LEA_3 | 16 | 2 | 723 | 620 | 97 | MD | MTP | 23,37 | 6,29 |
| XP_022899240.1 | LEA_2 | 16 | 1 | 528 | 528 | 175 | C_memb | SP TD | 24,08 | 6,32 |
| XP_022899358.1 | LEA_2 | 2 | 1 | 873 | 873 | 210 | C_memb | SP TD | 23,81 | 6,3 |
| XP_022899500.1 | LEA_2 | 16 | 1 | 923 | 923 | 206 | C_memb | SP TD | 23,12 | 6,25 |
| XP_022899501.1 | LEA_2 | 16 | 1 | 838 | 838 | 207 | C_memb | SP TD | 23,12 | 6,25 |

The acronyms represent the predicted subcellular localization and features of the LEA proteins. C_memb: Cell membrane localization, SP: Signal peptide, TD: Transmembrane domain, MD: Mitochondrial domain, MTP: Mitochondrial transit peptide, Cyt: Cytoplasmic localization, Nucleus: Nuclear localization, NLS: Nuclear localization signal, NES: Nuclear export signal, ER: Endoplasmic reticulum localization, LYSO: Lysosome localization, VAC: Vacuole localization.

Gene Expression Analysis of LEA Proteins in Various Olive Tissues

The expression patterns of LEA proteins in different tissues provide essential insights into their potential roles in plant development and stress response. To investigate the expression profiles of LEA proteins across multiple tissue types, including leaf, root, stem, meristem, flower, and fruit, RNA-seq data was analyzed, and a heatmap was generated (Figure 1). The heatmap illustrates the differential expression levels of the identified LEA proteins, offering a comprehensive view of tissue-specific expression and clustering patterns.

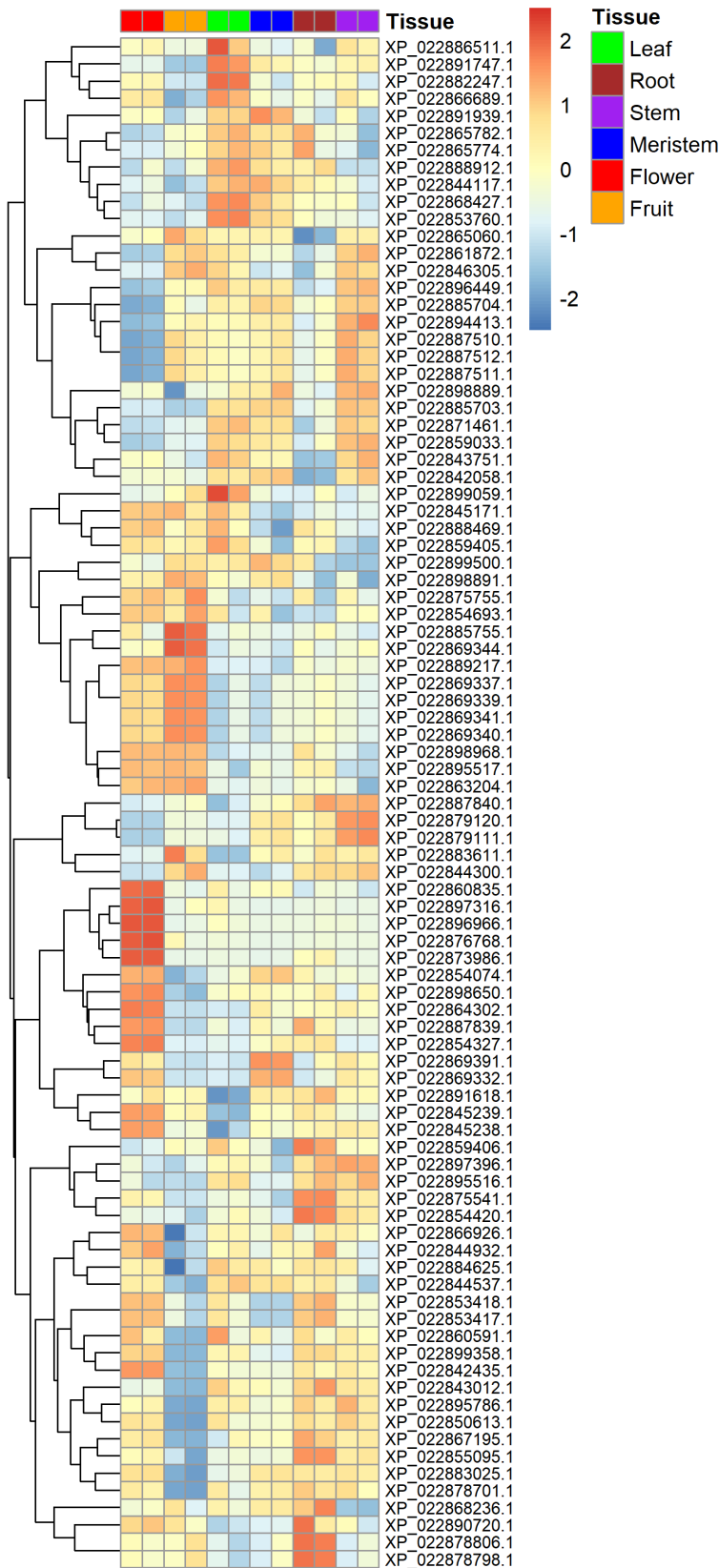


Figure 1. Heatmap showing expression of olive LEA genes in different tissues

In the current study, we analyzed the gene expression profiles of LEA proteins in different tissues of olive, focusing on their expression patterns across fruit, flower, root, stem, leaf, and meristem tissues. The heatmap provides a visual representation of the expression levels, allowing for the identification of tissue-specific or broadly expressed LEA proteins. Several clear expression

patterns emerged, highlighting the functional diversity and potential roles of these LEA proteins in different developmental stages and tissue-specific stress responses.

A subset of proteins was identified as having higher expression in fruit tissue, with notable examples including XP_022885755.1, XP_022869344.1, and XP_022869340.1. These proteins exhibited consistently elevated expression in fruit, suggesting a role in fruit development or stress responses during fruit maturation. Moreover, proteins such as XP_022889217.1 and XP_022898968.1 displayed equal expression in both fruit and flower, indicating a broader role in reproductive tissues.

Several LEA proteins were identified as flower-specific, showing predominant expression in flower tissue, such as XP_022860835.1, XP_022897316.1, and XP_022873986.1. These proteins are likely involved in protecting reproductive organs under stress conditions. Additionally, some proteins, including XP_022854074.1 and XP_022898650.1, were classified as mostly flower-specific, where expression is primarily observed in flower, but detectable to a lesser extent in other tissues.

In contrast, certain LEA proteins showed root-specific expression, such as XP_022878806.1 and XP_022875541.1, with significantly higher expression in root tissues. These proteins may play essential roles in root development and stress adaptation, particularly in drought-prone environments where root function is critical for water uptake.

Another group of proteins exhibited higher expression in stem, including XP_022887840.1 and XP_022879120.1, highlighting their potential involvement in structural integrity and stress protection of supporting tissues. Several proteins were also expressed across multiple tissues, with proteins such as XP_022898889.1 and XP_022871461.1 showing expression in stem, leaf, and meristem. These broadly expressed proteins suggest a more general protective role across various tissues, contributing to the plant's overall stress tolerance mechanisms.

Phylogenetic Analysis and Expression Profiling of LEA Genes

To further investigate the evolutionary relationships and functional diversification of the LEA proteins in olive, we performed a phylogenetic analysis, constructing a circular cladogram based on the sequences of LEA proteins. This analysis provided insights into the clustering of LEA gene family members and revealed their structural conservation across different subgroups. Additionally, we integrated expression data from drought applications vs control, allowing us to examine the correlation between gene evolutionary history and tissue-specific expression patterns (Figure 2).

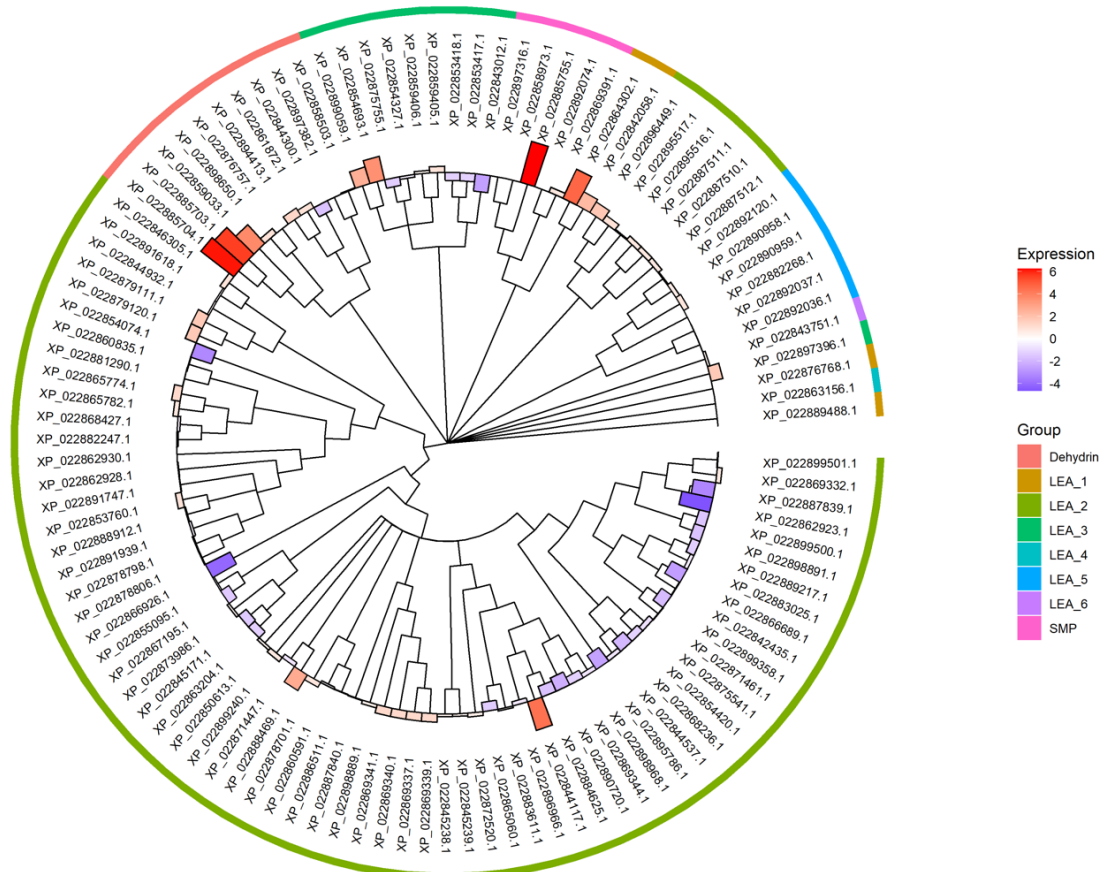


Figure 2. Phylogenetic tree of LEA proteins in olive with integrated differential expression and domain architecture.

The phylogenetic tree in olive presents a comprehensive overview of the Late Embryogenesis Abundant (LEA) gene family, integrating sequence similarity, conserved domain architecture, and gene expression under drought conditions. Based on RNA-seq data, the tree reveals distinct patterns of differential expression in response to drought, providing insights into the functional roles of specific LEA subgroups.

Notably, the Dehydrins, represented by genes such as XP_022885704.1 and XP_022885703.1, exhibit the highest levels of overexpression under drought stress, with log2 fold changes exceeding 6. These findings are consistent with the well-documented role of Dehydrins in protecting cellular structures from dehydration by stabilizing membranes and scavenging reactive oxygen species during abiotic stress. Another overexpressed gene, XP_022885755.1, belongs to the SMP (Seed Maturation Protein) family, further highlighting the involvement of multiple LEA subgroups in drought response. The overexpression of SMP genes, such as XP_022864302.1, suggests a broader protective function, potentially supporting both seed maturation and drought adaptation.

In contrast, certain LEA_2 genes, including XP_022862923.1, demonstrate a trend of lower expression under drought conditions, with fold changes ranging from 0 to -4. This downregulation indicates that not all LEA subgroups contribute equally to the plant's drought stress response. The differential expression patterns of LEA_2 genes could suggest a more specialized role, potentially linked to tissue-specific functions or varying environmental stress responses.

Overall, the phylogenetic clustering aligns with the expression profiles, where specific subgroups such as Dehydrins and SMPs form well-defined clades, exhibiting either high upregulation or more moderate expression levels in drought conditions. The clustering of LEA_2 genes showing different expression patterns further supports their distinct roles within the broader LEA gene family. This analysis underscores the functional diversity within the LEA gene family and highlights key genes that may play pivotal roles in enhancing drought tolerance in olive.

Conclusion

This study presents a comprehensive analysis of the Late Embryogenesis Abundant (LEA) proteins in olive, focusing on their phylogenetic relationships and expression profiles across various tissues and in response to drought stress. Our findings provide new insights into the functional roles of LEA proteins in olive, a species frequently exposed to harsh drought conditions, particularly in Mediterranean climates.

In recent studies, the LEA gene family has been identified in multiple plant species, showcasing a wide range of gene numbers. For instance, a comprehensive analysis in *Juglans regia* identified 51 LEA members (Ma et al., 2023), while similar studies reported 73 in watermelon (Altunoğlu et al., 2017), 61 in melon (Altunoğlu et al., 2017), and 108 in *Brassica napus* (Yu et al., 2016). This variability in gene count across species suggests that gene duplication events and evolutionary pressures have shaped the LEA gene family, allowing plants to adapt to their specific environmental conditions. The classification of LEA proteins into various groups based on their conserved motifs and amino acid sequences further emphasizes their functional diversity (Aziz et al., 2021; Battaglia and Covarrubias, 2013).

In olive a total of 111 LEA proteins were identified, with LEA_2 being the most common domain, comprising over 30% of the LEA family in olive. These LEA_2 proteins were distributed across several chromosomes, with no clear clustering, indicating that LEA genes may have evolved independently across the genome to provide widespread protection under diverse stress conditions. The identified proteins also showed significant diversity in their exon count, genomic length, and subcellular localization. The predominance of transmembrane domain-containing proteins (48 proteins) suggests that membrane stabilization plays a crucial role in the olive tree's ability to survive water deficit. Additionally, 20 proteins localized to mitochondria, highlighting the importance of energy homeostasis under stress. These results align with previous reports on LEA proteins' roles in stabilizing cellular structures during dehydration (Hanin et al., 2011; Hundertmark and Hinch, 2008).

Our gene expression analysis revealed distinct tissue-specific expression patterns, which may indicate specialized roles for LEA proteins in different parts of the plant. For instance, several LEA proteins were highly expressed in fruit, including XP_022885755.1 and XP_022869344.1, suggesting a potential role in fruit development and maturation under stress conditions. These findings are consistent with the known protective functions of LEA proteins in reproductive organs (Sun et al., 2021). In contrast, other LEA proteins were predominantly expressed in flowers, such as XP_022860835.1 and XP_022897316.1. The high expression of these proteins in flowers may suggest a protective role during pollination or seed formation, which are critical periods for drought-sensitive crops like olive.

In root tissues, proteins such as XP_022878806.1 and XP_022875541.1 showed the highest expression levels, highlighting their role in root adaptation to water scarcity. Given that roots are the primary organs for water uptake, these proteins are likely involved in protecting root cells from desiccation and ensuring continuous water transport. Similarly, LEA proteins like XP_022887840.1 and XP_022879120.1 were highly expressed in stems, where they may play a role in maintaining structural integrity and facilitating water transport under drought stress.

The phylogenetic analysis revealed evolutionary conservation across different LEA subgroups, with distinct clustering of LEA_1, LEA_2, LEA_3, and Dehydrin proteins. The most significant finding from the phylogenetic tree was the high overexpression of Dehydrins, such as XP_022885704.1 and XP_022885703.1, under drought conditions. Dehydrins are well-known for their role in protecting plants from desiccation, and their strong upregulation in response to drought stress is consistent with previous studies in other species (Brini et al., 2007; Hanin et al., 2011). Interestingly, several SMP proteins, including XP_022885755.1, also showed significant overexpression during drought, suggesting that these proteins may have broader roles beyond seed maturation, possibly contributing to drought adaptation mechanisms in other tissues.

On the other hand, LEA_2 proteins exhibited more variable expression, with some, like XP_022862923.1, showing downregulation under drought conditions. This variability could indicate that LEA_2 proteins are more specialized, potentially fulfilling tissue-specific roles or responding to types of stress. Further functional studies will be required to determine the precise mechanisms through which these proteins contribute to stress tolerance.

In conclusion, this study sheds light on the functional diversity and evolutionary history of the LEA gene family in olive. The integration of phylogenetic analysis with gene expression data provides a clearer understanding of how different LEA subgroups contribute to drought tolerance across various tissues. Future research should focus on the functional characterization of key LEA proteins, particularly those that are highly expressed in drought-sensitive tissues such as roots and reproductive organs. These findings could inform breeding programs aimed at improving the resilience of olive and other drought-prone crops through the targeted manipulation of LEA genes.

Authors' Contributions

Authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Altunoğlu, Y. Ç., Baloğlu, M. C., Baloğlu, P., Yer, E. N., Kara, S., 2017. Genome-wide identification and comparative expression analysis of lea genes in watermelon and melon genomes. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 23(1): 5-21.
- Aziz, M. A., Sabeem, M., Kutty, M. S., Brini, F., Masmoudi, K., 2021. Plant group ii lea proteins: intrinsically disordered structure for multiple functions in response to environmental stresses. *Biomolecules*. 11(11): 1662.
- Battaglia, M., Covarrubias, A. A., 2013. Late embryogenesis abundant (lea) proteins in legumes. *Frontiers in Plant Science*. 4: Article 190.
- Ben Abdallah, M., Trupiano, D., Polzella, A., De Zio, E., Sassi, M., Scaloni, A., Zarrouk, M., Ben Youssef, N., Stefania Scippa, G., 2018. Unraveling physiological, biochemical and molecular mechanisms involved in olive (*Olea europaea* L. cv. Chétoui) tolerance to drought and salt stresses. *Journal of Plant Physiology*. 220: 83–95.
- Brini, F., Hanin, M., Lumberras, V., Amara, I., Khoudi, H., Hassairi, A., Pagès, M., Masmoudi, K., 2007. Overexpression of wheat dehydrin DHN-5 enhances tolerance to salt and osmotic stress in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Reports*. 26(11): 2017–2026.
- Gholami, R., Fahadi Hoveizeh, N., Zahedi, S. M., Gholami, H., Carillo, P., 2022. Effect of three water-regimes on morpho-physiological, biochemical and yield responses of local and foreign olive cultivars under field conditions. *BMC Plant Biology*. 22(1): 477.
- Hand, S. C., Menze, M. A., Toner, M., Boswell, L., Moore, D., 2011. LEA proteins during water stress: not just for plants anymore. *Annual Review of Physiology*. 73(1): 115–134.
- Hanin, M., Brini, F., Ebel, C., Toda, Y., Takeda, S., Masmoudi, K., 2011. Plant dehydrins and stress tolerance: versatile proteins for complex mechanisms. *Plant Signaling & Behavior*. 6(10): 1503–1509.
- Huang, R., Xiao, D., Wang, X., Zhan, J., Wang, A., He, L., 2022. Genome-wide identification, evolutionary and expression analyses of LEA gene family in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *BMC Plant Biology*. 22(1): 155.
- Hundertmark, M., Hinch, D. K., 2008. LEA (Late embryogenesis abundant) proteins and their encoding genes in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Genomics*. 9(1): 118.
- Jia, C., Guo, B., Wang, B., Li, X., Yang, T., Li, N., Wang, J., Yu, Q., 2022. The LEA gene family in tomato and its wild relatives: genome-wide identification, structural characterization, expression profiling, and role of SILEA6 in drought stress. *BMC Plant Biology*. 22(1): 596.
- Jia, J. S., Ge, N., Wang, Q. Y., Zhao, L. T., Chen, C., Chen, J. W., 2023. Genome-wide identification and characterization of members of the LEA gene family in *Panax notoginseng* and their transcriptional responses to dehydration of recalcitrant seeds. *BMC Genomics*. 24(1): 126.
- Kearse M., Moir R., Wilson A., Stones-Havas S., Cheung M., Sturrock S., Buxton S., Cooper A., Markowitz S., Duran C., Thierer T., Ashton B., Meintjes P., Drummond A., 2012, Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*. 28(12):1647-1649. 10.1093/bioinformatics/bts199. Epub 2012 Apr 27. PMID: 22543367; PMCID: PMC3371832.
- Li, Z., Chi, H., Liu, C., Zhang, T., Han, L., Li, L., Pei, X., Long, Y., 2021. Genome-wide identification and functional characterization of LEA genes during seed development process in linseed flax (*Linum usitatissimum* L.). *BMC Plant Biology*. 21(1): 193.
- Lin, Y., She, M., Zhao, M., Yu, H., Xiao, W., Zhang, Y., Li, M., 2024. Genome-wide analysis and functional validation reveal the role of late embryogenesis abundant genes in strawberry (*Fragaria × ananassa*) fruit ripening. *BMC Genomics*. 25(1): 228.

- Ma, J., Zuo, D., Ye, H., Yan, Y., Li, M., Zhao, P., 2023. Genome-wide identification, characterization, and expression pattern of the late embryogenesis abundant (lea) gene family in *Juglans regia* and its wild relatives *J. mandshurica*. *BMC Plant Biology*. 23(1).
- Madeira, F., Madhusoodanan, N., Lee, J., Eusebi, A., Niewielska, A., Tivey, A. R. N., Lopez, R., Butcher, S., 2024. The EMBL-EBI job dispatcher sequence analysis tools framework in 2024. *Nucleic Acids Research*. 52(W1): W521–525.
- Magwanga, R. O., Lu, P., Kirungu, J. N., Lu, H., Wang, X., Cai, X., Zhou, Z., 2018. Characterization of the late embryogenesis abundant (LEA) proteins family and their role in drought stress tolerance in upland cotton. *BMC Genetics*. 19(1): 6.
- Ødum, M. T., Teufel, F., Thumuluri, V., Almagro Armenteros, J. J., Johansen, A. R., Winther, O., Nielsen, H., 2024. DeepLoc 2.1: multi-label membrane protein type prediction using protein language models. *Nucleic Acids Research*. 52(W1): W215–220.
- Peng, Y., Reyes, J. L., Wei, H., Yang, Y., Karlson, D., Covarrubias, A. A., Krebs, S. L., Fessehaie, A., Arora, R., 2008. RcDhn5, a cold acclimation-responsive dehydrin from *Rhododendron catawbiense* rescues enzyme activity from dehydration effects in vitro and enhances freezing tolerance in RcDhn5-overexpressing *Arabidopsis* plants. *Physiologia Plantarum*. 134(4): 583–597.
- Ramírez-Tejero JA., Jiménez-Ruiz J., Leyva-Pérez MO, Barroso JB., Luque F., 2020. Gene Expression Pattern in Olive Tree Organs (*Olea europaea* L.). *Genes (Basel)*. 12;11(5):544. 10.3390/genes11050544. PMID: 32408612; PMCID: PMC7291012.
- Rico, E. I., Martos De La Fuente, G. C., Ortega Morillas, A., Fernández Ocaña, A. M., 2023. Physiological and biochemical study of the drought tolerance of 14 main olive cultivars in the Mediterranean Basin. *Photosynthesis Research*.
- RoyChoudhury, A., Roy, C., Sengupta, D. N., 2007. Transgenic tobacco plants overexpressing the heterologous lea gene Rab16A from rice during high salt and water deficit display enhanced tolerance to salinity stress. *Plant Cell Reports*. 26(10): 1839–1859.
- Sun, Z., Li, S., Chen, W., Zhang, J., Zhang, L., Sun, W., Wang, Z., 2021. Plant dehydrins: expression, regulatory networks, and protective roles in plants challenged by abiotic stress. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(23): 12619.
- Tsamir-Rimon, M., Ben-Dor, S., Feldmesser, E., Oppenheimer-Shaanan, Y., David-Schwartz, R., Samach, A., Klein, T., 2021. Rapid starch degradation in the wood of olive trees under heat and drought is permitted by three stress-specific beta amylases. *New Phytol*. 229(3):1398-1414. doi: 10.1111/nph.16907. Epub 2020 Oct 1. PMID: 32880972.
- Unver, T., Wu, Z., Sterck, L., Turktas, M., Lohaus, R., Li, Z., Yang, M., et al., 2017. Genome of wild olive and the evolution of oil biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 114(44).
- Wang, W., Liu, Y., Kang, Y., Liu, W., Li, S., Wang, Z., Xia, X., et al., 2024. Genome-wide characterization of LEA gene family reveals a positive role of BnaA.LEA6.a in freezing tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.). *BMC Plant Biology*. 24(1): 433.
- Yu, L., Xiong, Z., Zheng, J., Xu, D., Zhu, Z. W., Xiang, J., ... Li, M., 2016. Genome-wide identification, structural analysis and new insights into late embryogenesis abundant (lea) gene family formation pattern in *Brassica napus*. *Scientific Reports*. 6(1).
- Zhang, Y., Fan, N., Wen, W., Liu, S., Mo, X., An, Y., Zhou, P., 2022. Genome-wide identification and analysis of LEA_2 gene family in alfalfa (*Medicago sativa* L.) under aluminum stress. *Frontiers in Plant Science*. 13: 976160.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Terroir-Driven Viticultural Micro-Zoning In Bozcaada-Turkey

Yusuf Yiğini¹  Hüseyin Ekinci^{2*}  Elman Bahar³ 

¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Land and Water Division (CBL), Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome (RM)

² Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Çanakkale, Türkiye

³ Namık Kemal University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture Science, Tekirdag, Türkiye

*Corresponding author: hekinci@comu.edu.tr

Received Date: 07.08.2024

Accepted Date: 09.09.2024

Abstract

Bozcaada is renowned for its vineyards and wines. The island is located in the northeast of the Aegean Sea, in the southwest section of the Marmara region in Turkey. It is the third largest island in the Aegean Sea after Gökçeada and Marmara Islands. The dominant crops are grapevines, legumes, cereals, and fruits. The total vineyard area in Bozcaada is 11.850 ha, which covers 1/3 of the island and 80% of the agricultural lands. The two main factors that support viticulture and winemaking on the island are the unique soil types and the climate conditions, especially the north winds that determine the optimal diurnal temperature variation for viticulture. The island is unique for its viticulture and is characterised by its “terroir”. Terroir is a French word that describes how the interaction of the soil, terrain, and climate effect the vine, and how the combination of this effect with the human factor and viticulture management practices influence the quality of the grapes. In this study, qualitative and quantitative land evaluation tools were implemented to assess the lands and to suggest the most suitable rootstocks and varieties to winemakers. The land evaluation model uses climate, soil, and terrain indicators to evaluate the suitability of the soil-mapping units to the rootstocks and vine varieties. A detailed soil map was produced and has been implemented into the process together with other soil characteristics and climatic/topographic indicators. GIS and remote sensing tools have been used to create the soil map and input layers. Aspect, slope, and elevation layers were produced using the ArcGIS 3D Analyst tool from SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) data distributed by the Joint Research Centre together with the International Centre for Tropical Agriculture in Colombia. The SRTM digital elevation data, originally produced by NASA, is a major breakthrough in digital mapping and provides high quality elevation data for mapping and survey studies. Soil plays an important role in land evaluation and site selection, especially in site assessment for vineyards as the soil use to grow vines effects the fruit quality and flavours of wines. A detailed soil map of the island was produced to provide high quality soil data to be used in the land evaluation model. In this study, the components of the terroir concept and their complex relationships have been analysed to evaluate the land resources of the study area and several indices have been calculated for use in the land evaluation model, these are: Branas Heliothermic Index, Huglin Heliothermic Index, Cold Night Index, Winkler Index (IW), Jackson and Cherry Index, Riou's Drought Index, and Jones Index.

Keywords: Bozcaada, terroir, viticulture, viticultural zoning, land evaluation

Bozcaada'da (Türkiye) Terroir Odaklı Bağcılık Mikro Zonlaması

Öz

Bozcaada üzüm bağları ve şaraplarıyla ünlüdür. Ada, Ege Denizi'nin kuzeydoğusunda, Türkiye'de Marmara bölgesinin güneybatı kesiminde yer almaktadır. Baskın ürünler asma, baklagiller, tahıllar ve meyvelerdir. Bozcaada'da toplam bağ alanı 11.850 ha olup adanın 1/3'ü ve tarım arazilerinin %80'i kaplamaktadır. Adada bağcılığı ve şarap yapımını destekleyen iki ana faktör, benzersiz toprak türleri ve iklim koşulları, özellikle de bağcılık için en uygun günlük sıcaklık değişimini belirleyen kuzey rüzgârlarıdır. Ada, bağcılık açısından benzersizdir ve “terroir” ile karakterize edilir. Terroir, toprak, arazi ve iklim etkileşiminin asmayı nasıl etkilediğini ve bu etkinin insan faktörü ve bağcılık yönetimi uygulamalarıyla birleşiminin üzümün kalitesini nasıl etkilediğini anlatan Fransızca bir kelimedir. Bu çalışmada arazilerin değerlendirilmesi ve şarap üreticilerine en uygun anaç ve çeşitlerin önerilmesi amacıyla niteliksel ve niceliksel arazi değerlendirme araçları

uygulanmıştır. Arazi değerlendirme modeli, toprak haritalama birimlerinin anaçlara ve asma çeşitlerine uygunluğunu değerlendirmek için iklim, toprak ve arazi göstergelerini kullanır. Ayrıntılı bir toprak haritası oluşturulmuş ve diğer toprak özellikleri ve iklimsel/topografik göstergelerle birlikte sürece uygulanmıştır. Toprak haritası ve girdi katmanlarının oluşturulmasında CBS ve uzaktan algılama araçları kullanılmıştır. Bakı, eğim ve yükseklik katmanları, Kolombiya'daki Uluslararası Tropikal Tarım Merkezi ile birlikte Ortak Araştırma Merkezi tarafından dağıtılan SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) verilerinden ArcGIS 3D Analyst aracı kullanılarak üretilmiştir. Orijinal olarak NASA tarafından üretilen SRTM dijital yükseklik verileri, dijital haritalamada büyük bir atılımdır ve haritalama ve araştırma çalışmaları için yüksek kaliteli yükseklik verileri sağlar. Toprak, arazi değerlendirmesinde ve yer seçiminde, özellikle üzüm bağları için yer değerlendirmesinde önemli bir rol oynar. Çünkü asma yetiştirmek için toprak kullanımı meyve kalitesini ve şarapların lezzetini etkilemektedir. Arazi değerlendirme modelinde kullanılmak üzere yüksek kaliteli toprak verileri sağlamak amacıyla, adanın detaylı toprak haritası üretilmiştir. Bu çalışmada, çalışma alanının arazi kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla bölgesel kavramının bileşenleri ve bunların karmaşık ilişkileri analiz edilmiş ve arazi değerlendirme modelinde kullanılmak üzere çeşitli endeksler hesaplanmıştır. Bunlar; Branas Heliothermic Index, Huglin Heliothermic Index , Soğuk Gece Endeksi, Winkler Endeksi (IW), Jackson ve Cherry Endeksi, Riou Kuraklık Endeksi ve Jones Endeksidir.

Anahtar Kelimeler: Bozcaada, Terroir, Bağcılık, Bağcılık zonlaması, Arazi değerlendirme

Introduction

Successful viticulture begins with land selection. For commercial purposes, land selection is the most important decision in the overall process, as this decision influences profitability and production for the next 30 to 40 years (Kurtural et al., 2008). The basic components to be taken into account when making this decision are climate, soil, and topography. In this study, the components of the terroir and the complex relationships between those components and how the soil, climate, and topography are used in the selection of the vineyards were examined in many aspects. By studying these relationships and using scientific data, the lands of Bozcaada, which have a long history of winemaking and a high potential for the future, were evaluated within the concept of terroir.

According to Robert White (2009), unlike all other products, the taste and flavor of wine is directly related to the soil. In his study "Terroir: At the Heart of Geography", Unwin says that the French term "terroir", which is defined as "land" in most language dictionaries, is actually a much more complex and comprehensive term that refers specifically to the complex relationship between land and geology, soil, climate, geomorphology, and vegetation (Unwin T., 2012).

Climate is crucial for vines as it is for all agricultural plants. Extreme temperatures during summer and winter months limit vegetative growth and shorten the lifespan of vines to a significant extent. Climate can also positively or negatively affect the yield and quality of fruits (IAGT, 2014). When considering the climatic parameters according to IAGT 2014, sufficient length of vegetation period, sunshine and temperature, plant nutrients, sufficient water sources, and drainage factors come into prominence for viticulture. In terms of viticulture, climate is based on three indicators: macroclimate (at the district level), mezoklima (at the parcel level), and microclimate (at the vine level) (Carbonneau, 2001). Taking into account the bio-ecological potential of the vine, the relationship between climate demands and biological reactions has been transformed into numerical indicators and expressions called indexes. Using these indicators, the numerical limits on the quality of viticulture, and whether or not viticulture could be performed in a geographical region, are obtained (Bahar et al., 2010).

The main components of viticulture activity are geographic and topographic components, which are comprised of geographical location, aspect, elevation, and slope. Considering that viticulture is generally performed in the northern hemisphere between the latitudes of 11 and 55 (primarily between the latitudes of 30 and 50) (Çelik et al., 1998), it is feasible to say that Bozcaada is a suitable location for wine and table wine production. The latitude is important since this aspect determines the arrival angle of the sunlight over the vineyard area and directly affects the total temperature budget. Even if the area where the vineyard is built is in a temperate zone, the vineyard should receive direct sunlight for at least part of the day. In viticulture, the regions with all the right aspects provide optimum benefit. The morning sun provides the necessary light for photosynthesis at the right time, while quickly condensing moisture from the fruit and leaves. Areas having their aspects to the south and west orientations become hot during the spring and budding occurs earlier than in vineyards with aspects to the north. Height is one of the most important topographic components for

viniculture. When talking about height, the height above sea level and the relative height are both significant. The relative height refers to the height of the vine area relative to its circumference, and is one of the important parameters that determine the degree of cold damage in winter months. On the other hand, slope is an important feature for viticulture, as it determines the effect of other important terroir components, such as soil and climate characteristics, on the vine. While mild to moderate gradients (5-10%) are preferred for rapid removal of cold air in viticulture, higher gradients than these values are not desirable as they can lead to erosion (Kurtural et al., 2008).

One of the most basic and irreversible decisions in viticulture is the selection of a location. The selection of rootstocks and types to be planted should be based on topographic, climatic variables and the results of a physico-chemical analysis of the soil. Therefore, it is necessary that the rootstock and type should be in harmony with climatic conditions, physiographic structure, soil fertility, and structure of the region. This study has been carried out in Bozcaada, where the non-purpose use of land, under the name of vineyard house, has increased rapidly in recent years and the fertile agricultural land has been rapidly destroyed. In this study, Bozcaada lands were surveyed and a detailed basic soil map was prepared at a scale of 1:10.000. By using climatic and topographic characteristics, land evaluation for viticulture has been developed. In recent years, the concept of "vicultural zoning" has been mentioned frequently when evaluating sites for vineyards. Vaudour describes it in his book "Les Terroirs Viticoles - Définitions, Caractérisation et Protection" as a separation of regions according to their characteristics for the production of grapes and wines (Vaudour, 2003). As a result of this study, the basic components used in the study and separated into zones, were determined as soil, topography, and climate.

Material and Method

Bozcaada is an Aegean island with an area of approximately 36 km² and a population of 2,465 (2012), according to the census made by the Turkish Statistical Institute (TUIK) with the "Address Based Population Registration System" (ADNKS). Bozcaada, a district of Çanakkale province, is located in the Marmara Region, in the south-western Marmara sub-region, to the northeast of the Aegean Sea (Figure 1).



Figure 1. Geographical location of work area

Bozcaada is famous for its wine grapes and wines. Most of the island is covered with vineyards. A small amount of cereals, legumes, and fruit are also grown. The island is an important place when it comes to growing wine grapes. What makes Bozcaada so special for wine can be described as "terroir". Bozcaada is a natural extension of the Biga Peninsula and shares both geological aspects and topographical features of that region. The main geological units of the island are Palaeozoic schist and marble, ophiolites formed by submarine volcanism, the red coloured basal conglomerates of Eocene (which uncomfortably overlie these basic units), limestone, sandstone, marl and clay stones in the

flysch facies, the conglomerate, sandstone, and macrotritic limestone of the Miocene, and red and pink coloured andesite.

The climate of Bozcaada is affected by its location in the northeast Aegean Sea, where it is influenced by the Mediterranean and Thrace. For this reason, the winter months are mild and the summer months are generally dry and hot. According to data obtained from the island’s meteorological station belonging to the General Directorate of State Meteorological Services, from the 32-year period from 1975 to 2006, the annual average temperature of the island was calculated at 16.8 °C and annual precipitation at 497 mm. The altitude of the Bozcaada meteorology station is 28 meters, whereas the average altitude on the island is 39 meters. The station’s geographical coordinates are 39.50 latitude and 26.04 longitude. The basic temperature and annual precipitation parameters calculated from the data obtained by the General Directorate of State Meteorological Services are presented in Table 1.

Table 1. Basic meteorological data for the study area

| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VII I | IX | X | XI | XI I |
|---|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Monthly Average Temperature | °C | 8.3 | 8.2 | 9.8 | 13.6 | 17.3 | 21.5 | 23 | 23 | 20.7 | 16.9 | 12.7 | 9.8 |
| Monthly Average High Temperature | °C | 10.6 | 10.7 | 12.5 | 16.6 | 20.6 | 25.1 | 26.4 | 26.2 | 23.9 | 19.6 | 15.2 | 12 |
| Monthly High Temperature | °C | 19.6 | 20.9 | 25.9 | 26.3 | 31.5 | 35.3 | 35.4 | 36.3 | 32.4 | 31.2 | 26 | 21.5 |
| Monthly Average Low Temperature | °C | 5.9 | 5.8 | 7.1 | 10.7 | 14.2 | 18.1 | 19.8 | 20 | 17.9 | 14.4 | 10.4 | 7.5 |
| Monthly Low Temp. | °C | -5 | -7 | -4.7 | 2 | 6.1 | 9.1 | 14.3 | 15 | 12 | 4.6 | -1.4 | -4 |
| Monthly Average Precipitation | mm | 67.8 | 57.9 | 53.4 | 39.1 | 23.2 | 10.8 | 5.8 | 5.4 | 19.3 | 26.2 | 70.8 | 86.1 |
| Monthly Avarege Sunshine | hour s | 2.4 6 | 3.5 4 | 4.5 9 | 7.2 5 | 10.4 7 | 10.5 3 | 10.5 7 | 10. 4 | 7.4 9 | 4.3 | 4.4 6 | 3.5 6 |

The elevation, aspect, and slope data (Figure 2a, b, c, d) of the island were generated using SRTM’s 90m (Shuttle Radar Topographic Mission) data from the European Commission Joint Research Centre (EU-JRC) and International Tropical Agriculture Centre (Jarvis and Ark, 2008). SRTM digital elevation data is produced by NASA and is widely used in digital mapping projects. The elevation model’s resolution, which was originally 90 meters, has been reduced to 100 meters for convenience in calculation by using ArcGIS Spatial Analyst Aggregate tool. SAGA GIS, ArcGIS 10.2 and Spatial Analyst, 3D Analyst, and Geostatistical Analyst extensions were used to create layers for topographical elements (ESRI, 2014 and SAGA GIS, 2014).

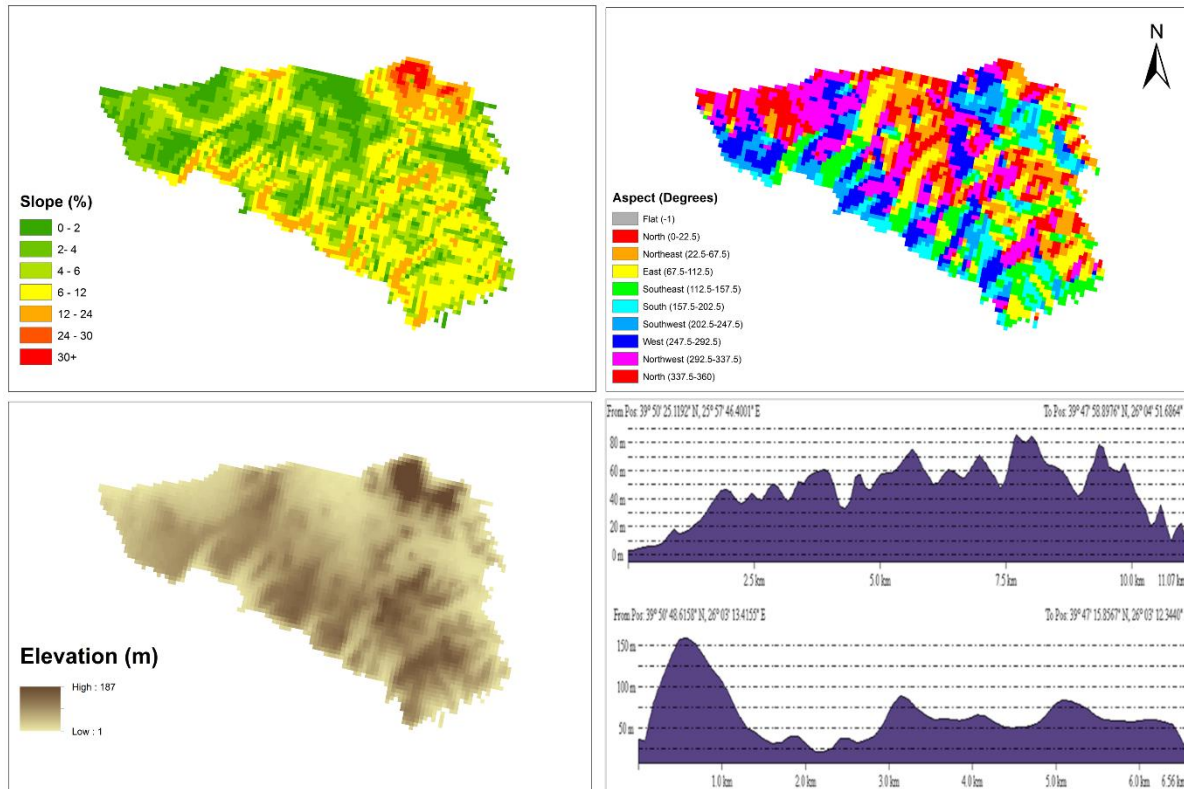


Figure 2. Slope (a), Aspect (b), Elevation (c) maps and Elevation profiles of the study area - East-West, North-South (d)

The soil layer, which is the most basic aspect of land evaluation studies for viticulture, directly affects many properties from site selection to healthy development of grapevines to fruit quality to the taste of the wine. For these reasons, the soil characteristics of the existing vineyards, and the vineyards yet to be planted, need to be known in detail. Soil map was also produced in this study, which is one of the main components of the Bozcaada's terroir and the part of the land evaluation model. The detailed soil map, which determines the soil attributes and soil zones used in the model. The detailed soil map defines the boundaries and zones of the soil series. The physical and chemical results of the soils, topography, and climatic elements were used as inputs in the rootstock suitability maps.

Land Evaluation Model and Methodology

In order to be able to evaluate the soil of the working area for viticulture, several features are required: the formation of the necessary infrastructure, detailed analysis of geographical layers of topography, soil and climate (which are the main components of the terroir concept), the relationships between these layers, and a detailed analysis of the effects of said relationships and individual layers on the selection of rootstock and type.

A pixel-based (100x100m) spatial land assessment model was constructed using high-resolution topographic features of the study area and soil properties which were derived from the detailed soil map and, laboratory analysis of the soil samples (Yigini and Ekinçi, 2023). To create the evaluation model, a grid with a resolution of 100x100 meters was created to cover the entire study area and the land evaluation model was built on this grid, which divides the island into 100x100 meter land cells. Basically, each element (pixel) represents a piece of land having with an area of 10,000 square meters. In order to form the land evaluation model, the attributes and sub-attributes that constitute the terroir of each pixel come from the soil, climate, and topographic layers obtained from auxiliary layers (Figure 3).

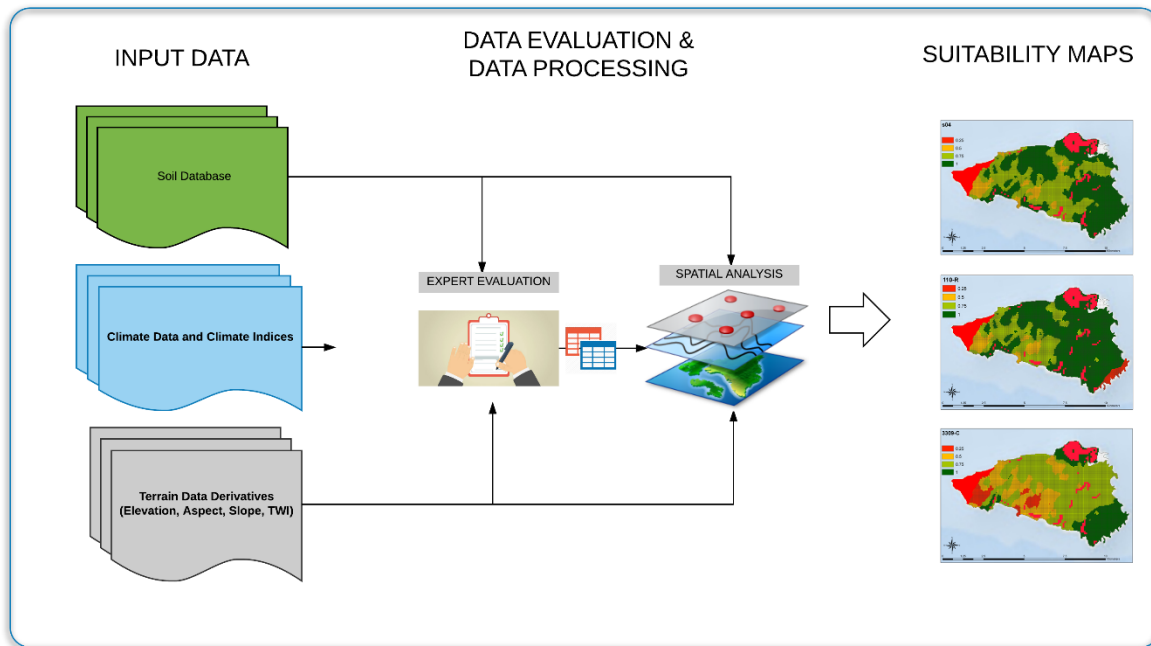


Figure 3. Workflow diagram for viticultural zoning

Soil Layer

Soil, which has an important role in selection of rootstocks and types, is observed in the soil layer in the land evaluation section of the study. The soil attributes consist of data from the land surveys and the detailed soil map. The data representing the soil layer was transferred to the pixels in two ways:

1. The soil profile analysis results representing the soil series were spatially transferred to the 100x100 meters pixels.
2. The soil parameters, which are suitable for interpolation with geo-statistical methods, were converted to raster data sets with a resolution of 100x100 meters using the profile analysis results by co-kriging method. The data contained in the raster prediction maps generated in this way are carried to the pixels prepared for the land evaluation study.

Each of the pixels forming the grid-based map prepared for the land evaluation model are assigned to data coming from the topographic, climate, and soil layers, according to its location. The database, created in this way, was also evaluated by software to compare and analyse the prepared rootstock tables with their ecological requirements and to determine the ranking scores. Thus, it became possible to determine how suitable the each pixel for each of the selected rootstocks, taking into account all the components of the terroir. As a result of the evaluations made, ranking tables were created in the database for the selected rootstocks and these tables were used to generate the suitability maps.

Topography Layer

The topography layer has important parameters for viticulture. The island's basic topographic elements were created using the SRTM 100m digital elevation model in the ArcGIS 10.2, SAGA GIS, and Global Mapper software programs. The 100-meter resolution slope, elevation, and aspect data of the study area was generated in raster format. This data was used in the land survey and mapping studies, as well as in land evaluation studies. To provide input to the land assessment model, the slope, height, and aspect values are transferred to each pixel of the grid data that constitutes the study area by using the ArcGIS "Zonal Statistics" tool.

Climate Layer

The climate layer holds the meteorological parameters, which represent long term averages of data. The Meteorological Station in Bozcaada of the General Directorate of State Meteorological Services, which has been observing meteorological conditions for 32 years.

Since there is only one station on the island, the meteorological data is assumed to be the same throughout the study area. Climate, data were analysed by using the indices calculated from the meteorological data. These indices were mainly used for the variety suggestion in the study area. The calculated indices are; Branas Heliothermic Index (Branas, 1974), Huglin Heliothermic Index (Bahar, 2010, Vaudour, 2003, Steel, 2007; Carbonneau et al., 2007), Latitude-Temperature Index (Bahar et al. 2010, Steel, 2007), Drought Index (Çelik et al., 2007), Cool Night Index (Tonietto, 1999), Degree-Day Indicator (Bahar et al. 2010), and the Jones Index (Jones, 2007) (Table 2).

Table 2. Climate derivatives used in the index calculations

| Parameter | Value | Unit |
|--|---------|-------------|
| Latitude | 39.50 | - |
| Longitude | 26.00 | - |
| Elevation | 28.00 | m |
| Vegetation period (1/IV--30/X) | 210 | days |
| Sunlight (V.Per.) (1/IV--30/IX) | 1701.30 | hours |
| Annual Total Precipitation (1/IV--30/IX) | 465.80 | mm |
| Precipitation in the vegetation period (1/IV--30/IX) | 103.60 | mm |
| Total Active Temperature (1/IV--30/IX) | 3573.00 | °C |
| Total Temperature (1/IV--30/IX) | 1980.00 | degree-days |

Results and Discussion

The location of Bozcaada in the Aegean Sea, and the humid/cool N, NNE and NE winds in general, creates favourable conditions for viticulture. Climate, which is one of the basic elements of land evaluation, is evaluated in the light of indices calculated using meteorological data. These indices are the Branas Heliothermic Index (Branas, 1974), Huglin Heliothermic Index (Bahar, 2010; Vaudour, 2003; Steel, 2007; Carbonneau et al., 2007), Latitude-Temperature Index (Bahar et al. 2010; Steel, 2007), Drought Index (Çelik et al., 2007), Cool Night Index (Tonietto, 1999), Degree- Day Indicator (Bahar et al. 2010), and the Jones Index (Jones, 2007). While the rootstock suggestions are the main product of this study, soil zones oriented variety suggestions were also made using the abovementioned climatic indices (Table 3).

Table 3. Calculated climatic indices in the study area

| Index | Value |
|----------------------------|-------------|
| Branas Heliothermic Index | 6.08 |
| Huglin Heliothermic Index | 2109.87 |
| Latitude-Temperature Index | 471.50 |
| Drought Index | 0.29 |
| Cold Night Index | 14°C - 18°C |
| Winkler Index | 1980 |
| Jones Index | 19.43 |

The variety suggestions were made only to the soil zones since the study area is relatively small (36 km²) and the climate data were obtained from the only meteorological station in the area. The suggested varieties are; Altesse, Cabernet Franc, Caladoc, Cinsaud, Cot, Gamay, Grenach Blanc, Mauzac, Merlot, Negrette, Nielluccio, Roussanne, Servant and Tempranillo. Within the scope of the study, the basic ecological requirements of the rootstocks were included in the land assessment model and their suitability for the study area was evaluated and mapped. These rootstocks were determined by assessing the soil resources, topographic characteristics, and climate parameters of the island together in a GIS environment. The 19 rootstock suitability maps created within the scope of the study have been presented using basic colours to make them easily understandable and evaluable by non-scientific community and the farmers in the area. Suitability maps for the selected rootstocks (Fercal, Salt Creek, 110-R, 1616-C, Berlandieri, 140-Ruggeri, 420-A, 3309-C, 44-53, 5C, SO4, 8B, 99r, 5BB, Dodridge, 41-B, Gravesac, and 1103-P). Some of these are presented in Figure 4.

In this study, the components of Bozcaada’s terroir have been examined in detail and revealed in all aspects. The soil has been assessed, using the data regarding topography and climate components, and suitable rootstocks for the island soils have been determined. The land evaluation model presented in this study is a mathematical model supported by literature and expert opinions. Before these suggestions are put into practice, the advice of viticulture experts should be received and land trials and economic analyses should be done. In this study, the soil resources and climate/topographic components of the study area were examined in detail and their relationship with each other was also examined and evaluated for viticulture. As the geographical land evaluation model utilized in this study is easy to reproduce and change, it is quite easy to add new rootstocks into the system. Suggestions can be made on the parcel scale by including the resulting suitability maps and linked database together with cadastral layer.

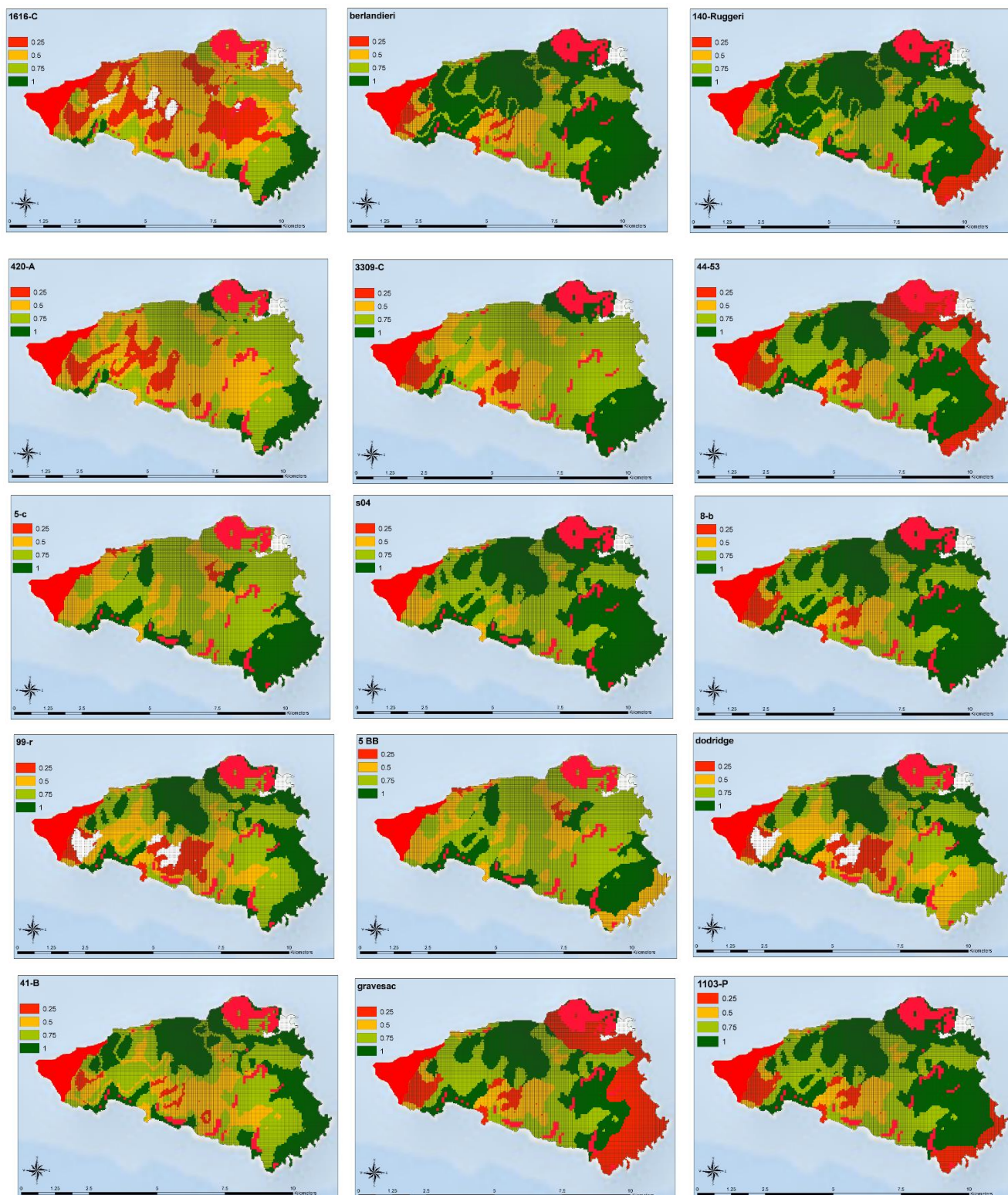


Figure 4. Rootstocks and suitability maps included in the land evaluation model.
Figure 4. Rootstocks and suitability maps included in the land evaluation model.

Acknowledgments: This study was derived from the thesis titled “Detailed survey-mapping and classification of the soil of Bozcaada, Land evaluation for viticulture according to soil-climate-geographical location (terroir) characteristics” and was supported by the Çanakkale Onsekiz Mart University Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP) with the number 2009/27.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

References

- Bahar E., Korkutal İ., Boz Y., 2010. Evaluation of Tekirdağ Province Şarköy District in terms of Terroir, Şarköy Değerleri Semp.
- Branas J., 1974. Precision Agriculture and Sustainability. “Precision. Agriculture 5: 359-387. Viticulture. Montpellier, Ecole National Supérieure Agronomique.
- Carbonneau A., 2001. Concepts "Terroir". GESCO 11. Journées du Groupe European d'etude des Systemes de Conduit de la Vigne, Montpellier, France, 3-7 Juillet, 2, 669.
- Carbonneau A., Deloire A., Jaillard B., 2007. La Vigne. Physiologie, Terroir, Culture. Dunod, Paris, ISBN: 9782100499984.
- Çelik H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marashlı, B., Söylemezoğlu, G., 1998, General Bağcılık. Sun Fidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi: 1. 251 s.
- Çeli, S., 2007. Viticulture, Volume I, Extended Second Edition. 423s.
- ESRI, 2014. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- FAO, 2006. Guidelines for Soil. Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome, 2006.
- IAGT, 2014. New York Vineyard Site Evaluation System, arcserver2.iagt.org Incorporated. 600p.
- Jarvis A., Reuter H. I., Nelson A., Guevara E., 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Center for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>, 2014.
- Jones, G.V., 2007. Climate Change: Observations, Projections, and General Implications for Viticulture and Wine Production. Economics Department Working Paper No: 7. Whitman College.
- Kurtural, K. S., Wilson P. E., Imed, E., 2008. Vineyard Site Selection in Kentucky, Based on Climate and Soil Properties. University of Kentucky Cooperative Extension Service.
- SAGA GIS, 2014. System for Automated Geoscientific Analyses.
- Tonietto, J., 1999. Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation. Thèse Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 233 pp.
- Unwin T., 2012. Terroir: at the heart of Geography, in Dougherty, P. (ed.) The Geography of Wine: Regions, Terroir and Techniques, Amsterdam: Springer, 37-48.
- Vaudour E., 2003. Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation, protection. Ed. Dunod, Paris, 293 pp
- White R. E., 2009. Understanding Vineyard Soils. Oxford University Press.
- Yiğini, Y., Ekinci, H., 2023. Bozcaada Toprakları-II (Toprak Özellikleri, Haritalama ve Sınıflandırma) ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.)11 (2): 428-442.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

“ÇOMÜ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ” YAYIN İLKELERİ VE YAZIM KURALLARI

Yayın İlkeleri

“ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi” (ÇOMÜ Ziraat Fak. Derg.), tarım alanında yapılmış ulusal ve uluslararası özgün araştırma makalelerinin yanı sıra bilimsel, teknolojik yenilik ve yöntemleri sunan derleme niteliğindeki çalışmaları yayımlar.

Dergi yılda iki defa çıkartılır. “Yayın Kurulu’nun” kararı doğrultusunda bu sayı değiştirilebilir. Makaleler öncelikle “Yayın Kurulu Başkanı” tarafından ön incelemeye tabi tutulur. “Yayın Kurulu”, dergide yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri ret etme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınan makaleler, incelenmek üzere biri dergi “Danışma Kurulu” üyesi olmak üzere, 2 hakeme gönderilir. Makalelerin yayına kabulü, hakem görüşleri doğrultusunda “Yayın Kurulu” tarafından karara bağlanır. Makalelerin dergideki yayın sırası, makalelerin dergiye geliş ve kabul tarihi dikkate alınarak “Yayın Kurulu” tarafından saptanır.

Dergide yayınlanacak makaleler “Türkçe” veya “İngilizce” yazılabilir, aynı dergide, bir yazarın ilk isim olarak en fazla 2 adet makalesi yayınlanabilir, yayınlanan makalelere telif ücreti ödenmez. Bütün makaleler dergi yazım kurallarına göre yazılmalıdır. Yazım kurallarına uygun olmayan makaleler, düzeltilmek üzere sorumlu yazara iade edilir. Sorumlu yazarın posta ve e-posta adresi makalenin ilk sayfası sonunda belirtilmelidir. Sorumlu yazar tarafından gönderilen makalenin ne tür bir çalışma olduğu açıklanmalıdır.

Sorumlu yazar, 2 nüsha makale çıktısı ile birlikte, çalışmalarının başka yerde yayınlanmadığını ve başka dergiye yayınlanmak üzere gönderilmediğini belirten imzalı bir belge sunmalıdır. Ayrıca yazarlar, yayın haklarını “ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi’ne” verdiklerine dair “Telif Hakları Formu’nu” imzalamalıdır. Yayınlanmak üzere dergiye gönderilecek makaleler ve makalede yer alan bütün şekil, resim ve çizelgeler derginin e-posta adresine (ziraatdergi@comu.edu.tr) gönderilmelidir.

Makaleler; ‘Lisans Bitirme Tezi’, ‘Yüksek Lisans Tezi’, ‘Doktora Tezi’ veya projeden üretilmiş ise makalede dip not olarak belirtilmelidir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

Yazım Kuralları

Makaleler 8 sayfayı geçmeyecek ve sayfa kenarlıkları her yönden 2,5 cm olacak şekilde hazırlanmalıdır. Bununla birlikte yazarlar tarafından özellikle belirtildiğinde, “Yayın Kurulu’nun” izin vermesi durumunda sayfa sayısı artırılabilir. Paragraflar ise 1,25 cm içeriden başlamalıdır.

Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen bir makale şu ana başlıklardan oluşmalıdır;

- Başlık,
- Yazar(lar) adı, soyadı,
- Özet ve Anahtar kelimeler,
- İngilizce başlık ve Anahtar kelimeler,
- Giriş,
- Materyal ve Yöntem,
- Bulgular ve Tartışma (ayrı ayrı da sunulabilir),
- Sonuç ve Öneriler,
- Kaynaklar.

Başlık: Koyu renkte ‘Times New Roman’ 14 punto ve başlıktaki her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde tek satır aralığı ile sayfaya ortalı olarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir.

Yazar Adları: ‘Times New Roman’ 11 punto, koyu, tek satır aralığında, yazarların açık adları unvan belirtilmeden, ad ve soyadların ilk harf büyük olacak şekilde, sayfaya ortalı olarak yazılmalıdır. Soyadların bittiği en son karakter üzerine üssel olarak rakam ile yazar adresine ve e-posta adresine atıfta bulunulmalıdır. Yazar adresleri ve sorumlu yazarın e-posta adresi yazar adlarının hemen altına dipnot olarak ‘Times New Roman’ 9 punto ve sola yaslanmış olarak yazılmalıdır.

Özet ve Anahtar Kelimeler: Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 200 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce özet başlığı 'Times New Roman' 12 punto ve tek satır aralığında ortalı olarak yazılmalıdır. Türkçe ve İngilizce özet, 'Times New Roman' 10 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı şekilde hazırlanmalıdır. Türkçe yayınlarda geniş bir İngilizce, İngilizce yayınlarda ise geniş bir Türkçe özete yer verilmelidir. Özetlerden hemen sonra özetle aynı dilde ilk harfleri büyük olmak üzere küçük harflerle 6 kelimeyi geçmeyecek şekilde anahtar kelime sola dayalı olarak yazılmalıdır.

Giriş: Daha önce yapılmış temel araştırmalar ile çalışmanın önem, amaç ve konusunu belirten bir kompozisyon içermelidir. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmanın ileriki dönemlerde tekrarına imkân verecek düzeyde bilgi ve kaynak içerecek şekilde yazılmalı, makalede kullanılmış olan bütün yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmalıdır. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Bu bölüm istenirse Bulgular ve Tartışma olarak iki kısımda da incelenebilir. Elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge ve şekillerle desteklenerek açıklanmalıdır. Çizelgeler mümkün olduğunca istatistikî olarak ifade edilmelidir. Bulgular tartışılmalı, bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıkça tartışılmalıdır. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Sonuç ve Öneriler: Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı önerilerle birlikte vurgulanmalıdır. Çalışma sonuçları net bir şekilde ifade edilmelidir. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Teşekkür: Gerekli ise mümkün olduğunca kısa olmalıdır. 'Times New Roman', 9 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Kaynaklar: Kaynaklar makale sonunda, yazarların soyadları esas alınarak alfabetik olarak ve orijinal dilinde 1,25 cm asılı olacak şekilde verilmelidir. 'Times New Roman', 10 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Kaynakların Veriliş Şekilleri

Makaleler

Kendirli, B., 2001. Harran ovası sulama birliklerinde antepfıstığının sulama planlaması. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 7: 114–120.

Wang, T.L., Domoney, C.L., Hedley, R., Grusak, M.A., 2003. Can we improve the nutritional quality of legume seeds. *Plant Physiol.* 131 (2): 886–891.

Dardeniz, A., Gökbayrak, Z., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Beşer, K., 2008. Cane quality determination of 5BB and 140Ru grape rootstocks. *Europ. J. Hort. Sci.* 73 (6): 254–258.

Kitaplar

Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., 1998. Genel Bağcılık. Sunfidan AŞ Mesleki Kitaplar Serisi: 1. 253 s. Ankara.

Kongre ve Sempozyumlar

Sabır, A., Özdemir, G., Bilir, H., Tangolar, S., 2005. Asma fidanı üretiminde iki farklı kaynaştırma ortamı ile bazı anaçların aşı başarısı ve fidan randımanına etkileri. Türkiye 6. Bağcılık Sempozyumu. *Bildiriler Cilt: 2.* 440–445. 19–23 Eylül, Tekirdağ.

Tezler

Önder, M., 2012. Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde yıllık dal kalitesi ile kış gözü verimliliği arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 63 s.

İnternet

Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan makaleler hariç), kaynaklar bölümüne internet sitesinin ismi ve alım tarihi eksiksiz olarak yazılmalı, Türkçe olanlar "Anonim", İngilizce olanlar "Anonim" olarak isimlendirilmelidir.

Kaynakların Metin İçerisinde Veriliş Şekli

Tek yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse;

..... maddesi bitkilerde ölüme neden olmaktadır (Jansen, 2003).

Jansen (2003) tarafından, olarak bildirilmiştir.

İki yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen ve Danny, 2003).

Jansen ve Danny (2003)'ye göre,..... olarak bildirilmiştir.

Üç veya daha fazla yazar söz konusu ise;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen ve ark., 2003).

Jansen ve ark. (2003)'na göre,..... olarak bildirilmiştir.

Metin içerisinde birden fazla kaynak gösterilecekse tarih sırasına göre verilmelidir;

..... olarak bildirilmiştir (Cochran, 1961; Landen, 2002).

Aynı yazarın aynı yılda birden fazla yayını metin içinde kaynak gösterilirse a ve b olarak ayrılmalıdır;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen, 2003a; Jansen, 2003b).

Yazılan kaynak bir başka kaynaktan alınmış ise asıl kaynak cümle başına, alınan kaynak ise cümle sonuna yazılmalıdır.

Bakar (1952) tarafından bildirilmiştir (Gelir, 2003).

Şekil ve Çizelgeler

Çizelge dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafikler “Şekil” olarak verilmelidir. Şekiller net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalı, resimler TIFF veya JPEG formatında olmalıdır. Her çizelge ve şekil, metin içinde atıf yapıldıktan sonra verilmelidir.

Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1. ve Şekil 1.). Şekil ve çizelgeler yazım alanı dahilinde olmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde; şekil başlıkları ise şeklin altında, iki yana yaslı olmalı, çizelge ve şekil başlıkları ‘Times New Roman’, 10 punto olmalı koyu yazılmamalıdır. Çizelge ve şekillerdeki yazılar en fazla 8 puntoya kadar küçültülmelidir. Çizelge de açıklanmak istenen alt bilgiler 9 punto olarak verilmelidir.

Birimler ve Kısaltmalar

Kısaltma ve semboller metin içerisinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Kısaltmalar makalenin başlığında ve alt başlıklarında kullanılmamalıdır.

Formüller

Formüller sırasına göre numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak gösterilmelidir.

“COMU JOURNAL OF AGRICULTURE FACULTY” PUBLICATION ETHICS AND AUTHOR INSTRUCTIONS

Publication Ethics

“COMU Journal of Agriculture Faculty” publishes national and international original research articles in all areas of Agriculture as well as the scientific, technological modernity and the compilation method of works.

This journal is published twice in a year but this number can be changed in accordance with the decision of the “Editorial Board” of journal. Firstly, articles shall be subjected to prior review by the “Editor-in-Chief”. The “Editorial Board” is entitled to reject the article(s) not intended to be published in the journal. Articles have been taken into consideration are sent to the two potential reviewers of "Advisory Board" of the journal for peer-review. Acceptance of the articles for publication in accordance with the opinions of the reviewers is decided by the "Editorial Board". The publication order, received and accepted dates of article(s) taking into account are determined by the "Editorial Board" of journal.

Manuscript should be written in Turkish or English language. It must be clear and concise. A maximum of two articles with the same first name of an author will be published in the same journal. Copyright fees will not be paid to the published articles. All articles must be written according to the instructions of journal. Manuscripts that are not according to the writing rules and instructions of journal shall be returned to the corresponding author for revision. The postal and e-mail addresses of the corresponding author should be indicated at the end of the first page of the article. The nature of work of sending article should be explained by the corresponding author.

Corresponding author must submit two photo copies of article along with a signed certificate indicates that the work has not been published elsewhere and not sent for publication in another journal. The authors must also sign the "Copyright Form" which indicates that the “COMU Journal of Agriculture Faculty” has reserved all rights to publish their article(s). Manuscripts along with all the figures, photographs and tables must be sent through the email address of the journal for publication. If the article(s) are taken from the undergraduate, master, PhD theses or any project should be specified by a footnote at the end of article before the references. It is assumed that author(s) agree with the contents and form of the manuscript, and also responsible for the validity and originality of data contained therein.

Author Instructions

Articles should not exceed 8 pages and page margin should be prepared as 2.5 cm on each side. However, the number of pages can be increased in case of especially specified by the author(s) with the permission of 'Editorial Board' of journal. Paragraphs should be started with a space of 1.25 cm.

An article must consist of the following main headings submitted for publication in the journal;

- Title,
- Author (s) Information,
- Abstract,
- Keywords,
- Introduction,
- Materials and Methods,
- Results and Discussion (may also be submitted separately),
- Conclusions,
- Acknowledgments (if any),
- References,

Title: The first page should contain the full title in sentence case not exceeding 15 words. The first letter of each word in the title should be capitalized. The title must be written using ‘Times New Roman’ 14 font size, bold, single-spaced and center-justified on the page.

Author (s) Information: The full names of the authors (without specifying designation) should be written using ‘Times New Roman’, 11 font size, bold, single-spaced and center-justified on the page, and the first letter of author (s) first and last names should be capitalized. The mailing and email

addresses of the author (s) must be cited exponentially with the number on the end of the last character of the last names. Authors' addresses and the email address of the corresponding author should be written just below the names of author (s) as a footnote using 'Times New Roman', 9 font size and left-justified.

Abstract: Each of Turkish and English abstracts should not exceed 200 words. English abstract title should be written using 'Times New Roman', 12 font sizes and single-spaced as center-justified. Turkish and English abstracts should be prepared using 'Times New Roman', 10 font size and single-spaced as justified type. Article in Turkish should be included to a comprehensive abstract in English as to the article in English with a comprehensive abstract in Turkish.

Keywords: The first letters of each keyword should be capitalized following small letters written in the same language of abstract as left-justified. Keywords should not exceed 6 words.

Introduction: This section should provide information on importance of the problem and clear objective of the study. It must highlight background of the problem in the light of recent literature, hypothesis to be tested and objectives. All subsections and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

Materials and methods: All procedures, analytical methods, experimental design and preliminary materials should be to the point and explicit. This part should also contain sufficient detail so that all procedures can be repeated. It can be divided into subsections if several methods are described, and all subsections and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

Results and Discussion: This section may each be divided by subheadings or may be combined. The results from the experiment including their statistical detail should be presented graphically or in table form. In this section, results obtained should be recorded in text form and table data should not be repeated. Detailed discussion with relevant references preferably most recent citation should be included. Discussion should be logical and reflecting the originality of the contribution and findings discussed in the light of most recent literature. All subheadings and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

Conclusions: This section should be brief and clearly explain the essence of the work highlighting its importance and relevance. It should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

Acknowledgments: If necessary, it should be as short as possible. All acknowledgments should be written using 'Times New Roman', 9 font size and single-spaced as justified type.

References: References should be provided at the end of the article alphabetically based on the authors' last names in its original language with a space of 1.25 cm. All references should be written using 'Times New Roman', 10 font size and single-spaced as justified type.

List of references should be arranged in the following style:

Journal articles

Tonguç, M., Erbaş, S., 2012. Evaluation of fatty acid compositions and seed characters of common wild plant species of Turkey. *Turk J Agric For* 36: 673–679.

Tuna, M., Vogel, K.P., Arumuganathan, K., Gill, K.S., 2001. DNA content and ploidy determination of bromegrass germplasm accessions by flow cytometry. *Crop Sci* 41: 1629–1634.

Dardeniz, A., Gökbayrak, Z., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Beşer, K., 2008. Cane quality determination of 5BB and 140Ru grape rootstocks. *Europ. J. Hort. Sci.* 73 (6): 254–258.

Books

Shredin, J., White, E.B., 2009. *Application of Probiotics in Poultry Production*. 1st ed. McNamara, New York, USA.

Dole, J.M., Wilkins, H.F., 2005. *Floriculture: Principles and Species*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Conference proceedings

Dobermann, A., 2007. Nutrient use efficiency–measurement and management. In: Krauss A, Isherwood K, Heffer P, editors. *Proceedings of the IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices*, 7–9 March 2007; Brussels, Belgium. Paris, France: International Fertilizer Industry Association, pp. 1–28.

Theses

Tefon, B.E., 2012. Towards whole cell immunoproteome and subproteomes of *Bordetella pertussis*. PhD, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Internet

If information is taken from any web page on internet (except articles taken from internet and published in journals), the complete address of web site and acquisition date must be written in reference section, and it should be named as “Anonim”.

Figure and Tables

All illustrations (photographs, drawings, graphs, etc.), not including tables, must be labelled “Figure.” Figures must be neat, clear and according to the offset printing technique while the photographs must be in TIFF or JPEG format. Each table and figure should be cited after referring to the text.

All tables and figures should be cited in a consecutive order throughout the paper (Table 1., Figure 1.). Figures and tables must be located within the writing portion. Table titles should be justified on its upper side as to the figure captions just below the figures. The font used in table and figure headings should be ‘Times New Roman’, 10 font size but not written bold. Tables and figures, including caption, title, column heads, and footnotes should be no smaller than 8 font size. The tables and figures themselves should be given at the end of the text only, after the references, not in the running text.

Symbols and Abbreviations

Abbreviations and symbols used in the text first time should be described. Abbreviations must not be used in the title and subheadings of the article.

Formulas

Formulas should be in consecutive order and the number of formula should be shown beside itself as right-justified.