

**ARTAN DOZLARDA BOR UYGULAMASININ TARLA KOŞULLARINDA DAMLA
SULAMA İLE YETİŞTİRİLEN ÇELTİK (*ORYZA SATİVA* L.) BİTKİSİNİN
BESLENMESİ VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

ORHAN YILMAZ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Sevinç ADİLOĞLU

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ARTAN DOZLARDA BOR UYGULAMASININ TARLA KOŞULLARINDA DAMLA
SULAMA İLE YETİŞTİRİLEN ÇELTİK (*ORYZA SATİVA* L.) BİTKİSİNİN
BESLENMESİ VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

ORHAN YILMAZ

ORCID:0000-0003-4534-9161

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Doç. Dr. Sevinç ADILOĞLU

MAYIS-2022

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

ARTA DOZLARDA BOR UYGULAMASININ TARLA KOŞULLARINDA DAMLA SULAMA İLE YETİŞTİRİLEN ÇELTİK (*ORYZA SATIVA* L.) BİTKİSİNİN BESLENMESİ VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Orhan Yılmaz

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Sevinç ADİLOĞLU

İklim değişikliğinin etkileri en çok tarımsal faaliyetler üzerinde görülmektedir. Bu nedenle tarımsal üretimde bu etkileri en aza indirmek ve en yüksek verimi almak sürdürülebilir tarımı destekleme çalışmaları yapılması kıtık gibi ciddi bir sorunla mücadele etmek insanoğlunun sorumluluğudur. Sağlıklı nesillerin yetiştirilmesinde önemli unsur doğru ve yeterli beslenmedir. Bu nedendir ki, hızla artan dünya nüfusunu beslemek, iklim değişikliği ve kirlilik gibi birçok olumsuz faktörün önüne geçmek gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bununla birlikte katma değeri yüksek olan çeltik üretiminde yalnız kendine yeterlilik potansiyeli olan bir ülke olan Türkiye, sürekli artan üretim miktarıyla gelecek yıllarda pirinçte kendi kendine yeter bir ülke olma yolunda ilerlemektedir. Yapılan bu çalışmada, çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisi farklı dozlarda bor (B) gübresi uygulaması yapılarak ve damla sulama yöntemi kullanılarak yetiştirilmiştir. Sonrasında bitkinin bazı bitki besin elementlerinin içerikleri ve verim değerleri değerlendirilmiştir. Deneme İstanbul'un Çatalca İlçesi Kaleiçi Mahallesi'ndeki bir tarım arazisinde, 1 bitki x 4 tekerrür x 5 farklı doz (0- 200 - 400 - 600 - 800 g/da) boron etanolamin çözeltisi uygulanarak, deneme "Tesadüf Blokları Deneme Deseni"ne göre yürütülmüştür. Çalışma sonucunda, artan dozlarda uygulanan bor gübresi ile bitkideki bor içeriğinin en yüksek bor değerinin (31,55 mg/kg) ve 800 g/da doz uygulaması arttığı görülmüştür. Bitkinin kalite parametrelerin de görev yapan potasyum ile sinerjistik etki ettiği tespit edilmiştir. Çeltik tarımının en önemli ve sınırlayıcı faktörlerinden su kısıdının önüne geçmek ve doğru, bilinçli gübreleme ile bu tarımsal bitkinin özgürleşmesine katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bor, Çeltik, Damla Sulama, Bitki Besin Elementleri, Verim

ABSTRACT

THE EFFECT OF INCREASNG DOSES OF BORON ON THE NUTRITION AND YIELD OF PADDY (*ORYZA SATIVA* L.) GROWN BY DRIP IRRIGATION IN FIELD CONDITIONS

Orhan Yılmaz

Department of Soil Science and Plant Nutrition

MSc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sevinç ADİLOĞLU

The effects of climate change are mostly seen in agricultural activities. For this reason, it is the responsibility of human beings to minimize these effects on agricultural production and to get the highest yield, support sustainable agriculture, and fight serious problems such as famine. Proper and adequate nutrition is essential in raising healthy generations. For this reason, it is gaining importance day by day to feed the rapidly increasing world population and to prevent many negative factors such as climate change and pollution. However, Turkey, which is a country with only self-sufficiency potential in paddy production with high added value, is on the way to becoming a self-sufficient country in rice in the coming years with its ever-increasing production amount. In this study, the paddy (*Oryza sativa* L.) plant was grown by applying different doses of boron (B) fertilizer and using the drip irrigation method. Afterward, the contents and yield values of some plant nutrients of the plant were evaluated. The trial was carried out by applying boron ethanolamine solution to 1 plant x 4 replications x 5 different doses (0- 200 - 400 - 600 - 800 g/da) in agricultural land in Kaleiçi District of Çatalca District of Istanbul. It was carried out according to the "Randomized Blocks Design". As a result of the study, it was observed that the highest boron value (31,55 mg/kg) of the boron content in the plant and the dose application of 800 g/da increased with the boron fertilizer applied at increasing doses. It has been determined that the plant has a synergistic effect with potassium, which also functions in quality parameters. Water restriction, one of the most important and limiting factors of rice agriculture, has contributed to the liberation of this agricultural plant with correct and conscious fertilization.

Keywords: Paddy, Boron, Drip Irrigation, Plant Nutrients, Yield

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
TEŞEKKÜR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür özeti	3
1.1.1 Dünya’da ve Türkiye’de çeltik.....	3
1.1.1.1 Dünya’da Çeltik	3
1.1.1.2 Türkiye’de çeltik	5
1.1.2 Çeltik Yetiştiriciliği.....	14
1.1.2.1 Toprak hazırlığı	14
1.1.2.2 Tohum seçimi ve tohumun ekime hazırlanması.....	15
1.1.2.3 Ekim zamanı	15
1.1.2.4 Ekim sıklığı ve ekim yöntemleri	15
1.1.2.5 Sulama	15
1.1.2.6 Gübreleme	16
1.1.2.7 Çeltiğin hasat ve harmanı	18
1.1.2.8 Çeltiğin kurutulması ve depolanması.....	18
1.1.2.9 Çeltikte damla sulama çalışmaları	18
1.1.3 Çeltik ve bazı mikro bitki besin elementleri	21
1.1.3.1 Çeltik ve Çinko	21
1.1.3.2 Çeltik ve Silisyum.....	24
1.1.4 Çeltik ve bor bitki besin elementi.....	26
1.2 Çalışmanın amacı ve kapsamı.....	32
2. MATERYAL VE METOD.....	34
2.1 Materyal	34
2.1.1 Deneme alanı bilgileri (Çatalca Bölgesi).....	35
2.1.2 Deneme alanı toprak özellikleri	36
2.1.3 Denemede kullanılan bitki çeşidinin özellikleri	37
2.1.4 Denemede kullanılan gübre.....	38

2.2	Metod.....	38
2.2.1	Bitki analizleri	39
2.2.2	Toprak analizleri	40
2.2.2.1	pH analizi	40
2.2.2.2	EC analizi.....	41
2.2.2.3	Kireç analizi	41
2.2.2.4	Organik madde analizi.....	41
2.2.2.5	Tekstür analizi	41
2.2.2.6	Fosfor tayini	41
2.2.2.7	Makro element analizi (K, Mg, Ca)	41
2.2.2.8	Mikro element analizi (Fe, Mn, Cu, Zn).....	41
2.2.2.9	Bor bitki besin elementi analizi	41
2.2.3	Deney sonuçlarının istatistiksel analizleri.....	42
3.	ARAŞTIRMA BÖLGELERİ VE TARTIŞMA.....	43
3.1	Deneme alanı toprak analiz sonuçları	43
3.2	Çeltik bitkisinde bitki analiz sonuçları	43
3.2.1	Çeltikte bor uygulaması sonuçları	44
3.2.2	Bazı makro bitki besin elementi içerikleri	46
3.2.2.1	Azot.....	46
3.2.2.2	Fosfor	47
3.2.2.3	Potasyum	48
3.2.2.4	Kalsiyum.....	50
3.2.2.5	Magnezyum	51
3.2.3	Mikro bitki besin elementi içerikleri.....	52
3.2.3.1	Demir	53
3.2.3.2	Bakır	53
3.2.3.3	Çinko	54
3.2.3.4	Mangan	56
3.2.4	Verim	57
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
	KAYNAKLAR	61
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyada çeltik bitkisine ait veriler	4
Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri	36
Çizelge 3.1. Deneme toprağının makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri.....	43
Çizelge 3.2. Çeltik bitkisinde bor bitki besin elementi içeriği	44
Çizelge 3.3. Çeltik bitkisinde makro bitki besin elementi içeriği	46
Çizelge 3.4. Çeltik bitkisinde mikro bitki besin elementi içeriği	52



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 2015-2019 yılları arasında çeltik bitkisine ait ekili alan, hasat edilen alan, verim ve ürün miktarı değişimi	6
Şekil 1.2. Marmara Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan verileri	7
Şekil 1.3. Marmara Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim verileri	7
Şekil 1.4. Marmara Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim verileri	8
Şekil 1.5. Karadeniz Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan verileri	9
Şekil 1.6. Karadeniz Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim verileri	9
Şekil 1.7. Karadeniz Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim verileri	10
Şekil 1.8. İç Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan verileri.....	11
Şekil 1.9. İç Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim verileri.....	11
Şekil 1.10. İç Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim verileri.....	12
Şekil 1.11. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan verileri	13
Şekil 1.12. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim verileri	13
Şekil 1.13. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim verileri	14
Şekil 1.14. İstanbul-Çatalca Bölgesi'nde damla sulama yöntemi ile çeltik yetiştiriciliği.....	16
Şekil 1.15. İstanbul-Çatalca Bölgesi'nde çeltik gübrelemesi	17
Şekil 1.16. İstanbul-Çatalca Bölgesi'nde çeltik hasadı	18
Şekil 1.17.Yeterli bor gübrelemesi yapılmış çeltik örneği ve bor toksisitesine maruz kalmış çeltik örneği	29
Şekil 1.18.Çeltikte bor eksikliği belirtileri	30
Şekil 2.1. Deneme planı.....	34
Şekil 2.2. Araştırma alanı lokasyon haritası	35
Şekil 2.3. Çeltik (<i>Oryza sativa</i> L.).....	37
Şekil 2.4. Damla sulama sisteminin kurulması ve araştırma alanının parsellere ayrılması.....	39
Şekil 2.5. Sırasıyla, çeltik hasadı ve çeltik tanelerin toplanmasına ait görseller.....	40
Şekil 3.1. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki bor içeriğine etkisi.....	44

Şekil 3.2. Farklı dozlarda bor uygulaması yapılan parsellerden alınan çeltik bitkisi örnekleri	45
Şekil 3.3. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki azot içeriğine etkisi.....	47
Şekil 3.4. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki fosfor içeriğine etkisi.....	48
Şekil 3.5. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki potasyum içeriğine etkisi.....	49
Şekil 3.6. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki kalsiyum içeriğine etkisi.....	50
Şekil 3.7. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki magnezyum içeriğine etkisi.....	51
Şekil 3.8. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki demir içeriğine etkisi	53
Şekil 3.9. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki bakır içeriğine etkisi	54
Şekil 3.10. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki çinko içeriğine etkisi	55
Şekil 3.11. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki mangan içeriğine etkisi.....	56
Şekil 3.12. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkide verim üzerindeki etkisi	58

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde Oranı
°C	Santigrat Derece
µg	Mikrogram
As	Arsenik
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Si	Silisyum
B	Bor
Zn	Çinko
P	Fosfor
K	Potasyum
Fe	Demir
G	Gram
Mn	Mangan
N	Azot
kg	Kilogram
mg	Miligram
NH ₄	Amonyum
pH	Asitlik Alkalilik Derecesi
ppm	Milyonda bir kısım
mg/kg	kilogram madde başına gram madde alımı
t ha ⁻¹	hektar alana düşen ton madde miktarı
ha	hektar
da	dekar

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
vd.	ve diğerleri
DTPA	Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
ICP	İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma)
ICP-OES	İndüksiyonla Birleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometr)
ANOVA	Tek Yönlü Varyans Analizi
SPSS	Sosyal Bilimler İstatistik Programı (Statistical Package for the Social Sciences)

TEŞEKKÜR

Tez çalışmaları süresince gece gündüz demeden yardımda bulunan, çalışmaların nihai sonuca ermesi için her türlü desteği veren çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Sevinç ADİLOĞLU'na teşekkür ederim. Tez çalışması esnasında yaptıkları yönlendirmeler ve katkılarından dolayı değerli iş arkadaşım Ziraat Mühendisi Mert AL ve Nurettin AYTEKİN'e teşekkürlerimi sunuyorum. Son olarak bende büyük emekleri olan, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve dualarını esirgemeyen annem, babam ve kardeşlerime, tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı eşim Özden Urnal YILMAZ'a, oğullarım Aras YILMAZ ve Atlas YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Orhan YILMAZ

Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Dünyamızda yaşamın tümü bitkilere bağlı durumdadır ve ihtiyaç duyduğumuz gıda bitkilerden ve bitkilerle beslenen hayvanlardan elde edilen hayvansal ürünlerden elde edilmektedir. Ayrıca bitkiler, insanların ihtiyaç duyduğu ilaç, yağ, tekstil gibi gereksinimleri için de sıklıkla kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması, besin kaynaklarımızın giderek yetersiz hale gelmesine neden olmakta ve bu durum beslenme sorununu ortaya çıkarmaktadır (Şehirli vd., 2005).

Çeltik (*Oryza sativa* L.), dünya çapında yetiştirilen önemli bir tahıl ürünüdür. Dünya nüfusunun %60'ından fazlasının temel gıdasıdır ve hektar başına diğer mahsullerden daha fazla kalori sağlar. (Laik vd., 2021). Hasat edilen ürünün kavuzlu haline çeltik denilmektedir. Çeltik kavuzlarından ayrılmış ancak işlememiş ürün ise kargo veya kahverengi pirinç olarak isimlendirilmektedir. Kabukları soyulan ve cilalanıp parlatılan, sert plastik veya kauçuk zeminden geçirilip pürüzleri giderilmiş nihai ürüne ise pirinç adını almaktadır (Dönmez, 2007).

Çeltik, yaklaşık 596 milyon ton üretimi ile yaklaşık 155 milyon hektarlık bir alanda yetiştirilen, dünyanın önde gelen gıda mahsulüdür. Alan ve üretim açısından buğdaydan sonra ikinci sıradadır. Dünyadaki kalori arzının yaklaşık %22'sini ve proteinlerin %17'sini karşılamaktadır. *Oryza sativa* L., geniş çapta uyarlanmış ve kozmopolit bir ürün olarak, çeşitli iklim, topografik ve çevresel koşullarda yetiştirilir. Hindistan, 44 milyon ha⁻¹ ile dünyanın en büyük pirinç ekim alanına sahiptir, onu Çin ve Endonezya izlemektedir. Bu üç ülke küresel pirinç üretiminin %21'ine katkıda bulunmaktadır (FAO, 2018; Laik vd., 2021).

Günümüzde çeltik üretiminde yalnız kendine yeterlilik potansiyeli olan bir ülke olan Türkiye, sürekli artan üretim miktarıyla gelecek yıllarda pirinçte kendi kendine yeter bir ülke olma yolunda ilerlemektedir. Türkiye`de pirinç üretimindeki artışın en önemli nedeni, özellikle son 10 yılda önemli oranda artan verimliliğidir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2022).

Çeltik tek yıllık bir bitki olmakla birlikte katma değeri yüksek olan bu bitki beslenme açısından değerlendirildiğinde; bileşiminde az miktarda protein bulundurmasına karşın beslenme için gerekli amino asitlerce zengin olması nedeniyle insan beslenmesinde buğdaydan sonra en çok kullanılan tahıl ürünüdür. Aynı zamanda dünyadaki insanların yarıdan fazlasının da ana besin kaynağıdır. Su içerisinde çimlenebilen tek tahıl cinsi olan ve suda erimiş oksijeni kullanarak gelişen çeltik, tuzlu ve alkali arazilerde yetişebilmesi, bu arazilerin ıslahında etkili

olması ve bu topraklardan ekonomik verim alınması açısından, Türkiye dahil birçok ülkenin tarımında önemli bir yere sahiptir (Sürek, 2015).

Tarım, artan nüfus için gıda üretmek için dünyadaki tatlı suyun büyük bir kısmına ihtiyaç duymaktadır. Damla sulama, tüm tarla yüzeyi sulama yerine ürün kök bölgesinde yavaş yavaş su sağlayan tarımda kullanılan en verimli ve su tasarrufu sağlayan yöntemdir. Bu sulama sistemi sayesinde su kullanımının kontrollü ve düzenli gerçekleştirilmesi, mahsul büyümesinde de artışa sebep olmaktadır. Emitörler yardımıyla gerçekleştirilen bu sulama sisteminde yayıcılar ile su miktarı veya damlama miktarı kolayca kontrol edilebilmektedir (Yadav ve Rajpoot, 2021).

Bor (B), daha iyi tozlaşma, tohum ayarı ve tane oluşumundan sorumlu olan temel bir mikro bitki besin elementidir. Pirincin polen sterilizesindeki azalmaya ve uygun tahıl dolumuna bağlı ciddi ürün kaybı B eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkabilir. Pirinç-buğday da dahil olmak üzere çoğu pirinç bazlı kırpma sistemi, genellikle düşük B içeriği, düşük toprak organik maddesi ve B gübresinin yetersiz kullanımı ile yüksek pH ve alkali topraklarda uygulandığı için B eksikliği ile karşı karşıyadır. Bitkiler, topraktaki Bor'un ancak %5'lik bir bölümünden yararlanabilmektedir. Toprakta bor yarayışlılığını; toprak pH'ı, kireç, tekstür, nem ve mikrobiyal aktivite gibi çeşitli faktörler etki etmektedir (Hanifuzzaman vd., 2022).

Bitki beslenmesi, son yıllarda hızla gelişen modern tarım teknikleri, geliştirilen farklı bitki çeşitleri ve amenajman uygulamaları gibi önemli faktörler tarafından yönlendirilmektedir. Bor elementinin bitkilerde birçok metabolik aktivitede görev yaptığı araştırmalar ile ortaya konulmuştur. Bu element bitkilerde tohum çimlenmesi, kök uzaması, protein, fotosentez, karbonhidrat metabolizması, oksin hormonu, hücre duvarı gibi birçok fizyolojik görevi bulunmaktadır. Bor bitkilerde fosfor ve kalsiyum alımını artırıcı etkide bulunmaktadır. Eksikliğinde ise bitkide ilk olarak büyüme uçlarındaki gelişme gerilemekte, noksanlığın ilerleyen dönemlerinde ise generatif ve vejetatif organların gelişimi olumsuz şekilde etkilemekte ve fenolik bileşiklerin birikmesine neden olur. Bor, bitkide hareketsiz bir besin maddesi olduğu için, noksanlık belirtileri öncelikle genç organlarda görülmektedir. Büyüme noktalarında duraklamalarla sarı ve kırmızı renklerin oluşumlarıyla kendini göstermekte ve yaprak renginde sarımsı renk değişimleri ortaya çıkmaktadır (Karaman vd., 2012; Adiloğlu, Bellitürk, Adiloğlu ve Solmaz, 2020).

Bor (B) bitki besin elementi, bitkilerin fizyolojik proseslerinde görev almaktadır. Hücre duvarı yapısında, karbonhidrat ve RNA metabolizmasında görev almaktadır. Bitkilerde çiçek gelişimi ile ilgili yapıların gelişiminde ve çiçek üremesinde, tohum ve anter yapısının gelişiminde de katkı sağlamaktadır. Bunlara bağlı olarak B bitki besin elementinin eksikliğinde meyve verme döneminde gerçekleştirilen fotosentez sürecinin hızında azalma, bitki boyu ve üreme ile ilgili yapıların gelişiminde ve kuru madde üretiminde azalma görülmektedir. Buğday ve pirinç gibi bitkilerde uygulanan B bitki besin elementinin, bu ürünlerin tane veriminde önemli bir artışa sebep olduğu bilinmektedir (Abdioğlu ve Çakır, 2021)

1.1 Literatür özeti

1.1.1 Dünya’da ve Türkiye’de çeltik

Nüfus artışı, artan refah ve değişen beslenme alışkanlıkları nedeniyle küresel gıda talebi artmaktadır. Küresel olarak, ilerleyen yıllarda suyun kıt olması beklenmektedir ve arazi için artan rekabet, tarımsal üretim üzerinde ek baskı oluşturmaktadır. Ek olarak, iklim değişikliği, değişen hava koşulları ve zararlılardan ve hastalıklardan kaynaklanan artan baskı yoluyla gıda güvenilirliği de azalmaktadır (Jadhav, Kashid, Shende ve Lolamwad, 2022).

Çeltik, buğdaygiller familyasından, *Oryza sativa* cinsinden otsu sıcak iklim tahılıdır. Çeltik kullanımı yaklaşık 5000 yıl öncesine dayanmaktadır ve insanların beslenmesinde önemli yeri olan bir tahıldır. İlk olarak MÖ 3000’li yıllarda Hindistan’da başlamış, daha sonra batıdaki ülkelere yayılmıştır. Avrupa’da kullanıma orta çağda başlanmıştır. Ülkemize gelişi ise 500 yıl öncelere dayanmaktadır (Gül, 2003).

1.1.1.1 Dünya’da Çeltik

Pirinç (*Oryza sativa* L.), 117 ülkede yetiştirilen en eski mahsullerden biri olarak bilinmektedir. Bu nedenle “Küresel tahıl” olarak da adlandırılmaktadır. Hindistan’ın bir milyardan fazla nüfusunun çoğunluğunun temel gıdası tahıldır ve pirinç toplam gıda tahıl üretiminin yaklaşık yüzde 44’üne katkıda bulunmaktadır. Pirinç, MÖ 2500’den beri tarih kitaplarında hem gıda hem de toplumun gelenek kaynağı olarak belgelenmiştir. Çin ve çevresindeki bölgelerden başlayan pirinç ekimi sonrasında Sri Lanka ve Hindistan’a yayılmıştır (Jadhav vd., 2022).

Çeltik, besin kaynağı olarak tahıllar içinde buğdaydan sonra en önemli sıcak iklim tahılıdır. Dünya nüfusunun yarısından fazlasının ana besin kaynağı çeltik bitkisidir. Dünyada kişi

başına ihtiyaç duyulan günlük enerji gereksiniminin %25 kadarı çeltik tüketimi ile karşılanmaktadır (Sürek, 2002).

Ilıman bölgelerde çeltik yetiştiriciliği, özellikle ülkeye ve kullanılan ürün sistemine bağlı olarak yönetilmektedir. Örneğin; kısa bir büyüme mevsimi ve düşük yağışın olduğu kuzeydoğu Çin'de, üretim de su kıtlığı nedeniyle sınırlıdır. Bu bölgede yetiştirilen ılıman iklim pirinci yüksek kaliteli pirinç olarak kabul edilmektedir. Kuzey Çin'de, kış aylarındaki düşük sıcaklıklar nedeniyle sezon başına sadece bir mahsul mümkün olmaktadır ve ülkenin güney kesiminde ise tropikal sıcaklıklar, diğer pirinç çeşitleri için sezon başına iki veya üç üretim döngüsüne izin vermektedir. Çinli çiftçiler tarafından kullanılan mahsul yönetimi, yüksek miktarda gübre ve böcek ilacı girişi ile karakterize edilmektedir. Japonya'da ılıman iklimde yetiştirilen pirinç, sulamanın sorun olmadığı ovalarda ve havzalarda üretilmektedir (Cordero-Lara, 2020).

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafında bildirilen bilgilere göre, çeltik ekim alanlarında 2019-2020 yılları arasında gerçekleştirilen üretim, 2018-2019 yılları arasındaki üretimden %1,3 oranında daha az gerçekleşmiştir. Bunun sebebi olarak, çeltik üretiminde ilk sırada yer alan Çin'in, çeltik yerine daha karlı tarımsal ürünleri tercih etmeye başlaması ve yağışların düzensiz olması olarak tahmin edilmektedir. Ancak, ekim alanlarında görülen azalışa rağmen verimde meydana gelen artışın üretimde açığa çıkabilecek ani düşüşlerin önüne geçtiği görülmektedir. Dünya'da çeltik yetiştiriciliğine ayrılan alan, üretim miktarı, verim, ithalat ve ihracat değerleri gibi veriler Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1: Dünyada çeltik bitkisine ait veriler (bin ton) (Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)

	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	Değişim(%)
Alan (bin ha)	163.460	162.859	162.859	160.388	162.848	1,5
Verim (ton/ha)	4,49	4,53	4,57	4,62	4,61	-0,2
Üretim	734.149	737.950	742.150	740.911	750.924	1,4
Tüketim	477.767	480.619	484.824	494.516	499.562	1,0
Yılsonu Stokları	150.622	164.255	176.885	178.305	179.503	0,7
İthalat	41.443	47.223	44.037	42.249	42.970	1,7
İhracat	47.537	47.420	43.900	42.710	45.377	6,2

Pirinç içeriğinde az miktarda protein içeren bir bitkidir. Ancak, insanların beslenmesinde önemli olan proteinin yapışa amino asitlerce zengindir ve bu nedenle mısır ve buğdayın ardından ekilmektedir. Özellikle Uzakdoğu ülkelerinin önemli temel besin kaynaklarından birini oluşturan pirinç tüm ülkeler için beslenmede büyük bir paya sahiptir (Gül, 2003). Pirinç, içeriğinde bulunan nişastanın çok kolay sindirilebilir olması ve protein kalitesinin yüksek olması ile aynı zamanda ekonomik olarak da büyük miktarlarda üretilebilmesi pirince olan talebi artırmaktadır. Dünyada tarım alanları 1,5 milyar hektarlık bir alanı kaplamaktadır ve bu alan yaklaşık 7 milyar dekar tahıl ekilen alanı içermektedir. En önemli tahıl ürünlerinden olan çeltik, bu ekilen tahılların %22'sini karşılamaktadır ve üretimde pay olarak %28'lik bir orana sahiptir. Asya kıtası %91'lik bir oranla çeltik üretiminde ön plana çıkmaktadır. Dünya genelinde tüm ülkeler baz alınarak bakıldığında ortama verim değeri ise 449 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2014).

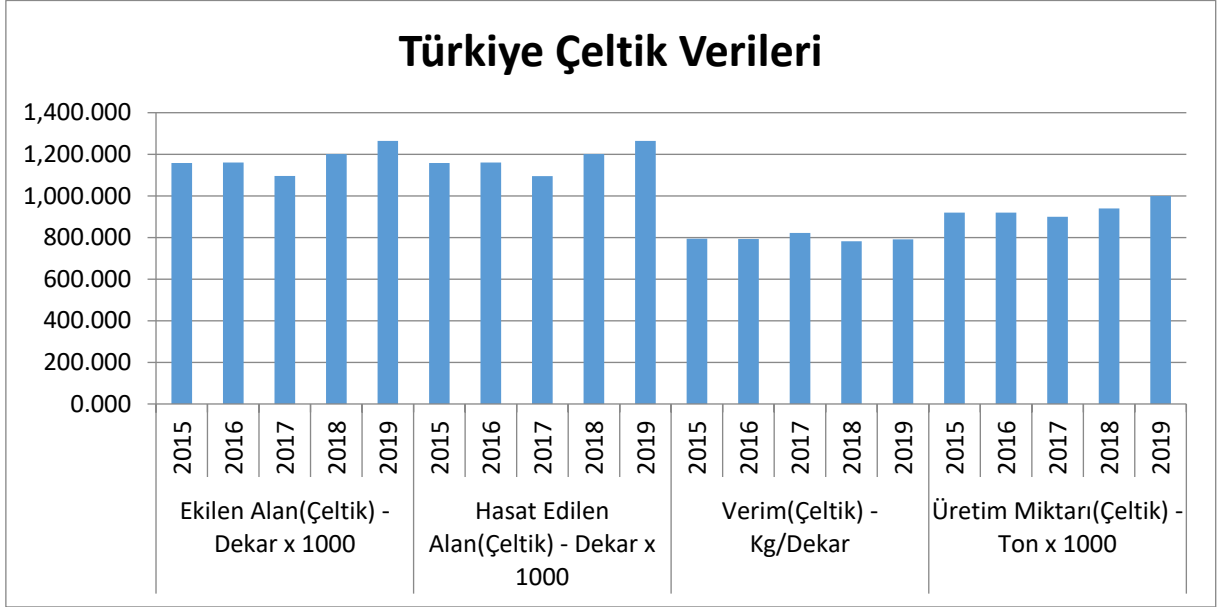
İşlenerek pirince dönüştürülen 100 kg çeltikten 50- 60 kg değer aralığında sağlam pirinç, 10-20 kg değer aralığında kırık pirinç, 13 kg kadar pirinç kepeği, 20 kg kadar kavuz ve 3 kg kadar pirinç cila unu elde edilebilmektedir. Pirinç veriminin yüksek olması için tanenin nem içeriği %14-15 civarında olmalıdır. Pirinçte verimi etkileyen diğer faktörler de, çeşitlerin tane uzunluğu ve genişliğidir. Elde edilen ürünler başta beslenme, gıda sektörü olmak üzere yem sanayi, inşaat sektöründe yalıtım malzemesi gibi farklı kullanım alanlarında değerlendirilmektedir. Pirinç işlem gördükten sonra pirinç taneleri sağlam ve kırık pirinç taneleri olarak kategorize edilip farklı fiyat seçenekleriyle tüketicilere sunulmaktadır. Pirinçin işlenmesi ile ortaya çıkan pirinç kepeği ve cila unu ise kahvaltılık ürünlerden biri olan pirinç gevreğinin içeriğine katılmaktadır. Diğer bir ürün olan pirinç unu da pastacılık sanayinde değerlendirilmektedir. Kavuzlar ise inşaatlarda izolasyon malzemesi olarak ve yakacak olarak kullanılabilir (Geçit, 2009).

Canlılar için besin değeri olarak tartışmasız önemli bir yere sahip olan tahıllar tüm dünyada tarım yapılan alanlarının büyük bir kısmında bulunmaktadır. Buğdaydan sonra en önemli sıcak iklim tahılı ve besin kaynağı olan bitki çeltiktir. Dünya nüfusunun yarısından fazlasının ana besin kaynağı çeltik bitkisidir. (Sürek, 2002).

1.1.1.2 Türkiye'de çeltik

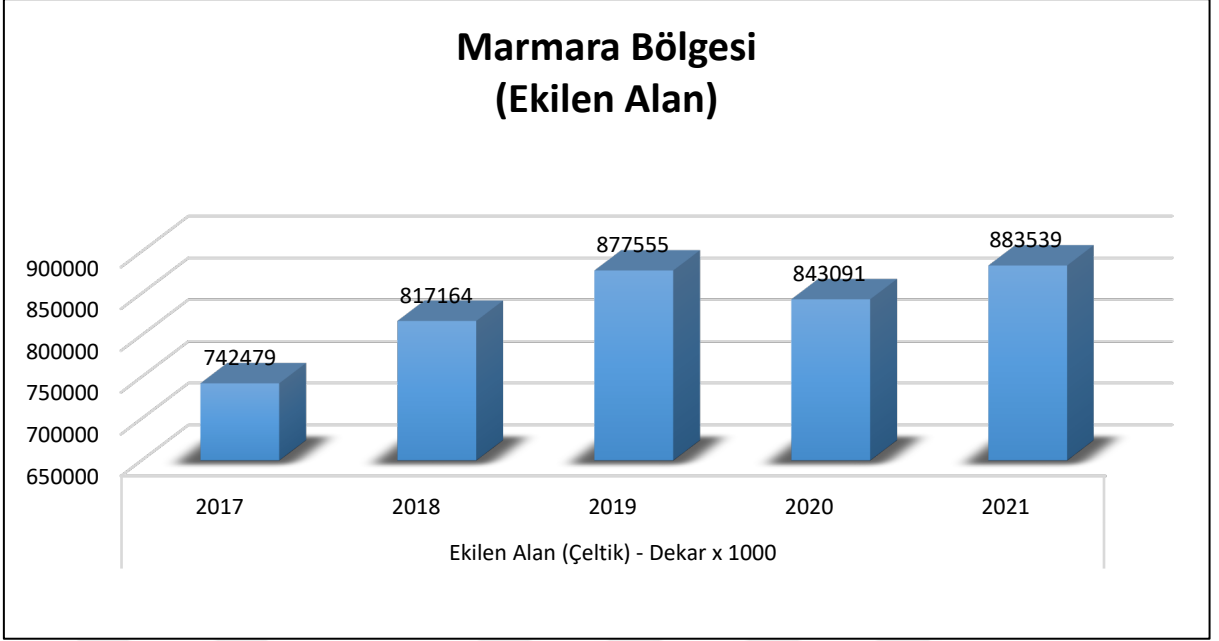
Çeltik yetiştiriciliğine olan ilgi son yıllarda ülkemizde de artış göstermiştir. Bu bitkinin yetiştirildiği alan miktarı ve üretim miktarı değerlerinde görülen artış (Şekil 1.1) bunu destekler niteliktedir. Ülkemiz coğrafi konumu sebebiyle iklimsel olarak aynı anda farklı bitkilerin

yetiştirebildiği bir ülkedir ve çeltik için de ekolojik olarak uygun koşullara sahiptir. Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yetiştiriciliği yapılan çeltik bitkisi için özellikle Marmara Bölgesi'nin batısı ve doğusu, Karadeniz'in batısı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi üretim ve ekim alanı olarak en büyük paya sahip bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır. İller bazında baktığımızda ise Marmara Bölgesi'nde yer alan Edirne, Balıkesir ve Çanakkale başta olmak üzere Çorum ve Samsun illeri ön plana çıkmaktadır (Anonim, 2015).



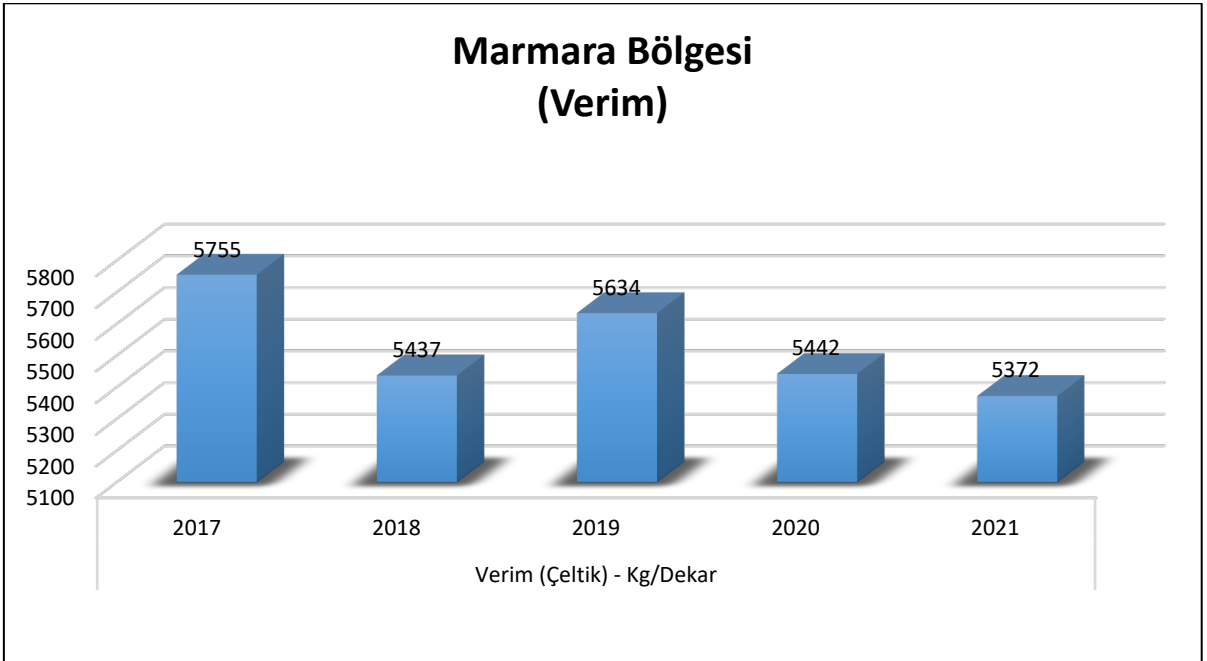
Şekil 1.1. 2015-2019 yılları arasında çeltik bitkisine ait ekili alan, hasat edilen alan, verim ve ürün miktarı değişimi

Çeltik üretiminde en önemli bölgelerimizden biri olan Marmara Bölgesi için ekim alanı, verim ve üretim miktarları Şekil 1.2, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te verilmiştir. Şekil 1.2 incelendiğinde, ekilen alan miktarında 2021 yılında (883.539.000 da) artış olduğu görülmektedir. Son 5 yıl içerisindeki en düşük ekili alan miktarının 2017 yılında (742.479.000 da) olduğu ve 2020 yılına kadar bu artışın devam ettiği görülmektedir.



Şekil 1.2. Marmara Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan verileri (TUİK, 2022)

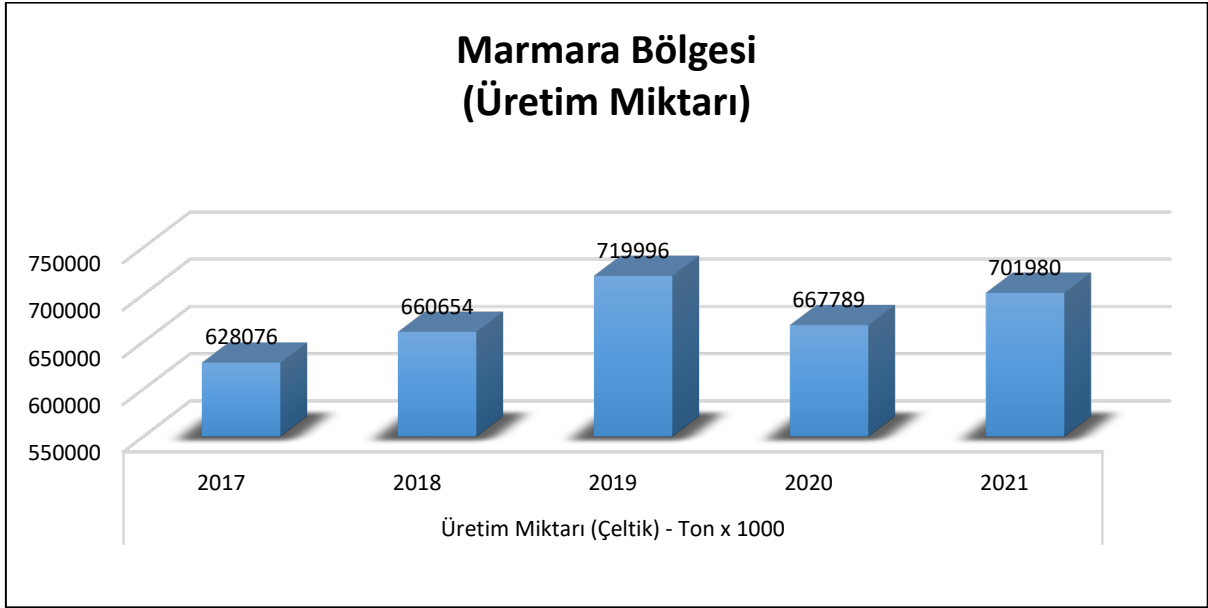
Marmara Bölgesi'ne ait verim grafiği (Şekil 1.3) incelediğinde verim miktarlarında bir dalgalanma olduğu görülmektedir. Son 5 yılda elde edilen veriler karşılaştırıldığında en yüksek verim 2017 yılında, en düşük verim ise 2021 yılında elde edilmiştir. Ekili alanların artmasına rağmen verimde meydana gelen azalmaların sebebinin yanlış gübreleme ve sulama sistemlerinin yetersizliği olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1.3. Marmara Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim değerleri (TUİK, 2022)

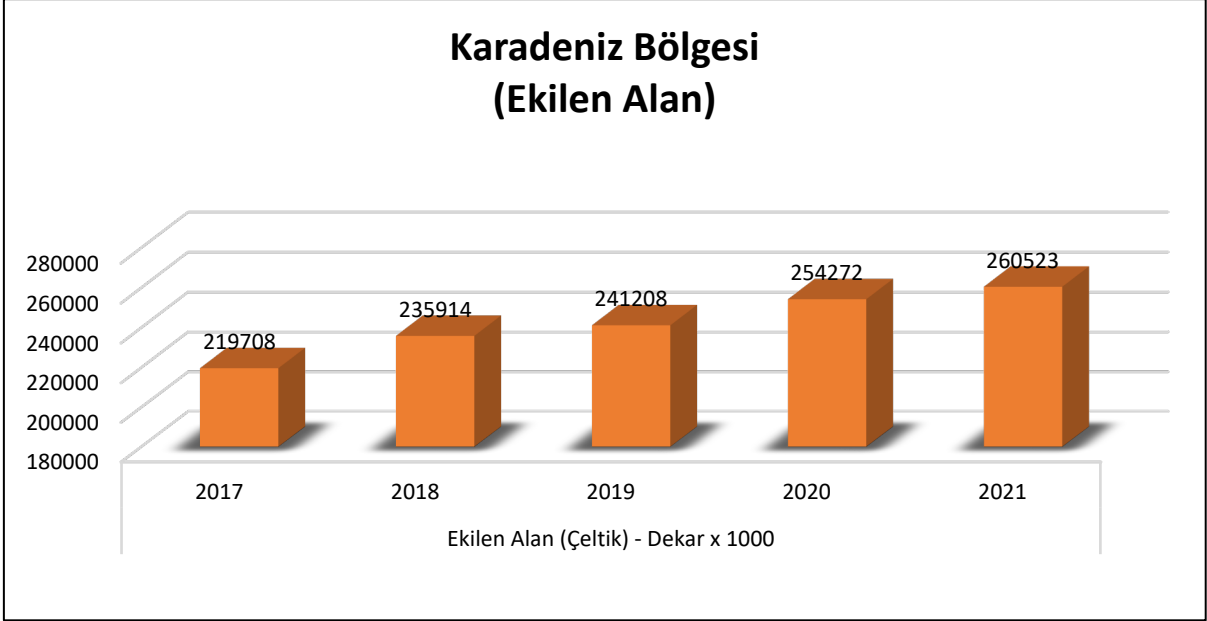
Marmara Bölgesi'ne ait çeltik üretim miktarının verildiği Şekil 1.4 incelendiğinde, ekili alan miktarıyla doğru orantılı olarak üretim miktarının da aynı zamanlarda arttığı

görülmektedir. 2019 yılında çeltik üretiminde önemli bir artış tespit edilmiştir. Geçtiğimiz yıl gerçekleştirilen üretimde ise bu seviyeye çıkmak mümkün olmamıştır.



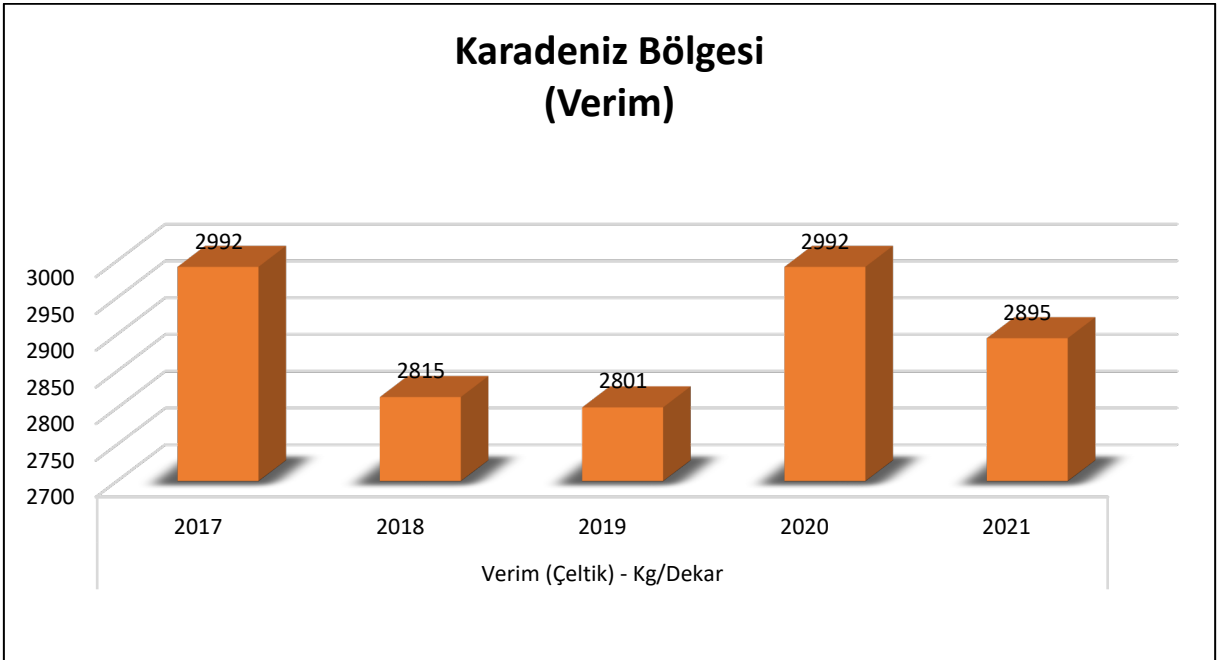
Şekil 1.4. Marmara Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim değerleri (TUİK, 2022)

Karadeniz Bölgesi ülkemizde en çok yağış alan bölgelerden biridir ve çeltik yetiştiriciliği için uygun iklimsel koşulları bulundurmaktadır. Çeltik üretiminde önemli sırada yer alan Samsun ili de bu bölgede bulunmaktadır. Karadeniz Bölgesi'ne ait ekili alan verileri Şekil 1.5'te verilmiştir. Ekili alan miktarı çiftçinin de bu mahsule ilgisinin artması sonucunda son yıllarda artış göstermiştir. Ekili alan miktarındaki en fazla artış 2018 yılında (2017 yılına göre) gerçekleşmiştir. 2017 yılında 219.708.000 da olan ekili alan, 2018 yılında 235.914.000 da'a yükselmiştir. Sonraki yıllarda artış devam ederek 2021 yılında 260.523.000 da seviyesine ulaşmıştır.



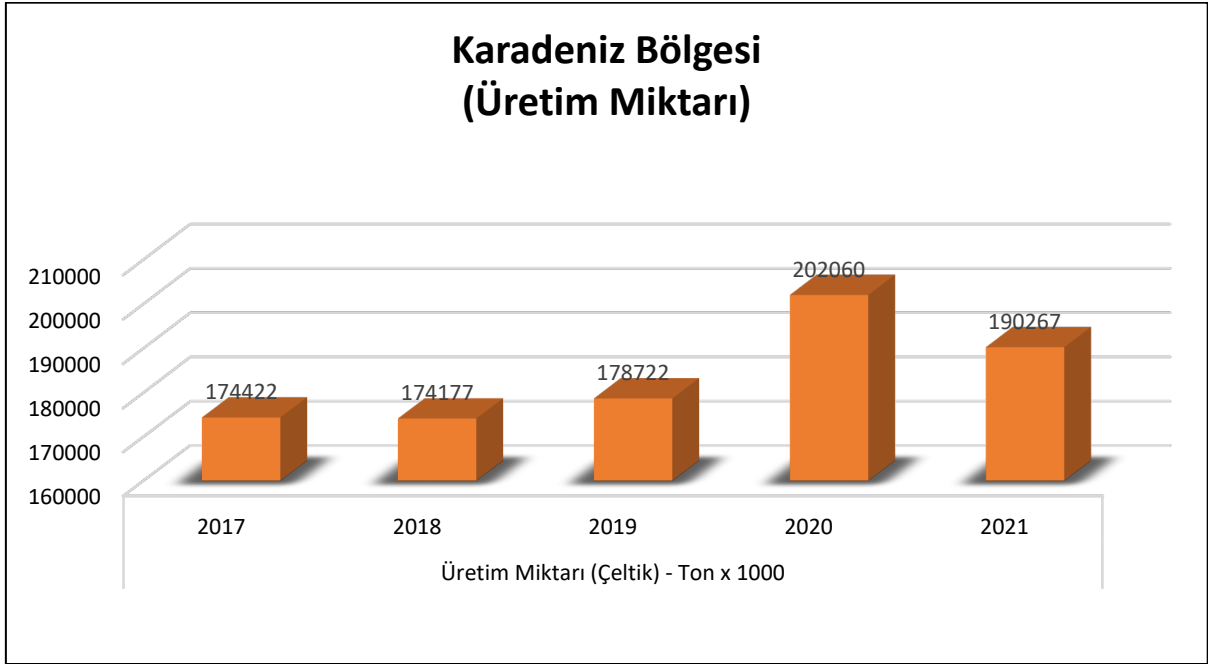
Şekil 1.5. Karadeniz Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan verileri (TUİK, 2022)

Karadeniz Bölgesi'ne ait verim grafiği (Şekil 1.6) incelediğinde verim değerlerinin oldukça değişken olduğu görülmektedir. Son 5 yılda elde edilen veriler değerlendirildiğinde, en yüksek verim 2017 ve 2021 yıllarında (2.992 kg da^{-1}), en düşük verim ise 2019 yılında (2.801 kg da^{-1}) elde edilmiştir. Ekilen alan miktarındaki sürekli artışa rağmen (Şekil 1.5) bazı yıllarda verim değerlerinde ciddi bir azalış görülmüştür.



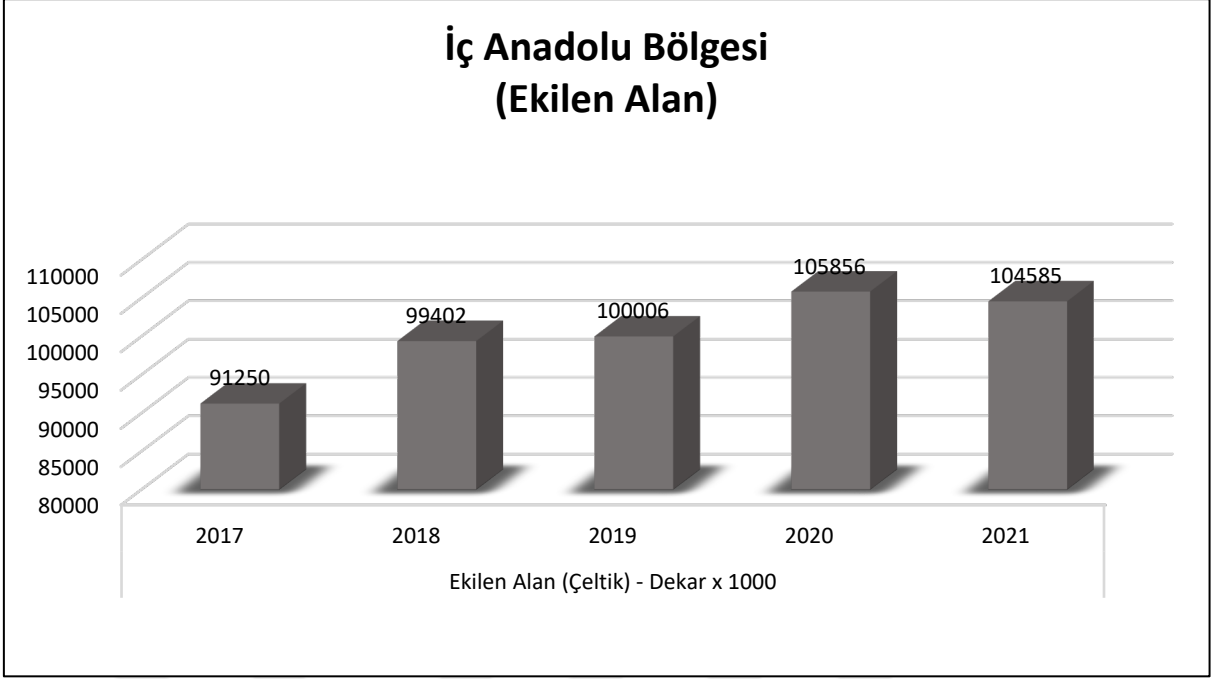
Şekil 1.6. Karadeniz Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim değerleri (TUİK, 2022)

Karadeniz Bölgesi'ne ait çeltik üretim miktarının verildiği Şekil 1.7 incelendiğinde, ekili alan miktarına kıyasla daha belirgin bir artış görülmektedir. Son 5 yıldaki üretim değerleri karşılaştırıldığında, en fazla üretim 2020 yılında 202.060.000 ton ile gerçekleştirilmiştir ve sonraki yıl azalış meydana gelmiştir. Ekilen alanın sürekli artış göstermesine rağmen üretim miktarındaki düzensiz artış ve azalışların sebebi gübrelemedeki değişiklikler ve küresel ısınma sebebiyle görülen iklimsel değişiklikler sonucunda ortaya çıkan yağış düzensizliğinin olabileceği düşünülmektedir.



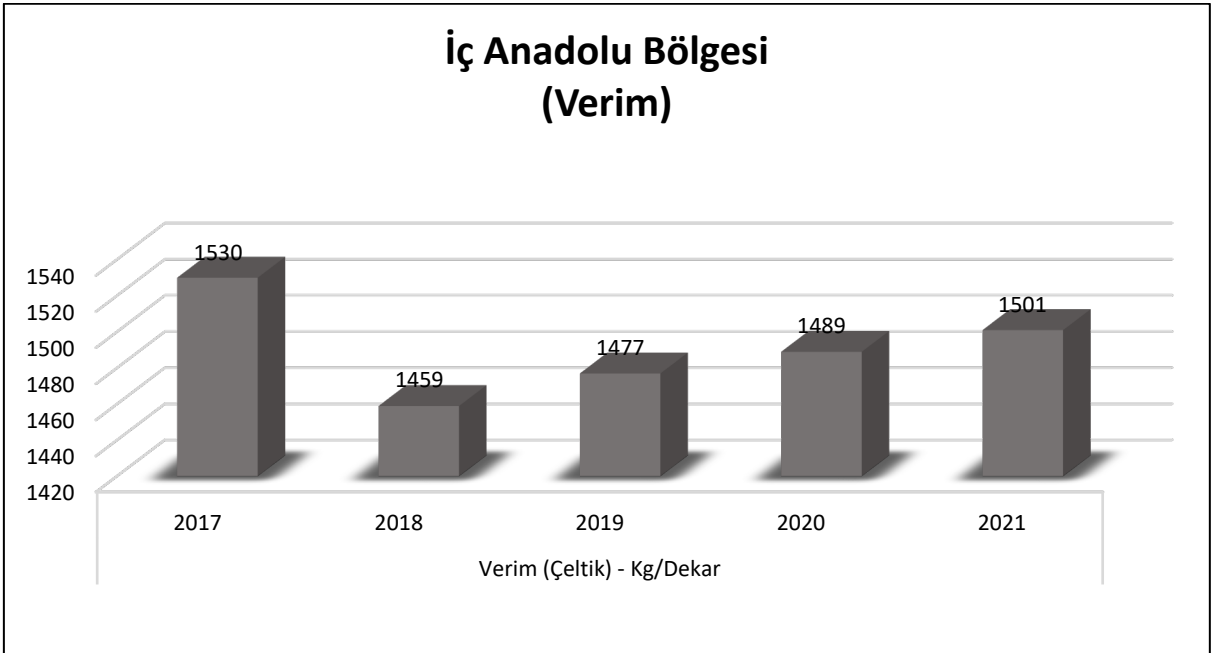
Şekil 1.7. Karadeniz Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim miktarı değerleri (TÜİK, 2022)

İç Anadolu Bölgesi ekili alan verileri Şekil 1.8'de verilmiştir. Ekili alan miktarının 2017 yılında ani bir artışla 91.250.100 da' dan 2018 yılında 99.402.000 da'a yükselmiştir. Sonraki yıllarda bu artış azalarak devam etmiştir. Tablo verileri incelendiğinde, İç Anadolu Bölgesi'nde çeltik ekili alanların yıllar içerisinde oldukça değişken olduğu görülmektedir. Şekil 1.8 ve Şekil 1.9'daki veriler ile karşılaştırıldığında ekilen alandaki bu dalgalanmanın, özellikle son 3 yılda üretim miktarı ile paralel olduğu da görülmektedir.



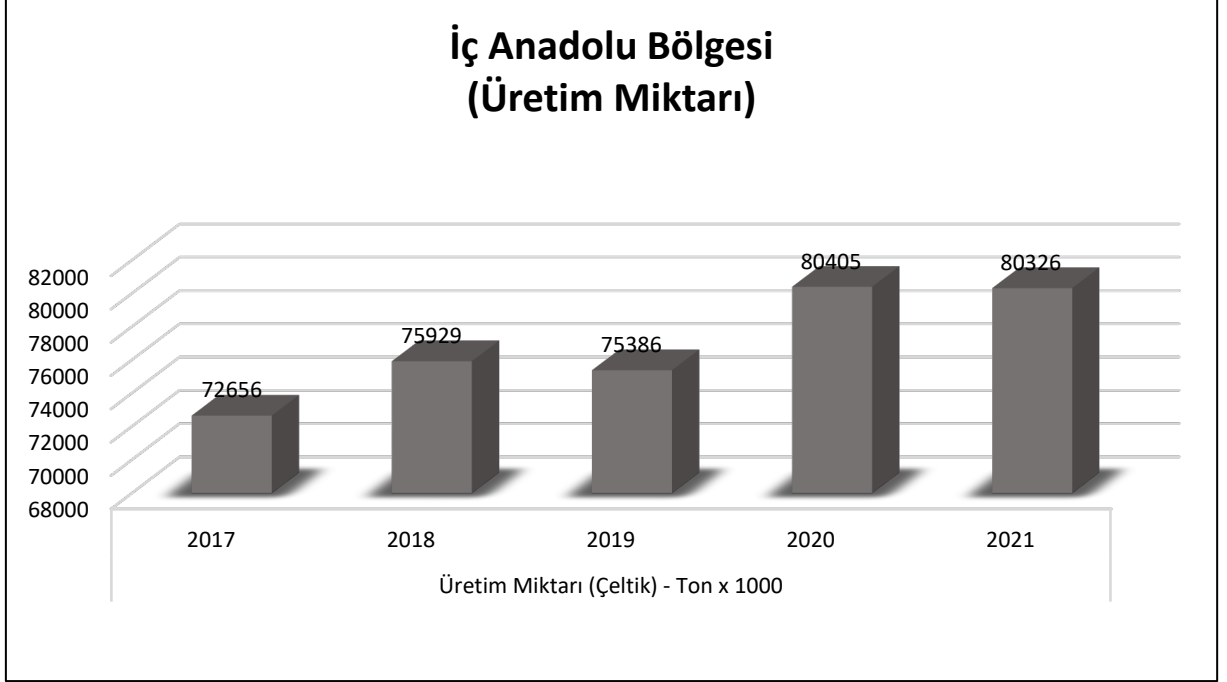
Şekil 1.8. İç Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekili alan değerleri (TUİK, 2022)

Her üründe olduğu gibi çeltik verimi de çeşitli faktörlere bağlı olarak ülkemizde yıllara göre önemli değişimler göstermektedir. İç Anadolu Bölgesi'ne ait verim değerleri incelendiğinde 2017 yılından sonra verimde kayıpların olduğu görülmektedir (Şekil 1.9) ancak sonraki yıllarda tekrar verim artışı meydana gelmiş olsa da 2021 yılındaki verim ($1,501 \text{ kg da}^{-1}$) 2017 yılındaki değere ($1,530 \text{ kg da}^{-1}$) ulaşamamıştır. Karadeniz Bölgesi'ne ait verim grafiği ile karşılaştığımızda, yıllar içerisinde bu bölgedeki verim azalışının daha az olduğu söylenebilir.



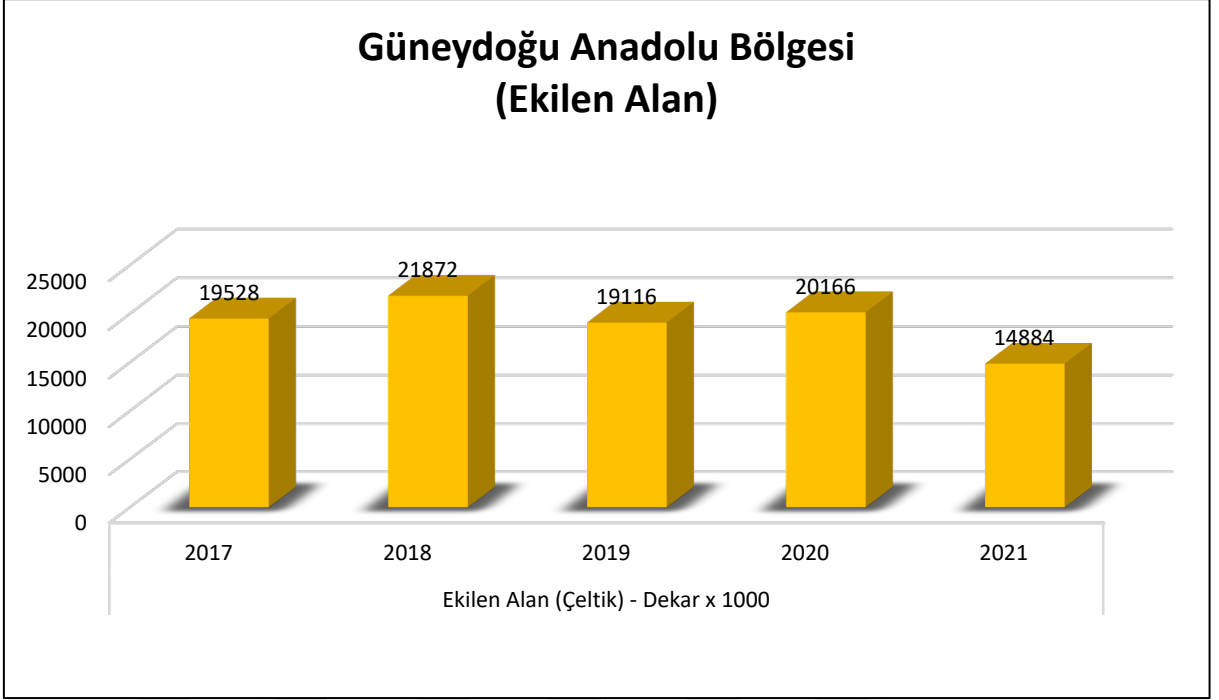
Şekil 1.9. İç Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim değerleri (TUİK, 2022)

İç Anadolu Bölgesi, çeltik yetiştiriciliğinde Marmara ve Karadeniz Bölgesi'nden sonraki en önemli coğrafi bölgemizdir. Bu bölgedeki üretim miktarı değerlendirildiğinde, ekili alan ile paralel olarak üretim miktarının da yıllar içerisinde değişim gösterdiği, 2017 yılı sonrasındaki yıllarda düzenli bir artış olmadığı Şekil 1.10'da görülmektedir.



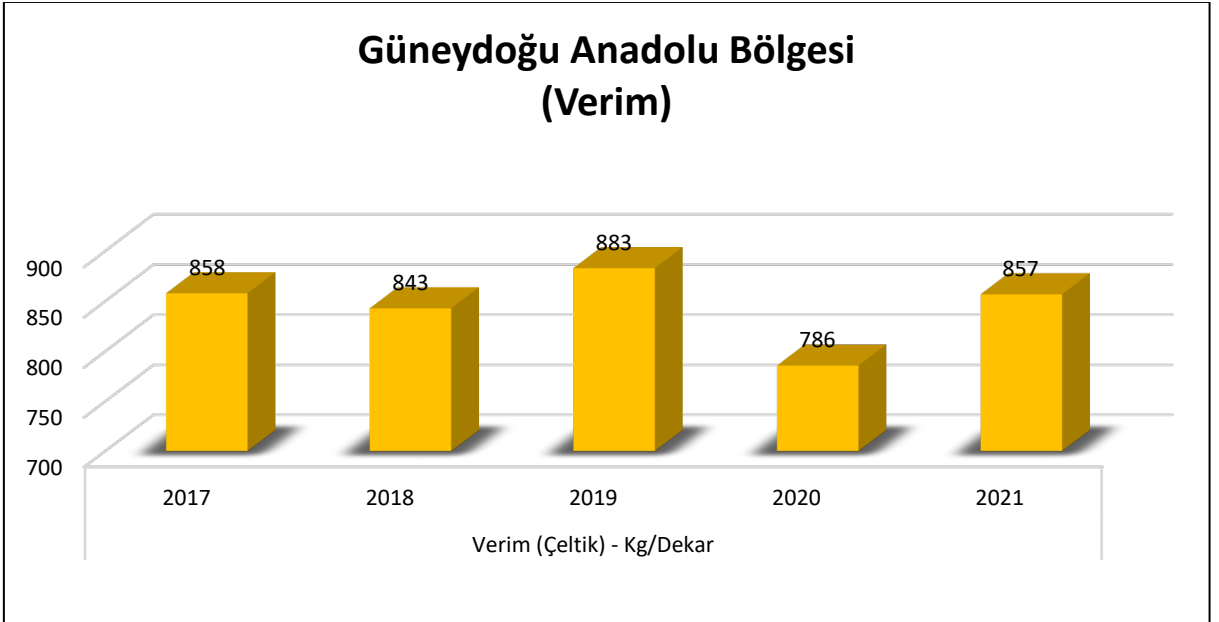
Şekil 1.10. İç Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim miktarı değerleri (TUİK, 2022)

Türkiye’de çeltik ekimi genellikle kıyı bölgelerde toplanmıştır. Ancak bununla beraber İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde de üretimde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde su sıkıntısı sebebiyle tarım alanları su kaynaklarına yakın yerlerde bulunmaktadır. Fırat ve Dicle nehirlerinin kollarının bulunduğu yerlerde çeltik yetiştiriciliği daha yaygındır. Bölgedeki ekili alan miktarının yıllar içerisindeki değişimine bakıldığında (Şekil 1.11), çeltik ekilen alan miktarının 2017 yılından sonra artış gösterdiği görülmektedir. 2020 yılında da bir artış olmasına rağmen (20.166.000 da) bu artış 2018 yılındaki ekili alan miktarını (21.872.000 da) karşılayamamıştır. 2021 yılında ise son 5 yıldaki en düşük ekim (14.884.000 da) gerçekleştirilmiştir.



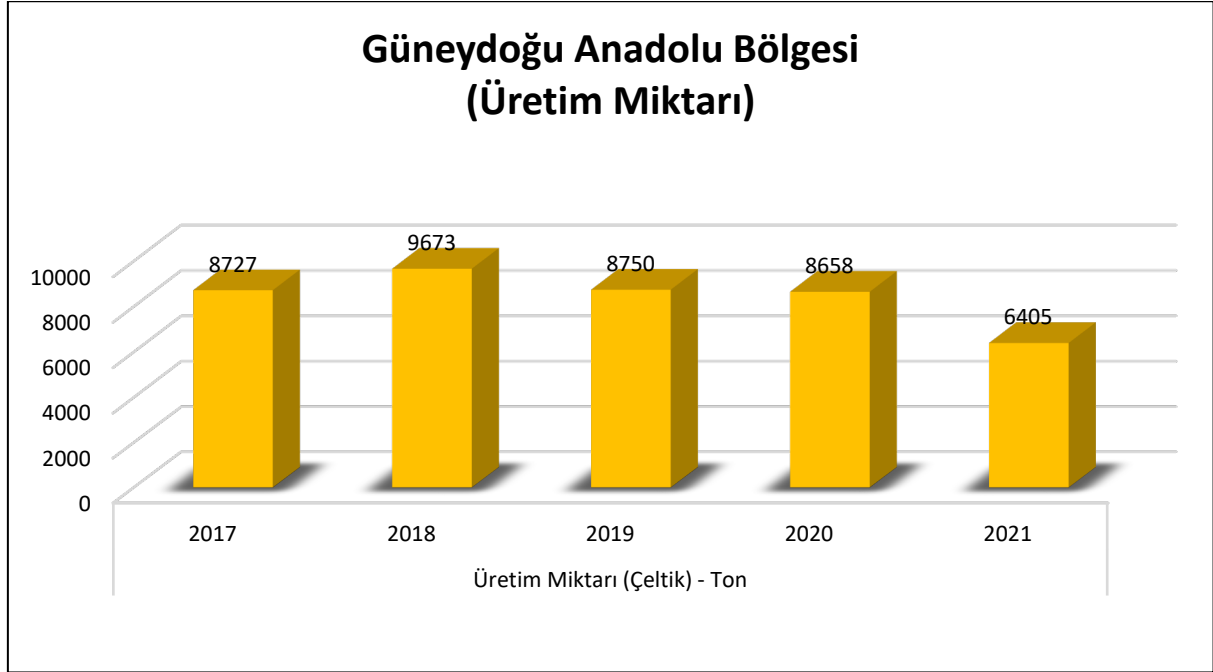
Şekil 1.11. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik ekilen alan değerleri (TUİK, 2022)

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne ait verim grafiği incelendiğinde, 2017-2018 yılları arasındaki azalışın 2019 yılı ile son bulduğunu ve 2019 yılında (883 kg da^{-1}) verimde belirgin bir artış olduğunu görmekteyiz. Çeltik yetiştiriciliğinde ortam koşullarının iyileştirilmesi, gübreleme, sulama faaliyetlerinin iyileştirilmesi ve işgücünün artışı bunun sebepleri olabilir.



Şekil 1.12. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik verim değerleri (TUİK, 2022)

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne ait üretim miktarı değerleri Şekil 1.13'te verilmiştir. Üretim miktarı bölgedeki ekili alan miktarıyla doğru orantılı olarak değişim göstermiştir. Üretim miktarında 2021 yılında kayda değer bir azalış meydana gelmiştir. 2017 yılında 8.727.000 ton olan üretim miktarı 2021 yılına kadar düzensiz bir şekilde değişiklik göstererek 2021 yılında 6.405.000 ton' a düşmüştür.



Şekil 1.13. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2017-2021 yılı arasındaki çeltik üretim miktarı değerleri (TUİK, 2022)

1.1.2 Çeltik Yetiştiriciliği

Çeltik (*Oryza sativa* L.), dünyadaki ve Asya'daki en istikrarlı gıda ürünüdür. Son zamanlarda su kaynaklarındaki azalış, ekstrem hava olayları, toprak kalitesinin bozulması ve iklim değişikliği gibi faktörler nedeniyle çeltik yetiştiriciliği tehlike altına girmiştir. Bu nedenle çeltik üretimi için alternatif üretim yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Damla sulama yöntemi özellikle sulama suyunun yetersiz olduğu bölgelerde geleneksel çeltik üretimi sistemine alternatif olarak kullanılmaktadır. Her bitkide olduğu gibi çeltik bitkisinde de gelişim aşamaları vardır (Anomin, 2022).

1.1.2.1 Toprak hazırlığı

Damla sulama ile üretim gerçekleştirilecek alanlarda, tarlanın traktörle sürülerek hazırlanması (sonbaharda 15-20 cm derinliğinde, ilkbaharda 10-12 cm derinliğinde) oldukça önemlidir. Çeltik bitkisi su altında yetiştirilen bir bitki olduğu için doğru zemin hazırlığı, yeterli suyu tutabilecek biçimde setlerin (tava yüzeyinden yüksekliği 35-45 cm ve taban genişliği 35-

45 cm olacak şekilde) hazırlanması gerekmektedir. Maksimum verimlilik seviyesine ulaşmak için, birim genişlik başına akış hızı, toprak erozyonuna neden olmadan mümkün olduğunca yüksek olmalıdır. Sulama kanalı tarlada en yüksek yere yapılır ve ana boşaltma kanalı ise en alçak yerde bulunur.

1.1.2.2 Tohum seçimi ve tohumun ekime hazırlanması

Kullanılacak tohumun biyolojik, genetik ve fiziksel olarak yeterliliği araştırılmalı, yetiştirileceği bölgeye ekolojik olarak uyum sağlayabilecek saf tohum tercih edilmelidir. Çeltik bitkisi kendine döllenebildiği için, tohumun bir süre sonra (3-5 yıl) değiştirilmesi gerekmektedir. Ekim için, tohum ekim öncesinde 1-2 gün öncesinde ıslatılmalı ve iyi olmayan tohumlar ayrılmalıdır.

1.1.2.3 Ekim zamanı

Ekim zamanını yetiştirilecek çeltik çeşidi belirlemektedir. Çeşidin o bölgeye uyumu, gelişim süresi, sulama imkanları, çiçeklenme zamanı ve hava şartları ekim zamanını belirlemede önemlidir. Bölge koşullarına göre nisan ortasından başlayarak haziran sonuna kadar devam eden zaman içerisinde ekim gerçekleştirilebilir.

1.1.2.4 Ekim sıklığı ve ekim yöntemleri

Üründen iyi verim alabilmek için m²'ye 400-500 salkım (m²'ye 250-350 tohum) konumlandırılmalıdır. Eğer fideleme ile çeltik yetiştirilecek ise ekilecek tohum miktarı, tarlaya ekilmesi için dekara gereken tohum miktarının 8-10 katından fazla kullanılmalıdır ve m²'ye 2000 adet tohum düşecek şekilde ekim yapılmalıdır.

Çeltik ekiminde yöntem olarak, mibzerle ekim, fideleme ve serpme ekim (makine ile, uçakla, elle) kullanılmaktadır. Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan yöntem elle serpme yöntemidir.

1.1.2.5 Sulama

Sulama metotları iklime ve coğrafyaya göre değişiklik göstermektedir. Ülkemizde tava usulü dediğimiz 20 cm derinliğinde ve sürekli su akışının sağlandığı alanlarda çeltik yetiştiriciliği yapılmaktadır. Son yıllarda meydana gelen iklim değişiklikleri ve su kaynaklarındaki azalmalar sebebiyle sulamada damla sulama yöntemi denenmeye başlanmıştır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14 İstanbul-Çatalca Bölgesi'nde damla sulama yöntemi ile çeltik yetiştiriciliği (Orijinal, 2021)

Sulama için ekimden 6-10 gün sonra tarlanın su kaynakları 3-4 gün boyunca kesilmektedir. Bu süreçte çimlenen bitki köklerinin toprağa iyice tutunması sağlanır. Tarlada su miktarı her zaman aynı olmaz. Yüzeyle ilk çatlama görüldüğünde tekrar su verilir. Başaklanmadan sonra ise toprağın aşırı kurumasına engel olmak için az miktarda su bulundurulmalıdır. Bitkinin su tüketimi iklime ve ekolojik koşullara göre değişiklik gösterir.

1.1.2.6 Gübreleme

Çeltik yetiştiriciliğinde dikkat edilmesi gereken bakım işlemlerinden biri de bitki beslemedir. Doğru miktarlarda kullanılan azot ve fosfor içeriğine sahip gübreler çeltikte verim değerini artırmaktadır. Tarlaya çiftlik gübresi uygulanmış olsa dahi eksik besin maddelerinin giderimi için ticari gübrelerle desteklemek gerekmektedir. Azot için 6-12 kg/dekar, fosfor için 3-6 kg/dekar ve potasyum için 2-4 kg/dekar gübre dozları önerilmektedir.



Şekil 1.15. İstanbul-Çatalca Bölgesi'nde çeltik gübrelemesi (Orijinal, 2021)

1.1.2.7 Çeltiğin hasat ve harmanı

Hasat işlemi, bitkiler sarardıktan ve salkımlar sarktıktan sonra başlamaktadır. Bu aşamada tanenin nem içeriği %28-23'e düşmektedir. Salkım uçları tam olum devresinde, alt tanelerde sarı olum devresindeyken bu durum gerçekleşmektedir. Daha önce bahsettiğimiz su kesilmesi tam olum aşamasından 10-15 gün öncesinde gerçekleştirilir. Su kuruyup üzerinde çalışabilecek hale geldiğinde hasat başlamaktadır. Saplar biçimden sonra demet şeklinde bağlanmakta ve salkımlar yukarı gelecek şekilde kurumaya bırakılmaktadır. Kuruma işleminden sonra saplar Şekil 1.16'daki gibi biçerdöverde öğütülür.



Şekil 1.16. İstanbul-Çatalca Bölgesi'nde çeltik hasadı (Orijinal, 2021)

1.1.2.8 Çeltiğin kurutulması ve depolanması

Harman işleminden sonra çeltik tanesi içeriğinde %25 nem bulundurmaktadır ve bu nem oranının %14'ün altına düşürülmesi gerekmektedir. Aksi halde pirincin çimlenme gücü ve kalitesinde kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıpların önüne geçmek için sergen adı verilen harmanlara 4-5 cm kalınlığında serilerek kurutulur. Nem içeriği %11 olduğunda ürün çuvallanarak ya da ambarlarda depolanır (Taşlıgil ve Şahin, 2011, Anonim, 2021).

1.1.2.9 Çeltikte damla sulama çalışmaları

Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen bir araştırmada, geleneksel sulama yöntemi ile damla sulama yöntemi ile sulama yapılan alanlardan elde edilen verim ve su miktarı karşılaştırılmıştır. Geleneksel salma sulama ile sulamanın gerçekleştirildiği alanlarda en yüksek verim (8 t ha⁻¹) elde edilmiştir. Damla sulamanın gerçekleştirildiği parsellerde verim 6,9 t ha⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Geleneksel sulamada yağış ile toplam 1806 mm su

kullanılırken, damla sulamada 789 mm su kullanımı olmuştur. Damla sulama uygulamasında geleneksel sulama yöntemine kıyasla %56 daha az su kullanımı gerçekleşmiştir (Anonim, 2009).

Hindistan'da gerçekleştirilen bir çalışmada damla sulama ve bu yöntemle birlikte gerçekleştirilen gübrelemenin çeltikte verim, boy ve su kullanımı gibi durumlar üzerine etkisi incelenmiştir. Deneme iki farklı damla sulama sistemi (buharlaştırmanın %100 ve %150'si) ve 5 gübre dozunda kurulmuştur. Elde edilen verilere göre en iyi sonuçlar, buharlaştırmanın %150'si uygulanan sistemden elde edilmiştir (Kumar vd., 2011).

Yine Hindistan'da gerçekleştirilen bir çalışmada, damla sulama ile yapılan gübrelemenin çeltik üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Ayrıca, 3 günlük birikimli buharlaştırma oranının %125 ve %150'sinin olduğu ve hümik asit uygulaması ile gübre uygulamasının gerçekleştirildiği bir deneme planlanmıştır. Araştırma sonucunda, buharlaştırmanın %150 ve %100'ünün değerlendirildiği kaynaklar, azofosmet ve hümik asit uygulanan koşullarda bitkinin en yüksek verime ($4-4,5 \text{ t ha}^{-1}$) ulaştığı belirlenmiştir (Govidan ve Grace, 2012).

Çeltik yetiştiriciliğinde olmazsa olmaz faktörler sulama ve gübredir. Gururaj, (2013), iki farklı su uygulaması (A sınıfı kaptan olan buharlaştırmanın %100 ve %150'si) ve önerilen gübre dozu, suda çözünebilir gübre dozu ve çiftçilerin uyguladığı gübre dozu olmak üzere 3 farklı gübreleme dozu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar geleneksel sulama yöntemi ile karşılaştırılmıştır ve en yüksek verim önerilen gübre dozunda ve buharlaştırmanın %150'sinin karşılandığı durumda 6598 kg ha^{-1} olarak tespit edilmiştir. Kullanılan su miktarının yağış ile $628-1150 \text{ mm}$ miktarından $766-1288 \text{ mm}$ arasında bir miktara ulaştığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonunda damla sulama yönteminin kullanılmasıyla %40 tasarruf sağlandığı görülmüştür ve ekonomik olarak daha yüksek gelir elde edildiği belirtilmiştir (Gururaj, 2013).

Damla sulamanın çeltik bitkisinin yetiştiriciliğinde verim üzerinde etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, A sınıfı kaptan buharlaştırmanın 1,2 katının uygulandığı sistemde en yüksek verim $3,25 \text{ t ha}^{-1}$, en yüksek su kullanımı verimi $2,82 \text{ kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$, geleneksel tava sulama verimi $3,09 \text{ t ha}^{-1}$ ve son olarak su kullanım verimi $2,54 \text{ kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Damla sulama yöntemi ile sudan tasarruf edilebildiği, su kıtlığı çekilen ve sulamanın yetersiz kaldığı alanlarda bu yöntemin etkin bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Anamika vd., 2014).

Damla sulama ve geleneksel tava sulama sisteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada, su kullanım verimliliğinin damla sulamada ($0,77 \text{ kg da}^{-1}\text{mm}^{-1}$) geleneksel tava sulama yöntemine kıyasla ($0,46 \text{ kg da}^{-1}\text{mm}^{-1}$) daha yüksek olduğu ve %30-41 oranında su tasarrufunun gerçekleştiği belirtilmiştir (Modinat vd.,2014).

Toprak altı damla sulama yöntemi son yıllarda kullanılmaya başlanan bir sulama yöntemidir. Bu yöntemin kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, değerlendirme faktörleri olarak 40 cm ve 60 cm olarak damlatıcı aralıkları ve 0 kg ha^{-1} , 50 kg ha^{-1} , 75 kg ha^{-1} ve 100 kg ha^{-1} olmak üzere 4 farklı azot dozu uygulanmıştır. Çalışma sonunda, çeltik veriminin $2389-4105 \text{ kg ha}^{-1}$ aralığında değiştiği ve en yüksek randımanın (4108 kg ha^{-1}) 40 cm damlatıcı aralığının ve 70 kg ha^{-1} azot dozunun bir arada bulunduğu uygulamadan alındığı belirtilmiştir. Damla sulama yöntemi ile %70'e yakın su tasarrufu gerçekleştirilmiştir ve N miktarının verimde artışa destek olduğu görülmüştür (Rajwade vd.,2014)

Çeltik yetiştiriciliğinde 3 farklı gübre dozunun ve su rejiminin kullanıldığı bir çalışmada, geleneksel sulama sistemlerine kıyasla %60-80 oranında daha az su harcandığı belirlenmiştir. Damla sulama uygulamasında, toplam $499-538 \text{ mm ha}^{-1}$ su kullanımı gerçekleştirilmiştir. Verim değer aralığı ise $5,59$ ile $6,15 \text{ t ha}^{-1}$ bandında değişmiştir (Kruzhilin vd., 2015).

Damla sulama yöntemiyle birlikte gerçekleştirilen gübreleme çalışmasında, sulama suyu miktarının damla sulamada $680-1480 \text{ mm}$ aralığında iken geleneksel yöntem ile sulamada $1790-2442 \text{ mm}$ aralığında değiştiği bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada verim değerleri incelendiğinde, $6407-12213 \text{ kg ha}^{-1}$ aralığında, bitki boyunun ise $73-88,67 \text{ cm}$ arasında değiştiği bulunmuştur. Damla sulama yöntemi ile uygulanan gübreleme çeltikte verim artışı sağlamıştır (Anusha vd., 2015).

Çeltikte damla sulama ile ilgili gerçekleştirilen bir çalışmada, haftalık A kaptan buharlaşmanın %100, %150 ve %200'ünün kullanıldığı farklı damla sulama rejimleri ile birlikte farklı N gübre miktarları uygulanmıştır. Çalışmada bitkinin gelişimi ve büyümesi, tane verimi incelenmiştir. Tane veriminin $1960-4933 \text{ kg ha}^{-1}$ aralığında değiştiği ve en yüksek verimin buharlaşmanın %150'sinin verildiği ve 180 kg da^{-1} doz N uygulamasının olduğu alanda gerçekleştiği tespit edilmiştir (Ramulu vd., 2016).

Damla sulama yöntemi ve gübrelemenin birlikte gerçekleştirildiği çalışmada buharlaşmanın %100 ve %150'si olmak üzere iki damla sulama rejimi ve gübrenin %75'i,

%100'ü ve %150'si olacak şekilde 3 farklı gübre dozu uygulaması geleneksel tava sulama yöntemi ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda verim değerleri 3741-5304 kg ha⁻¹ aralığında bulunmuştur. Su miktarının yetersiz olduğu alanlarda buharlaşmanın %150'sinin ve uygulanacak gübre miktarının %125'inin olduğu uygulamanın uygulanmasının su tasarrufu ve verim parametreleri açısından daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır (Ramadas ve Ramanathan 2017).

Çeltik yetiştiriciliğinde kullanılan geleneksel göllendirme sulama uygulaması su kullanımını artırmaktadır. Kurak alanlarda bu nedenle çeltik üretimi sınırlı kalmaktadır. *Oryza Sativa L.* cv. Luna bitkisinde su kullanımını değerlendirmek için damla sulama ve su tutma bariyerinin göllendirme sulama yöntemi olmak üzere iki yöntem değerlendirilmiştir. Araştırma 2017'de Edirne İli Enez İlçesi'nin Çavuş Köyü'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur. En yüksek verim çiftçi uygulamasında yani geleneksel sulama sisteminin uygulandığı alanlardan elde edilmiştir. Damla sulama sistemi uygulamasından ise geleneksel sulamaya göre %83,32'lük su tasarrufu sağlanmıştır (Çamoğlu, Demirel ve Nar, 2018).

1.1.3 Çeltik ve bazı mikro bitki besin elementleri

1.1.3.1 Çeltik ve Çinko

Yapılan bir araştırmada; çeltik (*Oryza sativa L.*) çeşitlerinde çinko uygulamasının bazı kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için sera koşullarında 4 farklı çeşit (Efe, Hamzadere, Osmancık-97 ve Paşalı) ve 0, 5, 10, 15, 20 mg/kg dozlarında çinko uygulaması ile üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Tesadüf parselleri deneme desenine göre saksılarda yürütülen deneme sonucunda; uygulanan farklı çinko dozları kırksız randıman hariç, i) bin tane ağırlığı, ii) pirinç tane uzunluğu, iii) pirinç tane genişliği ve iii) protein oranına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Zn uygulaması belirli 10 ve 15 mg doza kadar pozitif etki gösterirken, artan dozda negatif etkilere neden olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Zn kullanımının tüm çeltik çeşitlerinde gerekli olduğunu ve kontrollü koşullarda uygulanması gerektiğini göstermiştir (Yılmaz ve Sonkaya, 2018).

Bio kömür ve kimyasal gübrelerin aynı anda uygulanmasının, toprak verimliliğinin, besin kullanım verimliliğinin ve pirinç mahsulü veriminin iyileştirilmesi için yeni, sürdürülebilir ve çevre dostu bir teknoloji olduğu gösterilmiştir. Pirinç araştırma enstitüsü çiftlik istasyonlarında, çeltik kabuğu bio kömürü ve Zn-gübre uygulamalarının pirinç verimi ve toprakların en önemli kimyasal özelliklerine etkilerinin faktoriyel yoluyla tesadüfi tam blok tasarımında üç tekerrürlü olarak araştırılması amacıyla bir deneme yürütülmüştür. Deneysel

faktörler üç seviyede (0, 20 ve 40 t ha⁻¹) bio kömür ve üç seviyede çinko (0, 10 ve 20 kg ha⁻¹) olacak şekilde tasarlanmıştır. En yüksek bitki boyu (144/33 cm), salkım başına doldurulmuş tane (81,65), 1000 tane ağırlığı (32,37 g) ve tane verimi (4112 kg ha⁻¹) 40 t ha⁻¹ bio kömür uygulamasında kaydedilmiştir. Ayrıca 20 kg ha⁻¹ çinko sülfat uygulamasında ortalama 4220 kg ha⁻¹ ile maksimum tane verimi gözlenmiştir (kontrolden %13 daha fazla). 40 t ha⁻¹ bio kömür pirinç kabuğu ve 20 kg ha⁻¹ Zn uygulaması, mevcut P, K ve Zn'yi sırasıyla yaklaşık 2 kat, %43,15 ve 3 kat önemli ölçüde artırmıştır (MahmoudSoltani ve Abbasian, 2021).

Son yıllarda, n tipi ZnO, çinko eksikliği olan bölgelerde bitki besin maddesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. N tipi ZnO, bitki büyümesi ve fizyolojisi üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Ayrıca, n ZnO'nun çeşitli bitki türlerinde Cd birikimini hafifletme üzerindeki olumlu etkileri bildirilmiştir. Bugüne kadar, n ZnO'nun bitki büyümesi üzerindeki etkisi ve As stresine maruz kalan pirincin As alımı nadiren incelenmiştir. Yakın zamanda n ZnO'nun As alımı üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışmada, uygulanan As konsantrasyonu 1 µmg L⁻¹ olarak tespit edilmiştir ve bu konsantrasyonda pirinç büyümesinin önemli ölçüde etkilenmediği bildirilmiştir. Ayrıca deneylerde sadece bir n ZnO dozu (100 mg L⁻¹) uygulaması araştırılmıştır. Bu nedenle, As toksisitesini azaltabilecek optimal n ZnO konsantrasyonunu bulmak için bir Zn doz-yanıt eğrisine ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Algün, 2018).

Çinko (Zn) eksikliği, küresel pirinç üretimini sınırlayan önemli abiyotik faktörlerden biridir. Bununla birlikte, yarı kurak çevre koşullarında Zn-biyokimyasal gübre ile gübrelemenin pirinç üretimi ve besin geri kazanımı ve fazlası üzerindeki etkisi tam olarak açık değildir. Zn-biyokimyasal (azot "N", fosfor "P" ve potasyum "K") birlikte gübrelemenin verim ve verim bileşenleri, fiziko-kimyasal özellikler ve besin geri kazanımı ve fazlası üzerindeki etkisini değerlendirmek için iki yıllık saha deneyi gerçekleştirilmiştir. İki Zn dozu (Zn uygulaması yok ve yaprakten uygulama olarak 600 mg şelatlı Zn L⁻¹) ve altı gübreleme rejimi (gübre uygulaması yok, bio gübreler, 25 % NPK + bio gübreler, %50 NPK + bio gübreler, %75 NPK + bio gübreler ve %100 NPK) uygulanmıştır. Sonuçlar, Zn yaprak uygulaması sonucunda kimyasal bileşenlerin, büyüme özelliklerinin, verim, verim bileşenlerinin, besin alımının (N, P, K ve Zn) ve besin geri kazanımının (N, P ve K) önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur. Zn ile inorganik NPK'nın %25'inin yerine %100 NPK bio gübreler, dört pirinç çeşidinde N, P ve K geri kazanımını sırasıyla %57-94, %61-128 ve %45-69 oranında artırarak en yüksek besin alımını sağlamıştır. Ek olarak, Zn-biyokimyasal birlikte gübreleme, tek başına %100 NPK kullanmaya kıyasla daha fazla klorofil a ve b içeriği, karotenoidler, toplam karbonhidratlar ve

toplam amino asitler üreterek pirinç çeşitlerinin büyüme özelliklerini, verimini ve verim bileşenlerini iyileştirmiştir. Sonuçlar, Zn yaprak uygulamasıyla birlikte inorganik NPK'nın %25'inin yerine kullanılan bio gübrelerin, besin kaybını etkili bir şekilde azaltırken besin geri kazanımını ve pirinç üretimini önemli ölçüde artırmak için finansal olarak çekici bir seçim sağladığını göstermektedir (El- Sayed, Taha, El- Sharnouby, Sayed ve Elyrs, 2022).

Krom (Cr(VI)) toksisitesi, pirinç mahsullerinin üretkenliğini bozmakta ve dünya çapında büyük bir endişe uyandırmaktadır ve bu nedenle, geleneksel olmayan ve sürdürülebilir mahsul üretim yöntemleri uygulanmaktadır. Prakash vd, (2022), pirinç fidelerinde (*Oryza sativa* L.) bitki büyümesini teşvik etme ve krom kaynaklı stresi iyileştirmede çinko oksit nanoparçacıklarının (ZnO NP'ler) etkisini belirlenmiştir. Araştırma, 25µM'de ZnO NP'lerin eksojen takviyesinin, pirinç fidelerine 100µM Cr(VI) maruziyetinin dayattığı strese karşı önemli tolerans sağlayan savunma mekanizmalarını harekete geçirdiğini göstermiştir. Ayrıca, bu nano gübrenin eklenmesi, Cr(VI)'nın büyüme ve fotosentetik verimlilik üzerindeki engelleyici etkilerini tersine çevirmiştir (Prakash vd., 2022).

Mısır İskenderiye Üniversitesi Tarımsal Araştırma İstasyonu'nda 2018 ve 2019 yaz mevsimlerinde iki saha denemesi yapılmıştır. Çalışmada, ekim tarihi (10 Mayıs, 20 Mayıs, 10 Haziran ve 20 Haziran), tepe aralığı (10 x 15, 15 x 15, 25 x 15 ve 30 x 15 cm) ve çinko sülfatlı gübrenin etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çeltik çeşidi Sakha 106'nın tane verimi ve verim bileşenleri üzerinde 0, 12, 36 ve 48 kg ZnSO₄ ha⁻¹ seviyelerinde çinko dozlarının etkileri tespit edilmiştir. Sonuçlar, ekimin geciktirilmesinin 100 tane ağırlığı ve tane veriminde (10 Mayıs sonrası), etkili kardeş sayısı/m² ve tane/salkım sayısında (30 Mayıs sonrası) kademeli düşüşe neden olduğunu göstermiştir. 20 x 15 cm tepe aralığının dane/salkım sayısı, 100 tane ağırlığı ve dane verimi/ha için en uygun olduğu, 30 x 15 cm tepe aralığı için en yüksek kardeş sayısı/m² olduğu bulunmuştur. 48 kg ha⁻¹ çinko sülfat gübreleme seviyesi tüm verim ve verim bileşenlerini artırmıştır. Bölgede Sakha 106 çeşidinin 10 Mayıs başında 20 x 15 cm tepe aralığında ekim yapılması ve verim bileşenlerinin optimal üretimi sonucunda yüksek tane verim potansiyeli elde etmek için 48 kg ZnSO₄ ha⁻¹ uygulanması sonucuna varılmıştır (Sh. Shebl, Nawar, İbrahim ve Abd El- Salam, 2021).

Endonezya'da Zn eksikliğinin yaygınlığı oldukça yüksektir. Zn noksanlığı gibi yetersiz beslenme ile mücadelede etkili ve verimli olduğu düşünülen yüksek besin maddesi içeren çeşitlerin geliştirilmesinin Zn içeriğini artırmada etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada, öncelik Zn gübresinin, özellikle ZnSO₄'ün pirinç tanelerindeki Zn içeriğine etkisinin

araştırılması ve Zn içeriği yüksek olan genotiplerin seçilmesidir. Deneme, iki seviyeli ZnSO₄ gübre uygulamalarının ana arsası ve 24 pirinç genotipinin alt arsası ile üç replikasyonun bölünmüş arsa tasarımının ardından Subang, Batı Java'da 2016 yağmurlu sezonunda gerçekleştirilmiştir. Dikim aralığı 20 cm x 20 cm olan 2 m x 3 m lik bir parselde ekimden 21 gün sonra dikim yapılmıştır. Sonuçlar, pirinç tanelerinde Zn içeriği üzerinde değil, verim üzerinde genotip ile Zn gübresi arasında etkileşim olduğunu göstermiştir. Zn gübrelemesi, tane Zn içeriğini ve verimi artırmada etkili olmuştur. Korelasyon analizi, Zn'nin Fe içeriği ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir. Verim, kardeş sayısı ve Fe içeriği ile pozitif, başlık tarihi, olgunluk, bitki boyu ve doldurulmamış dane/salkım sayısı ile negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Susanto, Gunarsih ve Rohaeni, 2021).

1.1.3.2 Çeltik ve Silisyum

Silisyumun (Si), pirinç, buğday, mısır, arpa, darı, sorgum ve şeker kamışı gibi birçok ürün tarafından aktif olarak yüksek miktarlarda alınarak, bitkinin büyümesini, biyokütlesini, verimini ve kalitesini artırdığı yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Si içeren gübre kaynakları kullanıldığında, büyüme teşviki, biyotik ve abiyotik stres direnci dahil pH ayarlaması, silikatta bulunan makro ve mikro besinlerin alınması gibi dolaylı etkileri de belirlenmiştir (Liang, Nikolic, Belanger, Gong ve Song, 2015).

Silisyum (Si), toprakta en çok bulunan ikinci elementtir. Si, bitki kökleri tarafından monosilik asit (H₄SiO₄) olarak asimile edilmektedir. Pirinç, yüksek oranda silisyum biriktiren bir bitkidir. Si, bitki büyümesi için faydalı bir elementtir ve pirinç üretkenliğini geliştirmek ve sürdürmek için agronomik olarak gereklidir. Pirinç verimi artışının yanı sıra Si'nin, besin mevcudiyetini (N, P, K, Ca, Mg ve Zn) artırma ve bitkilerde biyotik ve abiyotik stresi en aza indirme gibi birçok kat avantajı vardır. Bu nedenle, Si'nin toprağa veya bitkiye uygulanması, lateritten türetilen çeltik topraklarında pratik olarak yararlıdır. Si gübrelere uygulanmasının, pirinç mahsulünün büyüme parametrelerini, verimi, verim özelliklerini ve kalitesini arttırdığını bildirmiştir (Nagula, Joseph, Gladis ve Ramana, 2015).

Artan nüfusu beslemek, sürekli azalan kaynaklar nedeniyle gün geçtikçe daha zor hale gelmektedir. Besin uygulaması/eklenmesi en iyi bilinen ve benimsenen stratejilerden biridir. Asitli toprağa uygulanan silikonlu gübrenin çeltik verimi üzerindeki etkisini araştıran bir tarla deneyi gerçekleştirilmiştir. Araştırma Ziraat Araştırma Enstitüsü (ARI) Mingora Swat, Khyber Pakhtunkhwa'da yürütülmüştür. Uygulamalar kontrol, 50, 100 ve 150 kg silikon ha⁻¹ olarak gerçekleştirilmiştir. Tarlada 12 m x 6 m = 72 m² büyüklüğünde 12 parselde, üç tekrarlamalı 4

işlem ile rastgele tam blok tasarımında yürütülmüştür. Pirinç (*Oryza sativa* L.) çeşidi JP 5 test edilmiştir. Maksimum bitki boyu (90 cm), 150 kg ha⁻¹ silikon uygulanan parselde, ardından 100 kg silisyum ha⁻¹ ile muamele edilmiş parselde (85cm) kaydedilmiştir. Pirinç mahsulünün 1000 tane ağırlığı ve saman verimine ilişkin veriler, muamelelerin ortalamaları arasında ikili olarak önemli olmayan (P>0.05) farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. 100 kg ha⁻¹ oranında silikon uygulanan paralellerde önemli maksimum biyolojik verim (9299 kg ha⁻¹), tane verimi (3901 kg ha⁻¹) ve hasat indeksi (%42) elde edilmiştir. Bu sonuçlardan, çeltik büyüme, verim ve verim bileşenlerini iyileştirmede en iyisinin 100 kg silikon ha⁻¹ uygulamasının olduğu sonucuna varılmıştır (Ali vd., 2020).

Pirinç, silisyumun ana akümülatörü olarak bilinmektedir. Birim alan başına daha yüksek pirinç verimi, büyük bir sorun olan Si tükenmesi ile ilişkilidir. Silisyum son zamanlarda daha yüksek bitki büyümesi için yarı gerekli bir faktör olarak kabul edilmiştir. Genellikle, 5 t ha⁻¹ tane verimi üretimi için mahsul başına yaklaşık 230 ila 470 kg Si topraktan ekstrakte edilmekte ve silisyum gübrelemesi olmadan yoğun pirinç ekimi, birçok ülkede verimde düşüşe yol açmaktadır. Çeltikteki silisyum içeriği azot, fosfor ve potasyum gibi 'ana elementlerden' daha fazladır (Garg, Dhar ve Jinger, 2020).

2013-2014 yılları arasında Hindistan'da Kerala Ziraat Fakültesi'nde silisyum ve bor gübrelemesinin verim, besin alımı ve pirincin ekonomisi üzerindeki etkisini araştırmak için bir tarla deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneme, toprak ve yaprakтан uygulama olarak farklı silikon ve bor kaynakları ile üç kez tekrarlanan rastgele bloklar deseninde yapılmıştır. Test ürünü olarak pirinç çeşidi 'Aishwarya' kullanılmıştır. Potasyum silikat %0,5 sprey ve boraks %0,5 sprey olarak silisyum ve bor uygulamasının, toprakta kalsiyum silikat ve boraks uygulamasına kıyasla silikon ve bor içeriğini ve alımını iyileştirmede daha etkili olduğu bildirilmiştir. Potasyum silikat %0,5 sprey + %0,5 boraks spreynin birlikte uygulanması, pirincin verim (tane ve saman) ve verim özellikleri bakımından önemli ölçüde iyi olmasını sağlamıştır (Nagula vd., 2015).

Silisyum eksikliği, Batı Afrika'daki oldukça yıpranmış yayla topraklarında pirinç (*Oryza sativa* L.) verimini sınırlayan ve bazı hastalıklara karşı duyarlılığı artıran bir etkendir. Nijerya, Onne'de yapılan bir araştırmada, farklı genotiplerin yüksek arazilerdeki kültürel koşullar altında artan Si arzına verdiği tepkiler incelenmiştir. Si uygulanmadığında, ortalama sürgün Si konsantrasyonunun, pirinç için önerilen minimum değerin beşte biri kadar olduğu belirlenmiştir. Sodyum metasilikat olarak 18.7 g Si m⁻²'nin uygulanması, bitki Si

konsantrasyonunu iki katına çıkarmıştır ve tane verimini %48 oranında artırmıştır. Bununla birlikte, bitki hastalıklarının şiddetini önemli ölçüde azaltmıştır. Onne'de aynı toprakta ve İbadan'da daha verimli bir Alfisol'de su basmış çeltiklerde yetiştirildiğinde, ortalama yaprak Si konsantrasyonları, Si ile muamele edilmiş yayla arazilerinden iki ila üç kat daha fazla tespit edilmiştir ve daha az hastalık görülmüştür. Afrika japonika yayla pirinç genotipleri, olgun bayrak yapraklarında %50 ila %100 daha yüksek Si konsantrasyonuna sahipken, Asya indica yayla genotiplerinden daha fazla kabuk rengi bozulmasına ve boyun patlaması hastalıklarına karşı daha dirençli olduğu görülmüştür. Si eksikliğini gidermenin en etkili yönteminin, sel yoluyla ürüne Si arzını arttırmanın olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun pratik olmadığı durumlarda, daha yüksek Si içeriğine sahip genlerin bazı hastalıklardaki kayıpları azaltılabileceği, ancak diğer genetik faktörlerin de büyük etkileri olduğunun unutulmaması gerektiği bildirilmiştir (Winslow, 1992).

Silisyumun bitkileri için elzem elemen olarak görülmesi de son dönemdeki araştırmalarda silisyumun bitkiyi hastalık ve zararlılardan koruduğu anlaşılmıştır. (Aksoy, 2006).

Çeltik bitkisi silisyum bitki besin elementini biriktiren bir bitkidir ve özellikle yapraklarında %10'dan da daha fazla silisyum birikimi yapabilmektedir. Azot, fosfor ve potasyum gibi diğer bitki besin maddeleri ile kıyaslandığında bu oran oldukça yüksektir (Temür, 2016).

Bitkide silisyum birikimi, bitki hücre duvarının sertliğini ve bitkinin dayanıklılığını artırmaktadır. Silisyumun bitki hücre duvarlarının sertliğini artırması bitki yapraklarının dik durmasını sağlayarak güneş ışığından yararlanımını artırarak ve terleme miktarını düşürmektedir. Böylece, çeltik bitkisi zararlı böceklere ve hastalıklara karşı direnç kazanmaktadır. Bitkide meydana gelebilecek biyotik ve abiyotik stresler, silisyum bitki besin elementi ile en aza indirgenebilmektedir (Tamai ve Ma, 2003).

1.1.4 Çeltik ve bor bitki besin elementi

Kalkerli topraklar, yüksek düzeyde serbest CaCO₃ ve düşük organik maddeye sahip olduklarından bor (B) bakımından oldukça yetersizdir. Bu, Hindistan topraklarında çinkodan (Zn) sonra en önemli eksik mikro besinlerden biri haline gelmiştir. Çeşitli pirinç (*Oryza sativa* L.) bazlı mahsul sistemleri için, mahsul verimliliğini artırmak ve mahsulün biyolojik olarak güçlendirilmesi için B gübrelenmesi esastır. Bu nedenle B eksikliği olan topraklar için B

gübrelemesi için uygun bir toprak uygulama protokolü gereklidir. Altı yıllık bir deneyde, üç farklı B gübreleme sistemi denenmiştir. B'nin her yıl 1,5 kg ha⁻¹ veya alternatif yıllarda 2 kg ha⁻¹ uygulanmasının, en yüksek pirinç verimini sağladığı bildirilmiştir. İlk yılda 2 kg ha⁻¹ B uygulaması pirinç tarafından maksimum B alımını göstermiştir. B'nin alternatif yıllarda 2 kg ha⁻¹ veya her yıl 1,5 kg ha⁻¹ uygulanması B mevcudiyetini sağlamak için B eksikliği olan kireçli topraklarda uygulanabilir bir yöntemdir (Laik vd., 2021).

2012-2014 yılları arasında mikro besin borun pirincin verim ve toprak besin durumu üzerindeki etkisini incelemek için bir arazinin farklı yerlerinde çiftçi tarlasında bir deney yürütülmüştür. Farklı B düzeylerinden oluşan uygulamalar; 2,5 kg Boraks/ha, 5 kg Boraks/ha, 10 kg Boraks/ha, 12,5 kg Boraks/ha, 15 kg Boraks/ha ve işlem görmemiş kontrol bitkileri olacak şekilde düzenlenmiştir. Büyüme karakterleri, verim özellikleri, verim ve toprak ve bitki besin durumu ile ilgili gözlemler deneme süresince kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda, Kole arazilerinin B eksikliği olan alanlardaki eksikliğin giderilmesinde 15 kg/ha boraks toprak uygulamasının iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Farklı bor düzeylerinin toprak besin durumu üzerindeki etkisi, mevcut en yüksek besin içeriğinin 15 kg boraks/ha (T5) uygulamasıyla gözlemlendiği sonucunu çıkarmıştır. B'nin diğer tüm besinlerle sinerjik ilişkisinden kaynaklanabilecek bor uygulamasının artmasıyla topraktaki besin maddelerinin kullanılabilirliği artmıştır. Bor 15 kg ha⁻¹ uygulaması, toprakta düşük kullanılabilir Fe ve Mn içeriği göstermiştir. Bu, borun Fe ve Mn ile antagonistik etkileşiminden kaynaklanıyor olabileceği belirtilmiştir. Topraklarda Fe ve Mn'nin azalan mevcudiyetinin, topraktaki bor ve demir ve manganez arasındaki antagonistik etkileşimden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (Latha ve Pillai, 2021).

Alkali topraklarda, aerobik koşullar altında bor varlığı özellikle pH 6.5'in üzerinde olmak üzere toprak pH'ındaki artışla bitkiler tarafından kullanılabilirliği azaldıkça azalır. Bu koşullar altında, ek B uygulaması, bitkilere yeterli tedarik için hayati önem taşır. 1 kg/ha oranında bor uygulamasının steriliteyi büyük ölçüde azaltmada çok etkili olduğu gözlemlendi, çimlenmeyi, erken fide büyümesini, kardeşlenmeyi ve yaprak genişlemesini önemli ölçüde iyileştirmiştir (Sofi vd., 2021).

Bor, yağ ve protein sentezine yardımcı olmaktadır. B eksikliği nedeniyle sınırlı meyve gelişimi ve çiçeklenme gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, B'nin gereksinimi türlere, ekinlere ve ekin büyümesini aşamalarına göre değişmektedir. Topraktaki B eksikliği, tahıl sterilitesindeki artış, üretken kardeş sayısındaki azalma, daha az kloroplast ve azalan net

asimilat ile tahıl pişirme kalitesinde bozulma yoluyla pirinç verimliliğini azaltmaktadır. Farklı pirinç bazlı sistemlerde gübrelemenin, verim kayıplarını azaltarak üretkenliği artırmayı ve tahılın pişme kalitesini iyileştirmeyi desteklediğini bildirmişlerdir. Bu nedenle B gübresinin kontrollü kullanımı çok önemlidir (Laik vd., 2021).

Pirinç (*Oryza sativa* L.), özellikle dünyanın hızlı büyüyen ve nüfusun yoğun olduğu bölgelerde, dünya nüfusunun yaklaşık %50'sinin temel gıda maddesi olmasına bağlı olan önemli bir tahıldır. Pirinç, küresel olarak insan popülasyonlarının enerji ihtiyacının %21'ini ve protein gereksinimlerinin %15'ini sağlamaktadır. Metal olmayan bir mikro besin olan bor (B) elementinin, pirinç dahil olmak üzere bitkilerin normal büyümesi ve gelişmesi için gerekli olduğu ve noksanlığının verimi etkilediği ilk kez 1933 yılında Warington tarafından rapor edilmiştir. Bor noksanlığının en az 80 ülkede 132 bitkisel ürünün verimini etkilediği bildirilmiştir (Atique-ur-Rehman vd., 2018).

Bor, hücre duvarı yapısı, karbonhidrat ve RNA metabolizması, solunum, indol asetik asit ve fenol metabolizmasının yanı sıra membran taşınması, hücre duvarı sentezi ve lignifikasyonlarında destekleyici rol oynamaktadır. Bor noksanlığı (Şekil 2) köklerin ve en genç yaprakların büyüme noktalarını etkiler. Yapraklar kırışır ve açık yeşil renkle kıvrılır. Eksikliği şeker, nişasta, azot ve fosforun yer değiştirmesini, amino asitlerin ve proteinlerin sentezini etkiler. Toprak pH'ı ve nem koşulları, bor dahil birçok temel makro ve mikro elementin mineralizasyonu için toprak organik maddesinin ayrışmasına yardımcı olan toprak mikroplarının popülasyonunu doğrudan etkiler (Bubarai, Tahir ve Solomon, 2017).

Bor (B), bitkilerin ihtiyaç duyduğu temel mikro besinlerden biridir. B, organik translokasyon, nitrojen metabolizması, vb. dahil olmak üzere diğer fizyolojik süreçlerle birlikte esas olarak hücre duvarı biyosentezinde işlev görür. B'nin hem eksikliği hem de aşırı dozu dünya çapında başlıca gıda ürünleri için bir sorun teşkil eder ve bu nedenle bitkilerde homeostazisi gereklidir (Sharma, Sharma, Yashvika, Sidhu ve Upadhyay, 2022).

Yüksek miktarda bor, yaprak damarlarının sonunda birikir ve toksisite semptomlarının (Şekil 1.17) paterni, yaprak damarlanma paterni ile ilgilidir. Bu nedenle az miktardaki B gübresinin ana besin gübreleri ile karıştırılarak tarlaya homojen dağılımı sağlanmalıdır. Önerilen dozda B gübresinin tekrarlanan uygulamaları B oranı ve toprak tipine bağlı olarak toksik hale gelebileceğinden, B gübresi alan tarlaların toprak B durumu her 3-4 yılda bir izlenmelidir (Atique-ur-Rehman vd., 2018).



Şekil 1.17. Yeterli bor gübrelemesi yapılmış çeltik örneği ve bor toksisitesine maruz kalmış çeltik örneği (Atique-ur-Rehman vd., 2018)

Tuzlu su altında yükseltilmiş yataklara doğrudan ekilen pirincin büyüme, verim ve iyon konsantrasyonu üzerindeki farklı bor düzeylerinin (0,5, 1, 1,5 ve 2 kg ha⁻¹) etkisini araştırmak için bir deney gerçekleştirmiştir. Kardeşlenme, bitki boyu, başak boyu, başak sayısı, 1000 tane ağırlığı, saman ve çeltik verimleri ile ilgili veriler hesaplanmıştır. Tahıl ve samandaki sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve bor (B) konsantrasyonları not edilmiştir ve elde edilen sonuçlara göre; bor uygulaması ile tanedeki B konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Ayrıca, tanedeki B içerikleri ile çeltik tane verimi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur (Hyder, Arshadullah, Ali ve Mahmood, 2012).

Riaz ve Muhammed (2011), buğday, pirinç ve pamuğun B uygulamasına tepkisini değerlendirmek için bir deney gerçekleştirmişlerdir. Bor, 1 kg ha⁻¹'de Boraks dekahidrat (%11,3 B) olarak önerilen N, P ve K dozları ile farklı zamanlarda uygulanmıştır. Sonuçlar, buğdaya ekim zamanında B uygulamasının kardeş bitki sayısını önemli ölçüde arttırdığını ortaya koymuştur. Uygulamalar arasında ekim zamanında B uygulaması en iyi sonucu vermiş olup, bunu 1. sulamada ve ekim döneminde B uygulaması izlemiştir. Pirinçte (kaba), ekimden önce B uygulaması, tepe⁻¹ (%21), bitki boyu (%3), 1000 tane ağırlığı (%11) ve çeltik verimi (%31), salkım uzunluğu (%10) ve çeltik danesi salkım⁻¹ (%17) sayısını kontrole göre önemli ölçüde artırmıştır. İnce pirincin B uygulamasına tepkisi, kaba pirinçte olduğu gibi tüm verim parametreleri için benzerlik göstermiştir (Riaz ve Muhammed, 2011).

Yapılan bir denemede, pirinç tarlalarında farklı aşamalarda bor uygulamasının mahsulün büyümesini ve verimini önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Maksimum verim üretimi için çeltik tarlalarına bor uygulamasını önermişlerdir (Hussain, Khan, Khan, Farooq ve Farooq, 2012).

Bor, pirinç mahsulünün büyümesini ve gelişmesini iyileştirmede kilit rolü olan temel bir besindir. Bu nedenle, herhangi bir düzeltici önlem alınmadan önce B eksikliğinin doğru teşhisi çok önemlidir. B eksikliğinin teşhisinde görsel eksiklik belirtileri, toprak ve bitki analizleri gibi çeşitli yaklaşımlar kullanılabilir. Çoğu bitki türünde B'nin hareketsizliği, ilk olarak tepeler, çiçekler, meyveler ve tohumlar dahil olmak üzere genç bitki kısımlarında ortaya çıkan B eksikliği semptomlarına neden olmaktadır (Şekil 1.18). En sık görülen B eksikliği belirtileri çiçek tomurcuğu düşmesi, steril erkek çiçekler, tohum boyutunun küçülmesi ve meyve kalitesinin bozulmasıdır (Atique-ur-Rehman vd., 2018; Nagula vd., 2015).



Şekil 1.18. Çeltikte bor eksikliği belirtileri (Atique-ur-Rehman vd., 2018)

Borik asit (H_3BO_3) ve borat ($B(OH)_4^-$), bitkiler tarafından doğrudan emilen tek toprak şeklidir. Borik asit, pH 4-9 yaygın olarak görülen baskın form iken, $H_2BO_3^-$ pH 8'in üzerinde önemli bir formdur. Gübreler, özellikle çinko ve bor, pirinçteki temel besin maddelerinin verimini, alımını ve toplam içeriğini artırmak için önerilen ana besin maddelerine ek olarak gereklidir. Yazlık pirinç mahsullerine çinko ve bor uygulaması üzerine yapılan saha çalışmaları sonucunda, çinkonun $ZnSO_4$ 20 kg ha^{-1} ve borun 4 kg ha^{-1} olarak dışarıdan uygulanmasının, salkım başına tane, bin tane ağırlığı, tane verimi ve çeltik saman verimini önemli ölçüde

arttırdığını göstermiştir. Ayrıca toprakların birincil (N, P ve K), ikincil (S, Ca ve Mg) ve mikro besin (Zn, Cu, Fe, Mn ve B) durumlarında önemli bir artış olmuştur (Mahendra Kumar, Subbarayappa ve Ramamurthy, 2017).

Bor ihtiyacı, çoğu bitki türünde vejetatif büyümeye göre üreme gelişimi için çok daha yüksektir. Bor alımının, toprak çözültisindeki H_3BO_3 konsantrasyonu ile iyi bir korelasyon gösterdiği bilinmektedir. Pirinçte B noksanlık belirtileri beyazımsı bir renk değişikliği ve yeni yapraklarda bükülme ile kendini göstermektedir. Bor uygulamasının, topraktaki N, P, K, Ca, Mg, S ve Zn içeriğini önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir (Barman, Shukla, Datta ve Rattan, 2014).

Bor (B) esansiyel bir mikro besin maddesidir ve eksikliği son ürün hasadında ve verimde azalmaya neden olmaktadır. 2010-11 ila 2014-15 yılları arasında Zonal Tarımsal Araştırma İstasyonu tarafından toprağa bor uygulamasının ova çeltiklerinin büyüme, verim ve toprak özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen bir deneyde, dört paralel ve 0 kg, 2.5 kg, 5.0 kg, 7.5 kg ve 10 kg olmak üzere beş boraks dozu ile rastgele blok tasarımında düzenlenmiştir. Kullanılan alandaki toprak pH 6.7 ve sığ laterit olarak tespit edilmiştir. Toprak kimliğinde mevcut N ve K_2O düşük ve mevcut P_2O_5 ise orta düzey olarak bildirilmiştir. Mevcut toprak içeriğinde B (suda çözünür) 0,292 ila 0,412 ppm arasında değişmiştir. Birleştirilmiş veriler, toprak uygulaması 10 kg B ha^{-1} olan alanda önemli ölçüde daha yüksek tahıl (4345 kg ha^{-1}) ve saman verimi (5191 kg ha^{-1}) ürettiğini, ancak bunun 5 kg ha^{-1} toprak uygulaması ve 7,5 kg ha^{-1} toprak uygulaması ile eşit olduğunu bildirmiştir. Daha yüksek verim ve çeltik getirisi elde etmek için bor noksanlığı olan topraklarda ekim sırasında 5 kg boraks ha^{-1} uygulanması tavsiye edilmiştir (Patil, Patil, Bodake, Lende ve Patil, 2017).

Boraks seviyelerinin pirinç büyümesi ve verimi üzerindeki etkisini değerlendirmek için Karnataka'daki Bhadra komuta sahasının bor eksikliği olan toprağında bir saha deneyi gerçekleştirilmiştir ve deney, yedi paralel ve üç tekerrür olarak oluşturulmuştur. Tavsiye edilen organik madde ve boraks uygulaması +NPK+8 kg boraks uygulaması, bitki boyunu (76,90 cm), yaprak sayısını (89,43 bitki $^{-1}$), kardeş sayısını (17,70 bitki $^{-1}$), kuru madde birikimini (55,78 g tepe $^{-1}$), tane verimini (5135,64 kg ha^{-1}) ve saman verimini (5845,39 kg ha^{-1}) önemli ölçüde artırmıştır. En düşük bitki boyu (65,00 cm), yaprak sayısı (76,50 bitki $^{-1}$), kardeş sayısı (15,73 bitki $^{-1}$), kuru madde birikimi (47,42 g tepe $^{-1}$), tane verimi (3904,26 kg ha^{-1}) ve saman verimi (4733,48 kg ha^{-1}), hektar başına önerilen organik madde+NPK+20 kg boraks içeren gübrede tespit edilmiştir (Prashanth vd., 2018).

Bitkilere bor uygulamasının, Al alımı ve sitrik asit sekresyonu üzerinde hiçbir etkisi olmadığı bildirilmiştir ancak B ile ön işlem uygulanan bitkilerde, askorbat peroksidaz (APX), peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) aktivitesini önemli ölçüde artmıştır. Böylece pirinç köklerinde H₂O₂'nin eliminasyon oranını artmıştır. B ve H₂O₂ birlikte kullanılarak yapılan bir denemede, Al toksisitesi koşulları altında kök büyümesinin artmadığı; aynı zamanda pektin sentezini geliştirdiği ve kök hücre duvarlarında Al birikimini artırdığı bildirilmiştir. Yukarıdaki sonuçlar, asidik toprakta B gübrelerinin uygulanmasının Al toksisitesinin pirinç büyümesi üzerindeki yan etkilerini azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermiştir (Zhu vd., 2019).

Boron (B) kök uygulaması ve yaprak spreyi yoluyla pirinç fidelerinde (*Oryza sativa* L.) arsenik (As) alımı ve çıkışı üzerindeki etkileri üç hidroponik deneyde incelenmiştir. Kültür ortamında B'nin eklenmesi, As (III) veya As(V) maruziyeti altında pirinç fidelerinde arsenit [As (III)], arsenat [As(V)] ve toplam As konsantrasyonlarını değiştirmemiştir. Yapraktan uygulanan B gübrelemesi ile, As(V) uygulaması altında kök As konsantrasyonlarını sırasıyla %20,9 ve As (III) uygulaması altında %12,6 azaltmıştır, ancak sürgün As konsantrasyonlarını önemli ölçüde azaltmamıştır. As(V) konsantrasyonları, yapraktan B beslemesini takiben As(V) uygulaması altında pirinç kökündeki B konsantrasyonu ile pozitif korelasyon ($P < 0,05$) göstermiştir. Yapraktan B uygulaması, As (III) ile ön işleme tabi tutulmuş pirinç kökü tarafından salgılanan As miktarını %14,0–%16,9 ($P > 0,05$) artırmıştır ve As(V) ön işleme tabi tutulmuş fideler için As akışı üzerinde hiçbir etki göstermemiştir. Bu sonuçlar, B'nin As'ın dört katı konsantrasyonunda kök uygulamasının pirinç tarafından As birikimini azaltmakta çok etkili olmadığını, ancak yapraktan B uygulamasının pirinç kökü tarafından As alımında bir düşüşe sebep olduğunu göstermiştir (Zheng ve Sun, 1997).

1.2 Çalışmanın amacı ve kapsamı

Tarım alanlarının sorunlarından birinin sürdürülebilir verimliliğin sağlanması ve iklim değişikliği nedeniyle karşılaşılan su sorunudur. Doğru ve bilinçli tarımsal faaliyet yaparak tükenbilir kaynaklarımızdan olan su ve toprak kaynaklarının uzun yıllar tarım yapılmasını sağlayacak çözüm önerilerini oluşturmak hedefiyle bu araştırmada damla sulama ve bitkinin duyarlı olduğu mikro besin elementi olan Bor gübrelemesi ile verim artışı, sürdürülebilir verimlilik ve su kaynaklarının korunması ile katma değeri yüksek olan çeltik bitkisinin daha geniş alanlarda üretiminin sağlanması ile çeltiği özgürleştirmek koşuluyla çok daha fazla yeni çeltik sahaları açarak ülke ekonomisine katkıda bulunabilmek amacıyla bu çalışma yapılması planlanmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini en çok tarımsal faaliyetler üzerinde

görülmektedir. Bu nedenle tarımsal üretimde bu etkileri en aza indirmek ve en yüksek verimi almak sürdürülebilir tarımı destekleme çalışmaları yapılması kısıtlılık gibi ciddi bir sorunla mücadele etmek insanlığın sorumluluğudur. Sağlıklı nesillerin yetiştirilmesinde doğru ve yeterli beslenme gelmektedir. Bu nedenle ki hızla artan dünya nüfusunu beslemek iklim değişikliği, kirlilik vb. birçok olumsuz faktörün önüne geçmek gün geçtikçe önem arz etmektedir. Bu tez araştırması ile Çeltik bitkisini özgürleştirerek, doğru- bilinçli gübreleme ve minimum su koşullarında daha geniş alanlarda yetiştirilebilmesini sağlamakla birlikte, Çeltik bitkisinin kısıtlı su koşullarında uygulanan bitkinin duyarlı olduğu mikro bitki besin elementi olan bor gübrelemesi sonucunda, bitkinin beslenmesi ve verim açısından durumu değerlendirilecektir.



2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisinin Çatalca Bölgesi'ndeki bir tarım arazisinde damla sulama yöntemi ile yetiştirildiği bu araştırmada, bitkinin hassas olduğu bor (B) bitki besin elementinin artan dozlarına karşı verdiği tepki ve verim üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bor (B) bitki besin elementinin artan dozlarda uygulaması Şekil 2.1' de belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

Kontrol



1.Doz (200 g da⁻¹) Na₂B₈O₁₃.4H₂O



2.Doz (400 g da⁻¹) Na₂B₈O₁₃.4H₂O



3.Doz (600 g da⁻¹) Na₂B₈O₁₃.4H₂O



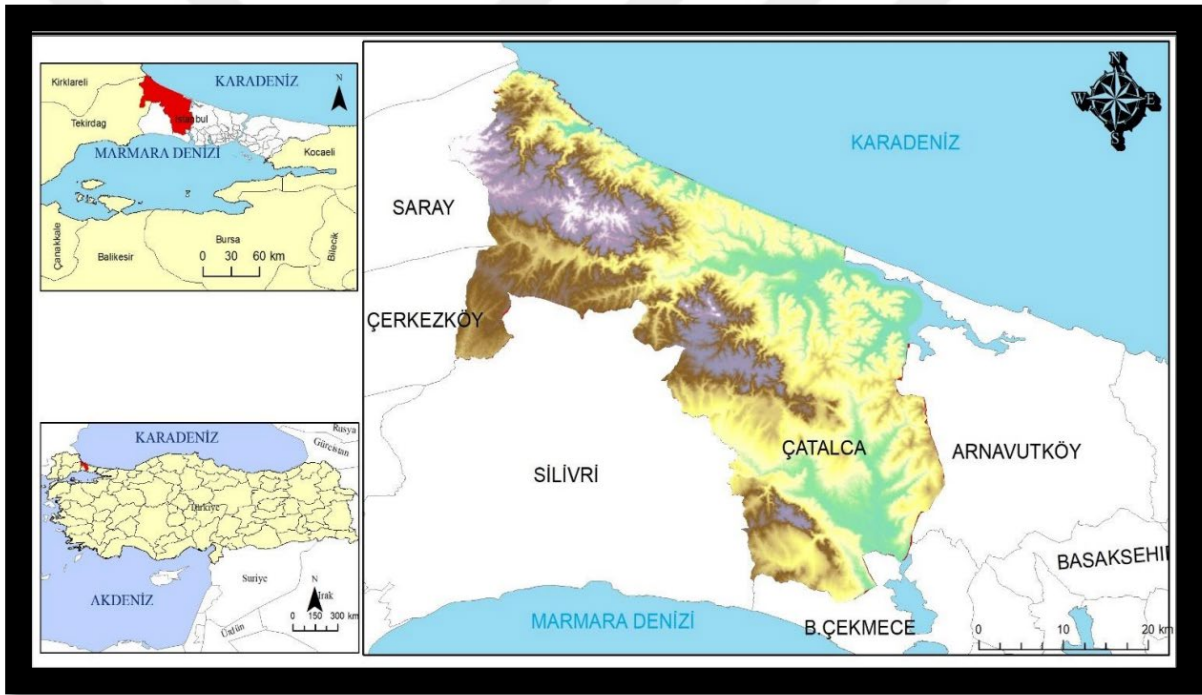
4.Doz (800 g da⁻¹) Na₂B₈O₁₃.4H₂O



Şekil 2.1. Deneme planı

2.1.1 Deneme alanı bilgileri (Çatalca Bölgesi)

İstanbul'un Çatalca ilçesi $41^{\circ} 5'55''$ ve $41^{\circ} 35'2''$ kuzey enlemleri ve $28^{\circ} 4'10''$ ve $28^{\circ} 34'50''$ doğu boylamları içerisinde bulunan ve tarımsal açıdan verimli topraklara sahip olan bir alandır. İlçe sınırları yaklaşık olarak 113000 ha alanı kapsamaktadır ve bu yüzölçümü ile İstanbul'un en büyük ilçesidir. Çatalca İlçesi'nin ortalama yükselti değeri 160 m'dir ve Trakya kesiminde bulunur (Şekil 2.2) İlçede ekonomik faaliyetler kırsal yerleşimler ve merkezi yerleşimler arasında farklılık göstermektedir. Merkezi yerleşim alanlarında zirai faaliyetler daha kısıtlıdır ve %5'lik bir kısım birincil faaliyetlere yönelmiştir. Kırsal kesimlerde ise bu oran %60 seviyelerindedir (Okur, 2013; İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Başkanlığı, 2020).



Şekil 2.2. Araştırma alanı lokasyon haritası (Garipoğlu ve Duman, 2018)

Araştırma alanının iklimi nemli ve ılıman 'Karadeniz Kıyı Kuşağı İklimi' olarak sınıflandırılmaktadır. İklimin özelliklerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 11°C - 13°C arasında değişmektedir. Bölgede az miktarda su taşıyan kısa akarsular ve barajlar bulunmaktadır. Bölgedeki en uzun akarsu Terkos Gölü'ne dökülen Istranca Deresi'dir. Büyükçekmece Gölü ve Terkos Gölü bölgedeki önemli göllerdir. Toprak özellikleri olarak bakıldığında ise, bölgede kahverengi-kireçsiz kahverengi orman topraklarının olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca intrazonal topraklarda geniş yer kaplamaktadır.

Bölgede görülen iklim dolayısı ile özellikle fazla yağış alan kuzey yamaçlarda geniş ormanlık alanlar bulunmaktadır. Orman bitki örtüsünün yok edildiği alanlarda ve daha az yağış alan güney kesimlerde ise maki bitki örtüsü yayılış göstermektedir (Garipoğlu ve Duman, 2018).

2.1.2 Deneme alanı toprak özellikleri

Deneme öncesinde araştırma alanından alınan toprak örneğine ait analiz sonuçları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Lindsay ve Norwell, 1978; FAO, 1990; Tovep, 1991; Güneş vd.,2017)

Parametreler	Ölçüm sonuçları	Değerlendirme ı
pH	7,62	Hafif Alkali
Kireç (%)	0,89	Az kireçli
Tuz ($\mu\text{s/cm}$)	0,04	Tuzlu değil
Tekstür (%)	38,488 kum, 39,512 kil, 22,00 silt	Killi tınlı
Organik made (%)	1,80	Az
Toplam Azot (N) (%)	0,09	Az
Yarayışlı Fosfor (P) (mgkg^{-1})	14,10	Orta
Değişebilir Potasyum (K) (mgkg^{-1})	350,80	Yeterli
Değişebilir Magnezyum (Mg) (mgkg^{-1})	353,50	Yeterli
Değişebilir Kalsiyum (Ca) (mgkg^{-1})	5.39	Yeterli
Yarayışlı Demir (Fe) (mgkg^{-1})	30,60	Yeterli
Yarayışlı Bakır (Cu) (mgkg^{-1})	2,01	Yeterli
Yarayışlı Çinko (Zn) (mgkg^{-1})	0,86	Az
Yarayışlı Mangan (Mn) (mgkg^{-1})	23,35	Yeterli
Yarayışlı Bor (B) (mgkg^{-1})	0,836	Az

2.1.3 Denemede kullanılan bitki çeşidinin özellikleri

Çeltik (*Oryza sativa* L.), *Poaceae* familyasına aittir ve oryzae cinsinin evcilleştirilmiş türüdür (Gutaker vd., 2020). Başta Asya olmak üzere dünya nüfusunun yaklaşık %90'ının temel besin kaynağı olan alan ve üretimde buğdaydan sonra en önemli tahıl ürünüdür. Pirinç, yüksek miktarda karbonhidrat, protein ve yağ ile zenginleştirilmiş önemli bir tahıldır. Dünya çapında insanlar tarafından tüketilen kalorinin 1/5'inden fazlasını sağlamaktadır (Fukagawa ve Ziska, 2019).



Şekil 2.3. Çeltik (*Oryza sativa* L.) (Orijinal, 2021)

Pirinç, salkımları taşıyan yuvarlak, oyuk ve eklemli sapları olan yıllık bir çimdir. Olgun bir pirinç bitkisi normalde ana kültüre ve bir dizi yan dallara sahiptir. Genel olarak, pirinç bitkisinin büyümesi üç aşamaya ayrılır: vejetatif aşama (çimlenmeden salkım başlangıcına kadar), üreme aşaması (salkımın başlangıcından başlığa kadar) ve tane doldurma veya olgunlaşma aşaması (başlıktan olgunluğa kadar). Vejetatif aşamada, sürgün apikal meristemi yaprakları ve yapraklardan çıkan sürgünleri üretmektedir. Üreme aşamasında, pirinç bitkisi, sap

uzaması, salkım başlangıcı ve farklılaşması, başlık ve çiçeklenme gibi bir dizi süreçten geçmektedir. Bir pirinç bitkisi olgunlaşma aşamasına girdiğinde, pirinç taneleri şekerleri, nişastaları, depolama proteinlerini ve diğer depolama bileşiklerini biriktirmek için boyut ve ağırlık olarak artmaktadır (Wang ve Li, 2005).

Bu çalışmada, Çatalca şartlarında ve damla sulama yöntemi ile yetiştiriciliği yapılabilecek en uygun çeşit olarak Luna CL (Clearfield) kullanılmıştır. Luna CL çeşidi uzun taneli kristal yapıda, tüysüz, orta süreli olgunlaşma süresi olan, yüksek verimli, hastalıklara ve yabancı otlara karşı dayanıklı bit bitkidir.

2.1.4 Denemede kullanılan gübre

Deneme parsellerinde Laris firmasının EC Fertilizer Duetto ticari isimli ve içerisinde %11 oranında suda çözünür bor bulunan sıvı gübre (boron etanolamin çözeltisi) kullanılmıştır.

2.2 Metod

Araştırma bitkinin ekim dönem olan Nisan ayında İstanbul İli Çatalca İlçesi tarım alanlarında tarla koşullarında çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisi kullanılarak yürütülmüştür. 1 bitki x 4 tekerrür x 5 farklı doz (0- 200- 400- 600 – 800 g da⁻¹) boron etanolamin çözeltisi uygulanan parsellerde deneme ‘Tesadüf Blokları Deneme Deseni’ ne göre yürütülmüştür. Parseller 5m X 2m= 10 m² büyüklüğünde olacak şekilde planlanmıştır (Şekil 2.4). Parseller arasında 1 m uzaklık bırakılmıştır.



Şekil 2.4. Damla sulama sisteminin kurulumu ve araştırma alanının parsellere ayrılması (Orijinal, 2021)

Sakaroğlu (2012)' e göre 400 tohum/m² olarak uygulanmıştır. Daha sonra bitkilerin gelişim periyodu (6 ay) sonunda hasat edilerek her parsellerdeki bitki örnekleri literatürde belirtildiği üzere (Jones vd, 1991) göre örnekleme yapılmıştır. Örneklerde bazı makro ve mikro (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) besin elementi analizleri de yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2010).

Ayrıca deneme toprağında da gerekli olan bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978; Sağlam 2012). Hasat zamanında verim ölçümleri de gerçekleştirildikten sonra çeltik bitkisi ile ilgili bor gübresi dozu belirlenmiştir.

2.2.1 Bitki analizleri

Bitki toprak üstü aksamaları hasat edildikten sonra taneler ayıklanmıştır (Şekil 2.5). Bor bitki besin elementi analizi ve makro-mikro besin elementleri analizi İstanbul Büyükşehir Belediyesi Anadolu Yakası Çevre Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5. Sırasıyla, çeltik hasadı ve çeltik tanelerin toplanmasına ait görseller (Orijinal, 2021)

Azot analizi Kjeldahl Metodu ile Gerhardt Kjeldathern yakma ve Gerhardt Vapodest 20 S disitilasyon cihazları kullanılarak yapılmıştır. Makro ve mikro besin elementleri ve ağır metal içerikleri ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir (Kacar ve İnal, 2010).

2.2.2 Toprak analizleri

Çatalca'nın Kaleiçi köyünde gerçekleştirilen çalışmada arazinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla topraktan örnekler alınmıştır. Alınan örnekler analiz için Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Borsası Tarımsal Amaçlı Analiz Laboratuvarına götürülmüştür. Hava kuru ortamda bekletildikten sonra kuruyan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilmiştir ve analizler için hazırlanmıştır. Topraktaki bor bitki besin elementi analizi Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'de yapılmıştır.

2.2.2.1 pH analizi

pH değeri, Sağlam (2012)'ye göre, 1:2,5 oranındaki toprak-su karışımında H^+ iyonu için özel olan cam elektrodu ile pH değerinin elektrometrik analizinin yapılması ile belirlenmiştir (Sağlam, 2012).

2.2.2.2 *EC analizi*

Toprağın tuzluluk derecesi, 1:2.5'lük toprak-su karışımına elektrik iletkenlik cihazı (Wheatstone Bridge) elektrodunun daldırılmasıyla saptanmıştır (Sağlam, 2012).

2.2.2.3 *Kireç analizi*

Scheibler kalsimetresi kullanılarak toprağın kireç miktarı volumetrik olarak belirlenmiştir (Sağlam, 2012).

2.2.2.4 *Organik madde analizi*

Toprak örneği içeriğindeki organik madde Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Sağlam, 2012).

2.2.2.5 *Tekstür analizi*

Denemenin toprak örneğininin tekstür sınıfı Bouyoucos'un yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1955)

2.2.2.6 *Fosfor tayini*

Analizi yapılacak olan toprak örnekleri NaHCO_3 kimyasalı ile çalkalandıktan sonra filtre kağıdından geçirilmiştir ve elde edilen çözelti ICP-OES cihazında okutulmuştur (Olsen ve Sommers, 1982).

2.2.2.7 *Makro element analizi (K, Mg, Ca)*

Hava kuru ortamda bekletilen ve sonrasında elenip analize uygun hale getirilen toprak örnekleri amonyum asetatla ($\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$) çalkalandıktan sonra filtre kâğıdı kullanılarak süzülmüştür. Elde edilen çözelti ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir (Sağlam, 2012).

2.2.2.8 *Mikro element analizi (Fe, Mn, Cu, Zn)*

Hava kuru ortamda bekletilen ve sonrasında elenip analize uygun hale getirilen toprak örnekleri yarayıklı Fe, Mn, Cu, Zn ve B içerikleri DTPA yöntemine göre ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir (Lindsay ve Norvel, 1978).

2.2.2.9 *Bor bitki besin elementi analizi*

Toprak örneklerindeki bor bitki besin elementi içerikleri, 0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl_2 + 0,1 M TEA (pH 7,3) ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Ekstraktaki

yarayışlı bor miktarları ICP-OES cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Literatürde çeltik bitkisi için bor bitki besin elementi sınır değerleri 5-15 ppm olarak verilmiştir (Jones vd., 1991) ve değerlendirmeler bu verilere göre yapılmıştır.

2.2.3 Deney sonuçlarının istatistiksel analizleri

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS Sosyal Bilimler İstatistik Programı (Statistical Package for the Social Sciences) programı ile analiz edilmiştir. Parsellere uygulanan farklılıkları belirlemek amacıyla verilere varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Elde edilen ortalamalarda önemlilik derecesi Duncan Multiple Range testine göre değerlendirilmiştir.



3. ARAŞTIRMA BÖLGELERİ VE TARTIŞMA

3.1 Deneme alanı toprak analiz sonuçları

Araştırma alanına ait toprak özellikleri, Çizelge 2.1’de verilmiştir. Çizelge 2.1’ de verilen bilgilere göre, araştırma alanındaki toprak, az kireçli ve killi tınlı bir tekstüre sahiptir. Kalsiyum (Ca) içeriği yeterli düzeyde bulunmuştur. Dengiz ve Özyazıcı (2018), çeltik yetiştiriciliğinde, killi, kum ve kireç oranı düşük, pH aralığı ise 4,5 ile 7,5 aralığında olan toprakların, çeltik tarımı için en uygun koşulları sağladığını belirtmiştir. Araştırma alanına ait toprağın ise pH değeri 7,62 olarak tespit edilmiştir ve hafif alkali olarak sınıflandırılmıştır.

Toprak içeriğinde, toplam azot (%), organik madde içeriği (%) ve çinko (mgkg^{-1}) bitki besin elementi az miktarda bulunmaktadır (Çizelge 3.1). Potasyum (mgkg^{-1}), magnezyum (mgkg^{-1}), demir (mgkg^{-1}), bakır (mgkg^{-1}) ve mangan (mgkg^{-1}) bitki besin elementleri ise yeterli miktardadır.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri, N %, P, K, Ca Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B,mg/kg

Bitki besin elementleri									
N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Değerler									
0,09	14,1	350,80	5,39	353,5	30,6	2,01	23,35	0,86	0,836

Araştırma alanından alınan toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, toprak yeterli miktarda çinko içeriğine sahip değildir. Çinko bitki besin elementi çeltik bitkisi için gerekli bir elementtir. Zn kullanımının tüm çeltik çeşitlerinde gerekli olduğu ancak kontrollü koşullarda uygulanması gerektiğini bildirilmiştir (Yılmaz ve Sonkaya, 2018).

3.2 Çeltik bitkisinde bitki analiz sonuçları

Hasat edilen çeltik bitkilerinde makro ve mikro bitki besin elementi analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’te verilmiştir.

3.2.1 Çeltikte bor uygulaması sonuçları

Bor ihtiyacı, çoğu bitki türünde vejetatif büyümeye göre üreme gelişimi için çok daha yüksektir. Bor alımının, toprak çözeltisindeki H_3BO_3 konsantrasyonu ile iyi bir korelasyon gösterdiği bilinmektedir. Topraktaki N, P, K, Ca, Mg, S ve Zn içeriğinin bor uygulamasına bağlı olarak önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir (Barman, Shukla, Datta ve Rattan, 2014).

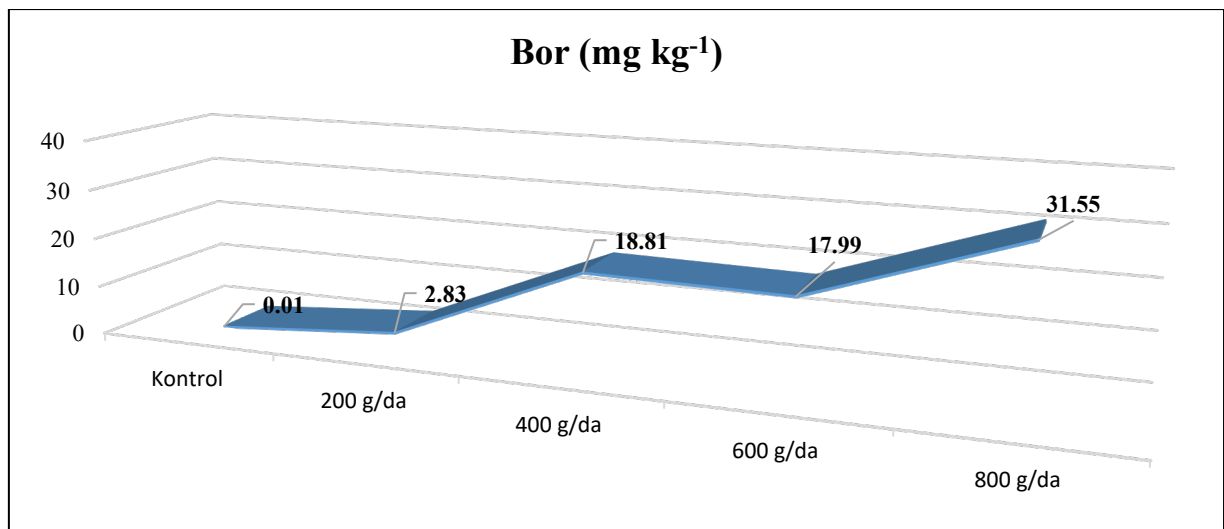
Bu çalışmada farklı dozlarda bor uygulanan çeltik bitkileri ve bor uygulaması yapılmayan çeltik bitkilerine (kontrol) ait sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmiştir. İstatistiksel olarak kontrol ve 200 g/da uygulama yapılan bitkiler aynı grupta yer almıştır. Aynı şekilde 400 ve 600 g/da uygulamaları da aynı grupta yer almıştır. Tüm sonuçlar %5 düzeyinde Duncan testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.2. Çeltik bitkisinde bor bitki besin elementi içeriği (mg/kg)

Dozlar	Kontrol	200 g/da	400 g/da	600 g/da	800 g/da
Bor	0,01 ± 0,00b	2,83 ± 1,74b	18,81 ± 2,94ab	17,99 ± 8,38ab	31,55 ± 13,69a

Değerler dört tekrür ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c) $p < 0,05$ 'te önemi gösterir, öd: önemli değil.

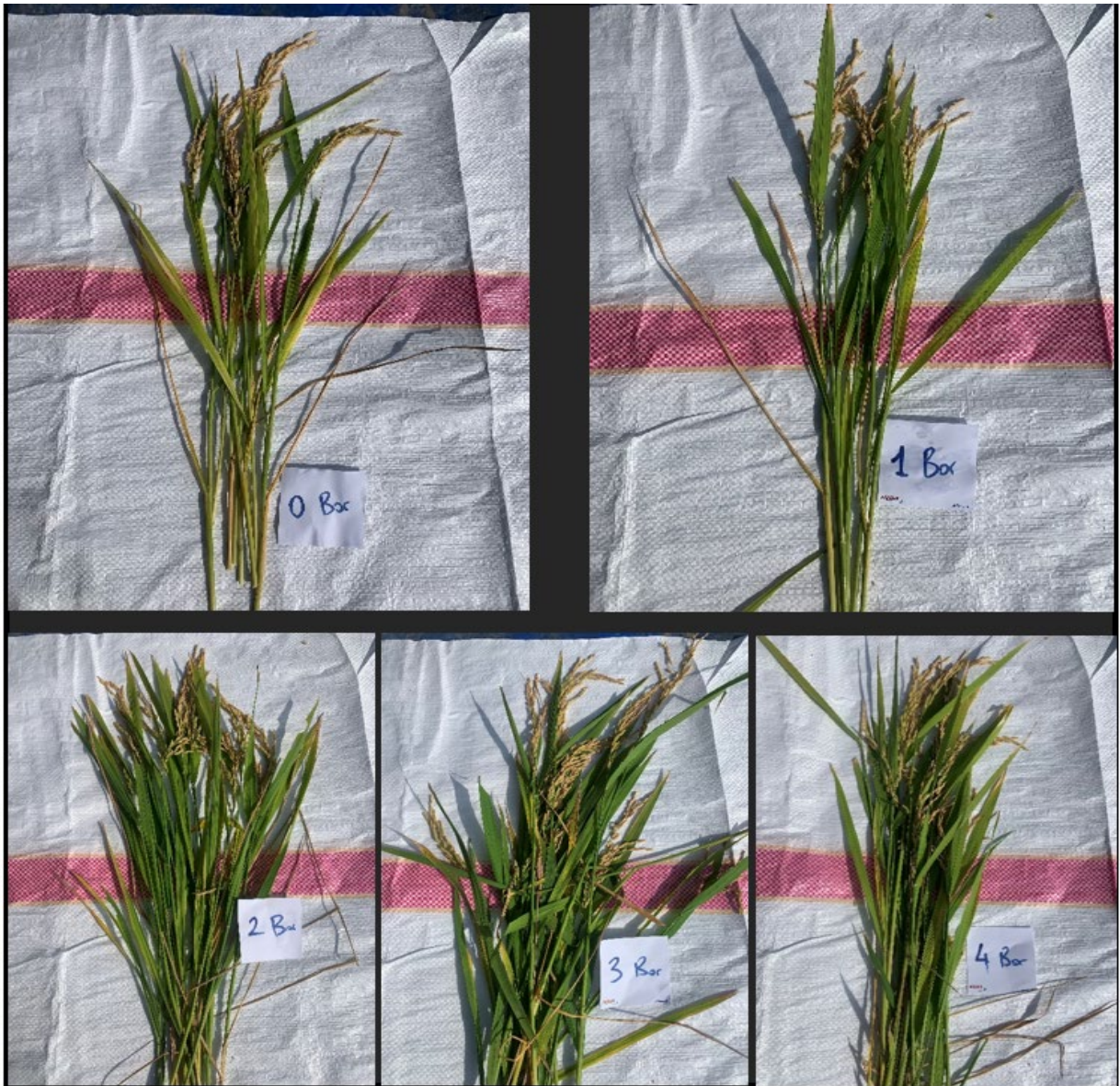
Denemede uygulanan farklı bor konsantrasyonlarına bağlı olarak bitkideki bor konsantrasyonu değişimi Şekil 3.1’de verilmiştir. Artan dozlarda uygulanan bor gübresi ile bitkideki bor içeriği artış göstermiştir. Özellikle 400 g/da ve sonrasındaki artan dozlarda bor gübrelemesi bitkideki bor içeriğinde önemli bir artışa sebep olmuştur.



Şekil 3.1. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki bor içeriğine etkisi

Yapılan bir denemede, pirinç tarlalarında farklı aşamalarda bor uygulamasının mahsulün büyümesini ve verimini önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Maksimum verim üretimi için çeltik tarlalarına bor uygulamasını önermişlerdir (Hussain, Khan, Khan, Farooq ve Farooq, 2012).

Deneme sonucunda analiz için her parselden ve dozdan örnekleme yapılmıştır. Bu işlem sırasında alınan örnekler Şekil 3.2'deki gibidir. Çizelge 3.2 ve Şekil 3.2 birlikte değerlendirildiğinde, artan dozda bor uygulamalarının bitkinin yeşil aksamında gözle görülür bir şekilde olumlu etki yarattığı ve bitkide yapraklanmayı, dallanmayı ve tane miktarını artırarak verim üzerinde de olumlu etki yarattığı söylenebilir.



Şekil 3.2. Farklı dozlarda bor uygulaması yapılan parsellerden alınan çeltik bitkisi örnekleri (Orijinal, 2021)

3.2.2 Bazı makro bitki besin elementi içerikleri

Pirinçte besin alımı bitkinin çeşidine, yetiştirildiği sezona, ortama ve toprak içeriğine göre değişkenlik göstermektedir. 1 ton çeltik üretilebilmesi için, pirinç bitkisi ortalama 20 kg N, 30 kg K₂O, 7 kg Ca, 11 kg P₂O₅, 3 kg Mg, 40 g Zn, 3 kg S, 150 g Fe, 2 g Mo, 675 g Mn, 18 g Cu, 15 g B ve 52 kg Si bitki besin elementine ihtiyaç duymaktadır (FAO, 2006). Deneme sonuçlarından elde edilen makro bitki besin elementi verileri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çeltik bitkisinde makro bitki besin elementleri

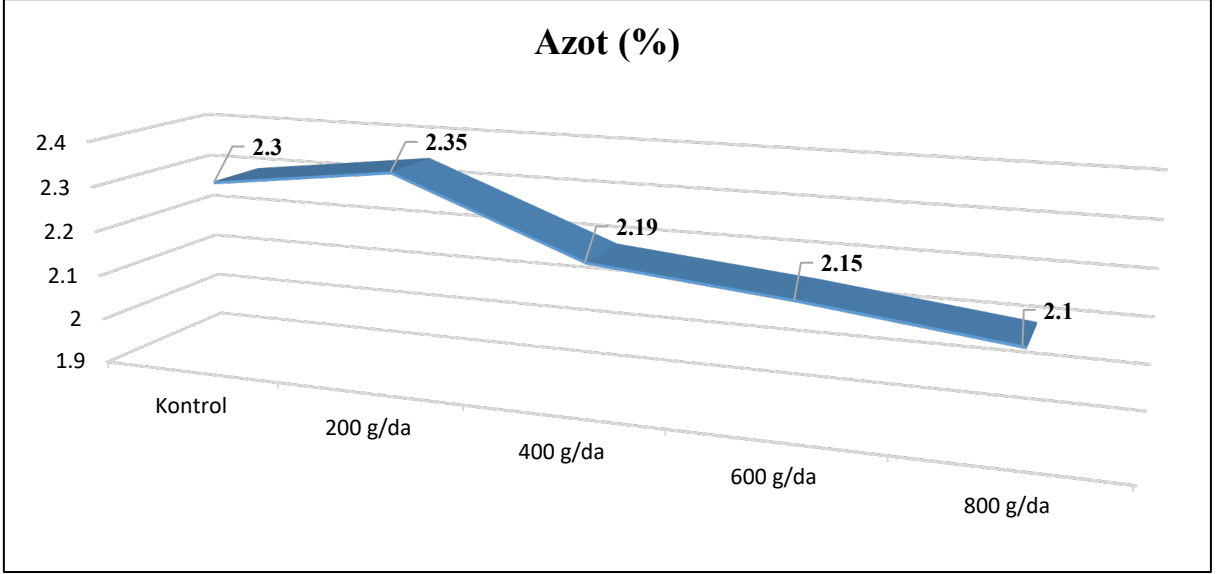
Dozlar	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Kontrol	2,30 ± 0,20öd	0,17 ± 0,004öd	1,23 ± 0,18ab	0,82 ± 0,13öd	0,24 ± 0,01öd
200g/da	2,35 ± 0,21öd	0,17 ± 0,008öd	1,44 ± 0,09ab	0,67 ± 0,01öd	0,24 ± 0,12öd
400g/da	2,19 ± 0,07öd	0,15 ± 0,009öd	1,43 ± 0,11ab	0,94 ± 0,20öd	0,27 ± 0,01öd
600g/da	2,15 ± 0,20öd	0,16 ± 0,008öd	1,51 ± 0,11a	0,70 ± 0,05öd	0,24 ± 0,006öd
800g/da	2,10 ± 0,14öd	0,15 ± 0,006öd	1,08 ± 0,06b	0,72 ± 0,06öd	0,24 ± 0,008öd

Değerler dört tekrür ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c) p<0,05'te önemi gösterir, öd: önemli değil.

3.2.2.1 Azot

Çeltik bitkisinde bor gübrelemesinin bitkideki bitki besin elementi içerikleri ve verim üzerindeki etkisinin değerlendirildiği bu çalışmadan elde sonuçlara göre artan dozlarda bor uygulaması (0, 200, 400, 600 ve 800 g da⁻¹) bitkideki azot içeriğini olumsuz etkilemiştir (Şekil 3.3). Doz olarak 200 g da⁻¹ bor uygulaması bitkide azot içeriğinde artışa sebep olurken, artan dozlarla birlikte bitkideki azot içeriği literatürle benzer şekilde azalmıştır. Bitkideki azot değişimi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.3).

Pirinçe uygulanan N'lu gübre miktarı ile verim seviyesi arasında yakın bir ilişki vardır. N'nin kilogramı başına 20 kg veya daha fazla çeltik veya kaba pirinç verim tepkileri sıklıkla elde edilmektedir. Geleneksel, uzun boylu pirinç çeşitlerine uygulanabilecek N miktarı, yatmaya yatkınlıkları ve düşük verim potansiyelleri nedeniyle sınırlıdır (FAO, 2006).



Şekil 3.3. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki azot içeriğine etkisi

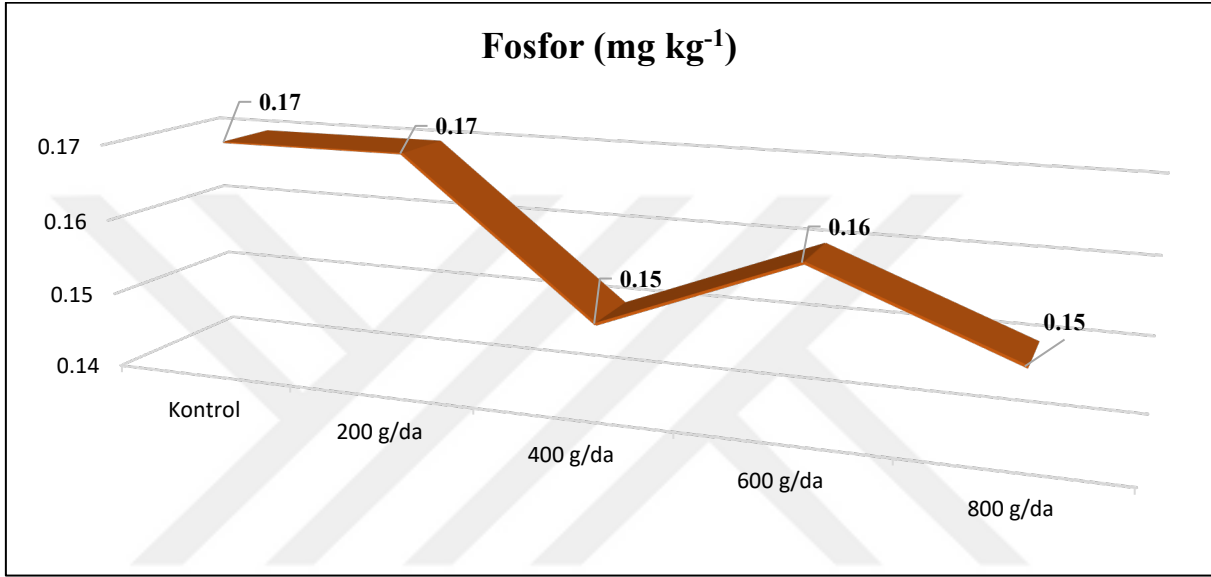
Sera koşullarında besin çözültisi ile yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde, 0,01- 0,1- 1 ve 10 µg B/ ml dozlarında bor (H_3BO_3) uygulaması yapılmıştır. Azot ise NH_4NO_3 (amonyum nitrat) formunda 25, 100, 200 ve 400 µg N/ ml olarak uygulanmıştır. Artan dozlarda uygulanan bor, bitkide nitrat içeriğini azaltmıştır. Yüksek dozlarda uygulanan N ise bitkide bor toksisitesini azaltmaya yardımcı olmuştur (Alpaslan, Taban, Inal, Kütük ve Erdal, 1996).

3.2.2.2 Fosfor

Toprak P'nin mevcudiyeti sel ile iyileştirilirken, birçok eski pirinç toprağı, yıllar içinde mahsulün kaldırılması nedeniyle düşük P içeriğine sahiptir. Bu, geliştirilmiş çeşitler tarafından daha fazla P talebi ile P gübresinin yeterli kullanımını önemli hale getirmektedir. Optimal oranlar yerel koşullara göre değişse de geleneksel çeşitler için genellikle 20–40 kg ha⁻¹ P₂O₅ ve geliştirilmiş çeşitler için 40–80 kg ha⁻¹ P₂O₅ yeterlidir. Mono kültürde olduğu gibi bir yıl içinde arka arkaya iki pirinç mahsulünün yetiştirilebildiği durumlarda, kuru mevsim mahsulü genellikle ıslak mevsim mahsulüne göre daha yüksek oranda P uygulaması gerektirmektedir. Kök büyümesini ve kardeş oluşumunu teşvik etmek için çeltik bitkisine P uygulaması gereklidir. Suda çözünür P veya suda ve sitratta çözünür P kombinasyonu normalde pirinç üretimi için en verimli olanıdır. Birçok yayla pirinç toprağında mevcut P miktarı düşüktür ve genellikle orta düzeyde P uygulamaları gerektirmektedir (FAO,2006).

Bitkiler için mutlak gerekli olan fosfor (P), bitkide kök gelişiminde ve çiçeklenmede bitki tarafından ihtiyaç duyulmaktadır. Toprak pH'ı fosfor elementinin alımını etkileyen faktörlerden biridir. Düşük pH'lı toprakta alüminyum (Al) ve demir (Fe) oksitler tarafından

fikse edilmekte ve bitkiye yararlılığı azalmaktadır. Aynı şekilde, yüksek pH oranına sahip (pH 6,5'ten fazla) topraklarda Ca ile bileşik oluşturarak yararlı hale gelmektedir (Kaya, Akça, Taşkın, Mounirou ve Kaya, 2019). Şekil 3.4 incelendiğinde, farklı dozlarda bor uygulamasının bitkide fosfor içeriğini etkilemediği görülmektedir. Duncan testine göre çeltik bitki örneklerindeki fosfor içeriği önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.3). Bunun sebebi Çizelge 2.1'de de belirtildiği gibi, toprakta yüksek olan Ca elementi nedeniyle P elementinin bitki tarafından alınamaması olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.4. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki fosfor içeriğine etkisi

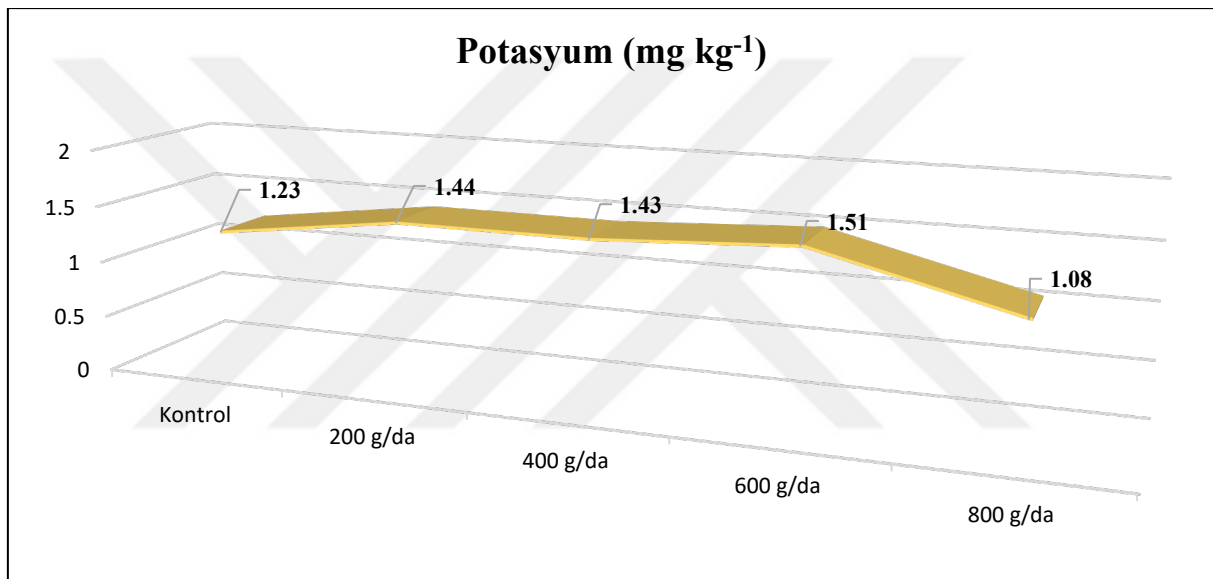
Türkan (2006), iki farklı buğday çeşidinde (*Triticum aestivum* L. (cv. Kıraç 66) ve *Triticum durum* Desf (cv. Kunduru 1149)) bor ve fosfor elementlerinin antogonistik ilişkisini ve bitkilerin bazı morfolojik özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Farklı dozlardaki bor uygulamasına farklı konsantrasyonlarda fosfor uygulanması ile elde edilen glikoz ve fruktoz miktarları, bor kaynaklı bitki toksisitesinin fosfor uygulamaları ile giderilebileceğini göstermiştir (Türkan, 2006).

3.2.2.3 Potasyum

Potasyumun mahsul tarafından alımı oldukça yüksektir, ancak bunun çoğu samanda kalmaktadır. Geleneksel pirinç çeşitlerinde K'ya verilen tepkiler genellikle küçük olmuştur. Bununla birlikte, geliştirilmiş çeşitler, özellikle yeterli N ve P verildiğinde genellikle potasyuma tepki vermektedir. Geleneksel çeşitler için 20–40 kg ha⁻¹ K₂O yeterli olabilirken, geliştirilmiş çeşitler özellikle K bakımından fakir topraklarda 60 kg ha⁻¹ K₂O uygulamasını gerektirmektedir. Çoğu toprakta K gübresi temel gübreleme olarak uygulanmaktadır. Potasyum

gübrelemesi ile K'nin N ve P'den daha ucuz olduğu yerlerde, daha düşük tepki oranlarında bile eşit derecede karlı olabileceği gerçeğini göz önünde bulundurmalıdır (FAO, 2006).

Şekil 3.5'teki potasyum içeriğinin artan bor uygulamalarına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Artan dozda bor uygulaması ile bitkideki potasyum içeriği de artmıştır. Ancak 800 g da⁻¹ doz bor uygulaması potasyum alımını engellemiştir. Yapılan Duncan testine göre, kontrol bitkisi, 200 g/da uygulanan bitkiler ve 400 g/da uygulanan bitkiler istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. Diğer uygulamalar ise farklı gruplarda yer almıştır (Çizelge 3.3). Çeltik bitkisinde artan dozlara bor uygulaması, bitkideki potasyum içeriğinde istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı değişimlere neden olmuştur.



Şekil 3.5. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki potasyum içeriğine etkisi

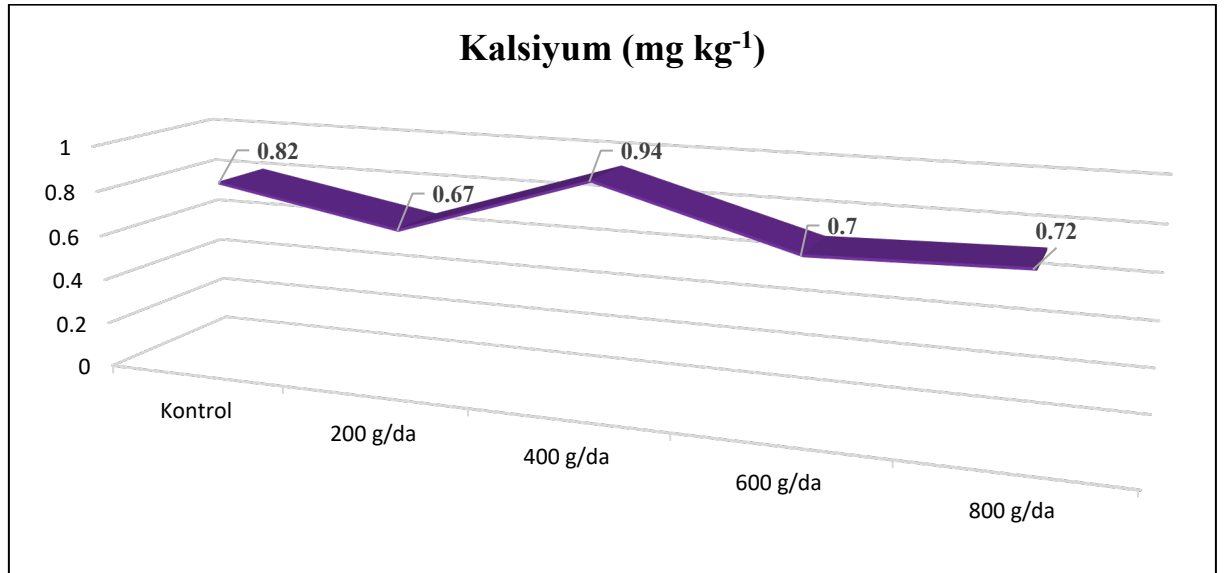
Potasyum (K) ve bor (B), toprak-bitki ekosisteminde biyoyararlanımlarını etkileme yeteneğine sahip iki önemli bitki besin maddesidir. Eksikliğe neden olabilir veya birbirlerinin kullanılabilirliğini artırabilirler. K (0, 100, 125 ve 150 kg ha⁻¹) ve B (0, 8 ve 16 kg ha⁻¹) dozlarının kontrol ile karşılaştırıldığı araştırmada bitkisinin büyüme, verim ve beslenme özellikleri üzerindeki etkileri ve birbiriyle etkileşimleri değerlendirilmiştir. K (125 kg ha⁻¹) ve B (16 kg ha⁻¹) besin elementlerinin kombine gübrelemesi ile tane verimi kontrol bitkisine kıyasla %65 artış göstermiştir. Yaprak ve tanelerdeki K konsantrasyonları, ikili gübreleme ile (150 kg ha⁻¹ K ve 8 kg ha⁻¹ B doz uygulamaları) ile %253 ve %322 artmıştır. Potasyum ve bor gübrelemesi (150 kg ha⁻¹ K ve 16 kg ha⁻¹ B doz uygulamaları), ayrıca yaprak ve tahıllardaki B konsantrasyonunu sırasıyla %179 ve %370 artırmıştır. Çalışma sonucuna göre, potasyum ve bor bitki besin elementlerinin, mısır bitkisinin yaşam döngüsünü tamamlayabilmesi ve verim parametrelerinin artması için gerekli besin elementleri oldukları belirtilmiştir. En yüksek verim

potasyum ve bor elementlerinin sırasıyla 125 kg ha⁻¹ ve 8 kg ha⁻¹ olarak uygulanan bitkilerden alındığı ve bu uygulamanın mısır mahsul verimini artırmak için uygun ve ekonomik olduğu bildirilmiştir (Rehim vd., 2018).

3.2.2.4 Kalsiyum

Organik madde, pH, kil mineralleri gibi çeşitli toprak faktörleri, Fe ve Al oksitler, karbonatlar ve toprak işleme, bitkinin B elementini kullanılabilirliğini, topraktan çıkarılabilir B içeriğini ve topraktaki farklı B fraksiyon dönüşümlerini önemli ölçüde etkilemektedir. B'nin toprak bileşenlerinde tutulması pH'daki bir artışla desteklenmektedir. Hafif (kumlu) dokulu ve organik madde içeriği düşük kireçli topraklarda bor noksanlığı görülmektedir. Kalsiyum karbonat içeriğindeki bir artış, toprak pH'ını yükseltir ve B'nin, çözünür B'nin büyük bir bölümünün yüzey adsorpsiyonunda yer aldığı toprakta B'nin mevcudiyetini sınırlamakta ve böylece bitki alımı için kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Laik vd., 2021).

Şekil 3.6 incelendiğinde, bitkideki kalsiyum içeriğinin artan dozda bor uygulaması ile değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Analizler sonucunda kontrol bitkisinde 0,82 mg/kg Ca içeriği tespit edilirken, 200 g/da bor uygulamasında 0,67 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bor uygulamasının 400 g/da olduğu parselde bitkide 0,94 mg/kg Ca içeriği saptanmıştır. Artan dozlar ile Ca içeriğinde azalma meydana gelmiştir ancak bu değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 3.6. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki kalsiyum içeriğine etkisi

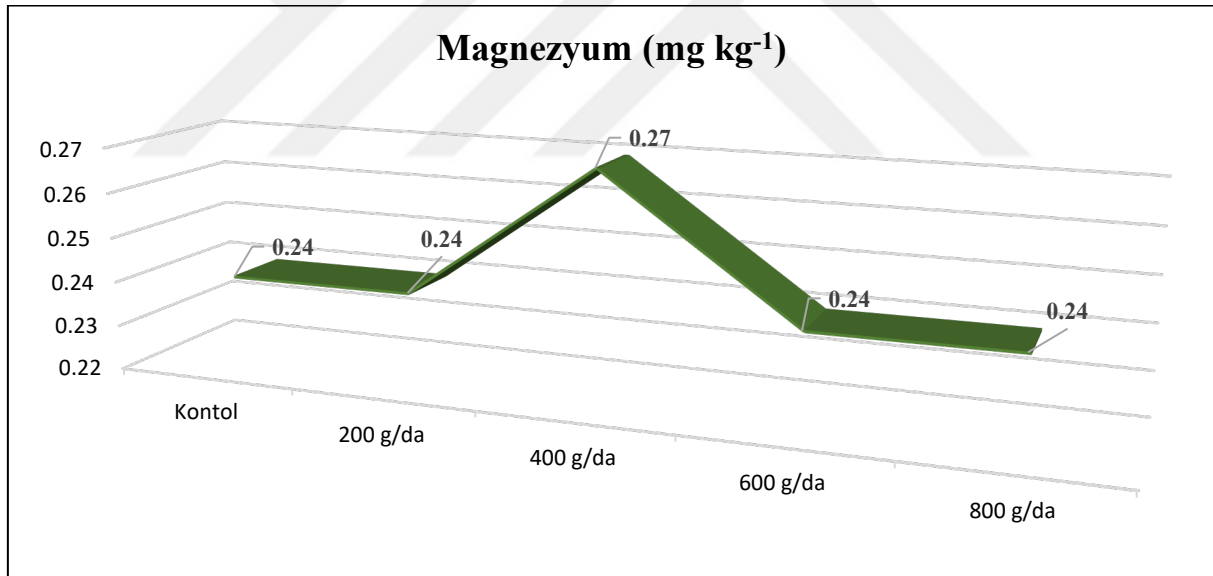
Kalsiyum ve bor birlikte, polen tanesi çimlenmesi ve polen tüpünün uzaması için gereklidir, bu da başarılı döllenme veya tozlaşma sağlamaya yardımcı olarak çiçeklenmeye

yardımcı olmaktadır. Ancak Ca ve B uygulamasının faydaları, bitkideki Ca ve B seviyeleri arasındaki dengeye bağlıdır. Düşük Ca ve yüksek B, bitki büyümesi ve verimi için zararlı olabilir (Zoz, Steiner, Seidel, Castagnara ve Souza, 2016).

3.2.2.5 Magnezyum

Magnezyum, birçok bitki işlevi için gerekli olan temel toprak besinleri arasındadır. Mg'nin bitkiler için mevcudiyeti, ana kaya malzemesinin kaynağına, kimyasal özelliklerine, ayrışma derecesine, sahanın spesifik iklimsel ve antropojenik faktörlerine ve ayrıca tarımsal sistemlere bağlıdır (Gransee ve Führs, 2013).

Şekil 3.7 incelendiğinde, bitkideki magnezyum içeriğinin farklı dozlarda bor uygulaması ile belirgin seviyede değişiklik göstermediği ancak 400 g/da bor uygulaması yapılan bitkilerde en yüksek seviyede olduğu (27 mg kg^{-1}) görülmektedir. Magnezyum içeriği diğer uygulamalarda değişiklik göstermemiştir ve Çizelge 3.3'te de belirtildiği üzere, Duncan testine göre istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.



Şekil 3.7. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki magnezyum içeriğine etkisi

Mahsul rotasyonu, mahsul yoğunluğu veya mineral ve organik gübrelerin kullanımı topraklardaki Mg içeriği ve mevcudiyetinde önemli bir rol oynamaktadır. Önemli miktarda Mg topraklara değişebilir formlarda bağlanabilmektedir, bu da bitki Mg alımını ve aynı zamanda Mg süzülmesini kolaylaştırmaktadır. Bor, yapısal karmaşıklığı nedeniyle topraklarda birçok biçimde adsorbe edilebildiğinden, şelatlanabildiğinden veya kompleks oluşturabildiğinden, bu özellikler Mg bileşiklerini üzerinde bor bileşiklerinin olası adsorpsiyonunu kolaylaştırabilmektedir (De la Fuente ve Camacho 2006, Pécharman vd., 2018).

3.2.3 Mikro bitki besin elementi içerikleri

Pirinç üretiminin yoğunlaşması nedeniyle, mikro besin eksiklikleri daha yaygın hale gelmektedir. Bunları, meydana geldikleri her yerde tespit etmek ve eksikliği gidermek mahsulden istenilen kaliteyi ve verimi elde etmek için önemlidir (FAO, 2006). Deneme sonucunda elde edilen verilere göre çeltik bitkisinin mikro bitki besin elementi içeriği Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Çeltik bitkisinde mikro bitki besin elementleri, (mg kg⁻¹)

Dozlar	Fe	Cu	Zn	Mn
Kontrol	185,67 ± 17,40öd	9,15 ± 1,04öd	13,89 ± 0,43öd	139,05 ± 24,06öd
200g/da	214,82 ± 22,26öd	9,51 ± 1,24öd	17,33 ± 1,28öd	122,74 ± 17,59öd
400g/da	230,77 ± 43,70öd	9,32 ± 0,71öd	34,97 ± 14,75öd	117,08 ± 14,84öd
600g/da	176,72 ± 26,69öd	9,83 ± 1,48öd	14,32 ± 0,65öd	130,17 ± 12,88öd
800g/da	341,70 ± 157,89öd	9,66 ± 0,89öd	15,27 ± 1,35öd	136,97 ± 30,28öd

Değerler dört tekerrür ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c) p<0,05’te önemi gösterir, öd: önemli değil.

Mikro besinler, makro besinler kadar önemlidir ve bitkilerde hayati metabolik olaylarda yer almaktadırlar. Tek bir temel mikro besin maddesinin eksikliği bile bitki gelişim basamaklarını bozabilmekte ve mahsul veriminde önemli düşüslere neden olabilmektedir (Tripathi vd, 2015).

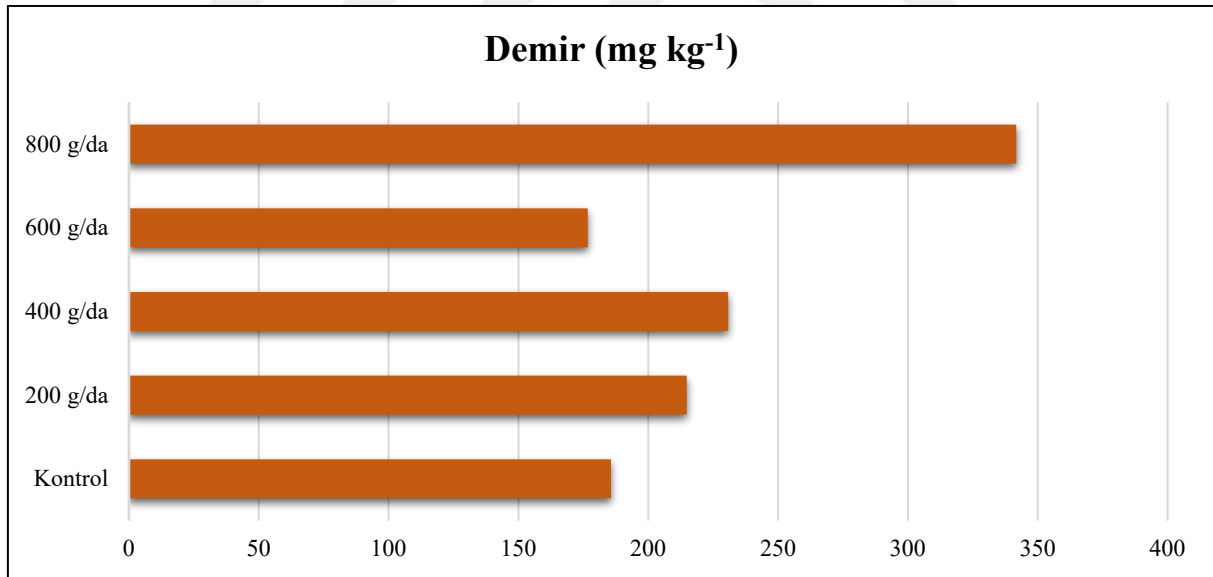
Mikrobesin eksikliğinin yoğunluğu, toprak özellikleri ve mahsul türleri dahil olmak üzere çeşitli faktörler tarafından belirlenmektedir. Bu nedenle, pirinç-buğday ekiminin yapıldığı arazilerdeki mikro besin eksikliği, kötü tarım uygulamalarından ziyade topraktaki besin elementlerinin toplam içeriğinden daha fazla etkilenmesi nedeniyle daha kötü durumdadır (Nayyar, Arora ve Katakı, 2001).

Toprak dokusu, kil içeriği, mikrobiyal aktivite, toprak organik maddesi, topraktaki besin etkileşimi ve redoks potansiyeli gibi diğer bazı faktörler de ekin bitkilerine mikro besin maddelerinin mevcudiyetini etkilemektedir (Nadeem ve Farooq, 2019).

3.2.3.1 Demir

Topraktaki demir içeriği ortalama %3,2 olmak üzere %1 ila %20 arasında değişmektedir, ancak bitkilerdeki normal konsantrasyonunun yalnızca %0,005 olduğu bilinmektedir. Yüksek arazilerde, yüksek pH'lı ve aerobik topraklarda demir eksikliği yaygın olarak görülmektedir ve demir toksisitesi, ova pirinç üretiminin en önemli kısıtlamalarından biridir. Yüksek dozlarda demir besin elementi pirinç bitkisinin fizyolojisini bozmaktadır. Demir besin elementi, klorofil oluşumuna yardımcı olmaktadır. Demir noksanlığı ise bitkide yaprak damarları arasında kloroza neden olmakta ve noksanlık belirtisi ilk olarak bitkilerin genç yapraklarında kendini göstermektedir (Das, 2014).

Deneme sonunda çeltik bitkisinde yapılan analizlerden elde edilen bilgilere göre bitkideki demir içeriği Şekil 3.8'de verilmiştir. Artan dozlarda B uygulaması ile bitkideki Fe içeriği de artış göstermiştir. Çizelge 2.1'de de belirtildiği gibi topraktaki Fe içeriğinin de yeterli düzeyde olması, bitkinin bu mikro bitki besin elementinden faydalanabilmesini sağlamıştır. İstatistiksel olarak, Çizelge 3.4'te de belirtildiği gibi, bu değişimler %5 düzeyinde önemli bulunmamıştır.



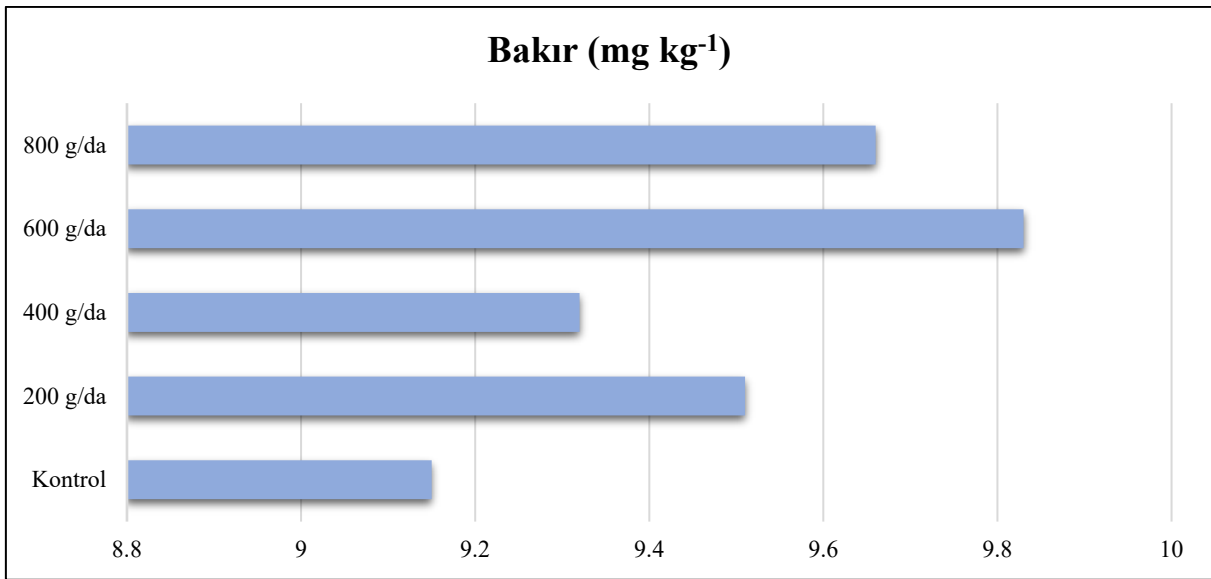
Şekil 3.8. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki demir içeriğine etkisi

3.2.3.2 Bakır

Bakır bitki besin elementi, klorofil sentezi sırasında demirin kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Bakır eksikliğinde, bitkilerin düğümlerinde demir birikmesi meydana gelmektedir. Bitkilerde oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarını meydana getiren enzimlerde “elektron taşıyıcı” olarak görev yapmaktadır. Organik maddece zengin, kumlu, kalkerli, lateritik

topraklarda Cu noksanlığı görülmektedir. Bakırın en önemli noksanlık belirtileri yapraklarda klorotik, mavimsi yeşil yapraklar, yeni yaprakların açılmaması ve yaprak uçlarının iğne görünümü vermesi, kardeşlenmenin azalması, polen canlılığının azalmasıdır. Asit toprakta aşırı kireçlenme de bazen toprakta Cu eksikliğine neden olmaktadır (Das, 2014).

Şekil 3.9 ve Çizelge 2.1 birlikte değerlendirildiğinde, topraktaki bakır içeriğinin yeterli düzeyde olduğu ve artan dozda B uygulamaları ile bitkinin topraktaki Cu bitki besin elementini kullanımı da 600 g/da doz uygulamasına kadar arttığı görülmektedir. Duncan testine göre, elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3.4).



Şekil 3.9. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki bakır içeriğine etkisi

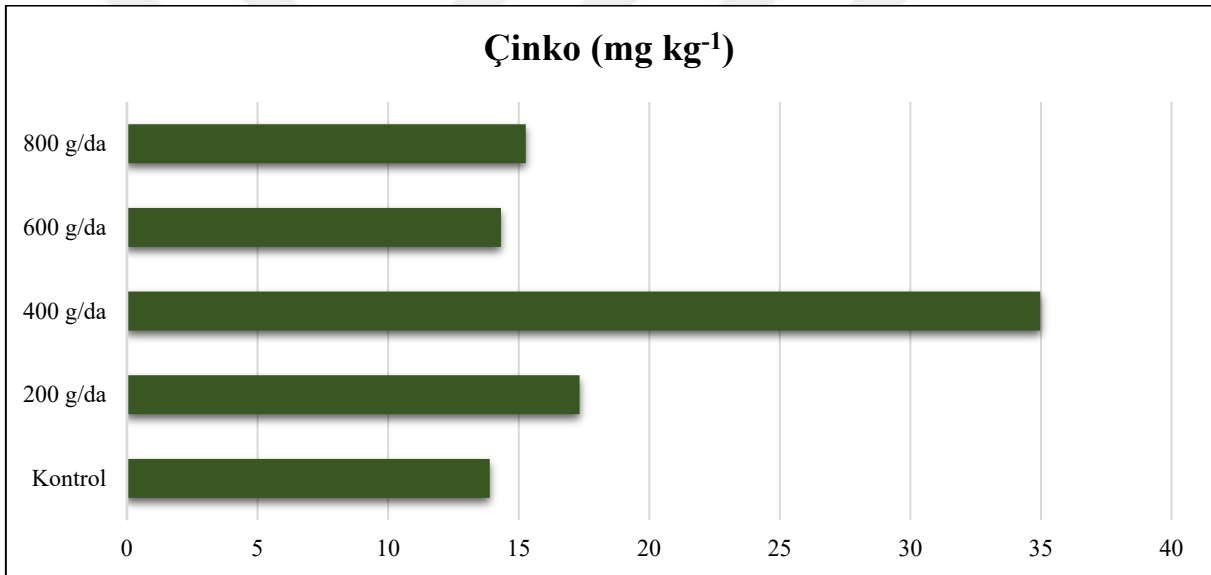
Ali vd. (2015), yaptıkları çalışmada, tütün bitkisinin yapraklarında B konsantrasyonunun artmasıyla birlikte bitkideki Zn/Cu oranının arttığını tespit etmişlerdir. Tütün bitkisinde yapraktaki bor ile Zn/Cu oranı arasında yakın bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada, Leece (aktaran Ali vd.) yüksek bor düzeylerinin mısır bitkisinde yine Zn/Cu oranını artırdığını ve B konsantrasyonundaki artışla doğru orantılı olarak değiştiğini bildirmiştir.

3.2.3.3 Çinko

Düşük toprak redoks potansiyeli nedeniyle Zn eksikliğinden en çok etkilenen bitkilerden biri de ova pirincidir. Çeltik-buğday ekim sistemindeki çeltiklerin çoğu, yüksek pH, bikarbonat ve topraktaki P içeriği nedeniyle Zn yetersizliği olan su basmış düşük koşullarda ekilmektedir. Pirinçte, Zn eksikliği belirtileri transplantasyondan 2-3 hafta sonra ortaya çıkmaktadır. Bu semptomlar, gelişmiş yapraklar üzerinde eski yaprakları kaynaştıran ve

kaplayan çizgiler ve kahverengi lekeleri içermektedir. Şiddetli noksanlık durumunda bitki bodur büyümekte ve ölebilmektedir (Nadeem ve Farooq, 2019).

Şekil 3.10'da artan dozlarda bor elementi uygulamasının çeltik bitkisindeki çinko konsantrasyonu üzerine etkisi görülmektedir. Bor uygulamasının 400 g da⁻¹ olduğu parsellerdeki çeltik bitkilerinde diğer doz uygulamaları ve kontrol bitkisine kıyasla önemli bir artış görülmektedir. Ancak 600 g da⁻¹ ve 800 g da⁻¹ bor uygulaması yapılan çeltik bitkilerinde çinko içeriğinde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bunun sebebi Çizelge 2.1'de de belirtildiği gibi denemenin yürütüldüğü arazideki toprakta Zn içeriğinin az olması ve bu nedenle artan dozlarda B elementinin bitkide toksik etki yaratması olabileceği düşünülmektedir. Bitkideki çinko içeriğinin B uygulaması ile değişimi gerçekleştirilen istatistiksel analiz sonuçlarında önemli bulunmamıştır.

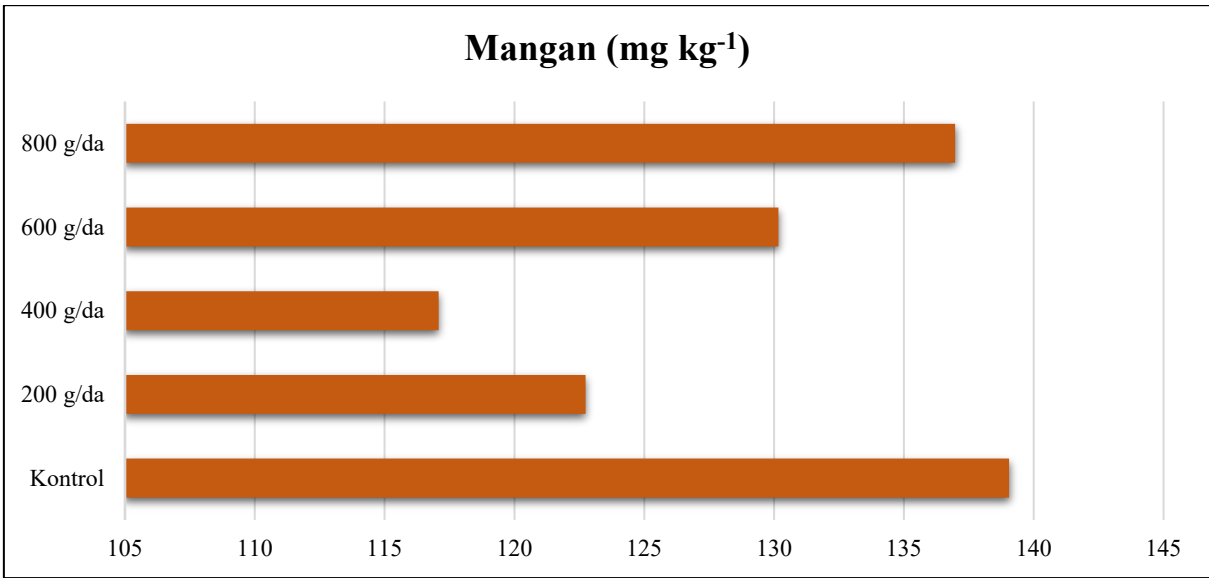


Şekil 3.10. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki çinko içeriğine etkisi

Bitki köklerinde bor birikimi ve toksisitesi özellikle Zn eksikliği olan topraklarda görülmektedir. Bir çalışmada, B uygulamasının mısır bitkisinde kuru madde verimini olumsuz etkilediği ve bor toksisitesinin, Zn eksikliği olan toprak koşullarında dikkatle incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çünkü bu toprak koşullarında bazı besin elementlerinin bitki köklerinde fazla birikmesi ile bitkilerde besin dengesi bozulmaları meydana gelmektedir. Özellikle mısır bitkisi gibi Zn eksikliğine karşı hassas olan bitkilerde, bor toksisitesine dikkat edilmelidir (Adiloğlu ve Adiloğlu, 2006).

3.2.3.4 Mangan

Havalandırılmış topraklarda, toprak çözeltisindeki Mn^{2+} konsantrasyonu, her birim pH artışı için teorik olarak 100 kat azalmaktadır. Asidik topraklarda su birikmesinden sonra buğdayın sürgün dokularında yüksek ila toksik Mn konsantrasyonları gözlenmiştir (Rengel, 2015). Şekil 3.11'e göre B uygulaması ile Mn içeriği belirli bir doza kadar azalış gösterse de 600 g/da ve 800 g/da uygulamalarında tekrar artış göstermiştir. Bitkideki bu değişimler, Duncan testine sonuçlarına göre önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.4).



Şekil 3.11. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkideki mangan içeriğine etkisi

Aref (2011), farklı düzeylerde Zn ve B uygulamalarının bitkideki mikro bitki besin elementleri üzerindeki etkilerini araştırdığı bir çalışmada, farklı Zn düzeylerinin yaprak Mn konsantrasyonu ($mg\ kg^{-1}$) üzerindeki etkisini önemsiz bulurken, B'nin yapraktaki Mn konsantrasyonu üzerindeki etkisini %5 düzeyinde önemli bulmuştur. En yüksek ortalama yaprak Mn içeriği ($103\ mg\ kg^{-1}$), B uygulaması yapılmayan bitkilerde elde edilmiştir. Mn içeriği tüm seviyelerdeki (toprağa ve ilaçlama) bor uygulanan bitkilerde B uygulanmayan bitkilere göre azalış göstermiştir. 3 ve 6 $kg\ ha^{-1}$ B kullanımı, yaprak Mn konsantrasyonunu sıfır B seviyesinde $103\ mg/kg$ 'den sırasıyla 92.4 ve 91.2 $mg\ kg^{-1}$ 'e düşürmüştür; ancak bu seviyeler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu nedenle, B uygulaması ile yaprak Mn içeriğindeki azalmanın, seyreltme etkisinden veya B ve Mn arasındaki antagonistik ilişkiden kaynaklanıyor olabileceği bildirilmiştir.

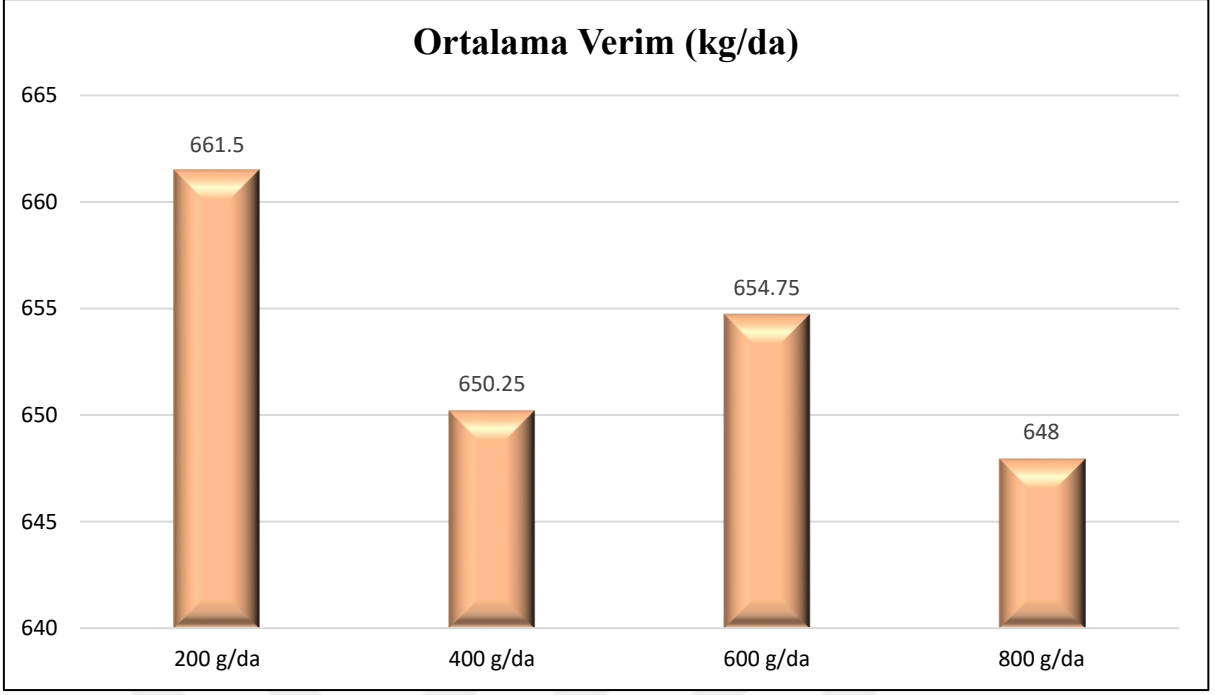
3.2.4 Verim

Yağmurla beslenen arazilerde çeltik yetiştiriciliği yapan çiftçiler, tipik olarak düşük toprak kalitesi, kuraklık veya sel koşullarıyla karşı karşıyadır. Yağmurla beslenen çeltik sistemlerinde pirinç yetiştiren çiftçiler, uygun olmayan üretim seviyelerinde çalışmakta ve daha düşük verime elde etmektedirler. Üretimdeki bu farklılık, çeltik ekiminde kullanılan teknolojinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu yağmurla beslenen verim açığı, sosyo-ekonomik, teknolojik ve biyofiziksel dahil olmak üzere bir dizi üretim kısıtlamasının sonucudur. Özellikle çiftçiler, yağmurla beslenen pirinç verimini iyileştirmede ciddi kısıtlamalar olarak tanımlanan gelişmiş çeşitleri desteklemek için ekim yoğunluğu, yabancı otların ayıklanması, gübreleme ve su yönetimi gibi çeşitli uygulamalardan yoksundur. Düşük arazi çiftçileri için uygun teknolojilerle yapılan pirinç araştırmaları, özellikle temel mahsullerin genetik erozyonunun mevcut olduğu tarımsal biyoçeşitlilik sıcak noktalarında daha yüksek verim ve gelir elde etmede kilit bir role sahiptir (Perret, Thanawong, Basset-Mens ve Mungkung, 2013; Siddick, 2019).

Bu çalışmada çeltik bitkisine uygulanan bor (B) gübrelemesi ve damla sulama uygulamaları sonucunda bitkiden elde edilen verimler Şekil 3.12’de verilmiştir.

Bitkide verim değerleri karşılaştırıldığında artan dozlarda bor uygulamalarının bitkide verimde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. En yüksek verim 200 g/da bor uygulaması yapılan parselden alınan bitki örneklerinde elde edilmiştir. Bitkideki bor içeriğinin artan dozlarda uygulanan B gübresi ile artış göstermesine rağmen verimde meydana gelen azalma, bitkinin yüksek dozda B gübresine maruz kalması sonucunda bitkinin olumsuz etkilenmesi ile açıklanabilir.

Bitkide verim, bitkinin yetiştirildiği iklim koşullarına, toprak yapısına, beslenme durumuna, yağış ve/veya sulama imkanlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Damla sulama sistemi, özellikle kurak iklim koşullarına sahip alanlarda bitki yetiştirmek için su tasarrufu sağlayan bir sistemdir. Bu çalışmada uygulanan damla sulama sistemi, bitkinin yetişmesi için yeterli olmuştur ancak bor gübre uygulaması ile verim üzerinde olumsuz etki göstermiştir.



Şekil 3.12. Artan dozlarda bor uygulamasının bitkide verim üzerindeki etkisi

Üretim kazanımları, mevcut teknolojiler ile pirincin verim boşlukları arasında köprü kurarak elde edilebilmektedir. Araştırmalar, yağmurla beslenen pirinç üretimi için birikmiş teknoloji stoğunun verimi %30 ila %40 oranında artırabildiğini göstermektedir. Yüksek verimle ilgili kısıtlamalar iki kategoride sınıflandırılmaktadır: çiftçinin çevresi altında mahsulün potansiyelini etkileyenler ve çiftçinin verim potansiyeline ulaşma kabiliyetini ve isteğini etkileyenler. İlk kısıtlama, daha yüksek verimli çeşitlerin benimsenmesi ve iyileştirilmiş gübre ve yönetim uygulamaları ile ele alınabilir. İkinci kısıtlama, katılımcı araştırma ve ürünlerin tanıtımı ile ele alınabilir (Siddick, 2019).

Endonezya'da altı sezon boyunca yürütülen 11.000'den fazla çiftlikte karşılaştırma denemesi ile yapılan geniş ölçekli bir değerlendirme, geleneksel uygulamalarda olduğu gibi sel yerine çeltik tarlalarının alternatif olarak ıslatılması ve kurutulmasını içeren yoğunlaştırma pirinç sistemi yöntemlerini kullanırken suda yaklaşık %40 azalma ve daha düşük üretim maliyetleri ile çeltik veriminde %78'lik bir artış olduğunu bildirilmiştir (Sato ve Uphoff, 2007).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelecekte Tarım yapabilmek için önümüze çıkabilecek en önemli sorunlarından biri şüphesiz iklim değişikliği olacaktır. Kısıtlı su kaynaklarından akılcı şekilde faydalanıp yöntemlerimizi gelecek nesillere aktarmamız, dünyaya ve yeryüzündeki canlılara karşı kendimizi sorumlu hissettiğimizden bu çalışmaya yön vermiş bulunmaktayız.

Çeltik bitkisinin kısıtlı su koşullarında, uygulanan bitkinin duyarlı olduğu mikro bitki besin elementi olan bor gübrelmesi sonucunda, artan dozda bor uygulamalarının bitkinin yeşil aksamında gözle görülür bir şekilde olumlu etki yarattığı söylenebilir.

Uygulama sonucunda 600 g/da doz bor uygulamasının K elementi üzerine sinerjik etki yaratmış olup bitkideki miktarını 1,23 mg kg⁻¹ seviyesinden 1,51 mg kg⁻¹ seviyelerine yükseltmiştir. En yüksek P içeriği doz olarak 200 g/da B uygulanan parselden alınana örneklerde elde edilmiştir. En yüksek Mg içeriği (0,27 1,23 mg kg⁻¹) ve Ca içeriği (0,94 mg kg⁻¹) doz olarak 400 g/da uygulamasında elde edilmiştir. Ancak, artan dozlarda uygulanan bor gübresinin kontrol bitkisine kıyasla bitkideki makro bitki besin elementi içeriklerinde sebep olduğu bu artışlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Mikro bitki besin elementi içerikleri değerlendirildiğinde, 400 g/da B uygulaması yapılan parsellerde Fe (230,77 mg kg⁻¹) ve Zn (34,97 mg kg⁻¹) içerikleri en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Diğer mikro bitki besin elementi olan Cu ise 600 g/da B uygulamasında en yüksek değerde (9,83 mg kg⁻¹) tespit edilmiştir. Mn bitki besin elementi ise artan dozda B uygulaması ise azalış gösterse de 800 g/da doz uygulamasında Mn içeriği (136,67 mg kg⁻¹) kontrol bitkisindeki Mn içeriğine (139,05 mg kg⁻¹) yakın bir değere tekrar yükselmiştir. Bitki de tespit edilen bu makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Damla sulama yöntemi ile yetiştirilen çeltik bitkilerinde verim sonuçları değerlendirildiğinde, bitkiye uygulanan artan dozlardaki B gübresinin bitkide verimi olumsuz etkilediği görülmüştür. Artan B dozları bitkide toksik etki göstererek bitkide verimde azalmaya neden olmuştur. Ayrıca, damla sulama sistemi sebebiyle su kısıdının olmasının da bitkide verimim olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, uygulanan 200 g/da B gübrelmesinin bitkide verimi olumlu etkilediği ancak çeltik bitkisi için kritik olan B bitki besin elementinin artan dozlarının bitkide toksik etkiye neden olarak verimi düşürdüğü tespit edilmiştir.

Bu araştırmadan sonra başta bor olmak üzere diğer makro ve mikro bitki besin elementlerinin eltik hastalık ve zararlıları üzerindeki etkisi araştırılabilir.

Dünyamızda yaşamın tümü bitkilere bağlı durumdadır ve bitkiler, insanların ihtiyaç duyduğu ilaç, yağ, tekstil gibi gereksinimleri için sıklıkla kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması, besin kaynaklarımızın giderek yetersiz hale gelmesine neden olmakta ve bu durum beslenme sorununa yol açmaktadır. Tarımsal üretimi gerçekleştirmek ve artan nüfusa gıda üretmek için dünyadaki tatlı suyun büyük bir kısmına ihtiyaç duyulmaktadır. Damla sulama, tüm tarla yüzeyi sulama yerine ürün kök bölgesinde yavaş yavaş su sağlayan tarımda kullanılan en verimli ve su tasarrufu sağlayan yöntemdir. Bu sulama sistemi sayesinde su kullanımının kontrolü sağlanabilmektedir. İklim değişikliği sebebiyle de hızla tükenen su kaynakları ve yağış rejimlerindeki düzensizlik bitkileri olumsuz etkilemektedir. Bu alışma ile damla sulama sistemi uygulanarak, bitkinin bu olumsuz faktörlerden en az seviyede etkilenmesini sağlamak ve su tasarrufu yapmak amaçlanmıştır. Ayrıca eltik gübrelemede doğru miktarlarda ve koşullarda B gübre uygulamasının da bitkinin verimi üzerinde önemli etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abdioğlu, H., ve akır, B. (2021). Osmanlı Devleti'nde eltik tarımı ve muhasebe işlemleri. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 205–224.
- Adiloğlu A. ve Adiloğlu, S. (2006). Çinko (Zn) eksikliği olan topraklarda bor (B) uygulamasının mısırın büyümesi ve besin maddesi içeriğine etkisi [The effect of boron (B) application on the growth and nutrient contents of maize in zinc (Zn) deficient soils]. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(1):1-4.
- Adiloğlu, A., Bellitürk, K., Adiloğlu, S. ve Solmaz, Y. (2020). Çiftlik gübresinin avdar (*Scale cereale* L.) bitkisinin mineral beslenmesine etkisi [Effect of farmyard manure on mineral nutrition of rye (*Scale cereale* L.) plant]. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (2), 316- 320. doi: 10.18016/ksutarimdog.vi.606574.
- Aksoy, T. (2006). Silisyumun bitki ve toprakta bulunuşu, dağılımı ve insan sağlığı için önemi. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Algün, G. (2018). ZnO kaplama miktarının n-ZnO/p-Si heteroeklem güneş hücresinin verimliliğine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 13(2), 154–163. <https://doi.org/10.29233/sdufeffd.459518>
- Ali, F., Ali, A., Gul, H., Sharif, M., Sadiq, A., Ahmed, A., Ullah, A., Mahar, A. ve Kalhor, S.A. (2015). Bor toprağı uygulamasının tütün yaprağında besin maddesi etkinliğine etkisi [Effect of boron soil application on nutrients efficiency in tobacco leaf]. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1391-1400.
- Ali, R., Ali, A., Ali, S., Shahzad, H., Latif, N., Khan, M. A., Waheed, M., Khan, A., ve Ali, M. (2020). Asitli topraklara silisyum ve Mg gübre uygulamasının eltik verimine etkisi [Effect of silicon and Mg fertilizer application to acidic soil on paddy yield]. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33(1), 1–5. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.1.42.46>
- Alpaslan, M.Ş., Taban, S., Inal, A., Kütük, A.C., & Erdal, I. (1996). Besin özeltilisinde Yetiştirilen Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkisinde Bor-Azot İlişkisi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 2, 215-219.
- Anamika, S., Hemlata, N. ve Rathore, A.L. (2014). Damla sulama yoluyla sulama planlamasının yaz pirincinin (*Oryza Sativa* L.) üretkenliği, su verimliliği ve ekonomisi üzerindeki tepkisi [Response of irrigation scheduling through drip irrigation on productivity, water productivity and economics of summer rice (*Oryza sativa* L.)]. In: *Proceedings of National symposium on Agricultural diversification for sustainable livelihood and environment security*. November 18-20, Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Anonim (2009). Çeltikte (*Oryza sativa* L.) damla sulama araştırmaları sonuç raporu (Proje No: TAGEM/TA/07/07/04/001), T.C T.K.B, TAGEM, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne, p.289-349.
- Anonim, (2014). Dünya eltik üretim, ekim ve verim değerleri. <http://faostat3.fao.org/home/E-> (Erişim tarihi: 30.02.2022).

- Anonim, (2015). Türkiye çeltik üretim değerleri. <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/istatistikler/tablolari/6celtikeuva.pdf> (Erişim Tarihi: 10.06.2021).
- Anonim. (2021). Çeltik. Erişim adresi: <https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/TarlaBitkileri/celtik.pdf>
- Anusha, S., Nagaraju, B.S., Sheshadri, T., Channabasavegowda, R., Shankar, A. ve Mallikarjuna, G. (2015). Fertigasyon aralıkları ve gübre kombinasyonlarının doğrudan tohumlu damla sulamalı aerobik pirinç büyümesi ve verimi üzerine etkisi [Influence of fertigation intervals and fertilizer combinations on growth and yield of direct seeded drip irrigated aerobic rice]. *I.J.S.N.*, 9(1&2): 299-303.
- Aref, F. (2011). Çinko ve bor beslemesinin mısır yaprağındaki bakır, manganez ve demir konsantrasyonuna etkisi [Influence of zinc and boron nutrition on copper, manganese and iron concentration in the maize leaf]. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(7): 52-62.
- Atique-ur-Rehman, Farooq, M., Rashid, A., Nadeem, F., Stuerz, S., Asch, F., Bell, R. W., ve Siddique, K. H. M. (2018). Farklı üretim sistemlerinde pirincin bor beslenmesi [Boron nutrition of rice in different production systems]. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(3). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0504-8>
- Barman, M., Shukla, L. M., Datta, S. P., ve Rattan, R. K. (2014). Uygulanan kireç ve borun asitli bir toprakta besin maddelerinin bulunabilirliği üzerindeki etkisi [Effect of applied lime and boron on the availability of nutrients in an acid soil]. *Journal of Plant Nutrition*, 37(3), 357–373. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.859698>
- Bouyoucos, G.J.(1955). Toprakların mekanik analizini yapmak için hidrometre yönteminin yeniden kalibrasyonu [A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils], *Agronomy Journal*, 4(9):434.
- Bubarai, M. L., Tahir, A. M., ve Solomon, R. I. (2017). Mikro besinler borun bitkilerin büyüme ve gelişmesine etkisi ve bulunabilirliği etkileyen faktörler : derleme [The micronutrients boron its influence on growth and development of plants and factors affecting availability : A review]. 10(12), 10–13. <https://doi.org/10.9790/2380-1012011013>
- Cordero-Lara, K. I. (2020). Ilman Japonica pirinci (*Oryza sativa* L.) ıslahı: tarih, şimdiki ve gelecekteki zorluklar [Temperate Japonica rice (*Oryza sativa* L.) breeding: history, present and future challenges]. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(2), 303–314. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000200303>
- Çamoğlu, G. , Demirel, K. ve Nar, H. (2018). Çeltikte damla sulama ile su tutma bariyerinin kullanımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* , 6 (2) , 73-82 . doi: 10.33202/comuagri.476982.
- Das, S.K. (2014). Pirinç ekiminde mikrobislerin rolü ve organik tarımda yönetim stratejisi - yeniden değerlendirme [Role of micronutrient in rice cultivation and management strategy in organic agriculture- a reappraisal]. *Agricultural Sciences*, 5: 765-769.
- De la Fuente García-Soto, M.M. ve Camacho, E.M. (2006). Magnezyum oksit ile adsorpsiyon yoluyla bor giderimi [Boron removal by means of adsorption with magnesium oxide]. *Separation and Purification Technology*, 48: 36–44

- Dengiz, O., ve Özyazıcı, M. A. (2018). Çeltik tarımına uygun alanların belirlenmesinde çok kriterli arazi değerlendirme. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 19–28.
- Dönmez, D. (2007). “Pirinç”, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü – Bakış, Sayı: 9, Nüsha: 4, Haziran 2007, Ankara.
- Dunna, V., ve Roy, B. (2013). Pirinç (*Oryza sativa* L.) [Rice (*Oryza sativa* L.)]. In Bidhan Roy (Ed.), *Breeding, Biotechnology and Seed Production of Field Crops* (Issue December, pp. 71–122). New India Publishing Agency. https://www.researchgate.net/publication/281152980_Rice_Oryza_sativa_L.
- El-Sayed, E.-S. E. A., Taha, A. E., El-Sharnouby, M., Sayed, S. M., ve Elrys, A. S. (2022). Çinko-biyokimyasal birlikte gübrelemenin, pirinç performansını iyileştirmesi ve yarı kurak çevre koşullarında besin fazlasını azaltması [Zinc-biochemical co-fertilization improves rice performance and reduces nutrient surplus under semi-arid environmental conditions]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(3), 1653–1667. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.066>
- FAO. (1990). Mikrobesein, değerlendirme ve ülke düzeyi: Uluslararası bir çalışma [Micronutrient, assesment and the country level: An International study]. FAO Soils Bulletin 63, Rome, Italy
- FAO. (2006). Gıda güvenliği için bitki besleme [Plant nutrition for food security]. In FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin. In R. N. Roy, A. Finck, G. J. Blair, H. L. S. Tandon (Eds.), Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>
- FAOSTAT, (2018). Dünya çeltik üretim, ekim ve verim değerleri. Erişim adresi: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
- Fukagawa, N. K., ve Ziska, L. H. (2019). Pirinç: küresel beslenme için önemi [Rice: importance for global nutrition]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 65, S2–S3, <https://doi.org/10.3177/jnsv.65.S2>
- Garg, K., Dhar, S. ve Jinger, D. (2020). Pirinçte silikon beslenmesi (*Oryza sativa* L.)- bir inceleme [Silicon nutrition in rice (*Oryza sativa* L.)- a review]. *Annual Agriculture Research New Series*. 41(3): 221-229.
- Garipoğlu, N. ve Duman, E. (2018). Çatalca İlçesi'nin arazi kullanımında meydana gelen değişimler (1987-2016)61. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 37, 219-232.
- Geçit, H. H. (2009). Sıcak iklim tahılları: Tarla bitkileri, Editör: Emeklier, H. Y., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, s: 195-256.
- Güneş, A., Kumar, R., Pek, T., Yüksel, M., ve Kabay, N. (2017). Yapay sulak alanlarda atık su rehabilitasyonunda kullanılan *Salvinia natans* ve *Lemna minor* bitki türlerinin su kalitesine olan etkileri [The water quality effects of *Salvinia natans* and *Lemna minor* plant which used for rehabilitation of wastewater on the water quality]. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(50), 79–86. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2017.65376>
- Govidan, R., ve Grace, M. (2012). Damla fertigasyonun pirinç çeşitlerinin büyüme ve verimine etkisi (*Oryza sativa* L.) [Influence of drip fertigation on growth and yield of rice varieties (*Oryza sativa* L.)]. *Madras Agric. J.*, 99 (4-6), 244-247.

- Granssee, A., ve Führs, H. (2013). Olumsuz büyüme koşullarında toprak ve bitki analizi, magnezyum gübreleme ve kök alımı için bir zorluk olarak topraklarda magnezyum hareketliliği [Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions]. *Plant and Soil*, 368: 5–21.
- Gururaj, K (2013). Aerobik pirinçte damla fertigasyon yoluyla su ve besin ihtiyacı optimizasyonu [Optimization of water and nutrient requirement through drip fertigation in aerobic rice] (Doktora Tezi), University of Agricultural Sciences.
- Gutaker, R. M., Groen, S. C., Bellis, E. S., Choi, J. Y., Pires, I. S., Bocinsky, R. K., Slayton, E. R., Wilkins, O., Castillo, C. C., Negrão, S., Oliveira, M. M., Fuller, D. Q., Guedes, J. A. d'Alpoi., Lasky, J. R., ve Purugganan, M. D. (2020). Pirincin coğrafi yayılımının genomik tarihi ve ekolojisi [Genomic history and ecology of the geographic spread of rice]. *Nature Plants*, 6(5), 492–502, <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0659-6>
- Gül, U. 2003. Çeltik. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Ankara, sayı 3, nüsha 15.
- Güneş, A., Kumar, R., Pek, T., Yüksel, M., ve Kabay, N. (2017). Yapay sulak alanlarda atık su rehabilitasyonunda kullanılan *Salvinia natans* ve *Lemna minor* bitki türlerinin su kalitesine olan etkileri [The water quality effects of *Salvinia natans* and *Lemna minor* plant which used for rehabilitation of wastewater on the water quality]. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(50), 79–86. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2017.65376>
- Hanifuzzaman, M., Uddin, F. M. J., Mostofa, M. G., Sarkar, S. K., Paul, S. K., ve Rashid, M. H. (2022). Çinko ve bor yönetiminin aus pirincinin (*Oryza sativa*) verim ve verime katkıda bulunan karakterleri üzerine etkisi [Effect of zinc and boron management on yield and yield contributing characters of aus rice (*Oryza sativa*)]. *Research on Crops*, 23(1). <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2022.001>
- Hussain, M., Khan, M. A., Khan, M. B., Farooq, M., ve Farooq, S. (2012). Bor uygulaması pirincin büyümesini, verimini ve net ekonomik getirisini iyileştirir [Boron application improves growth, yield and net economic return of rice]. *Rice Science*, 19(3), 259–262. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(12\)60049-3](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(12)60049-3)
- Hyder, S. I., Arshadullah, M., Ali, A., ve Mahmood, I. A. (2012). Tuzlu-sodik topraklar altında bor beslemesinin çeltik verimine etkisi [Effect of boron nutrition on paddy yield under saline-sodic soils]. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 25(4), 266–271. <http://www.pjar.org.pk/>
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı. (2020). Çatalca İlçesi Kabakça Mahallesi 1/5.000 Ölçekli Nazım İmar Planı, Plan Açıklama Raporu. Erişim adresi: https://sehirplanlama.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2021/04/kabakca_plan_raporu.pdf.
- Jadhav, K. K., Kashid, N. V., Shende, S. M., ve Lolamwad, N. S. (2022). Ekim yöntemlerinin çeltikte büyüme özellikleri ve verimine etkileri (*Oryza sativa* L.) [Effects of planting methods on growth attributes and yield of paddy (*Oryza sativa* L.)]. *The Pharma Innovation Journal*, 11(1), 413–417.
- Jones, J.B. Benjamin, Jr..W. ve Mills, H.A. (1991). Bitki analizi el kitabı. makro-mikro [Plant analysis handbook. micro-macro]. Publishing Inc. USA., p.1-213.

- Kacar, B. ve İnal, A. (2010). *Bitki Analizleri* (2. Baskı), Nobel Yayınları No: 1241.
- Karaman, M.R., Adiloğlu, A., Brohi, R., Güneş, A., İnal, A., Kaplan, M., Katkat, V., Korkmaz, A., Okur, N., Ortaş, İ., Saltalı, K., Taban, S., Turan, M., Tüfenkçi, Ş., Eraslan ve F., Zengin, M., (2012). *Bitki Besleme*. Dumat Ofset, Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., 1080 s, Ankara
- Kaya, E.C., Akça, H., Taskin, M.B. ve Moustapah, M. (2019). Biyokömür ve fosfor uygulamalarının mısır ve çeltik bitkilerinin gelişimi ve mineral element konsantrasyonlarına etkileri. *Toprak Su Dergisi*. 8 (1): 46-54.
- Kumar, V., Gurusamy, A., Mahendran, P.P. ve Mahendran. A., (2011). Damla gübreleme sistemi altında hibrit pirinçte verim maksimizasyonu için su ve besin maddesi ihtiyacının optimizasyonu [Optimization of water and nutrient requirement for yield maximization in hybrid rice under drip fertigation system]. *8th International Micro Irrigation Congress*. Tehran, Iran p. 191.
- Kruzhilin, I.P., Doubenok, N.N., Ganiev, M.A., Abdou, N.M., Melikhov, V.V., Bolotin, A.G. ve Rodin, K.A. (2015). Damla sulamalı aerobik pirinç yetiştiriciliğinde su tasarruf teknolojisi [Water-saving technology of drip irrigated aerobic rice cultivation]. (3), 47-56.
- Laik, R., Singh, S. K., Pamanick, B., Kumari, V., Nath, D., Dessoky, E. S., Attia, A. O., Hassan, M. M., ve Hossain, A. (2021a). Yeni bor gübreleme yöntemi, yüksek arazilerdeki kalkerli topraklar altında pirinç (*Oryza sativa* L.) – Hardal (*Brassica juncea* L.) yetiştirme sisteminin sistem verimliliğini iyileştirebilir mi? [Can the new boron-fertilization method improve the system productivity of rice (*Oryza sativa* L.)- mustard (*Brassica juncea* L.) Cropping System Under Upland Calcareous Soils?]. *Research Square*, 1–19.
- Latha, A., ve V Pillai, A. (2021). Kole Lands, Kerala, Hindistan'da pirincin (*Oryza Sativa* L.) verimliliği ve besin durumu üzerine boron [Boron on productivity and nutrient status of rice (*Oryza Sativa* L.) In Kole Lands, Kerala, India] *Plant Archives*, 21(1). <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.no1.103>
- Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., ve Song, A. (2015). Silisyumun mahsul büyüme, verim ve kalite üzerindeki etkisi [Effect of Silicon on Crop Growth, Yield and Quality]. *In Silicon in Agriculture* (pp. 209–223). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2_11
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. A. (1978). Çinko, Demir, Manganez ve Bakır için DTPA Toprak Testinin Geliştirilmesi. [Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper]. *Soil science society of america journal*, 42(3), 421. doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x.
- Mahendra Kumar, M. B., Subbarayappa, C. T., ve Ramamurthy, V. (2017). Kademeli çinko ve bor seviyelerinin çeltik altındaki toprakların büyüme, verim ve kimyasal özelliklerine etkisi [Effect of graded levels of zinc and boron on growth, yield and chemical properties of soils under paddy]. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), 1185–1196. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.143>
- MahmoudSoltani, S., ve Abbasian, A. (2021). Pirinç kabuğu biyokömürü ve çinko sülfat gübresinin eşzamanlı uygulamasının pirinç (*Oryza sativa* L.) [Simultaneous haşimi çeşitinin verim, verim bileşenleri ve bazı toprak kimyasal özellikleri üzerine etkisi application effect of rice husk biochare and zinc sulfate fertilizer on yield, yield components of rice (*Oryza*

- sativa* L.) hashemi cultivar and some soil chemical properties]. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(3), 707-719. doi: 10.22059/ijswr.2021.315776.668843
- Modinat, A.A., Liu, Z., Eli, V., Zhou, L., Kong, D., Qin, J., Ma, R., Yu, X., Liu, G., ve Luo, L. (2014). Damla sulama yoluyla su tasarrufu ve kuraklığa dayanıklı pirinç yetiştiriciliğinde tarımsal ve ekolojik değerlendirme [Agronomic and ecological evaluation on growing water saving and drought resistant rice through drip irrigation]. *J. Agric. Sci.*, 6 (5): 110-119.
- Nadeem, F. ve Farooq, M. (2019). Güney Asya'nın pirinç-buğday yetiştirme sisteminde mikro besinlerin uygulanması [Application of micronutrients in rice-wheat cropping system of South Asia]. *Science Direct*. 26 (6): 356-371.
- Nagula, S., Joseph, B., Gladis, R., ve Ramana, P. V. (2015). Silisyum ve bor gübrelemesinin verim ve besin alımı üzerine etkisi pirinç ekonomisi [Effect of Silicon and Boron Fertilization on Yield , Nutrient Uptake and Economics of Rice]. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 6(3), 554–556.
- Nayyar, V. K.; Arora, C. L.; Katak, P. K. (2001). Pirinç-Buğday Yetiştirme Sisteminde Toprak Mikro Besin Eksikliklerinin Yönetimi [Management of Soil Micronutrient Deficiencies in the Rice-Wheat Cropping System]. *Journal of Crop Production*, 4(1), 87–131. doi:10.1300/j144v04n01_03
- Okur, T. (2013). Marmara Bölgesi özelinde tarım kooperatifçiliğinin değerlendirilmesi ve geleceği. (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı. Bursa.
- Olsen S.R. ve Sommers L.E. (1982). Toprak analiz yöntemleri. [Methods of soil analysis.]. *Part II. Chemical and microbiological properties*. Editors: Page, A.L., R.H. Miller, D.R. Keeney. Agronomy. No: 9 Madison, Wisconsin, USA.
- Pécharman A.-F., Hill M.S., ve Mahon M.F. (2018). Diborane heterolizi: magnezyumda B-B bağlarını kırma ve yapma [Diborane heterolysis: breaking and making B-B bonds at magnesium]. *Dalton Transactions*, 47: 7300–7305.
- Patil, Y. J., Patil, H. M., Bodake, P. S., Lende, N. S., ve Patil, V. S. (2017). Toprakta bor uygulamasının ova çeltiklerinin büyüme, verim ve toprak özelliklerine etkisi [Effect of soil application of boron on growth , yield and soil properties of lowland paddy]. *International Journal of Chemical Studies*, 5(5), 972–975.
- Prakash, V., Rai, P., Sharma, N. C., Singh, V. P., Tripathi, D. K., Sharma, S., ve Sahi, S. (2022). Çinko oksit nanoparçacıklarının gübre olarak uygulanmasının pirinç bitkisinde büyümeyi hızlandırması ve oksidatif stresin düzenlenmesinde rol oynayan genleri düzenleyerek krom stresini hafifletmesi. [Application of zinc oxide nanoparticles as fertilizer boosts growth in rice plant and alleviates chromium stress by regulating genes involved in regulating oxidative stress]. *Chemosphere*, 134554. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134554>
- Perret, S.R., Thanawong, K., Basset-Mens, C. ve Mungkung, R. (2013) Ova çeltik pirinçinin çevresel etkileri: Tayland'da yağmurla beslenen ve sulanan pirinç arasında bir vaka çalışması karşılaştırması [The environmental impacts of lowland paddy rice: A case study comparison between rainfed and irrigated rice in Thailand]. *Cahiers Agricultures*, 22, 369-377.

- Prashanth, K. M., Chidanandappa, H. M., Ravikumar, D., Shetty, Y. V., Parashuram, V. C., ve Naik, B. (2018). Karnataka, Bhadra komutanlığında farklı düzeylerde boraks uygulamasının pirinç (*Oryza sativa* L.) büyümesi ve verimi üzerine etkisi [Effect of different levels of borax application on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) at Bhadra Command, Karnataka]. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 3028–3031.
- Rajwade, Y.A., Swain, D.K. ve Tiwari, K.N. (2014). Hindistan'da iklim değişkenliği altında ıslak sezon pirinç üretimi için yeraltı damla sulama [Subsurface drip irrigation for wet season rice production under climate variability in India]. In *31st Conference on Agricultural and Forest Meteorology/2nd Conference on Atmospheric Biogeosciences*.
- Ramadass, S. ve Ramanathan, S.P. (2017). Hindistan, Tamil Nadu batı bölgesinde damla fertigasyon düzeylerinin aerobik pirincin fizyolojik parametreleri üzerindeki etkisi [Influence of drip fertigation levels on physiological parameters of aerobic rice in western zone of Tamil Nadu, India]. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(4), 2609-2613.
- Ramulu, V., Rao, V.P., Devi, M.U., Kumar, K.A. ve Radhika, K. (2016). Aerobik pirinçte damla sulama ve fertigasyon düzeylerinin daha yüksek su verimliliği için değerlendirilmesi [Evaluation of drip irrigation and fertigation levels in aerobic rice for higher water productivity].
- Rehim. A., Bashir, M.A., Imran, M. ve Naveed, S. (2018). Mısır mahsulünde verim ve beslenme özelliklerini artırmak için potasyum ve borlu gübreleme yaklaşımları [Potassium and boron fertilization approaches to increase yield and nutritional attributes in maize crop]. *Science, Technology and Development*, 37 (2): 69-77.
- Rengel, Z. (2015). Rizosferde Mn, Zn ve Fe'nin mevcudiyeti [Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere]. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15 (2), 397-409.
- Riaz, A., ve Muhammed, I. (2011). Pakistan'da bor uygulama süresinin buğday, pirinç ve pamuk mahsullerinin verimine etkisi [Effect of boron application time on yield of wheat, rice and cotton crop in Pakistan]. *Soil Environment*, 30(1), 50–57.
- Sağlam, M. T. (2012). *Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri*. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- Sakaroğlu, E. (2012). Çeltikte (*Oryza sativa* L.) farklı ekim sıklıklarının kardeşlenme kapasitesi ile verim kalite unsurlarına etkisi. (Yüksek Lisans), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Sato, S., Uphoff, N. (2007): Doğu Endonezya'da pirinç yoğunlaştırma yöntemleri sisteminin çiftlikte değerlendirmesinin bir incelemesi [A review of on-farm evaluation of system of rice intensification methods in eastern Indonesia]. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 2: 12.
- Sh. Shebl, K. A., Nawar, A. I., M. Ibrahim, H. E., ve Abd El- Salam, A. E. S. A. (2021). Ekim tarihi, tepe aralığı ve çinko gübre seviyesinden etkilenen pirinç çeşitleri Sakha 106'nın tane verimi ve bileşenleri [Grain yield and its components of rice cultivar Sakha 106 as affected by sowing date, hill spacing and zinc fertilizer level]. *Alexandria Science Exchange Journal*, 42(2), 249–261. <https://doi.org/10.21608/asejaiqsae.2021.164808>

- Sharma, H., Sharma, A., Yashvika, Sidhu, S., ve Upadhyay, S. K. (2022). Bitkilerde bor taşımacılığına bir bakış [A glimpse of boron transport in plants]. *In Cation Transporters in Plants* (pp. 281–306). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85790-1.00017-8>
- Siddick, S.A. (2019). Hindistan'daki agro-biyçeşitlilik sıcak noktalarının yağışla beslenen düşük topraklarında çeltik yetiştiren küçük sahiplerin verim ve gelirlerini artırmak için uygun teknolojiler [Appropriate technologies for improving yield and income of small holders growing rice paddy in rainfed low lands of agro-biodiversity hotspots in India.] *Agricultural Sciences*, 10(11).
- Sofi, K. A., Gulzar, A., Islam, T., Gulzar, R., Jan, I., ve Dar, A. A. (2021). Bor beslenmesinin keşmir vadisinin ılıman koşullarında yetiştirilen pirincin büyümesi ve verimi üzerine tepkisi [Response of boron nutrition on growth and yield of rice grown under temperate conditions of Kashmir Valley]. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 7(1).
- Susanto, U., Gunarsih, C. ve Rohaeni, W. R. (2021). Genetik ve zn gübre uygulamasının pirinç verimi ve tane çinko içeriği üzerindeki etkileşimi [Interaction of Genetic and Zn Fertilizer application on rice yield and grain zinc content]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 715, 012043.
- Sürek, H. (2002). *Çeltik Tarımı Kitabı*, Hasad Yayıncılık. İstanbul.
- Sürek, H. (2015). Çeltik ürün raporu. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Edirne.
- Şehirali, S., Özgen, M., Karagöz, A., Sürek, M., Adak, S., Güvenç, İ., Tan, A., Burak, M., Kaymak, H.Ç. ve Kenar, D. (2005). Bitki genetik kaynaklarının korunma ve kullanımı. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, Ankara, Cilt I., S: 253-274.
- Taşlıgil, N., ve Şahin, G. (2011). Türkiye’de çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliği ve coğrafi dağılımı. *Adiyaman University Journal of Social Sciences*, 6, 182–182. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.105>
- Tamai, K. ve Ma, J.F. (2003). Pirinç kökleri tarafından silikon alımının karakterizasyonu [Characterization of Silicon Uptake By Rice Roots]. 158(3), 431-436. doi: 10.1046/j.1469-8137.2003.00773.x.
- Temür, G. (2016). Bazı çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinde silisyumun verim, verim öğeleri ve kaliteye etkilerinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi.
- Türkan, Y. (2006). Buğdayda bor toksisitesi ile fosfor arasındaki etkileşimin büyüme ve çözünür karbonhidratlar ile ilişkisinin incelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- TOVEP (1991). Türkiye toprakları verimlilik envanteri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tripathi, D.K., Singh, S., Singh, S., Mishra, S., Chauhan, D. K. ve Dubey, N. K. (2015). Tarımsal Ürünlerde Mikro Besinler ve Çeşitli Roller: Gelişmeler ve Gelecek Beklentisi [Micronutrients and Their Diverse Role in Agricultural Crops: Advances and Future Prospective]. *Acta Physiol Plant*, 37, p.139

- TÜİK (2022). Bitkisel üretim istatistikleri veri tabanı. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). Tarım Ürünleri Piyasaları – Çeltik.
- Wang, Y. ve Li, J. (2005). Pirincin bitki yapısı (*Oryza sativa*) [The plant architecture of rice (*Oryza sativa*)]. *Plant Molecular Biology*, 59:75-84. doi: 10.1007/s11103-004-4038-x.
- Winslow, M. D. (1992). Yayla kültürel koşullarında silisyum, hastalık direnci ve pirinç genotiplerinin verimi [Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions]. *Crop Science*, 32(5), 1208–1213. <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200050030x>
- Yadav, M., ve Rajpoot, H. C. (2021). Tarım teknik reformu ve damla sulama suyu koruma tedbirinin gözden geçirilmesi [Review on technical reform of agriculture and drip irrigation water conservation measure]. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 6(12), 698–702.
- Yılmaz, N., ve Sonkaya, M. C. (2018). Çinko uygulamasının çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinde bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 35–40. <https://doi.org/10.29278/azd.440613>
- Zheng, R. L., ve Sun, G. X. (1997). Pirinç fidelerinde bor beslemesinin arsenik alımı ve çıkışı üzerine etkileri [Effects of boron nutrition on arsenic uptake and efflux by rice seedlings]. *In: B. ve N. Zhu, Guo, Bhattacharya, Ahmad (Ed.), Environmental Arsenic in a Changing World* (1st Edition, p. 3). Taylor & Francis.
- Zhu, C. Q., Cao, X. C., Zhu, L. F., Hu, W. J., Hu, A. Y., Abliz, B., Bai, Z. G., Huang, J., Liang, Q. D., Sajid, H., Li, Y. F., Wang, L. P., Jin, Q. Y., ve Zhang, J. H. (2019). Borun, H₂O₂ birikimini azaltarak pirinç (*Oryza sativa*) köklerinde hücre duvarı alüminyum içeriğini azaltması [Boron reduces cell wall aluminum content in rice (*Oryza sativa*) roots by decreasing H₂O₂ accumulation]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 138, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.02.022>
- Zoz, T., Steiner, F., Seidel, E. P., Castagnara, D. D. ve Souza, G. E. (2016). Yapraktan kalsiyum ve bor uygulamasının buğdayın başak verimini ve verimini artırması [Foliar application of calcium and boron improves the spike fertility and yield of wheat]. *Bioscience Journal*. 32 (4): 873-880.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER

A. Uluslararası Hakemli Makaleler

B. Uluslararası Makaleler

C. Ulusal Hakemli Makaleler

D. Ulusal Makaleler

E. Uluslararası Konferans Bildirileri

F. Ulusal Konferans Bildirileri

G. Projeler

H. Ödüller