

ISSN 1306-0007
e-ISSN 2651-4230

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Machinery Science



2020

CİLT
VOLUME

16

SAYI
NUMBER

3

Tarım Makinaları Derneği Yayınıdır
Published by Agricultural Machinery Association

YIL (YEAR) 2020

CİLT (VOLUME) 16

SAYI (ISSUE) 3

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına
(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Can ERTEKİN

Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Editör Kurulu (Editorial Board)

Sayı Editörü (Issue Editor)

İlknur ALİBAŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Editörler (Editors)

Türkan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

İlknur ALİBAŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Recep KÜLCÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Alan Editörleri (Field Editors)

Zeliha Bereket BARUT

Çukurova Üniversitesi, Adana

Heinz BERNHARDT

Technical University of Munich, Germany

Sorin-Stefan BIRIS

Politehnica University of Bucharest, Romania

H. Kürşat ÇELİK

Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Osman GÖKDOĞAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Shoojin JUN

Hawaii University, USA

Habip KOCABIYIK

18 Mart Üniversitesi, Çanakkale

Y. Benal ÖZTEKİN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Bernhard STREIT

Bern University of Applied Sciences, Switzerland

Shuichi YAMAMOTO

Yamaguchi University, Japan

Hüseyin YÜRDEM

Ege Üniversitesi, İzmir

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Ahmet SÜSLÜ

Dergi Hakkında (About Journal)

**Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.**

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Yayın Hakları (Copyright Policies)

**Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir
bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.**

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the
prior permission of the publisher.)

Tarandığı İndeksler (Indexing)



**ROOT
INDEXING**



**Google
Scholar**



**Academic
Journal
Index**

ESJI

**Eurasian
Scientific
Journal Index**



**ASOS
INDEX**



Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER)

Yazışma Adresi (Correspondence Address)

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
ertekin@akdeniz.edu.tr +90 505 257 90 80



Dernek Adresi (Association Address)

1462. Sok. No:33
Alsancak - İzmir / Türkiye
<https://www.tarmakder.org.tr>

İçindekiler (Contents)	Sayfa (Page)
Doğrudan Ekimde Farklı Sıkıştırma Basıncının Toprak Fiziksel Özellikleri ve Bitki Gelişimine Etkisi Effect of Different Compression Pressures Applied to Seed Bed in Direct Seeding for Main Crop Maize Orhan KARA, M. Emin BİLGİLİ	1-11
Determination of Biomass Potential From Field Products Waste in Tekirdağ Province Tekirdağ İlinde Tarla Ürünleri Atıklarından Kaynaklanan Biyokütle Potansiyelinin Belirlenmesi Bahar DİKEN, Birol KAYIŞOĞLU	12-17
Tohum Dezenfeksiyon Yöntemleri Seed Disinfection Methods Bahar ATMACA, Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK	18-25
Doğrudan Ekim Makinalarında Kullanılan Farklı T Tipi Çizi Açıcı Ayakların Ekim Başarısına Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma A Research on Determination of The Effect of Different T Type Furrow Openers on Seeding Uniformity of No-Tillage Planter Serkan ÖZDEMİR, Zeliha BERKET BARUT	26-34
Some Factors Affecting Flax Fiber Yield and Quality Keten Lifinde Verim ve Kaliteyi Etkileyen Faktörler Omsalma Alsadig Adam GADALLA, Yeşim BENAL ÖZTEKİN	35-38
Katmanlı İmalat Teknolojileri Konusunda Yapılan Uluslararası Bilimsel Yayınlar için Güncel Durum İncelemesi Review of Current Situation for International Scientific Publications on Additive Manufacturing Technologies H. Kürşat ÇELİK, Gökhan KUNT, İbrahim AKINCI	39-51
Düzeltilme Erratum	52

Doğrudan Ekimde Farklı Sıkıştırma Basıncının Toprak Fiziksel Özellikleri ve Bitki Gelişimine Etkisi

Effect of Different Compression Pressures Applied to Seed Bed in Direct Seeding for Main Crop Maize

Orhan Kara¹ , M. Emin Bilgili^{2,*} 

¹ Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu, Tarsus, Türkiye

² Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): M. E. Bilgili, e-mail (e-posta): eminbilgili@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 20 Ağustos 2020
Düzeltilme tarihi : 02 Aralık 2020
Kabul tarihi : 02 Aralık 2020

Anahtar Kelimeler:

Tohum yatağı
Doğrudan ekim
Sıkıştırma basıncı
Ana ürün mısır
Çukurova

ÖZET

Sürdürülebilir tarım için doğal kaynakların ve çevrenin korunması ve buna bağlı olarak koruyucu toprak işleme ve ekim sistemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Doğrudan ekim koruyucu toprak işleme uygulamalarından biri olup düşük yakıt tüketimi nedeniyle üreticiler açısından gerekliliği her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, sırta ekim yapılmış II. Ürün soyunun hasadından sonra toprak işleme yapmadan anızlı sırtlara pnömatik ekim makinasıyla ana ürün mısır ekimi yapılmıştır. Ekimde anız yoğunluğu ve doğrudan (toprak işlenmesiz) ekimden kaynaklanan ekim sorunlarının (tohum-toprak temasının sağlanamaması) ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Bunun için ekim makinası üzerinde doğrudan ekime yönelik sap parçalayıcı ve gömücü ayak düzenlemesi yapılmıştır. Ayrıca çimlenme oranını yükseltecek, toprak-tohum teması sağlayacak olan baskı tekerleklerinin uygulayacağı basınç yükü belirlenmiştir. Uygun sıkıştırma basıncını bulmak için baskı tekerine 6 farklı (0,150,300, 450,600,750 N) yük uygulanmıştır. Bu faktörler; toprak nemi, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve bitki gelişimine ait parametreler (tarla filiz çıkışı, verim) kullanılarak karşılaştırılmıştır. En yüksek penetrasyon direnci 0-10 cm derinlikte P₅ basınç yükünde (1.93 MPa), en düşük penetrasyon direnci ise P₀ basınç yükünde (1.46 MPa) belirlenmiştir. 10-20 cm ve 20-30 cm derinliğindeki penetrasyon dirençleri ise 1.60-2.13 MPa, 2.4-2.56 MPa arasında değişmiştir. Hacim ağırlığı 0-10 cm ile 10-20 cm derinliğinde sırasıyla 1.35-1.47 grcm⁻³ 1.44-1.55 grcm⁻³ arasında değişmiştir. En yüksek yakıt tüketimi P₅ basınç yükünde (1.10 Lda⁻¹), en düşük yakıt tüketimi ise P₀ basınç yükünden (0.78 Lda⁻¹) tespit edilmiştir. Tarla filiz çıkış derecesi %61.63 (P₀) ile %80.64 (P₅) arasında, dane verimi ise 712.45 kgda⁻¹ (P₀) ile 1087.90 kgda⁻¹ (P₅) arasında değişim göstermiştir.

Article Info

Received date : 20 August 2020
Revised date : 02 December 2020
Accepted date : 02 December 2020

Keywords:

Seed bed
Direct seeding
Compression pressure
Main crop maize
Çukurova

ABSTRACT

The development of sustainable agriculture and conservation tillage/seeding systems is essential for preservation of natural resources, decontamination of environment deterioration and pollution. Direct seeding is one of the conservation tillage systems. Therefore, its necessity for farmers because of low fuel consumption is gradually increasing. In this study, Main crop corn planted by pneumatic precision planter on ridge in stubble after harvesting of soybean sown on ridge. The sowing problems (no contact between seed and soil) that result from stubble density and direct seeding was aimed to be solved. For this, sweep row cleaner, soil and residue cutting component and furrow opener was arranged on a planter. In addition, the pressure load to be applied by the press wheels, which will increase the germination rate and provide soil-seed contact was found. Six different down forces (0,150,300,450,600,750 N) was applied to find suitable firming force on the press wheel. This methods was compared in terms of soil moisture, bulk density, penetration resistance and plant growth parameters (emergence, emergence rate index, mean emergence dates, maturation date numbers and yield). The highest penetration resistance at 0-10 cm depth was determined as P₅ compressive load (1.93 MPa) and the lowest penetration resistance at P₀ compressive load (1.46 MPa). Penetration resistance at 10-20 and 20-30 cm depth varied between 1.60-2.13 MPa and 2.4-2.56 MPa. The highest fuel consumption was determined as P₅ compressive load (1.10 Lda⁻¹) and the lowest fuel consumption at P₀ compressive load (0.78 Lda⁻¹). The percentage of emerged seedling was varied from (P₀) 61.63% to (P₅) 80.64%, while grain yield was varied between (P₀) 712.45 kgda⁻¹ and (P₅) 1087.90 kgda⁻¹. Different pressure load applications have been positive result in terms of some parameters in direct (no-tillage) corn cultivation.

1. GİRİŞ

Çukurova'da geleneksel yöntemlerle üretimi yapılan tarla bitkilerinden mısır ve soya bitkileri için üretim maliyetlerini düşürmek ve tarla trafiğini azaltarak üretim yapmak, koruyucu toprak işleme uygulamalarından biri olan doğrudan ekim yöntemleri ile ilgili çalışmaları önemli kılmaktadır. Doğrudan ekim yöntemi, koruyucu toprak işleme uygulamalarından biri olup düşük yakıt tüketimi, tarla trafiğini azaltılması ve toprak verimliliğini artırması nedeniyle üreticiler arasında kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Tarımsal üretimin artırılmasında; toprak ve su kaynaklarının korunması, sulama, gübreleme, bitki koruma ve kaliteli tohum kullanmanın yanında tarımsal mekanizasyonun da payı oldukça büyüktür. Üretimde kullanılan tarımsal teknolojilerinin etkinliğini arttırmak, ekonomikliğini sağlamak ve uygun çalışma koşullarını oluşturmak için tarımsal mekanizasyon uygulamaları zorunludur.

Tarımsal üretimde yüksek verimliliğin ilk koşulu iyi bir çimlenme ve çıkış sağlamaktır. Bu nedenle ekim işleminde her tohumun, çimlenmesi ve gelişme koşullarına uygun olarak toprağa bırakılması, toprakla üzerinin kapatılması ve uygun basınçta tohum toprak temasının yapılması gerekmektedir. Erbach (1987), yaptığı çalışmada; buğday üretiminde, ekim sonrası düz merdane ile toprağın sıkıştırılması sonucu toprağın hacim ağırlığının 1.24 gcm^{-3} den 1.46 gcm^{-3} 'e çıktığını ve buna bağlı olarak çimlenmede önemli bir artış olduğunu belirlemiştir. Ayrıca yağışın yetersiz olduğu bölgelerde topraktaki sıkışmanın küçük taneli ürünlerin verimde %19'luk bir artış sağlandığını tespit etmiştir. Kayışoğlu (1993), ayçiçeği ekiminde kullanılan baskı tekerlerinin 0.42 kgcm^{-2} basınç uygulayacak şekilde yapılan tarla denemesinde, çizi tabanında uygulanan basınçta % 92.5'lik çimlenme yüzdesi, yüzeyde uygulanan basınçta ise %59'luk çimlenme yüzdesi elde edilmiştir. Bamer ve ark.(1977), şekerpancarı ile yapılan deneylerde tohum civarında yüksek basınç uygulayan baskı tekerleklerinin çimlenmeyi arttırdığı belirlemiştir.

Mısır yetiştiriciliğinde yüksek girdi maliyetleri, aşırı toprak işleme sonucunda toprak yapısında bozulma ve toprak sıkışıklığı, tohum toprak teması, tarla yüzeyinde kalan anızın getirdiği problem, tohum yatağındaki nem kaybı ve zaman yetersizliği gibi nedenler bu alanda yapılacak çalışmaları önemli hale getirmiştir. Toprak sıkışıklığının yol açtığı ürün kaybı, işin içine diğer çevresel sorunlar girdiğinde daha da artar. Sıkışmayı gidermek için herhangi bir önlem alınmadığında verim, ortalama olarak %10-20 oranında azalabilmektedir (Anonim, 1994). Toprak sıkışması nedeniyle sıkışma derecesine bağlı olarak şeker pancarında %25, kışık arpada %45, kışık buğdayda %34 ve patatesten %17'ye varan verim azalmaları rapor edilmiştir (Bal, 1985). Aşırı sıkışmış topraklardaki bitkilerin kök gelişimleri sadece topraktaki çatlak yüzeyler ve strüktür birimlerinin ayırım yüzeyleri boyunca gerçekleşecektir.

Shouse (1990), azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim, genellikle yakıt, iş gücü, ve makina giderlerinin azalmasını sağlar. Potansiyel ürün miktarı, ürün hasat etkinliği ve toprak yapısına bağlıdır. Ekonomik girdiler ve geliştirilmiş toprak korumanın toprak üzerindeki birçok yararı nedeniyle toprak işlemez sistem (doğrudan ekim) bir eğilim vardır.

Bu çalışmada, ekim makinası gömücü ve parçalayıcı ayaklar ile baskı tekerleği ve kapatıcılar ünitesinde anızlı tarlaya doğrudan ekim yapabilecek modifiyeyi sağlayarak; mısır, soya yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda toprak işleme yapmadan doğrudan anıza ekimini yaparak üretim girdilerini (toprak işleme, yakıt tüketimi ve çalışma süresi) azaltma olanakları araştırılmıştır. Çalışmada, mevcut pnömatik ekim makinalarında yapılacak değişiklikler ile doğrudan ekim yöntemlerinin uygulanabilirliği açısından projelendirilmiştir. Bu bağlamda, yakıt tüketimi, tarla trafiğinin azaltılması ve toprak verimliliğinin artırılması noktasında ön plana çıkan bu çalışma; üreticiler, sektör ve yayımcı kuruluşlarının kullanımına sunulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma Yerinin Toprak ve İklim Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı alanı temsil edecek şekilde 30 cm derinliğine kadar bozulmuş toprak örnekleri alınarak bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1.Çalışma yeri topraklarının kimyasal özellikleri (0-30 cm)

Derinlik (cm)	Saturasyon (%)	Toplam Tuz (%)	pH	Kireç (%)	Organik Madde	Bitkiye Yararlı	
						P ₂ O ₅ (kgda ⁻¹)	K ₂ O (kgda ⁻¹)
0 - 30	60	0.018	7.9	14.45	1.36	1.09	145.90

Çizelge 2. Çalışma yeri topraklarının fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikleri	Toprak Derinliği (0-30) (cm)	
	% Kum	15.86
Bünye analizi	% Silt	38.71
	% Kil	45.42
Bünye sınıfı	Killi tınlı	

Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonuna ait iklim verilerine göre (Çizelge 3.) yörenin yıllık yağış ortalaması 602.9 mm'dir. En çok yağış alan aylar Kasım, Aralık ve Ocak, en az yağış alan aylar ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır (TTSKAE, 2015).

Çizelge 3. Çalışmanın yapıldığı Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonuna ait iklim değerleri (1950-2014).

Meteorolojik Elemanlar		Aylar												Yıllık	
Parametreler		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ort.	
Sıcaklık °C	Hava	Ortalama	20.2	14.7	10.3	8.9	9.8	12.6	16.8	20.9	24.5	26.8	27.1	24.4	18,1
		Max. Ekstrem	38.0	33.5	26.0	28.4	26.1	30.8	36.8	40.3	40.1	40.0	43.0	41.0	43,0
		Min. Ekstrem	2.0	-2.7	-5.0	-8.5	-5.7	-5.4	0.8	4.0	12.0	14.0	13.7	8.0	-8,5
		Toprak Üstü Min. Ekst.	-0.5	-6.0	-8.1	-10.0	-10.8	-10.0	-4.5	0.3	8.3	11.5	9.8	4.4	-10,8
	Toprak	5 cm'de Ortalama	22.0	15.2	10.2	10.4	10.3	13.8	19.1	24.0	28.8	32.0	32.0	28.2	20,5
		10 cm'de Ortalama	22.2	15.5	10.7	10.6	10.4	13.8	18.8	23.6	27.9	30.9	31.2	27.9	20,3
		20 cm'de Ortalama	22.3	16.1	11.4	10.9	10.5	13.5	18.1	22.6	26.6	29.8	30.1	27.4	20,0
	Yağış (mm)		34,9	79,9	137,6	113,1	79,1	58,7	39,4	30,3	11,2	3,7	2,2	12,0	602,0
	Yağışlı Gün Sayısı (gün)		4,9	6,6	10,3	10,6	9,6	8,3	7,2	5,8	1,8	0,8	1,5	1,8	69,2
	Buharlaşma (mm)		118,2	68,9	41,7	44,6	55,4	89,0	119,8	167,9	199,9	217,0	197,4	162,5	1482,2
Ortalama Nisbi Nem (%)		63,6	64,6	71,6	70,8	71,0	70,1	71,6	71,0	71,8	75,4	75,2	68,7	70,5	

2.1.2. Kullanılan Materyallerin Özellikleri

Tohumluk ve Gübre

Ana ürün mısır çeşidi olarak; Çukurova'ya uygun PR31P41 pioneer çeşidi kullanılmıştır. Makinalı hasada uygun ve yüksek verimli bu çeşit bölgede ana ürün olarak yaygın ekilmektedir. Ana ürün için 16-18 kg da⁻¹ N, 7-9 kg da⁻¹ P₂O₅ kullanılmış, fosforun tamamı azotun yarısı ekimle birlikte taban gübresi olarak verilmiş ve azotun kalan kısmı ilk sulamadan önce bitkilerin sıra aralarına üst gübre olarak uygulanmıştır (Anonim, 2006).

Bakım ve Sulama

Ana ürün mısır için gerekli görüldüğü durumlarda hastalık ve zararlılara karşı zirai mücadele, yabancı ot mücadelesi, çapalama ve boğaz doldurma yapılmıştır. Sulamalar salma sulama şeklinde düzenli olarak 6 kez sulama yapılmıştır.

Kullanılan alet ve Makineler ve Teknik Özellikleri

Tohum yatağı hazırlığında goble disk, diskaro, tapan, kültivatör vs. kullanılmıştır.

Çizelge 5. Traktöre ait bazı teknik özellikler

Özellik	Değer
MF-65 (M. Ferguson)	
Motor Gücü (BG)	68
Net Ağırlık (kg)	3 396
Yakıt deposu hacmi (l)	80

Yükler ve sıkıştırma basıncının belirlenmesi

Çiziye uygulanacak baskı kuvvetinin saptanması amacıyla ekim derinliği 8 cm ayarlanmış ve traktöre bağlanmış pnömatik ekim makinasının baskı tekeri ve yükleri, üst tarafı toprak yüzeyi ile aynı düzlemde bulunan bir terazi üzerine konularak tartılmıştır (Kayışoğlu, 1993).

Sap parçalayıcı, gömücü ayaklar ve baskı tekerleri

Anızın parçalanması ve toprağın kısmen kabartılması için gömücü ayağın önünde sap parçalayıcı dalgalı disk kullanılmıştır. Sap parçalayıcı diskin çapı 450 mm olup, ayağın çalışma derinliği yay baskısıyla ayarlanabilir özellikte yapılmıştır. Tohumun toprağa gömülmesinde pnömatik ekim makinasına monte edilen çapı 300 mm çift diskli gömücü ayaklar kullanılmıştır. Ayrıca tohum ile toprağın temas etmesini sağlayacak 100 mm genişliğinde, 300 mm çapında baskı tekeri monte edilmiştir (Şekil 1).

Penetrometre, Toprak numune Silindirleri, Kuru Fırın (Etüv) ve diğer materyaller

Toprağa batma direncini belirlemek için toprak penetrometresi” kullanılmıştır. Penetrometre ölçüm sınırı 5 000 kPa’dır. Toprak hacim ağırlığını belirlemek için alınan toprak örneklerinin kurutulmasında 0-300 °C sıcaklığında kurutma yapabilen kuru fırın “etüv” kullanılmıştır. Sıkıştırma uygulamalarından önce ve sonra toprağın kuru birim hacim ağırlığını belirlemek amacıyla 100 cm³ “toprak numune silindirleri” kullanılmıştır. Örneklerin alınması ve değerlendirmelerin yapılmasında kullanılmış olan polietilen torbalar, etiketler, şerit metre, brandalar, tartım aletleri ve seyyar nemölçer çalışmanın diğer materyallerini oluşturmuştur.

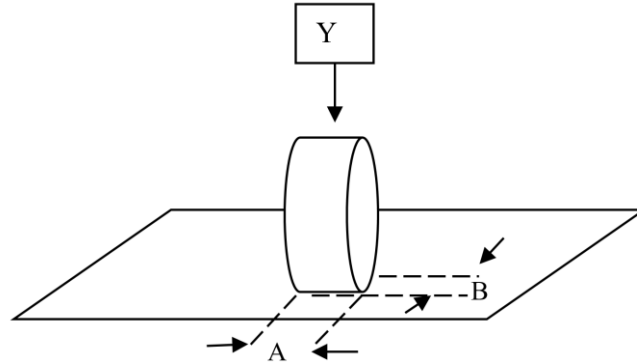
2.2. Yöntem

Çalışmada; sırta ekimi yapılmış II. ürün soya hasadından sonra soya, anızlı sırtlara pnömatik ekim makinasının baskı tekerleği üzerine konulan yükler yardımıyla toprak-tohum temasına farklı sıkıştırma basınçları uygulanarak mısır ekimi yapılmıştır. Projede, toprak- tohum temasının sağlanmasında 6 farklı basınç yükü (P) denemeye alınmıştır. Bu basınç yükleri P₀, P₁, P₂, P₃, P₄ ve P₅ sıkıştırma basınçları olarak tanımlanmış ve değerleri Ncm⁻² olarak tespit edilmiştir. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Ana ürün mısır ekimi, bir önceki yıl II. ürün soya hasadı yapılmış olan soya anızlı sırtları bozmadan; tekrar bu sırtlara, baskı tekerleği üzerine konulan ağırlıklarla, 6 farklı sıkıştırma basıncı oluşturacak şekilde pnömatik ekim makinasıyla doğrudan ana ürün mısır ekimi yapılmıştır. Çalışmada ele alınan baskı tekerleği yüklerinin, yakıt tüketimi, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, tarla filiz çıkış derecesi (%), dane verimi (kgda⁻¹) değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için, seçilen deneme desenine uygun olarak varyans analiziyle test edilmiş ve çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

Baskı Tekerleği Yükleri

Sıkıştırma basınçları (P), çiziye uygulanacak baskı kuvvetinin saptanması amacıyla pnömatik ekim makinası ekim derinliğine ayarlanmış ve traktöre bağlanan makinanın baskı tekeri üzerine konan 6 farklı yük, üst tarafı toprak yüzeyi ile aynı düzlemde bulunan bir terazi üzerine konarak tartılmıştır (Kayışoğlu, 1993). Tartım sonucunda, baskı tekerleği ile birlikte yükler, Y₀:0, Y₁:150, Y₂:300, Y₃:450, Y₄: 600, Y₅: 750 N olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Baskı tekerleğinin toprak üzerine uyguladığı basınç

$$P = Y / (A * B) \quad (1)$$

Burada;

P : Birim alana uygulanacak basınç, (Ncm⁻²),

Y : Baskı tekerleği + baskı tekerleği üzerine konan yük ağırlığı, (N),

A : Baskı tekerleğinin toprak üzerinde bıraktığı iz genişliği, (cm),

B : Baskı tekerleğinin toprak üzerinde bıraktığı izin uzunluğu, (cm).

Pnömatik ekim makinasının her bir baskı tekerinin Şekil 1.’de gösterildiği gibi basınç uygulanan yüzey alanı yaklaşık ortalama 210 cm²dir. Buna göre 6 farklı baskı yükünün birim yüzeye karşılık gelen değerleri;

P₀: 0 Ncm⁻² basınç yükü uygulanarak sırtlara ekim,

P₁: 6.66 Ncm⁻² basınç yükü uygulanarak sırtlara ekim,

P₂: 7.38 Ncm⁻² basınç yükü uygulanarak sırtlara ekim,

P₃: 8.10 Ncm⁻² basınç yükü uygulanarak sırtlara ekim,

P₄: 8.81 Ncm⁻² basınç yükü uygulanarak sırtlara ekim,

P₅: 9.52 Ncm⁻² basınç yükü uygulanarak sırtlara ekim.

Deneme alanı

Ekimde 2.80 m x 50 m = 140 m², Hasatta 1.40 m x 5 m = 7 m² alanda yapılmıştır.

2.2.1. Ölçüm ve Analiz Metotları

Toprak fiziksel özelliklerine ait analiz ve değerlendirme

Toprak hacim ağırlığı, 'silindir yöntemi' ile toprak hacim ağırlığı belirlenmiştir. Toprak işleme veya ekim öncesi ve sonrası 0-20 cm derinliğine kadar 10 ve 20 cm katmanlardan 100 cm³lük hacmindeki kaplar yardımıyla örnekler alınmıştır. Toprak hacim ağırlığı aşağıdaki Eşitlik 2. yardımıyla hesaplanmıştır (Kirişçi ve ark., 1995; Barut ve ark., 2002).

$$Pb = Ms / Vs \quad (2)$$

Burada;

- Pb : Kuru hacimsel kütle (g cm⁻³),
 Ms : Etüvden çıkan net toprak kütlesi (g),
 Vs : Örnek silindir hacmi (100 cm³).

Toprağın penetrasyon direncini belirlemek amacıyla (Eijkelkamp marka) konik toprak penetrometresi kullanılmıştır. Penetrografın ölçüm sınırı 5000 kpa'dır Toprak penetrasyon direnci, toprak işleme veya ekim öncesi 0-40 cm derinlikte ölçülmüştür (Ayers ve ark. 1982; Bal 1985; Bailey ve ark., 1986; Perumperal 1987; Say ve ark., 1996; Okursoy, 1992; Uras ve Okursoy, 2006; Bilgili ve ark., 2018).

Bitki analiz ve gelişiminin değerlendirilmesi

Tarla filiz çıkış derecesi (%), söz konusu değerleri saptamak amacıyla her parselde 1 m uzunluğunda tesadüfi seçilen sıra çimlenme duruncaya kadar gözlemlenmiş ve toprak yüzeyine çıkan filizler günlük olarak sayılmış ve Eşitlik 3. ile hesaplamalar yapılmıştır (Erbach, 1982, Barut ve Çağırğan 2006).

$$TF\check{C}C = \left(\frac{\text{Çimlenen Tohum Sayısı}}{\text{Ekilen Tohum Sayısı}} \right) * 100 \quad (3)$$

Burada;

$TF\check{C}C$: Tarla Filiz Çıkış Derecesi (%)'dir.

Mısır verimi, farklı sıkıştırma basınçları uygulamalarının verim üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla 5 m mesafedeki mısır bitkileri 4 tekrarlı olarak toplanmıştır. 5 m mesafe ve sıra aralığı 70 cm'deki bitkiler hasat edilmiştir. Toplanan örneklerin toplam parsel ağırlığı, tane ağırlığı, sömek ağırlıkları ve nem içerikleri ölçülmüştür. Verim, %15 nem içeriğine göre aşağıdaki Eşitlik 4-7. ile hesaplanmıştır (Cerit, 2001, Yalçın, 1998).

$$\%TKO = \left(TPA - \frac{SA}{TPA} \right) * 100 \quad (4)$$

$$K = \left(\frac{100}{85} \right) * \left(\frac{\%TKO}{100} \right) \quad (\%15 neme göre hesaplanmıştır) \quad (5)$$

$$DA = \left[TPA * \left(100 - \frac{\%Nem}{100} \right) * K \right] / 1000 \quad (6)$$

$$V = \left(\frac{1000}{3,5} \right) * DA \quad (7)$$

Burada;

- $\%TKO$: % Tane Koçan Oranı (%),
 TPA : Tüm Parsel Ağırlığı (kg 3.5 m⁻²),
 SA : Sömek Ağırlığı (kg 3.5 m⁻²),
 DA : Düzeltmiş Ağırlık (kg 3.5 m⁻²),
 $\%Nem$: Ürünün Nem İçeriği (%),
 K : Katsayı,
 V : Verim (kg ha⁻¹).

Yakıt tüketiminin ölçülmesi

Yakıt tüketimi ölçümleri, parsel başında traktör yakıt deposunun tam olarak doldurulması ve parsel sonunda, traktör motorunun durdurularak eksilen miktarın eklenmesi yöntemiyle yapılmıştır. Eksilen miktarın eklenmesi sırasında, yakıt deposu giriş boğazı üzerinde seçilen referans bölüme kadar hassas ölçüm kaplarıyla yakıt doldurulmuştur. Çalışmada yakıt tüketimi, mülga Köy Hizmetleri Tarımsal Mekanizasyon Grubu tarafından ülke çapında yürütülen 862 nolu "Tarım alet makinalarının işletme değerlerinin saptanması" araştırma projesi ile elde edilen verilerin değerlendirilmesine göre belirlenmiştir (Anonim, 1996; Bilgili ve ark., 2017).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

Toprak hacim ağırlığı (gcm^{-3})

0-10 cm toprak derinliğindeki hacim ağırlığına basınç yükü uygulamaları etki etmiş, bu etkiler; çalışmada istatistiki olarak ($P<0,01$) önemli bulunmuştur. 10-20 cm toprak derinliğindeki hacim ağırlığına basınç yükü uygulamaları etki etmiş, bu etkiler; çalışmada istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. 0-10 cm toprak derinliğindeki en yüksek hacim ağırlığı değeri $1.47 gcm^{-3}$ P_5 basınç yükü uygulamasında, en düşük hacim ağırlığı ise $1.34 gcm^{-3}$ ile P_1 basınç yükü uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Basınç yükü uygulamalarının hacim ağırlığı üzerine etkisi

Baskı Yükleri varyans analiz P değeri	0-10 cm Toprak katmanı	10-20 cm Toprak katmanı
	0.0009**	0.0699 öd
Baskı Yükleri	Hacim ağırlığı (gcm^{-3})	
P_0 (0 Ncm^{-2})	1.350 b	1.440
P_1 (6.66 Ncm^{-2})	1.340 b	1.507
P_2 (7.38 Ncm^{-2})	1.450 a	1.504
P_3 (8.10 Ncm^{-2})	1.460 a	1.510
P_4 (8.81 Ncm^{-2})	1.466 a	1.533
P_5 (9.52 Ncm^{-2})	1.470 a	1.553
LSD (0.05)	0.059	-

$P<0.01$ **, $P<0.05$ *, $P>0.05$ öd

Ana ürün mısır ekiminde basınç yükü uygulamalarının 10-20 cm toprak katmanındaki hacim ağırlığı değerlerine etkileri istatistiki olarak toprak hacim ağırlığına etkisi önemsiz bulunsa da toprak hacim ağırlığı değerleri ortalamalarına bakıldığında en yüksek hacim ağırlığı değeri $1.53 gcm^{-3}$ ile P_5 uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 7).

Toprak penetrasyon direnci (MPa)

Yapılan varyans analizinde 0-10 cm derinliğindeki penetrasyon direnci ile basınç yükü uygulamaları arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 8). Bir önceki yıldan kalan soya anızlı sırtlara ana ürün mısır ekiminde basınç yükü uygulamalarının 30-40 cm derinlikte etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Basınç yükü uygulama ortalamalarına en yüksek penetrasyon direnci P_5 uygulamasında elde edilmiştir.

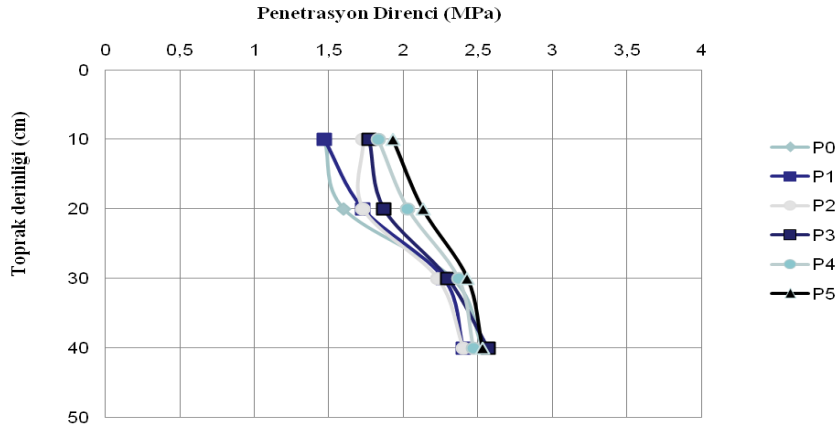
Çizelge 8. Basınç yükü uygulamalarının farklı derinliklerdeki penetrasyon direnci üzerine etkisi

Baskı Yükleri varyans analiz P değeri	0-10 cm	10-20 cm	30-40 cm
	Toprak katmanı	Toprak katmanı	Toprak katmanı
Baskı Yükleri	0.0001**	0.0042**	0.3382 öd
	Toprak penetrasyon direnci (MPa)		
P_0 (0 Ncm^{-2})	1.46 c	1.60 d	2.53
P_1 (6.66 Ncm^{-2})	1.46 c	1.73 cd	2.40
P_2 (7.38 Ncm^{-2})	1.73 b	1.73 cd	2.40
P_3 (8.10 Ncm^{-2})	1.76 b	1.86 bc	2.56
P_4 (8.81 Ncm^{-2})	1.83 ab	2.03 ab	2.46
P_5 (9.52 Ncm^{-2})	1.93 a	2.13 a	2.53
LSD (0.05)	0.14	0.24	-

$P<0.01$ **, $P<0.05$ *, $P>0.05$ öd

Yapılan analizler neticesinde 10-20 cm toprak katmanında toprak penetrasyon direnci ile basınç yükü uygulamaları arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 8). Bir önceki yıldan kalan soya anızlı sırtlara ana ürün mısır ekiminde basınç yükü uygulamalarının 10-20 cm toprak katmanında toprak penetrasyon direncine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş, en yüksek penetrasyon değeri P₅ basınç yükü uygulamalarında elde edilmiştir.

Basınç yükü uygulamalarının 30-40 cm toprak katmanındaki penetrasyon direncine etkisi istatistiki olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni uygulanan basınç yüklerinin 30-40 cm toprak katmanına kadar kuvvet etkisinin düşük veya etki göstermediğinden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Basınç yükü uygulamalarının penetrasyon direncine etkileri

Bir önceki yıldan kalan soya anızlı sırtlara doğrudan ana ürün mısır ekiminde tüm basınç yükü uygulamalarında toprak derinliği arttıkça buna paralel olarak penetrasyon direnci değerleri de Şekil 2'de görüldüğü gibi artmıştır. Basınç yükü uygulamaları kendi arasında karşılaştırıldığında, en düşük penetrasyon direnci değerleri P₁ basınç yükü uygulamasında elde edilirken en yüksek değerler ise P₅ basınç yükü uygulamasında elde edilmiştir.

Yakıt tüketimi (L da⁻¹)

Çalışmada, yapılan ölçümlerde basınç yükü uygulamalarının basınç yükü değerlerindeki artma; yakıt tüketiminde de artışa sebep olmuştur. En yüksek yakıt tüketimi 1.10 Lda⁻¹ ile P₅ basınç yükü uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Basınç yükü uygulamalarının yakıt tüketimi üzerine etkisi

Basınç Yüklerinin varyans Analiz P değeri	Basınç Yükleri	P0	P1	P2	P3	P4	P5	LSD (0.05)
0.0001**	Yakıt Tüketimi (L da ⁻¹)	0.78 d	0.83 c	0.96 b	0.98 b	1.08 a	1.10 a	0.046

*P<0,01**; P<0,05*; P>0,05 öd*

Çalışma süresince; en yüksek basınç yükü değeri ile en düşük basınç yükü değerine sahip uygulamalar arasındaki yakıt tüketim fark yüzdesi; yaklaşık olarak dekara %29, basınç yükü uygulamalarında basınç yükü miktarındaki artışlar yakıt tüketimini arttırmıştır.

Tarla filiz çıkış derecesi (TFÇD) (%)

Varyans analizlerine göre çalışma süresince yapılan ekimlerde tarla filiz çıkış derecesi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 10'da görüldüğü gibi basınç yükü değerlerinin artmasıyla tarla filiz çıkış derecesi de artmıştır. Tohum-toprak teması, basınç yükü değerinin artmasıyla tarla filiz çıkış derecesini arttırmıştır. En yüksek tarla filiz çıkış derecesi P₅ basınç yükü uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Basınç yükü uygulamasının Tarla Filiz Çıkış Derecesi üzerine etkisi

Basınç Yüklerinin varyans Analiz P değeri	Basınç Yükleri	P0	P1	P2	P3	P4	P5	LSD (0.05)
0.0001**	TFÇD (%)	61.63 d	62.75 d	66.63 c	76.09 b	78.43 ab	80.64 a	3.15

*P<0,01**; P<0,05*; P>0,05 öd*

Verim (kgda⁻¹)

Çizelge 11'de görüldüğü gibi, varyans analiz sonuçlarına göre çalışma süresince basınç yükü uygulamalarının verim üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ana ürün mısırdaki en yüksek verim 1087.90 kgda⁻¹ ile P₅ basınç yükünde saptanır iken, en düşük verimi ise 712.45 kgda⁻¹ ile P₀ basınç yükü uygulamasında elde edilmiştir.

Çizelge 11. Basınç yükü uygulamalarının verim üzerine etkisi

Basınç Yüklerinin varyans Analiz P değeri	Basınç Yükleri	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	LSD (0,05)
0.0001**	Verim (kg da ⁻¹)	712.45 d	725.55 d	875.28 c	962.32 b	1027.88 a	1087.90 a	60.46

P<0,01**, P<0,05*, P>0,05 öd

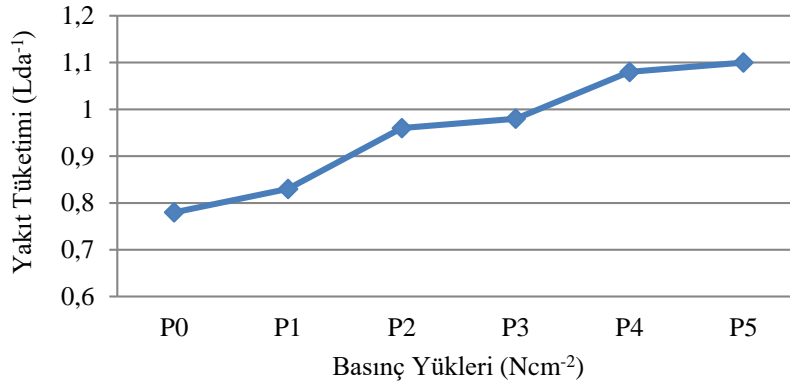
Çalışma süresince; en yüksek değerdeki basınç yükünün sahip olduğu uygulama ile en düşük basınç yükünün sahip olduğu uygulama arasındaki dekara verim fark yüzdesi; yaklaşık %35 olarak belirlenmiştir. Denemedeki basınç yükü değeri artışları verimi de arttırmıştır.

3.2. Tartışma

Anızlı sırtlara ana ürün mısır ekiminde basınç yükü uygulamalarının 0-10 cm toprak katmanında hacim ağırlığına etkileri en düşük 1.34 grcm⁻³ ile P₁ basınç yükü uygulamasında ve en yüksek 1.47 grcm⁻³ P₅ basınç yükü uygulamasında saptanmıştır. Toprakta 10-20 cm derinlikte hacim ağırlığı değerleri P₀ basınç yükü uygulamasında elde edilen 1.44 grcm⁻³ ile P₅ basınç yükü uygulamasında elde edilen 1.55 grcm⁻³ değerleri arasında değişim göstermiştir.

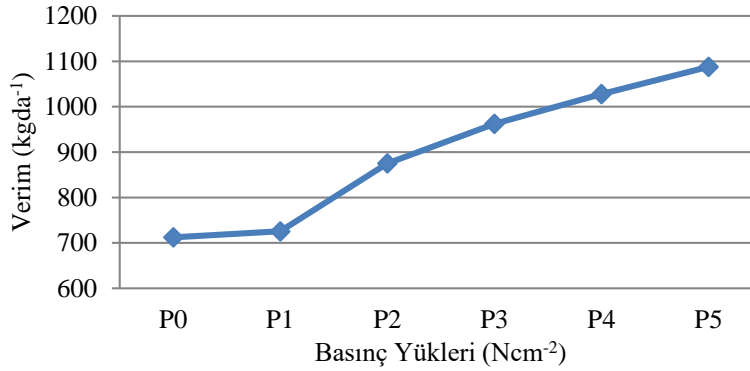
Toprak penetrasyon direnci yapılan çalışmanın süresince uygulama basınç yüklerinin ve toprak derinliğinin artmasıyla artmış buna bağlı olarak aralarında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Bununla birlikte 0-10 cm toprak katmanında en yüksek toprak penetrasyon direnci değerleri; 1.93 MPa ile P₅ basınç yükü uygulamasında, en düşük ise 1.46 MPa ile P₁ basınç yükü uygulamasında elde edilmiştir. 10-20 cm toprak katmanında penetrasyon direnci değerleri çalışma süresinin tamamı dikkate alındığında basınç yükü uygulama değerlerinin artmasıyla artma göstermiştir. 10-20 cm toprak katmanında en yüksek penetrasyon direnci değeri 2.13 MPa ile P₅ basınç yükü uygulamasında elde edilmiştir. 30- 40 cm toprak katmanında toprak penetrasyon direnci değerleri basınç yükü uygulamalarına bağlı olarak istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Bu katmanda en düşük 2.40 MPa, P₁ ve P₂ basınç yükünde en çok ise 2.56 MPa, P₃ basınç yükünde elde edilmiştir.

Yakıt tüketimi yönünden çalışma ele alındığında basınç yükü uygulamalarının yakıt tüketimi ile arasında doğrusal yönde bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek yakıt tüketimi 1.10 Lda⁻¹ ile P₅ basınç yükü uygulamasında saptanmıştır. En düşük yakıt tüketimi ise; 0.78 Lda⁻¹ ile P₀ basınç yükü uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 3.).



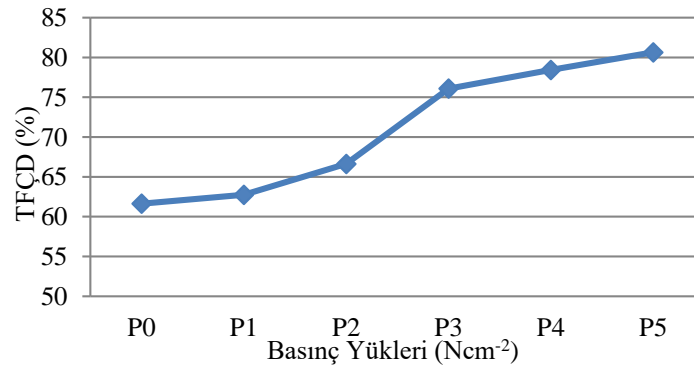
Şekil 3. Basınç yükü uygulamalarının yakıt tüketimine etkileri

Ana ürün mısır ekiminde 1087.9 kgda^{-1} verim P_5 yükü uygulamasında alınmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Basınç yükü uygulamalarının verim üzerine etkisi

Ana ürün mısır üretiminde; basınç yükü uygulamalarının TFÇD (%) etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Basınç yüklerinin artmasıyla TFÇD'de artma gözlenmiştir. Ana ürün mısırdaki %80.64 ile P_5 yükünde en yüksek TFÇD elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Basınç yükü uygulamalarının TFÇD (%) üzerine etkisi

Çalışmada, elde edilen sonuçların pratiğe aktarılmasında en önemli adım; doğrudan anızlı sırta ekim için gerekli olan ekim makinasının çiftçi makina parkında var olması, dalgalı diskin montesi ve baskı tekerleğinin yükler yardımıyla sırtlara basınç yükünün kolaylıkla uygulanması kolaylıkla uygulanabilme imkânlarını arttırmaktadır. Ürün rotasyonuna göre doğrudan ekim ve iki yıl bozulmadan kalan daimi sırtlar toprak işleme girdilerini azaltması yönünden de avantajlı olmuştur. Çalışmada karşılaşılan en büyük sorun ise bölgenin de sorunu olan hastalık ve zararlılar ile mücadele ve yabancı ot kontrolü olmuştur.

Önceki çalışmalar incelendiğinde bu çalışmayı birçok yönüyle bezer sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Özellikle tohum toprak teması, baskı tekerinin önemi, uygun olmayan tarım alet ve makinaları, çevresel faktörlerin dışında ürün kaybına neden olan unsurlar söylenebilir.

Tohum toprak temasında, toprağın sıkışma derecesinin tohumun optimum çimlenmesi ve gelişmesi ile ilgili bir araştırmada (Larson, 1963), toprak rutubeti yeterli olduğu durumda toprak yüzeyine 35 grcm^{-2} 'nin üzerinde yapılan basıncın faydalı olmadığını bazı zamanlar zararlı olduğunu bulmuşlardır. Şeker pancarı, mısır ve fasulye üzerinde yapılan çalışmalarda tohum seviyesinde (4-8 cm) yapılan $30-700 \text{ grcm}^{-2}$ 'lik basınç, bu bitkilerin çimlenme ve gelişmesinde toprak yüzeyine yapılan basınca oranla daha etkili olmuştur. Tohum seviyesinde yapılan basınç daha iyi toprak-tohum teması ve dolayısıyla toprak suyunun tohuma daha iyi geçişini, temin etmiştir. Bu amaçla tohum toprakla örtülmeden önce tohum üzerinden geçen küçük baskı tekerlekleri kullanılmaktadır (Karakaplan, 1973). Tohumun toprak ile temasını sağlayan baskı tekerleği kuru toprak koşullarında çıkışın artmasına neden olur iken, nemli ve yapışkan topraklarda toprağı ve buna bağlı olarak ta tohumu toplama riskinden dolayı kullanılışlı değildir (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999; ASAE, 2006).

Uygun olmayan tarım makinalarının kullanılması sonucu oluşan aşırı yük etkisi altında darbelenme, kesilme, basılma, yuvarlanma ve sarsıntılara maruz kalma şeklinde sıralanan etkiler nedeniyle, toprağın özellikle üst tabakalarındaki fiziksel ve biyolojik özelliklerinin çoğu bozulacaktır. Sıkışan topraklarda artan kütle yoğunluğuna paralel olarak topraktaki makro gözenekler hacim olarak azalmaya başlayacaktır. Gözenek sürekliliği bozulan toprakta yetiştirilen bitkiler kök gelişimleri için zorlanmaya başlayacaklardır (Aykas ve ark 2010). Yapılan bir araştırmada; 10 bar sıkıştırma basıncında pamuk köklerinin ancak %35'inin sıkışmış katmanı geçtiği, 25 bar'da ise köklerin penetrasyon yeteneğinin tamamen durduğu görülmüştür (Önal, 1981). Mikro gözeneklere girmekte zorlanan kılcal kökler de kendi çaplarında farklı bir basınç uygulayarak toprak zerrelere yer değiştirmesine neden olacaklardır.

4. SONUÇ

Ana ürün mısır üretiminde yürütülen çalışmada, toprak tohum temasının daha iyi sağladığı P₅, basınç yükü uygulamalarında TFÇD (%) ile dane verimlerini arttıran sonuçlar bulunmuştur. Basınç yükü uygulamalarının artması yakıt tüketimini artan yönde olumsuz etkilemiş ve en yüksek yakıt tüketimi 1.10 Lda⁻¹ ile P₅ uygulamasında elde edilmiştir. Basınç yükü uygulamalarının artması toprak hacim ağırlığı ile toprak penetrasyon direncini belli bir toprak katmanına kadar artan yönde etkilemiştir. Çalışmada, 0-10 cm ve 10-20 cm'de en yüksek toprak hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci değerleri P₅ basınç yükü uygulamalarında belirlenmiştir.

Sonuç olarak; pnömatik ekim makinasında kullanılan "sap parçalayıcı dalgali diskin" ve "baskı tekerleğinin üzerine konulan yükler" yardımıyla oluşturulan farklı basınç yükü uygulamalarının soya anızlı sırta doğrudan ana ürün mısır ekiminde yarattığı avantaj, yakıt tüketiminin düşük olması, toprak tohum temasının iyi sağlanarak tarla filiz çıkış derecesi (%) ile ürünlerin dane verimlerdeki artış bu çalışmada öne çıkan ve dikkat çeken sonuçlardır. Çalışma süresinin tamamında elde edilen parametrelerin değerlendirilmesi ve yapılan istatistiksel analizler göz önünde bulundurulduğunda ürün dane verimi ve tarla filiz çıkış derecesi yönünden en iyi sonucu vermiş olan; sap parçalayıcı dalgali disk monte edilerek, baskı tekerleği üzerine konulan yük yardımıyla P₅ (9.52 Ncm⁻²) sıkıştırma basınç yükünde tohum-toprak temasının sağlandığı ekim makinasının kullanılması önerisinde bulunulabilir.

TEŞEKKÜR

TAGEM/BB/090210C8 nolu projeden dolayı TAGEM'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1996. Türkiye Tarım Alet ve Makinaları İşletme Değerleri Rehberi. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü A.P.K: Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü yayın No: 92 Ankara.
- Anonim, 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1994. Conservation Tillage Systems and Management. Midwest Plan Service, Agricultural and Biosystems Engineering Department, Iowa State University, Ames, IA.
- ASAE, 2006. ASAE Standard S477. Terminology for Soil-Engaging Components for Conservation-Tillage Planters, Drills, and Seeders. In ASAE Standards 2006, 364-369. St.Joseph, MI: ASABE.
- Ayers, P. D., ve Perumperal, J.V., 1982. Moisture and Density Effect on Cone Index. Transactions of the ASAE, 25(5), S: 1169-1172
- Aykas, E., Çakır, E., Yalçın, H., Okur, B., Nemli, Y., ve Çelik, A. 2010. Koruyucu Toprak İşleme, Doğrudan Ekim ve Türkiye'deki Uygulamaları. Zir. Müh. VII Tek. Kong., 11-15.
- Bailey, A.C., Johnson, C. E., ve Schafer, R.L., 1986. A Model of Agricultural Soil Compaction, Journal of Agricultural Engineering Research, 33, S: 257-262.
- Baner, R., Kepner, R.A., Barger, E.L., 1977. Tarım Makinaları Esasları. İ.T.Ü Yayınları: 116 (Çev: Özemir, Y., Kurtay, T.,) Gümüşsuyu-İstanbul.
- Erbach, D.C, 1987. Soil Compaction And Crop Growth. Agric. Machinery Coffe. 872012. Iowa
- Bal, H., 1985. Toprak Sıkışması Sorunları ve Çözüm Yolları, Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi, 20-22 Mayıs 1985, Adana, S:131-138
- Barut, Z. B., D. Akbolat And M. Tekin, 2002. Evaluation of Tillage Systems for Sustainable Agriculture in Second Crop Maize. Proc. 8th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, V. I, 118-123, İzmir, Türkiye.
- Barut, Z.B., ve Çağırğan, İ. M., 2006. The Effect of Seed Coating on Accuracy of Single Seed Sowing of Sesame Under Field Conditions. Australian Journal of Experimental Agric., 46(1), 71-76.
- Bilgili, M. E., Aybek A. ve Vurarak, Y. 2018. "Çukurova Koşullarında Sıra Üzeri Ekimlerde Tarla Trafiğinden Kaynaklı Penetrasyon Etkisi". 3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2018) Çukurova University, Adana/TURKEY
- Bilgili, M. E., Vurarak Y., Aybek, A., Kara O., ve Akça, H. 2017. Agricultural Mechanization and Energy Use Situation of Wheat-Second Crop Maize Agriculture in Cukurova Region, Abstract Proceeding Book Of ICAFOF 2017 Conference, Kapadokya, Nevşehir Turkey.
- Cerit, İ., 2001. İkinci Ürün Yetiştiriciliğinde Buğday Anızının Yakılmasına Alternatif Olabilecek Bazı Torak İşleme Yöntemlerinin Mısır Bitkisinde Tane Verimi ve Tarımsal Özelliklere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi Adana TÜRKİYE.
- Dinç, U, Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., ve Derici, M. R., 1990. Çukurova Bölgesi Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yardımcı Ders Kitabı No: 26 Adana, 1715
- Erbach, D. C., 1982. Tillage For Continous Corn And Soybean rotation, Transaction of The ASAE, Vol (25/4), USA
- Kara, O., Bilgili, M. E., Bereket Barut, Z., Çetin, M., Tülün Y. 2015. Çukurova Yöresinde Anızlı Sırta Mısır-Soyanın Farklı Sıkıştırma Yüklerinde Doğrudan Ekim Olanaklarının Araştırılması. TAGEM/BB/090210C8 nolu proje Sonuç raporu.
- Karakaplan, S. 1973. Minimum Toprak İşleme Metodu ve Bunun Toprak ve Su Muhafazası Bakımından Önemi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(3).

- Kayıoğlu, B., 1993. Ayçiçeği Ekiminde Tohum Yatağına Baskı Tekerlekleri Tarafından Farklı Noktalardan Uygulanan Basıncın Tohumun Çimlenmesi ve Gelişimine Etkilerinin Saptanması Üzerine bir Araştırma. *Trakya Üni. Zir. Fak. Dergisi* 2(2), 101-108. Tekirdağ.
- Kirişçi, V., Say, S. M., Işık, A., ve Akıncı, İ., 1995. Tarım Makinalarıyla Çalışmada etkili Toprak Özellikleri. *Tarımsal Mek. 16. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı*. s. 490-501 Bursa.
- Konak, M., Çarman, K., 1996. Hububat Ekimi İçin Baskılı Ekim Makinası Tasarımı. *6. Uluslar Arası Tarımsal Mekanizasyon Ve Enerji Kongresi*. S.353-360. Ankara.
- Larson, W. E., 1963. "Important soil parameters for evaluating tillage practices in the United States". *Neth. J. Agric. Sci*: 11: 100-109.
- Morrison, J.E. ve R.R. Allen, 1987. Planter and drill requirements for soils with surface residues. *Southern Region No-till Conference Proceedings*, p:44-58, College Station, Texas, USA.
- Nazlıcan, A. N. 2009. Çiftçi Broşürü. Soya Yetiştiriciliği. Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. DATAEM. Adana.
- Okursoy, R., 1992. Toprak İşleme Aletlerinin Dizaynında Toprak Parametreleri. *Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi*, 14-16 Ekim 1992 Samsun, S:20-27.
- Önal, İ. 1981. Seyreltme yönünden değişik ekim metotlarının matematik-istatistik esasları ve ülkemiz koşullarında pamuk seyreltmesinin mekanizasyon olanakları üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 388, Bornova-İzmir.
- Perumperal, J.V. 1987. Cone Penetrometer Applications-A-Review. *Transactions of the ASAE*, 30(4), S: 939-944.
- Say, S.M., IŞIK, A., 1996. Penetrasyon Direncinin Toprak Koşulları ile Değişiminin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma, *6. Uluslar arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, 2-6 Ekim 1996, Ankara, S: 433-444.
- Shouse, S., 1990. Conservation Tillage No-Till Systems, Agricultural Engineering Department Of Agricultural And Biosystem Engineering, Iowa State University, Isu Extensionpub-Ae3052 ([Http://www.ae.iastate.edu/Tillage/Ae-3052.txt](http://www.ae.iastate.edu/Tillage/Ae-3052.txt)), 1990.
- TTSKAE, 2015. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu Meteorolojik verileri.
- Tuğay, E. 2007. Çiftçi Broşürü. Soya Tarımı. Ege Tarımsal Arş. Enst. Müdürlüğü. No: 139.
- TUIK, 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. www.tuik.gov.tr
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Uras, A. ve Okursoy, R. 2006. Tarım Topraklarının Sıkışma Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongresi*, 6-8 Eylül 2006, Çanakkale.
- Yalçın, H., 1998. Silajlık İkinci Ürün Mısır Üretiminde Uygun Toprak İşleme Yöntemlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi İzmir TÜRKİYE.

Determination of Biomass Potential From Field Products Waste in Tekirdağ Province

Tekirdağ İlinde Tarla Ürünleri Atıklarından Kaynaklanan Biyokütle Potansiyelinin Belirlenmesi

Bahar Diken^{1,*} , Birol Kayışoğlu¹ 

¹ Tekirdağ Namık Kemal University, Agricultural Faculty, Biosystem Engineering Department, Tekirdağ, Turkey
* Corresponding author (Sorumlu Yazar): B. Diken, e-mail (e-posta): bahar233423@hotmail.com

Article Info

Received date : 10 August 2020
Revised date : 02 December 2020
Accepted date : 02 December 2020

Keywords:

Tekirdağ
Biomass
Solid Wastes
Renewable Energy

ABSTRACT

In this study, the existing potential and amount of energy of biomass energy, which is a renewable energy originating from the harvest of field crops grown in Tekirdağ province, was investigated. While determining the current energy potential of the biomass, calculations were made by evaluating the production amount, heat value and waste product ratio of each product separately. For this purpose, data in the amount of production of field crops grown in Tekirdağ were obtained Turkey Statistical Institute (TUIK). Agricultural biomass; field wastes (wheat, barley, rye, sunflower, corn, paddy, oats and triticale) were evaluated. According to the data obtained, the three districts producing the most agricultural production in Tekirdağ districts were Hayrabolu, Malkara and Süleymanpaşa, respectively. As a result of agricultural production in Tekirdağ province in 2019, 735, 74 ktons of usable agricultural waste were exposed. The theoretical total energy value of these wastes is 3 049,88 GWh.

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 10 Ağustos 2020
Düzeltilme tarihi : 02 Aralık 2020
Kabul tarihi : 02 Aralık 2020

Anahtar Kelimeler:

Tekirdağ
Biyokütle
Katı Atıklar
Yenilenebilir Enerji

ÖZET

Bu çalışmada, Tekirdağ ilinde yetiştirilen tarla bitkileri hasat artıklarından kaynaklanan ve yenilenebilir enerji olan biyokütle enerjisinin, mevcut potansiyeli ve enerji miktarı incelenmiştir. Biyokütlenin mevcut enerji potansiyeli belirlenirken, her bir ürüne ait üretim miktarı, ısıl değer miktarı ve atık ürün oranı ayrı ayrı değerlendirilerek hesaplamalar yapılmıştır. Bu amaçla, Tekirdağ ilinde yetiştirilen tarla bitkilerinin üretim miktarı ilişkin veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 'ndan elde edilmiştir. Tarımsal kökenli biyokütle; tarla atıkları (buğday, arpa, çavdar, ayçiçeği, mısır, çeltik, yulaf ve tritikale) değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre, Tekirdağ ilçelerinde en fazla tarımsal üretimi yapan 3 ilçe sırasıyla Hayrabolu, Malkara ve Süleymanpaşa olmuştur. Tekirdağ ilinde 2019 yılında yapılan tarımsal üretim sonucunda 735, 74 kton kullanılabilir tarımsal atık açığa çıkmıştır. Bu atıkların teorik toplam enerji değeri 3 049,88 GWh düzeyindedir.

1. INTRODUCTION

Demand for energy is increasing rapidly with rapid population growth, technological developments and increasing production in the world. According to the statistics of 2016, the primary energy consumption in the world is around 13,147 million TEP. Approximately 86% of this consumption is covered by primary energy sources of fossil origin (coal, oil, natural gas). Countries that are foreign-dependent especially in energy spend a significant amount of foreign currency every year to meet this demand. Due to the fact that fossil fuels are non-renewable energy sources, increasing costs and the negative environmental conditions they create, developed and developing countries have turned to alternative energy sources and researches have intensified in this regard (Kayışoğlu and Diken, 2020).

Biomass, one of the renewable energy sources; It includes a wide range of organic wastes such as animal wastes, vegetable wastes, industrial wastes, forestry and city wastes. Biomass energy not only contributes to sustainable development, it also provides energy supply security and reduces greenhouse gas emissions. Besides, due to its always available feature and known conversion technologies, biomass is a candidate to be one of the important energy sources in the near future in order to ensure supply security and meet energy demand. The depletion of fossil resources and the rapid increase in world energy needs have put people in search of new energy resources (Ekpeni et al., 2014).

According to the biomass atlas prepared by the General Directorate of Renewable Energy, it is seen that a significant part of the energy potential is based on animal wastes and then vegetable wastes, urban wastes, and forest wastes respectively. According to the data of 2019; The annual total amount of these biomass resources produced is calculated as 292 170 712 tons and if all of this amount is used, the total annual energy equivalent that can be produced is 14 627 331 TEP (BEPA, 2019). Of this amount, approximately 170 thousand GWh of electrical energy based on biomass energy sources theoretically means can be produced in Turkey.

The important point in determining the real potential of vegetal wastes is the availability of access to these resources, which can be used for biomass production. For example, post-harvest product wastes are collected in piles, bales, stacked or spread. These are the most important factors affecting the ability of these products to be collected, transferred to energy production facilities and converted into energy fuels or various biomass forms. In rural areas, crop residues are not usually collected after harvesting and are widely left in the fields. These wastes are burned in the fields in many regions to prepare the soil for the next sowing season, and in areas where animal husbandry is carried out, these wastes are also used as animal feed and to meet some other needs such as warming (FAO, 2016).

Although there are large amounts of agricultural and vegetal residues in our country every year, these residues generally are assed using traditional methods. Therefore, not using it as a renewable energy source by using modern methods creates an extremely important loss for our country and in addition to this, environmental pollutants such as CO₂, NO_x, SO₂ increase. In this study, the current potential and energy amount of biomass energy, which is a renewable energy source resulting from the harvest residues released as a result of the production of field crops grown in Tekirdağ province, was investigated.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Geographical Position

Our city is Turkey's north-west, north of the Sea of Marmara, is located in the Thrace region, east of Istanbul, north of Kırklareli, Edirne, western, southern and is surrounded by the Sea of Marmara. Our province, which is located in a developed transportation network, has 3 important highways and is connected to Istanbul and neighboring European countries with a large foreign trade port and Istanbul-Europe railway line. Tekirdağ, which is located in the south of the Thrace Region, has a 2.5 km long coastline to 133 km from the Sea of Marmara (Figure 1) (URL-1, 2018).



Figure 1. Tekirdağ province map (URL-2,2020)

2.2. Agricultural Production In Tekirdağ

Tekirdağ province is a city for agricultural activity in 63% of the face measurement. It has an average of 580 mm annual precipitation and it is very suitable for animal and vegetable production of ecology URL-2 (2018). It has an important potential in agriculture. According to TUIK data for 2019 in Tekirdağ province, there is a total area planted in 3 912 215. Cereals and other herbal products comprise 3 758 867 decares of the cultivated areas of the province. The ratio of cereals and other crops to total cultivated agriculture is 96%. Fruit and spice production areas are at 121 460 decares and constitute only 3% of the agricultural lands (Figure 2) (TUIK, 2019). The distribution of the cultivated agricultural areas of Tekirdağ province by districts is shown in Table 1. The districts with the most agricultural land are Hayrabolu Malkara and Süleymanpaşa, respectively.

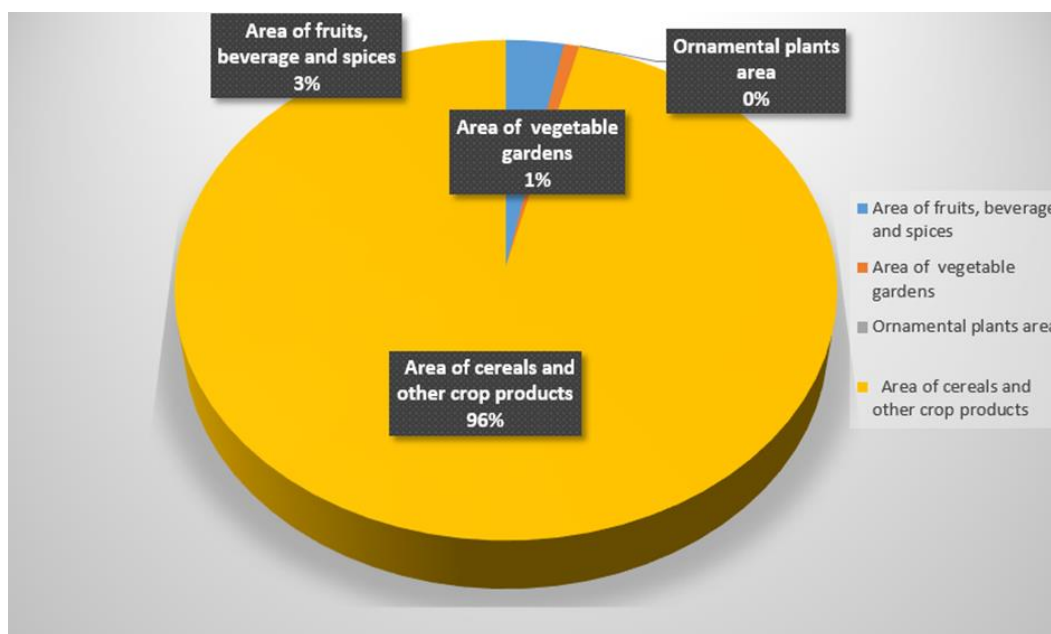


Figure 2. Cultivated area in Tekirdağ province (TUIK, 2019)

Table 1. Distribution of cultivated agricultural lands according to districts (da) (TUIK, 2019)

<i>Districts</i>	<i>Area of cereals and other crop products</i>	<i>Area of fruits, beverage and spices</i>	<i>Area of vegetable gardens</i>	<i>Fallow land</i>	<i>Ornamental plants area</i>	<i>Under cover</i>	<i>Total land</i>
<i>Süleymanpaşa</i>	678674	16583	16536	-	85	135	712013
<i>Çerkezköy</i>	48089	251	35	-	-	-	48375
<i>Çorlu</i>	291180	3641	1003	-	10	24	295858
<i>Şarköy</i>	78820	83646	1588	-	-	5	164059
<i>Saray</i>	314831	791	1059	-	-	4	316685
<i>Murath</i>	320015	1750	505	-	-	6	322276
<i>Marmaraereğlisi</i>	146230	1533	1485	-	-	-	149248
<i>Malkara</i>	737605	5742	7167	-	5,4	16,5	750535,9
<i>Kapaklı</i>	97793	369	159	-	-	3	98324
<i>Hayrabolu</i>	747008	4248	957	-	-	25	752238
<i>Ergene</i>	298622	2906	978	-	-	98	302604
<i>Cultivated area</i>	3 758 867	121 460	31 472	-	100,4	316,5	3 912 215,9

As it can be seen in Table 2, it is noteworthy that wheat production is quite high and sunflower and barley production is also high. Biomass can be used as a direct energy source, and it is also evaluated by obtaining products such as biogas, ethanol, synthesis gas, etc. by using chemical and thermochemical methods. Especially, the utilization of the wastes of the products and their use as an energy source are important in terms of both recycling these wastes and eliminating environmental problems.

Table 2. Distribution of agricultural products with waste potential according to districts in Tekirdağ (TUIK, 2019)

Districts	Field crops and production quantities in 2019 (ton/year)							
	Wheat	Barley	Rye	Sunflower	Maize	Paddy	Oats	Triticale
Süleymanpaşa	150382	9104	12	58989	112	-	241	76
Çerkezköy	10824	269	-	3755	-	-	256	392
Çorlu	58538	7945	-	21407	8	-	241	36
Şarköy	14254	2235	261	4855	27	-	275	45
Saray	74350	10428	-	32679	80	-	310	135
Murath	80787	4324	-	27387	29	-	25	7
Marmaraereğlisi	42285	5128	-	7149	25	-	13	-
Malkara	170372	17670	96	64394	43	1297	172	128
Kapaklı	22047	745	-	8616	-	-	-	88
Hayrabolu	161856	4487	-	81616	117	37147	539	495
Ergene	71325	2690	-	31452	10	-	129	60
Total	857 020	65 025	369	342 299	451	38 444	2 201	1 462

2.3. Calculation of Waste Amount and Biomass Energy Potential

The amount of field wastes was calculated by multiplying the product production amount and proportional coefficients determined as the rate of waste product. By multiplying the determined waste amount and the usability rate of the wastes for energy production, the potential that can be evaluated for energy production is determined (Karaca, 2018) (Table 3). The available potential of the agricultural residues and energy potential of residues are calculated by the following equations (Eq.1, 2):

$$AAR = AAP \times RPR \times A \quad (1)$$

Where;

- A* : the availability of residues (%)
AAP : the amount of agricultural product (ton)
RPR : residue-to product ratio

$$HV = AAR \times LHV \quad (2)$$

Where;

- AAR* : the available amount of agricultural residues of crop (ton)
LHV : Heating Value (MJ/kg)

Table 3. Field crops waste product rate usability values and lower heat values (Başçetinçelik et al.,2005) (Karaca,2018)

Crops	Residues	Residue rate	Availability (%)	LHV(MJ/kg)
Wheat	Straw	0,98	15	17,9
Barley	Straw	0,95	15	17,5
Rye	Straw	0,78	15	17,5
Sunflower	Stalks	2,80	60	14,2
Maize	Stalks	2,10	60	18,5
	Cob	0,30	60	18,4
Paddy	Straw	0,66	60	16,7
	Husks	0,27	80	13,0
Oats	Straw	0,75	15	17,4
Triticale	Straw	1,10	60	17,8

3. RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

The amount of biomass of vegetable origin and energy potential released as a result of agricultural production in Tekirdağ province are given in Table 4. Plant biomass of agricultural origin; wheat, barley, rye, sunflower, corn, oats, triticale and paddy were evaluated as field wastes. The amount of usable field wastes is 735, 74 ktons and the energy potential is 3049,88 GWh.

Table 4. Agricultural waste potential and energy values

Crops	Residues	Production (kton/year)	Residues (kton/year)	Available Residues (kton/year)	Total Energy Value (GWh)
Wheat	Straw	857,02	839,88	126,00	626,41
Barley	Straw	65,03	61,77	9,30	45,04
Rye	Straw	0,37	0,29	0,04	0,21
Sunflower	Stalks	342,30	958,44	575,10	2268,30
Maize	Stalks	0,45	0,95	0,57	2,92
	Cob	0,45	0,14	0,08	0,41
Paddy	Straw	38,44	25,37	15,20	70,62
	Husks	38,44	10,38	8,30	29,99
Oats	Straw	2,20	1,65	0,25	1,20
Triticale	Straw	1,46	1,61	0,96	4,77
Total			1 900,47	735,74	3 049,88

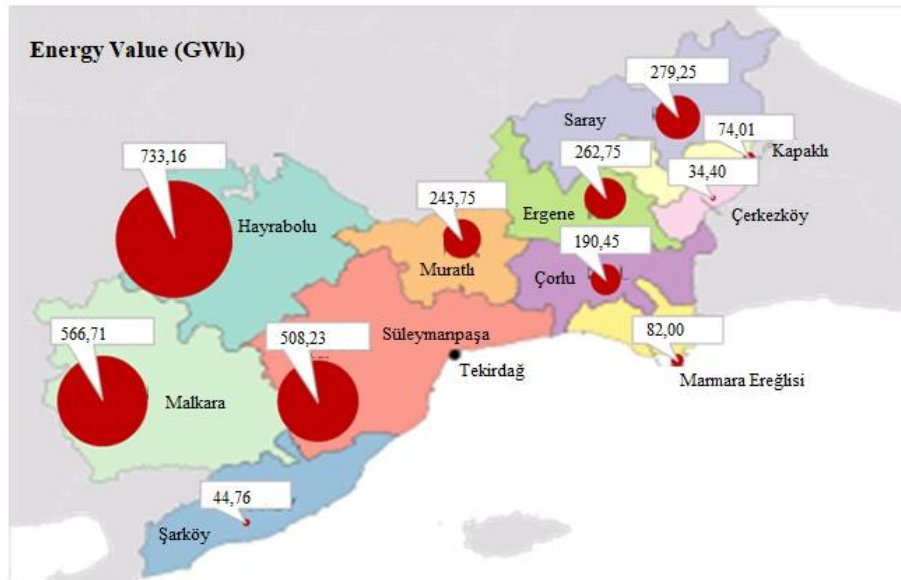


Figure 2. Energy value based on agricultural residues according to districts

This map showed that the potential of agricultural residues concentrated in the Hayrabolu, Malkara and Süleymanpaşa districts (Figure 2). In particular, it is observed that the type and distribution of residues in Hayrabolu district, the distribution of agricultural residues according to energy value is ranked as sunflower (74%), wheat (16%) and paddy (9%) respectively.

4. CONCLUSION

In this study, it is aimed to determine the distribution of agricultural residues in Tekirdağ districts. Especially the fact that our country is both foreign-dependent in terms of energy and inadequate use of biomass energy increases the importance of this study.

There is a total area planted in 3 912 215 decares. Cereals and other herbal products comprise 3 758 867 decares of the cultivated areas of the province. The ratio of cereals and other crops to total cultivated agriculture is 96%. Fruit and spice production areas are at 121 460 decares and constitute only 3% of the agricultural lands. The districts with the most agricultural land are Hayrabolu Malkara and Süleymanpaşa, respectively.

The distribution of annual biomass energy potential (GWh) from field wastes in 2019 according to districts, respectively; Hayrabolu>Malkara> Süleymanpaşa> Saray> Ergene> Muratlı> Çorlu and their energy values are 733,16 GWh > 566,71 GWh>508,23 GWh > 279,25 GWh > 262,75 GWh > 243,75 GWh>190,45 GWh determined as.

The amount of usable field wastes is 735, 74 ktons and the energy potential is 3049,88 GWh.

REFERENCES

- Başçetinçelik, A., Karaca, C., Öztürk, H.H., Kaçira, M. and Ekinci, K. 2005. Agricultural Biomass Potential in Turkey. Proceedings of the 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, p.195-199, Sep.27-29, İzmir Turkey.
- BEPA, 2019.Biyokütle Enerji Potansiyel Atlası , <https://bepa.enerji.gov.tr/>
- Ekpeni, L.E.N., Benyounis, K.Y., Ekpeni, FN., Stokes, J. and Olabi, A.G. 2014. Energy Diversity Through Renewable Energy Source (RES) a Case Study of Biomass. Energy Procedia, 61: 1740-1747.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. BEFS (Bioenergy and Food Security) Assessment For Turkey: Sustainable bioenergy options from crop and livestock residues. <https://www.greengrowthknowledge.org/>., Accessed date: 20.02.2020
- Karaca, C. 2018. The Biomass Energy Potential of Balıkesir Province from Agricultural Residues. Proceedings Book III of International Symposium of Bandırma and Its Surroundings, September 17-19, Bandırma, Turkey. pp 469-477.
- Kayışoğlu, B. and Diken, B. 2020. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kullanımının Mevcut Durumu ve Sorunları Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science), 15 (2), 61-65.
- TUIK (Turkish Statistical Institute) 2019. Crop Production Statistics: All districts of Tekirdağ province
- URL-1 "GTHB" Accessed date: 30.03.2020 https://tekirdag.tarimorman.gov.tr/Belgeler/TarimRaporlari/GTHB59_2018.pdf
- URL-2."Tekirdağ ili haritaları". Accessed date: 15.03.2020. http://cografyaharita.com/tekirdag_ili_haritalari.html

Tohum Dezenfeksiyon Yöntemleri

Seed Disinfection Methods

Bahar Atmaca¹ , Gülsün Akdemir Evrendilek^{2,*} 

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

² Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ardahan, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): G. Akdemir Evrendilek, e-mail (e-posta): gevrendilek@yahoo.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 27 Nisan 2020
Düzeltilme tarihi : 31 Ağustos 2020
Kabul tarihi : 08 Eylül 2020

Anahtar Kelimeler:

Tohum dezenfeksiyonu
Çimlenme
Tohum refahı

ÖZET

Tohumlar yüzeylerinde birçok mikroorganizma bulundurmakta ve bu mikroorganizmalar tohum kalitesini ve doğrudan ürün verimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, ürün verimliliğinde artış sağlayan ve tohumun fizyolojik yapısını olumsuz yönde etkilemeyecek çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Uygulanan yöntemlerden bazıları tohuma zarar vermeden ve çimlenmede artış sağlamakta iken bazı uygulamalar ise tohuma zarar vererek çimlenmeyi azaltmaktadır. Bu nedenle, tohuma uygulanan dezenfeksiyon yönteminin seçilmesi tohum canlılığını ve tohum refahını korumak için önemli bir işlemdir.

Article Info

Received date : 27 April 2020
Revised date : 31 August 2020
Accepted date : 08 September 2020

Keywords:

Seed disinfection
Germination
Seed vigour

ABSTRACT

Seeds have many microorganisms on their surfaces and these microorganisms also significantly affect seed quality and yield. For this reason, various disinfection methods are applied to the seeds to increase the productivity without adversely affecting the physiological structure of the seeds. Some of the applied methods increase germination without damaging the seed, while the others reduce germination by damaging the seed. Therefore, choosing the appropriate disinfection method to the seed is an important process to protect both the seed viability and seed vigour.

1. GİRİŞ

Uluslararası Tohum Federasyonu (ISF) 2012 verilerine göre, küresel tohum üretim değeri 44.9 milyar dolar olarak gerçekleşmiş olup, ABD (%26.7) ve Çin (%22.1) ilk iki sırada yer almaktadır. AB ülkelerinden Fransa ise %6.2'lik pay ile üçüncü sırada yer almış, Fransa'yı, Almanya (%2.6), İtalya (%1.7), ve İspanya (%1.5) izlemiştir. Dünya tohum piyasasında Türkiye ise %2'lik pay ile 11. sırada yer almaktadır. Dünyada 2016 yılı itibarıyla yaklaşık 9.2 milyon ton tohum dış ticarete konu olmuştur ve bu değer önceki yıla oranla %21'lik bir artış göstermiştir. 2016 yılı itibarıyla dünya tohum ihracatının %45.6'sı 9 ülke tarafından gerçekleştirilmekte ve ABD %13.5'lik payla ilk sırada yer almaktadır. Türkiye tohum dış ticaretinde 10. sırada yer almaktadır (Anonim, 2018). Görüldüğü üzere tohum ticareti dünyada ekonomik açıdan önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle, tohumlarda bulunan mikroorganizmaların ve özellikle patojenlerin tohum ticareti ile diğer ülkelere yayılmasını önlemek ve ürün kayıplarını en aza indirmek amacıyla bu mikroorganizmaların tohumlardan uzaklaştırılması gerekmektedir.

Yüksek kaliteli tohumlar tarımsal üretim için önemlidir ve gıda kaynağı olarak kullanılan tohumların mikrobiyal kontaminasyonu her yıl büyük miktarlarda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yüksek kaliteli tohumlar ise toplam üretimin yaklaşık %30'una katkıda bulunmaktadır. Tohum kalitesi hasat, kurutma, temizleme, sınıflandırma, paketlenme ve depolama gibi çeşitli faktörlerden etkilenmekte ve artan üretimle birlikte çiftçiler ve yetiştiriciler üretimi sağlamak için yüksek kaliteli tohumlar aramaktadırlar (Afzal ve ark., 2016). Tohumların yüzeylerinde bulunan mikroorganizmalar ürün verimliliğini önemli derecede etkilemekte ve gıda kaynaklı hastalıklar açısından da risk oluşturmaktadır. Bu nedenle ürün verimliliğini arttırmak ve hasta riskini azaltmak için tohum dekontaminasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla tohum yüzeylerine çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Başarılı bir tohum dezenfeksiyonu, tohum canlılığını ve çimlenme kabiliyetini korurken mikroorganizmaları inaktive etmelidir (Peñas ve ark., 2010).

Tohum dezenfeksiyon yöntemleri genel olarak fiziksel ve kimyasal dezenfeksiyon olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması sıcaklık, uygulama süresi ve enerji dozu gibi her prosese özgü parametrelerinin optimizasyonunu gerektirir. Çünkü bu uygulamalar tohum çimlenmesini önemli ölçüde azaltabilir. Fakat her iki uygulamada da temel amaç çimlenme ve fide oluşumunu maksimum seviyeye çıkarmaktır. Fiziksel uygulamalar kimyasal uygulamalara alternatif bir yaklaşımdır ve büyümekte olan dünya tohum pazarı için daha iyi bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (Afzal ve ark., 2016).

Çiftlikten çatala gıda tedarik zinciri sürdürülebilir bir toplumda önemli bir konudur ve tohumlarda çimlenme oranında artış sağlayabilecek teknolojiler, enerji kullanımını önemli ölçüde azaltarak gıda üretiminde sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilme potansiyeline sahiptir (Los ve ark., 2019). Bu nedenle, tohum dezenfeksiyonu; tohum verimi, tohumların taşınması ve depolanmasında önemli bir konudur. Bu derlemede tohum dezenfeksiyon yöntemleri fiziksel ve kimyasal yöntemler olarak incelenmiş ve bu yöntemler yapılan araştırmalar ile desteklenmiştir. Derlemenin tohum dezenfeksiyon yöntemlerine bir bakış açısı sunacağı düşünülmektedir.

2. TOHUM DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

2.1. Kimyasal Yöntemler

Tohumların yüzeylerinde bulunan mikroorganizmaların kontrolü oldukça önemlidir. Bu mikroorganizmaları kontrol altına almak amacıyla tohum yüzeyleri birçok kimyasal madde ile muamele edilmektedir. Tohum kaynaklı patojenleri önlemek amacıyla tohumlara kimyasal madde uygulanmasının güvenilir, ucuz ve etkin bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. Tohumlara kimyasal madde uygulanmasındaki asıl amaç tohumdaki inokulumu yok etmek veya etkisiz duruma getirmek bunun sonucunda sağlıklı bitki ve fidelerin üretimini gerçekleştirmektir (Erkan, 1998).

Tohum dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan kimyasallar sodyum hipoklorit (NaOCl), kalsiyum hipoklorit ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), gümüş nitrat (AgNO_3), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2)'tir (Ramandi ve ark., 2019; Oyebanji ve ark., 2009). Sodyum hipoklorit tohum yüzey dezenfeksiyonunda bir ön uygulama olarak kullanılmaktadır (Abdul-Baki ve Moore, 1979); fakat NaOCl'in kötü tadı, sitotoksitesi ve tohum kabuğunda leke oluşturması gibi dezavantajı vardır. Ayrıca, çeşitli çalışmalar NaOCl'nin tohum derinliklerine nüfuz edemediğini göstermiştir (Kumar ve ark., 2018).

Tohum dezenfeksiyonunda NaOCl'in kullanıldığı ve tohum çimlenmesinin üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada karabuğday (*Polygonum convolvulus* L.) tohumları %6 NaOCl içine daldırılmış ve 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 saat bekletilmiştir. Karabuğday tohumları için maksimum çimlenme 6 ve 8 saatte gözlemlenmiştir. Fakat, karabuğday tohumlarının uzun süre NaOCl içinde bekletilmesi zayıf çimlenme ve tohum parçalanması ile sonuçlanmıştır (Hsiao, 1979).

Yapılan başka bir çalışmada ise börülce tohumları *Cowpea mild mottle virus* ile aşılansın NaOCl (%0.5, %0.75 ve %1.0) ve $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (%75, %85 ve %95) ile sterilize edilmiş ve sonuç olarak farklı konsantrasyonlarda NaOCl ve $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 'ün bitkiler üzerindeki virüs hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığı ve kontrole kıyasla tohumların büyüme parametrelerini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Ekimden sonraki 10. haftada $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (%95) uygulamasının virüs hastalığını en düşük orana (%17.63) indirdiği, en uzun boylu (59.13 cm) ve bitki başına en fazla yaprak sayısına sahip bitkilerin gelişmesini teşvik ettiği görülmüştür (Aliyu, 2018).

Tohum dezenfeksiyonunda $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ve NaOCl'in hem ayrı ayrı hem de birlikte etkisinin incelendiği bir çalışmada ise börülce, pirinç ve sorgum tohumları %95, 90, 85 ve 70 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ konsantrasyonlarında 5, 10, 15 ve 30 dakika (metot 1), %3.5 NaOCl çözeltisinde 5, 10, 15, 20, 30 ve 45 dakika (metot 2) ve önce %90 etanolde 3 dakika sonra %3.5 NaOCl çözeltisinde

30 dakika (metot 3) bekletilmiş 3, 6 ve 9. günlerde mikrobiyal gelişim gözlemlenmiştir. Sonuçlar, 30 dakika boyunca %3.5 hipoklorit kullanımının, C₂H₅OH ve %3.5 NaOCl'in birlikte kullanımı kadar etkili olduğunu fakat pirinç tohumlarının yüzey dezenfeksiyonunda etanolün tek başına kullanımının dezenfeksiyon için uygun olmadığını göstermiştir (Oyebanji ve ark., 2009).

Tohum dezenfeksiyonunda NaOCl, C₂H₅OH ve H₂O₂ gibi kimyasalların kullanımının yanı sıra perasetik, asetik, askorbik, sitrik ve laktik asit gibi organik asitler de kullanılmaktadır. Bu asitlerin tohum üzerinde *Botrytis cinerea* büyümesini önemli ölçüde etkilediği, ancak yüksek konsantrasyonda çimlenme parametrelerini ve tohum kuvvetini olumsuz etkilediği görülmüştür (Rajkowski ve Ashurst, 2009; Szopinska, 2013).

Sıcak su, asetik asit ve H₂O₂ uygulamaları kombinasyonlarının *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Enterica ve *Listeria monocytogenes* ile kontamine edilmiş maş fasulyesi tohumlarının saklama koşulları ve çimlenme üzerine etkisi araştırılmış ve kontamine edilen fasulye tohumları ve 22°C'de dört haftalık depolamadan sonra farklı işlemlere (sıcak su 60°C'de 10 ve 20 dakika, sıcak su+asetik asit, sıcak su+hidrojen peroksit ve sıcak su+asetik asit+hidrojen peroksit) tabi tutulmuştur. Sonuçlar tüm kombine uygulamaların maş fasulyesine inoküle edilen *E. coli* O157: H7, *S. Enterica* ve *L. monocytogenes* bakterilerinin başlangıç sayılarında minimum 3 log kob g⁻¹ azalma sağladığını göstermiştir (Trzaskowska ve ark., 2018).

Verilen örneklerden de anlaşılacağı üzere tohum dezenfeksiyonunda kimyasal kullanımı tohumun fizyolojik yapısını ve tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilemektedir (Spadaro ve Gullino, 2005). Kimyasallar tarafından hastalık kontrolünün yönetimi genellikle kolaydır (Kang ve ark., 2020); fakat kimyasal kullanımı insan sağlığına zararlı olmakla birlikte, çevreye zararlı kimyasal kalıntılar bırakmaktadır. Bu nedenle, artan nüfusa ayak uydurmak ve tohum çimlenmesini artırmak için yeni alternatif teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Thirumdas ve ark., 2017).

2.2. Fiziksel Yöntemler

Tohum teknolojisi bakımından bitki üretimini artırmak için fiziksel yöntemlerin kullanılması kimyasal yöntemlere göre avantajlar sunmaktadır (Araújo ve ark., 2016). Örneğin gereğinden fazla ve uzun süreli gübre kullanıldığında; topraklarda tuzlanma, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi ve ozon tabakasının incilmesi gibi çevre sorunları oluşmaktadır (Sönmez ve ark., 2008). Fiziksel yöntemler ise gübre kullanımını azaltıp tohum çimlenmesini ve fide canlılığını artırarak çevre dostu avantajlar sunmaktadır (Araújo ve ark., 2016). Bu kısımda fiziksel uygulamalardan atımlı elektrik alan (pulsed electric fields, PEF), soğuk atmosferik plazma (cold atmospheric plasma, CAP), yüksek hidrostatik basınç (high hydrostatic pressure, HHP) ve ultraviyole (UV) uygulamalarından bahsedilerek bu uygulamalara örnekler verilecektir.

2.2.1. Atımlı Elektrik Alan (PEF)

Atımlı elektrik alan (PEF) teknolojisi paralel iki elektrot arasına yerleştirilmiş olan ürünlere 100 V cm⁻¹ ile 80 kV cm⁻¹ arası elektrik akımının kısa süreli (nanosaniye ve milisaniye) uygulanması ile gerçekleştirilmektedir (Evrendilek ve Tanasov, 2017). Uygulanan elektrik alan kısa sürede elektrik akımını ileten iyonlar tarafından proses edilecek ürüne iletilir (Evrendilek ve ark., 2019). Mikrosaniye veya daha uzun süreli elektrik alanın hücreye uygulanması, hücre zarının her iki tarafında da büyük miktarda ters yüklü iyonların birikmesine neden olur. Hücre zarındaki iyonların birikmesi atım yoğunluğuna ve süreye bağlıdır. Uygulanan elektrik alan bir zar boyunca yaklaşık 1 V'luk bir voltaj farkına neden olursa, zar geçirgen hale gelir ve iyonların zarıdan geçişine izin verilir. Bu durum hücre zarının elektroporasyonuna neden olur (Takaki ve ark., 2019). Elektrik akımı uygulaması son bulduğunda hücre zarı ilk haline dönebilir, ancak elektrik alan uygulaması uzun sürerse hücre zarında geri dönüşümü olmayan, kalıcı bir hasar meydana gelir. Uygulanan elektrik alan hücrenin kritik elektrik alan potansiyelinden yüksekse hücrede por denilen delikler oluşur. Bu aşamadan sonra uygulanan elektrik alan kaldırıldığında porlar geri dönüşümlü olarak kapanabilir. Fakat, uygulanan elektrik alan devam ettirildiğinde porlar geri dönüşümsüz olarak açık kalır ve hücre içi ve dışı transport mekanizmasında bozulmalar meydana gelir. Hücre, hücre içi ve dışı madde alışverişini kontrol edemeyeceği için lizis olayı başlar ve hücre canlılığını kaybeder. Uygulanan elektrik alan altında hücrenin bu davranışı elektroporasyon olarak adlandırılır ve elektroporasyon, atımlı elektrik alan uygulamalarında mikroorganizmaların inaktivasyonunu açıklayan en önemli teorilerden birisidir (Castro ve ark., 1993).

Yapılan bir çalışmada lahanaya, marul, roka ve buğday tohumlarının toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam küf sayısını azaltmak amacıyla tohumlara 50 ve 200 Hz frekansta 12 kV cm⁻¹ elektrik alan kuvveti uygulanmıştır. Uygulama sonrası lahanaya ve marul tohumlarında toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve toplam küf (TF) miktarında sırasıyla 0.22 ± 0.06 log kob mL⁻¹, 2.81 ± 0.69 log kob mL⁻¹, roka tohumlarında TMAB sayısının 0.49 ± 0.10 log kob mL⁻¹, buğday tohumlarında TF sayısının ise 2.85 ± 0.8 log kob mL⁻¹ azaldığı görülmüştür. Kontrol ve PEF uygulanan buğday tohumları arasında çimlenme açısından önemli bir fark gözlenmediği belirtilmiş ve PEF prosesinin TMAB ve TK sayısını azaltmak için alternatif bir teknoloji olabileceği sonucuna varılmıştır (Evrendilek ve Tanasov, 2017).

Yapılan başka bir çalışmada ise nohut tohumları üç farklı sıcaklıkta (13, 16 ve 19°C) 15 dakika boyunca 0-1300 V'a kadar elektrik alanına maruz bırakılmış ve nohut tohumlarının elektrik alanına maruz kalmasının, kontrole kıyasla su alım kapasitesinde bir artışa neden olduğu saptanmıştır. Sıcaklığın, elektrik alan uygulanan tohumlar üzerinde bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Mahajan ve Pandey, 2014). Bu durumun tohumun içinde, çok miktarda elektrik dipolünün oluşmasından ileri geldiği ve elektrik alanı tarafından uygulanan dipol-dipol etkileşiminin tohumlarda fizyolojik değişikliklere neden olurken; tohumun solunumu, su emilimini ve fotosentetik seviyesini artırarak çimlenmeyi iyileştirdiği sonucuna varılmıştır (Rifna ve ark., 2019).

Domates tohumları ile yapılan bir çalışmada ise tohumlar 10-30 kV cm⁻¹ ve 50 Hz frekansta 10 ila 30 saniye boyunca elektrik alanlarına maruz bırakılmıştır. Kontrol tohumları %92 oranında çimlenirken, 20 saniye boyunca 20 kV cm⁻¹ elektrik alan uygulanan tohumların çimlenme oranı %100'e çıkmıştır. Domates tohumlarına atımlı elektrik alan uygulanmasının çimlenmenin artışında etkili bir araç olabileceği sonucuna varılmıştır (Patwardhan ve Gandhare, 2013).

PEF teknolojisinin sadece tahıl ve sebze tohumlarına değil, yağlı tohumlara da uygulandığı ve bu tohumlardan elde edilen yağ veriminde artış sağladığına yönelik çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, ayçiçeği tohumuna 7 kV cm⁻¹lik elektrik alan uygulandığında kontrol grubuna göre yağ veriminde %2.3 artış görülmüştür (Shorstkii ve ark., 2020). Yenilikçi bir yöntem olan PEF teknolojisinde daha az solvent kullanılması bu yöntemin yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu için iyi bir uygulama olabileceğini göstermektedir (Kumari ve ark., 2018).

2.2.2. Soğuk Atmosferik Plazma (CAP)

Bir gaz enerji uygulanmasıyla oluşan ve maddenin dördüncü hali olarak bilinen plazma; elektronlar, iyonlar, serbest radikaller, gaz atomları, temel ve uyarılmış durumdaki moleküller, ışık kuantası gibi çok sayıda reaktif tür içerir. Soğuk plazmada gaz düşük sıcaklıkta kalır ve iyonlar, elektronlar ve moleküller dengede bulunmazlar. Soğuk plazma, atmosferik veya düşük basınçlarda (vakum) elde edilir. Atmosferik basınçta çalışan plazma sitemlerine korona deşarjı, dielektrik bariyer deşarjı, radyo frekanslı plazma ve ark deşarjı örnek olarak verilebilir (Misra ve ark., 2016).

Bitkilerin büyümesinde önemli rol oynayan ve eko-tarımsal teknoloji olarak bilinen soğuk plazma, tohumların yüzeyinde bulunan *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *E. coli* ve *Bacillus subtilis* inaktivasyonunu sağlayarak tohum çimlenmesi ve bitki büyümesini artırmaktadır (Ling ve ark., 2014; Selcuk ve ark., 2008). Ayrıca soğuk plazma teknolojisi dehidrojenaz aktivitesi, süperoksit dismutaz (Meiqiang ve ark., 2005; Ling ve ark., 2014) ve peroksidaz aktiviteleri (Jiang ve ark., 2014; Ling ve ark., 2014), fotosentetik pigmentler, fotosentetik verimlilik ve nitrat redüktaz aktivitesi gibi bitkinin fiziksel metabolizmasını geliştirebilir ve tohum kabuğunun su geçirgenliğini artış sağlayarak tohumun çimlenmesini ve fide büyümesini sağlayabilir (Groot ve ark., 2018). Soğuk plazma prosesinin etkinliği tohum tipine ve tohumun yetiştiği iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Los ve ark., 2019; Randeniya ve De Groot, 2015).

Soğuk plazma tohumlara iki farklı şekilde uygulanabilmektedir:

- 1) Tohumların direkt işlenmesi,
- 2) Tohumların plazma aktif su veya plazma asiti ile dolaylı yoldan işlenmesi.

Doğrudan soğuk plazma işleminde tohumlar elektrotlar arasına yerleştirilerek proses edilirken, dolaylı yöntemde tohumlar soğuk plazma ile proses edilmiş su ile ya da su altında soğuk plazma ile muamele edilirler (Thirumdas ve ark., 2018). Ayrıca, soğuk plazma düşük sıcaklıkta ve kısa işlem süreleriyle tohumlara uygulanabilmektedir ve kimyasal işlem gerektirmediği için toksik kalıntı bırakmadığından dolayı kullanımı zararsızdır (Dhaval ve ark., 2006; Selcuk ve ark., 2008).

Soğuk plazma prosesinin soya fasulyesinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada tohumlar 15 saniye boyunca 0, 60, 80, 100 ve 120 W soğuk plazma ile ön işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlarda 80 W soğuk plazma uygulamasının soya fasulyesi tohumlarında en iyi uyarıcı etkiye sahip olduğu ve soğuk plazma teknolojisinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde olumlu etki oluşturduğu gözlemlenmiştir (Ling ve ark., 2014).

Soğuk plazma teknolojisinin uygulandığı başka bir çalışmada ise buğday tohumları, 80 kV soğuk plazmaya 30, 60 ve 180 saniye boyunca maruz bırakılmış ve plazma uygulamalarının buğday tohumlarının büyüme parametreleri ile çimlenmesinde önemli ölçüde artış sağladığı sonucuna varılmıştır (Los ve ark., 2019). Soğuk plazma teknolojisi, tohum performansını ve mahsul verimini artırmak için kullanılan hızlı, ekonomik ve çevre kirliliği oluşturmayan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

2.2.3. Ultraviyole

Ultraviyole (UV), güneşten veya ışık kaynağından üretilen ve insan gözüyle algılanamayan elektromanyetik ışık radyasyonudur. Ultraviyole ışınları dalga boyları 100-400 nm arasında değişir ve UV ışınları dalga boyunun uzunluğuna göre dört dalga boyu bölgesine ayrılabilir: UV-A (315 ila 400 nm arasında), UV-B (280 ila 315 nm arasında), UV-C (200 ila 280 nm arasında) ve vakum UV (100 ila 200 nm arasında) (Rifna ve ark., 2019). UV-C ışınları bitki dokuları ile etkileşime girdiğinde DNA moleküllerinde hasara ve ayrıca protein moleküllerinin yapılarında ve sentezinde değişikliğe neden olur (Pournavab ve ark., 2019). Fakat, UV-C ışınları stratosferdeki ozon tabakası tarafından filtrelendiğinden dolayı dünya yüzeyine ulaşma miktarı çok düşüktür. UV-B ışınları da ozon tabakası tarafından filtrelendiği için dünya yüzeyine sadece küçük bir kısmı ulaşır. UV-A ışınları ise ozon tabakası tarafından emilemediğinden dünya yüzeyine tamamı ulaşır. Bu üç tip UV ışını arasında UV-B, toplam radyasyonun %1.5'ine sahip olmasına rağmen bitki büyümesi ve gelişmesi üzerindeki ciddi zararlı etkileri vardır. UV-A ışınları ise toplam radyasyonun %6.3'ünü temsil etmesine rağmen diğer dalga boylarından daha az zararlıdır (Nawkar ve ark., 2013). Bilimsel kaynaklarda UV yoğunluk değeri J m⁻², μW cm⁻², W, mW cm⁻², W m⁻² birimleriyle kullanılmaktadır.

Ultraviyole (UV-C) ışınlarının mısır ve şeker pancarı tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranına etkisinin incelendiği bir çalışmada mısır ve pancar tohumları 30 dakika, 2 saat, 4 saat, 8 saat ve 12 saat süresince 254 nm dalga boyuna sahip ultraviyole ışına maruz bırakılmıştır. UV-C radyasyon tedavileri tohumların çimlenme yüzdesini önemli ölçüde etkilememiş, ancak tohum çimlenme oranı UV-C radyasyonundan önemli ölçüde etkilenmiştir. En düşük tohum

çimlenme oranı kontrollere ait iken, 8 ve 12 saatlik uygulama süreleri mısır ve şeker pancarı tohumunda en yüksek çimlenme oranına yol açmıştır (Sadeghianfar ve ark., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada yağlı tohumlardan olan kolza tohumlarına farklı dozlarda (10, 20, 50, 80, 100, 120 ve 200 J m⁻²) UV-C ışınlarına maruz bırakılmış ve tohumların çimlenme ve büyüme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar 80-120 J m⁻² dozlarında ışınlama uygulamasının kontrole kıyasla kolza tohumlarının çimlenme enerjisini %20-26, çimlenme kabiliyetini ise %16 artırdığını göstermiştir. Aynı zamanda 10 günlük büyüme sonunda, ışınlanmış tohumlardan elde edilen bitkilerin ortalama biyokütlesinin kontrol numunelerine kıyasla %18.3 artış sağladığı sonucuna varılmıştır (Semenov ve ark., 2018).

Işık, bitki büyümesi için gerekli olan önemli bir faktördür ve güneş ışınlarının zararlı kısmı olan ultraviyole (UV) ışınları fotosentezdeki metabolik hızı azaltmaya ve büyümede bozulmaya neden olabilir. Bitkilere ulaşan ultraviyole ışının doğru kullanımı, bitkilerin şekli ve rengi, bitkilerin erken oluşu ve zararlıların ve hastalıkların kontrolünde bir iyileşme gibi üretimin farklı yönlerinin iyileştirilmesine izin verir (Pournavab ve ark., 2019). Bu nedenle UV ışın uygulamalarının sadece tohuma değil bitki fidelerine de uygulandığı çalışmalarda mevcuttur. Örneğin çimlenmiş yeşil fasulye tohumları 7, 15, 30 ve 60 dakikalık süreler boyunca UV-C ışınlarına (254 nm) maruz bırakılmış, daha sonra fideler tuzluluk stresine (50 mM NaCl) tabi tutulmuştur. Sonuçlar UV-C radyasyonu uygulanan yeşil fasulye fidelerinin tuzluluk stresine tolerans kazandığını ve sürgün köklerin ağırlığında kontrole göre sırasıyla %83 ve %94'lük artış sağlandığını göstermiştir (Noble, 2002).

2.2.4. Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP)

Yüksek hidrostatik basınç oda sıcaklığında ya da oda sıcaklığının biraz altında veya üstündeki sıcaklıklarda proses edilecek ürünün 100-1000 MPa basınç aralıklarında belirli süre adyabatik olarak yüksek basınca maruz bırakılmasıyla gerçekleştirilir (Rifna ve ark., 2019). Bu teknolojinin ortam sıcaklığında ve hatta daha düşük sıcaklıklarda uygulanabilmesi, boyut ve şekle bakılmaksızın basıncın eşit bir şekilde tüm yüzeye iletilebilmesi, kimyasal koruyucu kullanımını neredeyse ortadan kaldırması gibi avantajları mevcuttur (Rastogi ve ark., 2007). Gıda proseslerinde YHB'nin kullanımı iki prensiple doğrudan ilgilidir. Dengede bulunan bir sisteme dışarıdan bir etkiye bulunulduğunda sistem bu etkiyi azaltıcı yönde bir denge hali oluşturmaya çalışır ve bu durum "Le Chatelier Prensibi" ile açıklanmaktadır (Jeager ve ark., 2012). İkinci prensip ise "İzostatik Basınç Kuralı"dır ve Pascal kanununa dayanmaktadır. Bu kanuna göre sızdırmaz ve kapalı bir durumda olan bir sistem içerisindeki sıvıya basınç uygulanırsa bu sıvı basıncı her noktaya eşit dağıtmaktadır (Elamin ve ark., 2015; Yordanov ve Angelova, 2010).

Yüksek hidrostatik basıncın tohumlarda çimlenme yüzdesini artırdığı, çimlenme süresini azalttığı ve tohumların mikrobiyolojik kalitesini geliştirdiği tespit edilmiştir (İşlek ve ark., 2013). Yüksek basınç teknolojisinin tohumlardaki patojenik mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için etkili olduğu rapor edilmiş (Skin ve ark., 2013), fakat tohumlara yüksek basınç uygulaması biyokimyasal reaksiyonlardaki değişikliklerden sorumlu enzim ve proteinlerin denatürasyonuna neden olduğundan tohumlarda çimlenmeyi geciktirdiği ve bu nedenle tohum dezenfeksiyonunda sınırlı bir etki gösterdiği rapor edilmiştir (Ariefdjohan ve ark. 2004; Wuytack ve ark., 2003; Skin ve ark., 2013; Linton ve Patterson, 2000). Yapılan bir çalışmada, tere tohumlarının çimlenme yüzdesi, tohumların mikrobik kalitesi, klorofil a, b ve fidelerde toplam fenolik bileşik konsantrasyonlarını karşılaştırmak için tohumlara 100-400 MPa'da, 30°C'de 10 dakika boyunca basınç uygulanmış ve aerobik mezofilik bakteriler, toplam ve fekal koliformlar ve tohumlarda maya ve küf popülasyonlarındaki en iyi inaktivasyonun 300 MPa'da olduğu gözlemlenmiştir. 300 MPa basınç uygulaması tohumların çimlenme üzerinde olumsuz etki göstermezken, basıncın 400 MPa'a çıkarılması tohumların çimlenme yüzdesinde azalmaya neden olmuştur. Bu nedenle belirli bir basıncın üzerinde embriyo etkilendiği için tohum çimlenme yüzdesinde azalma meydana geldiği sonucuna varılmıştır (İşlek ve ark., 2013).

Yapılan başka bir çalışmada ise tere, susam, turp ve hardal tohumlarına 250, 300, 350 ve 400 MPa'da 20°C'de 15 dakika yüksek basınç uygulanmış ve uygulama sonrası tohumların çimlenme yüzdeleri ölçülmüştür. Turp ve hardal tohumlarının uygulanan en yüksek basınca (400 MPa) duyarlı olduğu ve 250 MPa'da işlem gören turp tohumlarının kontrol tohumlarından 9 gün sonra %100 çimlenmeye ulaştığı ve 24 saat sonra farklı basınç seviyelerinde (250 ila 400 MPa) proses edilen tohum türlerinin her biri için çimlenme yüzdesinin kontrol örneklerine göre düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Susam tohumları 250 MPa'da proses edildiğinde ise çimlenme oranında yaklaşık 8 ila 9 günlük bir gecikme görülmüştür. Ayrıca tere tohumu yedi farklı (*Salmonella Typhimurium*, *E. coli* MG1655, *Listeria innocua*, *Shigella flexneri*, *E. coli* LMM1010, *Staphylococcus aureus* ve *Enterococcus faecalis*) bakteri süspansiyonları (10⁷ log kob mL⁻¹) ile kontamine edildikten sonra tohumlara yüksek basınç uygulanmıştır. 300 MPa basınç uygulandığında (20°C'de 15 dakika) *S. Typhimurium*, *E. coli* MG1655 ve *L. innocua*'da 6 log kob mL⁻¹ bir azalma görülürken, *S. flexneri* ve basınca dayanıklı *E. coli* LMM1010 bakterilerinde 4 log kob mL⁻¹, *S. aureus*'da ise 2 log kob mL⁻¹ azalma görülmüştür. *E. faecalis* ise neredeyse hiç inaktif edilememiştir (Wuytack ve ark., 2003).

Yapılan başka bir çalışmada ise *E. coli* O157 ve *L. monocytogenes* ile kontamine edilen yonca tohumları 275-575 MPa'da 2 dakika ve 475 MPa'da 2-8 dakika boyunca yüksek basınca tabi tutulmuştur. Yonca tohumlarına uygulanan 575 MPa'da 2 dakika ve 475 MPa'da 8 dakika prosesleri sonucu *E. coli* O157 sayısında 1.4 log ve 2.0 log azalma meydana geldiği görülmüştür. Fakat, bu uygulamalar *L. monocytogenes* sayısında sadece 0.8 log kob g⁻¹ ve 1.1 log kob g⁻¹ azalmaya neden olmuştur. Ayrıca, yüksek basınç ile proses edilen tohumlarda %34'e yakın çimlenme oranı gözlemlenirken kontrol tohumlarının yaklaşık %95'i çimlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüksek basınç prosesinin yonca tohumlarındaki *E. coli*

O157 ve *L. monocytogenes* miktarını azaltmasına rağmen bu mikroorganizmaları tamamen ortadan kaldırmadıklarını göstermiştir (Ariefdjohan ve ark. 2004).

Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere uygulanan fiziksel yöntemin etkisi tohumun türüne göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, tohum dezenfeksiyonunda hangi yöntemin kullanılması gerektiği önem taşımaktadır. Aşağıdaki tabloda belirtilen fiziksel yöntemlerin tohum çimlenmesi üzerine etkisi gösterilmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. PEF, CAP, UV ve HPP uygulamalarının tohum çimlenmesi üzerindeki etkisi (Rifna ve ark., 2019).

Parametreler	Uygulamalar			
	PEF	CAP	UV	HPP
Çimlenme Oranı	↑	↑	↑	↓
Bitki Hormonu	×	✓	×	×
Yüzey değişikliği	×	✓	✓	×
Geçirgenlik	×	✓	×	×
Biyokimyasal Değişim	×	×	×	×
Fizyolojik Değişim	✓	×	×	✓
✓: Etkili	PEF: Atımlı elektrik alan			
×: Etkisiz	CAP: Soğuk atmosferik plazma			
↑: Çimlenmeyi artırır	UV: Ultraviyole			
↓: Çimlenmeyi azaltır	HPP: Yüksek hidrostatik basınç			

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Sağlıklı ve verimli mahsul üretmek için tohum dezenfeksiyonu önemli bir konudur. Çünkü, bazı tohumlar çok hassastır ve yanlış seçilen bir uygulama tohuma zarar vererek tohumun çimlenme performansını etkileyebilir. Bu derlemede tohum dezenfeksiyonunda kullanılan bazı fiziksel ve kimyasal yöntemler incelenmiştir. Kimyasal yöntemlerin tohumlara zarar vererek çevre kirliliğine neden olması gibi dezavantajları mevcuttur. Fiziksel yöntemler içinde bulunan yenilikçi teknolojilerin ise çevre dostu olması, tohum çimlenmesini artırması gibi avantajları vardır. Sonuç olarak tohum dezenfeksiyonu konusunda gıda güvenliğini korumak için kimyasal uygulamalardan ziyade daha çok çevre dostu teknolojilerden olan fiziksel ve yenilikçi uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR



- Abdul-Baki, A. A., ve Moore, G. M. 1979. Seed disinfection with hypochlorites: a selected literature review of hypochlorite chemistry and definition of terms. *Journal of Seed Technology*, 4(1): 43-56.
- Afzal, I., Ur Rehman, H., Naveed, M., ve Basra, S. M. A. 2016. New Challenges in Seed Biology - Basic and Translational Research Driving Seed Technology. "Alınmıştır: Recent Advances in Seed Enhancements, (ed) Araujo, S., Balestrazzi A., InTech, Rijeka, Croatia, 47-74.
- Aliyu, T., H. 2018. The effect of sodium hypochlorite and ethanol as seed sterilants on cowpea infected with cowpea mottle virus. *Nigerian Journal of Pure and Applied Sciences*, 31(1): 3122-3128
- Anonim. 2018. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı 2018- 2022 Stratejik Plan.
- Araújo, S. S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., ve Balestrazzi, A. 2016. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7: 646.
- Ariefdjohan, M. W., Nelson, P. E., Singh, R. K., Bhunia, A. K., Balasubramaniam, V. M., Singh, N. 2004. Efficacy of High Hydrostatic Pressure Treatment in Reducing *Escherichia coli* O157 and *Listeria monocytogenes* in Alfalfa Seeds. *Journal of Food Science*, 69(5): 117-120
- Castro, A. J., Barbosa-Cánovas, G. V., ve Swanson, B. G. 1993. Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17(1): 47-73.
- Dhayal, M., Lee, S. Y., Park, S. U. 2006. Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium* L. seed surface modification. *Vacuum*, 80: 499-506.
- Elamin, W. M., Endan, J. B., Yosuf, Y. A., Shamsudin, R., ve Ahmedov, A. 2015. High pressure processing technology and equipment evolution: A review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(5): 75-83.
- Erkan, S. 1998. Tohum Patolojisi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir, 200-201 s.
- Evrendilek, G. A., ve Tanasov, I. 2017. Configuring pulsed electric fields to treat seeds: An innovative method of seed disinfection. *Seed Science and Technology*, 45(1): 72-80.
- Evrendilek, G. A., Karatas, B., Uzuner, S., ve Tanasov, I. 2019. Design and effectiveness of pulsed electric fields towards seed disinfection. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7): 3475-3480.
- Groot, G. J. J. B., Hundt, A., Murphy, A. B., Bange, M. P., ve Mai-Prochnow, A. 2018. Cold plasma treatment for cotton seed germination improvement. *Scientific Reports*, 8(1): 1-10.

- Hsiao, A. I. 1979. The effect of sodium hypochlorite, gibberellic acid, and light on seed dormancy and germination of wild buckwheat (*Polygonum convolvulus*) and cow cockle (*Saponaria vaccaria*). *Canadian Journal of Botany*, 57(16): 1735-1739.
- Işlek, C., Altuner, E. M., Çeter, T., ve Alpas, H. 2013. Effect of high hydrostatic pressure on seed germination, microbial quality, anatomy-morphology and physiological characteristics of garden cress (*Lepidium sativum*) seedlings. *High Pressure Research*, 33(2): 440-450.
- Jaeger, H., Reineke, K., Schoessler K., ve Knorr, D. 2012. Effects of Emerging Processing Technologies on Food Material Properties, "Alınmıştır: Food Materials Science and Engineering, First Edition, (ed) Bhandari, B., Roos, Y. H., Blackwell Publishing, UK, 222-261.
- Jiang, J., Lu, Y., Li, J., Li, L., He, X., Shao, H., ve Dong, Y. 2014. Effect of seed treatment by cold plasma on the resistance of tomato to *Ralstonia solanacearum* (bacterial wilt). *PLOS one*, 9(5): 1-6.
- Kang, M.-H., Veerana, M., Eom, S., Uhm, H.-S., Ryu, S., ve Park, G. 2020. Plasma mediated disinfection of rice seeds in water and air. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 53(21): 214001.
- Kumar, S. A., P. Ajitha, Sandhya, R., Muralidaran. 2018. Comparative evaluation of antimicrobial activity of 3% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and 5% grape seed extract against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* - An in vitro study. *Drug Invention Today*, 12(1): 53-56.
- Kumari, B., Tiwari, B. K., Hossain, M. B., Brunton, N. P., ve Rai, D. K. 2018. Recent Advances on Application of Ultrasound and Pulsed Electric Field Technologies in the Extraction of Bioactives from Agro-Industrial By-products. *Food and Bioprocess Technology*, 11(2): 223-241.
- Ling, L., Jiafeng, J., Jianguang, L., Minchong, S., Xin, H., Hanliang, S., Yuanhua, D. 2014. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. *Scientific Reports*, 4(1): 1-7.
- Linton, M., ve Patterson, M. F. 2000. High pressure processing of foods for microbiological safety and quality. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 47(2-3): 175-182.
- Los, A., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J., ve Bourke, P. 2019. Investigation of mechanisms involved in germination enhancement of wheat (*Triticum aestivum*) by cold plasma: Effects on seed surface chemistry and characteristics. *Plasma Processes and Polymers*, 16(4): 1-12.
- Mahajan, T. S., ve Pandey, O. P. 2014. Effect of electric field (at different temperatures) on germination of chickpea seed. *African Journal of Biotechnology*, 13(1): 61-67.
- Meiqiang, Y., Mingjing, H., Buzhou, M., ve Tengcai, M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. *Plasma Science and Technology*, 7(6): 3143-3147.
- Misra, N. N., Schlüter, O., ve Cullen, P. J. 2016. Cold Plasma in Food and Agriculture. Elsevier Academic Press, London, UK, 8-9 s.
- Nawkar, G. M., Maibam, P., Park, J. H., Sahi, V. P., Lee, S. Y., ve Kang, C. H. 2013. UV-induced cell death in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(1): 1608-1628.
- Noble, R. E. 2002. Effects of UV-irradiation on seed germination. *Science of the Total Environment*, 299(1-3): 173-176.
- Oyebanji, O. B., Nweke, O., Odeunmi, O., Galadima, N. B., Idris, M. S., Nnodi U. N., Afolabi A. S., ve Ogbadu, G. H. 2009. Simple, effective and economical explant-surface sterilization protocol for cowpea, rice and sorghum seeds. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5395-5399.
- Patwardhan, M. S., ve Gandhare, W. Z. 2013. High voltage electric field effects on the germination rate of tomato seeds. *Acta Agrophysica*, 20(2): 403-413.
- Peñas, E., Gómez, R., Frías, J., ve Vidal-Valverde, C. 2010. Effects of combined treatments of high pressure, temperature and antimicrobial products on germination of mung bean seeds and microbial quality of sprouts. *Food Control*, 21(1): 82-88.
- Pournavab, R. F., Mejía, E. B., Mendoza, A. B., Salas Cruz, L. R., ve Heya, M. N. 2019. Ultraviolet radiation effect on seed germination and seedling growth of common species from northeastern Mexico. *Agronomy*, 9(6): 269
- Rajkowski, K., T., ve Ashurst, K. 2009. Use of 1% peroxyacetic acid sanitizer in an air-mixing wash basin to remove bacterial pathogens from seeds. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(9): 1041-1046
- Ramandi, A., Javan, I. Y., Tazehabadi, F. M., ve Asl, G. I., Khosravanian, R., Ebrahimzadeh, M. H. 2019. Improvement in seed surface sterilization and in vitro seed germination of ornamental and medicinal plant-*Catharanthus roseus* (L.). *Chiang Mai Journal of Science*, 46(6): 1107-1112.

- Randeniya, L. K., De Groot, G. J. J. B. 2015. Non-thermal plasma treatment of agricultural seeds for stimulation of germination, removal of surface contamination and other benefits: A Review. *Plasma Processes and Polymers*, 12(7): 608–623.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Balasubramaniam, V. M., Niranjana, K., ve Knorr, D. 2007. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1): 69–112.
- Rifna, E. J., Ratish Ramanan, K., ve Mahendran, R. 2019. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science and Technology*, 86: 95-108.
- Sadeghianfar, P., Nazari, M., ve Backes, G. 2019. Exposure to ultraviolet (UV-C) radiation increases germination rate of maize (*Zea mays* L) and sugar beet (*Beta vulgaris*) seeds. *Plants*, 8(2): 49
- Selcuk, M., Oksuz, L., ve Basaran, P. 2008. Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. by cold plasma treatment. *Bioresource Technology*, 99(11): 5104-5109.
- Semenov, A., Kozhushko, G., ve Sakhno, T. 2018. Influence of pre-sowing UV-radiation on the energy of germination capacity and germination ability of rapeseed. *Technology Audit and Production Reserves*, 5(43): 61-65.
- Shorstkii, I., Khudyakov, D., ve Mirshekarloo, M. S. 2020. Pulsed electric field assisted sunflower oil pilot production: Impact on oil yield, extraction kinetics and chemical parameters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 60: 102309
- Skin, A. M. D., Zoellner, C., ve Rizvi, S. S. H. 2013. Current intervention strategies for the microbial safety of sprouts. *Journal of Food Protection*, 76(12): 2099–2123
- Sönmez, İ., Kaplan, M., ve Sönmez, S. 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34.
- Spadaro, D., ve Gullino, M. L. 2005. Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. *Crop Protection*, 24(7): 601–613
- Szopińska, D. 2013. The effects of organic acids treatment on germination, vigour and health of zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) seeds. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 12(5): 17–29.
- Takaki, K., Hayashi, N., Wang, D., ve Ohshima, T. 2019. High-voltage technologies for agriculture and food processing. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 52(47): 1-42.
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Annapure, U., Siliveru, K., Blundell, R., Gatt, R., ve Valdramidis, V. P. 2018. Plasma activated water (PAW): Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. *Trends in Food Science and Technology*, 77 (2018): 21-31
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Kiran, K., Pandiselvam, R., ve Prakash, V. 2017. Exploitation of cold plasma technology in agriculture. *Advances in Research*, 12(4): 1–7.
- Trzaskowska, M., Dai, Y., Delaquis, P., ve Wang, S. 2018. Pathogen reduction on mung bean reduction of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Enterica* and *Listeria monocytogenes* on mung bean using combined thermal and chemical treatments with acetic acid and hydrogen peroxide. *Food Microbiology*, 76: 62-88.
- Wuytack, E. Y., Diels, A. M. J., Meersseman, K., ve Michiels, C. W. 2003. Decontamination of seeds for seed sprout production by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection*, 66(6): 918–923.
- Yordanov, D. G., ve Angelova, G. V. 2010. High pressure processing for foods preserving. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24(3): 1940–1945.

Doğrudan Ekim Makinalarında Kullanılan Farklı T Tipi Çizi Açıcı Ayakların Ekim Başarısına Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

A Research on Determination of The Effect of Different T Type Furrow Openers on Seeding Uniformity of No-Tillage Planter

Serkan Özdemir^{1,*} , Zeliha Bereket Barut¹ 

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): S. Özdemir, e-mail (e-posta): cansa.serkanozdemir@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 19 Nisan 2020
Düzeltilme tarihi : 26 Ağustos 2020
Kabul tarihi : 08 Eylül 2020

Anahtar Kelimeler:

Doğrudan ekim makinası
Çizi açıcı ayak
Ters T tipi ayak
Ekim düzgünlüğü

ÖZET

Bu çalışma, farklı anız koşullarında bir doğrudan ekim makinasına monte edilmiş üç farklı ters T tipi çizi açıcı ayak ve bir çift diskli çizi açıcı ayağın, ekim başarısına etkisinin belirlenmesi üzerine yapılmıştır. Çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 2018-2019 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışmada, 115°, 120° ve 125° kanat açılı 3 ters T tipi ayak ve kontrol bir çift diskli çizi açıcı ayak değişken olarak kullanılmıştır. Dik ve parçalanmış anız olmak üzere iki farklı anız koşulunda dört farklı çizi açıcı ayaklı doğrudan ekim makinası ile mısır ekim yapılmıştır. Gerek bitki çıkış parametreleri gerekse çıkış sonrası bitki dağılım düzgünlüğü açısından ters T tipi ayaklar çift diskli ayağa göre daha başarılı bulunmuştur. Ters T tipi ayaklar kendi içinde karşılaştırıldığında bitki çıkış zamanı açısından 125° kanat açılı ters T ayak (5,03 gün), bitkilerin sıra üzeri dağılım düzgünlüğü açısından ise 120° kanat açılı ters T ayaklar (%87,87 kabul edilebilir bitki aralığı) daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Article Info

Received date : 19 April 2020
Revised date : 26 August 2020
Accepted date : 08 September 2020

Keywords:

No-tillage planter
Furrow opener
Inverted T type opener
Seeding uniformity

ABSTRACT

The study was performed to determine the effect of three different inverted T type furrow openers and a disc furrow opener of a no-tillage planter on plant distribution uniformity under different stubble conditions. The study was conducted at the Research and Application Farm of Agriculture Faculty of Çukurova University between 2018-2019 years. 3 inverted T type furrow openers with 115°, 120° and 125° wing angles and a disc furrow opener were assembled a no-tillage planter. In the study; corn was sown by no-tillage planter with four different furrow opener under two different stubble conditions, namely the stand stubble and shredded flat stubble. In this study, the inverted T type furrow openers were more successful than the double disc opener in terms of both plant emergence parameters and plant distribution uniformity. When the inverted T type openers are compared within themselves, the furrow opener with 125 ° wing angle(5,03 day) was successful in terms of plant emergence parameters and also the furrow opener with 120° wing angle (quality of feed index %87,87) was more successful in terms of accuracy of horizontal plant distribution.

Aynı Başlıklı Yüksek Lisans Tezinden Üretilmiştir.

Reference / Atıf: Özdemir, S., Bereket Barut, Z. (2020). "Doğrudan Ekim Makinalarında Kullanılan Farklı T Tipi Çizi Açıcı Ayakların Ekim Başarısına Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma", Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 16(3): 26-34.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze toprak ve su kaynaklarının tarıma dayalı insan etkenli uğradığı kayıplar ve sorunlar araştırmacıları tüm dünyada yeni arayışlara yöneltmiştir. Gelecek nesiller için de yaşamsal önem taşıyan bu kaynakların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için araştırmacılar tarafından uzun yıllardır birçok çalışma yürütülmektedir (Barut, 2006; Barut ve Çelik, 2009; Karayel, 2009; Choudhury ve ark., 2014). Bu araştırmalar geleneksel toprak işleme yerine alternatif olarak doğrudan ekim yöntemi ve doğrudan ekim makinalarının geliştirilmesinde büyük önem kazanmıştır.

Doğrudan ekimde, önceki ürünün hasadından sonra toprak işleme yapılmaksızın ekim doğrudan önceki ürün anızının üzerine yapılmaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 160 milyon hektar, Türkiye’de ise 45 bin hektarlık alanda doğrudan ekim yapılmaktadır (Tekin ve ark., 2017). Doğrudan ekim makinalarında, tohumlar anızda çalışabilen çizi açıcı ayakların açtığı çizilere bırakılır, üzerleri toprak ve bitki artıkları ile örtülür ve özel baskı elemanları ile bastırılır. Doğrudan ekimin başarısı: iklim ve toprak koşullarına, anız özelliğine ve yoğunluğuna, yabancı ot kontrolüne ve ekim makinası performansına bağlı olarak değişmektedir (Çelik, 2009). Optimum çimlenme ve gelişme koşullarının sağlanması için tohumların toprak içerisinde belirli bir derinlikte ve belirli bir sıra üzeri mesafede bırakılması zorunluluğu bulunmaktadır. En modern ve kaliteli ekici düzene sahip bir hassas ekim makinası ile çalışmada bile, çizi açıcı ayakların gereği gibi görev yapmaması nedeniyle ekim başarısızlıkla karşılaşabilmektedir (Barut, 2006; Önal, 2006). Günümüzde geleneksel toprak işleme ile oluşturulan tohum yatağında en fazla çapa, çizel, balta, tek diskli ve çift diskli çizi açıcı ayaklar kullanılırken; koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim makinalarında çizel ve diskli çizi açıcı ayaklar daha yaygın kullanılmaktadır (Chaudhuri, 2001; Barut, 2006; Karayel ve Özmerzi, 2007). Yapılan bazı çalışmalarda ülkemizde henüz kullanım şansı bulmayan ters T tipi çizi açıcı ayakların oluşturdukları tohum yatağında toprak nemini daha iyi koruduğu ortaya konmuştur (Baker ve ark., 1996; Turgut, 2014; Turgut ve Barut, 2015). Toprak, su ve çevre korunumunu sağlayan ve daha az girdili, doğrudan ekim uygulamalarının Türkiye’de de yaygınlaşması için ülkemiz koşullarına uygun doğrudan ekim makinası çizi açıcı ayak tiplerinin belirlenmesi önemli olacaktır. Bu çalışma, dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılan fakat ülkemizde kendine henüz bir yer edinmemiş olan ters T tipi çizi açıcı ayağın ekim performansını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

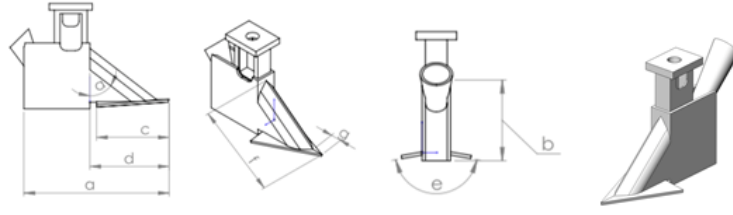
Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü ve Özdemirhan Döküm ve Tarım Makinaları firması iş birliği ile 2018-2019 yılları arasında yürütülmüştür. Bölümümüzde tasarlanan 3 farklı ters T tipi çizi açıcı ayak Özdemirhan firmasının atölyesinde üretilmiştir. Tarla denemelerinin yürütüldüğü alanının toprak bünyesi %21,2 kum, %40,45 silt ve %38,4 kilden oluşan killi tınlı bir yapıdadır. Dört sıralı pnömatik doğrudan ekim makinasının üç çizi açıcı ayağı sökülerek yerine yeni tasarlanıp üretilen farklı kanat açılı üç ters T tipi ayak monte edilmiş ve bir ayak orijinal (diskli) olarak bırakılmıştır. Ters T tipi ayakların parçaları CNC lazer makinasında 6 mm plaka sacdan kesilip üretilmiştir. Ayakların kanat açılıları ise CNC pres makinasında preslenerek verilmiştir. Ters T tipi çizi açıcı ayakların toplam uzunluk, genişlik ve yüksekleri; 115° kanat açılı ayak için 235x90x100 mm, 120° kanat açılı ayak için 220x100x100 mm ve 125° kanat açılı ayak için 230x110x100 mm’dir. Ters T tipi ayakların toprağa batma açılı ise 34°’dir (Şekil 1, 2 ve 3). Çift diskli orijinal ayağın çapı 380 mm, disk kalınlığı 3 mm, disklerin yön açısı ise 5°’dir (Şekil 4).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan 115° kanat açılı ters T tipi çizi açıcı ayağın teknik görünüş

Çizelge 1. 120° kanat açılı ters T tipi çizi açıcı ayağın teknik ölçüleri

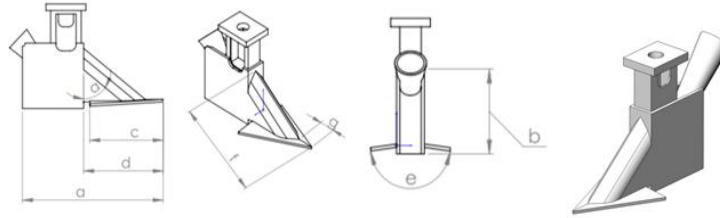
Ayak uzunluğu (a, mm)	235
Ayak yüksekliği (b, mm)	100
Ayak genişliği (e, mm)	90
Çizi açıcı ayağın yan kanat uzunluğu (c, mm)	130
Çizi açıcı ayağın ön üst yüzey uzunluğu (f, mm)	155
Çizi açıcı ayağın ön çıkıntı uzunluğu (g, mm)	35
Ayak batma açısı (a, °)	34
Kanat açısı (e, °)	115



Şekil 2. Çalışmada kullanılan 120° kanat açılı ters T tipi çizici ayağın teknik görünüşü

Çizelge 2. 120° kanat açılı ters T tipi çizici ayağın teknik ölçüleri

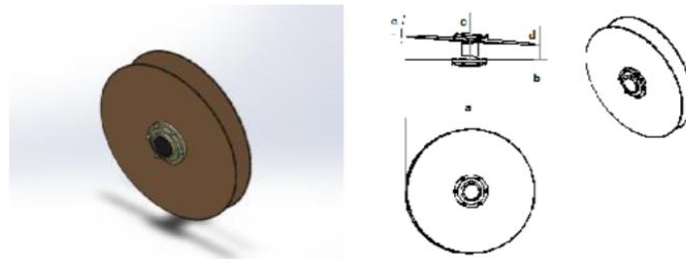
Ayak toplam uzunluğu (a, mm)	220
Ayak yüksekliği (b, mm)	100
Ayak genişliği (e, mm)	100
Çizi açıcı ayağın yan kanat uzunluğu (c, mm)	125
Çizi açıcı ayağın ön üst yüzey uzunluğu (f, mm)	143
Çizi açıcı ayağın ön çıkıntı uzunluğu (g, mm)	20
Ayak batma açısı (a, °)	34
Kanat açısı (e, °)	120



Şekil 3. Çalışmada kullanılan 125° kanat açılı ters T tipi çizici ayağın teknik görünüşü

Çizelge 3. 125° kanat açılı ters T tipi çizici ayağın teknik ölçüleri.

Ayak toplam uzunluğu (a, mm)	230
Ayak yüksekliği (b, mm)	100
Ayak genişliği (e, mm)	110
Çizi açıcı ayağın yan kanat uzunluğu (c, mm)	120
Çizi açıcı ayağın ön üst yüzey uzunluğu (f, mm)	124
Çizi açıcı ayağın ön çıkıntı uzunluğu (g, mm)	30
Ayak batma açısı (a, °)	34
Kanat açısı (e, °)	125



Şekil 4. Çalışmada kullanılan çift diskli çizici ayağa ait teknik görünüşü

Çizelge 4. Çalışmada kullanılan çift diskli çizici ayağa ait teknik ölçüler.

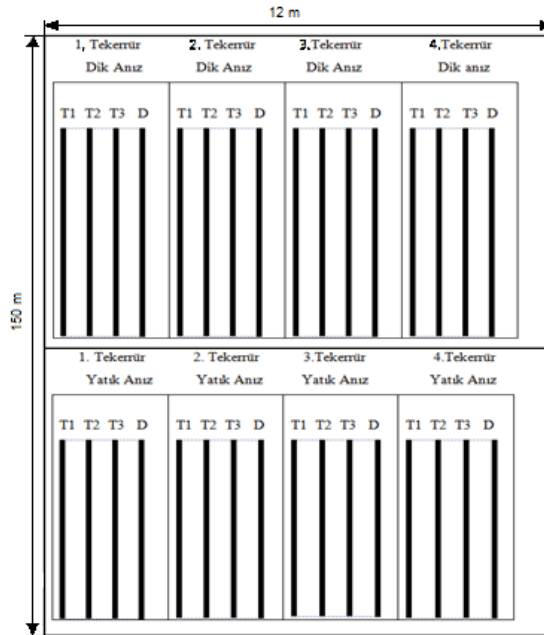
Disk çapı (a, mm)	380
Disk kalınlığı (mm)	3
Üst nokta diskler arası mesafe (c, mm)	39
Ön nokta diskler arası mesafe (d, mm)	20
Disk yön açısı (alfa, °)	5
Disk durum açısı (°)	4
Ayak çizici alanı (cm ²)	14



Şekil 5. Çalışmada kullanılan çizici açıcı ayakların görünümü

2.2. Yöntem

Üç farklı (115°, 120° ve 125° kanat açılı) ters T tipi çizici açıcı ayak ve bir adet çift diskli çizici açıcı ayağın tarla koşullarında ekim başarısını belirlemek için yapılan denemeler buğday hasadından sonra oluşturulan dik anızlı ve parçalanmış anızlı iki ana parsel üzerinde yürütülmüştür (Şekil 6). Denemelerde tohumluk olarak T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından sertifikalandırılmış 1000 dane ağırlığı 245 g ve küresellik katsayısı %62 olan SY Hydro hibrid mısır çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada ekim derinliği 5 cm, sıra üzeri tohum mesafesi 15 cm olarak ayarlanmış ve 4 km/h makine ilerleme hızında denemeler yapılmıştır. Her iki deneme parselinin anız yoğunluğu 1m²'lik demir çember ile üç tekerrürlü ve tesadüfü olarak belirlenmiştir. Anız yoğunlukları; dik anızlı parsellerde 522 g/m², parçalanmış anızlı parsellerde ise 503 g/m² olarak ölçülmüştür. Deneme parsellerinin her biri 3x75m boyutunda 4 tekerrürlü olarak planlanmıştır. Her tekerrür parselinde 4 ayrı ayak denemeye alınmış ve çalışma toplam 32 parsel üzerine kurularak mısır ekim yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Deneme deseni planı

Ekim makinasının performansını değerlendirmek için ayakların bitki çıkışı ve bitki dağılım düzgünlüğüne olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için her parselde ekim sonrası bitki sayımları ve sıra üzeri bitki aralığı ölçümleri yapılmıştır (Şekil 8). Bu sayım ve ölçümlerden ortalama bitki çıkış zamanı, çıkış oranı indeksi, bitki çıkış yüzdesi, ikizlenme oranı, boşluk oranı, kabul edilebilir bitki aralığı ve ortalama bitki aralığı değerleri hesaplanmıştır (Barut, 2008). Araştırma alanında oluşturulan 32 adet tesadüf deneme bloğundan alınan sonuçların istatistiki analizlerinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Deneme değişkenlerinin ortalamalar arası farklılıkları Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanarak belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 7. Dik anızlı (a) ve parçalanmış anızlı (b) deneme parselleri



Şekil 8. Tesadüfi olarak belirlenen sıra üzeri ölçümlerin yapıma görünümü

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda doğrudan ekim makinasında kullanılan farklı ayak tiplerinin ve anız koşullarının bitki çıkış zamanı üzerine %5 önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 5). En yüksek bitki çıkış zamanı iki farklı anız koşulunda da çift diskli çizi açıcı ayak tipinde olup en düşük değeri ise ters T 125° olan çizi açıcı ayakta bulunmuştur. Başka bir deyişle ters T 125° tipi çizi açıcı ayak ile yapılan ekimde bitki çıkışı diğer ayaklara göre daha kısa sürede (5.02 gün) gerçekleşmiştir. Dik anızlı parseller, anızın parçalanıp serildiği parsellere göre daha kısa sürede bitki çıkışı sağlamıştır.

Çizelge 5. Farklı çizi açıcı ayak ve anız koşullarının bitki çıkış zamanına etkisi

Ayak türü	Anız tipi	Ortalama (Gün)	St. Sapma
Çift Diskli	Dik Anız	5,3275	0,21930
	Parçalanmış Anız	5,8475	0,60566
	Ortalama	5,5875 a*	0,50505
Ters T 115°	Dik Anız	5,1925	0,28064
	Parçalanmış Anız	5,3450	0,34200
	Ortalama	5,2688 ab	0,30088
Ters T 120°	Dik Anız	5,0525	0,16276
	Parçalanmış Anız	5,3875	0,23543
	Ortalama	5,2200 ab	0,25917
Ters T 125°	Dik Anız	4,8975	0,14056
	Parçalanmış Anız	5,1550	0,41677
	Ortalama	5,0263 b	0,31915

*P<0,05

Ortalama çıkış oranı indeksi üzerine, çizi açıcı ayak ve anız interaksiyonunun istatistiksel olarak etkisi bulunmamıştır. Dik anızlı parsellerde çıkış oranı indeksi daha yüksek olmuştur. Çıkış oranı indeksi değerleri 1,07-1,38 arasında değişmiştir (Çizelge 6). En yüksek ortalama çıkış oranı indeksi (1,29 bitki/gün m) ile ters T 120° çizi açıcı ayakta, en düşük değer ise (1,13 bitki/gün m) çift diskli çizi açıcı ayakta bulunmuştur. Benzer sonuçlar Alshaheed (2019) tarafından da elde edilmiştir. Diğer yandan Turgut (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada doğrudan ekim makinasında kullanılan farklı ayak tipleri çıkış oranı indeksini istatistiksel olarak etkilemiştir.

Çizelge 6. Farklı çizi açıcı ayak ve farklı anız koşullarının çıkış oranı indeksine etkisi

Ayak türü	Anız tipi	Ortalama (bitki/gün m)	St. Sapma
Çift Diskli	Dik Anız	1,1918	0,10862
	Parçalanmış Anız	1,0650	0,17748
	Ortalama	1,1284 *	0,15214
Ters T 115°	Dik Anız	1,2400	0,15853
	Parçalanmış Anız	1,1975	0,13351
	Ortalama	1,2188 *	0,13757
Ters T 120°	Dik Anız	1,3750	0,03000
	Parçalanmış Anız	1,1700	0,12517
	Ortalama	1,2725 *	0,13823
Ters T 125°	Dik Anız	1,3450	0,07853
	Parçalanmış Anız	1,2425	0,12659
	Ortalama	1,2938 *	0,11186

*ns: Önemsiz (P<0,05)

Bitki çıkış yüzdesi üzerine anız durumunun istatistiksel olarak etkisi bulunmamıştır (Çizelge 7). En yüksek değer dik anız koşulunda ters T 120° çizi açıcı ayak (%94,75), parçalanmış anız koşulunda ters T 115° çizi açıcı ayakta olup (%93), en düşük değer ise dik anız koşulunda ters T 120° çizi açıcı ayakta (%89,75), parçalanmış anız koşulunda ise ters T 120° çizi açıcı ayakta (%90,5) bulunmuştur.

Çizelge 7. Farklı çizi açıcı ayak ve farklı anız koşullarının bitki çıkış yüzdesine etkisi

Ayak türü	Anız tipi	Ortalama (%)	St. Sapma
Çift Diskli	Dik Anız	90,2500	5,67891
	Parçalanmış Anız	89,0000	7,43864
	Ortalama	89,6250 *	6,16297
Ters T 115°	Dik Anız	91,2500	4,27200
	Parçalanmış Anız	93,0000	5,83095
	Ortalama	92,1250 *	4,82368
Ters T 120°	Dik Anız	94,7500	4,99166
	Parçalanmış Anız	90,5000	7,00000
	Ortalama	92,6250 *	6,06954
Ters T 125°	Dik Anız	89,7500	1,50000
	Parçalanmış Anız	91,0000	2,44949
	Ortalama	90,3750 *	1,99553

*ns: Önemsiz (P<0,05)

Farklı ayak tiplerinin ikizlenme oranı üzerine istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde önemli etkisi olmuştur (Çizelge 8). Çizi açıcı ayak tiplerine göre en yüksek ikizlenme oranı dik anız koşulunda (%9,39) ters T 125° çizi açıcı ayakta, en düşük değer ise dik anız koşulunda (%6,15) ters T 120° çizi açıcı ayakta bulunmuştur.

Çizelge 8. Farklı çizi açıcı ayak tipleri ve farklı anız koşullarının ikizlenme oranına etkisi

Ayak türü	Anız tipi	Ortalama (%)	St. Sapma
Çift Diskli	Dik Anız	7,9250	0,58523
	Parçalanmış Anız	4,3750	1,55858
	Ortalama	6,1500* a	2,18828
Ters T 115°	Dik Anız	7,3750	1,72892
	Parçalanmış Anız	8,3925	1,13758
	Ortalama	7,8838 ab	1,45996
Ters T 120°	Dik Anız	6,1800	0,57781
	Parçalanmış Anız	7,7100	1,48472
	Ortalama	6,9450 ab	1,32539
Ters T 125°	Dik Anız	9,3975	0,8880
	Parçalanmış Anız	8,2475	0,78763
	Ortalama	8,8225 b	0,99083

*P<0.01

Farklı ayak tiplerinin boşluk oranı üzerine istatistiksel olarak %5 önem seviyesinde önemli bir etkisi olmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 9. Farklı çizi açıcı ayak tipleri ve farklı anız koşullarının boşluk oranına etkisi

Ayak türü	Anız tipi	Ortalama (%)	St. Sapma
Çift Diskli	Dik Anız	6,9625	0,63537
	Parçalanmış Anız	7,1725	1,49322
	Ortalama	7,0675* a	1,06827
Ters T 115°	Dik Anız	8,6375	1,65800
	Parçalanmış Anız	5,0750	0,27538
	Ortalama	6,8563 ab	2,19926
Ters T 120°	Dik Anız	6,5575	0,20500
	Parçalanmış Anız	6,2275	1,45775
	Ortalama	6,3925 ab	0,97972
Ters T 125°	Dik Anız	9,9500	0,36968
	Parçalanmış Anız	6,5050	0,80683
	Ortalama	8,2275 b	1,93091

*P<0,05

Yapılan çalışmada en yüksek boşluk oranı değeri dik anız koşullarında (%9,95) ters T 125° tipi çizi açıcı ayakta, en düşük değer ise parçalanmış anız koşullarında (%5,1) ters T 115° tipi çizi açıcı ayakta bulunmuştur (Çizelge 9).

Farklı ayak tiplerinin kabul edilebilir bitki aralığı üzerinde istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde önemli bir etkisi olmuştur (Çizelge 10). Anız koşullarının kabul edilebilir bitki aralığı üzerinde istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde önemli bir etkisi olmuştur. Çalışmada dört farklı çizi açıcı ayak ve iki farklı anız koşullarında çizi açıcı ayak tiplerine göre en yüksek kabul edilebilir bitki aralığı oranı parçalanmış anız koşullarında (%86,6) çift diskli çizi açıcı ayakta, en düşük değer ise (%81,5) ile ters T 125° tipi çizi açıcı ayakta bulunmuştur. Turgut (2014) yaptığı araştırmada benzer sonuçlara ulaşmıştır.

Çizelge 10. Farklı çizi açıcı ayak tipleri ve farklı anız koşullarında kabul edilebilir bitki aralığı oranına etkisi

Ayak türü	Anız tipi	Ortalama (%)	St. Sapma
Çift Diskli	Dik Anız	85,0250	0,43493
	Parçalanmış Anız	88,6350	2,79798
	Ortalama	86,8300* ab	2,67576
Ters T 115°	Dik Anız	84,0900	3,08935
	Parçalanmış Anız	87,3075	1,49188
	Ortalama	85,6988 ab	2,82878
Ters T 120°	Dik Anız	88,5250	0,68981
	Parçalanmış Anız	87,2050	4,60486
	Ortalama	87,8650 a	3,12882
Ters T 125°	Dik Anız	81,5250	1,28160
	Parçalanmış Anız	85,2525	0,99617
	Ortalama	83,3888 b	2,25810

*P<0,01

Benzer sonuçlar Baker (2007) tarafından ortaya konmuş; ters T tipi ayakların tohum yatağında nemi diğer ayaklara göre daha iyi koruduğu vurgulanmıştır. Turgut (2014), yaptığı bir çalışmada ters T tipi çizi açıcı ayağı diskli ve çizel ayaklara göre bitki çıkış parametreleri açısından daha başarılı bulmuştur.

4. SONUÇLAR

Doğrudan ekim makinası çizi açıcı ayaklarının ekim başarısının araştırıldığı bu çalışmada gerek bitki çıkış parametreleri gerekse çıkış sonrası bitki dağılım düzgünlüğü açısından ters T tipi ayaklar çift diskli ayağa göre daha başarılı bulunmuşlardır. Ters T tipi ayaklar kendi içinde karşılaştırıldığında ise bitki çıkış parametreleri açısından 125° kanat açılı ters T, bitkilerin yatay dağılım düzgünlüğü açısından 120° kanat açılı ters T ayaklar daha başarılı sonuçlar vermiştir. Ters T tipi ayaklar ülkemiz açısından daha yeni olmasından dolayı bu ayaklara ilişkin:

- Farklı tohum çeşitleri ile,
- Farklı toprak koşullarında,
- Farklı ayak boyutu ve ölçülerinde araştırmalara gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

- Alsaheed M.A.A. 2019. Doğrudan ekim makinalarında diskli çizi açıcı ayakların çeki kuvveti gereksiniminin farklı kaplama uygulamaları ile iyileştirilme olanaklarının araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış, Doktora tezi.
- Barut, Z. B. 2006. Ekim Makinaları, Alınmıştır: Tarım Makinaları 2 (ed). Öztekin, S., Nobel Kitapevi, Adana, 408 s.
- Barut, Z. B. 2008. Seed coating and tillage effects on sesame stand establishment and planter performance for single seed sowing. Applied Engineering In Agriculture. 24(5): 565-571.
- Barut, Z.B. ve Çelik İ. 2009. Tillage effects on soil quality indicators in the semi-arid mediterranean coastal plain of Turkey. The Philippine Agricultural Scientist, 92(3): 290-300.
- Baker, Cj. Saxton, K.E. ve Ritchie, W.R. 1996. No-Tillage Seedin. Science and Practice. CAB International, University Press Cambridge. UK, 258 s.
- Choudhari, D. 2001. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills. Journal of Agricultural Engineering Research, 79(2): 125-137.
- Choudhury, S. G., Srivastava, S., Singh, R., Chaudhari, S. K., Sharma, D. K., Singh, S. K., ve Sarkar, D. 2014. Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice-wheat cropping system under reclaimed sodic soil. Soil and Tillage Research, 136: 76-83.
- Çelik, A. 2009. Anıza Doğrudan Ekim Makinalarının Performansına Etkili Faktörler. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 40 (2), 101-108,

- Karayel; D. 2009. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. *Soil and Tillage Research*, 104(1):121–125
- Karayel, D. ve Özmerzi, A. 2007. Doğrudan ekimde farklı gömücü ayak ve derinlik ayar sistemlerinin tarla filiz çıkışına etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 153-161.
- Tekin, M., Avcı, M., Çat, A. ve Akar, T. 2017. Dünyada ve Türkiye’de toprak işlemez tarımın durumu ve benimsenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 6(1): 22-34.
- Turgut, M.M. 2014. Doğrudan Ekim Makinalarında Çizi Açıcı Ayak Tipleri İçin Anlık Bası Yüklerinin Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adana.*
- Turgut, M.M. ve Barut, Z.B. 2015. The Instant Mean Downforce and Emergence Parameters for Furrow Opener Types on Direct Seeding Machine. *XXXVI CIOSTA CIGR Conference, 26-28 May, St Petersburg, Russia.*
- Önal, İ. 2006. Ekim-Dikim-Gübreleme Makinaları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 490, Bornova, İzmir, 219 s.*

Some Factors Affecting Flax Fiber Yield and Quality

Omsalma Alsadig Adam Gadalla¹ , Yeşim Benal Öztekin^{2,*} 

¹ University of Khartoum, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Khartoum, Sudan.

² Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Samsun, Turkey.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Y.B. Öztekin, e-mail (e-posta): yurtlu@omu.edu.tr

Article Info

Received date : 20 June 2020
Revised date : 02 December 2020
Accepted date : 02 December 2020

Keywords:

Fiber flax
Fiber quality
Retting process
Sowing date
Harvesting date

ABSTRACT

Flax (*Linum usitatissimum* L.) being an ancient crop, has performed a significant role throughout human history. Flax important come from the fact that it is high in fiber and omega-3 fatty acids as well as phytochemicals named lignans. The principal use of flax was industrial, manufacturing textiles from fiber and paints and varnishes from oil. However, in the last decades decline in flax cultivation has been due to research findings suggesting that the flax raw material provides a variety of industrial and health benefits. Flax fiber gains more and more applications, like in the automobile and construction industries as a recyclable composite material. Recent studies have focused on improving quality and increasing the productivity of flax fiber. In this work, depending on previous studies different factors that influence the quality and yield of fiber flax are presented. These include sowing date, sowing rate, harvest time, and retting process. Several sowing dates influence fiber quality and yield. Different aspects of retting process, with an explanation of retting water quality. Harvest fiber flax at mid-stages of maturity significantly affects the fiber yield and quality.

Reference / Atıf: Gadalla, O.A.A., Öztekin, Y.B., (2020). "Some Factors Affecting Flax Fiber Yield and Quality", Journal of Agricultural Machinery Science, 16(3): 35-38.

1. INTRODUCTION

There are various sources of plant fiber obtained from various parts of plant, such as the seeds (cotton, kapok, milkweed), stems (flax, jute, hemp, ramie, kenaf, nettle, bamboo), and leaves (sisal, manila, abaca), fruit (coir) and other grass fibres. Flax (*Linum usitatissimum* L.) as one of the oldest fibre crops in the world is the source of industrial fibers that currently processed in long-line and short-line fibers. Long line fiber is used in manufacturing high value linen apparel, while short staple fiber has historically been the waste from long line fiber and used for lower value products (Butorac et al., 2018).

Flax is among the oldest fiber crops in the world. The use of flax for the production of linen dates back 5 000 years. Flax is an erect annual plant that grows up to 120 cm tall, with slender stems. The leaves are alternate, grayish green, slender lanceolate, 2 to 4 cm long and 3 mm broad. The flowers are bright blue or white, 1.5 to 2.0 cm in diameter, with five petals. The fruit is a round, dry capsule, 5 to 9 cm in diameter, containing several glossy brown or yellow seeds shaped like an apple pip. The seeds are 4 to 7 mm long and become sticky when wet. The colour of the seeds depends on the variety. Flax is one of the few plant species capable of producing truly blue flowers, although not all flax varieties produce blue flowers. The flax plant has one short, branched taproot, which may extend to a depth of 1 m, with lateral roots stretching 30 cm. The life cycle of the flax plant consists of a 60 to 80-day vegetative period, 25 to 40-day flowering period and a maturation period of 40 to 60 days. Water stress, high temperatures and disease can shorten any of these growth periods.

1.1. Linseed

The linseed plant has a bushy nature and is about 80 cm high. Because a single inflorescence is produced on each branch, it has several branches in order to produce more seed. What makes the oil of linseed so exceptional is the Omega-3 fatty acid content. Linseed oil is possibly the most widely available botanical source of Omega-3. Alpha-linolenic acid (ALA) is the important Omega-3 fatty acid in linseed, which is of considerable benefit to humans and animals. Linseed varieties vary in their ALA content, from varieties with ALA content of 2 %, which makes them unsuitable for the Omega-3 market, to ALA-rich varieties (60 % ALA) which are extremely suitable for the Omega-3 human food and animal feed markets. Varieties with ALA content of 2 % compete with sunflowers for processing into margarine and cooking oil.

1.2. Fiber Flax

Fiber flax varieties are all almost unbranched and can reach a height of 1.2 m. Flax fiber consists of bundles of fibers or fiber strands. Each bundle consists of 10 to 40 individual fibers that are about 30 mm long and 0.02 mm in diameter. These flax fibers are bound together end to end by pectin to form bundles and a strand is 60 to 90 cm long. Flax fiber consists of 43 to 47 % cellulose and 21 to 23 % lignin and is soft and supple but not as flexible as cotton or wool. Flax fiber is stronger than cotton fiber, rayon and wool, but weaker than ramie.

2. FACTORS AFFECTING YIELD AND QUALITY OF FLAX FIBER

2.1. Climate Conditions

The commercialized European varieties are spring varieties adapted to seaside climate and long days. The flax does not tolerate negative temperatures in the beginning of the growth and, on the contrary, high temperatures accelerate maturity of flax and the elongation of fiber does not appear and the quality is reduced (Butorac et al., 2010). Seedlings can withstand a temperature of -4 °C, but very high temperatures (exceeding 32 °C) shorten flowering, thereby affecting seed yield.

Flax and linseed can be grown under irrigated and rain fed conditions. Under rain fed conditions, flax and linseed need 450 to 750 mm of rain spread evenly through the growing season.

2.2. Soil Requirement

Flax/linseed can be cultivated successfully in the same types of soil that are suitable for wheat. The best soils, apart from the alluvial kind, are deep friable loams that contain a large part of organic matter and have a pH ranging between 5 and 7. Heavy clays are unsuitable, as are soils of a gravelly or dry, sandy nature.

2.3. Sowing Date

Flax is normally planted in the winter rainfall areas from mid-May to mid-June after the first winter rains. Planting time is very important and late planting (later than mid-June) can reduce the yield considerably (Grant and Bailey, 1993).

Early-sown flax generally results in the highest yields, highest oil content and best straw quality (Easson and Long, 1992). Study the effect of sowing date on fiber yield and quality of Flax (*Linum usitatissimum* L.) and he states that, Sowings on 12 April and 26 April produced higher straw and fiber yields and had higher fiber quality than earlier or later sowings under good soil conditions. Field establishment is sensitive to the soil conditions following sowing (Easson and Long, 1992).

2.4. Sowing Rate

Fiber flax varieties are sown at 65 kg/ha, while linseed is sown at 50 kg/ha. This lower plant population allows the plant room to form an abundance of branches. After reaching the two-leaf stage and hardening by exposure has taken place, seedlings can withstand temperatures as low as -4 °C for short periods without damage. Flax should be sown shallowly, 2.5 to 4.0 cm deep, in rows 15 to 20 cm apart. In the case of zero-tillage practices a row spacing of up to 30 cm is acceptable (Berglund and Zollinger, 2002; Easson and Long, 1992). State that plant counts of about 1800/m² are a suitable compromise between high fiber yield and quality.

The harvest time of fiber flax is influenced by climatic conditions, varieties, stages of maturity and the crop's final use. In addition, the time of harvesting of fiber flax affects the quality of the fibers. Harvesting may be performed at three stages of crop development: (a) when the flowers begin to appear; (b) when the plants are in full flower or fruit; (c) when all the plants are fully mature. Harvesting is usually carried out at the second stage when about half of the plants have fully developed fruit. The yield then is good and the quality of fiber is excellent (Das et al., 2014; Butorac et al., 2018). Presents in his study the effect of three stages of maturity (Green, Yellow, and full ripening) on the agronomic traits (stem yield, stem yield after retting, total fiber yield, share of total fiber, long fiber yield, share of long fiber) and quality of flax fiber. According to his results of the two-years research into the agronomic traits of fiber flax, significant differences were established among the stages of maturity under his study and The highest values of investigated traits were recorded when the fiber flax were harvested in the green ripening. it is necessary to indicate that harvesting at the first stage may result in lower seed, stem and fiber yields (Van Sumere, 1992). In addition, during retting and scotching, several problems, such as uneven retting and difficulties in removing the shives may occur. By the second stage of maturity, all fibers in the stem have formed, and as a result, flax should be preferentially harvested at this stage or the third stage.

Fiber fineness, length and strength are the most important processing properties and determine the quality and suitability of flax fibers as a textile raw material for yarn and fabric manufacturing. Harvesting of flax at different maturities provides a diversity of products. Flax that is harvested too early – (green) - produces very fine but weak fibers. On the other hand, in (over-mature flax, the stems) are strong but brittle and produce too high a proportion of undesirable short fibers (Ahmad et al., 1984). When the flax is yellow, the fibers are long and supple, and therefore ideal for further processing. Therefore, the finest fibers are obtained by harvesting the crop following a full flowering with the stem and leaves green or at medium fiber fineness when half to a third of the seed bolls are yellow and brown with fully developed seeds (Muir and Westcott, 2003).

2.5. Retting Process

2.5.1. Dew retting

It is most effective in climates with heavy night-time dews and warm daytime temperatures. In this procedure, the harvested stalks are windrowed in the field, where the combined action of bacteria, sun, air, and dew produces fermentation, dissolving much of the stem material surrounding the fiber. Within two to three weeks, depending upon climatic conditions, the fiber can be separated. Dew-retted fiber is generally darker in color and of poorer quality than water retted fiber. Dew retting is usually less uniform than the water retting. It is affected by the fungal colonization along the plant stems (Akin et al., 1998). Moreover; there is risk of over-retting due to the proliferation of cellulolytic fungi (Henriksson et al., 1997). Microbiological retting in water bodies is the cheapest and it is widely practiced method for the commercial extraction of jute fibers in Asian countries (Munshi and Chattoo, 2008).

2.5.2. Water retting

Bundles of stalks are submerged in water. The water, penetrating to the central stalk portion, swells the inner cells, bursting the outermost layer, thus increasing absorption of both moisture and decay-producing bacteria. Retting time must be carefully judged; under-retting makes separation difficult, and over-retting weakens the fiber. Natural water retting employs stagnant or slow-moving waters, such as ponds, bogs, and slow streams and rivers. The stalk bundles are weighted down, usually with stones or wood, for about 8 to 14 days, depending upon water temperature and mineral content. Tank retting; allows greater control and produces more uniform quality. The process, usually employing concrete vats, requires about four to six days and is feasible in any season. In the first six to eight hours, called the leaching period, much of the dirt and colouring matter is removed by the water, which is usually changed to assure clean fiber. Waste retting water, which requires treatment to reduce harmful toxic elements before its release, is rich in chemicals and is sometimes used as liquid fertilizer (Pari et al., 2015).

2.5.3. Retting Water

Water plays a dominant role in determining the quality of the fiber. Several physico-chemical properties of water, namely; pH, hardness, metal contents, and microbial parameters play important role for obtaining good quality fiber (Ahmad et al., 2003). Retting is a biochemical process in which a series of reactions occurring water. Analysis of retting water revealed the presence of decomposed products such as organic acids (acetic, lactic, butyric, ketoglutaric, etc.), acetone, ethyl alcohol, butyl alcohol, and various gases. Accumulation of organic acids and other products released during retting causes hindrance to the growth and activity of the microorganisms in stagnant water. Retting does not produce any toxic substances, and the materials released during the process are fully biodegradable. However, the quality of water after retting becomes degraded temporarily. The microbial load increases excessively and the water becomes discolored (Haque et al., 2002). Very fast moving water removes the materials released during retting quickly, but it carries away the microbial population along with it (Munshi and Chattoo, 2008). During retting, a bacterial succession occurs: the first to grow is aerobic bacteria, which by consuming all the oxygen present creates an anaerobic environment for the anaerobic bacteria to grow (Tamburini et al., 2004). In areas where water is scarce, retting is carried out in same water bodies repeatedly. In those cases, good-quality fiber is obtained in first few charges, but with a progress of retting, fiber quality deteriorates (Biswas, 2005). Retting is best carried out in slow moving clear water (canal, river, etc.) with low contents of iron and calcium. The presence of iron, particularly ferrous iron, is not desirable as it imparts a dark colour to the fiber.

3. CONCLUSION

The quality and yield of fiber flax can be controlled by:

- 1\ proper practice of cultivation,
- 2\ harvester should preserve the fiber quality during harvest operation: like controlling the harvesting rate and speed, in addition to product moisture content should match the moisture content that required at harvesting time.
- 3\ Retting time must be carefully judged.

Further researches and different harvesting technologies are needed due to high heterogeneity among crops.

REFERENCES

- Ahmad, M.,Jamil, N.,Hanif, N., Saeed, M., 1984. Quality characteristics of various flax (*Linum usitatissimum*) fibres as affected by maturity. *Pakistan. J. Agric. Res.*, 5: 18-22.
- Ahmed, Z., Haque, M.S., Akhter, F., Begum, M., 2003. Study of the chemical composition of different pipeline varieties of jute fibres. *Pakistan J. Biol. Sci.*,6(16): 1463-1467.
- Akin, D., Rigsby, L.L., Henriksson, G., Eriksson, K.E., 1998. Structural effects on flax stems of three potential retting fungi. *Textile research journal.*,68(7): 515-519.
- Berglund, D. R., Zollinger, R.K.,2002. "Flax production in North Dakota." <https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/5284/a1038.pdf?sequence=1>, Acces date: 15.06.2020.
- Biswas, S., 2005. *Jute Cultivation in India/Theory and Practices.*, Kalyani Publishing.
- Butorac, J., Brunšek, R., Augustinović, Z., Pospišil, M., 2018. The influence of stages of maturity on the agronomic traits of fibre flax introduced varieties. *Journal of Central European Agriculture.*, 19(1): 142-152.
- Butorac, J., Pospišil, M., Mustapić, Z., Duvnjak, I., 2010. Estimation of agronomic and morphological traits of fiber flax varieties without and with topdressing by nitrogen. *Sjemenarstvo.*, 26(3-4): 119-129.
- Das, B., Chakrabarti, K., Tripathi, S., Chakraborty, A., 2014. Review of some factors influencing jute fiber quality. *Journal of Natural Fibers.*, 11(3): 268-281.
- Easson, D., Long, F., 1992. The effect of time of sowing, seed rate and nitrogen level on the fibre yield and quality of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Irish Journal of Agricultural and Food Research.*, 163-172.
- Grant, C., Bailey, L., 1993. Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science.*, 73(3): 651-670.
- Haque, M. S., Ahmed, Z., Akhter, F., Asaduzzaman, M., Rahman, M.M., Hannan, M., 2001. Comparative studies of retting properties of different released varieties of jute. *OnLine J. Biol. Sci.* , 998-1000.
- Haque, M.S., Ahmed, Z., Asaduzzaman, M., Quashem, M., Akhter, F., 2002. Distribution and activity of microbial population for jute retting and their impact on water of jute growing areas of Bangladesh. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 5(6): 704-706.
- Henriksson, G., Akin, D.E., Hanlin, R.T., Rodriguez, C., Archibald, D.D., Rigsby, L.L., Eriksson, K., 1997. Identification and retting efficiencies of fungi isolated from dew-retted flax in the United States and europe. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63(10): 3950-3956.
- Muir, A. D., Westcott, N.D., 2003. *Flax: the genus Linum.*, CRC press.
- Munshi, T. K., Chattoo, B.B., 2008. Bacterial population structure of the jute-retting environment. *Microbial ecology.*, 56(2): 270-282.
- Pari, L., Baraniecki, P., Kaniewski, R., Scarfone, A., 2015. Harvesting strategies of bast fiber crops in Europe and in China. *Industrial crops and products.*, 68: 90-96.
- Tamburini, E., León, A.G., Perito, B., Candilo, M.D., Mastromei, G., 2004. Exploitation of bacterial pectinolytic strains for improvement of hemp water retting. *Euphytica.*, 140(1-2): 47-54.
- Van Sumere, C., 1992. *Retting of flax with special reference to enzyme-retting. The biology and processing of flax.*, M publications: 153-193.

Katmanlı İmalat Teknolojileri Konusunda Yapılan Uluslararası Bilimsel Yayınlar için Güncel Durum İncelemesi

Review of Current Situation for International Scientific Publications on Additive Manufacturing Technologies

H. Kürşat Çelik^{1,*}, Gökhan Kunt¹, İbrahim Akıncı¹

¹ Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H.K. Çelik, e-mail (e-posta): hkcelik@akdeniz.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 16 Ekim 2020
Düzeltilme tarihi : 30 Ekim 2020
Kabul tarihi : 31 Ekim 2020

Anahtar Kelimeler:

Katmanlı imalat
Hızlı imalat
Hızlı Prototipleme
Hızlı Takım/Kalıp Üretimi
3B Yazıcılar
Tarım Makineleri

ÖZET

Son yıllarda, bilgisayar destekli mühendislik ve katmanlı imalat teknolojileri birçok farklı makine tasarım ve imalat alanlarında aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu tip teknolojiler ile ilgili bilimsel nitelikli araştırmaların ve imalata yönelik pratik uygulamaların sayısının özellikle ülkemiz tarım makineleri tasarımı ve imalatı alanında oldukça sınırlı sayıda kaldığı görülmektedir. Bu bağlamda söz konusu teknolojinin güncel durumunun ortaya konmasının ve yapılan bilimsel çalışmaların eğilimlerinin belirlenmesinin tarım makineleri tasarımı ve imalatı araştırma alanı özelinde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, katmanlı imalat teknolojileri alanında yapılmış olan uluslararası bilimsel yayın çalışmalarının güncel durumunun ortaya konması amacıyla uluslararası bir bilimsel yayın veri tabanı (Web of Science) kapsamında ilgili anahtar kelimeler ile detaylı bir kaynak taraması yapılmıştır. Katmanlı imalat teknolojilerinin mevcut durumunu ve konu ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların genel eğilimlerini belirlemek amacı ile içerik analizi tekniği kullanılmıştır. Katmanlı imalat teknolojileri konusunda yapılan uluslararası bilimsel yayınların ve yapılan çalışmaların Türkiye'deki durumu değerlendirmeye alınmıştır. Katmanlı imalat teknolojilerinin ülkemizdeki durumu incelendiğinde, özellikle 2018 yılında yapılan çalışmaların, diğer yıllara kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. Ancak bu alanda çok sayıda çalışmaların yapıldığı Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Almanya gibi ülkelere göre ülkemizde yeterli sayıda çalışma yapılmadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde, tarım makineleri tasarımı ve imalatı araştırma alanı ile alakalı hiçbir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu durum tarım makineleri araştırma alanı özelinde katmanlı imalat konuları üzerine odaklanılması gerektiğinin açık bir şekilde göstergesi olmaktadır.

Article Info

Received date : 16 October 2020
Revised date : 30 October 2020
Accepted date : 31 October 2020

Keywords:

Additive manufacturing
Rapid manufacturing
Rapid prototyping
Rapid tooling
3D printers
Agricultural Machinery

ABSTRACT

In recent years, computer aided engineering and additive manufacturing technologies are actively used in many different product design and manufacturing areas. However, it is seen that the number of scientific publications and practical applications related to this manufacturing technology remain in a limited number, especially in the field of agricultural machinery design and manufacturing in Turkey. In this point, it is understood that revealing the current state of the additive manufacturing technology and determining the trends of scientific studies are important in the field of research and design of agricultural machinery. In this study, in order to reveal the current status of international scientific publication studies in the field of additive manufacturing technologies, a detailed literature search was conducted with the relevant keywords within the scope of an international scientific publication database (Web of Science). Content analysis technique was used to determine the current status of additive manufacturing technologies and the general tendencies of scientific studies on the subject. Assessment of the international and Turkey addressed scientific publications on additive manufacturing technologies and research studies was realised. When the state of additive manufacturing technologies in Turkey was analysed, it was seen that especially the studies carried out in 2018 increased compared to other years. However, it has been observed that there are not enough studies in Turkey relative to countries such as America, China and Germany where many studies have been carried out in this field. When the findings are analysed, no studies related to the field of research and design of agricultural machinery have been found. This clearly states that the agricultural machinery research area should focus on additive manufacturing technologies in order to enlarge the competitiveness capability in design and manufacturing.

1. GİRİŞ

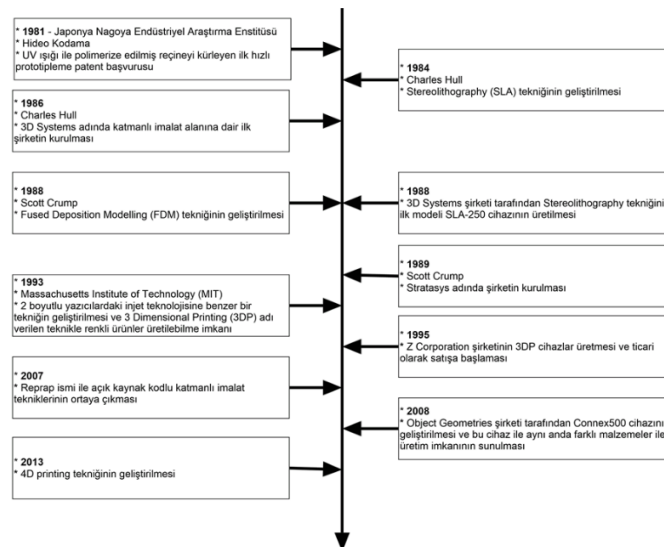
Geleneksel yöntemlerle kavram (konsept) tasarımı bitmiş ürünler için prototip oluşturmak, yeni tasarımı onaylanmış veya tasarımı güncellenmiş bir ürünü üretmek oldukça maliyetli ve zaman alıcı olabilmektedir. Bu kapsamda daha kısa tasarım ve imalat zamanı, karmaşık yapıdaki bir ürünü üretim kolaylığı, daha düşük tasarım ve imalat maliyetleri vb. gibi avantajları nedeniyle, ileri düzey imalat teknolojilerinden biri olan ve birçok alanda geleceğin imalat teknolojilerinden biri olarak öngörülen katmanlı imalat teknolojileri; genel makine imalatı, medikal, havacılık, otomotiv, savunma sanayi, sanat, mimari, moda tasarımı, gıda vb. gibi birçok alanda aktif olarak kullanılmaya başlanmış, diğer alanlara doğru hızlı bir yayılma ve ilerleme eğilimi göstermektedir. Katmanlı imalat teknolojileri bahsi geçen makine imalat alanlarında öncelikli araştırma faaliyetleri arasında yerini almıştır. Ancak Türkiye ölçeğinde, tarım makineleri tasarımı ve imalatı alanında yapılan bilgisayar destekli tasarım/mühendislik, tersine mühendislik, katmanlı imalat ve üç boyutlu (3D) yazıcı teknolojileri ve uygulamaları ile ilgili konularda sınırlı sayıda bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanılmıştır. Özellikle katmanlı imalat teknolojileri konusunun tarım makineleri sektöründe henüz aktif olarak yer almaması, teorik altyapıdaki bilgi (know-how) eksiklikleri, yetişmiş eleman eksikliği, bu konu hakkında alana özgü literatür kaynağının yok denecek kadar az olması gibi kısıtlar, katmanlı imalat teknolojilerinin alana özgü uygulama kabiliyetinin araştırılması üzerine odaklanılması gereken bir konu olduğunu göstermektedir. Bu durum, yapılan bu çalışmada öncelikli motivasyon kaynağı olmuştur. Çalışmada öncelikli katmanlı imalat konusunda açıklayıcı özet bilgiler derlenmiş ve katmanlı imalat teknolojileri alanında yapılmış olan uluslararası bilimsel yayın çalışmalarının güncel durumunun ortaya konması amacıyla uluslararası bir bilimsel yayın veri tabanı (Web of Science) kapsamında ilgili anahtar kelimeler ile detaylı bir kaynak taraması yapılmıştır.

1.1. Katmanlı İmalat

Günümüz imalat sektörü malzeme, mühendislik, yazılım ve lazer işleme teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde üç boyutlu katı model esaslı dijital tasarımların polimer, metal ve seramik gibi malzemelerden katmanlı bir şekilde somut ürünlerin imal edilebildiği bir yöntemle tanışmıştır. Bu yöntem, "katmanlı imalat" (AM: Additive Manufacturing) olarak literatüre girmiş ve günümüzde birçok farklı alana özgü ürünlerin prototip ve/veya nihai ürün olarak üretilmesine imkân sağlamıştır (Yalçın ve Ergene 2017). Katmanlı imalat, üç boyutlu bir bilgisayar destekli tasarım (CAD: Computer Aided Design) modelinin, stereolitografi (STL: Stereolithography) adı verilen üçgenel kafes yüzeyli bir modele dönüştürülerek özel yazılımlar ile katmanlara dilimlendikten sonra tabandan başlayarak, ürünün katmanlar halinde polimer, metal, seramik gibi belirli hammaddelerden imal edilmesi işlemidir. Katmanlı imalat yöntemlerinde üretilmek istenen obje, bilgisayar ortamında uygun biçimde modellenmekte, elde edilen model gerekli dilimleme ve düzenleme işlemlerinin ardından katmanlı imalat cihazına gönderilmektedir. Daha sonra cihaz, üretimde kullanılacak ham maddeyi katmanlar halinde işleyerek üretilmek istenen objeyi meydana getirmektedir (Zhang ve Jung 2018). Katmanlı imalat teknolojileriyle, geleneksel yöntemler ile üretilmesi imkânsız, karmaşık yapıdaki cisimler üretilebilmektedir (Wong ve Hernandez 2012). Katmanlı İmalat talaş kaldırma prensibinin tam tersi olarak 3D dijital model verilerinden yararlanarak uygun malzemeleri katmanlar halinde birleştirerek 3D objelerin inşa edildiği işlemler bütünüdür (ASTM F2792-12a).

1.2. Katmanlı İmalat Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi

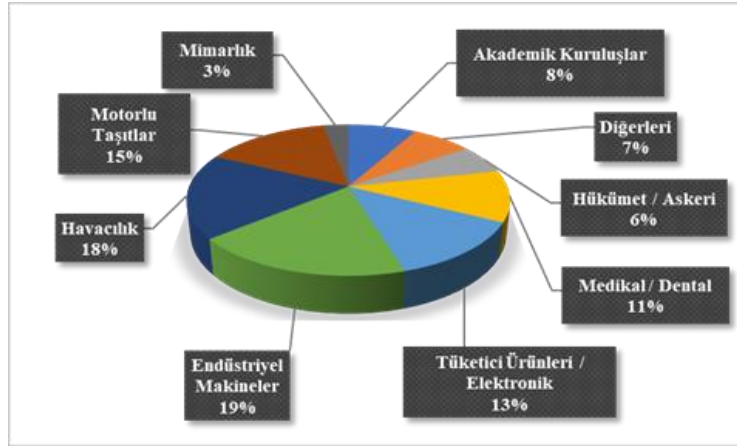
1980'lerin başlarında başlamış olan katmanlı imalat teknolojileri ilk yıllarda prototip üretmek amacıyla hayatımıza girmiş olsa da bilgisayar, yazılım, malzeme üretimi, lazer işleme gibi teknolojilerin gelişmesiyle günümüzde prototipin dışında doğrudan nihai ürün üretim teknolojileri olarak da kullanılabilir. Katmanlı imalat teknolojilerinin kronolojik gelişim süreci Şekil 1'de gösterilmektedir (Arcam, 2014; Gebhardt 2011; Sames vd. 2016).



Şekil 1. Katmanlı imalat teknolojileri kronolojik gelişim süreci

1.3. Katmanlı İmalat Teknolojileri Kullanım Alanları

Katmanlı imalat teknolojileri günümüzde her türlü imalat ve prototip uygulamalarında, medikal-dental implant yapımında, kavramsal modellemede, doğrudan parça üretimi ve hızlı döküm kalıbı imalatında, metal parça veya üretilecek olan bir ürünün ilk örneğini teşkil edecek şekilde prototip üretiminde, mimari yapı uygulamalarında, uzay-otomotiv sanayinde, takı sektörü gibi detay gerektiren ürünlerin doğrudan veya prototipinin üretiminde ve eğitim amaçlı her türlü somut modelin imalatı gibi daha birçok alanda kullanılmaktadır (Çelik vd. 2013). Kullanılan alanların dağılımları teknolojinin sektörel eğilimini değerlendirmek adına önemli olmaktadır (Nadasbaş 2018). Wohlers report tarafından 2017 yılında yayımlanan “Endüstrinin 3D Yazdırma ve Katmanlı İmalat Durumu (3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry)” isimli raporda yer alan katmanlı imalat teknolojisinin sektörlere göre kullanım oranları Şekil 2’de verilmiştir (Wohlers Report 2017).



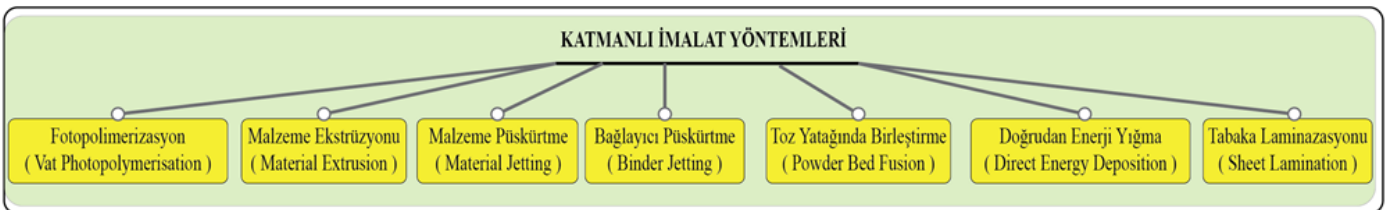
Şekil 2. Katmanlı imalat teknolojilerinin sektörlere göre kullanım oranları

1.4. Katmanlı İmalat Teknolojileri İşlem Basamakları

Katmanlı imalat teknolojilerinde birçok üretim yöntemi olmasına rağmen temel işlem basamakları çoğunlukla birbirine benzerlik göstermektedir bu işlem basamakları şu şekilde tanımlanabilir: Üç Boyutlu (3D) Dijital Modelin Oluşturulması (1); 3D Modelinin STL Formatına Dönüştürülmesi (2); STL Dosyasının Katmanlara Bölünmesi ve Üretim Parametrelerin Ayarlanması (3); Ürünün Katmanlar Halinde İnşa Edilmesi (4); Temizleme ve Son İşlemler (5) (Poyraz ve Kuşhan 2017; Yalçın ve Ergene 2017; Olgun ve Yılmaz 2014; Demir vd. 2018).

1.5. Katmanlı İmalat Yöntemleri

Katmanlı imalat teknolojilerinde kullanılan birçok farklı yöntem olmasına karşın ortak özellikleri, hammaddenin katmanlar halinde üst üste eklenerek dijital modelin somut bir üç boyutlu fiziksel nesneye dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. ISO/ASTM 52900: 2015 standartlarına göre katmanlı imalat yöntemleri toplamda 7 grupta kategorize edilmiş ve standartlaştırılmıştır (Şekil 3) (ISO/ASTM 52900: 2015).



Şekil 3. Katmanlı imalat yöntemleri

1.6. Katmanlı İmalat Yöntemlerinde Kullanılan Hammaddeler

Katmanlı imalat cihazlarında üretim için kullanılan hammaddeler genel olarak üç farklı formda bulunmaktadır. Bunlar katı, sıvı ve toz şeklindedir. Malzeme seçimi, üretilecek olan ürünün istenilen özelliklere uygun olmasını sağlamak için oldukça önemli bir faktördür (Şahin ve Turan 2018). Ayrıca Çizelge 1’de ASTM standartlarına göre 7 ana kategoriye ayrılmış olan katmanlı imalat teknolojilerinde üretim malzemesi olarak kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerin malzeme formu listelenmiştir.

Çizelge 1. Katmanlı imalat teknolojileri üretim hammaddeleri ve hammadde formları

Katmanlı İmalat Tekniği	Üretim Malzemesi (Hammadde)	Üretim Malzemesi Formu
Fotopolimerizasyon (<i>Vat Photopolymerisation</i>)	Polimer (Fotopolimer)	Sıvı reçine
Malzeme Ekstrüzyonu (<i>Material Extrusion</i>)	Polimer	Katı (Filament)
Malzeme Püskürtme (<i>Material Jetting</i>)	Polimer (Fotopolimer)	Sıvı reçine
Bağlayıcı Püskürtme (<i>Binder Jetting</i>)	Metal, Seramik, Polimer	Toz
Toz Yatağında Birleştirme (<i>Powder Bed Fusion</i>)	Metal, Polimer	Toz
Doğrudan Enerji Yığıma (<i>Direct Energy Deposition</i>)	Metal	Toz veya Tel
Tabaka Laminasyonu (<i>Sheet Lamination</i>)	Metal, Polimeri Kağıt	Katı (Tabaka)

1.7. Katmanlı İmalat Teknolojilerinin Sınırlamaları

Katmanlı imalat teknolojilerinin kullanım alanının geniş olması, zaman maliyet açısından fayda sağlaması, karmaşık yapıdaki ürünlerin üretilebilir olması gibi sayısız avantajlarının yanı sıra geliştirilmesi gereken bazı sınırlamaları da mevcuttur. Bu sınırlamalar şu şekilde sıralanabilir: Üretim süresi (1); Yüzey pürüzlülüğü (2); Ürün boyutu (3); Malzeme Sınırlılığı (4); Kötüye kullanım olasılığı (5).

1.8. Katmanlı İmalat Teknolojileri Üretim Hataları

Katmanlı imalat teknolojileri ile üretim esnasında bazı istenmeyen durumlar ve nesnelere üretim hataları meydana gelebilmektedir. Bu hatalar, üretim yapan cihaz, malzeme, ürün geometrisi veya üretim parametrelerinin doğru ayarlanmaması gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. Katmanlı imalat teknolojileri için üretim hataları; Filamentin tablaya yapışmaması (1); Katmanlar arasında boşlukların oluşması (2); Katmanlar arası fazla ekstrüzyon (3); Üretilen objenin üst katmanlarında oluşan boşluklar (4); Katman kayması (5); Ürün geometrisinde oluşan çarpılma (6) şeklinde sıralanabilir (elektromanyetik.com; simplify3d.com).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Literatür İnceleme Modeli

Katmanlı imalat teknolojilerinin güncel durumunun belirlenmesi için içerik analizi gerçekleştirilmiştir. İçerik analizi, belli bir konu üzerine yapılan çalışmaların kodlanarak nicelleştirilmesi/sayılaştırılması olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımlamaya göre içerik analizi; sözel olmayan dokümanı nicel verilere dönüştürmektir. İçerik analizi, metodolojik araç ve teknikler bütünü, kontrollü yorum yapma, nesnel, sistematik ve nicel yollardan betimleme, önceden belirlenmiş ölçütlere göre inceleme, anlam çıkarma, açık talimatlara göre nicelleştirme işlemi, niteli nicele dönüştüren bir işlem, kavramların ölçülmesi ve belirli bir anlam çıkarılması için kategorilere ayırma olarak tanımlanmaktadır (Aslan ve Tavşancıl 2001). Bu bağlamda yapılan bu çalışmada kapsamında, katmanlı imalat teknolojilerinin mevcut durumunu ve konu ile ilgili yapılan çalışmaların genel eğilimlerini belirlemek amacı ile içerik analizi en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir.

2.2. Verilerin Toplanması ve Araştırma Sınırlılıkları

Veriler Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilmiştir. Web of Science, tüm bilim dünyası tarafından kabul gören ve özellikle fen bilimleri alanındaki araştırmalarda oldukça hassas sonuçlar veren, güvenilir, bilimsel bir veri tabanıdır (Bakkalbasi vd. 2006). Bu nedenle araştırmalar için Web of Science veri tabanı seçilmiştir. Yapılan bu çalışmada, veri tabanında araştırma yapmak amacıyla çalışma konusu ile alakalı beş farklı anahtar kelime belirlenmiştir. Bu anahtar kelimeler; katmanlı imalat (additive manufacturing), hızlı imalat (rapid manufacturing), hızlı prototipleme (rapid prototyping), hızlı takım (rapid tooling), 3B yazıcılar (3D printers) şeklindedir. Ayrıca bu tarama çalışmasında yedi adet tarama sorusuna cevap aranmıştır. Bu sorular aşağıda verilmiştir. Aramalar İngilizce dilinde yapılmıştır. Belirlenen anahtar kelimeler kullanılarak yapılan taramalarda aşağıda maddeler halinde belirtilen sınırlılıklar uygulanmıştır.

- ❖ Araştırma "Web of Science" veri tabanı ile sınırlandırılmıştır.
- ❖ Araştırma 2014-2018 yılları arasındaki 5 yıl içinde basılan çalışmalarla sınırlandırılmıştır.
- ❖ Araştırmada belirlenen anahtar kelimeler, sadece yapılmış çalışmaların başlıklarında aranacak şekilde sınırlandırılmıştır.
- ❖ Araştırmaya genişletilmiş bilim atıf indeksi (SCI-Expanded), konferans bildirimleri atıf indeksi (CPCI-S) ve gelişen kaynaklar atıf indeksi (ESCI) türünden çalışmalar dahil edilmiştir.
- ❖ Araştırmaya belirtilen veri tabanındaki makale (article), bildiri (proceedings paper) ve literatür taraması-derleme (review) türünden çalışmalar dahil edilmiştir.

Çalışmada cevap aranan tarama soruları aşağıda sıralanmıştır.

Tarama Sorusu-1: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların bilim kategorilerine göre dağılımı nasıldır?

Tarama Sorusu-2: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı nasıldır?

Tarama Sorusu-3: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yayın tiplerine göre dağılımı nasıldır?

Tarama Sorusu-4: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yayınlandığı ülkelere göre dağılımı nasıldır?

Tarama Sorusu-5: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların araştırma alanlarına göre dağılımı nasıldır?

Tarama Sorusu-6: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yayınların yapıldığı kuruluşlara göre dağılımı nasıldır?

Tarama Sorusu-7: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların Türkiye'deki durumu nedir?

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Katmanlı imalat teknolojilerinin güncel durumu ve yapılan çalışmaların genel eğilimlerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu bölüm kapsamında, Web of Science veri tabanında, belirtilen kısıtlamalar ve anahtar kelimeler göz önünde bulundurularak 2014-2018 yılları arasında (5 yıl) yapılan taramada toplamda 3938 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanılmıştır. Bu çalışmaların belirtilen anahtar kelimelere göre dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular, çalışmanın başında belirtilen araştırma sorularına göre grafikler halinde sunulmuş ve bu sorulara cevap aranmıştır. Ancak bir çalışma birden fazla alanda değerlendirilebilmesi nedeniyle bazı grafiklerdeki verilen toplam çalışma sayısı, belirtilen toplam sayıdan farklılık gösterebilmektedir.

Çizelge 2. Web of Science veri tabanından elde edilen çalışma sayılarının belirlenen anahtar kelimelere göre dağılımı

Anahtar Kelimeler	Çalışma Sayıları (adet)
Katmanlı İmalat (<i>Additive Manufacturing</i>)	3114
Hızlı İmalat (<i>Rapid Manufacturing</i>)	44
Hızlı Prototipleme (<i>Rapid Prototyping</i>)	650
Hızlı Takım/Kalıp Üretimi (<i>Rapid Tooling</i>)	36
3B Yazıcılar (<i>3D Printers</i>)	94
Toplam	3938

3.1.Tarama Sorusu-1: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların bilim kategorilerine göre dağılımı

"Additive manufacturing" (katmanlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 3114 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan anabilim dallarına göre dağılımı Şekil 4.A'da verilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere multidisipliner malzeme bilimi 1057 adet, imalat mühendisliği 930 adet ve makine mühendisliği 561 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid manufacturing" (hızlı imalat) anahtar kelimesi kullanılarak yapılan 44 adet çalışmanın anabilim dallarına göre dağılımı Şekil 4.B'de verilmiştir. Bu bağlamda multidisipliner malzeme bilimi 13 adet, imalat mühendisliği 12 adet ve makine mühendisliği 9 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid Prototyping" (hızlı prototipleme) anahtar kelimesi kullanılarak yapılan 650 adet çalışmanın anabilim dallarına göre dağılımı Şekil 4.C'de verilmiştir. Verilen grafikte gösterildiği üzere, elektrik elektronik mühendisliği 153 adet, multidisipliner malzeme bilimi 106 adet ve makine mühendisliği 85 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid tooling" (hızlı takım) anahtar kelimesi kullanılarak yapılan 36 adet çalışmanın anabilim dallarına göre dağılımı Şekil 4.D'de verilmiştir. Verilen grafikte gösterildiği üzere, üretim mühendisliği 13 adet, multidisipliner malzeme bilimi 12 adet ve makine mühendisliği 8 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"3D printers" (3B yazıcılar) anahtar kelimesi kullanılarak yapılan 94 adet çalışmanın anabilim dallarına göre dağılımı Şekil 4.E'de verilmiştir. Verilen grafikte gösterildiği üzere, multidisipliner malzeme bilimi 17 adet, elektrik elektronik mühendisliği 14 adet ve multidisipliner mühendislik 12 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.



Şekil 4. Tanımlanan anahtar kelimelere göre sıralanan çalışmaların anabilim dallarına göre dağılımı

3.2. Tarama Sorusu-2: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı

"Additive manufacturing" (katmanlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, 2014-2018 yılları arasında toplamda 3114 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, 5 yıllık sürece göre dağılımı Şekil 5.A'da gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, 2018 yılında 1051 adet, 2017 yılında 874 adet, 2016 yılında 574 adet, 2015 yılında 369 adet ve 2014 yılında 246 adet çalışmaya rastlanılmıştır. Grafikten anlaşılacağı üzere "additive manufacturing" anahtar kelimesi kullanılarak yapılan çalışmalarda yıllar bazında giderek artan bir eğilim gözlemlenmiştir.

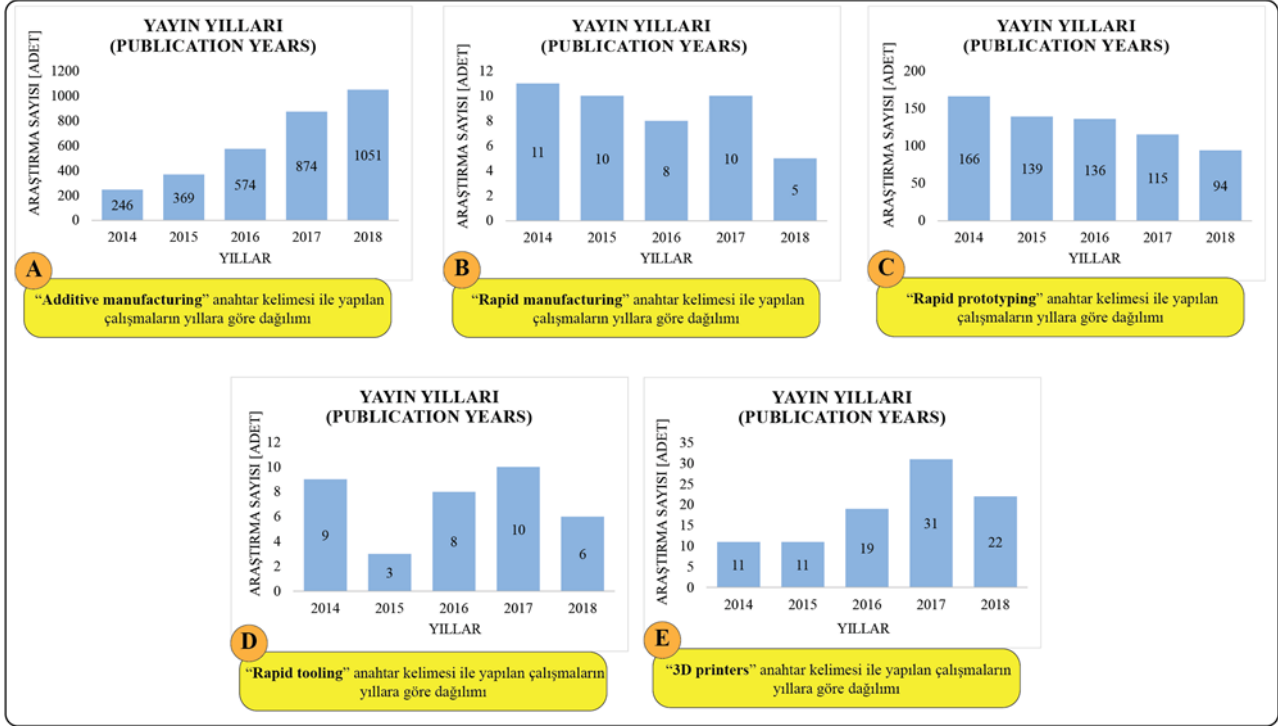
"Rapid manufacturing" (hızlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, 2014-2018 yılları arasında toplamda 44 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, 5 yıllık sürece göre dağılımı Şekil 5.B'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre, 2018 yılında 5 adet, 2017 yılında 10 adet, 2016 yılında 8 adet, 2015 yılında 10 adet ve 2014 yılında 11 adet çalışmaya rastlanılmıştır.

"Rapid prototyping" (hızlı prototipleme) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, 2014-2018 yılları arasında toplamda 650 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, 5 yıllık sürece göre dağılımı Şekil 5.C'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 2018 yılında 94 adet, 2017 yılında 115 adet, 2016 yılında 136 adet, 2015 yılında 139 adet ve 2014 yılında 166 adet çalışmaya rastlanılmıştır. Rapid prototyping ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, additive manufacturing anahtar kelimesi ile ilgili yapılan çalışmaların tam aksine, giderek azalan bir eğilim gözlemlenmiştir.

"Rapid tooling" (hızlı takım) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, 2014-2018 yılları arasında toplamda 36 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, 5 yıllık sürece göre dağılımı Şekil 5.D'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre,

2018 yılında 6 adet, 2017 yılında 10 adet, 2016 yılında 8 adet, 2015 yılında 3 adet ve 2014 yılında 9 adet çalışmaya rastlanılmıştır.

“3D printers” (3B yazıcılar) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, 2014-2018 yılları arasında toplamda 94 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, 5 yıllık sürece göre dağılımı Şekil 5.E’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 2018 yılında 22 adet, 2017 yılında 31 adet, 2016 yılında 19 adet, 2015 ve 2014 yıllarında ise 11 adet çalışmaya rastlanılmıştır.



Şekil 5. Tanımlanan anahtar kelimelere göre sıralanan çalışmaların yıllara göre dağılımı

3.3. Tarama Sorusu-3: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yayın tiplerine göre dağılımı

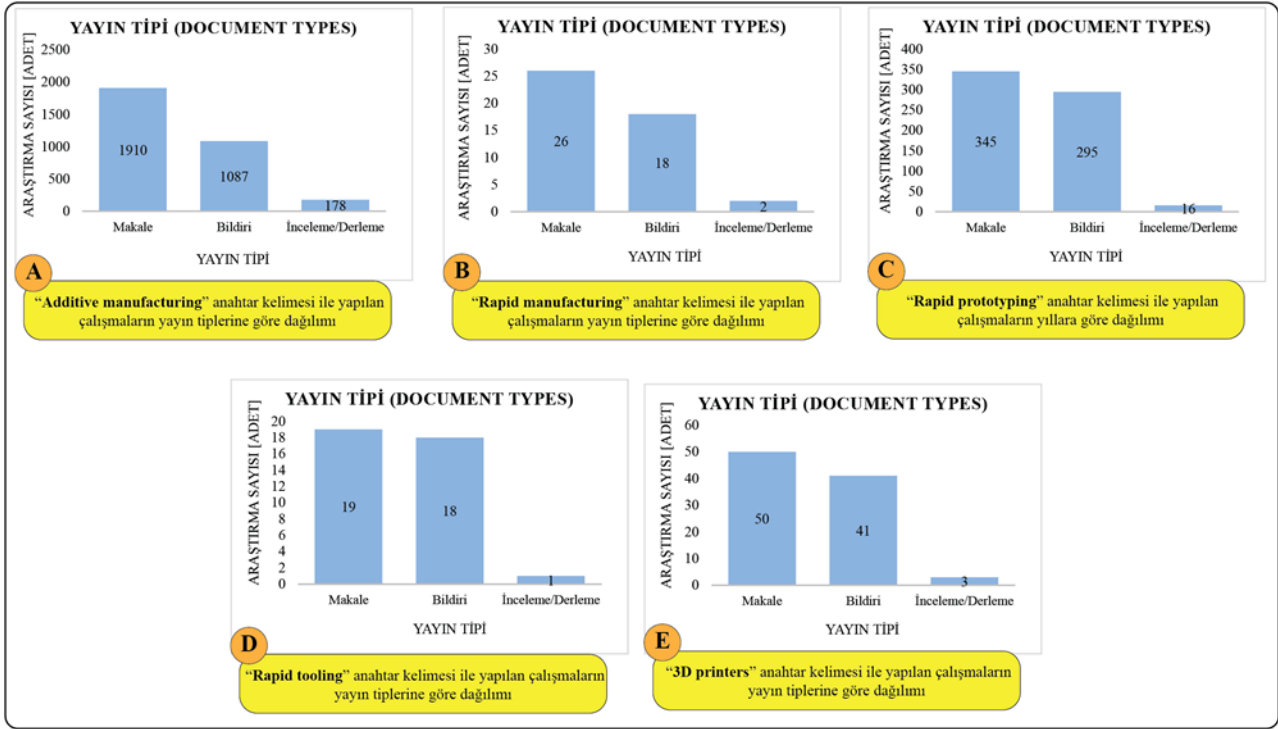
“Additive manufacturing” (katmanlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 3114 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, yayın tipine göre dağılımları Şekil 6.A’da gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, makale türünden 1914 adet, bildiri türünden 1087 adet ve inceleme/derleme türünden 178 adet çalışmaya rastlanılmıştır.

“Rapid manufacturing” (hızlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 44 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, yayın tipine göre dağılımları Şekil 6.B’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, makale türünden 26 adet, bildiri türünden 18 adet ve inceleme/derleme türünden 2 adet çalışmaya rastlanılmıştır.

“Rapid prototyping” (hızlı prototipleme) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 650 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, yayın tipine göre dağılımları Şekil 6.C’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, makale türünden 345 adet, bildiri türünden 295 adet ve inceleme/derleme türünden 16 adet çalışmaya rastlanılmıştır.

“Rapid tooling” (hızlı takım) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 36 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, yayın tipine göre dağılımları Şekil 6.D’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, makale türünden 19 adet, bildiri türünden 18 adet ve inceleme/derleme türünden 1 adet çalışmaya rastlanılmıştır.

“3D printers” (3B yazıcılar) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 94 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, yayın tipine göre dağılımları Şekil 6.E’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, makale türünden 50 adet, bildiri türünden 41 adet ve inceleme/derleme türünden 3 adet çalışmaya rastlanılmıştır.



Şekil 6. Tanımlanan anahtar kelimelere göre sıralanan çalışmaların yayın tiplerine göre dağılımı

3.4. Tarama Sorusu-4: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların yayınlandığı ülkelere göre dağılımı

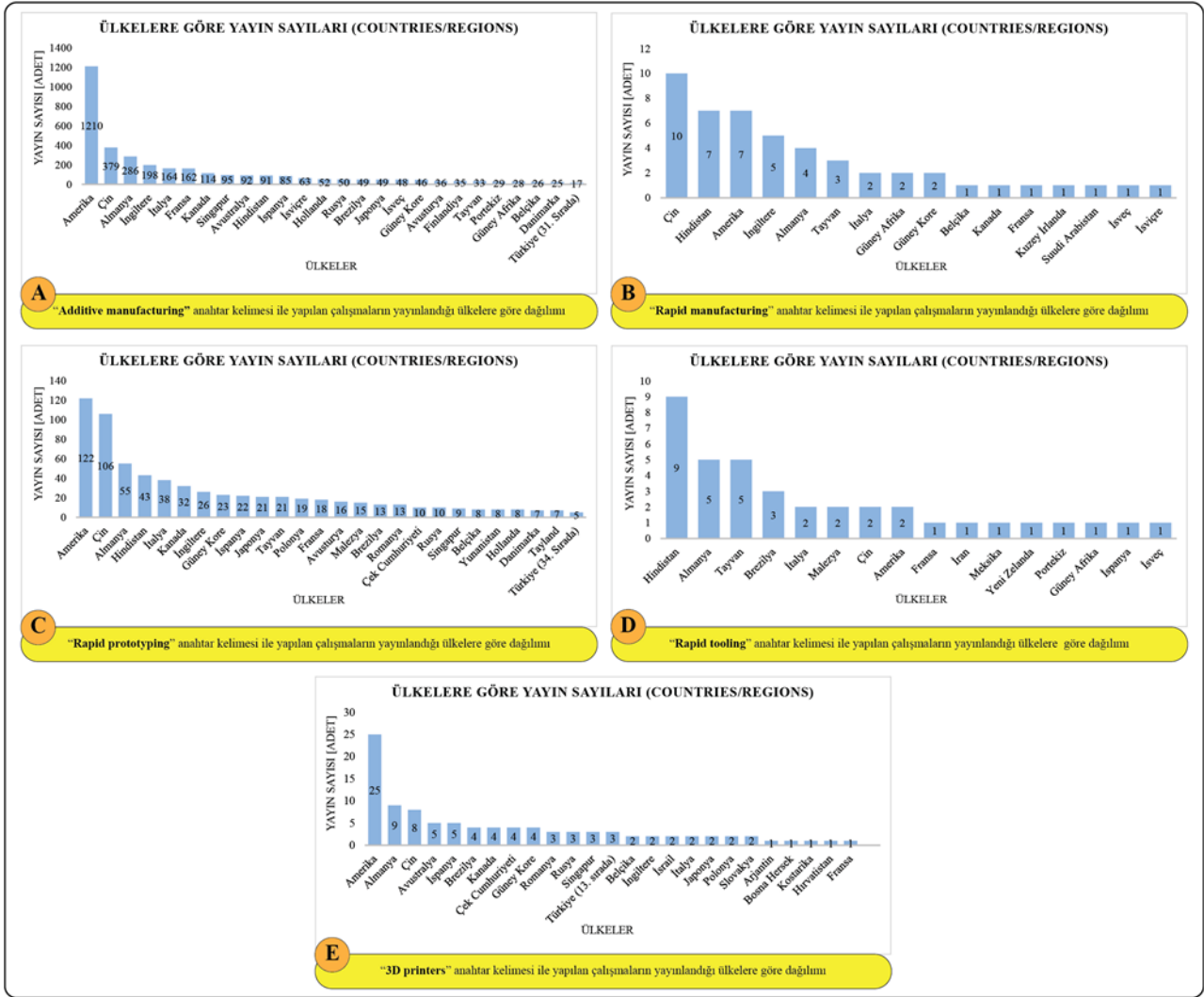
"Additive manufacturing" (katmanlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 3114 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan ülkeler bazında dağılımı Şekil 7.A'da gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Amerika Birleşik Devletleri 1210 adet, Çin 379 adet ve Almanya 286 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır. Elde edilen verilere göre Türkiye, 17 adet çalışma ile 31. sırada bulunmaktadır.

"Rapid manufacturing" (hızlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 44 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ülkeler bazında dağılımı Şekil 7.B'de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Çin 10 adet, Hindistan ve Amerika ise 7 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid prototyping" (hızlı prototipleme) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 650 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan ülkeler bazında dağılımı Şekil 7.C'de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Amerika 122 adet, Çin 106 adet ve Almanya 55 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır. Ayrıca Türkiye, 5 adet çalışma ile 34. Sırada bulunmaktadır.

"Rapid tooling" (hızlı takım) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 36 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ülkeler bazında dağılımı Şekil 7.D'de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Hindistan 9 adet, Almanya ve Tayvan 5 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"3D printers" (3B yazıcılar) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 94 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan ülkeler bazında dağılımı Şekil 7.E'de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Amerika 25 adet, Almanya 9 adet ve Çin 8 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır. Ayrıca Türkiye, 3 adet çalışma ile 13. sırada bulunmaktadır.



Şekil 7. Tanımlanan anahtar kelimelere göre sıralanan çalışmaların yayımlandığı ülkelere göre dağılımı

3.5. Tarama Sorusu-5: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların araştırma alanlarına göre dağılımı

"Additive manufacturing" (katmanlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 3114 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan araştırma alanlarına göre dağılımları Şekil 8.A'da gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, mühendislik 1848 adet, malzeme bilimi 1230 adet ve metalürji mühendisliği 292 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid manufacturing" (hızlı imalat) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 44 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, araştırma alanlarına göre dağılımları Şekil 8.B'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, mühendislik 28 adet, malzeme bilimi 16 adet ve otomasyon kontrol sistemleri 5 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid prototyping" (hızlı prototipleme) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 650 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan araştırma alanlarına göre dağılımları Şekil 8.C'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, mühendislik 342 adet, bilgisayar bilimi 129 adet ve malzeme bilimi 125 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"Rapid tooling" (hızlı takım) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 36 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, araştırma alanlarına göre dağılımları Şekil 8.D'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgularda, mühendislik 27 adet, malzeme bilimi 13 adet ve otomasyon kontrol sistemleri 5 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"3D printers" (3B yazıcılar) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, toplamda 94 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan

çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan yayınların yapıldığı kuruluşlara göre dağılımı Şekil 9.D'de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Ming Chi Teknoloji Üniversitesi 5 adet, Nürnberg Teknik Üniversitesi 3 adet ve Gru Nadak Dev Mühendislik Fakültesi 2 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır.

"3D printers" (3B yazıcılar) anahtar kelimesi ile belirtilen kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada toplamda 94 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu kapsamda söz konusu anahtar kelime kullanılarak yapılan çalışmaların, ilk 25 sırada bulunan yayınların yapıldığı kuruluşlara göre dağılımı Şekil 9.E'de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere Suny Buffalo Üniversitesi, Hradec Kralove Üniversitesi ve Bükreş Politeknik Üniversitesi üçer adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır. Ayrıca Türkiye'de Zonguldak ilinde bulunan Bülent Ecevit Üniversitesi, 1 adet çalışma ile 24. sıradadır.



Şekil 9. Tanımlanan anahtar kelimelere göre sıralanan çalışmaların yapıldığı kuruluşlara göre dağılımı

3.7. Tarama Sorusu-7: Katmanlı imalat teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların Türkiye'deki durumu

Çalışma kapsamında, belirlenen anahtar kelimeler ve uygulanan kısıtlamalar göz önünde bulundurularak yapılan taramada, 2014-2018 yılları arasında Türkiye'de toplam 25 adet bilimsel nitelikli çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmaların anahtar kelimelere göre sayısı ve 5 yıllık sürece göre dağılımı grafiği ise Şekil 10.A ve Şekil 10.B'de gösterilmiştir. Bu grafiklere ek olarak, katmanlı imalat teknolojileri ile ilgili Türkiye ölçeğinde yapılan çalışmaların anabilim dallarına göre dağılımı Şekil 10.C'de verilmiştir. Grafikte gösterildiği gibi imalat mühendisliği 7 adet, biyomedikal mühendisliği 4 adet ve makine mühendisliği 3 adet çalışma ile ilk üç sırada yer almaktadır



Şekil 10. Türkiye ölçeğinde, yapılan toplam çalışmaların sayılara, yıllara ve anabilim dallarına göre dağılımı (2014-2018)

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu literatür taraması özelinde elde edilen bulgulara göre 2014-2018 yılları arasında Türkiye’de “additive manufacturing” (katmanlı imalat) anahtar kelimesi ile yapılan taramada 17 adet, “rapid prototyping” (hızlı prototipleme) anahtar kelimesi ile yapılan taramada 5 adet ve “3D printers” (3B yazıcılar) anahtar kelimesi ile yapılan taramada 3 adet çalışmaya rastlanmıştır. Buna ek olarak “rapid manufacturing” (hızlı imalat) ve “rapid tooling” (hızlı takım) anahtar kelimeleri ile yapılan hiçbir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Katmanlı imalat teknolojilerinin ülkemizdeki durumu incelendiğinde, özellikle 2018 yılında yapılan çalışmaların, diğer yıllara kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. Ancak bu alanda çok sayıda çalışmalar yapıldığı Amerika, Çin, Almanya gibi ülkelere göre ülkemizde yeterli sayıda çalışma yapılmadığı gözlemlenmiştir. Katmanlı imalat teknolojileri ile ilgili yapılan 3938 adet çalışmadan 25 tanesi ülkemizde yapılmıştır. Bu da yaklaşık %0.63’lük bir orana karşılık gelmekte ve katmanlı imalat teknolojileri ile ilgili araştırmaların sayısının oldukça sınırlı sayıda kaldığı görülmektedir.

Ayrıca katmanlı imalat teknolojileri ile ilgili Türkiye ölçeğinde yapılan çalışmaların anabilim dallarına göre dağılımında elde edilen bulgular incelendiğinde (Şekil 10), bu çalışmasının yapıldığı tarım makineleri özeli ile alakalı hiçbir çalışmaya rastlanılmamış ve elde edilen sonuçlar bu konu üzerine odaklanılmasının gerektiğinin açık bir şekilde göstergesi olmaktadır. Bununla birlikte sektöre özgü bazı sınırlamaların dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle tarım makineleri tasarım ve imalat sektöründe aktif rol alan büyük ölçekli ve kurumsal yapılara sahip sınırlı sayıda işletme bulunmaktadır. Bunların dışında kalan işletmeler genellikle küçük ve orta ölçekli imalat kapasitesine sahip işletmelerdir. Bu işletmeler, yeni ürün tasarımı, var olan ürünler için tasarım iyileştirme/geliştirme/optimizasyon ve yeni imalat yöntemleri ile üretim yapabilme konularında ileri düzey mühendislik ve imalat teknolojilerinden yararlanma yeterlilikleri diğer makine imalat sektörlerine kıyasla çok düşük düzeyde kalmaktadır. Özellikle ülkemizde tarım makineleri tasarımı ve imalatı alanında yeni imalat teknolojileri ve ileri düzey bilgisayar destekli tasarım/mühendislik araçlarının kullanımı oldukça sınırlı düzeyde olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Bu nedenle tarım alet ve makineleri üzerinde yapılan ileri düzey makine tasarımı, tasarım geliştirme ve yeni imalat teknolojileri içerikli araştırmalar oldukça az sayıda kalmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışma amacına uygun şekilde konu ile ilgili sektör çalışanlarına ve araştırmacılara yön gösterici ve faydalı bir kaynak olarak yapılandırılmıştır. Sonuç olarak, çalışmada, son yıllarda ileri imalat teknolojilerinden biri olarak karşımıza çıkan katmanlı imalat teknolojileri alanında yapılan bilimsel nitelikli çalışmaların nicel olarak değişimi ve alana özel araştırma eğilimleri ortaya konmuştur.

5. BİLGİLENDİRME

Bu makale Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FYL-2018-3411 no’lu, danışmanlığı Doç. Dr. H. Kürşat ÇELİK tarafından yürütülen Gökhan KUNT’a ait yüksek lisans tez projesinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Arcam. 2014. Arcam History. Ulaşılabilir URL: <http://www.arcam.com/company/about-arcam/history>. (Erişim tarihi: 21.09.2017).
- Aslan, E. ve Tavşancıl, E. 2001. İçerik Analiz ve Uygulama Örnekleri. İstanbul, Epsilon.136 s. (ISBN: 975331310-1)
- ASTM Standard F2792 - 12a. 2012. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. ASTM International.
- Bakkalbasi, N., Bauer, K., Glover, J. and Wang, L. 2006. Three options for citation tracking: Google Scholar, Scopus and Web of Science, Biomed. Digit. Libr. (Doi: 10.1186/1742-5581-3-7)
- Çelik, H.K., Lupeanu, M.E., Rennie, A.E.W., Neagu, C. Akıncı, İ. 2013. Product re-design using advanced engineering applications and function analysis: A case study for greenhouse clips. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 35 (3): 305-318.
- Demir, S., Sezer, H.K. ve Özdemir, V. 2018. Topolojik nesnelerin FDM (Ergiyik Biriktirerek Modelleme) yöntemiyle üretimi: Klein şişesi örneği. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. 2 (2): 76-87.

- Gebhardt, A. 2011. Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing. Hanser Publication, 1-9. (doi:10.3139/9783446431621.fm)
<https://elektromanyetix.com/> (Erişim tarihi: 18.10.2018).
<https://www.simplify3d.com/> (Son erişim tarihi: 18.10.2018).
ISO/ASTM 52900:2015: Additive manufacturing — General principles — Terminology. Ulaşılabilir URL: www.iso.org. (Erişim Tarihi: 18.09.2017)
- Nadasbaş, S.E. ve Çileroğlu, B. 2018. Moda tasarımında 3 boyutlu yazıcıların malzeme-işlev-form odaklı kullanımları ve çok işlevli modüler giysi tasarımı çalışması. *The Journal of Academic Social Science Studies*. 231-257.
- Olgun, R. ve Yılmaz, T. 2014. Peyzaj mimarlığında bilgisayar destekli tasarım ve tasarım aşamaları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 3 (1): 48-59.
- Poyraz, Ö. & Kuşhan, M.C. 2018. Investigation of the effect of different process parameters for laser additive manufacturing of metals. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33 (2): 729-742.
- Sames, W.J., List, F.A., Pannala, S., Dehoff, R.R., Babu, S.S. 2016. The Metallurgy and Processing Science of Metal Additive Manufacturing. *International Materials Reviews*. 61 (5): 315-360.
- Sevim, Ö. 2013. Yapay arı koloni algoritması kullanılarak 3 boyutlu çelik yapıların optimum tasarımı. Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 89 s.
- Şahin, K. & Turan, B.O. 2018. Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2 (2): 97-116.
- Wohlers Report (A. Wohlers) 2017, 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, Annual Worldwide Progress Report, Wohlers Associates: Fort Collins, CO, 2017.
- Wong, K.V. & Hernandez, A. 2012. A Review of Additive Manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering*. 1-10. (Article ID: 208760) (doi: 10.5402/2012/208760)
- Yalçın, B. & Ergene, B. 2017. Endüstride yeni eğilim olan 3-B eklemeli imalat teknolojisi ve metalürjisi. *SDÜ Uluslararası Teknolojik Araştırmalar Dergisi*. 9 (3): 65-88.
- Zhang, J. & Jung, Y. 2018. Additive Manufacturing: Materials, Processes, Quantifications and Applications. Elsevier Inc. Oxford, United Kingdom. 350 p. (ISBN: 9780128121559)

Düzeltilme (Erratum)

Dergimizin 2012 yılında yayınlanmış 8. Cilt ve 2. Sayısında 241 - 248. sayfalar arasında bulunan "Soğuk Hava Depolarında Ortam Koşullarının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) ile Modellenmesi" başlıklı makalede sehven yapılmış hatanın giderilmesi için aşağıdaki düzeltme metnini yayınlamaktayız.

"TEŞEKKÜR: Bu makale TÜBİTAK tarafından desteklenen 1100147 Nolu " Soğuk Hava Depolarında Yersel Değişkenliğin Depolanan Ürünler Üzerindeki Etkisini Azaltma Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma" isimli projeden hazırlanmıştır. TÜBİTAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz."
