



**FARKLI DOZLARDA ÇİNKO UYGULAMASININ DAMLA SULAMA İLE  
YETİŞTİRİLEN ÇELTİK (*ORYZASATİVA* L.) BİTKİSİNİN BESLENMESİ VE  
VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**MERT AL**

**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



FARKLI DOZLARDA ÇİNKO UYGULAMASININ DAMLA SULAMA İLE  
YETİŞTİRİLEN ÇELTİK (*ORYZASATIVA* L.) BİTKİSİNİN BESLENMESİ VE  
VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

MERT AL

ORCID: 0000-0002-9208-3813

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

MAYIS-2022

Her hakkı saklıdır.

## ÖZET

# FARKLI DOZLARDA ÇİNKO UYGULAMASININ DAMLA SULAMA İLE YETİŞTİRİLEN ÇELTİK (*ORYZA SATIVA* L.) BİTKİSİNİN BESLENMESİ VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Mert AL

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Sevinç ADİLOĞLU

Günümüz koşullarında yapılan tarımsal faaliyetlerin önünde birçok engeller bulunmaktadır. Bunlardan biri de son zamanlardaki iklim değişikliğinin sonucu olarak tarımsal ürünlerden birim alandan alınan verimin ciddi anlamda zarar görmesidir. Bu durumla mücadele etmekteğin ülkemizde katma değeri yüksek olan çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliğinde, bitkinin duyarlı olduğu mikro bitki besin elementlerden biri olan çinko (Zn) bitki besin elementinin artan dozlardaki gübre uygulamaları ile uygulanması sonucunda bitkinin beslenmesi ve bitkideki verim artışı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, damla sulama yöntemi kullanılarak minimum su koşullarında, en az tava koşullarında yetiştirilen çeltik verimi kadar üretim yapılması planlanmıştır. Deneme İstanbul İli Çatalca İlçe'si tarım alanlarında tarla koşullarında çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisi kullanılarak, 1 bitki x 4 tekrür x 5 farklı doz (0-20-40-60-80 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> .7H<sub>2</sub>O) uygulanan parseller "Tesadüf Blokları Deneme Deseni"ne göre yürütülmüştür. Çalışma sonucunda, uygulanan en yüksek çinko içeriği 60 mg/kg çinko dozu verilen çeltik parsellerindeki bitkilerde 301,15 mg/kg olarak belirlenmiştir. İstatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olan bu sonuç bitkinin beslenmesi açısından ve diğer elementlerle interaksiyonu açısından en etkin değer olarak ortaya konulmuştur. İklim değişikliği ve kısıtlı su kullanım koşullarında çeltik bitkisinin kalite ve bitki besin elementleri açısından çinko gübrelemesinin önemi bu tez çalışması ile ortaya konulmuştur. Bu araştırma ile ülkemiz topraklarında ciddi boyutlara ulaşan çinko eksikliği ve stratejik bir bitki olan çeltik ile su kaynaklarının tasarrufu hususunda, katkı sağlanarak bu konulardaki sorunlara çözümüne destek verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çinko, Çeltik, Damla Sulama, Bitki Besin Elementleri, Verim

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF INCREASNG DOSES OF ZINC APPLICATION ON THE NUTRITIONAND YIELD OF PADDY (*ORYZASATIVA* L.) PLANTEDBY DRIP IRRIGATION UNDER FIELD CONDITIONS

Mert AL

Department of Soil Science and Plant Nutrition

MSc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sevinç ADİLOĞLU

There are many obstacles in front of agricultural activities in today's conditions. One of them is the serious damage to the yield of agricultural products per unit area as a result of recent climate change. In order to combat this situation in rice (*Oryza sativa* L.) cultivation which has high added value in our country, the effect of one of the micro plant nutrients zinc (Zn) that the plant is sensitive to, on the nutrition of the plant and the increase in yield in the plant as a result of the application of the plant nutrient with increasing doses of fertilizers has been researched. In addition, it is planned to produce at maximum the yield of paddy grown in check flooding conditions using the drip irrigation method under minimum water use conditions. Trial plots applied with 1 plant x 4 replications x 5 different doses (0-20-40-60-80 mg/kg ZnSO<sub>4</sub> 7.H<sub>2</sub>O) by using paddy (*Oryza sativa* L.) plant under field conditions in the agricultural areas of Çatalca District of Istanbul Province. It was carried out according to the "Randomized Blocks Design". As a result of the study, the highest applied zinc content was determined as 301,15 mg/kg in the plants in the paddy parcels given 60 mg/kg zinc dose. This result, which is statistically significant at the 5% level, has been revealed as the most effective value in terms of plant nutrition and interaction with other elements. The importance of zinc fertilization in terms of quality and plant nutrients of rice plant in climate change and limited water usage conditions has been revealed with this thesis. With this research, the zinc deficiency in our country's soils reached serious levels, and paddy, which is a strategic plant, and water resources were contributed to the solution of these problems.

**Keywords:** Zinc, Paddy, Drip Irrigation, Plant Nutrients, Yield

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
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.....	18
1.1.2.1 İklim isteği.....	18
1.1.2.2 Toprak isteği .....	18
1.1.2.3 Toprak hazırlığı ve ekim işlemleri.....	18
1.1.2.4 Sulama ve gübreleme .....	18
1.1.3 Çeltik bitkisinde damla sulama yöntemi uygulamaları.....	20
1.1.4 Çeltikte azot, fosfor ve potasyum makro bitki besin elementleri .....	22
1.1.5 Çeltik ve çinko bitki besin elementi.....	29
1.2 Çalışmanın amacı ve kapsamı .....	35
<b>2. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>37</b>
2.1 Materyal .....	37
2.1.1 Deneme alanı bilgileri (Çatalca Bölgesi) .....	38
2.1.2 Deneme alanı toprak özellikleri .....	39
2.1.3 Denemede kullanılan bitki çeşidinin özellikleri .....	40
2.1.4 Denemede kullanılan gübre.....	41
2.2 Metod.....	41
2.2.1 Araştırmanın yürütülmesi .....	41
2.2.2 Bitki analizleri .....	42
2.2.3 Toprak analizleri .....	43
2.2.3.1pH analizi .....	43
2.2.3.2EC analizi.....	43

2.2.3.3Kireç analizi.....	43
2.2.3.4Organik madde analizi.....	43
2.2.3.5Tekstür analizi.....	43
2.2.3.6Fosfor tayini .....	43
2.2.3.7Makro element analizi (K, Mg, Ca) .....	44
2.2.3.8Mikro element analizi (Fe, Mn, Cu).....	44
2.2.3.9Zn bitki besin elementinin analizi .....	44
2.2.4 Deney sonuçlarının istatistiksel analizi.....	44
<b>3. ARAŞTIRMA BİLGİLERİ VE TARTIŞMA.....</b>	<b>45</b>
3.1 Deneme alanı toprak analiz sonuçları .....	45
3.2 Çeltik bitkisinde bitki analiz sonuçları .....	46
3.2.1 Çeltik bitkisinde çinko gübrelemesinin değerlendirilmesi.....	46
3.2.2 Çeltik bitkisinde bazı makro bitki besin elementleri .....	48
3.2.2.1Azot.....	49
3.2.2.2Fosfor .....	50
3.2.2.3Potasyum .....	51
3.2.2.4Kalsiyum.....	52
3.2.2.5Magnezyum .....	53
3.2.3 Çeltik bitkisinde bazı mikro bitki besin elementleri.....	54
3.2.3.1Demir .....	55
3.2.3.2Bakır .....	56
3.2.3.3Mangan .....	58
3.2.4Çeltikte verim .....	59
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER .....</b>	<b>75</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’de çeltik üretiminin bölgelere göre dağılımı .....	7
Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	39
Çizelge 3.1. Toprakta makro bitki besin elementi içerikleri .....	45
Çizelge 3.2. Toprakta mikro bitki besin elementi içerikleri .....	45
Çizelge 3.3. Çeltik bitkisinde Zn bitki besin elementi içerikleri .....	46
Çizelge 3.4. Çeltik bitkisinde makro bitki besin elementi içerikleri .....	49
Çizelge 3.5. Çeltik bitkisinde mikro bitki besin elementi içerikleri .....	55



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çeltik ekimi yapılan önemli ülkeler .....	4
Şekil 1.2. Çeltik üretiminin yapıldığı önemli ülkeler .....	5
Şekil 1.3. Türkiye’de 2017-2021 yılları arasında çeltik bitkisine ait veriler.....	6
Şekil 1.4. Balıkesir iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	8
Şekil 1.5. Bursailine ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	8
Şekil 1.6. Edirneiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	9
Şekil 1.7. Kırklareliiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	10
Şekil 1.8. Tekirdağiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	10
Şekil 1.9. Çanakkaleiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri.....	11
Şekil 1.10. İstanbuliline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri.....	12
Şekil 1.11. Düzceiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri.....	12
Şekil 1.12. Kastamonuiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri.....	13
Şekil 1.13. Samsuniline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	14
Şekil 1.14. Sinopiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	14
Şekil 1.15. Çorumiline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri.....	15
Şekil 1.16. Diyarbakıriline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	16
Şekil 1.17. Şanlıurfailine ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri .....	17
Şekil 1.18. Çankırılıne ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri.....	17
Şekil 1.19. Çeltik bitkisinde gübreleme işlemi.....	19
Şekil 2.1. Deneme planı.....	37
Şekil 2.2. Araştırma alanının konumu .....	38
Şekil 2.3. Damla sulama sisteminin kurulumu ve araştırma alanının parsellere ayrılması .....	41
Şekil 2.4. Kçeldahl tüplerine konulan numunelere yaş yakma işleminin uygulanması.....	42
Şekil 3.1. Farklı dozlarda çinko gübrelemesi yapılan parsellerden alınan çeltik örnekleri.....	47
Şekil 3.2. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki çinko içeriğine etkisi.....	48
Şekil 3.3. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki azot içeriğine etkisi .....	50



Şekil 3.4. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki fosfor içeriğine etkisi .....	51
Şekil 3.5. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki potasyum içeriğine etkisi .....	52
Şekil 3.6. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki kalsiyum içeriğine etkisi .....	53
Şekil 3.7. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki magnezyum içeriğine etkisi .....	54
Şekil 3.8. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki demir içeriğine etkisi .....	56
Şekil 3.9. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki bakır içeriğine etkisi.....	57
Şekil 3.10. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki mangan içeriğine etkisi .....	58
Şekil 3.11. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkide verime etkisi.....	60



## SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde Oranı
°C	Santigrat Derece
µg	Mikrogram
As	Arsenik
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
B	Bor
Zn	Çinko
P	Fosfor
K	Potasyum
Fe	Demir
G	Gram
Mn	Mangan
N	Azot
kg	Kilogram
mg	Miligram
NH <sub>4</sub>	Amonyum
pH	Asitlik Alkalilik Derecesi
ppm	Milyonda bir kısım
mg/kg	Kilogram madde başına gram madde alımı
t ha <sup>-1</sup>	Hektar alana düşen ton madde miktarı
ha	Hektar
da	Dekar
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Çinko sülfat

## 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

Engin bilgi ve tecrübeleriyle yolumu açan, maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve tezimin oluşum aşaması ile sonucuna kadar her zaman destek veren danışmanım değerli hocam Doç. Dr. Sevinç ADİLOĞLU'na en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım. Tüm çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmamda da sonucuna kadar yanımda olan, bilgi ve deneyimini paylaşmaktan çekinmeyen, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, tezin kurulma aşamasında da yardımcı olan, her zaman bir dost ve kardeş gibi yanımda bulunan Ziraat Mühendisi Orhan YILMAZ'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Hem hayatım boyunca hem de bu uzun ve zorlu süreçte yanımda olan canım ailem ve manevi yardımcım eşim Özlem AL'a yürekten teşekkürü bir borç bilirim. Yüksek Lisans döneminde her çalışma aşamasında yanımda olan, her zaman yardıma koşan ve bu çalışmada büyük katkısı bulunan değerli dostlarım Ziraat Mühendisi Nurettin AYTEKİN ve Veteriner Hekim Ömer KILIÇALP'e ve emeği geçen herkese sonsuz teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Mert AL

Ziraat Mühendisi

## 1. GİRİŞ

Dünya tarımı açısından değerlendirildiğinde iki önemli ürün olan buğday ve mısırdan sonra üretimi en çok yapılan tahıl çeltiktir (Anonim, 2003). Çeltik, hasatta elde edilen kavuzlu üründür ve işlenmiş haline pirinç denilmektedir (Künvd., 2005). Hızla artan dünya nüfusunu yeterli bir şekilde besleyebilmek için, sürdürülebilir toprak verimliliği için doğru ve yeterli gübreleme ile tarımda suyun kontrollü kullanımına ilişkin araştırmalara ağırlık verilmesi zorunlu hale gelmiştir (Adiloğlu, Bellitürk, Adiloğlu ve Solmaz,2020; Nar, 2019).

Pirinç (*Oryza sativa* L.) temel tahıl mahsulüdür ve özellikle Asya ülkelerinde pirinç başlıca enerji kaynağıdır. Hindistan, dünyada pirinç ekimi yapılan en geniş alana (44,6 milyon hektar) sahiptir ve üretimde ikinci sıradadır (2020-21'de 122,00 milyon ton). Hindistan'da pirinç, farklı agro ekolojik koşulları altında yetiştirilir, yani su kaydı, derin su, tepeler, yüksek nem, yüksek sıcaklıklar, tuzluluk, alkalilik ve sele eğilimli alanlar. Kırpma yoğunluğu, sürekli sulamanın mevcudiyeti nedeniyle verimli delta bölgelerinde yılda en fazla üç pirinç yetiştirme mevsimi ile bir ortamdan diğerine farklılık göstermektedir (Sah vd., 2018).

Pirinç, çok uzun bir süredir dünya tarihinde var olmuştur. Aslında, kökenlerinin kıtaların birbirine yapıştığı ve Pangea ve Gondwanaland olarak bilindiği zamanlarda başladığı bilinmektedir. Bazı arkeologlar bu bilgiyi, dünyanın farklı bölgelerinde birbiriyle teması olmayan çok eski çeşitlerin bulunmasından çıkarmaktadır. Bununla birlikte, pirincin kesin kökeni henüz tam olarak keşfedilmemiştir. Arkeologlar, pirincin en erken kullanımının en az MÖ 10 000 ve en erken ekiminin MÖ 7000 - MÖ 4000 civarında olduğu sonucuna varmışlardır (Alhach, 2018).

Sodyum ve yağ oranı düşük ve kolesterol içermeyen pirinç, hipertansiyonun önlenmesinde yardımcıdır. Ayrıca alerjen içermez ve artık bebek mamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Pirinç unu neredeyse saf nişasta olduğundan ve alerjen içermediğinden, yüz pudralarının ve bebek mamalarının ana bileşenidir. Düşük lif içeriği, kamera lenslerinin ve pahalı eşyaların parlatılmasında pirinç unu kullanımının artmasına neden olmuştur (Dunna ve Roy, 2013).

Bitki yetiştiriciliğinde bitkinin yetişeceği ortamın iyi hazırlanması, bol ve kaliteli ürünlerin elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Düzensiz drenaj koşullarında gerçekleştirilen çeltik tarımı, toprak verimini azaltma, belirli alanlarda su birikintilerinin oluşmasına neden olma, tuzluluk, kimyasal gübre ve ilaçlar sebebiyle su kirliliğine yol açmak ve insan sağlığını

olumsuz etkileme gibi sorunlara yol açmaktadır(Dok vd.,2013;Sezer, Akay, Öner ve Şahin, 2012; Sezer, Akay, Şişman ve Şenocak, 2015)

Su talebi her geçen gün artmakta ve gelecekteki kullanılabilirlik daha hızlı bir oranda azalmaktadır. Tarımsal ürünler için su şarttır. Damla sulama sistemi, su tasarrufu sağlamak ve bitki köklerine gerekli besin maddelerini minimum israfla sağlamak için en popüler ve dünya çapında kabul görmüş ve maliyet etkin bir yöntemdir. Sisteminde su, küçük emitörler aracılığıyla bir seferde bir damla basınç altında sağlanır veya bir kısım üzerinde ince sis oluşurken su püskürtülür. Yayıncılar, damlama veya damla sulama sistemindeki su miktarı besleme oranını kontrol etmektedir (Yadav ve Rajpoot, 2021).

Bitki yetiştiriciliği için toprağın verimlilik özelliğinin korunması, artırılması ve üretkenliğin artırılması oldukça önemlidir ve önlem alınması gerekmektedir. Alınması gereken önlemlerin en başında, sürekli tarım yapılan topraklarda bozulan bitki besin elementi içeriği dengesinin eski haline gelebilmesi için topraklara eksik olan organik ve inorganik besin maddelerinin ilave edilmesi gelmektedir. Bitkisel üretimin devamlılığı için yalnızca makro bitki besin elementleri değil, ayrıca mikro bitki besin elementleri de toprağa yeteri kadar uygulanması gerekmektedir. Buna rağmen ülkemizde çoğunlukla azot, fosfor ve potasyum içeren gübre uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Mikro bitki besin elementlerinden biri olan çinko (Zn) gübrelemesi bitki yetiştiricileri tarafından dikkate alınmamaktadır. Fakat bu besin elementinin bitkilerdeki yeri azot, fosfor, potasyum gibi makro besin elementleri kadar önemlidir. Bu yüzden, yetiştirilen bitkilerin kaliteli olması ve yüksek verim elde edilebilmesi için makro bitki besin elementlerinin yanında çinko bitki besin elementinin de bitkiye sağlanması ve gerektiği şekilde kullanılması bitki için önemlidir. Ülkemizdeki tarım arazileri yarıyaşlı çinko yönünden fakirdir (yaklaşık %50'si) ve bitkilerde çinko noksanlığına yol açmaktadır. Tahıl bitkilerinde meydana gelen Zn noksanlığı, yoğun olarak tahıl ile beslenen bölgelerdeki insanlarda sağlık sorunları ortaya çıkarmaktadır. Ülkemiz de beslenmesi bitkisel ürünlere dayalı ve yoğun olarak tahıl tüketen bir topluma sahiptir ve bunun için çinko beslenmesi bizim için önem arz etmektedir (Arcasoy, 1997).

Erken yaşam evrelerinde, Zn eksikliği embriyogenezi, büyüme geriliğini ve bulaşıcı hastalıklara karşı artan duyarlılığı etkileyebilir. Besin takviyesi, çoğunluğu çeşitli diyetler, takviyeler ve ticari olarak güçlendirilmiş gıdalar alamadığından, yetersiz beslenen kırsal nüfusun sorununu ele almanın tercih edilen bir yoludur. Biyo-takviye, agronomik eylem veya genetik seçim yoluyla yenilebilir mahsul kısımlarındaki hayati elementlerin biyoyararlanımını

arttırma yöntemidir. Çinko, ekinlerin Zn ile güçlendirilmesi ve Zn'nin tahıla daha iyi taşınması için tohum kaplama, toprak uygulaması veya yaprak spreyi olarak uygulanabilir (Mohapatra, Singh ve Patra, 2021).

Çeltik bitkisi çinko (Zn) bitki besin elementi noksanlığına duyarlı bir bitkidir ve yapılan çalışmalar farklı tür ve çeşitteki çeltik bitkilerinin Zn noksanlığına farklı tepkiler oluşturduğunu göstermiştir. Buna rağmen, bitkide Zn eksikliğine karşı dayanıklılık durumu kesin olarak bilinmemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, topraktaki çinko besin maddesinden en iyi şekilde yararlanabilen çeşitlerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilmektedir. Çinko eksikliğinin belirtisi olarak çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisinde kardeşlenmede gecikme, kardeş sayısında azalma, olgunlaşmada gecikme, verim ve kalite azalma görülmektedir (Sürek, 2015; Karaman vd., 2012).

Bu çalışma ile çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisinde doğru gübreleme yapılarak su kısıtı koşullarında daha geniş alanlarda yetiştirilebilmesini sağlamakla birlikte, bitkinin hassas olduğu mikro bitki besin elementi çinko gübrelemesi ile beslenmesi ve çinkonun bitkide diğer makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi ve verim açısından bitkideki değişimin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

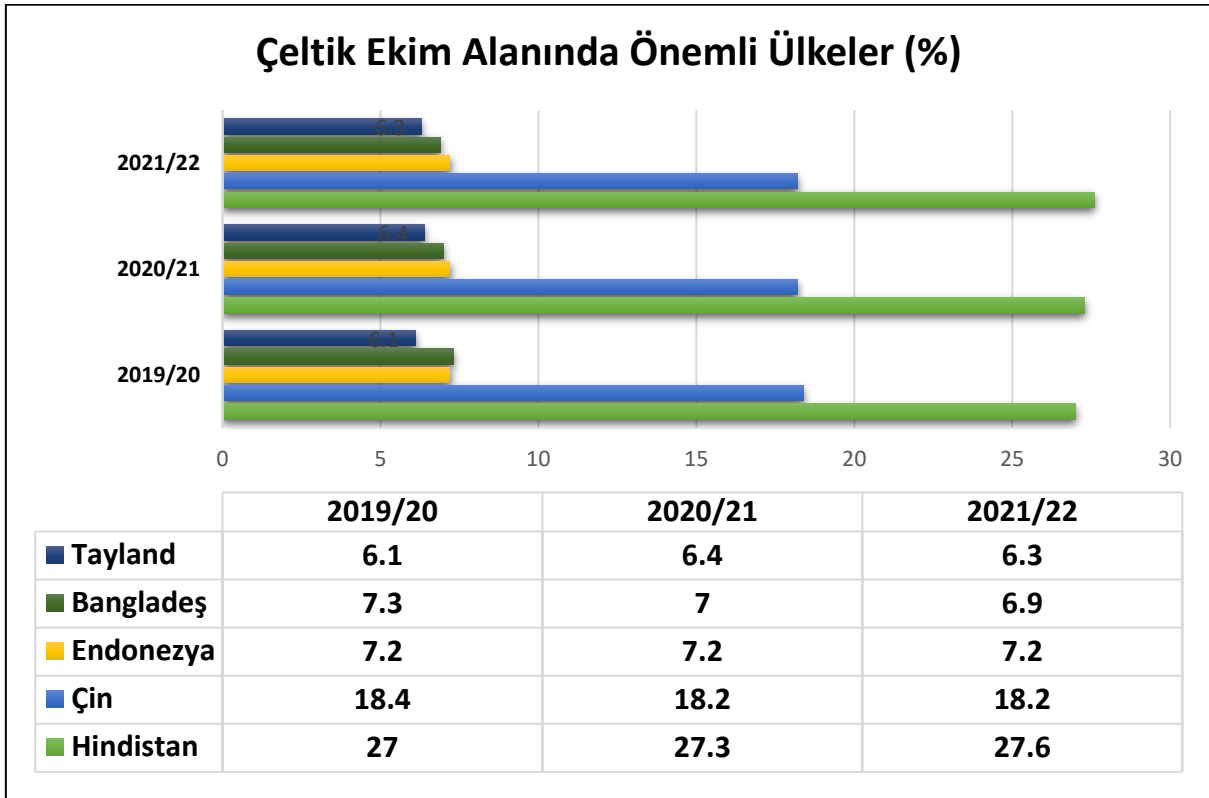
## **1.1 Literatür özeti**

### **1.1.1 Dünya’da ve Türkiye’de çeltik**

#### *1.1.1.1 Dünya’da çeltik*

Pirinç (*Oryza sativa* L.), Asya'da ve dünyada milyonlarca insanın temel gıda maddesidir; bununla birlikte, aynı zamanda dünya çapında tatlı su kaynaklarının en büyük tüketicisidir. Dünyadaki pirincin %75'inden fazlası sular altında kalan koşullarda yetiştirilmektedir. Bununla birlikte, bu su basmış sistemin uzun vadeli sürdürülebilirliği, düzensiz yağışlara ve abiyotik streslere neden olan iklim olaylarındaki hızlı değişiklikler, baş gösteren su ve enerji krizleri, düşük nitrojen kullanım verimliliği, artan mikro besin eksiklikleri, artan işgücü maliyetleri ve azalan işgücü mevcudiyeti tarafından tehdit edilmektedir. Pirinçteki dar genetik arka plan, abiyotik ve biyotik streslere toleranslı pirinç çeşitlerinin üreme hızını da yavaşlatmış ve bu da verimde durgunluğa neden olmuştur. Asya'daki gelişmekte olan ülkeler, hükümet desteği ve politikasının olmaması nedeniyle doğrudan tohumlama teknolojilerini yaymak için mücadele vermektedir (Nawaz vd., 2022).

Pirinç, Asya bölgesinin en önemli gıda ürünüdür ve bu bölge, dünya pirincinin yaklaşık %90'ını ürettiği için 'Pirinç Kasesi' olarak bilinmektedir. İnsan nüfusu en yüksek iki ülke olan Çin ve Hindistan, şu anda dünyadaki toplam pirinç üretiminin %50'sinden fazlasını üretmektedir (Şekil1.1). Hindistan bağlamında pirinç, nüfusun %65'inden fazlası için temel gıdadır ve bu nedenle, insanların gıda ve geçim güvenliği için çok önemlidir. Hindistan'daki hızlı nüfus artışı da yakın gelecekte daha fazla pirinç üretimi talebi yaratmaktadır (Guru, Saha, Tiwari, Shrivastava ve Khandai, 2022).



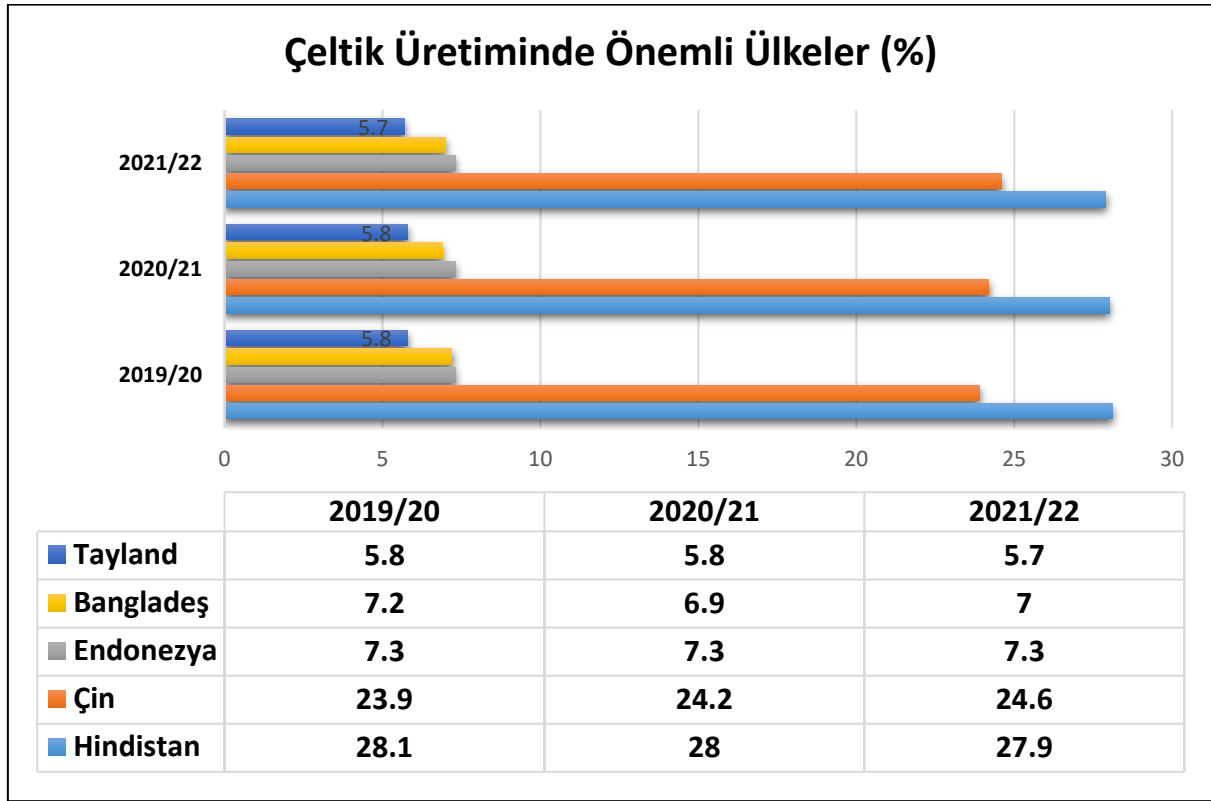
Şekil 1.1. Çeltik ekimi yapılan önemli ülkeler (Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)

Tayland'da pirinç tüketimi günden güne artmaktadır ve bu da onu ekonomik kalkınmada ve gıda güvenliği güvencesinde önemli hale getirmektedir. Tayland'ın ekilebilir arazisinin yaklaşık %18'i pirinç üretimi için kullanılmaktadır, yani yaklaşık 9,38 milyon hektar pirinç üretimi için kullanılmaktadır. 2017 yılında ülke, Tayland'ın ekonomik büyümesine önemli ölçüde katkıda bulunan 25,24 milyon ton pirinç üretimi gerçekleştirmiştir (Şekil 1.2). Tayland'daki en büyük pirinç tarlası (pirinç tarlasının %63'ü) Kuzeydoğu bölgesinde bulunmaktadır (Chandio, Twumasi, Ahmad, Sargani ve Jiang, 2022).

Endonezya, dünyanın en büyük üçüncü pirinç üreticisidir (Şekil1.2) ve aynı zamanda çeşitli ülkelerden pirinç ithal etmektedir. Hükümet üretimi artırmak ve ithalatı azaltmak için



çalışmalar gerçekleştirmektedir. Endonezya'da pirinç tarımı çeşitlilik göstermektedir (Falatehan, Syaukat, Hastuti ve Nasrullah, 2021).



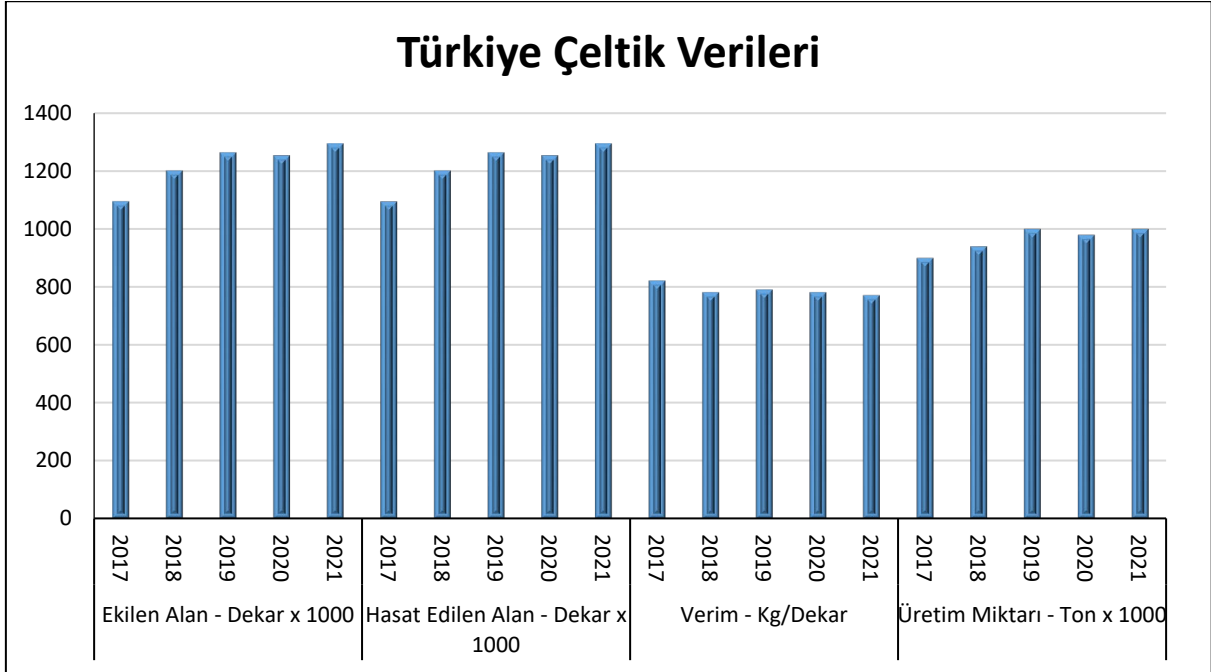
Şekil 1.2. Çeltik üretiminin yapıldığı önemli ülkeler (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)

Pirinç, çoğunlukla tropik bölgelerde yetiştirilen temel bir besindir, ancak küresel üretimin ~%20'si ılıman bölgelerden kaynaklanmaktadır. Japonika pirinci (tropikal ve ılıman), evrim yoluyla ılıman koşullara uyarlanmış benzersiz pirinç türüdür. Bununla birlikte, şu anda, küresel araştırma ve üretimin çoğu, en çok yetiştirilen tür olan (küresel üretimin ~%80'i) İndica pirincine odaklandığından, ılıman Japonika pirincinin ıslahı ile ilgili sınırlı bilgi bulunmaktadır. Ancak, diğerleri arasında Japonya, Rusya, Avustralya, ABD, Şili, Güney Kore, Özbekistan, Macaristan gibi ılıman koşullar altında pirincin yetiştirildiği birçok ülke bulunmaktadır (Cardero-Lara, 2020).

#### 1.1.1.2 Türkiye'de çeltik

Türkiye'de çeltik yetiştiriciliği çok eski zamanlara, yaklaşık 500 yıl öncesine dayandığı ve tahminen Anadolu'ya Mısır'dan geldiği düşünülmektedir. Ülkemizde ekimin ilk kez Kastamonu'nun Tosya ilçesinde gerçekleştiği görüşü bulunmaktadır. Aynı zamanda ilk çeltik fabrikası 1926'da Tosya'da kurulmuştur. Türkoğlu çalışmasında (aktaran Taşlıgil ve Şahin,2011) başlangıçta Maraş, Kastamonu, Bursa ve Diyarbakır illerinde bu ürünün

yetiştiriciliğinin yapıldığını ve daha büyük şehirlerde ise tüketimin gerçekleştiğini belirtmiştir. Çeltik tarımının artış göstermesine rağmen (Şekil 1.3) üretim ve ekim alanlarında sürekli olarak meydana gelen değişimler ve bazı beşerî faktörler bu ürünün sürekliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Marmara Bölgesi çeltik tarımında hem iklimsel faktörler hemde yeryüzü şekilleri bakımından en uygun koşulları sağlamaktadır (Taşlıgil ve Şahin,2011).



Şekil 1.3. Türkiye’de 2017-2021 yılları arasında çeltik bitkisine ait veriler (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2022)

Ülkemizde birçok bölge çeltik tarımının gerçekleştirilmesi için uygun iklim koşullarına sahip olmakla birlikte (Çizelge 1.1) dekara verim ortalaması 366 kg/da’dır ve dünya ortalamasının üzerindedir. Buna rağmen Türkiye çeltikte dışa bağımlı bir ülkedir. Günümüzde, 31 ilde çeltik üretimi gerçekleştirilmektedir. Başta Edirne (82,450 bin ton) olmak üzere, Çorum (20,362 bin ton), Sinop, Samsun (23,931 bin ton), Balıkesir ve Kastamonu illerimiz en çok üretim yapılan illerdir. Üretimin en yüksek olduğu ilimiz 82.450 bin ton ile Edirne’dir. Üretimin %58’ini Marmara Bölgesi karşılarken, %37’sini Karadeniz Bölgesi geri kalan miktarı ise diğer bölgeler karşılamaktadır (Tezcanlı, 2007).

Çizelge 1.1. Türkiye’de çeltik üretiminin bölgelere göre dağılımı (Yazlık, Bör ve Eroğlu, 2020)

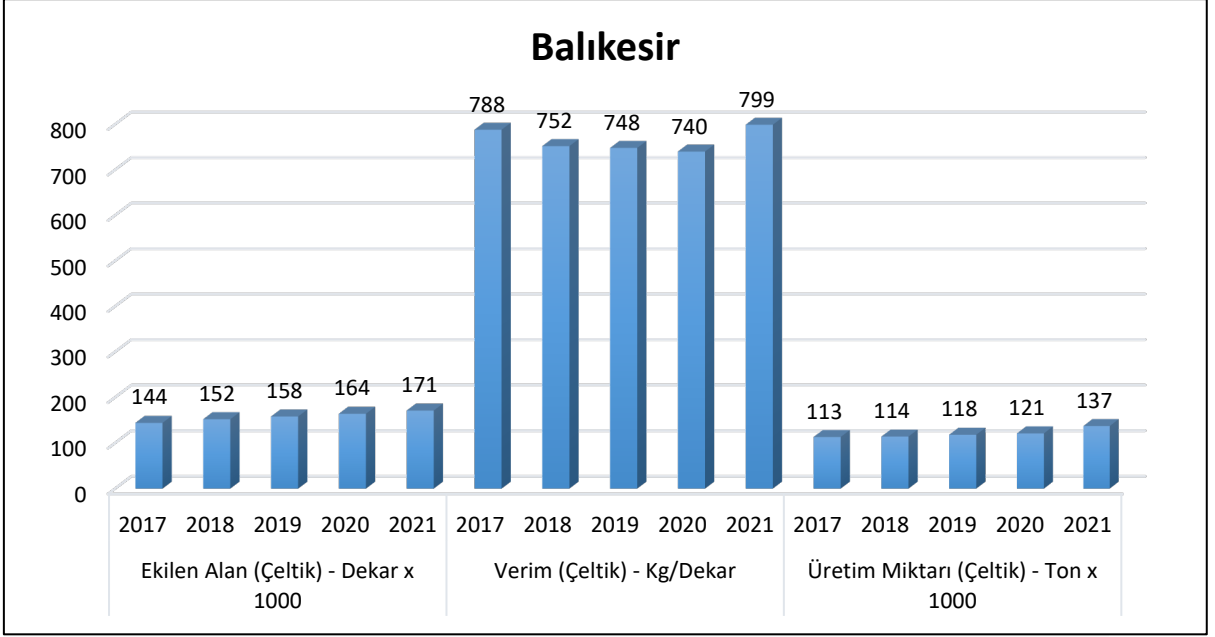
<b>Bölgeler</b>	<b>Ekili alan (da)</b>	<b>Üretim (ton)</b>
<b>Marmara Bölgesi</b>	1.039.885	719.996
<b>Karadeniz Bölgesi</b>	319.626	238.942
<b>İç Anadolu Bölgesi</b>	63.400	22.534
<b>Güneydoğu Anadolu Bölgesi</b>	20.736	9.452
<b>Diğer Bölgeler</b>	14.573	9.076

Tokat ilinde yaklaşık olarak 100 ha alanda 658 ton çeltik üretimi gerçekleştirilmektedir. Elde edilen 658 kg/da verimdir ve ülke ortalamasının altındadır. Tokat ilinde çeltik üretimi Erbaa ve Niksar ilçelerinde gerçekleştirilmektedir. Her iki ilçede de üretim miktarında dalgalanmalar görülmüştür ve 2017 yılına göre 2018 yılında Erbaa’da çeltik üretim miktarı 679 tondan 658 ton’a kadar gerilemiştir. Üretim yapıldığı diğer ilçe olan Niksar’da ise üretim miktarı yok denecek kadar azdır (Naneli, 2019).

#### *1.1.1.2.1 Türkiye’de illere göre çeltik yetiştiriciliği*

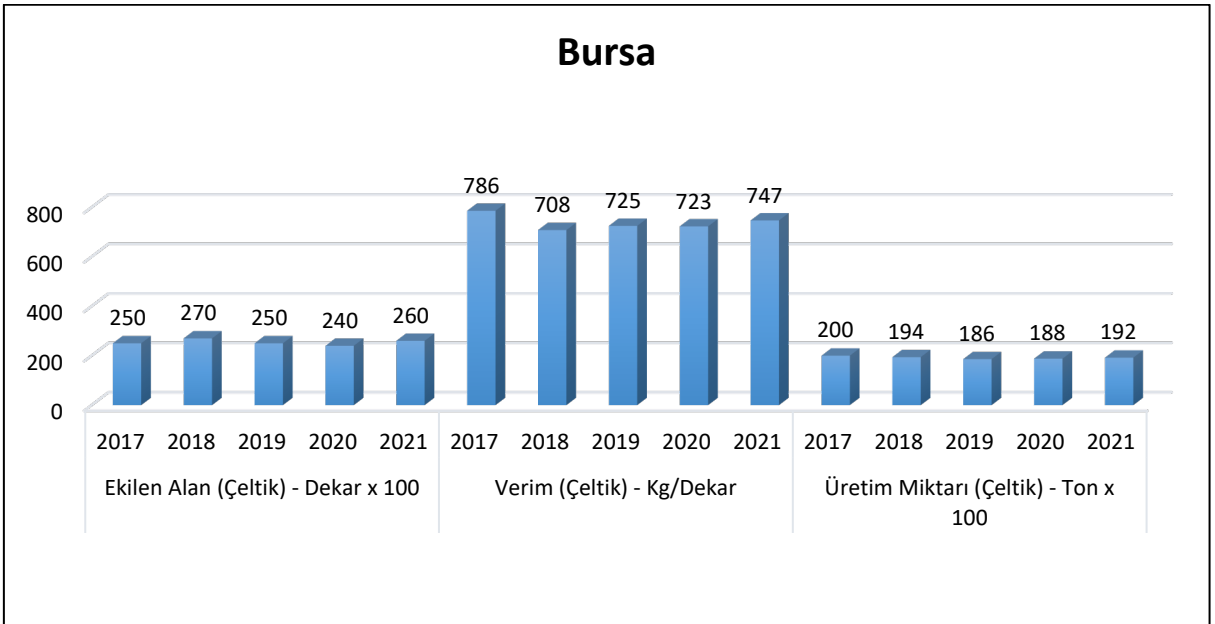
Çeltik yetiştiriciliğinde en önemli faktörlerden biri su kaynaklarının varlığıdır. Güney Marmara’da yer altı suyu kaynaklarının (artezyenler, baraj ve göletler) fazla olması bu bölgedeki çeltik yetiştiriciliğini olumlu yönde etkilemektedir. Orhangazi ve Biga ilçelerinde üretilen çeltik, yine Balıkesir iline bağlı Gönen’de bulunan çeltik fabrikasında işlenmektedir (Öztürk ve Akçay, 2010).

Balıkesir iline ait ekili alan, verim ve üretim miktarına ait veriler Şekil 1.4’te verilmiştir. Son 5 yıl içerisinde üretim miktarında ve ekilen alan miktarında sürekli bir artış meydana gelmiştir. Ekilen alan miktarı 2017 yılında 144.376 kg da<sup>-1</sup> iken bu miktar artarak 2021 yılında 171.703 kg da<sup>-1</sup>’ a ulaşmıştır. Üretim değerlerinde de 2017-2021 yılları arasında 20.000 tondan fazla bir artış gerçekleşmiştir. Verim değerleri 2017 yılından (788 kg da<sup>-1</sup>) itibaren 2020 yılına (740 kg da<sup>-1</sup>) kadar azalış göstermesine rağmen 2021 yılında artarak 799 kg da<sup>-1</sup> değerine ulaşmıştır. Bu değerlere bakıldığında üretim miktarının ekilen alan ile paralel olarak artış gösterdiğini söyleyebiliriz.



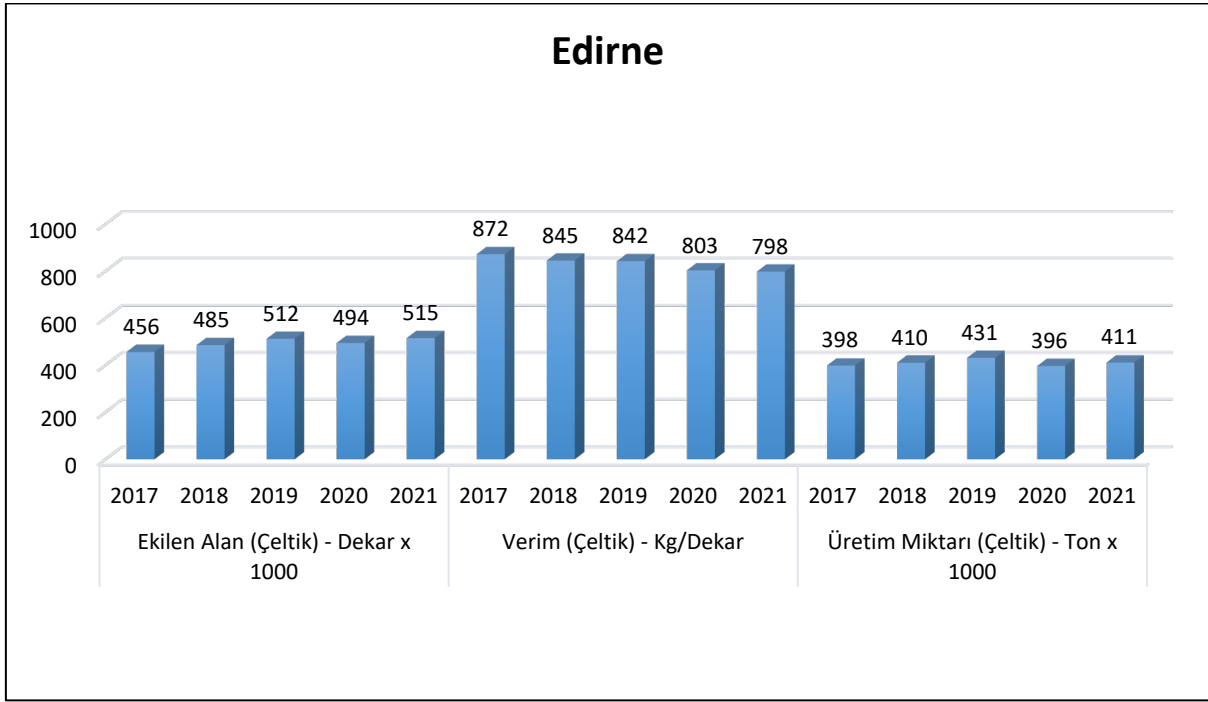
Şekil 1.4. Balıkesir iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Bursa iline ait ekili alan, verim ve üretim miktarı değerleri Şekil 1.5’te verilmiştir. Ekilen alan 2017 yılından günümüze kadar artış göstermiş olsa da sabit bir artış söz konusu olmamıştır ve 2019-2020 yılları arasında bir azalış gerçekleşmiştir. Örneğin, 2017 yılında 25.720 da alana sahip olan çeltik bitkisi 2018 yılında 27.712 da ve 2019 yılında ise 25.020 da alana ekilmiştir. Ancak üretim miktarı bu yıllar içerisinde sürekli olarak azalış göstermiştir. Aynı şekilde verim değerlerinde de dalgalanmalar söz konusudur. 2021 yılında ekilen alan, verim ve üretim miktarı ise tekrar artış göstermiştir.



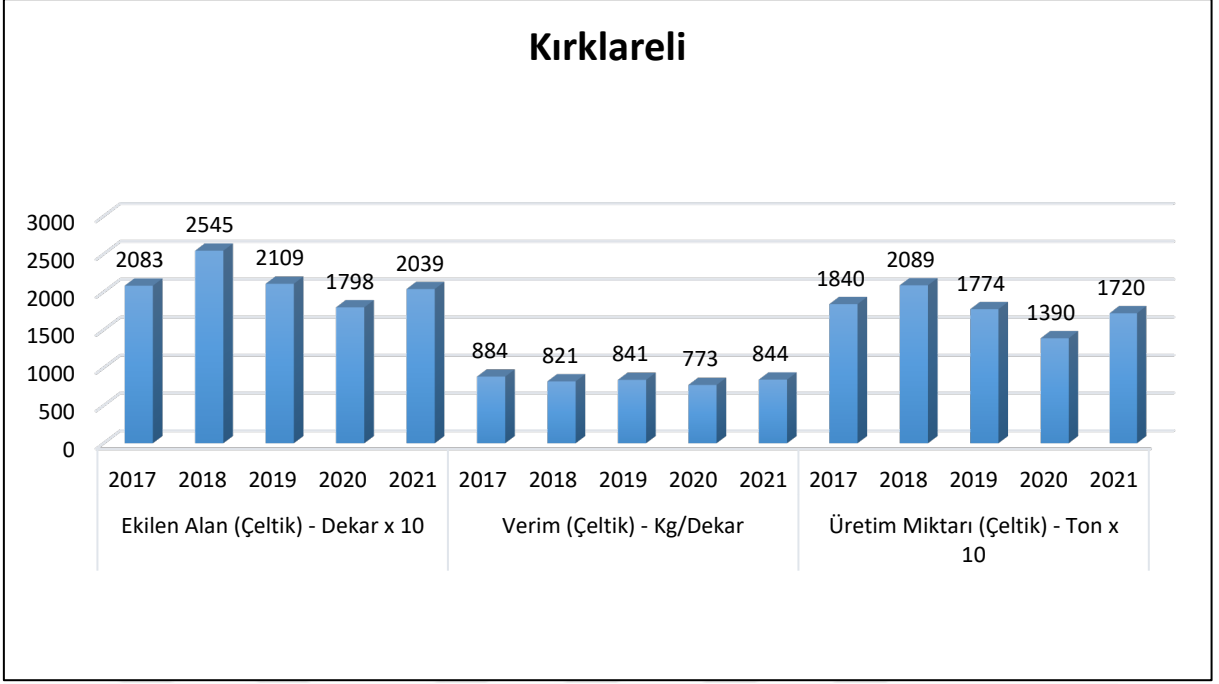
Şekil 1.5. Bursa iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Edirne ili eltik verileri 2017 yılı ekilen alan 456.846 da iken 2021 yılında bu değer 515.561daolmuştur (Şekil 1.6). Verim açısından ise 2017 yılında 872 kg/da iken 2021 yılında 798 kg/da değerine ulaşmıştır. Edirne ili üretim değerleri ise 2017 yılında 398.534 ton'dan artarak 431.658 ton değerine ulaşmış ve 2021 yılında 411.525 ton değerine düşmüştür. Ekili alan miktarı ve üretim miktarı birbirine paralel olarak son yıllarda düzensiz bir artış göstermiştir ancak verimde sürekli bir azalma söz konusudur.



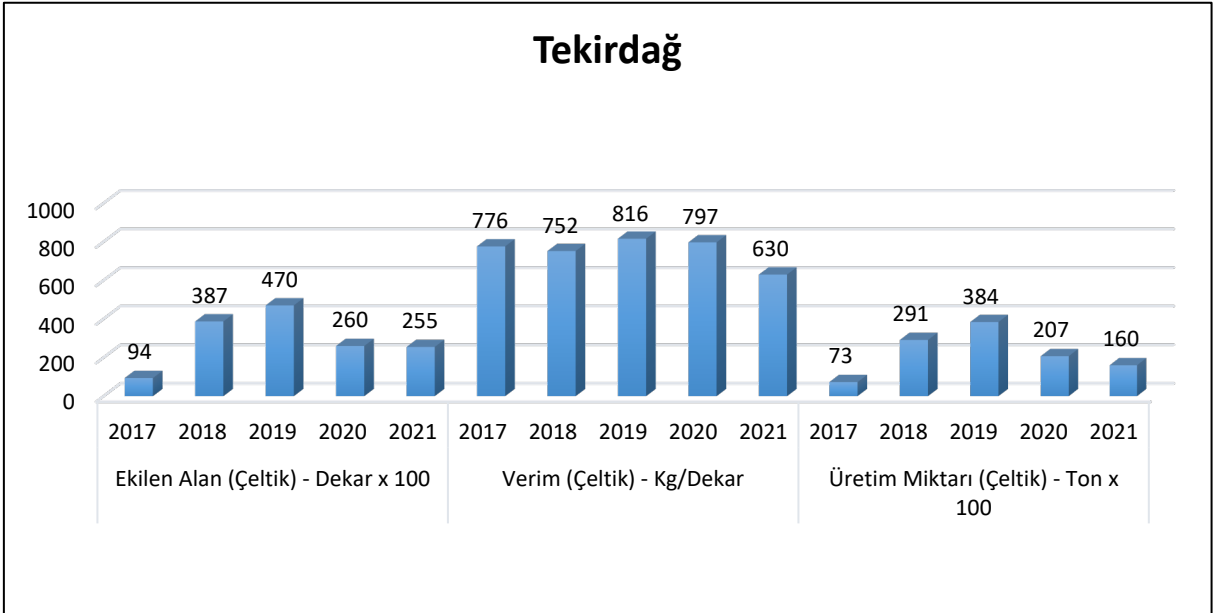
Şekil 1.6. Edirne iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Çeltik tarımı yapılan diğer bir ilimiz de Kırklareli'dir. Bu ilimizdeki ekim alanları 2017 yılında 20.830 da iken 2019 yılında 21.093 da yükseldiği; verim değerleri ise 2017 yılında 884 kg da<sup>-1</sup> iken 2019 yılında 841 kg da<sup>-1</sup> düştüğü görölmektedir (Şekil 1.7). Üretim açısından 2017 yılında 18.400 ton iken 2019 yılında 17.740 ton değerine gerilediği bildirilmiştir. Bu durumun iklim değişikliği, gübreleme, destekler vb. birçok nedeni olabilir.



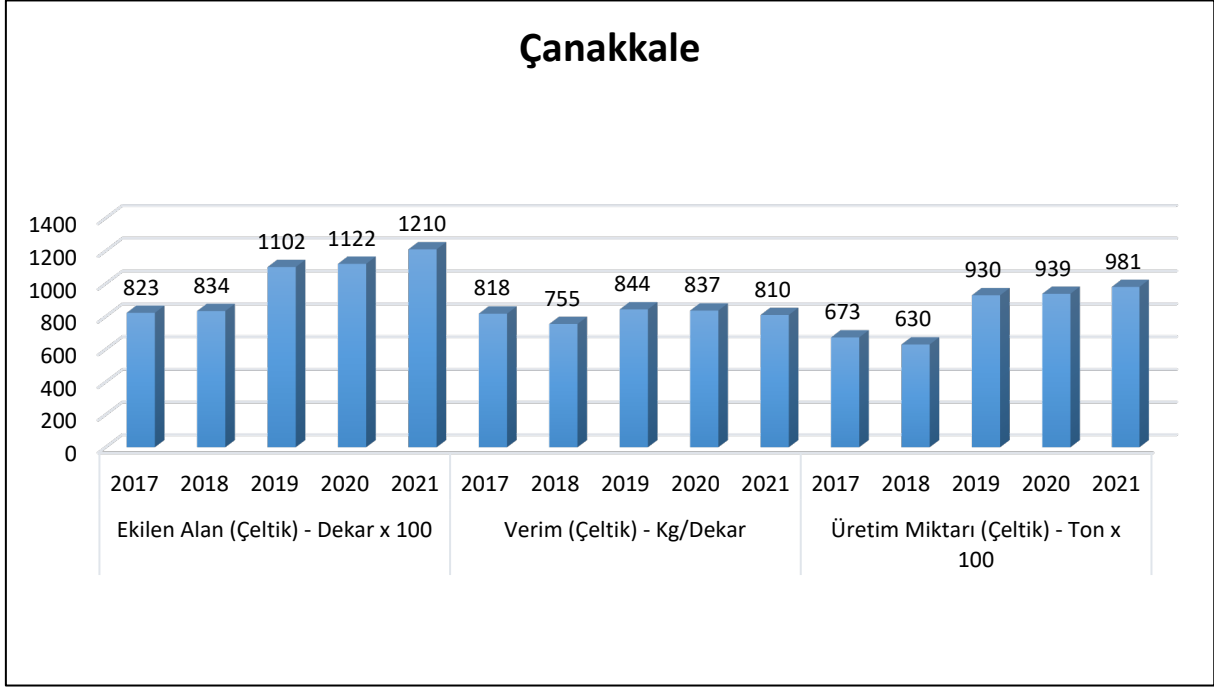
Şekil 1.7. Kırklareli iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Bölgenin önemli illerinden biri olan Tekirdağ'da ise ekim alanları 2017 yılında 9.400, 2018 yılında 38.700 da iken 2019 yılında 47.094 da değerine ulaşmıştır (Şekil 1.8). Verim değerleri 2017 yılında 776 kg da<sup>-1</sup> iken 2019 yılında 816 kg da<sup>-1</sup>'a çıktığı görülmektedir. Üretim miktarları ise 2017 yılında 7.300 ton iken 2019 yılında 38.444 ton değerlerine ulaşmıştır. 2017 yılında üretim değerlerinde ani bir düşüş gerçekleşmiştir. Bunun sebebi ekili alandaki azalma olduğunu verilen değerlerden görmekteyiz. Ekili alandaki ve üretim miktarındaki azalışa rağmen bu zaman aralığında verim açısından büyük bir kayıp gerçekleşmemiştir.



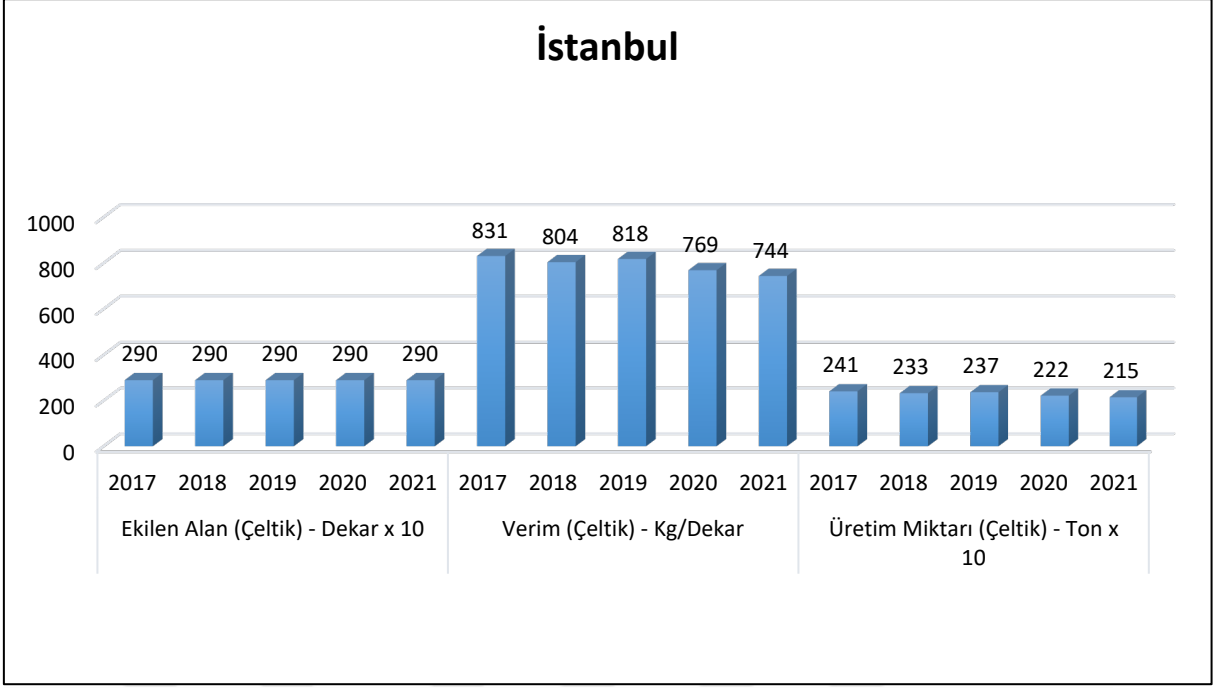
Şekil 1.8. Tekirdağ iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Çanakkale ili ülkemizde çeltik ekim alanlarının %8,72'sini bulundurmaktadır. Üretim payı %9,30'dur ve sıralama olarak üretimde 4. sırada bulunmaktadır (Semerci ve Everest, 2021). Çanakkale iline ait Şekil 1.9'da ki grafik incelendiğinde, ekilen alan ve üretim miktarı değerlerinin 2019 yılında kayda değer bir artış gösterdiği ve bu artışın 2021 yılına kadar devam ettiği görülmektedir. Ancak verim değerleri bu sonuçlardan bağımsız olarak azalmıştır. 2021 yılı verim değeri (810 kg da<sup>-1</sup>) 2017 yılındaki verim değerinin (818 kg da<sup>-1</sup>) de altına düşmüştür.



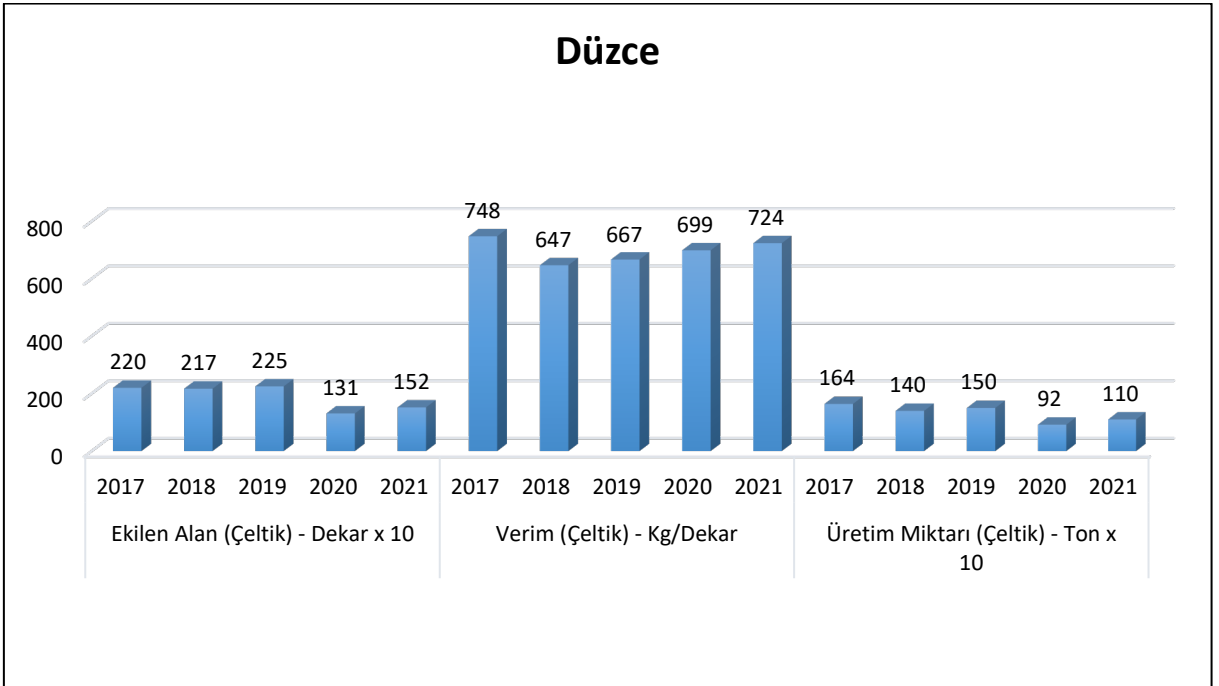
Şekil 1.9. Çanakkale iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Marmara Bölgesi'ndeki illerde çeltik tarımının son yıllardaki değişimini irdelediğimizde; çeltik üretimi İstanbul ili ekim alanları son 5 yılda değişiklik göstermemiştir (Şekil 1.10). Verim açısından değerlendirildiğinde ise 2017 yılında 831 kg da<sup>-1</sup> iken 2021 yılında bu değer 744 kg da<sup>-1</sup>'e düşmüştür. Üretim yönüyle ise verimde olduğu gibi 2019 yılı ve sonrasında azalmıştır. 2019 yılı verilerine göre 2.372 ton olan üretim miktarı, 2021 yılında 2.150 ton olarak kaydedilmiştir.



Şekil 1.10. İstanbul iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

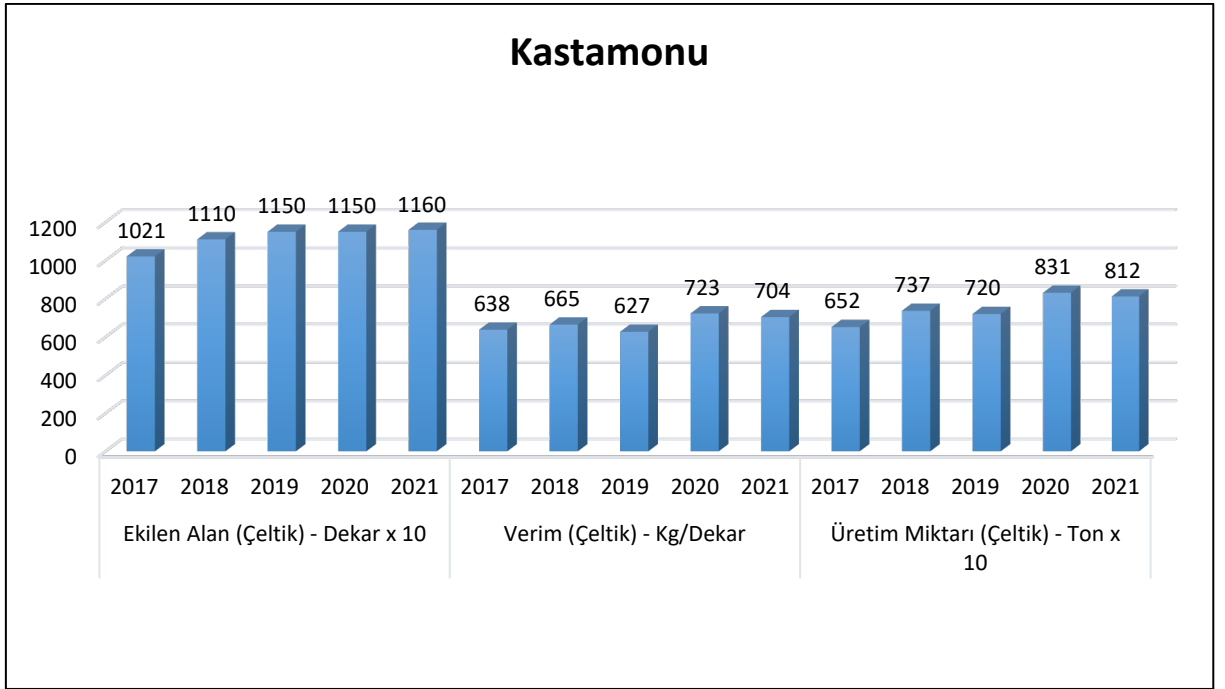
Karadeniz'in batısında yer alan Düzce ilinden elde edilen çeltik verileri incelendiğinde, ekilen alan miktarında bir azalma meydana geldiği ve özellikle 2020 yılında ani bir düşüş olduğu görülmektedir. 2019 yılında 2.250 da olan çeltik ekili alan, 2020 yılında 1.310 da'a düşmüştür. Bu değerlere paralel olarak üretim miktarında da benzer ani düşüşler meydana gelmiştir. Ancak verim parametresi incelendiğinde 2019 yılından itibaren istikrarlı bir artış olduğunu Şekil 1.11'de görmekteyiz.



Şekil 1.11. Düzce iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

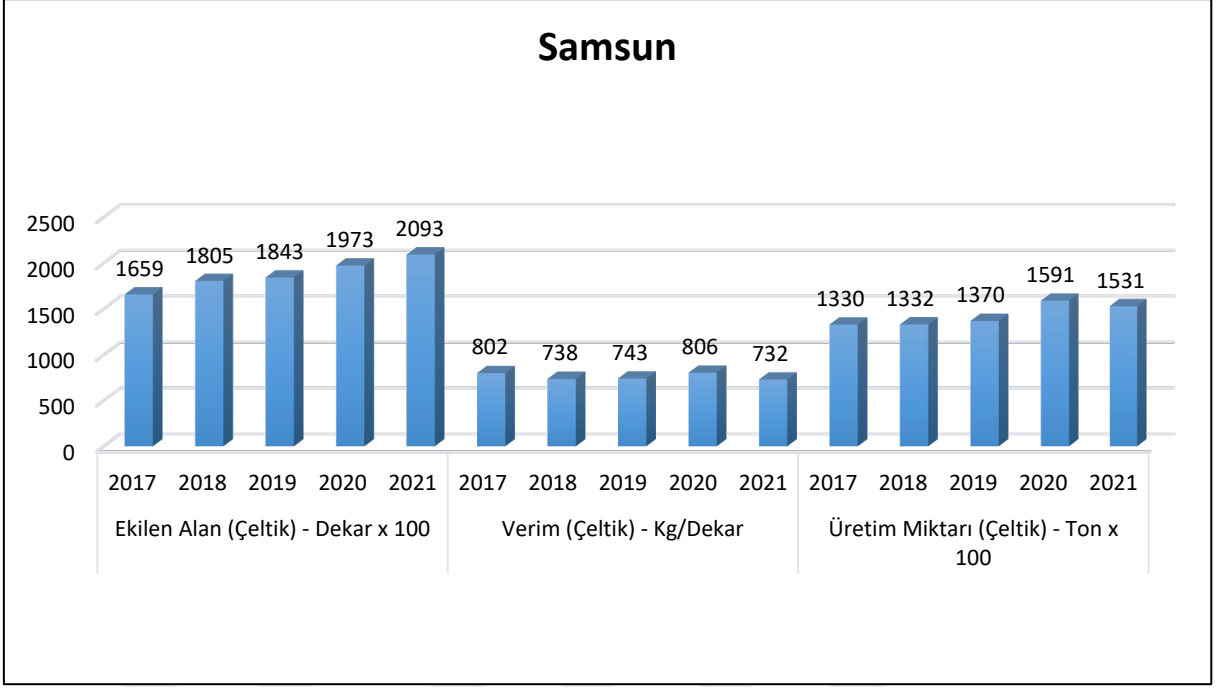


Ülkemizin kuzey kıyısında ve Karadeniz'in batısında yer alan bir diğer ilimiz olan Kastamonu, çeltik bitkisinin yetiştiriciliği için İstanbul ve Düzce'den daha fazla alana sahiptir. 2021 yılı ekilen alan verilerine bakıldığında, İstanbul ilinden yaklaşık 5 kat, Düzce'den ise yaklaşık 10 kat daha fazla ekim alanına sahiptir ve son 5 yıl içerisinde ekilen alan miktarında azalma meydana gelmemiştir (Şekil 1.12). Ekili alan ve üretim miktarı değerleri karşılaştırıldığında, üretim miktarının ekili alan miktarının aksine düzensiz bir dağılımı olduğunu görmekteyiz. En yüksek üretim miktarını 2020 yılında 8.310 ton ile elde etmiştir. Verim değerleri de üretim miktarı ile paralel olarak değişim göstermiştir.



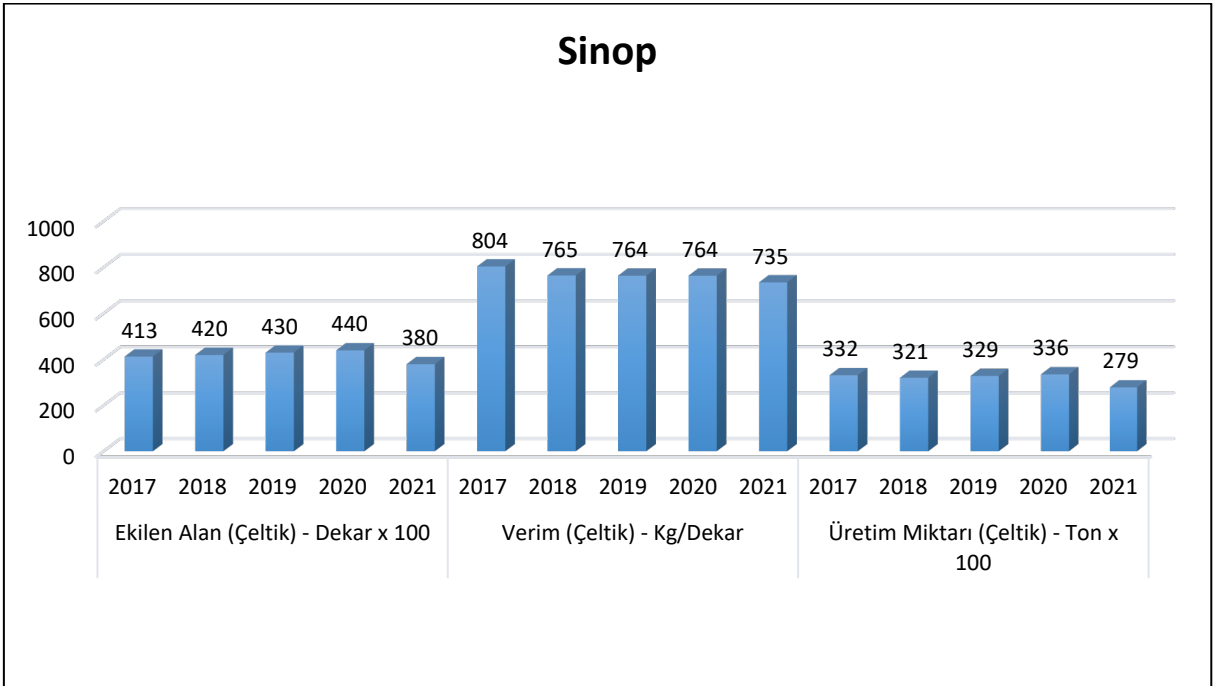
Şekil 1.12. Kastamonu iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Samsun ili çeltik yetiştiriciliği için oldukça uygun yer şekillerine sahiptir. Hem iklim olarak gerekli koşulları sağlaması hem de yer şekillerinin bunu desteklemesi sebebiyle oldukça geniş bir ekim alanına sahiptir ve her yıl artarak devam etmiştir. 2017 yılında 165.900 da ekim alanına sahip olan Samsun ili 5 yıl içerisinde bu değeri 209.300 da'a yükseltmiştir. Ancak ekilen alandaki bu sürekli artış, verime ve üretim miktarına yansımamıştır. Samsun iline ait ekilen alan verileri İstanbul ilinden çok daha fazla olmasına rağmen (Şekil 1.10 ve Şekil 1.13) verim için bu durum aynı değildir. İstanbul ilinden dekara düşen çeltik miktarı Samsun ili ile oldukça yakın miktarlardadır. Üretim miktarı ise İstanbul ilinden daha fazladır.



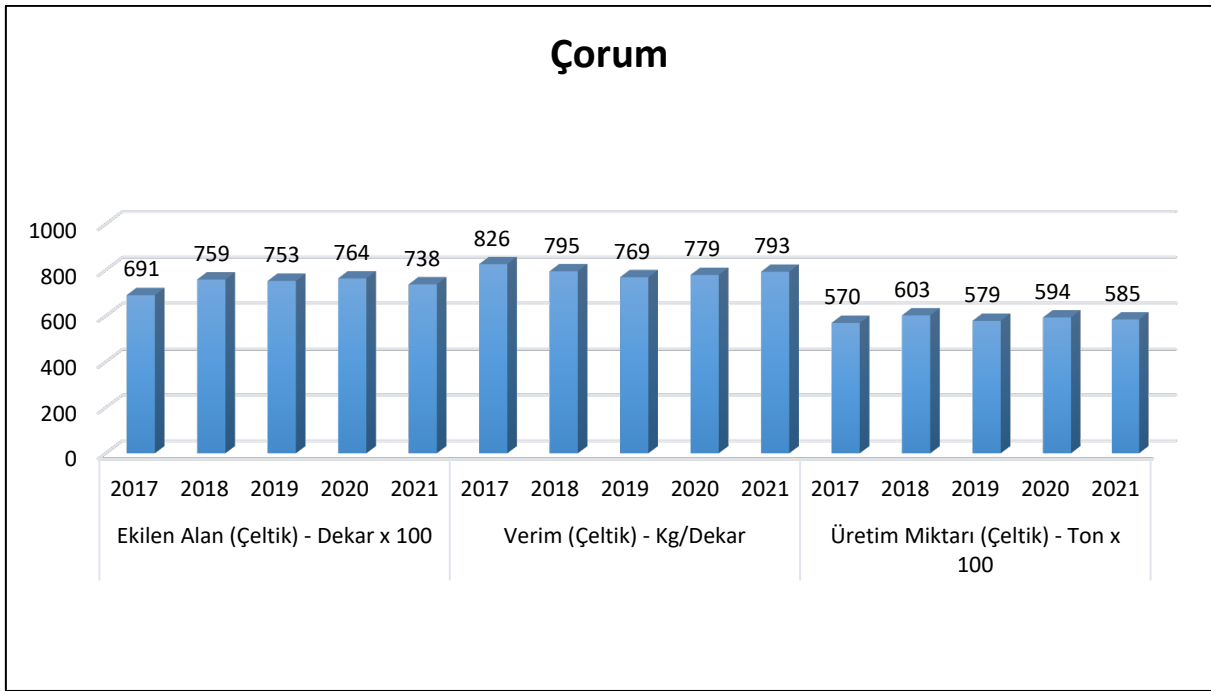
Şekil 1.13. Samsun iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Türkiye'nin en kuzeyinde yer alan Sinop ilinin ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri Şekil 1.14'te verilmiştir. 2021 yılında ekilen alan, üretim miktarı ve verim parametrelerinde azalma olmuştur. Ekilen alan 2017-2020 yılları arasında (sırasıyla; 41.300, 42.000, 43.000 ve 44.000 da) artmıştır. Ancak verilen alanlardan elde edilen çeltik miktarı aynı yıllar içerisinde sürekli olarak değişmiştir. Verime ait veriler, 2017 yılında en yüksek seviyede ( $804 \text{ kg da}^{-1}$ ) iken sonraki yıllarda bu değer azalmıştır.



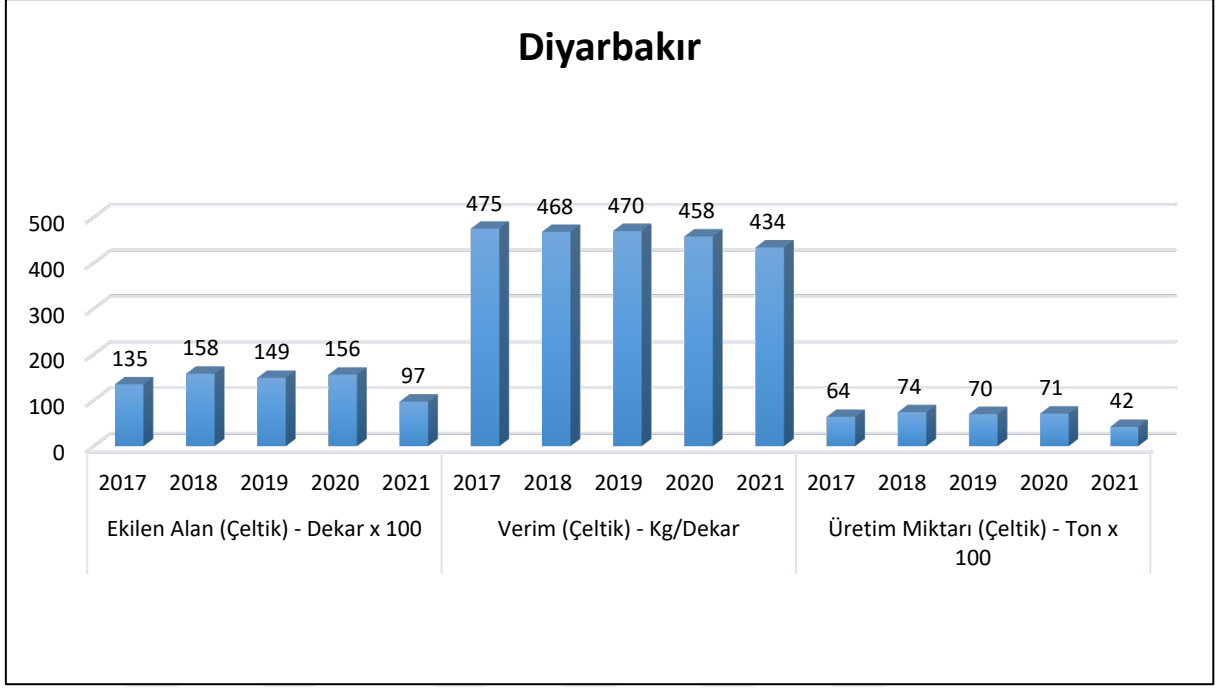
Şekil 1.14. Sinop iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Çorum iline ait çeltik verileri, Şekil 1.15'te de görüldüğü gibi son 5 yıl içerisinde sürekli olarak değişiklik göstermiştir. Ekilen alanların her yıl artıp azalması üretim miktarını da etkilemiştir. Verim değerleri, ekilen alan ve üretim miktarı ile paralel olarak ilerleme göstermemiştir. Ancak verimde yıllar içerisinde sürekli olarak değişmiştir. Ekilen alan, 2017 yılında 69.100 da 2018 yılında 75.900 da 2019 yılında 75.300 da 2020 yılında 76.400 da olarak kaydedilirken 2021 yılında bu değer 73.800 da olarak kaydedilmiştir. En yüksek üretim miktarı 60.300 ton ile 2018 yılında elde edilmiştir. En yüksek verim ise 2017 yılında 826 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.



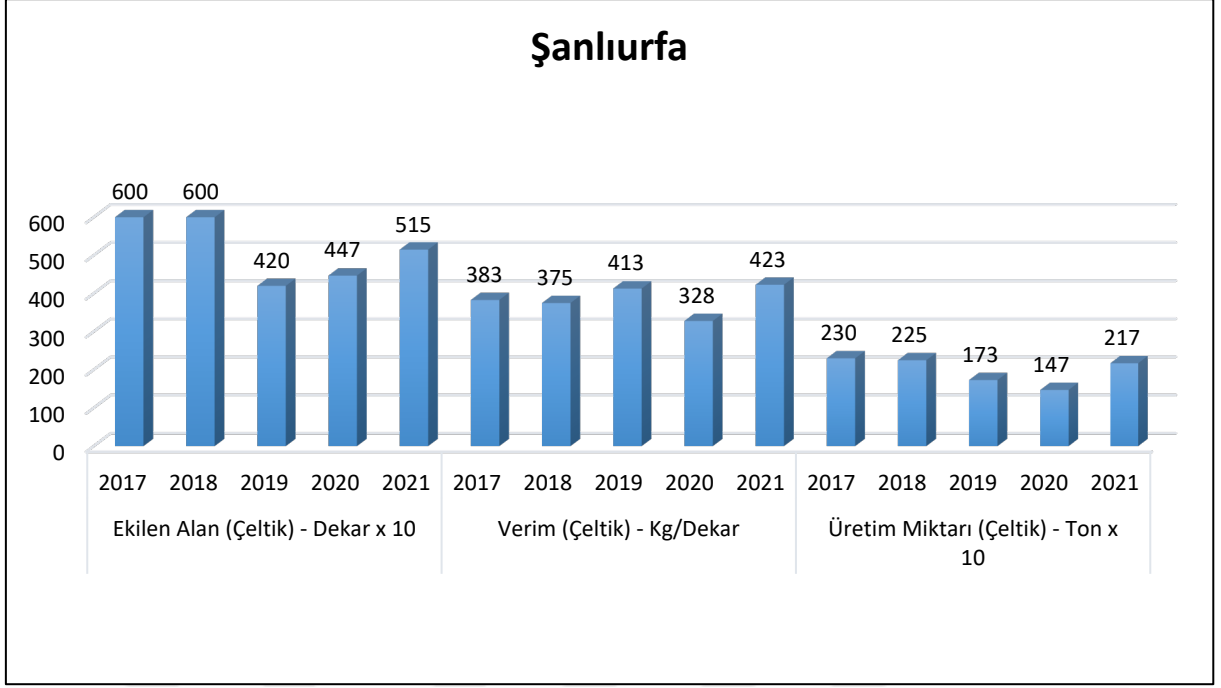
Şekil 1.15. Çorum iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Diyarbakır ili, dahil olduğu GAP projesi (Güneydoğu Anadolu Projesi) ile tarımsal anlamda kendini geliştiren iller arasındadır. Sulama ihtiyacını Fırat ve Dicle nehirlerinden karşılayan tarım alanlarında çeltik yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Ekilen alan yıllar içerisinde değişiklik göstermiştir ve en yüksek ekilen alan miktarı 15.800 da ile 2018 yılında olmuştur (Şekil 1.16). İlerleyen yıllarda düzenli bir artış söz konusu değildir. 2021 yılında çeltik ekilen alan miktarı (9.700 da) son 5 yılın en düşük değerine sahiptir. Aynı şekilde verim ve üretim miktarı da 2021 yılında azalmıştır. Çeltik gelişme evresinde su ihtiyacı yüksek olan bir bitkidir. Küresel ısınma sonucunda iklimde meydana gelen değişimler ve yağışların azalması sonucunda akarsu ve barajlardaki su miktarının da azalması çeltik yetiştiriciliğini olumsuz etkilemektedir.



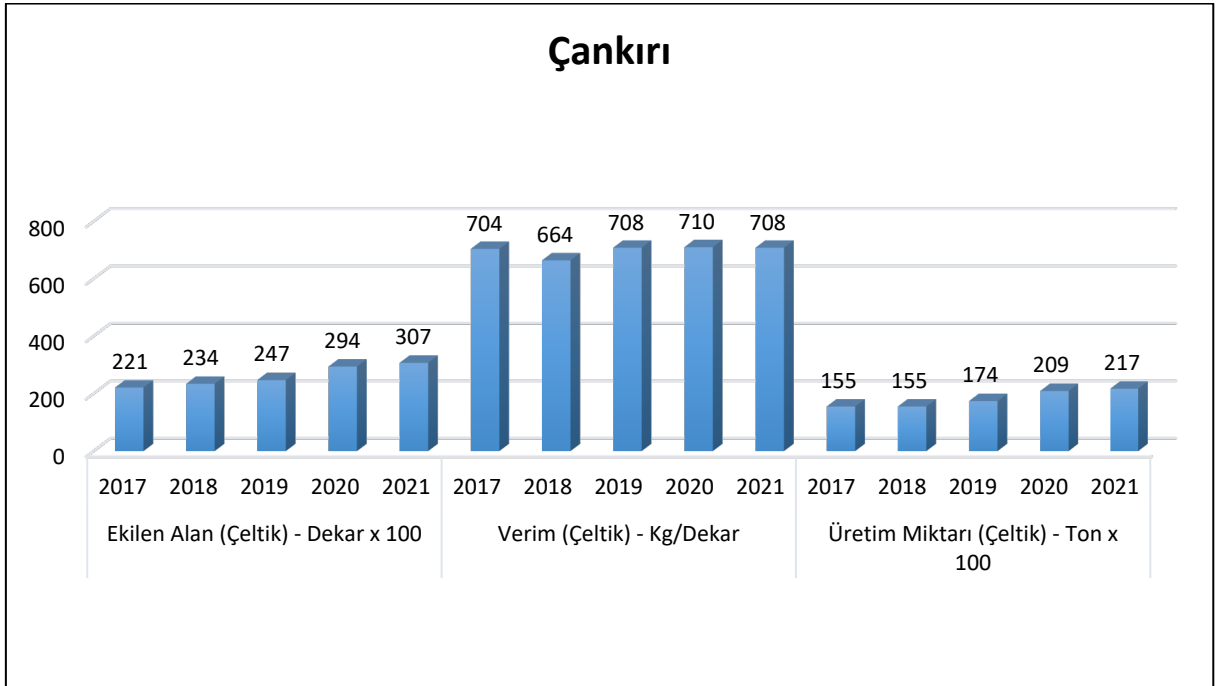
Şekil 1.16. Diyarbakır iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

Şanlıurfa'da genel olarak yerel çeltik çeşidimiz olan Karacadağ yetiştirilmektedir. Çoğunlukla ekim nöbetinin uygulandığı bu alanda, Karacadağ çeltiğinin yetiştirilme aşamalarında vejetasyon süresinin uzun olması ve hasadın yağışlı zamanlara denk gelmesi gibi problemler yaşanmaktadır (Öktem, 2016). Şekil 1.17'de verilen ekilen alan bilgileri değerlendirildiğinde, 2017 ve 2018 yıllarında 6.000 da 2019 yılında ise 4.200 da olarak kaydedilmiştir. Sonraki yıllarda ekilen alanda artış olsa da 2017 yılındaki değere ulaşamamıştır. Çeltikten elde edilen verim ise her yıl değişiklik göstererek istikrarlı bir artış göstermemiştir. Ancak 2017 yılına kıyasla 2021 yılında daha az alandan daha yüksek verim elde edilmiştir. Üretim miktarı 2020 yılından (1.470 ton) sonra hızlı bir artışla 2021 yılında 2.170 ton' a ulaşmıştır.



Şekil 1.17. Şanlıurfa iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan il, kuzeyden Karadeniz Bölgesi'ne komşudur. Farklı toprak yapılarını bir arada bulunduran bu ilde çeltik tarımı da yapılmaktadır. Şekil 1.18'de de verildiği gibi çeltik ekilen alanlar her yıl artmaktadır. Üretim miktarı da son yıllarda artmıştır ve 2021 yılında 21.700 ton çeltik üretimi gerçekleştirilmiştir. Dekara düşen çeltik miktarı ise son yıllarda belirgin bir değişiklik göstermemiştir. 2021 yılında Çankırı ilinde 708 kg da<sup>-1</sup> verim elde edilmiştir.



Şekil 1.18. Çankırı iline ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri (TÜİK, 2022)

## 1.1.2 Çeltik yetiştiriciliği

### 1.1.2.1 İklim isteği

Çeltik bitkisi yüksek nem, sıcaklık ve bol su ihtiyacı olan bir bitkidir. Toprakta bulunan bitki besin elementlerinden faydalanabilmesi için bol su içeren ortamda gelişim göstermesi gerekmektedir. Bitki 12 C°'nin altında çimlenmemekte ve gelişimi için ortalama 20-23 C° sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Kullanılan sulama suyunun sıcaklığı 15 C° olmalıdır.

### 1.1.2.2 Toprak isteği

En iyi gelişim gösterdiği topraklar, derin, su geçirgenliği düşük, tınlı ve bitki besin madde içeriği yüksek topraklardır. Ekim yapılacak toprağın pH değeri 5,5-7,5 aralığında olmalıdır. Çeltik bitkisinin tuzluluğa orta derecede dayanıklı olması sebebiyle bazı alanlarda bu toprakların ıslahı için çeltik yetiştirilmektedir.

### 1.1.2.3 Toprak hazırlığı ve ekim işlemleri

Toprak hazırlığı bitkinin çimlenme, fidenin toprağa tutunması ve gelişmesi için oldukça önemlidir. Toprak hazırlığı derin sürüm ile sonbaharda ya da ilkbaharda gerçekleştirilmektedir. İyi yapılmış toprak hazırlığı yabancı ot kontrolü sağlamakta, gübrenin toprağa eşit oranda ve iyi karışmasını sağlamakta ve toprağı işleyerek bitkinin toprakta bulunan bitki besin elementlerine ulaşmasını kolaylaştırmaktadır.

Ekim öncesi bölge için uygun çeşidin seçilmesi, doğru zamanda ekim yapılması, ön çimlendirme ve kullanılan ekim yöntemleri bitkide verim ve kalitesini artırmaktadır. Ekim zamanı, çeltik bitkisinin vejetasyon süresini, sulama suyu ve hava sıcaklığını belirlemektedir. Bu nedenle ülkemizde ekim zamanı bölgeler arası değişiklik göstermektedir. Ekim işlemi 3 farklı şekilde gerçekleştirilmektedir: i) serpmek ekim, ii) mibzerle ekim ve iii) fideleme yöntemi ile ekimdir.

### 1.1.2.4 Sulama ve gübreleme

Çeltik bitkisi sürekli su ihtiyacı olan bitkidir ve su altında kalmış alanlarda yetiştirilmektedir. Suyun yüksekliği çeltiklerin gelişim evrelerine göre ayarlanmaktadır ve en yüksek seviyeye (15 cm) gelişme evresinde ulaşmaktadır. Suyun sıcaklığı çeltik yetiştiriciliğinde minimum 12°C olması gerekirken sulama suyu sıcaklık değeri 25 ile 30 °C arasında olmalıdır. Çimlenme için ise sıcaklık değeri 42-44 °C'yi geçmemelidir. Çeltik bitkisi için sulamada kritik dönemler kardeşlenme evresinden 10-12 gün önce, çiçeklenmeden 20 gün

nce ve 10 gün sonrasındaki zaman aralığıdır. Hasat ncesi tarlanın suyu kesilerek toprağın kuruması ve üzerinde yürünecek hale gelmesi sağlanmaktadır.

Gübreleme işleminde (şekil 1.19) nemli olan doğru zamanda ve doğru miktarlarda uygulama gerçekleştirmektir. Azot, potasyum, çinko ve fosfor başta olmak üzere diğer bitki besin elementlerine ihtiyaç duymaktadır. Ancak doğru gübreleme için toprak analizi sonrasında uygulama gerçekleştirilmelidir (Anonim, 2022).



şekil 1.19. Çeltik bitkisinde gübreleme işlemi (Orijinal, 2021)

### 1.1.3 Çeltik bitkisinde damla sulama yöntemi uygulamaları

Birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirdikleri iki farklı deney düzeneğiyle 25 farklı çeltik çeşidinde damla sulama yönteminin verimliliğini ve geleneksel sulama yöntemini ile damla sulama yöntemini Osmancık-97 çeltik çeşidi kullanarak değerlendirmişlerdir. İlk denemede elde edilen verilere göre sırasıyla Durağan (6,5 t ha<sup>-1</sup>), Osmancık-97 (6,23 t ha<sup>-1</sup>), Halilbey (6,23 t ha<sup>-1</sup>) ve Kızıltan (5,98 t ha<sup>-1</sup>) çeşitlerinde en yüksek verimi elde etmişlerdir. Diğer denemede ise geleneksel sulama yöntemi ile yetiştirilen bitkilerin verimi (8 t ha<sup>-1</sup>) o alanda yapılan damla sulama sisteminin veriminden daha yüksek bulunmuştur. Damla sulama sisteminde geleneksel sulama sistemine kıyasla %56 daha az su kullanımı gerçekleşmiştir (Anonim, 2009).

Ottis vd. (2006), çeltikte damla sulama ve devamlı sulama yöntemini karşılaştırdıkları bir çalışmada, yüzey altı damla sulamanın devamlı sulama yöntemine göre %80'e yakın su tasarrufu sağladığını tespit etmişlerdir. Ancak damla sulama ile sulanan alanlardaki çeltiklerin daha geç geliştiklerini fark etmişlerdir. Verim açısından değerlendirdiklerinde arada kayda değer bir fark olmadığını ancak su, ilaç ve gübre kullanımını azalttığını bildirmişlerdir.

Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde 2007-2009 yılları arasında Çeltikte Damla Sulama Araştırmaları Projesi yürütülmüştür. Bu projede, su kullanım miktarları incelendiğinde, kontrol uygulamasında 1 kg çeltik elde etmek için 2,25 m<sup>3</sup> su kullanıldığı, en iyi damla sulama konusunda 1 kg çeltik elde etmek için 1,13 m<sup>3</sup> su kullanıldığı tespit edilmiştir. Su kullanım etkinliği, kontrol uygulamasında 0,44 kg/m<sup>3</sup> iken, damla sulama uygulamasında bu değer 0,88 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Anonim 2010).

Tuna (2012), Trakya Bölgesinde gerçekleştirdiği bir çalışmada, çeltikte damla sulama ve geleneksel sulama yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bu iki yöntem için farklı su kısıtı uygulamıştır. Yüzey sulamada 1840 mm ile 4355 mm arasında su kullanımı gerçekleşmiştir. Ancak bitki su tüketimi 723-1446 mm/mevsim olarak kaydedilmiştir. En yüksek verim ise herhangi bir su kısıtının uygulanmadığı ve su yüksekliğinin sürekli olarak 10 ve 20 cm'de tutulduğu alanlarda sırasıyla 7,97 t/ha ve 8,14 t/ha olduğu bildirilmiştir. Damla sulamanın gerçekleştirildiği alanlarda ise 723 mm ile 1446 mm sulama suyu kullanılmıştır ve bitki tüketim değerleri 1061-1806 mm/mevsim aralığında değişim göstermiştir. Bu alanda en yüksek verim ise buharlaşmanın %150'si kadar sulama suyu uygulaması yapılan bölgede 7,11 t/ha olarak kaydedilmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, damla sulama yönteminin verim ve



diğer verim komponentlerini çok fazla etkilemediği ve su kısıtlı olan alanlarda kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

He vd. (2013), çeltik bitkisinin sulanmasında su kullanımı azaltmaya yönelik gerçekleştirdikleri bir çalışmada, devamlı sulama, malç+karık sulama, karık sulama ve malç+damla sulama yöntemlerini araştırmışlardır. Tava sulama ve damla sulamada 11.030-14.244 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, devamlı sulamada 34.0212-35.525 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> sulama suyu kullanılmıştır. Kullanılan sulama suyu miktarına göre verim değeri 2095,5-9040,3 kg ha<sup>-1</sup>, hasat indeksi değerleri 0,12-0,47 aralığında değişiklik göstermiştir. Ekonomik girdiler değerlendirildiğinde, bu sulama yöntemleri arasında en karlı olanların,devamlı sulama ve damla sulama yöntemleri olduğu vurgulanmıştır.

Parthasarathi vd. (2013), Hindistan'da gerçekleştirdikleri bir çalışmada çeltik üretiminde farklı sulama yöntemlerinin etkilerini araştırmak için çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yüzeysel damla sulama ve toprak altı damla sulama yöntemlerinde 0,6 l/h ve 1,01 l/h seviyesinde damlatıcı debileri kullanılmıştır ve sulama suyu miktarları tüm alanlara aynı miktarda buharlaşma değerlerinin %125'i olarak verilmiştir. Sulama suyu değerleri 572,9 ile 750 mm aralığında değişirken, toplam su tüketim değeri 647,5 ile 841,8 mm aralığında değişiklik göstermiştir. En yüksek verim değeri (4249,4 kg/ha) su debisinin 1,01 l/ha olduğu yüzey damlama sulama yapılan alanlarda tespit edilmiştir. Hasat indeks değeri %35,6 ile %38,8 aralığında değişmiştir.

Beşer vd. (2015), Edirne'de damla sulama sistemi ile yetiştirilen farklı çeltik çeşitlerinde (22 çeşit) verim değerlendirmesi yapmışlardır. Su stresine en dayanıklı çeşit Osmancık-97 olarak belirlenmiştir. Verim değerleri 229,38 kg/ha ve 651,71 kg/ha arasında, hasat indeksi %21,30 ve %47,50 değerleri arasında, bin tane ağırlıkları ise 20, 74 ve 35,99 gr arasında değişiklik göstermiştir.

Naik, Reddy, Sreenivas ve Rani (2015),tarımda sulama sıkıntılarının önüne geçmek ve su kullanımını azaltmak amacıyla damla sulama yönteminde 3 farklı gübre ve su uygulaması gerçekleştirmişlerdir. A kap buharlaşmasının %100, %125 ve %150'si olacak şekilde ve toplam gübrenin %75, %100 ve %125'i olacak şekilde hazırlanan deneme geleneksel sulama yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre en yüksek verim 4,93 t/ha ile buharlaşmanın %150'si + gübrenin %125'i uygulanan alanlarda elde edilmiştir.

Beşer vd. (2016), Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde gerçekleştirdikleri çalışmada damla sulama ve devamlı tava sulama yöntemlerini Osmancık-97 çeltik çeşidinde denemişlerdir. En yüksek verim devamlı tava sulama uygulamasında 8,027 ha<sup>-1</sup>olarak kaydedilmiştir. Damla sulamada ise verim 6,955 t ha<sup>-1</sup>olarak bulunmuştur. Su kullanımı 0,444 kg t<sup>-1</sup>ve 0,885 kg t<sup>-1</sup>aralığında değişiklik göstermiştir.

Sharda vd. (2017), A kaptan olan buharlaşmanın 1,5, 2,5 ve 3 katı olduğu damla sulama yöntemini, A kaptan olan buharlaşmanın 3 katı olduğu tava sulama yöntemini ve 3 farklı nitrojen seviyesini (120kg/da, 150kg/da, 180 kg/da N) çeltik için verim ve sulama değerleri için karşılaştırmışlardır. Değerlendirme sonuçlarına göre; verim bakımından damla sulama yönteminin(7,34-8,01 t/ha), tava sulama yöntemine göre %17 daha fazla etkili olduğu ve %40 daha tasarruflu olduğu belirtilmiştir. Gelecek yıllarda meydana gelebilecek su kıtlığına karşı damla sulama yönteminin çeltik bitkisinde kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Bhardwaj vd. (2018), tarafından yapılan damla sulamanın çeltik sulamasında uygulanabilirliğinin araştırıldığı bir diğer çalışmada direkt ekim ve fideleme ekim yöntemleri ile damla sulama ve devamlı tava sulama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda yapılan değerlendirmelere göre; en yüksek verim (7962 kg ha<sup>-1</sup>) damla sulama ve direkt ekim ikilisinin uygulandığı alanlardan elde edilmiştir. En yüksek miktarda su devamlı sulama ile fideleme yönteminin bir arada kullanıldığı alanda harcanmıştır. Araştırmada kullanılan sulama suyu miktarı 520 ile 1200 mm arasında ve hasat indeksi %39,37 ve %43,72 arasında değişmiştir.

Singh vd. (2018),çeltik bitkisinde damla sulamanın verim parametreleri, verim ve bitki büyümesi üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada çeltik taneleri ortalama verimi 3844,25kg/ha –8076,25 kg/ha aralığında bulunmuştur. Damla sulama uygulamalarının su tasarrufu sağladığı ve geleneksel sulama sistemine göre verim değerinin %33,31 oranında daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

#### **1.1.4 Çeltikte azot, fosfor ve potasyum makro bitki besin elementleri**

Azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K<sup>+</sup>) temel makro besinlerdir ve bitki büyümesi ve gelişmesi için vazgeçilmezdir. N, bitki kuru ağırlığının %1,5-8'ini ve toplam bitki proteininin %16'sını oluşturmaktadır (DeBang, Husted, Laursen, Persson ve Schjoerring, 2021). Benzer şekilde, P ve K<sup>+</sup>, bitki kuru ağırlığının %0,1–0,5'ini ve %2–10'unu oluşturmaktadır. N ve P

kritik makro moleküllerin temel bileşenleri iken, fotosentez, protein sentezi ve stoma açılması gibi birçok temel süreçte  $K^+$  gereklidir (Wang, Zheng, Shen ve Guo, 2013).

Yaklaşık 35,8 milyon ha pirinç ekili arazi, düşük besin mevcudiyeti ile karşı karşıyadır. Tüm besinler arasında N, P ve  $K^+$  eksikliği pirinç verimini büyük ölçüde engellemektedir (Wissuwa, Kretschmar ve Rose, 2016). Besin maddelerinin çoğunun daha derin toprak katmanlarına sızdığı sığ kök mimarisi ve çoğunlukla ovalardaki üretim sistemi, pirinç besin eksikliklerine eğilimli hale getirmektedir. Bireysel olarak her pirinç tanesinin makro bitki besin elementlerine gereksinimi oldukça yüksektir ve her 1000 kg pirinç tanesinin üretimi 13-15 kg N, 7-8 kg P ve 15-25 kg saf  $K^+$  gerektirmektedir (Zhang vd.,2017).

Makro besinlerin (N, P ve  $K^+$ ) eksiklikleri ve buna bağlı olarak aşırı gübre kullanımı toprak verimliliğini önemli ölçüde azaltmıştır. Besin kullanımı verimli bitkilerin geliştirilmesini gerektirir. Bitkiler, topraktan besin alımını artırmak için kök sistem mimarilerini (RSA) değiştirerek besin eksiklikleri ile mücadele etmektedirler (Deepika ve Singh, 2021).

Gübre kullanımı ve besin yönetimi ekonomik olarak sürdürülebilir bir pirinç mahsulü elde etmek için oldukça önemlidir. Çeltik tarlalarında verim ve ekonomik fayda açısından en uygun çeltik bitkisi besleme yönetiminin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada, her tarlada altı parsel hazırlanarak N0 (azotsuz), P0 (fosforsuz), K0 (potasyumsuz) ve N1P1K1 (Çeltik Araştırma Enstitüsü genel gübre önerisi), N2P2K2 (toprak testine dayalı pirinç araştırma enstitüsünün gübre önerisi) ve N3P3K3 (toprak testine dayalı gübre önerisi+ tam gübre ve büyüme uyarıcı gübre önerisi) olmak üzere gübre uygulamaları yapılmış ve çiftçinin geleneksel gübre yönetimi ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, toprak verimliliği ve mahsul verimi ile ilgili özellikler ölçülerek toprak azot, fosfor ve potasyum arzı hesaplanmıştır. Sonuçlar, topraktaki yerli azot ve fosfor arzının düşük olduğunu ve sırasıyla 20 ila 37 ve 3 ila 9 kg ha<sup>-1</sup> aralığında olduğu tespit edilmiştir. Verilerin birleştirilmiş analizi, gübre uygulamalarının çeltik verimi üzerindeki etkisinin %5 olasılık düzeyinde önemli olduğunu ve N3P3K3 uygulamasına ilişkin en yüksek ortalama verimin 3968 kg ha<sup>-1</sup> olduğunu göstermiştir. Ancak, N2P2K2 uygulamasından elde edilen veriler (3914 kg ha<sup>-1</sup> verim), N3P3K3 uygulamasından önemli ölçüde farklılık göstermemiştir. Bu iki öneri, olağan mahsul yönetimi verimine kıyasla ortalama pirinç verimini 259 kg/ha (N3P3K3) ve 313 kg/ha (N2P2K2) oranında önemli ölçüde artırmıştır N2P2K2 beslenme yönetimi uygulamalarının ekonomik faydaları, N3P3K3'ten önemli ölçüde farklı bulunmamıştır, ancak çiftçi geleneklerinin yönetiminden

önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Bu bulgular, ekonomik olarak sürdürülebilir pirinç üretimi için gübre girdilerinin türü, miktarı ve zamanı ile faiz-maliyet dengesine de dikkat edilmesi gerektiğini göstermiştir (Babazadeh, Feizian ve Davatgar, 2022).

Her ne kadar önceki çalışmalar, metabolizmada daha az enerji gereksinimi nedeniyle pirincin  $\text{NO}_3^-$  yerine  $\text{NH}_4^+$  tercihini belirlemiş olsa da (Zhang vd.,2020), kimyasal stres koşulları altında, tercih edilen N kaynağı olarak  $\text{NH}_4^+$  kullanımının besinsel katkısı,  $\text{NO}_3^-$  kullanımına göre daha az olabilmektedir. Bitki bu koşullarda N içeren kirleticilere maruz kalabilmektedir. Doğal koşullarda N, bitki büyümesi için temel bir besin maddesi olarak sayılmaktadır, ancak stres sırasında, mahsul bitkilerinde abiyotik stresin hafifleticileri olarak “biyo-uyarıcılar” gibi tepki vermektedirler (Mactavish ve Cohen, 2017). Örneğin, N gübre uygulamasının *Thlaspi caerulescens*, buğday ve pirinç bitkilerinde ağır metal toksisitesini azalttığı kanıtlanmıştır (Ling, Feng ve Yu, 2022).

P ve K gübrelere, mahsul alımını ve N'nin kullanımını etkilemektedir. Fosfor gübrelere, kök uzunluğu, kök biokütlesi ve kök sayısı gibi kök morfolojik özelliklerini değiştirebilmekte ve potansiyel olarak N alımını ve yeniden dağılımını etkileyebilmektedir. K gübrelere,  $\text{NO}_3^-$  için bir elektrokimyasal denge görevi gören  $\text{K}^+$  sağlayarak N alımını iyileştirmektedir.  $\text{K}^+$  ve  $\text{NH}_4^+$  arasındaki değişim etkileşimleri N mevcudiyetini etkilemektedir. N, P ve K gübrelerelerinin birlikte uygulanmasının mahsul performansı üzerindeki etkileri rapor edilmiş ve N, P ve K etkileşimlerinin verimi ve gübre kullanım verimliliğini artırabileceği varsayılmıştır (Du vd, 2022).

Metho, Hammes, de Beer ve Groeneveld (1997), N, P ve K gübresinin birlikte uygulanması üzerine buğdayın veriminin ve azot kullanımının, her bir besinin ayrı ayrı eklenmesinden elde edilenin toplamını aştığını bildirmişlerdir. Pirinç-buğday rotasyonu üzerine bir araştırma, N, P ve K'nin entegre edilmesinin, N veya N-P uygulamasıyla elde edilene kıyasla hem pirinç hem de buğdayda verimi ve N alımını artırdığını ve N kaybını azalttığını göstermiştir; bununla birlikte, uygulama sonrası N alımı, N-P-K veya N-P arasında önemli ölçüde farklı bulunmamıştır (Duan, Shi, Li, Sun ve He, 2014).

Önceki çalışmalar, toplam kök uzunluğu, kök biokütlesi ve kök sayısının, N, P ve K arasındaki etkileşimler nedeniyle gelişmiş azot kullanımı ve tane verimi ile yakından ilişkili olduğunu öne sürmüştür. Köklenme modeli, kök dağılımı ve kök aktivitesinin N alımını ve kullanımını etkilediği gösterilmiştir (Metho vd.,1997).

Küresel tahıl talebinin 2050 yılına kadar iki katına çıkacağı tahmin edildiğinden, daha da yüksek pirinç üretim seviyelerine ulaşma zorluğu hala devam etmektedir. Pirinç üretimindeki sürekli artışın en önemli faktörlerinden biri gübre kullanımınıdır. Dünya çapında üretilen gübre azotunun %20'sinden fazlası Asya'nın pirinç tarlalarında kullanılmaktadır. Sulanan ve yağmurla beslenen ova pirinç sistemleri, toplam pirinç üretiminin %92'sini ve gübre olarak uygulanan besinler, bu pirinç sistemlerinde toplam üretim maliyetlerinin %20-25'ini oluşturmaktadır (Bijay ve Vinod 2016).

Sentetik azotlu (N) gübrelerin aşırı kullanımı, sulak alan pirinç üretiminde düşük N kullanım verimliliğinin ve çevresel hasarın başlıca antropojenik nedenidir. Toprağa biyokömür eklenmesi, karbon tutulmasını destekleyen ve topraktan N kayıplarını ve sera gazı emisyonlarını azaltan bir iklim değişikliği azaltma aracı olarak önerilmektedir. Bu nedenle, Ali vd., (2021) yaptığı çalışmada, iki N seviyesi (135 ve 180 kg ha<sup>-1</sup>) ile birleştirilmiş dört Biyokömür seviyesinin (0, 10, 20 ve 30 t ha<sup>-1</sup>) toprak sağlığı, kök dinamiği, fizyolojik özellikler ve pirinç verim bileşenleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır., 135 N kg/ha ile 30 t/ha'da Biyokömür'ün eklenmesi klorofil içeriğini, net fotosentez oranını, biokütleyi ve tane verimini kontrole göre sırasıyla %104, %64, %12 ve %30 oranında artırmıştır. Ayrıca, toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi, toplam kök yüzey alanı ve toplam ortalama kök çapı gibi kök özellikleri, 135 N kg/ha ile 30 t/ha uygulamaları altında daha düşük N uygulaması altında ve biyokömür olmayan işleme göre sırasıyla %20, %13, %13 ve %25 oranında iyileşmiştir. Bu özelliklerdeki gelişmeler, iyileştirilmiş toprak fizyokimyasal özellikleri ve biyokömür ile birleştirilmiş toprak mikrobiyal biyokütlesi nedeniyle daha yüksek N alımından kaynaklanmıştır. İlginç bir şekilde, biyokömürle muamele edilmiş parsellerde nitrat redüktaz (NR), glutamin sentetaz (GS) ve glutamin oksoglutarat aminotransferaz (GOGAT) dahil olmak üzere geliştirilmiş N metabolize edici enzim aktiviteleri, bu özelliklerdeki artışları daha da desteklemiştir. Sonuçlar, 30 t/ha Biyokömürün 135 kg/ha N ile entegrasyonunun toprak sağlığını ve pirinç tane verimini arttırmak için uygun bir seçenek olduğunu ortaya koymuştur (Ali vd., 2021).

Azot (N) gübrelemesi, hızla artan küresel nüfusun artan gıda talebini karşılamada çok önemli bir faktördür. Pirinç mahsulü üretiminde kullanılan N gübre miktarı Çin'in pirinç üretim sisteminde küresel ortalamasının %90 üzerinde bulunmuş ve güney Çin'de yaklaşık 300–350 kg ha<sup>-1</sup> uygulanmıştır. Ancak sentetik N gübresinin aşırı kullanımı toprak sağlığını ve çevreyi olumsuz etkilemektedir (Chen, Huang, ve Tang 2011; Guo, vd.,2017).

Pirincin (*Oryza sativa* L.) aynı tarlada herhangi bir besin ekmeden sürekli olarak yetiştirilmesi, toprağın besin durumunu büyük ölçüde tüketmektedir. 7 t/ha pirinç üretimi, topraktan 300 kg/ha N, 30 kg/ha P ve 300 kg/ha K'dan fazlasını tüketmektedir. Başka bir çalışma, 10 tonha<sup>-1</sup>lık bir mahsulün, genellikle toprağa geri dönmeyen 730 kg NPK'yı topraktan uzaklaştırdığını göstermektedir. Bu kalıntı geri döndürülmezse, mahsullerde net negatif denge ve çoklu besin eksikliklerine yol açan ana besinler için toprak madenciliğine neden olabilmektedir (Mandal vd., 2004). Bu, toprak verimliliğinin ve mahsul veriminin düşmesinin nedenlerinden biridir (Palkar, Meshram, Kasture, Pinjari ve Dodake, 2022).

İnorganik gübrelerin aşırı kullanımı, artan nüfusu beslemek için entegre besin yönetiminin doğru bir geçişin tercih edildiği ve toprak sağlığını büyük ölçüde bozan çeltik tarlalarında büyük bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle, entegre besin yönetiminin pirinçte filokron ve kardeşlenme üzerindeki etkisini değerlendirmek için 2021 yılında Hindistan, Madurai, Tamil Nadu, Tarım Koleji ve Araştırma Enstitüsünde bir çalışma yapılmıştır. Önerilen organik gübre oranları, yani çiftlik gübresi (12,5 t/ha), yeşil yaprak gübresi (5 t/ha), kümes hayvanı gübresi (5 t/ha), keçi gübresi (5 t/ha) ve solucan gübresi (5 t/ha) önerilen gübre dozu 150:50:50 kgtha<sup>-1</sup> NPK ile entegre edilmiştir. Çalışma, çiftlik gübresi yoluyla entegre besin yönetiminin, 0,646 yaprak/gün'de yaprak çıkışı için gerekli olan daha az birikmiş termal sürede (21,2°C gün/yaprak) artan büyümeyle sonuçlandığını (bitki boyu, toplam yaprak alanı, bitki başına daha fazla yaprak ve kardeş bitkisi) ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, inorganik gübrelerin organik gübrelerle birleştirilmesinin, geleneksel yetiştirme yöntemine göre geliştirilmiş toprak sağlığına ek olarak, büyümeyi artırabileceği ve pirinç mahsulünün sürekli beslenmesini kolaylaştırabileceği sonucuna varılmıştır (Singh vd.,2021).

Azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve kükürt (S) bitkiler için en önemli besinlerdir. Sonraki faktörler, pirinç verimindeki azotu ve organ yapısındaki tutarlılığı, fizyolojik özellikleri ve bileşen sentezini ve bunların yayılmasını etkilemektedir. Fosforun hücre zarı oluşumunda ve çoklu metabolik süreçlerde aktif olduğunu ve pirinç üretimini ve fizyolojik metabolizmayı kolaylaştırdığı bilinmektedir. Hücre içi kontrol ozmotik aktivatörü ve membran protein transferi olan K, farklı enzimlerin aktivatörü olarak aktiftir. Sonuç olarak, pirinçte karbonhidrat taşınmasında K ayrıca bitki metabolizması ve strese karşı direnç için kesinlikle hayati ve gerekli bir bitki besin elementidir (Wang ve Wu, 2013; Nieves-Cordones, Ródenas, Lara, Martínez ve Rubio, 2019).

Pirinç gelişiminin kritik aşamalarında daha hassastır ve mahsuller beslenme stresinden uzak tutulmalıdır. Bazı mikro ve ikincil besin maddelerinin eksikliği, mahsul verimliliğindeki durgunluğun ana nedenlerinden biridir. Pirinç, azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) besin eksikliğinin belirgin semptomlarını göstermekte ve bu semptomlar, tarlada hızlı morfolojik teşhislerin temelini oluşturmaktadır NPK eksikliği olan pirinç genellikle çok sayıda semptoma sahiptir. N'nin yokluğunda, tüm yapraklar uçlarda açık yeşil ve klorotik hale gelmektedir. Daha genç ve daha yeşil yapraklar hariç, yapraklar dar, kısa, dik ve limon sarısıdır. P noksanlığında yapraklar dar, kısa ve çok diktir. K noksanlığında, yaprak kenarları sarı-kahverengi olan koyu yeşil bitkiler veya koyu kahverengi nekrotik benekler önce yaşlı yaprakların uçlarında görülür. Güçlü bir K eksikliği ile yaprak uçları sarımsı-kahverengi olur. Eski yapraklar ise sarıdan kahverengiye değişir (Armstrong, 2002; Chen vd.,2014).

Fageria (1980) fosfor eksikliğinin (aktaran Shrestha vd., 2020), pirincin olgunlaşmasının bir veya iki hafta gecikmesine neden olabildiğini belirtmiştir. Fosforun pirinç tarafından besinsel absorpsiyonu, toprağın potansiyeline ve desorpsiyon ve eksiklik özelliklerine, pirinç toprağı yoluyla potasyum, nitrojen ve çinko dahil olmak üzere büyük ve küçük besinlere reaksiyon olmamasına ve çok az reaksiyon göstermesine bağlıdır. Toprak çözeltilerinde, pirinç bitkileri nadiren genel gübre fosforunun %20'sinden fazlasını tüketir ve toprak çözeltilisindeki P'nin mevcudiyeti, toprak çözeltilisinde inorganik P'yi tutma kapasitesini belirlemektedir (Shrestha, Kandel, Subedi ve Shah, 2020).

Vejetatif dönemden çiçeklenme olarak adlandırılan üreme aşamasına geçiş, bitki büyümesinin önemli bir sürecidir. Pek çok çalışma *Arabidopsis*'te çiçeklenmenin düzenlenmesini araştırmıştır, ancak az sayıda çalışma, özellikle besinlerin pirinç çiçeklenmesi üzerindeki etkilerini ihmal ederek pirinç ve diğer mahsulleri ele almıştır. Farklı besin maddelerinin pirinç çiçeklenmesinin karakteristik parametreleri üzerindeki etkilerini netleştirmek için bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Besinlerin pirinç çiçeklenme zamanı ve çiçeklenme süresi üzerindeki etkilerini incelemek için sırasıyla beş azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gübre dozu belirlenmiştir. Sonuçlar, N, P ve K gübrelerinin pirincin büyümesini ve çiçeklenme süresini etkilediğini göstermiştir. N, P, K gübrelerinin uygulanmasından sonra salkım başına tane sayısı sırasıyla %31,4, %23,9 ve %48,2 ve salkım sayısı sırasıyla %55,1, %29,2 ve %6,7 oranında artmıştır. N uygulaması çeltik çiçeklenme süresini 1-4 gün geciktirmiş ve N uygulamasının daha da artırılması daha geç çiçeklenmeye neden olmuştur. Azot dozu (N0) ile karşılaştırıldığında, diğer N uygulamaları salkım, tepe ve grup başına çiçeklenme

süresini sırasıyla 0,5–1,2 gün, 0,7–1,7 gün ve 0,7–2,0 gün uzatmıştır. P gübresinin uygulanmasından sonra, çeltik çiçeklenmesi olması gerekenden 1 gün önce olmuştur ve P seviyeleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. K uygulaması, 1-3 gün arasında erken çiçeklenmeyi desteklemiştir ve K gübresinin uygulama oranı ne kadar yüksek olursa, çiçeklenme o kadar erken gerçekleşmiştir. P ve K gübrelerinin uygulanmasının çeltik çiçeklenme süresi üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Yukarıdaki sonuçlar, gübrelemenin pirinç üretiminde çiçeklenmeyi düzenlemek için önemli bir etken olduğunu göstermiştir (Ye vd., 2019).

Endonezya'daki gıda ürünleri için kullanılan bileşik gübre türleri farklılık göstermektedir. Günümüzde 15-15-15 NPK bileşimi ile yeni NPK gübresi üretilmiştir. Yeni NPK gübresinin etkinlik düzeyini belirlemek için ova pirinç (*Oryza sativa* L.) mahsullerine yeni NPK gübresi uygulanmıştır. 2016-2017 yıllarında Endonezya'nın yağmurlu sezonunda Mojosari Araştırma İstasyonu'nda bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada: cv. Inpari 30tohumları, Üre, Phonska gübreleri ve test edilen yeni NPK gübresi materyal olarak kullanılmıştır. Uygulama, bir kontrol (gübresiz), bir tedavi önerisi ve 15-15-15 bileşimli altı yeni NPK gübre seviyesinden oluşan sekiz gübre seviyesinden oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, yeni NPK gübresini, pirinç bitkilerinin büyümesini ve verimini etkilediği, pirinç bitkilerinin vejetatif ve üretken büyümesine en iyi yanıtı veren gübre dozunun 250 kg/ha yeni NPK gübresi + 300 kg/ha üre olduğu bildirilmiştir. Bu, %101'lik nispi tarımsal etkinlik değeri ve 1,88'lik ekonomik fizibilite değeri ile desteklenmiştir. Yeni NPK gübresinin Phonska NPK gübresine alternatif olarak etkin bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Budiono, Adinurani ve Soni, 2019).

Potasyum gereksinimi tahıllar için azot kadar önemlidir. Katyonik birincil besin olan potasyum, çeşitli fizyolojik süreçleri tetiklemektedir. Bitki dokularında fotosentez, protein sentezi, enzimlerin aktivasyonu ve su durumunun korunması için kullanılmaktadır. Ayrıca karbonhidratların sentezini, yer değiştirmesini, dönüştürülmesini, depolanmasını ve bölünmesini, ürün kalitesini ve hasat sonrası özelliklerini ve ayrıca bitkilerin stres ve hastalıklara karşı direncini etkilemektedir. Potasyum bir alkali metaldir ve genellikle çeşitli inorganik kaynakları (KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, vb.) bitki gübrelenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, çeşitli organik potasyum kaynakları, aslında K'nin inorganik katyon olarak kaldığı, ancak hacimli organik kısım ile sınırlı olduğu tarımsal uygulamalar için de uygundur. Ek olarak,



bu tür organik gübrelerin uygulanması, sürdürülebilirlik ve çevresel konularla daha tutarlıdır (Kundu vd.,2021).

N, P ve K gübreleri, mahsul ürünlerinin büyümesi ve üretimi için çok iyi gübrelerdir. Uygun gübre kullanımı bitki gelişimini etkileyen ana faktörlerden biridir. Farklı dozlarda gübre kullanımının farklı etkileri olabilir. Gübreler, üretim ve hasat kalitesini artırmanın yanı sıra, zararlıların, hastalıkların ve kuraklığın getirdiği rahatsızlıklara karşı bitki direncini de artırabilir. Biri toprağı yapay gübreler veya doğal gübreler şeklinde gübrelemek olan kuru arazide pirinç verimliliğini artırmak için birçok çaba sarf edilmiş, ancak bu suni gübreleme ile birçok engelle karşılaşmıştır. Bunlardan biri, sürekli gübrelemenin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olacak şekilde çevreyi kirletebilen gübrelerin kalıntı etkisidir. Biyolojik kaynaklar ve N, P, K, gübreler kullanılarak sürdürülebilir bir şekilde arazi verimliliğini geri kazanma ve artırma çalışmaları gerçekleştirilebilmektedir. Mikrobiyal gübreler, aktif canlı organizmalardan sıvı veya katı formlarda, mobilize etme, kolaylaştırma ve mevcut olmayan toprak besin kullanılabilirliğini biyolojik işlemler yoluyla kullanılabilir hale getirme yeteneğine sahip aşılamaçılardır. Yukarıdaki açıklamaya dayanarak, mikrobiyal gübrelerin ve N,P,K dozajının pirincin (*Oryza sativa* L) büyüme ve verimine etkisi üzerine araştırma yapılması gerekmektedir (Fitriatin, Silpanus, Sofyan, Yuniarti ve Turmuktini, 2019).

### 1.1.5 Çeltik ve çinko bitki besin elementi

Quijano-Guerta vd. (2002), çinkonun, 2 fidanlıkta ve ayrıca transplantasyonlardan sonra meydana gelen ve ova koşullarında yaygın olarak üretkenliği kısıtlayan fenomenlere sahip olan  $Zn^{++}$ ,  $ZnCl^+$ ,  $ZnO$  ve benzeri formlarda erişilebilen bütünsel bir pirinç mikro besin maddesi olduğunu bildirmiştir.

Çinko, alkol dehidrojenaz ve glutamat dehidrojenaz gibi N metabolizmasında aktif olan enzimlerin kofaktörüdür. Zn eksikliği, alkol dehidrojenaz fonksiyonunu ve anaerobik kök metabolizmasını önemli ölçüde azaltmakta ve pirinç fidelerinin anaerobik toprak koşullarıyla baş etme kapasitesinin azalmasına yol açmaktadır. Pirinç bitkileri erken büyüme evrelerinde Zn eksikliğine daha duyarlıdır. Reprodüktif büyüme döneminde, eksiklik giderilmezse, mahsulleri de etkileyebilmektedir. Zn bitki içinde çok hareketli olmadığı için, en genç bitkilerde Zn noksanlığının erken evrelerinde noksanlık belirtileri ilk olarak yaprak tabanında klorotik şekilde ortaya çıkmaktadır.

Yoshida çalışmasında (aktaran Shrestha, Kandel, Subedi ve Shah, 2020) Zn eksikliği ilerlemeye devam ettiğinde, orta damarlar ve ayrıca yaşlı yaprakların tabanı da kahverengi lekeler ve çizgilerle sarı veya açık yeşile dönebileceğini bildirmiştir. Mueller ise çalışmasında (aktaran Shrestha vd., 2020), büyük N ve P seviyeleri kullanıldığında Zn eksikliğinin daha ciddi seviyelere ulaştığını bildirmişlerdir.

Tahılların yetiştirildiği dünya topraklarının yaklaşık yüzde 50'sinde çinko ve yüzde 30'unda demir eksikliği olduğu bilinmektedir. Mikro besinler arasında çinko, biyolojik zarların bütünlüğünü, protein sentezini, fotosentez, polen oluşumunu ve hastalıklara karşı direnci korumak için önemlidir. Çinko, bitki metabolizmasındaki fonksiyonların çoğunda yer alır ve dolayısıyla eksikliğinin bitki büyümesi üzerinde çok sayıda etkisi bulunmaktadır. Bitki enzimatik sistemlerinde bulunan önemli bir temel elementtir. Tohum zenginleştirme, standartların altındaki tohumların kalitesini artıran tekniklerden biridir. Yine, mikro besinlerle tohum zenginleştirme işlemi, farklı mahsullerde çeşitli kalite parametrelerini de iyileştirmektedir (Afreen, Kumar, Sinha, Kumar ve Singh, 2021).

Mikro besinlerle (Fe ve Çinko) tohum muamelesi, çeltikte büyüme ve verim özelliklerini iyileştirir. Afreen vd. (2021), çalışma sırasında değişken bir yanıt elde edilmiş olsa da  $FeSO_4$  (%2,0) ile tohum muamelesi hem fidanlık hem de nakledilen tarlalarda tüm büyüme ve verim özelliklerini iyileştirmiştir. Bununla birlikte,  $ZnSO_4$  (%1,0) ile tohum muamelesi, bitkideki hem demir hem de çinko içeriğini iyileştirmiştir.

Çinko (Zn) sadece hayvanlar ve bitkiler için değil, insanlar için de önemli bir mikro besin elementidir. Bitkilerin genel kalite ve verimi artırması açısından önemi göz ardı edilemez. Genel fizyoloji, kalite ve biyokimyasal parametreler de optimum Zn uygulamasıyla geliştirilmektedir. Pirinç için ZnO emdirilmiş üre kullanımının tahıl (çeltik) verimini artırabileceğinin varsayıldığı bir çalışmada, formülün %1,5'i oranında Zn kaplı, biyo-aktif Zn kaplı ve Zn harmanlanmış üre dahil olmak üzere üç tip üre örneği hazırlanmıştır. Farklı Zn emdirilmiş üre türlerinin karşılaştırmalı etkinlikleri, tarla koşullarında pirincin tane verimi, fizyolojisi ve biyokimyası açısından  $ZnSO_4$  ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, %1,5 biyo-aktif Zn (ZnO) kaplı ürenin verim ve biyokimyasal parametreleri geliştirmede daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir. Verim fiziksel, biyokimyasal ve kalite parametrelerinde yaklaşık %15 ila %20 artış gözlenmiştir. Bu, biyoaktif Zn kaplı üre %1,5 uygulamasının pirinç mahsullerinin kalitesini ve verimini arttırmada büyük ölçüde aktif olduğunu göstermiştir (Nazir vd.,2021).

Çinko uygulamasının sadece ürün Zn eksikliğini gidermekle kalmayıp aynı zamanda ürün verimini ve üretkenliğini de artırdığını belirtilmiştir. Orta düzeyde Zn'li topraklarda yüksek verimli hibrit pirinç için Zn gübre uygulamasına ilişkin bilgiler sınırlıdır. Kritik sınırların üzerinde mevcut Zn'ye sahip toprakların da Zn uygulamasına cevap verdiği bildirilmiştir (Das, Singh, Kumar ve Kumar, 2018).

Çinko (Zn), mahsullerin biyo-fonksiyonlarını etkileyen önemli bir mikro besindir. Zn içeren üç tarım kimyasalının pirinç fidelerinin fizyolojisi üzerindeki etkileri ve tamamen su basmış çeltik topraklarından ağır metal (loid) ve mikro besin alımı üzerindeki etkileri bir sera çalışmasında araştırılmıştır. Çimlenmeden 45 gün sonra pirinç fideleri, yapraktan maruz kalma yoluyla rastgele eşdeğer miktarda  $100 \text{ mg L}^{-1}$  çinko oksit nanoparçacıklarına (ZnONP'ler), çinko oksit yığın parçacıklarına (ZnOBP'ler) ve çinko tuzlarına ( $\text{Zn}^{2+}$ ) maruz bırakılmıştır. Daha sonra, pirinç fideleri köklere ve sürgünlere ayrılarak bitki dokularındaki ilgili metal içerikleri, endüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile belirlenmiştir. Sonuçlar, tüm Zn zirai kimyasallarının bitki büyümesi üzerinde benzer bir etki gösterdiğini, ancak ZnONP'lerin arsenik (As) alımında en büyük inhibisyona yol açtığını göstermiştir. ZnONP'lerin yapraktan uygulanması pirinç sürgünlerinde %28 daha az As varlığı ile sonuçlanırken,  $\text{Zn}^{2+}$  aynı dokularda As birikiminde sadece %15'lik bir azalmaya neden olmuştur. ZnOBP'lerin pirinç sürgünlerinde As konsantrasyonu üzerinde minimum etkisi olmuştur. ZnONP'ler ayrıca, her ikisi de insanlar için gerekli mikro besinler olan demir (Fe) ve bakır (Cu) alımını pirinç sürgünlerinde teşvik etmiştir. Sonuçlar, ZnONP'lerin yapraktan uygulanmasının, bitki büyümesi ve gıda güvenliği için diğer iki Zn tipine göre daha olumlu sonuçlarla sonuçlandığını göstermiştir. Genel olarak, sonuçlar, nanotarım kimyasallarının uygulanmasının, tarımsal rollerine ek olarak önemli gıda güvenliği ve beslenme etkileri olduğunu ve ZnONP'lerin, As alımını azaltmak ve pirinç tanelerindeki Zn ve diğer temel mikro besinleri güçlendirmek için potansiyel olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Sharifan ve Ma, 2021).

*Zea mays* L. ve *Oryza sativa* L.'nin fotokimyasal tepkilerindeki değişiklikler, bu iki mahsulün Cd ve Zn toksisitesine karşı tolerans seviyelerini karşılaştırmak için analiz edilmiştir. Bunun için, mısır ve pirinç bitkilerinin fotosentetik verimliliği, farklı toksik bileşiklerin fotokimyasal üzerindeki etkisini incelemek için klorofil a floresan kinetiği kullanılarak 8 günlük  $\text{CdCl}_2$  ve  $\text{ZnSO}_4$  maruziyetinde bitkiler araştırılmıştır. İndüksiyon eğrilerinin ve fenomenolojik enerji boru hattı modellerinin analizi hem Cd hem de Zn'nin elektron taşıma verimliliğini ve

ilgili fotosistem II (PSII) işlevselliğini azalttığını göstermiştir. Her iki üründe de fotosentetik etkinlik ile reaktif oksijen türlerinin ve askorbatın birikimi arasında güçlü bir negatif korelasyon bulunmuştur, ancak pirinç Cd ve Zn toksisitesine karşı mısırdan daha toleranslı davranış sergilemiştir. Bu çalışma, Cd ve Zn'nin spesifik olmayan toksik etkilerinin klorofil bozulmasına, PSII'nin veriminde azalmaya ve elektron taşıma sürecinde bozulmaya neden olduğunu ileri sürmektedir (Janeeshma, Kalaji ve Puthur, 2021).

Pirinç tanelerinin demir (Fe) ve çinko (Zn) içeriği genellikle düşüktür ve çeltik işlenmesi sırasında önemli ölçüde azalır ve bu nedenle biyoyararlanımlarını sınırlar. Genel olarak, kahverengi pirinç, fitik asit (PA), nişasta olmayan polisakkaritler, tanenler ve fenolik bileşikler gibi bazı sindirilemeyen bileşenler içerdiğinden, öğütülmüş pirince kıyasla besin açısından zengindir. En önemlisi, Fe ve Zn eksiklikleri, yüksek PA içeriğine sahip gıdalarla ilişkilidir ve diyetleri yüksek miktarda tahıl bazlı gıda içeriyorsa, bebekleri, hamile ve emzikli kadınları olumsuz etkilemektedir (Al Hasan vd., 2016). Fitik asit, pirinç tanesinde Fe ve Zn gibi iki değerlikli iyonlarla güçlü bir kompleks oluşumuna neden olan ve böylece biyoyararlanımı ve besin değerini sınırlayan bir şelatör görevi görmektedir (Kumar vd, 2017). Bu nedenle, pirinç tüketen popülasyonlara besin güvenliği sağlamak için faydalı olacak şekilde pirinç tanesindeki Fe ve Zn gibi mikro besinlerin net içeriğinin ve biyoyararlanımının iyileştirilmesi gerekmektedir(Kumar vd., 2022).

Ekinlerin düşük diyet değeri, Zn eksikliği olan topraklar ve diğer minerallerin yetersiz alımı nedeniyle, toprak güçlendirme genellikle gereklidir. Zenginleştirme, bir popülasyonda veya belirli nüfus gruplarında yoksulluğu azaltmak için bir gıdaya bir veya daha fazla önemli besin maddesinin eklenmesi olarak tanımlanır. Vitamin ve minerallerle pirincin zenginleştirilmesi için şu anda mevcut olan teknolojiler, yüksek enerjili ve zaman alıcı yöntemlerdir. Bu nedenle, ekinlerin mineral zenginleştirilmesi bilim adamlarının büyük ilgisini çekmiştir. Ziarati vd., (2021),çeltik toprağının zenginleştirilmesi ve ağır metallerin eşzamanlı immobilizasyonu için sert fındık kabuğu, portakal kabuğu ve pirinç kabuğunun optimal kullanımının belirlenmesine dayanmaktadır. Tanımlanan atıkların, yani fındık kabuğu, portakal kabuğu ve pirinç kabuğunun kombinasyonu, hareketsizleştirme/eliminasyon veya ağır metallerin izin verilen limitlerin altına düşürülmesi için iyi bir potansiyel göstermiştir. Bu nedenle, bu kombinasyonun kullanılması, hem pirinç tanesine yeni mikro besinlerin eklenmesi hem de ağır metallerin uzaklaştırılması için etkili bir strateji olabileceği düşünülmektedir (Ziarati vd., 2021).

Farklı pirinç genotiplerinde tane ve saman verimi, çinko uygulamasıyla sırasıyla %14 ve %16 oranlarına kadar önemli ölçüde artmıştır (Sudha ve Stalin, 2015). Ortalama topraklarda Zn konsantrasyonu 10 ila 300 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Toplam toprak Zn içeriği nispeten yüksek olmasına rağmen, bunun küçük bir kısmı bitkiler için mevcuttur. Yüksek verimli çeşitler ve ağır gübre girdilerine ek olarak, pirinçteki Zn eksikliği, yüksek toprak pH'ı, aşırı bikarbonat ve düşük redoks potansiyeli gibi başka faktörler tarafından da indüklenebilir. Çinko konsantrasyonu yüksek pH'da azalmaktadır. Toprağın pH'sı arttığında, Zn konsantrasyonu pH'daki bir birimlik artışla 100 kat azalmaktadır (Nadeem vd., 2013). Zn'nin yüksek pH altında kile ve CaCO<sub>3</sub>'e adsorpsiyonu, Zn'nin kalkerli topraklarda azalmasının başlıca nedenidir. Biyolojik sistemlerde Zn, altı enzim sınıfının, yani oksidoredüktazlar, transferazlar, hidrolazlar, liyazlar, izomerazlar ve ligazlar gibi enzimlerin bileşeni olan tek metal olma statüsüne sahiptir. Çinko, karbonhidrat metabolizması, hücre duvarı gelişimi, gen ekspresyonu, protein sentezi ve solunum gibi bitkilerin süreçlerinde çok önemli bir düzenleyici rol oynamaktadır (Regar vd., 2022).

Çinko (Zn), pirinçte gelişme, gen ifadesi, solunum, polen gelişimi, sitokrom ve nükleotid sentezi, oksin metabolizması, klorofil üretimi, çeşitli enzimlerin aktivasyonu, membran bütünlüğü, karbonhidrat metabolizması ve hücre duvarı gibi çeşitli biyokimyasal ve metabolik süreçler için gerekli olan hayati besinlerden biridir (Barman vd., 2018; Madhusudanan vd., 2019; Mondal vd., 2020).

Düşük alım verimliliği, zorluğu ve ilgili maliyet, toprak yoluyla mikro besin maddelerinin uygulanmasını sınırlayan başlıca engellerdir. Bu nedenle, mikro besinlerle ekinlerin biyolojik olarak güçlendirilmesi için mikro besin tohum hazırlama gibi mikro besin işleme tekniklerinin kullanımına ilgi artmaktadır. İki ıslatma süresi (24 ve 48 saat) boyunca farklı dozlarda Zn (%0-5) ile tohum hazırlamanın fide büyümesini ve performansını, tahıl üzerindeki etkisini incelemek için 2021'de *invitro* koşullarda, fidanlık ve saha denemelerinin bir kombinasyonu gerçekleştirilmiştir. İki pirinç çeşidinin (Anbarbou ve Shamshiri) Zn alımı, verimle ilgili bileşenler ve tane verimi araştırılmıştır. İki pirinç çeşidinin tohum çinko konsantrasyonu, hazırlama çözeltilisinin konsantrasyonu arttıkça artmıştır. İki pirinç çeşidinin doğal çinko içeriği, özellikle 48 saatlik hazırlama süresinde, hazırlama çözeltilisinin konsantrasyonu arttıkça önemli ölçüde artmıştır. %5 ZnSO<sub>4</sub> ile astarlanmış tohumlardan 48 saatlik astarlama süresinde yetiştirilen fidanlar sürgünlerde daha yüksek yaş ve kuru madde birikimi vermiştir. Tarla denemesinde kullanılan solüsyonlar, tohumlardaki Zn

konsantrasyonunu 10,5'ten 29,6  $\mu\text{g g}^{-1}$ 'a yükseltmiştir. Primin tohum kullanımı, dane veriminde %8,46'lık önemli bir artışla sonuçlanmıştır. Astarlama, salkım sayısı bitki<sup>-1</sup> (%20), tohum salkımı<sup>-1</sup> (%13,8) ve tane ağırlığı (%9,1) için daha iyi verimle ilgili parametrelerle sonuçlanmıştır. Daha fazla araştırma ayrıca, tohumun çinko ile astarlanmasının, pirinç fidesi kökleriyle simbiyotik ilişkide *Serendipita indica* hiflerinin süksinat dehidrojenaz aktivitesinin artmasına yol açtığını ortaya koymuştur (Sadeghizadeh ve Zarea, 2022),

Bir kütle denge kutusu modeli kullanarak, fazla Zn'nin floemdeki Fe(II) translokasyonunu ve yaşlanmış yapraktan yeniden mobilizasyonunu azalttığı görülmüştür. Buda nikotianamin üzerindeki Zn ve Fe(II) arasındaki bağlanma bölgelerinin rekabetini göstermektedir. Yapılan bir çalışma, Zn'nin pirinçte Fe alımını ve yer değiştirmesini nasıl düzenlediğine dair doğrudan bir kanıt oluşturmaktadır ve Zn ile kontamine topraklarda yetiştirilen pirinçte Fe eksikliğini tedavi etmek için stratejiler tasarlamak için pratik öneme sahiptir (Wu vd.,2022).

Ağır metaller, sanayi bölgelerinin aşırı deşarjları nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde su kütlelerini kirleten toksik elementlerdir. Pirinç (*Oryza sativa* L) bitkisi uzun süre su ortamında kalan bir bitkidir ve bu nedenle ağır metallerle kirlenmiş su ile sulama bitki büyümesi üzerinde toksik etkilere sahiptir. Yapılan bir çalışmada, bakteri (*Bacillus cereus* ve *Lysinibacillus macroides*) ve çinko oksit nanoparçacıklarının (ZnO NP'ler) (5, 10, 15, 20 ve 25 mg/L) ağır metallerle kontamine sularda yetiştirilen pirinçler üzerindeki sinerjistik etkisini gözlemlemek amaçlanmıştır. Mevcut bulgular, bakterilerin, daha düşük konsantrasyonda ZnO NP'leri ile, daha yüksek konsantrasyonlara kıyasla pH 8'de (90 dakika) kirli sudan ağır metalleri daha iyi uzaklaştırdığını ortaya koymuştur. ZnO NP'leri (5 mgL<sup>-1</sup>) içeren kirli suda büyütülen bakterilerle hazırlanan tohumlar, kök, sürgün ve yaprakta ağır metallerin alımının azaldığını, dolayısıyla bitki büyümesinin artmasına neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bunların birleşik etkileri biyobirikim indeksini azaltmıştır ve bitkilerin tolerans indeksini arttırmıştır. Akhtar, (2021), çalışmasında, bakterilerin daha düşük konsantrasyonlarda ZnO NP'leri ile sinerjik tedavisinin, bitkilerin ağır metal toksisitesini, özellikle Pb ve Cu metallerinin etkisini azaltmasına ve bitki büyümesini arttırmasına yardımcı olduğunu ileri sürmüşlerdir (Akhtar, 2021).

Düşük konsantrasyonlarda çinko (Zn) bitkiler ve hayvanlar için gereklidir, ancak kritik bir seviyeyi aştığında toksik hale gelmektedir. Bir çalışmada, biyokömürün Zn ile kirlenmiş toprağın iyileştirilmesi ve Zn'in pirinç bitkilerinde dağılımı üzerindeki etkilerini saksı deneyleri

kullanarak araştırma amaçlanmıştır. Pirinç samanından elde edilen çeşitli miktarlarda biyokömür (ağırlıkça %0 (kontrol), %2,5 ve %5 oranlarında), bir madenin yakınındaki tarım arazilerinden toplanan Zn ile kontamine toprakla karıştırılmıştır. Sonuçlar, biyokömürün pirinç dokularının biokütlesini arttırdığını ve kahverengi pirinçte Zn konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ayrıca, biyokömürün Zn ile kirlenmiş toprağa uygulanmasının pirinç üretimini artırabileceğini tespit edilmiştir (Li vd.,2022).

Çinko oksit nanoparçacıkları (ZnO NP'ler) tarımda yaygın olarak uygulanmış ve ZnO NP'lerin bitki büyümesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır. Şimdiye kadar, ZnO NP'lerin tahıl verimi oluşumu veya tahıllardaki Zn içeriği üzerindeki potansiyel etkisi ile ilgili az sayıda çalışma araştırılmıştır. Burada, ZnO NP'lerinin pirinç verimi, kuru madde birikimi, pirinç kalitesi ve tane Zn içeriği. Sonuçlar, ZnO NP'lerin tahıl üretimini, kuru madde birikimini ve partikül Zn içeriğini arttırdığını göstermiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, ZnO NP uygulaması daha fazla salkım sayısı (%4,83-13,14), salkım başına başakçık (%4,81-10,69), 1000 tane ağırlığı (%3,82-6,62) ve dolgulu tane oranı (0,28- %2.36) elde edilmiştir. Ek olarak, ZnO NP'lerin kuru birleştirme, başlık ve olgunlaşma süreleri, SPAD değerleri ve fotosentetik potansiyelleri, ZnO NP'leri olmayan işleme göre önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır. Bütün pirinç yetiştirme aşamasında biriken daha fazla fotosentetik madde, daha yüksek kuru madde ve daha yüksek pirinç tane verimi ile sonuçlanmıştır. Ayrıca, ZnO NP'ler pirinç işleme ve görünüm kalitelerini iyileştirmiştir. Pirinç tanesindeki Zn beslenmesi için, ZnO NP uygulaması, yenilebilir cilalı pirincin Zn içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. Bu çalışma, ZnO NP'lerin pirinç verimini ve kalitesini artırmak için potansiyel olarak yüksek performanslı bir gübre olabileceğini etkili bir şekilde göstermiştir (Zhang vd., 2021)

## 1.2 Çalışmanın amacı ve kapsamı

Sürdürülebilir tarımın temelinde sürdürülebilir toprak verimliliği gelmektedir. Toprak verimliliğinin en önemli parametrelerinden biri de toprak organik maddesi gelmektedir. Ancak konvansiyonel tarımın sonucunda gün geçtikçe ülke topraklarımızın verimliliği düşmektedir. Bu nedenle tarımsal üretim için olmazsa olmazımız doğru ve yeterli gübrelemedir. Ülkemiz ve bölgemizde geleneksel yetiştirme metodu ile çok küçük bir alanda ve ruhsata tabi yetiştiriciliği yapılabilen ve ülke ekonomisinde yüksek bir katma değere sahip çeltik bitkisinin, damla sulama yöntemi ile hem su kaynaklarımızı koruyarak hem de çeltiği özgürleştirmek koşuluyla çok daha fazla yeni çeltik sahaları açarak ülke ekonomisine katkıda bulunabilmek için doğru ve yeterli miktarda gübreleme önerileri yapılması planlanmaktadır.

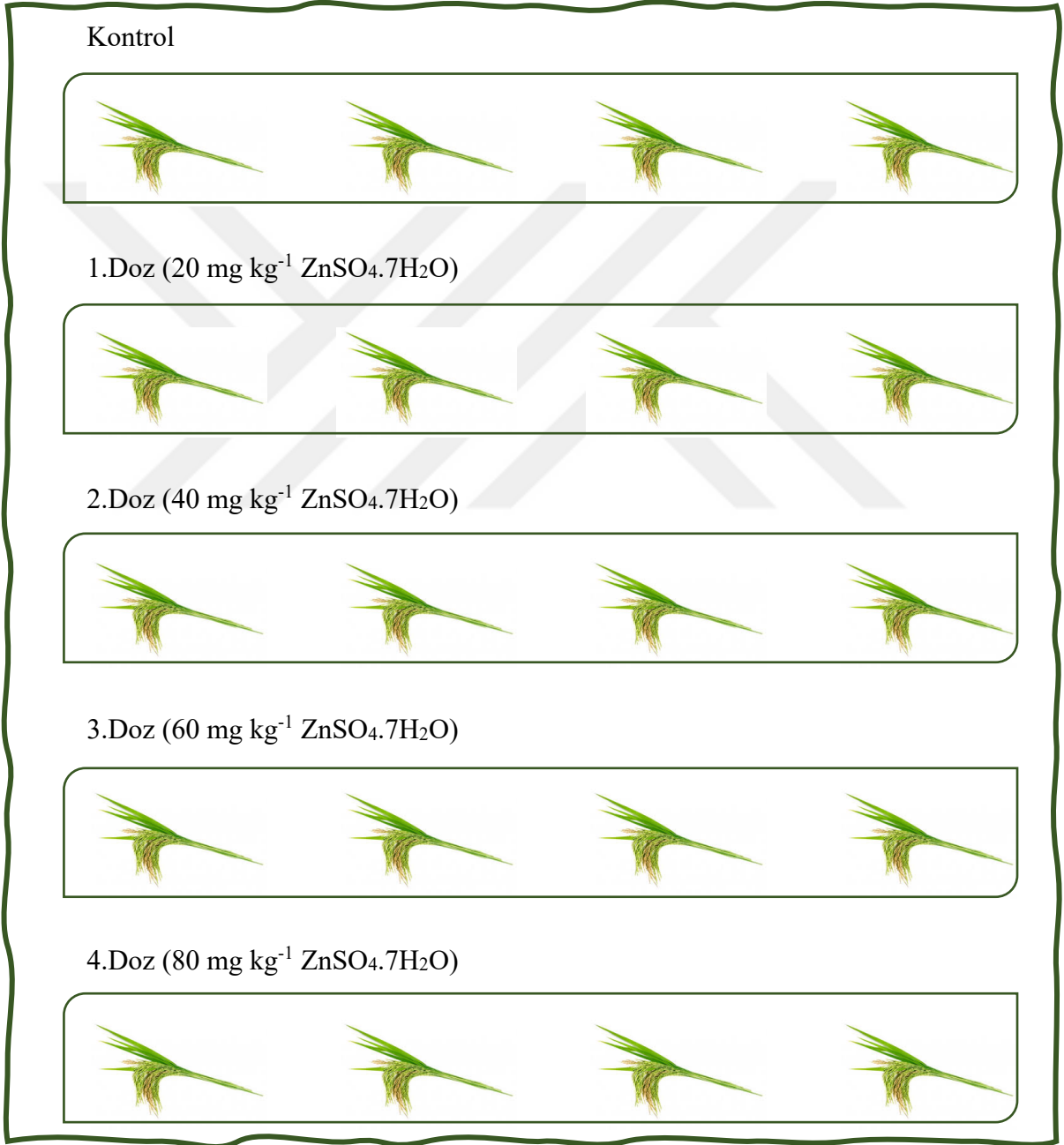
Günümüz koşullarında yapılan tarımsal faaliyetlerin önünde birçok engeller bulunmaktadır. Bunlardan biri de son zamanlardaki iklim değişikliğinin sonucunda tarımsal ürünlerin birim alandan alınan verimi ciddi anlamda tehdit ettiği görülmektedir. Bu durumla mücadele etmek için ülkemizde katma değeri yüksek olan çeltik (*Oryzasativa* L.) yetiştiriciliğinde, bitkinin duyarlı mikro bitki besin elementini artan dozlardaki gübre uygulamaları ile bitkinin beslenmesi ve verim artışı sağlanması amaçlanmaktadır. Diğer yandan çeltik yetiştiriciliğinde damla sulama yöntemi kullanılarak minimum su koşullarında en az tava koşullarında yetiştirilen çeltik verimi kadar üretim yapılması planlanmaktadır. Bu tez araştırması ile çeltik bitkisini kalıplaşmış alanların dışına çıkartıp özgürleştirerek doğru gübreleme ve su kısıtı koşullarında daha geniş alanlarda yetiştirilebilmesini sağlamakla birlikte, çeltik bitkisinin hassas olduğu mikro bitki besin elementlerinden çinko gübrelemesi ile beslenmesi ve verim açısından bitkideki değişimin incelenmesi hedeflenmiştir.



## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Materyal

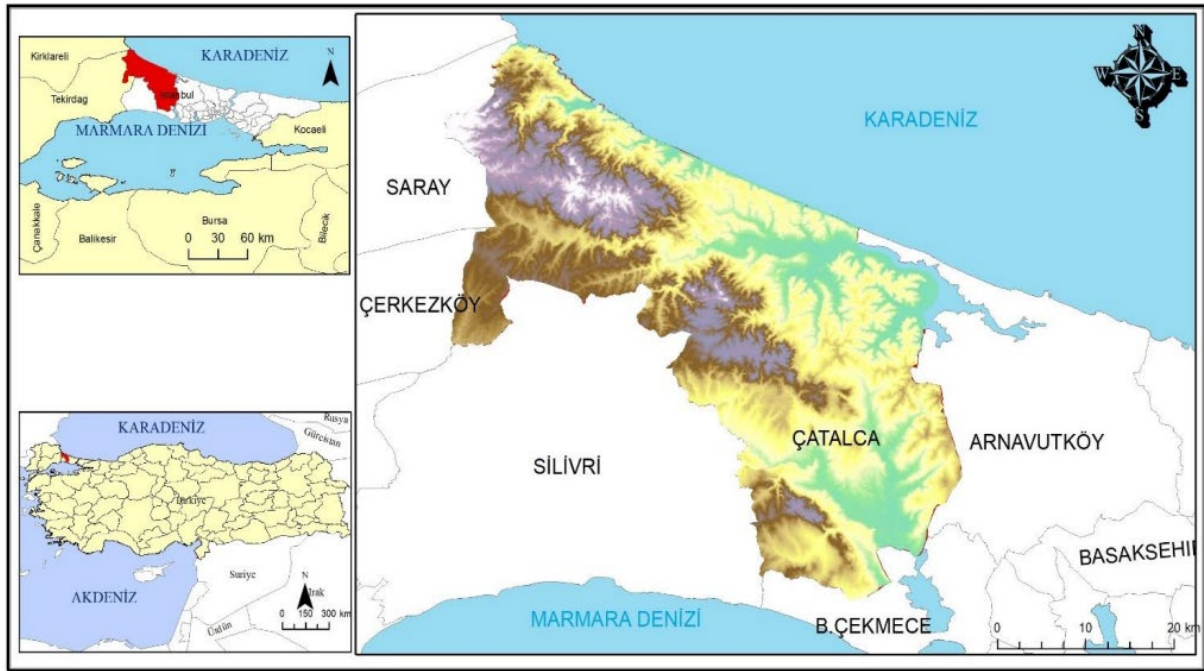
Bu çalışmada materyal bitki olarak, çeltik (*Oryza sativa* L.) Luna CL çeşidi kullanılmıştır. Çatalca Bölgesi'ndeki bir tarım arazisinde damla sulama yöntemi ile yetiştirilmiştir. Bitkinin duyarlı olduğu bitki besin elementlerinden çinko (Zn) bitki besin elementinin artan dozlarda uygulaması Şekil 2.1' de belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Deneme planı

### 2.1.1 Deneme alanı bilgileri (Çatalca Bölgesi)

Çatalca, Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Kuzeyde Karadeniz, doğuda Eyüp ve Gaziosmanpaşa ilçeleri, güneyde Büyükçekmece ilçesi, batıda Silivri ve Tekirdağ ile çevrili bir alan içerisinde yer almaktadır(Şekil2.2). İlçe 135.690 ha alana sahip olması sebebiyle İstanbul'un en büyük yüz ölçümüne sahip ilçesidir ve Terkos, Büyükçekmece ve Sazlıbosna havzaları bu alanda yer almaktadır. Çatalca ilçesinin %39'u ormanlık alanları içermektedir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan arazi ise ilçenin %37'sine tekabül etmektedir. Tüm bu özellikleri Çatalca ilçesini İstanbul ili için oldukça önemli hale getirmiştir. Ayrıca İstanbul ilini diğer illerin de tarımsal ürünlerinin içi ve dış pazarda sergilenebilmesi için önemli ve merkezi durumunda olmasını sağlamıştır (Okur, 2013; İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Başkanlığı, 2020).



Şekil 2.2. Araştırma alanının konumu (Garipoğlu ve Duman, 2018)

Marmara Bölgesi iklim çeşitliliğine sahip bir bölgedir ve aynı anda Akdeniz, Karadeniz ve Karasal iklim özelliklerini gösterebilmektedir. Bu nedenle Çatalca'da da nemli iklim ormanları ile maki bitki örtüsü birlikte görülmektedir. Orman alanların tahrip edilmesi sonucu bazı alanlarda maki- psidömaki bitki örtüsü de yayılmış göstermiştir. Karadeniz'e kıyısı olan bölgelerde yağış miktarına bağlı olarak orman bitki örtüsü daha yaygındır. Araştırma alanının iklimi nemli-ılıman olan Karadeniz Kıyı Kuşağı İklimi'dir. Bu iklimde yıllık ortalama sıcaklık değeri 11°C ile 13°C arasında değişmektedir. Kış aylarında sıcaklık 3°C-6°C arasında iken, yaz aylarında bu değerler 22°C ve 24°C aralığında değişiklik göstermektedir. Bölgede su kaynağı

olarak küçük dereler, göller ve baraj gölleri bulunmaktadır. Istranca deresi, Terkos (Durusu)gölü ve Büyükçekmece gölü bölgedeki en önemli su kaynaklarıdır. Çatalca bölgesinin toprak özelliklerine bakıldığında, kahverengi-kireçsiz kahverengi orman topraklarının oldukça geniş yer kapladığı görülmektedir. Akarsu biriktirmesi sonucu geniş vadi alanlarında ise alüvyal topraklar bulunmaktadır (Garipoğlu ve Duman, 2018).

### 2.1.2 Deneme alanı toprak özellikleri

Araştırma alanına ait toprak özellikleri, Çizelge 2.1’de verilmiştir. Toprak analizi sonuçları, deneme kurulmadan önce araştırma alanından alınan toprak örneğine aittir. Çizelge 2.1’deki veriler, araştırma alanındaki toprağın, az kireçli ve killi tınlı bir toprak olduğunu göstermektedir. Çeltik bitkisi toprak konusunda seçici bir bitki değil ancak yetiştiriciliğinde, toprağın killi, kum ve kireç oranı düşük, pH aralığı ise 4.5 ile 7.5 aralığında olması çeltikte verimi artırdığı da bilinmektedir (Dengiz ve Özyazıcı, 2018). Denemenin kurulduğu arazinin toprak pH değeri ise analizler sonucunda 7,62 olarak belirlenmiştir ve hafif alkali olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Lindsay ve Norwell, 1978; FAO,1990; Tovep 1991; Tuncay, 1994; Güneş vd., 2017)

	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Sonuçları</b>	<b>Değerlendirme</b>
<b>pH</b>		7,62	Hafif alkali
<b>Tuz</b>	%	0,04	Tuzlu değil
<b>Kireç</b>	%	0,89	Az kireçli
<b>Tekstür</b>	%	38,488 kum 39,512 kil 22,00 silt	Killi tınlı
<b>Organik Madde</b>	%	1,8	Az
<b>Toplam Azot (N)</b>	%	0,09	Az
<b>Fosfor (P)</b>	mg/kg	14,1	Orta
<b>Potasyum (K)</b>	mg/kg	350,8	Yeterli
<b>Kalsiyum (Ca)</b>	mg/kg	5.395,03	Yeterli

Çizelge 2.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri (devamı) (Lindsay ve Norwell, 1978; FAO,1990; Tovep 1991; Tuncay, 1994; Güneş vd., 2017)

<b>Magnezyum (Mg)</b>	mg/kg	353,50	Yeterli
<b>Demir (Fe)</b>	mg/kg	30,60	Yeterli
<b>Bakır (Cu)</b>	mg/kg	2,01	Yeterli
<b>Çinko (Zn)</b>	mg/kg	0,86	Az

### 2.1.3 Denemede kullanılan bitki çeşidinin özellikleri

Pirinç, *Poaceae* ailesinin *Oryza* cinsine ait bir bitkidir. *Oryza* cinsi, dünyanın tropik ve subtropikler alanlarına dağılmıştır. Bu cins hem diploid ( $2n = 24$ ) hem de tetraploid ( $2n = 48$ ) türler içermektedir. Kültüre alınan *Oryza sativa* ve *Oryza glaberrima* türleri haricinde 23 yabancı tür daha vardır. Genom analizine dayalı olarak 25 türün tümü dokuz farklı genomda gruplandırılmıştır, yani. A, B, C, D, E, F, G, H ve J olmak üzere beş farklı komplekste sınıflandırılmıştır. *Oryza sativa* esas olarak Asya bölgesinde yetiştirilmektedir. *O. Glaberrima* ise Afrika'da yetiştirilmektedir. Birçok yabancı *Oryza* türünün tohumları, 1960'lı yıllara kadar kıtlık zamanlarında pirinç gibi tüketiliyordu. Bunlardan bazıları, özellikle *O. rufipogon*, *O. longistaminata*, *O. barthii*, *O. punktata*, *O. grandiglumis* ve *O. ridleyi* türleri ritüelleri gerçekleştirmek için de kullanılmaktadır (Dunna ve Roy, 2013; Nayar, 2014).

*Oryza* türleri pantropik bir dağılıma sahiptir. Çoğu tür, sulak alanlara veya mevsimlik sulak alanlara ve akarsu olan yerlere uyum sağlamıştır. Hem açık alanlarda hem de gölgede yetişebilirler. Yetiştirilen türlerle en yakın akraba olan türler ve taksonlar açık, ova habitatlarını tercih etmektedir. Birkaç tür, yüksek arazilerde, genellikle gölgede, ikincil ormanlarda veya yaprak döken ormanlarda yetişmektedir (Nayar, 2014).

Çatalca şartlarında ve damla sulama yöntemi ile yetiştiriciliği yapılabilecek en uygun çeşidi seçebilmek için, TC. Tarım ve Orman Bakanlığı Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden destek alınmıştır. Enstitü şartlarımıza en uygun çeltik çeşidi olarak Luna CL (Clearfield) önermiştir. Luna CL çeşidini seçmemizde uzun taneli kristal yapıda olması, tüysüz olması, olgunlaşmasının orta süreli olması, yüksek verimli ve hastalıklara oldukça dayanıklı olmasının yanında en önemli özelliğinin ise Clearfield yani imidazole grubu yabancı ot ilaçlarına karşı dayanıklı olması ile arazideki yabancı ot kontrolünün daha etkin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

### 2.1.4 Denemede kullanılan gübre

Deneme parsellerinde Dr. Tarsan firmasının Speedfol PhosphoZinc ticari isimli ve içerisinde %9,2 oranında suda çözünür Çinko (Zn) bulunan sıvı gübre kullanılmıştır.

## 2.2 Metod

Araştırmanın yürütülmesi, çinko gübre uygulaması, toprak ve bitki örneklemesine ait uygulamalar ve yapılan analizler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

### 2.2.1 Araştırmanın yürütülmesi

Deneme İstanbul'un Çatalca ilçesinin tarım alanlarında tarla koşullarında Çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisi kullanılarak yürütülmüştür. Deneme 1 bitki x 4 tekerrür x 5 farklı doz(0-20-40-60-80 mg/kg ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) olmak üzere toplamda 20 parselde "Tesadüf Blokları Deneme Deseni" ne göre gerçekleştirilmiştir. Parseller 5m x 2m= 10 m<sup>2</sup>büyükliğünde ve her parselde sıra arası 20 cm olacak şekilde 10 sıra olarak planlanmıştır (Şekil 2.3). Parseller arasında ise 1 m uzaklık bırakılmıştır.Damla sulama için uygun aralıklarda damla sulama sistemi kurulmuştur.



Şekil 2.3. Damla sulama sisteminin kurulumu ve araştırma alanının parsellere ayrılması (Orijinal, 2021)

Sakaroğlu (2012)' e göre tohum uygulaması (m<sup>2</sup>'ye 400 tohum) yapılmıştır. Daha sonra bitkiler gelişim periyodunun (6 ay) sonunda hasat edilerek literatürde belirtildiği şekilde her parselden bitki örnekleme yapılmıştır (Jones vd, 1997).

### 2.2.2 Bitki analizleri

Örneklerde bazı makro ve mikro (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) bitki besin elementlerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Bitki rnekleri öğütüldükten sonra Zn bitki besin elementinin analizi ve bazı makro-mikro besin elementleri analizi İstanbul Büyükşehir Belediyesi Anadolu Yakası evre Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Azot analizi Kjeldahl Metodu ile Gerhardt Kjeldathern yakma (şekil 2.4) ve Gerhardt Vapodest 20 S disitilasyon cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bazı makro ve mikro besin elementleri ve Zn içeriği ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir (Kacar ve İnal, 2010).



şekil 2.4. Kjeldahl tüplerine konulan numunelere yaş yakma işleminin uygulanması (Orijinal, 2021)

### 2.2.3 Toprak analizleri

Çeltik hasadı gerçekleştirildikten sonra, parsellerden alınan toprak örnekleri hava kuru ortamda kurutulup 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Analiz için hazırlanan topraklarda çinko (Zn) bitki besin elementinin ve diğer makro ve mikro bitki besin elementlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler Tekirdağ Ticaret Borsası Tarımsal Amaçlı Analiz Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978; Sağlam 2012).

#### 2.2.3.1 pH analizi

Ph değerinin elektrometrik analizi Sağlam (2012)'ye göre gerçekleştirilmiştir. Toprak-su karışımı 1:2,5 oranında oluşturulmuştur ve H<sup>+</sup> iyonu için özel olan cam elektrodu kullanılmıştır.

#### 2.2.3.2 EC analizi

Toprağın tuzluluk derecesi 1:2.5'lik toprak-su karışımına elektrik iletkenlik cihazının (Wheatstone Bridge) elektrotunun daldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir (Sağlam, 2012).

#### 2.2.3.3 Kireç analizi

Topraktaki kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak belirlenmiştir (Sağlam, 2012).

#### 2.2.3.4 Organik madde analizi

Topraktaki organik madde içeriği Smith-Weldon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Sağlam, 2012).

#### 2.2.3.5 Tekstür analizi

Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin tekstür analizi Bouyoucos'un yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1955).

#### 2.2.3.6 Fosfor tayini

Fosfor tayini için alınan toprak örnekleri sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) ile çalkalanarak filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen çözelti fosfor içeriğinin analizi ICP-OES cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Olsen ve Sommers, 1982).

#### 2.2.3.7 Makro element analizi (K, Mg, Ca)

Amonyum asetatla ( $C_2H_7NO_2$ ) çalkalanan toprak örnekleri filtre kâğıdı kullanılarak süzölmüştür. Elde edilen çözeltiler makro elementler içeriğinin belirlenmesi için ICP-OES cihazı kullanılarak analiz edilmiştir (Sağlam, 2012).

#### 2.2.3.8 Mikro element analizi (Fe, Mn, Cu)

Topraktaki yarayışlı Fe, Mn ve Cu içeriği DTPA yöntemine göre ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir (Lindsay ve Norvel, 1978).

#### 2.2.3.9 Zn bitki besin elementinin analizi

Toprak örneklerindeki Zn içeriği, 0,005 M DTPA + 0,01 M  $CaCl_2$  + 0,1 M TEA (pH 7,3) ile ekstrakte edildikten sonra (Lindsay ve Norvell, 1978) ekstraktaki yarayışlı Zn miktarı ICP-OES ile belirlenmiştir. Çeltik bitkisi için tolere edilebilir Zn bitki besin elementi değeri aralığı 18-50 ppm olarak verilmiştir (Jones vd.,1997) ve değerlendirmeler bu verilere göre yapılmıştır.

### 2.2.4 Deney sonuçlarının istatistiksel analizi

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



### 3. ARAŞTIRMA BİLGİLERİ VE TARTIŞMA

#### 3.1 Deneme alanı toprak analiz sonuçları

Deneme alanı topraklarına ait bazı makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2’de verilmiştir. Deneme alanı toprak içeriğinde, toplam azot içeriği az miktarda bulunmaktadır. Çizelge 3.1’de verildiği gibi, potasyum 350,80 mg/kg, magnezyum 353,50 mg/kg, kalsiyum 5.395,03 mg/kg ve fosfor 14,10 mg/kg olarak belirlenmiştir. Çizelge 3.1’de de belirtildiği gibi kalsiyum (Ca) içeriği yüksektir ve toprağın kireçli olmasına neden olmaktadır.

Çizelge 3.1. Toprakta makro bitki besin elementi içerikleri

Bitki besin elementleri	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Değerler	0,09	14,1	350,8	5.395,03	353,5

Fosfor ve potasyum elementleri, ürün miktarını ve N'nin alımını etkilemektedir. K gübreleri,  $\text{NO}_3^-$  için bir elektrokimyasal denge görevi gören  $\text{K}^+$  sağlayarak N alımını iyileştirmekte ve  $\text{K}^+$  ve  $\text{NH}_4^+$  arasındaki değişim etkileşimleri N mevcudiyetini etkilemektedir. N, P ve K gübrelerinin birlikte uygulanmasının mahsul performansı üzerindeki etkileri rapor edilmiş ve N, P ve K etkileşimlerinin verimi ve gübre kullanım verimliliğini artırabileceği varsayılmıştır (Du vd., 2022).

Deneme alanı toprak içeriğinde çinko (0,86 mg/kg)’nun az bulunduğu Çizelge 3.2’ de görülmektedir. Demir, bakır ve mangan içerikleri toprakta yeterli seviyededir. Çinko, eksikliğinde pirinç üretimini sınırlayan ve azot, fosfor ve potasyum gibi temel bitki besin elementleri ile gübreleme yapıldığında ise bitkide verimi ve verim bileşenlerini olumlu yönde etkilediği bilinen bir bitki besin elementidir (El-Sayed, Taha, El-Sharnouby, Sayed ve Elyrs, 2022).

Çizelge 3.2. Toprakta mikro bitki besin elementi içerikleri

Bitki besin elementleri	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Değerler	30,6	2,01	0,86	23,35

### 3.2 Çeltik bitkisinde bitki analiz sonuçları

Araştırma alanından alınan bitki örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen çinko bitki besin elementi ile makro ve mikro bitki besin elementleri içeriklerine ait veriler alt başlıklar halinde değerlendirilmiştir.

#### 3.2.1 Çeltik bitkisinde çinko gübrelemesinin değerlendirilmesi

Rehman, Farooq ve Basra (2012), Zn eksikliğinin Asya'da pirinç üretimini sınırlayan en önemli beslenme stresi olarak kabul edildiğini bildirmiştir. Bitkilerin Zn yararlanımını etkileyen başlıca faktörler toprak pH'sı, toprak çözeltisindeki Zn, Fe, Mn ve P konsantrasyonu, yüksek organik madde ve bikarbonat içeriği, yüksek Ca/Mg oranı ve düşük redoks potansiyelidir. Pirinçte çinko eksikliği, Khaira hastalığı adı verilen bir eksiklik bozukluğuna neden olmaktadır. Mahsulün fide dönemi Zn noksanlığına oldukça yatkındır. Çinko noksanlığı kardeşlenmeyi azaltmakta ve mahsulün olgunlaşmasını geciktirmektedir (Suman ve Seeja,2018).

Yapılan denemede Zn gübrelemesi  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  (çinko sülfat) olarak 0, 20, 40, 60 ve 80 mg/kg dozlarında uygulanmıştır. Uygulama sonunda hasat edilen bitkilerin analiz sonuçlarından elde edilen veriler Çizelge 3.3'te verilmiştir. Çeltik bitkisinin toprak üstü aksamındaki çinko içeriği incelendiğinde, 20 ve 40 mg/kg çinko uygulaması yapılan bitkiler istatistiksel olarak kontrol bitkisi ile aynı grupta yer almıştır. Uygulanan tüm dozlar %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Artan dozda uygulanan Zn elementi bitkide istatistiksel olarak farklılık meydana getirmiştir ve farklı gruplarda yer almışlardır.

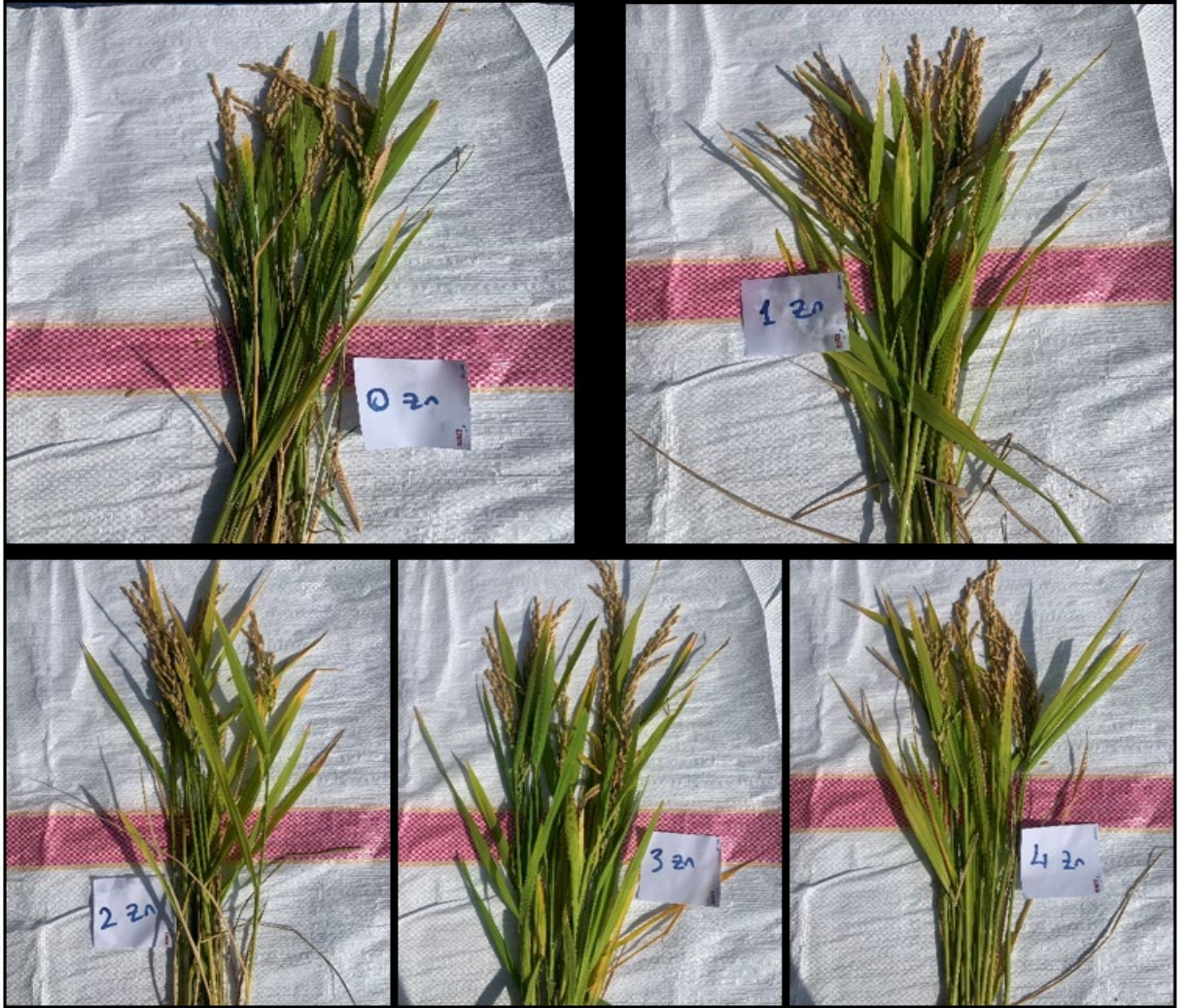
Çizelge 3.3. Çeltik bitkisinde Zn bitki besin elementi içerikleri

	Kontrol	20 mg/kg	40 mg/kg	60 mg/kg	80 mg/kg
<b>Zn</b>	33,64 ± 3,94b	93,17 ± 17,27b	112,09±13,98b	301,15±55,87a	217,52±33,55a

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

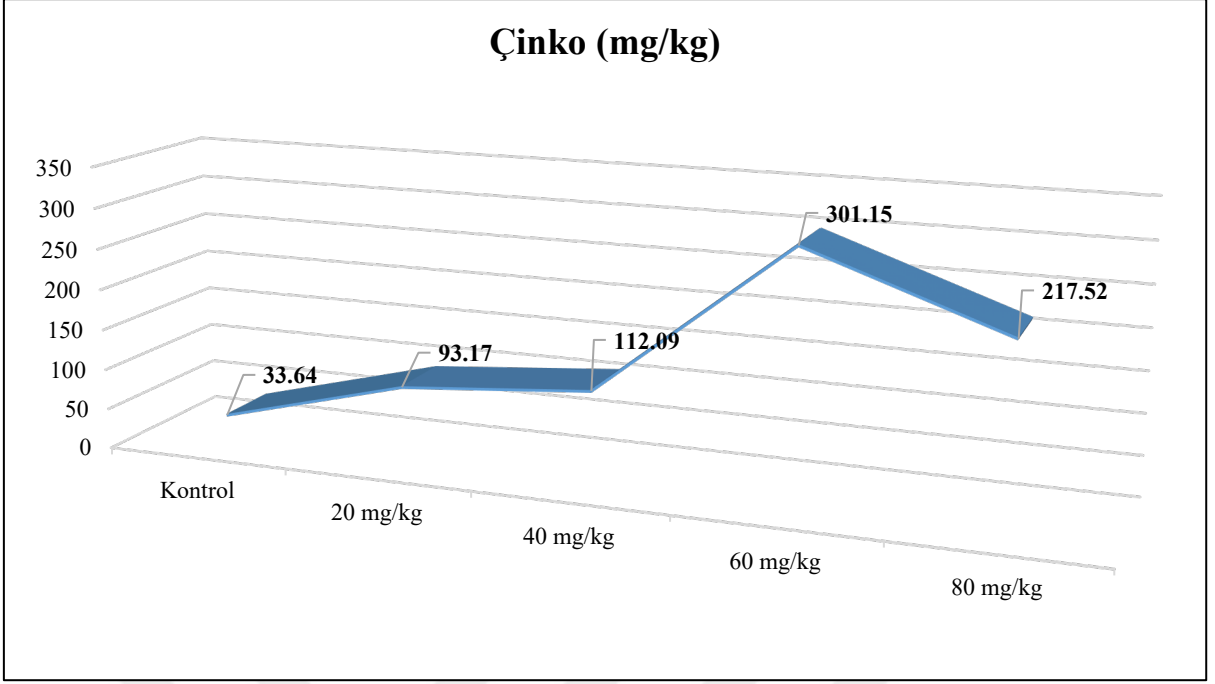
Çinko genellikle toprağa inorganik gübre olarak eklenmektedir. En yaygın form Zn sülfattır ( $ZnSO_4$ ) (su içeriğine bağlı olarak %23-55 Zn içerir). Diğer formlar ise Zn amonyak kompleksi (%10 Zn içeriği), Zn nitrat (%22 Zn içeriği), Zn oksit (%50-80 Zn içeriği), Zn oksisülfat (%40-55 Zn içeriği), Zn karbonat (%52-56 Zn içeriği), Zn klorür (%48-50 Zn içeriği), ve sentetik şelatlar (EDTA ile %14 Zn; HEDTA ve NTA ile %9 Zn) olarak karışımına

çıkılmaktadır (Rengel, 2015).Çinko uygulaması yapılan çeltik bitkilerinden alınan örneklere ait görseller Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı dozlarda çinko gübrelemesi yapılan parsellerden alınan çeltik örnekleri (Orijinal, 2021)

Sonuçlar, artan dozda uygulanan çinko gübresinin, bitkideki çinko içeriğini artırdığını göstermektedir (Şekil 3.2). En yüksek çinko içeriği, 60 mg/kg  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulanan parseldeki örnekte (301,15 mg/kg) tespit edilmiştir. Daha yüksek dozda (80 mg/kg) çinko uygulaması bitkide toksik etki göstermiştir ve bitkideki çinko alımı azalmıştır.



Şekil 3.2. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki çinko içeriğine etkisi

Çinko (Zn), pirincin büyümesinde ve gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çinko, pirinçte sitokrom ve nükleotid sentezi, oksin metabolizması, klorofil üretimi, çeşitli enzimlerin aktivasyonu, membran bütünlüğü, karbonhidrat metabolizması gibi çeşitli biyokimyasal ve metabolik süreçler, hücre duvarı gelişimi, gen ekspresyonu ve solunum için gerekli olan hayati besinlerden biridir. Hububatlar, baklagillere göre Zn eksikliğine daha yatkındır ve verim ve kalitede önemli düşüşlere neden olmaktadır(Rengel, 2015).

### 3.2.2 Çeltik bitkisinde bazı makro bitki besin elementleri

Çeltik bitkisinde besin alımı bitkinin yetiştirildiği ortama, sezona, çeşidine, toprak yapısına ve topraktaki makro-mikro bitki besin elementi içeriklerine göre değişmektedir. Çeltikten 1 ton pirinç elde edilebilmesi için, gübreleme doğru zamanda ve doğru besin içerikleri ile ortalama 20 kg N, 30 kg K<sub>2</sub>O, 7 kg Ca, 11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 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 elementi kullanılması gerekmektedir (FAO, 2006).

Araştırmada gerçekleştirilen analizler sonucunda, çeltik bitkisinde makro bitki besin elementi miktarları Çizelge 3.4'teki gibi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.4. Çeltik bitkisinde makro bitki besin elementi içerikleri

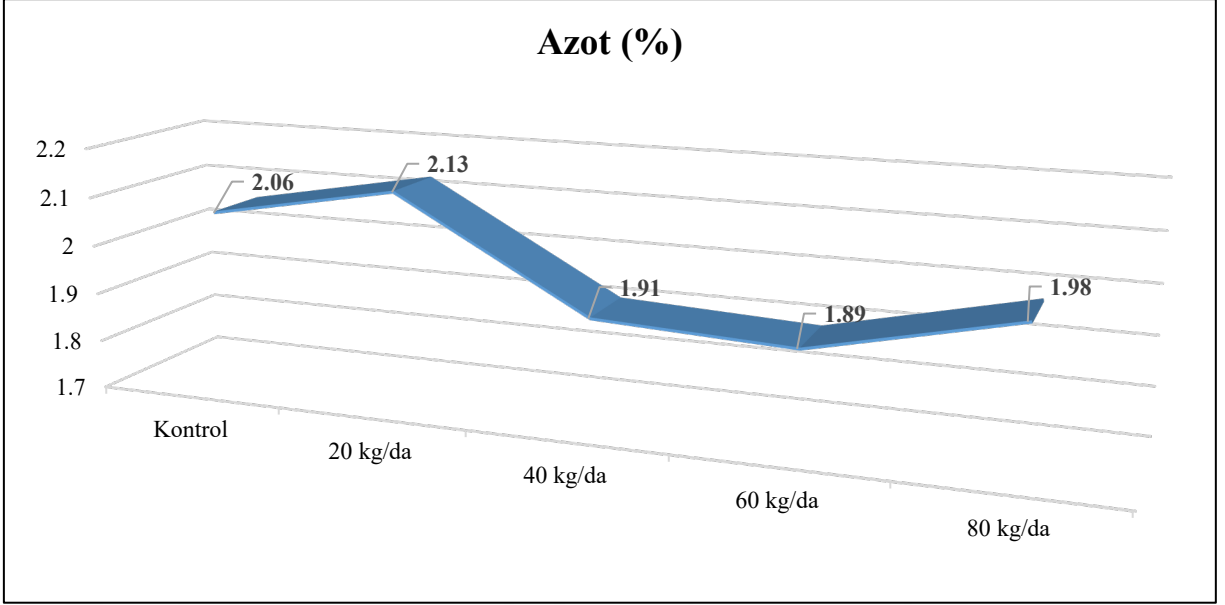
Dozlar	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
<b>Kontrol</b>	2,06 ± 0,17öd	0,15 ± 0,009öd	1,45 ± 0,11öd	0,60 ± 0,02öd	0,24 ± 0,009öd
<b>20 kg/da</b>	2,13 ± 0,15öd	0,17 ± 0,005öd	1,44 ± 0,17öd	0,60 ± 0,02öd	0,22 ± 0,008öd
<b>60 kg/da</b>	1,91 ± 0,12öd	0,15 ± 0,004öd	1,48 ± 0,11öd	0,55 ± 0,006öd	0,22 ± 0,008öd
<b>60 kg/da</b>	1,89 ± 0,17öd	0,17 ± 0,010öd	1,66 ± 0,07öd	0,56 ± 0,016öd	0,22 ± 0,01öd
<b>80 kg/da</b>	1,98 ± 0,12öd	0,18 ± 0,010öd	1,27 ± 0,21öd	0,61 ± 0,03öd	0,23 ± 0,007öd

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

Çinko gübrelemesine bağlı olarak bitkide meydana gelen N, P, K, Ca ve Mg makro bitki besin elementleri içeriklerindeki değişimler alt başlıklar halinde değerlendirilmiştir.

#### 3.2.2.1 Azot

Çeltik bitkisinde çinko gübrelemesinin bitkideki bitki besin elementi içerikleri ve verim üzerindeki etkisinin değerlendirildiği bu çalışmadan elde sonuçlara göre artan dozlarda çinko uygulaması (0, 20, 40, 60 ve 80 kg/da) bitkideki azot içeriğini olumsuz etkilemiştir (Şekil 3.3). Doz olarak 20kg/da ve 80kg/da çinko uygulaması bitkide azot içeriğinde artışa sebep olurken, artan dozlarla birlikte bitkideki azot içeriği literatürle benzer şekilde azalmıştır.Çizelge 3.4'te verilen N içeriklerinin incelendiğinde, bu değişimlerin istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmadığı görülmektedir.



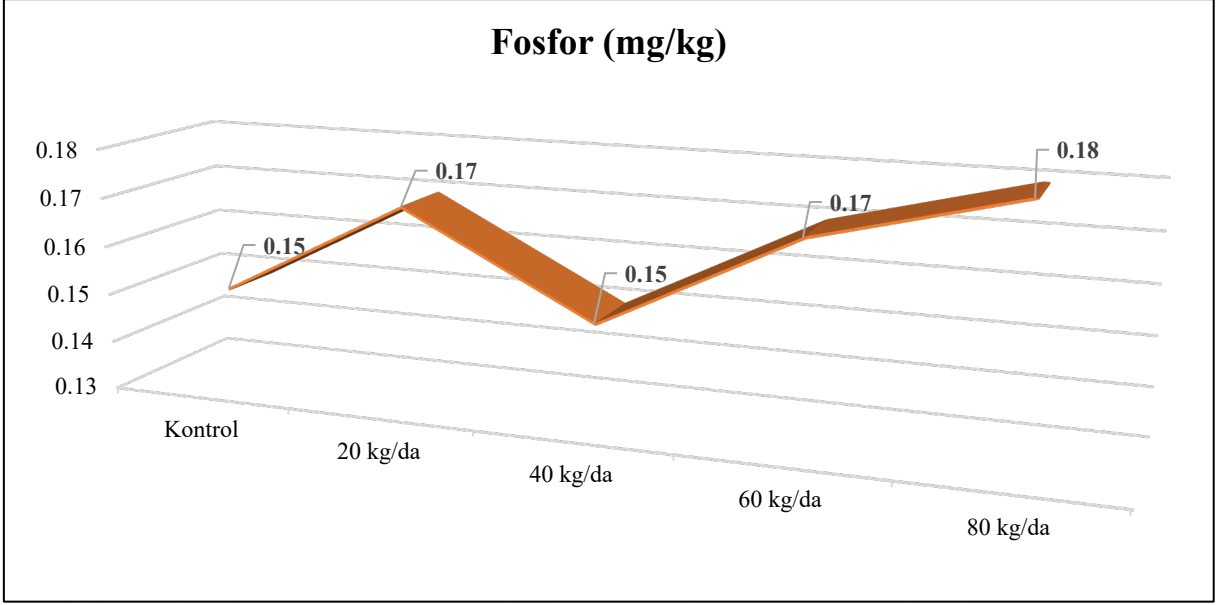
Şekil 3.3. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki azot içeriğine etkisi

Azot (N) bitki besin elementi, çeltik yetiştirilen topraklar için verimi en fazla sınırlayan besin maddesidir. Topraktaki N büyük ölçüde organiktir ve topraktaki organik N mineralizasyonu, çeltik yetiştirilen topraklarda N temini için kilit bir süreçtir. Azot ihtiyacı pirinç tarafından alınan toplam azotun yarısı ile üçte ikisi topraktaki azot kaynaklarından karşılanmaktadır. Mineralizasyon süreci, toprak tipi, organik madde içeriği, toplam N mevcudiyeti, C:N oranı, pH, sıcaklık, toprak nemi, kuruma, toprak asitliği seviyesi, inorganik besinlerin temini ve toprak gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir (Yeasmin, Islam ve Islam, 2012).

#### 3.2.2.2 Fosfor

Fosfor bitki besin elementinin artan dozlarda çinko uygulamasına bağlı olarak değişimi Şekil 3.4'te verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü araziye ait toprak örneğinde fosfor içeriğinin orta düzeyde (Çizelge 2.1) olduğu tespit edilmiştir.

Bitkideki fosfor içeriği 40 kg/da çinko uygulaması hariç diğer uygulamalarda çinko içeriği ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir ancak fosfor içeriği 0,15 mg/kg ile 0,18 mg/kg gibi dar bir aralıkta değişiklik göstermiştir. Bitkideki fosfor içeriğindeki değişim Duncan testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



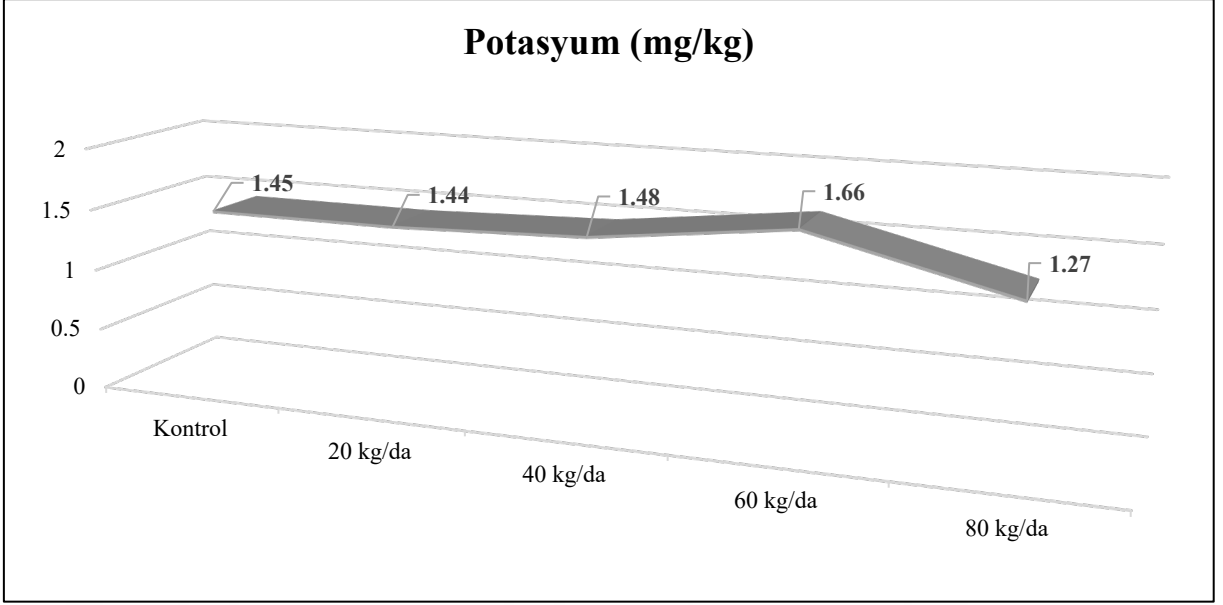
Şekil 3.4. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki fosfor içeriğine etkisi

Topraktaki yarayışlı fosfor içeriği, bitkinin çinko alımına etki eden faktörlerden biridir. Tuzlu topraklarda bitki gelişimi ve fosfor ve çinko bitki besin elementlerinin alımı etkilenmektedir. Tuzlu ve normal toprakta mikoriza kullanılarak artan dozlarda çinko uygulamasının yapıldığı bir araştırmada, mikoriza uygulamasının bitkide fosfor ve çinko içeriğini artırdığı bildirilmiştir. Çinko uygulamasına bağlı olarak, bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında artış olmuştur. Fosfor ve çinko içeriği de artış göstermiştir (Sönmez, Çığ, Erman ve Tüfenkçi, 2012).

Özcan ve Taban (2012), çinko uygulamasının çeltik bitkisinin tane içeriğindeki çinko, fosfor ve fitin asidi konsantrasyonlarındaki değişimi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, çinko uygulaması ile tanede çinko içeriğinin arttığını ve fosfor içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir.

### 3.2.2.3 Potasyum

Şekil 3.5'te çeltik bitkisinde artan dozlarda çinko gübrelemesinin potasyum elementi içeriğine etkisi verilmiştir. En yüksek potasyum içeriği 60 kg/da çinko uygulaması yapılan parselden alınan örnekte tespit edilmiştir. Artan dozda çinko uygulaması, bitkide potasyum alımını olumsuz etkilemiştir. En düşük potasyum konsantrasyonu 80 kg/da çinko uygulaması yapılan çeltik bitkisinde 1,27 mg/kg olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.4'te de belirtildiği gibi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 3.5. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki potasyum içeriğine etkisi

Potasyum ve çinko gübresinin potasyum ve çinko fraksiyonlarının durumu ve içeriği üzerindeki etkisini ve bunların mahsul verimi, besin alımı ve topraktaki besin kullanılabilirliği üzerindeki etkisini incelemek için bir tarla deneyi yapılmıştır. Buğdayda çinko gübrelemesinin mahsul verimini ve Zn alımını önemli ölçüde artırdığı ancak K ve Zn arasındaki etkileşimin verim, alım ve çeşitli K ve Zn fraksiyonları açısından önemli olmadığı bulunmuştur (Jat, Majumdar, Jat ve Mazumdar, 2014).

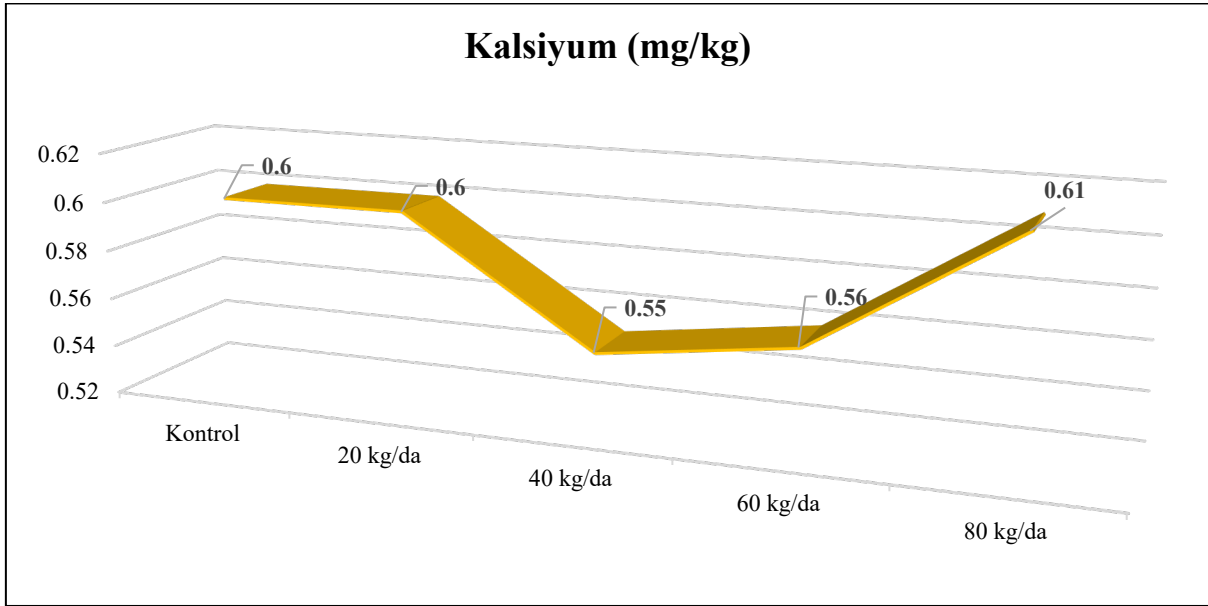
Toprak tuzluluğu, çeltik büyümesinde ve veriminde azalmaya neden olmaktadır. Potasyum ve çinko gübrelerinin uygulanması, tuzlu koşullarda pirincin büyümesinde ve veriminde artışa neden olmaktadır. Kibria, Farhad ve Hoque (2015), tuzlu alanlarda çeltik ekimi için daha yüksek dozlarda K ve Zn gübrelemesinin uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Dengeli gübrelemenin, tuza dayanıklı yüksek verimli pirinç çeşidi ile iki bölgede daha yüksek dozlarda K ve Zn gübrelerinin özellikle tuzlu alanlarda verim yönetiminde uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir.

#### 3.2.2.4 Kalsiyum

Pirinçte Zn eksikliği çok çeşitli toprak koşullarıyla ilişkilendirilmiştir: yüksek pH (>7.0), düşük kullanılabilir Zn içeriği, uzun süreli suya batma ve düşük redoks potansiyeli, yüksek organik madde ve bikarbonat içeriği, yüksek magnezyum (Mg) / kalsiyum (Ca) oranı ve yüksek kullanılabilir fosfor içeriğidir (Wissuwa, İsmail ve Yanagihara, 2006).



Çeltik bitkisinde kalsiyum içeriğindeki değişimler Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Çizelge 2.1'de verilen bilgilere göre topraktaki kalsiyum içeriği olması gereken değerden oldukça yüksektir. Artan çinko içeriği kalsiyum alımında olumsuz etki göstermiş olsa da artan çinko dozuyla birlikte bitkideki çinko içeriğinin azalması bitkide kalsiyum alımını artırmıştır. Çeltik bitkisinde farklı dozlarda Zn uygulaması bitkilerdeki Ca içeriğinde istatistiksel olarak bir farklılık oluşturmamıştır.



Şekil 3.6. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki kalsiyum içeriğine etkisi

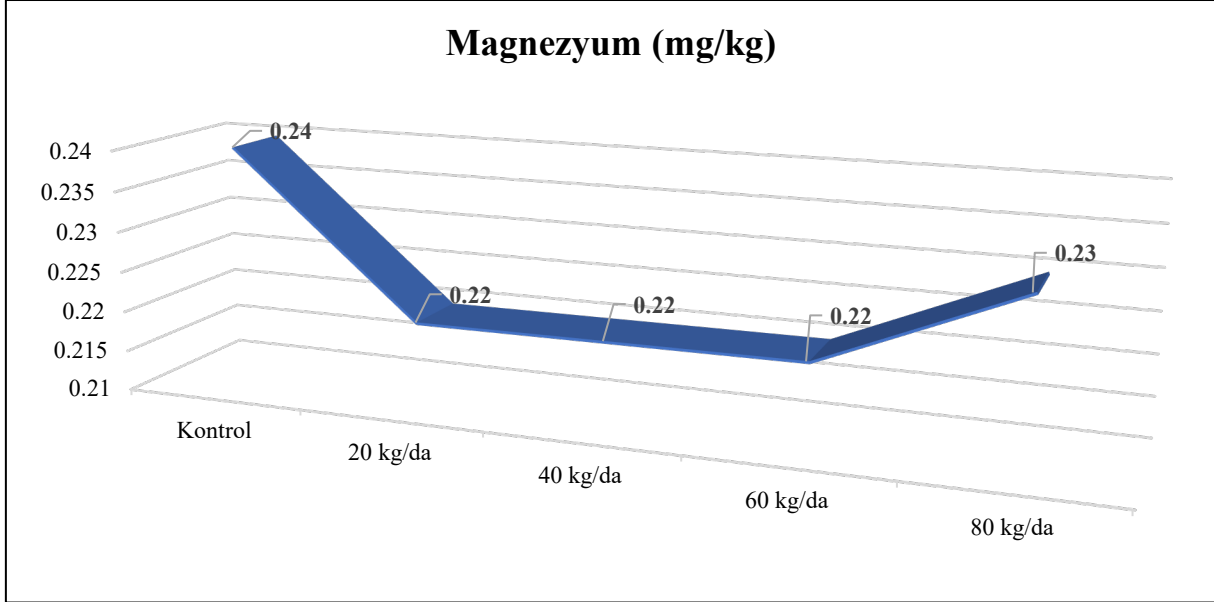
Bitkiler için çinkonun mevcudiyetini etkileyen toprak faktörleri, toprak çözeltisindeki çinko miktarını ve toprak çözeltisinden içine emilimini kontrol eden faktörlerdir. Topraktaki toplam çinko içeriği, pH, organik madde içeriği, kil içeriği ve kalsiyum karbonat içeriğinden etkilenmektedir (Alloway, 2008).

### 3.2.2.5 Magnezyum

Magnezyum, bitkiler için birçok işlevde gerekli olan temel bitki besin elementleri 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).

Biyoklimatik koşulların etkisiyle topraktaki magnezyum içeren minerallerin çoğu ayrılmaktadır ve magnezyum genellikle  $Al^{3+}$ ,  $H^+$ ,  $K^+$  ve  $Ca^{2+}$  iyonlarının antagonistik etkisi nedeniyle toprakta az bulunmaktadır. Topraktaki yüksek Ca içeriği, bitkinin Mg elementini alımını azaltmaktadır (Yan ve Hou, 2018).

Çeltik yetiştirilen alandaki toprak içeriğinde 353,50 mg/kg magnezyum bulunmaktadır. Şekil 3.7’de bitkideki magnezyum içeriğine ait veriler verilmiştir. Artan dozda çinko uygulamaları bitkideki magnezyum içeriğinde ciddi bir değişime sebep olmamıştır. Bitkideki magnezyum içeriği istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 3.7. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki magnezyum içeriğine etkisi

Topraklardaki magnezyum (Mg) içeriği, topraktaki bitki yoğunluğuna, uygulanan gübrelerle bağlı olarak değişmektedir. Mg toprakta farklı formlarda bulunabilmektedir ve bu durum bitkilerin Mg besin elementini alımını ve kullanımını kolaylaştırmaktadır.(de la Fuente ve Camacho 2006; Pécharman vd., 2018).

### 3.2.3 Çeltik bitkisinde bazı mikro bitki besin elementleri

Çeltik topraklarındaki mikro besin varlığı, bitki verimliliğini etkileyen en önemli faktör olarak kabul edilmektedir. Mikro besinlerin mevcut fraksiyonları, hızlı kentleşme, sanayileşme ve tarımsal yoğunlaşma altındaki topraklarda %20-70’ten daha az bir aralıkta bulunmaktadır(Xiao, Guan, Peart, Chen ve Li, 2017). Bununla birlikte, mikro besinlerin kimyasal fraksiyonları ve bunların bitki alımı arasındaki ilişki, çeltik topraklarında zayıf bir şekilde karakterize edilmektedir. Ancak, mikro besin fraksiyonlarının çeltik bitkilerinin kök, sürgün ve tanelerinde alım, yer değiştirme ve birikim üzerindeki etkisini anlamak için birkaç çalışma yapılmıştır (Cao vd., 2014).

Gübre uygulaması ve su yönetimi gibi tarımsal yaklaşımlar, daha iyi bitki besin elementi alımı için topraktaki mikro besin mevcudiyetini düzenlemektedir. Deneysel bir çeltik sistemi

çalışmasının sonucu, taşkın su koşullarının oluşturulmasının toprakta demir (Fe) ve mangan (Mn) kullanılabilirliğini artırdığını ve buna karşılık çinko (Zn) ve bakır (Cu) varlığını azalttığını göstermiştir (Masunaga ve Fong, 2018).

Deneme sonucunda elde edilen verilere göre çeltik bitkisinin mikro bitki besin elementi içeriği Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çeltik bitkisinde mikro bitki besin elementleri, (mg/kg)

Dozlar	Fe	Cu	Mn
Kontrol	192,95 ± 8,53b	9,39 ± 0,71öd	120,99 ± 17,58öd
20 kg/da	189,20 ± 21,55b	9,09 ± 0,67öd	117,72 ± 33,93öd
40 kg/da	171,37 ± 4,26b	7,91 ± 0,58öd	119,88 ± 25,21öd
60 kg/da	198,65 ± 8,90b	8,13 ± 0,51öd	117,18 ± 14,67öd
80 kg/da	240,52 ± 6,47a	18,72 ± 174,42öd	109,28 ± 23,24öd

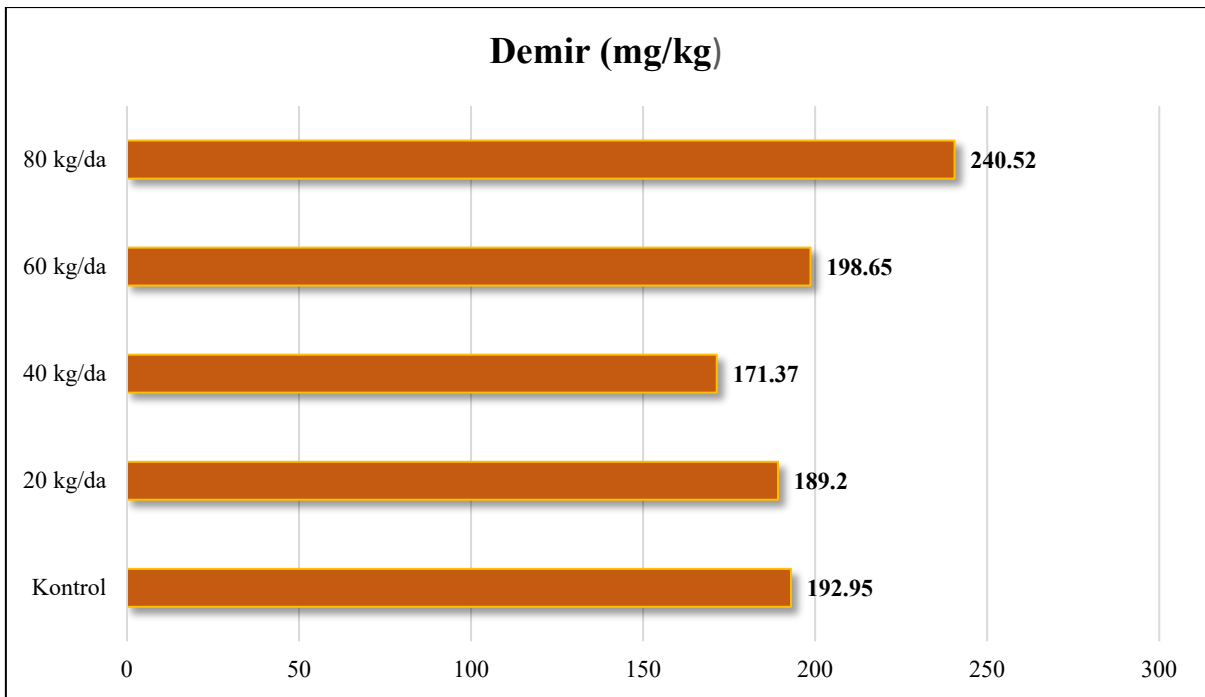
*Değerler dört tekrür ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c) p<0,05'te önemi gösterir, öd: önemli değil.*

### 3.2.3.1 Demir

Demir (Fe), bitki kökleri tarafından Fe<sup>2+</sup> olarak ve daha az oranda Fe şelatları olarak emilmektedir. Emilen Fe floemde hareketsizdir. Fe genellikle yaklaşık 100 µg/g (ppm) kuru madde konsantrasyonu ile mikro besinlerin en bol olanıdır. Klorofil sentezinde, karbonhidrat üretiminde, hücre solunumunda, nitrat ve sülfatın kimyasal indirgenmesinde ve N asimilasyonunda rol oynamaktadır (FAO, 2006).

Birçok bitkide çinko-demir etkileşiminin var olduğu bilinmektedir. Lee, Craddock ve Hammer (1969), bitki kök bölgesinde Fe<sup>+3</sup>ve Zn<sup>+2</sup>iyonlar arasında absorpsiyon için bir yarış olduğunu tespit etmiştir. Demirin çinko alımı üzerine engelleyici etkisi nedeniyle, demir düzeylerinin artması çinkonun bitkide taşınıp birikmesini engellemekte ve kök tarafından çinkonun alınmasını azalmaktadır. Bitkiler tarafından çinkonun absorpsiyonuna bağlı olarak çinko noksanlığının ortaya çıktığı ve elverişli demir miktarının arttığı bildirilmiştir (Brar ve Sekhon 1976; Tanaka ve Yoshida 1970).

Denemeden elde edilen veriler değerlendirildiğinde, çeltikte çinko ve demir bitki besin elementlerinin sinerjik davranışlarda bulunduğu görülmektedir (Şekil 3.2 ve Şekil 3.8). Çinko uygulamasının 80 kg/da olduğu bitkilerde demir içeriği en yüksek seviyeye ulaşmıştır (240,52 mg/kg). Bitkideki demir içeriği topraktaki demir konsantrasyonundan(30,60 mg/kg) daha yüksek çıkmıştır. Çinko alımının engellenmesi, topraktaki yarayışlı  $Fe^{2+}$  iyonlarının bitki tarafından alımını kolaylaştırmıştır. Kontrol bitkisi ve 20-40-60 mg/kg doz çinko uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken, 80 mg/kg doz uygulaması yapılan bitkiler farklı grupta yer almıştır. Tüm uygulamalar istatistiksel olarak Duncan testine göre %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3.5).



Şekil 3.8. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki demir içeriğine etkisi

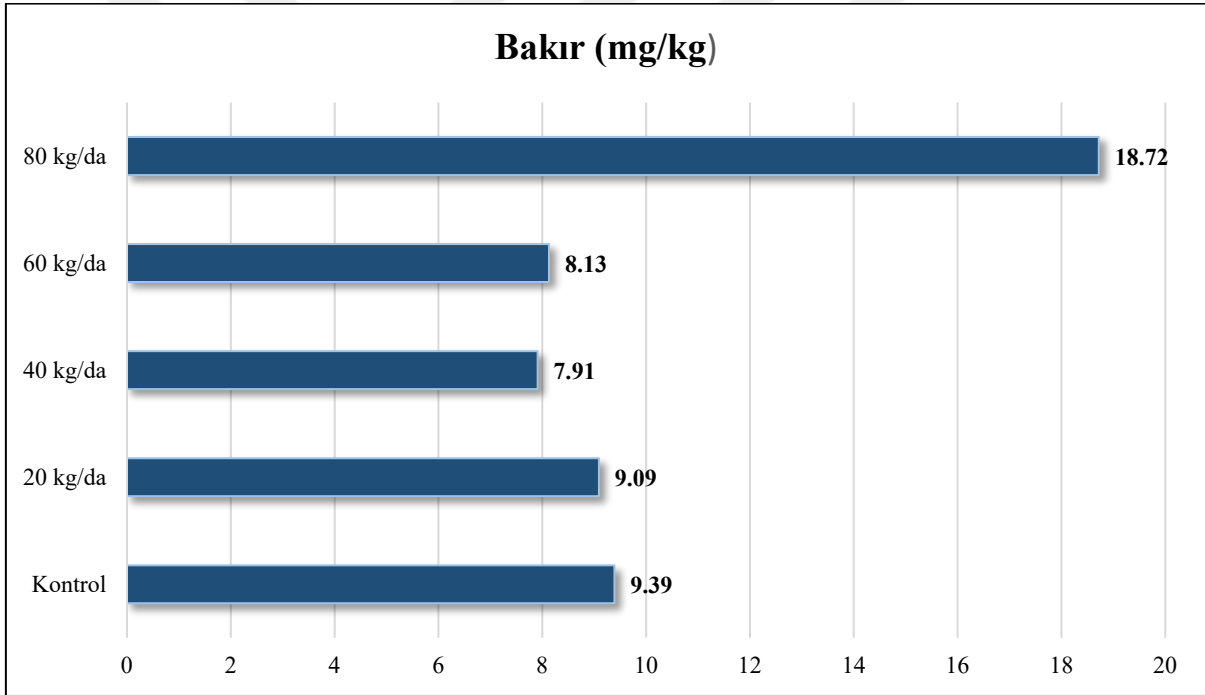
Pirinçte Fe toksisitesi bronzlaşma olarak bilinmektedir. Bu bozuklukta, yapraklar önce tek tip kahverengi bir renge dönüşen küçük kahverengi lekelerle kaplanmaktadır. Sel, çözünür Fe seviyelerini birkaç hafta içinde 0,1'den 50–100  $\mu\text{g/g}$  Fe'ye çıkarabileceğinden, pirinç topraklarında oldukça büyük bir soruna yol açabilmektedir. Aynı zamanda çok yıpranmış asitli ova topraklarında da sorun olabilmektedir (FAO,2006).

### 3.2.3.2 Bakır

Bakır (Cu),  $Cu^{2+}$  olarak alınmaktadır. Bununla birlikte, Cu alımı büyük ölçüde rekabetçi etkilere bağımsızdır ve öncelikle topraktaki Cu seviyeleri ile ilgilidir. Bitkilerdeki Cu'nun %70 kadarı, büyük ölçüde kloroplastlara bağlı olan klorofilde bulunabilmektedir. Lignin

oluşumuna, protein ve karbonhidrat metabolizmasına katılmaktadır ve simbiyotik N fiksasyonu için gereklidir. Cu, fotosentezde yer alan elektron taşıma zincirinde bir bağlantı oluşturan plastosiyaninin bir parçasıdır. Cu noksanlığı belirtileri önce dar, kıvrılmış yapraklar ve uçuk beyaz sürgün uçları şeklinde görülmektedir. Cu toksisitesi semptomları türlere göre değişkenlik göstermektedir ve eksiklik semptomlarından daha az yerleşiktir. Fazla Cu, Fe eksikliğine neden olmaktadır(FAO,2006).

Bakır (Cu) bitki besin elementinin çeltik bitkilerindeki konsantrasyonları Şekil 3.9'de verilmiştir. Bakır içeriği, kontrol bitkisinde ve 20, 40, 60 mg/kg çinko dozlarında sayısal olarak birbirine yakın seviyelerde tespit edilirken, 80 mg/kg çinko uygulamasında 18,72 mg/kg bakır içeriği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak Çizelge 3.5'te verildiği gibi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 3.9. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki bakır içeriğine etkisi

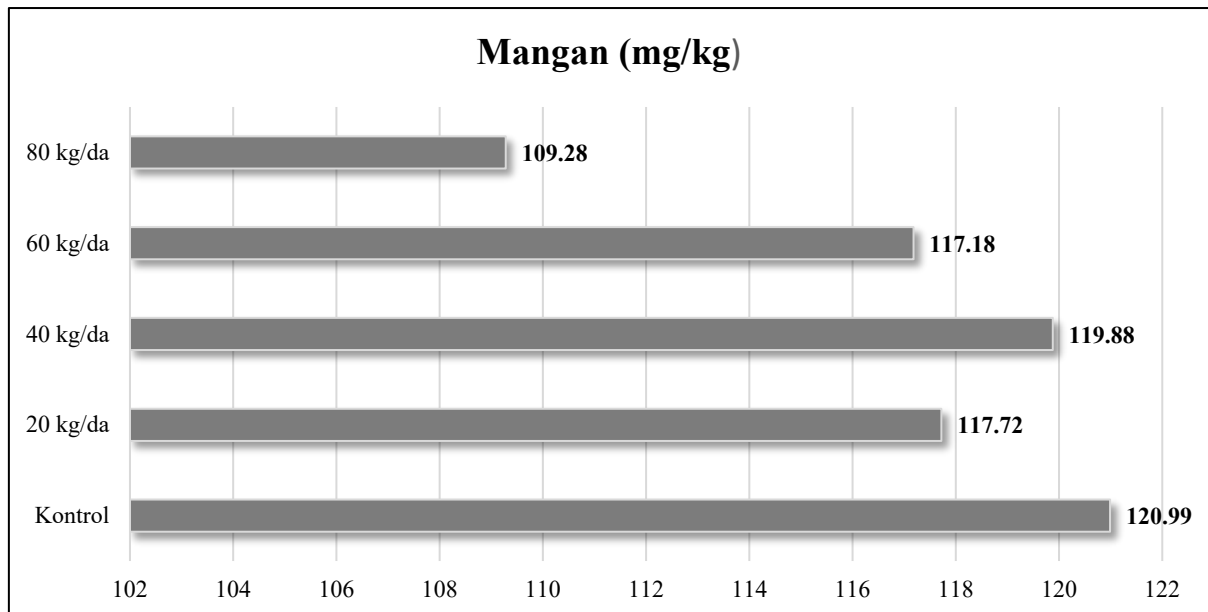
Mahsullerin arıtılmış atık su ile sulanmasının çevresel riskini değerlendirmek için, sırasıyla yüksek ve düşük terleme oranları için her biri farklı bir buhar basıncı açığı sunan iki büyüme odası kullanılarak bir deney yapılmıştır. 6 haftalık buğday (*Triticum aestivum* L.) ekilmiş 24 saksı ve 3 tekerrürden oluşan iki grup büyüme odasına yerleştirilmiştir ve 20 gün boyunca 8 Zn ve Cu solüsyonu (0 ve 25 mg/L Zn ile kombine 0, 5, 15 ve 30 mg/L Cu) ile sulanmıştır. Bitkili ve ekilmemiş saksılardan kaynaklanan su kayıpları sırasıyla buharlaşma-terleme ve buharlaşmayı ölçmek için kullanılmıştır. 0, 10 ve 20 gün sonra üç bitki (sürgün ve tane)/saksı ve 20 gün sonra her bir saksıdaki kökler toplanarak bitki parçalarının kuru kütle ve

Cu ve Zn seviyeleri analiz edilmiştir. Terleme oranı herhangi bir Cu/Zn uygulamasından etkilenmemiştir, ancak Cu ve Zn alımı zamanla, sulama solüsyonu seviyesi ile artış göstermiştir. Sürgün ve tane için Zn, Cu alımı üzerinde hafif fakat önemsiz antagonistik etkilere sahipken, Cu elementinin Zn alımı üzerinde önemli bir sinerjik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Köklerde de Cu ve Zn sinerjik davranışlar sergilemiştir. Verilerden elde edilen regresyon denklemleri, normal olarak arıtılmış atık suda (0,08 mg/L) bulunan Cu ve Zn seviyelerinin, en konsantre deneysel çözeltiler (sırasıyla 30 ve 25 mg/L) için kullanılanlardan 300 kat daha düşük olduğunu ve uzun vadeli bir temelde, buğday bitkileri için toksik olmaktan ziyade faydalı olabileceği sonucuna varmışlardır (Tani ve Barrington, 2006).

### 3.2.3.3 Mangan

Manganez (Mn), bitkiler tarafından iki değerlikli iyon  $Mn^{2+}$  olarak alınmaktadır. Birkaç enzimi aktive ettiği ve bir oto-katalizör olarak işlev gördüğü bilinmektedir. Fotosentez sırasında su molekülünü parçalamak için gereklidir. Mg'ye benzer belirli özelliklere sahiptir. N metabolizmasında ve  $CO_2$  asimilasyonunda da önemlidir (FAO, 2006).

Çinko ve mangan bitki besin elementleri birbiri üzerinde sinerjik etkiye sahip iki elementtir. Denemeden elde edilen çinko verileri (Şekil 3.2) ve mangan verileri (Şekil 3.10) birlikte değerlendirildiğinde, bitkideki mangan içeriği artan çinko dozlarından kontrol bitkisine kıyasla sayısal çok etkilenmemekle birlikte, 80 mg/kg doz çinko uygulaması ile bitkide çinko toksisitesi sonucu Mn içeriği sayısal olarak azalmakla birlikte Çizelge 3.5'te belirtildiği üzere, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 3.10. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkideki mangan içeriğine etkisi

Mangan (Mn) ve çinko (Zn) bitki bünyesinde birbirleriyle etkileşime giren iki bitki besin elementidir. Bu etkileşim mısır bitkilerinin verimi üzerinde etkilere neden olabilmektedir. Bir çalışmada, farklı Mn ve Zn düzeylerinin mısır bitkilerinin verim, Mn ve Zn konsantrasyonu, kök büyüme parametreleri ve klorofil içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tatlı mısır, Zn ve Mn'nin tüm kombinasyonlarını içeren besleyici kültürde sırasıyla  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  ve  $MnSO_4 \cdot H_2O$  olarak 0.0, 0.1, 1.0 ve 10.0 mg/L seviyelerinde büyütülmüştür ve ekimden 28 gün sonra hasat edilmiştir. Besin çözeltisindeki Mn ve Zn konsantrasyonunun artmasıyla kök ve sürgünlerdeki Mn ve Zn konsantrasyonları artmıştır. Hem köklerde hem de sürgünlerde Zn konsantrasyonu, artan Mn seviyeleri ile artış göstermiştir. Sürgünlerdeki Mn konsantrasyonu, besin çözeltisindeki Zn konsantrasyonu ile herhangi bir korelasyon göstermemiştir, ancak köklerdeki Mn konsantrasyonu, artan Zn seviyeleri ile azalmıştır. Zn 0mg/L ve Mn 1mg/L uygulaması en yüksek verimi vermiştir. Genç mısır bitkilerinin en düşük kuru ağırlığı Mn noksanlığından dolayı Zn 10mg/L ve Mn 0mg/L uygulaması altında kaydedilmiştir. Klorofil içeriği yüksek Zn uygulaması ile azalmıştır ve bu durum büyüme ortamında Zn'nin demir ile etkileşiminden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Besin çözeltisindeki farklı Zn ve Mn düzeylerinin kök parametreleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır (Soltangheisi, Rahman, Ishak, Musa ve Zakikhani, 2014).

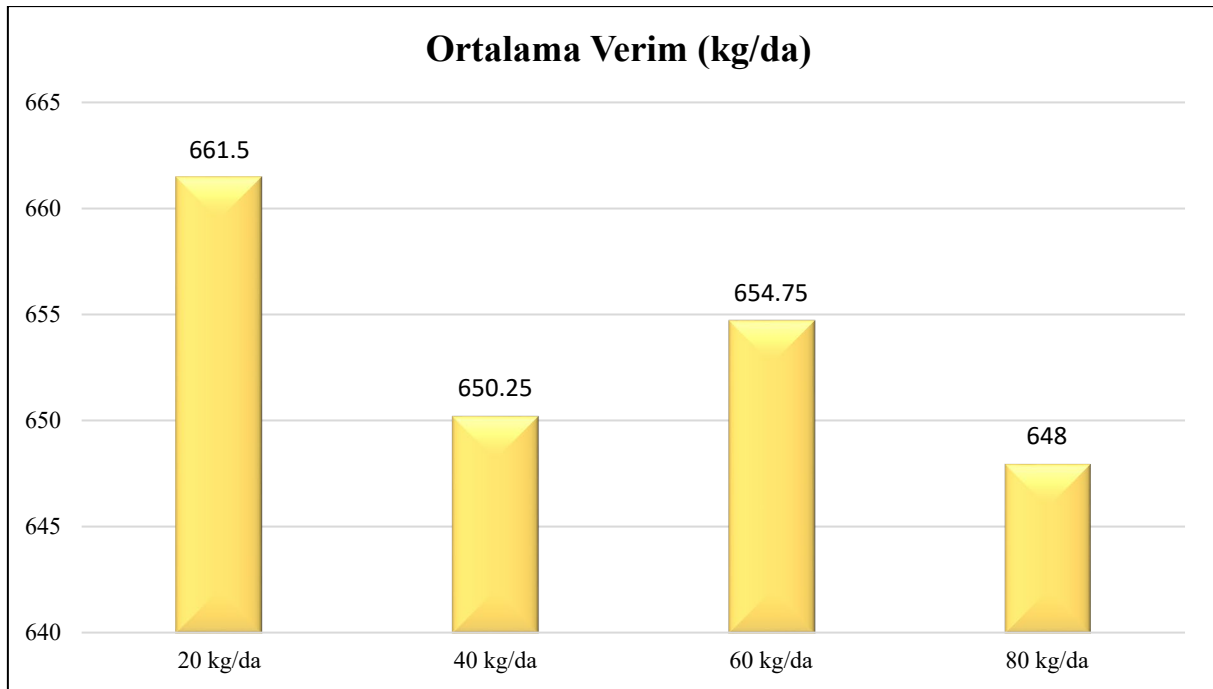
### 3.2.4 Çeltikte verim

Artan küresel sıcaklıklarla birlikte, yağış düzenlerinde ortaya çıkan sapmalar, mahsulün büyümesi üzerinde büyük etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, ekinler için su mevcudiyeti esas olarak yağış dağılımına bağlıdır. Yoğun ve aşırı yağışlar olumsuz etkilere neden olabilmekte ve büyük sel baskınları yıkıcı etkisi sebebiyle bitki örtüsünü yok etmektedir. Kurak iklimlerde su kıtlığı nedeniyle mahsul verimi de düşmektedir. Bununla birlikte, pirinç ekimi kontrollü bir su kaynağında yetiştirilen yarı suda yaşayan bir bitki olarak kabul edilir. Su kaynağının kaynağı ve taşkın derecesi, çeltik hasadını belirleyen bazı çevresel faktörler olarak ele alınmaktadır. (Amaratunga, Wickramasinghe, Perera, Jayasinghe ve Rathnayake, 2020).

Damla sulama sistemi ile daha yüksek çeltik verimi ve önemli oranda su tasarrufu, (hektar başına sulama suyunda ortalama %35 ve toplam suda %22 azalma ile) 8 ülkede yayınlanmış 27 çalışmanın bir meta-analizinde doğrulanmıştır (sulama artı yağış). (Rao vd., 2017).

Yapılan çalışma sonucunda, artan dozlarda çinko (Zn) uygulamasının ve damla sulamanın çeltik bitkisinde verim üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen verim değerleri Şekil 3.11’deverildiği gibidir.

Şekil 3.11 değerlendirildiğinde, çeltik bitkisine uygulanan Zn gübrelmesi ve damla sulama uygulaması, bitkide verimi olumlu etkilemediği görülmektedir. Bitkideki çinko içeriğinin artan dozlarda uygulanan Zn gübresi ile artış göstermesi ancak verimde meydana gelen azalma, bitkinin yüksek doz Zn gübresine maruz kalmasının bitkide verimi olumsuz etkilemesi ile ilişkilendirilebilir. Bu çalışmada uygulanan damla sulama yöntemi ve sulamanın yetersiz olması bitkide verimi kısıtlayan bir diğer faktör olarak karşımıza çıkabilmektedir.



Şekil 3.11. Artan dozlarda çinko uygulamasının bitkide verime etkisi

Yağışlı mevsim, azalan günlük hava sıcaklığı, daha düşük güneş radyasyonu, bulutlu ve yüksek yağış ile karakterize edilmektedir. Kuru mevsim ise, artan günlük hava sıcaklıkları, yüksek güneş radyasyonu ve azalan nem ile karakterizedir. Bu faktörler büyüme mevsimine açıkça yansımakta ve bu nedenle aynı yere farklı mevsimlerde ekilen aynı çeşit farklı verimlere sahip olmaktadır. Kurak mevsimde yağışlı mevsime göre daha yüksek çeltik verimi sağlanmaktadır (Hariyono ve Zaini, 2018).



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprak verimliliğinin en önemli parametrelerinden biri de topraktaki organik madde içeriğidir. Ancak konvansiyonel tarımın sonucunda gün geçtikçe ülke topraklarımızın verimliliği düşmektedir. Ülke ekonomisinde yüksek bir katma değere sahip çeltik bitkisinin, damla sulama yöntemi ile su kaynaklarımızı koruyarak çok daha fazla yeni çeltik sahaları açmak ve ülke ekonomisine katkıda bulunabilmek için doğru ve yeterli miktarda gübreleme yapmakta oldukça önemlidir.

Ülkemizde katma değeri yüksek olan çeltik (*Oryzasativa* L.) yetiştiriciliğinde, bitkinin duyarlı olduğu mikro bitki besin elementini artan dozlardaki gübre uygulamaları ile bitkinin beslenmesi ve verim artışı üzerindeki etkisi ile damla sulama yöntemi kullanılarak minimum su koşullarında en az tava koşullarında yetiştirilen çeltik veriminin değerlendirildiği bu çalışmada, mikro bitki besin elementi olarak çinko kullanılmıştır. Çeltik bitkisinin ilk defa yetiştiriciliğinin yapıldığı arazilerde, su kısıdının da olması sebebi ile damla sulama yöntemi ile yetiştiriciliği yapılmıştır. Uygulanan damla sulama yöntemi ile bitkinin tüm dönemlerinde araziye mekanik olarak müdahale edilerek, yabancı ot kontrolü, hastalık ve zararlılarla mücadele, gübreleme, hasat gibi uygulamalarda kolaylık sağlanmasını sağlamıştır. Bu yöntemle toprak işlemenin kolaylığı ile girdiler düşmektedir fakat kısıtlı sulama koşullarında tava yöntemine göre verimdeki düşüşte önümüze olumsuz bir yön olarak çıkmaktadır.

Çeltik bitkisinde makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri artan dozlarda uygulanan Zn gübre dozları ile genel olarak artış göstermiştir. En yüksek P (0,18 mg/kg), K (1,66 mg/kg) ve Ca (0,61 mg/kg) içerikleri 80 kg/da Zn uygulaması yapılan bitki örneklerinde elde edilmiştir. Mg bitki besin elementi içeriği ise artan dozlar ile azalmıştır ve en yüksek içerik kontrol bitkisinde tespit edilmiştir. Bitkideki bu değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Mikro bitki besin elementi olarak Fe, Cu ve Mn elementleri değerlendirilmiştir. Maksimum Fe içeriği (240,52 mg/kg), en yüksek doz uygulaması olan 80 kg/da Zn uygulamasında elde edilmiştir ve bu artış istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Mn bitki besin elementi içeriği ise artan doz uygulamaları ile azalmıştır ve en yüksek değer (120,99 mg/kg) kontrol bitkisinde tespit edilmiştir. Cu içeriği artan çinko dozu uygulamaları ile artış göstermiştir ve 80 kg/da uygulama yapılan bitkide 18,72 mg/kg olarak bulunmuştur. Ancak Mn ve Cu içeriklerindeki değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Bu çalışmada, çeltik bitkisinin yetiştiriciliğinde mikro besin elementlerinden çinkonun metabolit etkilerinin önemli olduğu bilindiğinden, verim ve kaliteye olan etkisini ölçmek amacı ile artan dozlarda çinko uygulamaları yapılmıştır. Uygulamalar sonrasında makro besin elementleri özelinde ciddi bir değişim görülmemiştir. Fakat mikro besin elementlerinden Fe ve Zn miktarlarında özellikle de 60 mg/kg çinko dozu uygulamasında ciddi artış görülmüştür. Bu artışın pirinçteki nişasta oranına etki ederek kaliteyi arttıracakı düşünülmektedir.

Bu araştırmadan sonra başta çinko olmak üzere diğer bitki besin elementlerinin çeltik hastalık ve zararlıları üzerindeki etkisi araştırılabilir.

Son yıllarda dünya genelindeki iklim değişiklikleri ve küresel ısınmanın su kıtlığına neden olacağı tüm bilim insanları tarafından kabul edilmektedir. Mevcut su kaynaklarımızı korumak ve sürdürülebilir bir sulama politikası oluşturmak büyük önem kazanmıştır. Bu sebeple katma değeri yüksek olan ürünlere yönelim ve vahşi sulamanın önüne geçmek adına bu çalışmanın ileriki nesillere faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu çalışma ile çeltik tarımını kalıplaşmış bölge ve arazilerin dışına taşıyarak özgürleşmesi hedeflenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Adiloğlu, A., Bellitürk, K., Adiloğlu, S. ve Solmaz, Y. (2020).Çiftlik gübresinin çavdar (*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/ksutarimdoga.vi.606574.
- Afreen, S., Kumar, A., Sinha, P.K., Kumar, M. ve Singh, P.K. (2021). Çeltikte (*Oryza sativa* L.) büyüme ve tohum verimi üzerine çinko ve demir uygulamasının değerlendirilmesi[Evaluation of zinc and iron treatment on growth and seed yield in paddy (*Oryza sativa* L.)]. *The Pharma Innovation Journal*. 10(10):61-65.
- Akhtar, N., Khan, S., Rehman U.S., Rehman, U.Z, Khatoon, A., Rha, S.E. ve Jamil, M. (2021). Çinko oksit nanopartiküllerin ve bakterilerin sinerjik etkilerinin pirinç (*Oryza sativa* L.) bitkisinde ağır metal toksisitesini azaltması[Synergistic effects of zinc oxide nanoparticles and bacteria reduce heavy metals toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) Plant]. *Toxics*. 9(5),113. doi: 10.3390/toxics9050113.
- Alhach, P. (2018). *Oryza Sativa*L. monografisi [*Oryza Sativa* L . monograph]. *Agricultural Science 2017-2018*. <https://www.colegiobolivar.edu.co/garden/wp-content/uploads/2019/03/Pablo-Alhach-Oryza-sativa.pdf>
- Al Hasan, S. M., Hassan, M., Saha, S., İslam, M., Billah, M. ve İslam, S. (2016). Diyetle fitat alımının Bangladeş kırsalındaki hamile kadınların diyetlerinde demir ve kalsiyumun biyoyararlanımını engellemesi[Dietary phytate intake inhibits the bioavailability of iron and calcium in the diets of pregnant women in rural Bangladesh]. A cross- sectional study, *BMC Nutrition*, 2(1), 24 doi:10.1186/s40795-016-0064-8.
- Ali, I., Zhao, Q., Wu, K., Ullah, S., Iqbal, A., Liang, H., Zhang, J., Muhammed, I., Khan, A., Khan, A.A. ve Jiang, L. (2021).Azotlu gübre ile kombine biyokömür bir tekniktir: toprağın fizyo-biyokimyasal özelliklerini iyileştirerek pirincin (*Oryza sativa* L.) fizyolojik ve morfolojik özelliklerini geliştirmek[Biochar in combination with nitrogen fertilizer is a technique: to enhance physiological and morphological traits of rice (*Oryza sativa*L.) by improving soil physio-biochemical properties.]. *Journal of Plant Growth Regulation*doi: 10.1007/s00344-021-10454-8
- Alloway, B. J. (2008). Topraklarda ve bitkisel üretimde çinko [Zinc in soils and crop production]. *International Fertilizer Industry Association, Paris*, 139.
- Amaratunga, V., Wickramasinghe, L., Perera A., Jayasinghe, J. ve Rathnayake, U. (2020).İklim verilerini kullanarak çeltik verimi tahminini tahmin etmek için yapay sinir ağı [Artificial neural network to estimate the paddy yield prediction using climatic data]. *Mathematical Problems in Engineering*. doi: 10.1155/2020/8627824
- Anonim (2003).Yakın Doğu'da pirinç sulaması: mevcut durum ve iyileştirme beklentileri [Rice irrigation in the Near East: current situation and prospects for improvement]. FAO Regional Office for the Near East Cairo, Egypt. 1-23.
- 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 (2010). Ülkesel çeltik araştırmaları projesi raporları. Trakya Tarımsal Araştırma

Enstitüsü – Edirne.

- Anonim. (2022). Çeltik yetiştiriciliği. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/4907910-Celtik-yetistirciligi.html>
- Arcasoy, A. (1997). İnsan sağlığında çinkonun önemi. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 12-16 Mayıs. Eskişehir.
- Armstrong, D.L. (2002) *Pirinçte besin eksikliği belirtileri* [Nutrient deficiency symptoms in rice]. Better Crops International 16, Special Supplement: 23–25.
- Babazadeh Jafari, S., Feizian, M. ve Davatgar, N. (2022). Farklı besleme yönetiminin pirinç bitkisinin (*Oryza sativa* L.) verim ve ekonomik faydası üzerine etkisinin değerlendirilmesi [Evaluation of the effect of different nutritional managements on yield and economic benefit of rice plant (*Oryza sativa* L.)]. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(11), 2923-2934. doi: 10.22059/ijswr.2021.330633.669076
- Barman, H., Das, S. K. ve Roy, A. (2018). Bitki sağlığı ve yönetim stratejisi için toprak ortamında çinko [Zinc in soil environment for plant health and management strategy]. *Universal Journal of Agricultural Research*. 6 : 149-54.
- Beser, N., Surek, H., Sahin, S., Kaya, R., Tuna, B. ve Cakir, R. (2015). Damla sulamaya uygun pirinç (*Oryza Sativa* L.) genotiplerinin belirlenmesi [Determinatinon of rice (*Oryza Sativa* L.) genotypes suitable for drip irrigation]. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(6), 1222-1228.
- Beser, N., Surek, H., Sahin, S., Kaya, R., Tuna, B. ve Cakir, R. (2016). Pirinçte (*Oryza sativa* L.) çeşitli damla sulama uygulamalarının incelenmesi [An investigation of various drip irrigation treatments in rice (*Oryza sativa* L.)]. *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 3680.
- Bijay, S. ve S. Vinod. (2016). Pirinç yetiştiriciliğinde besin yönetimindeki gelişmeler [Advances in nutrient management in rice cultivation]. In Book Chapter. New Delhi: *Indian Agricultural Research Instute*. doi: 10.19103/AS.2016.0003.
- 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.
- Brar ve Sekhon, 1976 Brar, M.S. ve Sekhon, G.S. (1976). Çinkonun diğer mikro besin kationları ile etkileşimi. I. Bakırın çinko<sup>65</sup>'in buğday fideleri tarafından emilimi ve bitkiler içinde yer değiştirmesi üzerine etkisi [Interaction of zinc with other micronutrient cations. I. Effect of copper on zinc<sup>65</sup> absorption by wheat seedlings and its translocation within the plants]. *Plant Soil*, 45: 137–143.
- Budiono, R., Adinurani, P.G. ve Soni, P. (2019). Yeni NPK gübresinin ova pirinç (*Oryza sativa* L.) büyümesine etkisi [Effect of new NPK fertilizer on lowland rice (*Oryza sativa* L.) Growth]. *IOP Confernce Series: Earth and Environmental Science*, 293,012034.
- Cao, F., Wang, R., Cheng, W., Zeng, F., Ahmed M. I., Hu, X., Zhang, G. ve Wu, F. (2014). Pirinçte kadmiyum, kurşun ve bakırda genotopik ve çevresel varyasyon ve birikimi azaltmaya yönelik yaklaşımlar [Genotypic and environmental variation in cadmium, chromium, lead and copper in rice and approaches for reducing the accumulation]. *Science of The Total Environment*, 496, 275-281.

- Chandio, A.A., Twumsai, A.M., Ahmad, F., Sargani, R.G. ve Jiang, Y. (2022). İklim değişikliği Tayland'da pirinç üretimini nasıl etkiler? Finansal gelişimin rolünün değerlendirilmesi [How does climate change affect rice production in Thailand? Assessing the role of financial development]. *Research Square*. doi: 10.21203/rs.3.rs-1173507/v1.
- Chen, J., Huang, Y. ve Tang, Y. (2011). Güneydoğu Çin'de pirinç üretimi için ekonomik ve ekolojik açıdan optimum azot oranlarının ölçülmesi [Quantifying economically and ecologically optimum nitrogen rates for rice production in south-eastern China]. *Agricultural Ecosystem and Environmet*. 142(3-4):195-204.
- Chen, L., Lin, L., Cai, G., Sun, Y., Huang, T., Wang, K, ve Deng, J. (2014). Statik tarama teknolojisi ve hiyerarşik tanımlama yöntemiyle pirinçte azot, fosfor ve potasyum eksikliklerinin belirlenmesi [Identification of nitrogen, phosphorus, and potassium deficiencies in rice based on static scanning technology and hierarchical identification method]. *PLoS ONE*. 9(11): e113200.doi:10.1371/journal.pone.0113200
- Cordero-Lara, K. I. (2020). Ilıman Japonicapirinci (*Oryzasativa*L.) ıslahı: tarih, şimdiki ve gelecekteki zorluklar [Temperate Japonic rice (*Oryzasativa*L.) breeding: history, present and future challenges]. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(2), 303–314. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000200303>
- Das, A., Singh, S.K., Kumar, M. ve Kumar, O. (2018). Çinko biyolojik güçlendirme: insan sağlığını iyileştirmeye yönelik yeni bir strateji [Zinc biofortification: A novel strategy for improving human health]. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 6, 751-762.
- DeBang, T.C., Husted, S., Laursen, K.H., Persson, D.P. ve Schjoerring, J.K. (2021). Mineral makro besinlerin moleküler-fizyolojik işlevleri ve bitkilerde eksiklik belirtileri üzerindeki sonuçları [The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants]. *New Phytol* 229(5):2446–2469
- Deepika ve Singh A. (2021). Jasmonik asit biyosentez yolundaki ekspresyon dinamiklerinin pirinçte (*Oryza sativa* L.) makrobesin (N, P ve K+) eksiklik toleransını düzenlemedeki rolü [Expression dynamics indicate the role of Jasmonic acid biosynthesis pathway in regulating macronutrient (N, P and K+) deficiency tolerance in rice (*Oryza sativa* L.)]. *Plant Cell Reports*. 40(8):1495-1512. doi: 10.1007/s00299-021-02721-5.
- 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.
- Dok, M., Şahin, M., Özcan, C., Sezer, İ., Horuz, A. ve Özyazıcı, M. A. (2013). Farklı çeltik çeşitlerinin çinko etkinliklerinin belirlenmesi. *Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi*, 10-13 Eylül, Konya, Bildiriler Kitabı, 138-147.
- Du, M., Zhang, W., Gao, J., Liu, M., Zhou, Y., He, D., Zhao, Y. ve Liu, S. (2022). Azot, fosfor ve potasyum etkileşimlerine bağlı olarak kök özelliklerinin iyileştirilmesi pirinç (*Oryzasativa*L.) verim ve azot kullanım verimliliğini artırması [Improvement of root characteristics due to nitrogen, phosphorus, and potassium

- interactions increases rice (*Oryza sativa* L.) yield and nitrogen use efficiency]. *Agronomy*, 12(1), 23. doi: 10.3390/agronomy12010023
- Duan, Y.; Shi, X.; Li, S.; Sun, X.; ve He, X. (2014). Uzun süreli pirinç ve buğday deneylerinde fosfor ve potasyumdan etkilenen azot kullanım verimliliği [Nitrogen use efficiency as affected by phosphorus and potassium in long-term rice and wheat experiments]. *Journal of Integrative Agriculture*, 13, 588–596.
- 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](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 gübreleme, pirinç performansını iyileştirmesi ve yarı kurak çevre koşullarında besin fazlasını azalması [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>
- Falatehan, A.F., Syaikat, Y., Hastuti ve Nasrullah, N. (2021). Endonezya'da çeltik kaybı ve gübre sübvansiyonuna etkisi [Paddy loss and its implication to fertilizer subsidy in Indonesia]. *Journal of Biosciences*, Hayati. 28(1), 73-82.
- 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>
- Fitriatin, N.B., Silpanus, R., Sofyan, T.E., Yuniarti, A. ve Turmuktini, T. (2019). Mikrobiyal gübreler ve NPK dozunun yayla pirinç (*Oryza sativa* L.) büyümesi ve verimi üzerine etkisi [Effect of microbial fertilizers and dosage of NPK on growth and yield of upland rice (*Oryza sativa* L.)]. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* (UEBA). 4:4.
- Garipoğlu, N. ve Duman, E. (2018). Çatalca İlçesi'nin arazi kullanımında meydana gelen değişimler (1987-2016)<sup>61</sup>. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 37, 219-232.
- Gransee, 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.
- Guo, J., Hu, X., Gao, L., Xie, K., Ling, N., Shen, Q., Hu, S. ve Guo, S. (2017). Jiangsu'da yüksek verim ve yüksek azot kullanım verimliliğinin pirinç üretim uygulamaları [The rice production practices of high yield and high nitrogen use efficiency in Jiangsu], *China Scientific Reports*. 7(1):1.
- Guru, K.P., Saha, S., Tiwari, P., Shrivastava, K.A. ve Khandai, S. (2022). Hindistan'da pirinç

mekanizasyonundaki gelişmeler[Advances in rice mechanization in India]. *SATSA Mukhaotra- Annual Technical Issue*. 26.

- 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>
- 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](https://sehirplanlama.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2021/04/kabakca_plan_raporu.pdf).
- Hariyono, D. ve Zaini, A. H. (2018). Yağışlı sezonda farklı bitki aralığı ile yerel çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinin verimi [Yield of local varieties of paddy (*Oryza sativa* L.) with different plant spacing in rainy season]. *Journal of Agronomy*, 17: 118-122.
- He, H., Ma, F., Yang, R., Chen, L., Jia, B., Cui, J. ve Li, L. (2013). Damla sulama ile plastik malçlama altında pirinç performansı ve su kullanım verimliliği [Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation]. *PloS one*, 8(12).
- Jat, G., Majumdar, S. P., Jat, N. K., ve Mazumdar, S. P. (2014). Tipik Ustipsammet'te potasyum ve çinko gübresinin mahsul verimi, besin alımı ve potasyum ve çinko fraksiyonlarının dağılımı üzerine etkisi [Effect of potassium and zinc fertilizer on crop yield, nutrient uptake and distribution of potassium and zinc fractions in Typic Ustipsammet]. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84(7), 832–838.
- Jones, D.L, Kochian, L.V. (1997). Plazma membran lipidleri ve enzim metal bağlama bölgeleri ile alüminyum etkileşimi ve Al sitotoksitesindeki potansiyel rolü [Aluminum interaction with plasma membrane lipids and enzyme metal binding sites and its potential rote in Al cytotoxicity]. *FEEBS Lett.* 400, 51-57.
- Janeeshma, E., Kalaji, M.H., ve Puthur, T.J. (2021). *Oryza sativa* ve *Zea mays*'ın Cd ve Zn toksitesine maruz kalmada fotosentetik verimliliğinde farklı tepkiler [Differential responses in the photosynthetic efficiency of *Oryza sativa* and *Zea mays* on exposure to Cd and Zn toxicity]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43, 12. doi: 10.1007/s11738-020-03178-x.
- 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. ve Ortaş, İ. (2012). *Bitki Besleme*. Dumat Ofset. Ankara.
- Kibria, M. G., Farhad, ve Hoque, M. A. (2015). Potasyum ve çinko gübrelemesi ile pirinçte toprak tuzluluğunun hafifletilmesi [Alleviation of soil salinity in rice by potassium and zinc fertilization]. *Journal of Experimental Agriculture International*, 7766, 4–9.
- Kumar, A., Lal, M.K., Kar, S.S., Nayak, L., Ngangkham, U., Samantary, S. ve Sharma, S.G. (2017). Pirinç tanesindeki fitik asit içeriğinden etkilenen demir ve çinko'nun biyoyararlanımı [Bioavailability of iron and zinc as affected by phytic acid content in rice grain]. *Journal of Food Biochemistry*, 41(6).
- Kumar, A., Lal, M.K., Kar, S.S., Nayak, L., Sahoo, U., Behera, A., Bagchi, T.B., Parameswaran, C., Swain, P. ve Sharma, S. (2022). Pirinçte (*Oryza sativa* L.) yarı

- kaynatmanın nişasta sindirilebilirliği ve mineral biyoyararlanımı üzerindeki etkisi[Effect of parboiling on starch digestibility and mineral bioavailability in rice (*Oryza sativa* L.)]. *LWT (Food Science and Technology)*, 156, 113036. doi: 10.1016/j.lwt.2021.113026.
- Kundu, A., Raha, P., Dubey N.A., Rani M., Paul, A. ve Patel, R.(2021). Pirincin (*Oryza sativa*L.) organik potasyum tuzunun yaprak döllenenmesine farklı tepkileri [Differential responses of rice (*Oryza sativa* L.) to foliar fertilization of organiz potassium salts]. *Journal of Plant Nutrition*. 44:9. doi: 10.1080/01904167.2020.1862193.
- Kün, E. (2005). Tahıl ve yemeklik baklagiller üretimi. *Türkiye Ziraat Müh. VI. Teknik Kongresi*. 1, 367-407, Ankara.
- Lee, C.R, Craddock, U.K. ve Hammer, H.E. (1969). Yüksek çinko ortamında bitki büyümesini etkileyen faktör. Demirin çeşitli çinko seviyelerinde keten büyümesi üzerindeki etkisi [Factor affecting plant growth in high zinc medium. Influence of iron on growth of flax at various zinc levels]. *Agronomy Journal*, 61:562-565.
- Li, H., Li, Z., Xie, S., Huang, Y., Chen, M., Xie, T. ve Wang, G. (2022). Çinko ile kirlenmiş çeltik topraklarında biochar ile yetiştirilen pirinç bitkilerinde (*Oryza sativa* L.) çinko dağılımının birikimi[Accumulation of distribution of zinc in rice plants (*Oryza sativa* L.) growing in zinc contaminated paddy soils with biochar]. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 10(1), 106811. doi: 10.1016/j.jece.2021.106811
- Lin, J., Feng, YX. ve Yu, XZ. (2022).*Oryza sativa*'da ekzojen tiyosiyanatın (SCN-) detoksifikasyonunda azot kaynağı olarak amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) üzerinden nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) kullanımının önemi [The importance of utilizing nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) over ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) as nitrogen source during detoxification of exogenous thiocyanate (SCN-) in *Oryza sativa*]. *Environ Sci Pollut Res*. 29, 5622–5633.
- 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 copper1.] *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421. doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x.
- Mactavish, R.M., Cohen, R.A. (2017). Su kolonu amonyum konsantrasyonu ve tuzluluğun *Spartina alterniflora*'nın azot alımı ve büyümesine etkisi [Water column ammonium concentration and salinity influence nitrogen uptake and growth of *Spartina alterniflora*]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 488:52–59.
- Madhusudanan, M., Singh, K and Ramawat, N. (2019). Çinko oksit nano parçacıklarının pirinç (*Oryza sativa* L.) büyümesi ve verimi üzerindeki etkinliğinin değerlendirilmesi [Evaluation of the effectiveness of zinc oxide nano particles on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.)]. *Res. Crop*. 20 : 468-76.
- Mandal, K.G., Misra, A., Hati, K.M., Bandyopadhyay, K.K., Ghosh, P.K. ve Mohanty, M. (2004). Pirinç kalıntısı yönetimi seçenekleri ve toprak özellikleri ve ürün verimliliği üzerindeki etkileri [Rice residue- management options and effects on soil properties and crop productivity]. *Food Agriculture & Environment*. 2: 224–31
- Masunaga, T., ve Fong, J. D. M. (2018). Bitki alımı için toprakta mikro besin mevcudiyetini artırma stratejileri [Strategies for increasing micronutrient availability in soil for plant uptake]. In *Plant Micronutrient Use Efficiency: Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812104-7.00013-7>
- Metho, L.A.; Hammes, P.S.; de Beer, J.M. ve Groeneveld, H.T.(1997).Buğdayın tane verimi,



- verim bileşenleri ve tahıl azot içeriği üzerinde çeşit ve toprak verimliliği etkileşimi [Interaction between cultivar and soil fertility on grain yield, yield components and grain nitrogen content of wheat]. *South Africa Journal Plant and Soil*.14, 158–16.
- Mohapatra, K. K., Singh, S. K., ve Patra, A. (2021). Orta dereceli çinko içeren toprakta yetiştirilen hibrit pirinçte ( *Oryza sativa* L. ) farklı düzeylerde çinkonun verim ve çinko biyo-takviyesi üzerindeki etkisi [Influence of varying levels of zinc on yield and zinc biofortification in hybrid rice ( *Oryza sativa* L.) . *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 69(2), 220–223. doi: 10.5958/0974-0228.2021.00034.7.
- Mondal, B., Pramanik, K. ve Sarkar, N. C. (2020). Aerobik pirincin sulama rejimlerine tepkisi ve çinko uygulama yönteminin lateritik topraklarda yaz mevsiminde büyüme ve verime etkisi [Response of aerobic rice to irrigation regimes and method of zinc application on growth and yield during summer season in lateritic soil]. *Res. Crop*. 21 : 1-9.
- Nadeem F, Ahmad R, Rehmani MIA, Ali A, Ahmad M ve Iqbal J. (2013). Anaerobik koşullar altında çinko ile kombine fosfor uygulama zamanına kadar pirinç çekirdeğinin kalitatif ve and water productivity of aerobic rice kimyasal analizi[Qualitative and chemical analysis of rice kernel to time of application of phosphorus in combination with zinc under anaerobic conditions]. *Asian Journal of Agricultural Biology*, 1:67-75.
- Naik, B.B., Reddy, D.R., Sreenivas, G. ve Rani, P.L. (2015).Aerobik pirincin (*Oryza sativa* L.) Kharif sezonunda ekim tarihleri ve çeşitlerinden etkilenen verim ve su verimliliği [Yield (*Oryza sativa* L.) as influenced by dates of sowing and varieties duringKharif season]. *Journal of Rice Research*, 8(1), 52-56.
- Naneli, İ. (2019). Bazı çeltik çeşitlerinde farklı lokasyonlarda verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi (Doktora Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Nar, H. (2019). Çeltik bitkisinde damla sulama ile su tutma bariyerinin kullanımı (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Nawaz, A., Rehman, A. U., Rehman, A., Ahmad, S., Siddique, K. H. M., ve Farooq, M. (2022). Pirinç üretim sistemlerinde sürdürülebilirliğin artırılması [Increasing sustainability for rice production systems]. *Journal of Cereal Science*, 103, 103400. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103400>.
- Nayar, N.M. (2014). Oryza türleri ve ilişkileri [Oryza species and their relationships]. In *book: Origin and Phylogeny of Rices*. 59-115. doi: 10.1016/B978-0-12-417177-0.00004-8
- Nazir, Q., Aftab, M., Sarwar, G., Riaz, A., Hussain, S., Saleem, I., Kalsam, A., Sabah, N., Tahir, M.A., Rehman, A. ve Arif, M. (2021). Çinko Kaplı, harmanlanmış ve biyo-aktifleştirilmiş çinko kaplı ürenin kalite, biyokimyasal parametreler ve pirinç mahsul (*Oryza sativa*L.)verim üzerine etkileri [Effectiveness of zinc coated, blended and bio-activated zinc coated urea to quality, biochemical parameters and yields rice crop (*Oryza sativa* L.)].*Pakistan Journal of Agricultural Research*, 34(3):525-532.
- Nieves-Cordones, M., Ródenas, R., Lara, A., Martínez, V. ve Rubio, F. (2019). K<sup>+</sup> eksikliğinin diğer çevresel streslerle kombinasyonu: Sonuç nedir? [The combination of K<sup>+</sup> deficiency with other environmental stresses: what is the outcome?]. *Physiol Plant Journal*. 165: 264-276.
- 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.] PartII. Chemical and microbiological properties. Editors: Page, A.L., R.H. Miller, D.R.Keeney. Agronomy. No: 9 Madison, Wisconsin, USA.
- Ottis B, Henggeler J, Vories ED (2006). Pirinç için düşük basınçlı, yüzey altı damla sulama [Low-pressure, subsurface drip-irrigation for rice]. ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting [abstracts]. November 12-16, Indianapolis, Indiana. unpaginated CD-ROM.
- Öktem, A. (2016). Şanlıurfa koşullarında Karacadağ Çeltiği (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliği üzerine anket çalışması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 102–108. <https://doi.org/10.19159/tutad.04360>
- Özcan, H., ve Taban, S. (2012). Çinko Uygulamasının Bazı Çeltik Çeşitlerinde Verim ile Tanede Çinko , Fosfor ve Fitin Asidi Konsantrasyonuna Etkisi. *Toprak ve Su Dergisi*, (1), 7–14.
- Öztürk, D., ve Akçay, Y. (2010). Güney Marmara Bölgesinde çeltik üretiminin genel bir değerlendirmesi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 61–70.
- Palkar, K.P., Meshram, N.A., Kasture, M.C., Pinjari, S.S. ve Dodake, S.B. (2022).Mahsul kalıntıları ve gübrelerin humus fraksiyonları ve pirinç (*Oryza sativa*) verimine etkisi [Effect of crop residue and fertilizers on humus fractions and rice (*Oryza sativa*) yield]. *Journal of Agricultural Sciences*. 92(2):249-53.
- Parthasarathi, T., Mohandass, S., Senthilvel,S., ve Vered,E. (2013). Damla sulama sistemlerinin aerobik pirinç verimine etkisi [Effect of drip irrigation syatems on yield of aerobic rice]. *Environment & Ecology*, 31(4A), 1826-1829.
- 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.
- Quijano-Guerta, C., Kirk, G.J.D., Portugal, A.M., Bartolome, V.I. ve McLaren, G.C. (2002). Pirinç germplazmının çinko eksikliğine toleransı [Tolerance of rice germplasm to Zinc deficiency]. *Field Crop Research Journal*. 76:123–130
- Rao, K. V. R., Gangwar, S., Keshri, R., Chourasia, L., Bajpai, A. ve Soni, K. (2017). Pirinç yoğunlaştırma yönetim sistemi altında damla sulama sisteminin pirinç (*Oryza sativa* L.) verimini artırmaya etkisi [Effect of drip irrığaiton system for enhancing rice (*Oryza sativa* L.) yield under system of rice intensification management]. *Applied Ecology and Environmental Research* 15(4):487-495.
- Regar, L.K., Kumar, V., Singh, K.A., Kundu, M.S., Kumar, A. ve Singh, K.S. (2022). Bihar'ın yarı kurak bölgesinde farklı çinko uygulama yöntemlerinin pirincin (*Oryza sativa* L.) verim özellikleri, verim ve ekonomik karlılığı üzerine tepkisi[Response of different methods of zinc application on yield attributes, yield and economic profitability of rice (*Oryza sativa* L.) in semi-arid region of Bihar]. *The Pharma Innovation Journal*. 11(2): 1398-1401.
- Rehman, H., Farooq, M., ve Basra, S.M.A. (2012). *Su tasarrufu sağlayan pirinç ekiminde tane doldurma sırasında artan Zn arzı ve mobilizasyonundan kaynaklanan yüksek tane Zn konsantrasyonu [özet]] [High grain Zn concentration results from increased Zn supply*

and remobilization during grain filling in water saving rice cultivation [abstract]]. In: Abstracts of 14th Congress of soil Science, 12-15 March, 2012, Lahore, Pakistan.

- 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. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162015005000036>
- Sadeghizadeh, M., Zarea, M.J. (2022).Çinko ile tohum astarının iki pirinç (*Oryza sativa* L.) çeşidinde çimlenme, fidan büyümesi ve çeltik tarlaları verimi üzerine etkileri[Effects of seed priming with zinc on germination, nursery seedling growth and paddy fields yield of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars]. *J. Crop Sci. Biotechnol.* doi: 10.1007/s12892-021-00133-1
- Sağlam, M. T. (2012).*Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri*. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- Sah, S. B., Gupta, R. N., Kumar, M., Saha, R., Saha, T., ve Singh, B. B. (2018). Çeltik zararlıları ve yönetimi [Pests of paddy and their management].S. P. Patil, M. Muthukumaran, S. H. Jadhav, ve S. V. Agnihotri (Eds.), *Advances in Plant Science: Vol. V* (Issue 1, pp. 57–63). Bhumi Publishing. <https://doi.org/10.32381/jpsr.2018.34.01.9>
- 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.
- Semerci, A., ve Everest, B. (2021). Çanakkale ilinde çeltik üretiminin ekonometrik analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 576–584.
- Sezer, İ., Akay, H., Öner, F. ve Şahin, M. (2012). Çeltik üretim sistemleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 5(2), 6-11.
- Sezer, İ., Akay, H., Şişman, A. ve Şenocak, H.S. (2015). Çeltikte kalite kavramı ve kaliteyi etkileyen faktörlerin irdelenmesi. *11. Tarla Bitkileri Kongresi*. 7-10 Eylül, Çanakkale. 305-308.
- Sharda. R., Mahajan. G., Siag, M., Singh, A., ve Chauhan, B.S. (2017). Güney Asya'da damla sulamalı kuru tohumlu pirinç (*Oryza sativa* L.) performansı [Performance of drip-irrigated dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in South Asia]. *Paddy and Water Environment*, 15(1), 93-100.
- Sharifan, H., Ma, X. (2021).Zn tarım kimyasallarının yaprağa uygulanmasının arsenik, kadmiyum ve mikro besinlerin su basmış çeltik toprağındaki pirince (*Oryza Sativa* L.) biyoyararlanımına etkileri. [Foliar application of zn agrichemicals affects the bioavailability of arsenic, cadmium and micronutrients to rice (*Oryza sativa* L.) in flooded paddy soil]. *Agriculture*, 11(6),505.
- Shrestha, J., Kandel, M., Subedi, S. ve Shah, K.K. (2020). Pirinçte besinlerin rolü (*Oryza sativa* L.): bir derleme [Role of nutrients in rice (*Oryza sativa* L.): a review]. *Agrica*. 9, 53-62. doi: 10.5958/2394-448X.2020.00008.5
- Singh, R.D., Hussainy, S.A.H., Paulpandi, V.K., Nandhini, R., Lavanya, A. ve Prema, M. (2021).Entegre besin yönetiminin pirinç (*Oryza sativa*) büyümesi, phyllochron, kardeşlenmesi ve verimi üzerine etkisi[Effect of integrated nutrient management on the growth, phyllochron, tillering and yield of rice (*Oryza sativa*)]. *Crop Research an International Journal*. 56:6, 281-286.

- Singh, T.C., Prajapati, B., ve Bhardwaj, A.K. (2018). Damla sulamanın doğrudan tohumlu pirinç (*Oryza sativa*L.) büyümesi ve verimi üzerine etkisi [Effect of drip irrigation on growth and yield of direct seeded rice (*Oryza sativa* L.)]. *IJCS*, 6(1), 161-164.
- Soltangheisi, A., Rahman, Z.A., Ishak, F. C., Musa, H.M. ve Zakikhani, H. (2014). Tatlı mısırdada (*Zea mays* var. *saccharata*) çinko ve fosfor kaynağının karbonik anhidraz aktivitesi ve kloroplastın üst yapısı üzerine etkisi [Effect of zinc and phosphorus supply on the activity of carbonic anhydrase and the ultrastructure of chloroplast in sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*)]. *Asian Journal of Plant Sciences*, 13: 51-58.
- Sönmez, F., Çığ, F., Erman, M., ve Tüfenkçi, Ş. (2012). Çinko , tuz ve mikoriza uygulamalarının mısırın gelişimi ile P ve Zn alınmasına etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*,23(1), 1–9.
- Sudha S ve Stalin P. (2015).Çinkonun pirinç genotiplerinin verimi, kalitesi ve tane çinko içeriği üzerine etkisi [Effect of zinc on yield, qualityandgrainzincontent of ricegenotypes]. *International Journal of Farm Sciences*. 5(3):17-27.
- Suman, B. M., ve Raj, S. K. (2018). Pirinçte çinko ve bor beslenmesi üzerine bir inceleme [A review on zinc and boron nutrition in rice]. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(4), 1180–1186. <https://doi.org/10.31018/jans.v10i4.1897>
- Sürek, H. (2015). Çeltik ürün raporu. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Edirne.
- Tanaka, A. ve Yoshida, S. (1970). Asya'daki pirinç bitkisinin beslenme bozuklukları [Nutritional disorders of the rice plant in Asia]. *International Rice Institute, Technical Bulletin*, 10.
- Tani, F. ve Barrington, S. (2006). Bitkiler tarafından iki terleme oranı altında çinko ve bakır alımı. Bölüm I. Buğday (*Triticum aestivum* L.) [Zinc and copper uptake by plants under two transpiration rates. Part I. Wheat (*Triticum aestivum* L.)]. *Environmental Pollution*, 138(3):538-47
- 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>.
- Tezcanlı, F. (2007). Çeltik işleme fabrikasında işlem akışı ve enerji sarfiyatı (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- TOVEP (1991). Türkiye toprakları verimlilik envanteri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tuna, B. (2012). Trakya koşulları çeltik (*Oryza sativa* L.) tarımında farklı sulama uygulamaları ve su-verim-kalite ilişkilerinin belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi. [https://doi.org/10.1007/978-1-59259-887-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-59259-887-8_11)
- Tuncay, H. (1994). Toprak fiziği uygulama kılavuzu. E. Ü. Ziraat Fakültesi, Teksir No: 29, İzmir.
- TÜİK (2020). Bitkisel üretim istatistikleri veri tabanı. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>

- 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, M., Zheng, Q., Shen, Q. ve Guo, S. (2013). Bitki stres tepkisinde potasyumun kritik rolü [The critical role of potassium in plant stress response]. *International Journal of Molecular Science* 14:7370–7390
- Wang, Y. ve Wu, W.H. (2013). Yüksek bitkilerde potasyum taşınması ve sinyalizasyonu [Potassium transport and signaling in higher plants]. *Annual Reviews-Plant Biology*. 64: 451-476.
- Wissuwa, M., Ismail, A. M., ve Yanagihara, S. (2006). Çinko eksikliğinin pirinç büyümesi üzerindeki etkileri ve toleransa katkıda bulunan genetik faktörler [Effects of zinc deficiency on rice growth and genetic factors contributing to tolerance]. *Plant Physiology*, 142(2), 731–741. <https://doi.org/10.1104/pp.106.085225>
- Wissuwa, M., Kretschmar, T. ve Rose, T.J. (2016). Sözen uygulamaya: pirinç yetiştiriciliğinde gelişmiş besin maddesi yakalama için kök özellikleri [From promise to application: root traits for enhanced nutrient capture in rice breeding]. *Journal of Experimental Botany*. 67:3605–3615
- Wu, Q., Liu, C., Wang, Z., Gao, T., Liu, Y., Xia, Y., Yin, R. ve Qi, M. (2022). Pirinçte (*Oryza sativa* L.) demir alımı ve translokasyonunun çinko düzenlemesi: kararlı demir izotopları ve taşıyıcı genlerden etkiler [Zinc Regulation of iron uptake and translocation in rice (*oryza sativa* l.): implication from stable iron isotopes and transporter genes]. *Environmental Pollution*. 297, 118818. doi: 10.1016/j.envpol.2022.118818.
- Xiao, L., Guan, D., Peart, M.R., Chen, Y. ve Li, Q. (2017). Ardışık ekstraksiyon prosedürü ile ardışık ekstraksiyon yoluyla toprak ağır metallerin fraksiyonlarının ilgili etkileri ve pirinç taneleri ve *Brassica* bitkilerinde ağır metallerin birikmesi üzerine toprak özelliklerinin etkisi [The respective effects of soil heavy metal fractions by sequential extraction by sequential extraction procedure and soil properties on the accumulation of heavy metals in rice grains and *Brassicac*]. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3), 2558-2571.
- 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.
- Yan, B., ve Hou, Y. (2018). Toprak magnezyumunun bitkiler üzerindeki etkisi: Bir inceleme [Effect of soil magnesium on plants: A review]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/2/022168>
- Yazlık, A., Bör, A. R., ve Eroğlu, E. (2020). Türkiy’de çeltik üretiminde yabancı ot durumunun değerlendirilmesi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(4), 290–300.
- Ye, T., Li, Y., Zhang, J., Hou, W., Zhou, W., Lu, J., Xing, Y. ve Li, X. (2019). Azot, fosfor ve potasyum gübrelemesini pirincin çiçeklenme zamanını üzerindeki etkisi (*Oryza sativa* L.) [Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.)]. *Global Ecology and Conservation*. doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00753
- Yeasmin, S., Islam, A. K. M. M., ve Islam, A. K. M. A. (2012). Çeltik topraklarında azot

fraksiyonasyonu ve mineralizasyonu: Bir inceleme [Nitrogen fractionation and its mineralization in paddy soils: A review]. *Journal of Agricultural Technology*, 8(3), 775–793.

Zhang, H., Wang, R., Zhiqing, C., Cui, P., Lu, H., Yang, Y. ve Zhang, H. (2021).Çinko oksit nanopartiküllerin pirinç (*Oryza sativa* L.) verim ve kalitesini artırmaya etkisi[The effect of zinc oxide nanoparticles for enhancing rice (*Oryza sativa* L.) yield and quality]. *Agriculture*. 11(12), 1247. doi: 10.3390/agriculture11121247.

Zhang, Q., Feng, Y.X., Yu, X.Z., Zhang, H. ve Liang, Y.P. (2020). Pirinç fidelerinde azotlu gübrelemenin tiyosiyanatın (SCN<sup>-</sup>) uzaklaştırma kinetiği üzerine etkileri [Effects of nitrogen fertilization on removal kinetics of thiocyanate (SCN<sup>-</sup>) in rice seedlings]. *International Journal Environmental Science and Technology*. 17:4291–4298

Zhang, X., Jiang, H., Wang, H., Cui, J., Wang, J., Hu, J., Guo, L., Qian, Q. ve Xue, D. (2017). Potasyum eksikliğine tepkide pirinç fide köklerinin transkriptom analizi [Transcriptome analysis of rice seedling roots in response to potassium deficiency]. *Scientific Report*. 17;7(1):5523. doi: 10.1038/s41598-017-05887-9.

Ziarati, P., Moradi, D., Rodriguez, C.L., Hochwimmer, B., Vambol, V. ve Vambol, S. (2021). *Oryza sativa* L.'nin tarımsal gıda atıkları ile bitkilerin besin değerini artırmak için biyolojik güçlendirilmesi [Biofortification of *Oryza sativa* L. with agri-food waste to improve the dietary value of crops]. *Ecological Questions [online]*.33:1, 1-13. doi: 10.12775/EQ.2022.004

## **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**