

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI YETİŞTİRME SİSTEMLERİNDE ÇELTİK (*Oryza sativa* L.)
BİTKİSİNİN KALSİYUM VE MAGNEZYUM İLE
BİYOZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

Moilim FAHAD

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

HAZİRAN 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI YETİŞTİRME SİSTEMLERİNDE ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) BİTKİSİNİN
KALSİYUM VE MAGNEZYUM İLE BİYOZENGLİLEŞTİRİLMESİ**

MoilimFAHAD

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 22/06/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şule ORMAN

Prof. Dr. M. Bülent TORUN

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ

Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Doç. Dr. Bilal AYDINOĞLU

ÖZET

FARKLI YETİŞTİRME SİSTEMLERİNDE ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) BİTKİSİNİN KALSİYUM VE MAGNEZYUM İLE BİYOZENGLİNLEŞTİRİLMESİ

Moilim FAHAD

Doktora Tezi, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Şule ORMAN

Haziran 2022; 125 sayfa

Tahıl danelerindeki mikro ve makro besin maddelerinin konsantrasyonunun artırılması, gelişmekte olan ülkelerdeki nüfuslar arasındaki gizli açlıkla ilgili sorunların hafifletilmesinde önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Tarımsal araştırma dünyasında, bitkilerin agronomik biyozenginleştirilmesinin mikro ve makro besin düzeylerini artırmadaki önemli rolü üzerine yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Öte yandan, 80'li yıllarda doğan ve “İntansif Çeltik Yetiştiriciliği” olarak bilinen bir çeltik yetiştirme sistemi, pirinç verimini artırmada kendini kanıtlamaya devam etmektedir. Çeltik danelerinin besin değerini artırmak için İntansif Çeltik Yetiştiriciliği üzerinde çok az çalışma yapılmıştır. İntansif Çeltik Yetiştiriciliğinin kalsiyum ve magnezyumun çeltiğin dane kısmına taşınmasının kolaylaştırabileceği genel hipotezine dayanarak, bu çalışma iki çeltik yetiştirme sisteminde (İntansif ve Geleneksel) pirinç danelerinde kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarının artırılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi seralarında kalsiyum ve magnezyum denemeleri yürütülmüştür. Kalsiyum ve magnezyum denemelerinin her birinde, İntansif ve Geleneksel çeltik yetiştiriciliği kullanılarak çeltik bitkileri yetiştirilmiştir. Her iki tip yetiştiricilikte, çeltik bitkilerine kalsiyum ve magnezyum uygulamaları için 4 ayrı doz uygulanmıştır. Toprağa uygulanan kalsiyum ve magnezyumun (Saf Ca; Mg) dozları dekara 0kg, 2kg, 4kg ve 6kg, yapraklara ise % 0 ve %0.2 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, çeltik vejetatif parametreleri ve çeltik verimi ile danelerinin kimyasal kaliteleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kalsiyum ve magnezyumun uygulamalarında İntansif Çeltik Yetiştiriciliği, çeltik biyokütle üretimi ve danedeki besin konsantrasyonları üzerinde yüksek etkinlik göstermiştir. Kalsiyum ve magnezyumun yaprağa uygulanması, danelerdeki besin konsantrasyonları üzerinde, hem İntansif Çeltik yetiştiriciliğinde hem de Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliğinde bitkilerin vejetatif parametreleri üzerine çok daha olumlu bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kalsiyum ve magnezyum iki denemenin sonunda incelenen tüm vejetatif parametreler en büyük değerler 4kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozundan itibaren elde edilmiştir. Magnezyum denemesinde yaprak alanı ve kalsiyum denemesinde kuru made miktarı parametreleri harıcıdır. Bu iki parametrede en büyük değerler sırasıyla GÇY için 2kg/da topraktan + %0 yapraktan dozunda ve İÇY için 4kg/da topraktan + %0 yapraktan dozunda elde edilmiştir. Magnezyum denemesinde Ca ve Mg içeriğinde en yüksek değerler İÇY için 6kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozunda elde edilmiştir.

GÇY ise en yüksek Mg içeren daneler 4kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozundan; Ca ise 2kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozundan belirlenmiştir. Kalsiyum denemesinde İÇY için en yüksek Ca içeren daneler 6kg/da topraktan dozundan belirlenirken GÇY ise 6kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozundan belirlenmiştir . En yüksek Mg içeren daneler İÇY için 6kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozunda, GÇY için 4kg/da topraktan + %0.2 yapraktan dozunda elde edilmiştir. Magnezyumun, topraktan çeltik danelerine taşınması, kalsiyum taşınmasına kıyasla çok daha etkin olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Magezyum, Kalsiyum, Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliği İntansif Çeltik Yetiştiriciliği, Vejetatif Parametreler, Kimyasal Parametreler.

JÜRİ: Prof. Dr. Şule ORMAN

Prof. Dr. M. Bülent TORUN

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ

Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Doç. Dr. Bilal AYDINOĞLU

ABSTRACT

BIOFORTIFICATION WITH CALCIUM AND MAGNESIUM IN RICE (*Oryza sativa* L.) PLANT IN DIFFERENT GROWING SYSTEMS

Ph.D. Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Şule ORMAN

June 2022; 125 pages

Increasing the concentration of micro-and macronutrients in cereal grains is a major challenge in alleviating the problems associated with hidden hunger among populations in developing countries. In the agricultural research world, the number of studies on the important role of agronomic biofortification of plants in increasing micro and macronutrient levels is increasing. On the other hand, a paddy cultivation system known as "Intensive Rice Cultivation", which was born in the 80s, continues to prove itself in increasing rice yield. There are few or almost no studies on Intensive Rice Cultivation devoted to the chemical quality of rice grains. Based on the general hypothesis that Intensive Rice Cultivation can facilitate the transport of calcium and magnesium to the grain part of the rice, this study aimed to increase calcium and magnesium concentrations in rice grains in two paddy growing systems (Intensive and Traditional). In this context, separate calcium and magnesium experiments were carried out in the greenhouse of Akdeniz University Faculty of Agriculture. In each of the calcium and magnesium trials, rice plants were grown using Intensive and Traditional paddy farming. For calcium and magnesium, 4 doses were applied to rice plants in each cultivation. The doses of calcium and magnesium applied to the soil are 0kg, 2kg, 4kg, and 6kg, and 0.2% applied to the leaves. In this research, vegetative parameters, yield, and the chemical quality of the rice grains were investigated. The results demonstrated that Intensive Rice Cultivation had high efficiency in rice biomass production and grain chemical quality in two trials of calcium and magnesium. The application of calcium and magnesium to the leaves has shown to have a much more positive effect on the chemical quality of the grains than the vegetative parameters of the plants in both Intensive Rice Cultivation and Traditional Rice Cultivation. The highest values of all vegetative parameters examined at the end of the two trials of calcium and magnesium were obtained from the dose of 4kg/da soil + 0.2% leaf. Leaf area in the magnesium test and dry mineral amount in the calcium test were excluded. The highest values in these two parameters were obtained at 2kg/da soil + 0% leaf dose for TRC and 4kg/ha soil + 0% leaf dose for IRC. In the magnesium experiment, the highest values in Ca and Mg contents were obtained at 6kg/da soil + 0.2% leaf dose for IRC.

In Traditional Rice Cultivation, the highest Mg containing grains are from 4kg/da soil + 0.2% leaf dose; Ca was determined from 2kg/da soil + 0.2% leaf dose. In the calcium trial, the highest Ca containing grains were determined from the soil dose of 6kg/da for IRC, while in the TRC it was determined from the soil + 0.2% leaf dose of 6kg/da. The highest Mg containing grains were obtained from 6kg/da soil + 0.2% leaf dose for IRC, and 4kg/ha soil + 0.2% leaf dose for TRC. It has been determined that the transport of magnesium from the soil to the rice grains is much more efficient than the transport of calcium.

KEYWORDS: Magnesium, Calcium, Traditional Rice Cultivation, Intensive Rice Cultivation

COMMITTEE: Prof. Dr. Şule ORMAN

Prof. Dr. M. Bülent TORUN

Prof. Dr. Metin MÜJDECI

Assoc. Prof. Dr. İlker SÖNMEZ

Assoc. Prof. Dr. Bilal AYDINOĞLU

ÖNSÖZ

Bu tez, çok yakın bir gelecekte gıda egemenliğine kavuşacağını görmek istediğim, ülkem Komor'un tarımsal üretimde gelişmesine katkıda bulunma isteğimin sonucudur. Ayrıca bu tez sadece bir eğitim sürecinden ibaret değildir. Aksine üzüntülerin, acıların ve sevinçlerin yer aldığı üç uzun süreçte (lisans, yüksek lisans ve doktora) sıkı çalışmanın bir sonucudur. Bu nedenle minnettar olduğum kişilerin listesi o kadar uzun ki burada herkesi ifade edemiyorum. Bu bağlamda, ilk teşekkürü rahmetli babam Moilim Abdallah ve annem Fatima Abdourahmane etmek isiyorum. Benim bugünlere gelmemde çok emek harcadılar. Bana güzel bir eğitim verdiler, başarımlarım için çok fedakarlıklar yaptılar. Sevgili babamın ruhunun nur ve huzur içinde olmasını, sevgili annemin de uzun ömür bir ömür sürmesini diliyorum.

Türk devletinin maddi desteği olmadan bu tez çalışması gün yüzüne çıkamazdı. Bu nedenle, doktora çalışmamı başarıyla tamamlamam için maddi destek sağlayan Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı (YTB)'na ve Türkiye Cumhuriyeti Devletine şükranlarımı sunarım. Bana bu tez çalışmasını yapmam için imkan sunan, bilgi ve deneyimlerini her daim aktaran çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Şule ORMAN'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü) teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, danışman hocamın değerli rehberliği, cesaretlendirmesi ve bu çalışma boyunca devam eden hayırseverliği için kendisine yürekten minnettarlık duyduğumu ifade etmek isterim. Doktora eğitimim ve tez sürecim boyunca bana huzurlu ve keyifli bir ortam sunan Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine yürekten teşekkür etmek istiyorum. Bir diğer teşekkürü de doktora tez izleme komitesi üyelerine sunuyorum. Çalışmalarım boyunca onların değerli öneri ve tavsiyeleri büyük önem taşımaktaydı ve onlar olmadan bu çalışmanın nihayete ermesi mümkün olamazdı.

Artık ailem olarak gördüğüm Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde tanıştığım tüm doktora ve yüksek lisans öğrencilerine teşekkür ederim. Ders aşamasında ve laboratuvar işlemlerinde hep benim yanımda oldukları için Zir. Yük. Müh. Aylin Zambak ÖZGÜR (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi), Dr. Öğretim Üyesi İsmail Emrah Tavalı (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) ve Yrd. Doç. Dr. Hüseyin OK (Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi)'a minnettarım. Türkiye genelinde ve özellikle Antalya'da yaşayan Komorlu kardeşlerime de şükranlarımı sunuyorum. Onlarla birlikte yaşadığımız harika zamanları hiçbir zaman unutmayacağım. Son olarak, çalışmalarım boyunca bana maddi ve manevi katkılarını esirgemeyen herkese teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Kalsiyumun Bitkide Metabolik İşlevleri	5
2.2. Kalsiyumun Topraktaki İşlevleri.....	6
2.3. Magnezyumun Bitkide Metabolik İşlevleri.....	6
2.4. Magnezyumun Topraktaki İşlevleri.....	6
2.5. Bitki Beslenmesinde Kalsiyum ve Magnezyumun Diğer Besinler ile Etkileşimi..	7
2.6. Toprakta Kalsiyum ile Magnezyum Eksikliği ve Fazlalığı.....	8
2.6.1. Kalsiyum eksikliği ve fazlalığı.....	8
2.6.2. Magnezyum eksikliği ve fazlalığı.....	9
2.7. Beslenme ve Sağlık Açısından Ca ile Mg'un Önemi.....	9
2.8. Çeltik Hakkında Genel Bilgiler.....	12
2.8.1. Fenolojik dönemleri.....	12
2.8.2. Morfolojik özellikleri.....	12
2.8.3. Ekolojik istekleri.....	14
2.8.3.1. Toprak istekleri.....	14
2.8.3.2. Sıcaklık istekleri.....	15

2.8.3.3. Beslenme gereksinimleri.....	15
2.8.3.4. Su gereksinimleri.....	15
2.9. Afrika'da ve Komor'da Çeltik Üretimi.....	15
2.9.1. Afrika'da çeltik üretimi.....	15
2.9.2. Komor'da çeltik üretimi.....	16
2.10. Dünya'da ve Türkiye'de Çeltik Üretimi.....	17
2.10.1. Dünya'da çeltik üretimi.....	17
2.10.2. Türkiye'de çeltik üretimi.....	17
2.11. İntansif ve Geleneksel Yetiştirme Sistemleri.....	18
2.12. Biyofortifikasyon.....	21
2.12.1. Genel bilgiler.....	21
2.12.2. Biyofortifikasyon yöntemleri.....	21
2.12.2.1. Gelişmiş Gübreleme.....	22
2.12.2.2. Geleneksel yetiştiricilik.....	22
2.12.2.3. Beslenmenin genetik modifikasyonu.....	22
2.12.3. Tarımsal biyofortifikasyon ile ilgili yapılan çalışmalar.....	23
2.12.4. Çalışmanın arka planı ve problem durumu.....	25
3. MATERYAL VE METOT.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Tohum Çeşidi.....	27
3.1.2. Gübre.....	27
3.1.3. Deneme toprağı.....	27
3.2. Metot.....	28
3.2.1. Toprak analiz yöntemleri.....	30
3.2.2. Bitki analiz yöntemleri.....	30
3.3. İstatistiksel Analizler.....	31

4. BULGULAR	32
4.1. Bitki Parametreleri.....	32
4.1.1. Bitki boyu.....	32
4.1.1.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin bitki boyu üzerine etkisi.....	32
4.1.1.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin bitki boyu üzerine etkisi.....	34
4.1.2.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin kardeş sayısı üzerine etkisi.....	36
4.1.2.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin kardeş sayısı üzerine etkisi.....	37
4.1.3.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin yaprak alanı üzerine etkisi.....	39
4.1.3.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin yaprak alanı üzerine etkisi.....	41
4.1.4.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin salkım bouyu üzerine etkisi.....	43
4.1.4.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin salkım boyu üzerine etkisi.....	45
4.1.5.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin kuru madde miktarı üzerine etkisi.....	47
4.1.5.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin kuru madde miktarı üzerine etkisi.....	49
4.1.6.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toplam dane sayısı üzerine etkisi.....	51
4.1.6.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toplam dane sayısı üzerine etkisi.....	53
4.1.7.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin salkımda dolu dane sayısı üzerine etkisi.....	55
4.1.7.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin dolu dane sayısı üzerine etkisi.....	57
4.1.8.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin bin dane ağırlığı üzerine etkisi.....	60

4.1.8.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin bin dane ağırlığı üzerine etkisi.....	61
4.1.9.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin dane verimi üzerine etkisi.....	63
4.1.9.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin dane verimi üzerine etkisi.....	65
4.2. Toprak Parametreleri.....	67
4.2.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi.....	67
4.2.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi.....	68
4.2.3. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi.....	69
4.2.4. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi.....	71
4.2.5. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	73
4.2.6. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	75
4.2.7. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte SPAD değerleri, klorofil-a ve klorofil-b parametreleri üzerine etkisi.....	77
4.2.8. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte SPAD değerleri ile klorofil-a ve klorofil-b parametreleri üzerine etkisi.....	78
4.3. Saman Analizleri.....	79
4.3.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde azot ve protein içeriği üzerine etkisi.....	79
4.3.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde azot ve protein içeriği üzerine etkisi.....	80
4.3.3. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde makro element konsantrasyonları üzerine etkisi.....	81
4.3.4. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde makro element konsantrasyonları üzerine etkisi.....	84

4.3.5. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi.....	87
4.3.6. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi.....	89
4.4. Çeltik Danelerinde Besin Elementlerinin Durumu.....	91
4.4.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin danede azot ve protein içeriği üzerine etkisi.....	91
4.4.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin danede azot ve protein konsantrasyonları üzerine etkisi.....	92
4.4.3. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin danelerin makro element konsantrasyonlarına etkisi.....	93
4.4.4. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin danelerin makro element konsantrasyonlarına etkisi.....	96
4.4.5. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin danelerin mikro element konsantrasyonlarına etkisi.....	98
4.4.6. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin danelerin mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi.....	100
5. TARTIŞMA.....	103
5.1. Vejetatif parametreler.....	103
5.2. Kımyasal parametreler.....	105
6. SONUÇLAR.....	108
7. KAYNAKLAR.....	110
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora tezi olarak sunduğum , ‘Farklı yetiştirme sistemlerinde Çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisinin kalsiyum ve magnezyum ile biyozenginleştirilmesi ‘adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/06/2022

Moilim FAHAD

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Al	: Alüminiyum
%	: Yüzde
<	: Küçük
µm	: Mikrometre
°C	: Santigrat Derece
Ca	: Kalsiyum
Ca/Mg	: Kalsiyum / Magnezyum
Ca ²⁺	:Kalsiyum iyonu
CaO	: Kalsiyum Oksit
Ca / KDK	: Kalsiyum / Katyon Değişim Kapasitesi
Ca(NO ₃) ₂	: Kalsiyum nitrat
Cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
CV	: Varyasyon katsayısı
Da	: Dekar
dS m ⁻¹	: Desisiemens/metre
g	: Gram
K ₂ O	: Potasyum
K/Ca	: Potasyum / Kalsiyum
K/Mg	: Potasyum / Magnezyum
Kg	: Kilogram
LSD	: En küçük anlamlı farkı
Mg	: Magnezyum
MgSO ₄	: Magnezyum sülfat

Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
NO ₃ ⁻	: Nitrat
NH ₄ ⁺	: Amoniyum
OH	: Hidroksit
P ₂ O ₅	: Fosfor
P	: Probabilite
pH	: Toprak reaksiyonu
ppm	: Milyonda bir birime
S	: Kükürt
Zn	:Çinko

Kısaltmalar

DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
EC	: Elektriksel İletkenlik
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GÇY	: Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliği
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IBRD	: International Bank for Reconstruchine and Developpement
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
SPAD	: Klorofilmetre
İÇY	: İntansif ÇeltikYetiştiriciliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çeltik Gelişimin Aşamaları	12
Şekil 2.2. Çeltik bitkisinin morfolojik görünümü	14
Şekil 3.1. Sera denemesi ve laboratuvar analizlerinden görünümüler.....	29
Şekil 4.1. Magnezyum uygulaması ile bitki boyu arasındaki ilişki	33
Şekil 4.2. Kalsiyum uygulaması ile bitki boyu arasındaki ilişki.....	35
Şekil 4.3. Magnezyum uygulaması ile bitkide kardeş sayısı arasındaki ilişki.....	37
Şekil 4.4. Kalsiyum uygulaması ile bitkide kardeş sayısı arasındaki ilişki.....	39
Şekil 4.5. Magnezyum uygulaması ile yaprak alanı arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.6. Kalsiyum uygulaması ile yaprak alanı arasındaki ilişki.....	43
Şekil 4.7. Magnezyum uygulaması ile salkım boyu arasındaki ilişki.....	45
Şekil 4.8. Kalsiyum uygulaması ile Salkım boyu arasındaki ilişki.....	47
Şekil 4.9. Magnezyum uygulaması ile kuru madde miktarı arasındaki ilişki.....	49
Şekil 4.10. Kalsiyum uygulaması ile kuru madde miktarı arasındaki ilişki.....	51
Şekil 4.11. Magnezyum uygulaması ile toplam dane sayısı arasındaki ilişki.....	53
Şekil 4.12. Kalsiyum uygulaması ile toplam dane sayısı arasındaki ilişki.....	55
Şekil 4.13. Magnezyum uygulaması ile dolu dane sayısı arasındaki ilişki.....	57
Şekil 4.14. Kalsiyum uygulaması ile dolu dane sayısı arasındaki ilişki.....	59
Şekil 4.15. Magnezyum uygulaması ile 1000 dane ağırlığı arasındaki ilişki.....	61
Şekil 4.16. Kalsiyum uygulaması ile 1000 dane ağırlığı arasındaki ilişki.....	63
Şekil 4.17. Magnezyum uygulaması ile dane verimi arasındaki ilişki.....	65
Şekil 4.18. Kalsiyum uygulaması ile verim arasındaki ilişki.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	27
Çizelge 4.1. Magnezyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi.....	32
Çizelge 4.2. Kalsiyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi.....	34
Çizelge 4.3. Magnezyum uygulamalarının kardeş sayısı üzerine etkisi.....	36
Çizelge 4.4. Kalsiyum uygulamalarının kardeş sayısı üzerine etkisi.....	38
Çizelge 4.5. Magnezyum uygulamalarının yaprak alanı üzerine etkisi.....	40
Çizelge 4.6. Kalsiyum uygulamalarının yaprak alanı üzerine etkisi.....	42
Çizelge 4.7. Magnezyum uygulamalarının salkım boyu üzerine etkisi.....	44
Çizelge 4.8. Kalsiyum uygulamalarının salkım boyu üzerine etkisi.....	46
Çizelge 4.9. Magnezyum uygulamalarının kuru madde miktarı üzerine etkisi.....	48
Çizelge 4.10. Kalsiyum uygulamalarının kuru madde miktarı üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.11. Magnezyum uygulamalarının toplam dane sayısı üzerine etkisi.....	52
Çizelge 4.12. Kalsiyum uygulamalarının toplam dane sayısı üzerine etkisi.....	54
Çizelge 4.13. Magnezyum uygulamalarının dolu dane sayısı üzerine etkisi.....	56
Çizelge 4.14. Kalsiyum uygulamalarının dolu dane sayısı üzerine etkisi.....	58
Çizelge 4.15. Magnezyum uygulamalarının 1000 dane ağırlığı üzerine etkisi.....	60
Çizelge 4.16. Kalsiyum uygulamalarının 1000 dane ağırlığı üzerine etkisi.....	62
Çizelge 4.17. Magnezyum uygulamalarının dane verimi üzerine etkisi.....	64
Çizelge 4.18. Kalsiyum uygulamalarının dane verimi üzerine etkisi.....	66
Çizelge 4.19. Magnezyum uygulamalarının toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi.....	68
Çizelge 4.20. Kalsiyum uygulamalarının toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi.....	69
Çizelge 4.21. Magnezyum uygulamalarının toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi.....	70
Çizelge 4.22. Kalsiyum uygulamalarının toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi.....	72

Çizelge 4.23. Magnezyum uygulamalarının toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	88
Çizelge 4.24. Kalsiyum uygulamalarının toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	90
Çizelge 4.25. Magnezyum uygulamalarının Yaprak örneklerinde Klorofil-a, Klorofil-b ve SPAD değerleri üzerine etkisi.....	92
Çizelge 4.26. Kalsiyum uygulamalarının Yaprak örneklerinde Klorofil-a, Klorofil-b ve SPAD değerleri üzerine etkisi.....	94
Çizelge 4.27. Magnezyum uygulamalarının Saman örneklerinde Azot ve Protein içeriği üzerine etkisi.....	96
Çizelge 4.28. Kalsiyum uygulamalarının Saman örneklerinde Azot ve Protein içeriği üzerine etkisi.....	97
Çizelge 4.29. Magnezyum uygulamalarının Saman örneklerinde makro element kapsamı üzerine etkisi.....	99
Çizelge 4.30. Kalsiyum uygulamalarının Saman örneklerinde makro element kapsamı üzerine etkisi.....	102
Çizelge 4.31. Magnezyum uygulamalarının Saman örneklerinde mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	105
Çizelge 4.32. Kalsiyum uygulamalarının Saman örneklerinde mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	108
Çizelge 4.33. Magnezyum uygulamalarının Dane örneklerinde Azot ve Protein içeriği üzerine etkisi.....	110
Çizelge 4.34. Kalsiyum uygulamalarının Dane örneklerinde Azot ve Protein içeriği üzerine etkisi.....	111
Çizelge 4.35. Magnezyum uygulamalarının Dane örneklerinde makro element kapsamı üzerine etkisi.....	114
Çizelge 4.36. Kalsiyum uygulamalarının Dane örneklerinde makro element kapsamı üzerine etkisi.....	117
Çizelge 4.37. . Magnezyum uygulamalarının Dane örneklerinde mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	120
Çizelge 4.38. Kalsiyum uygulamalarının Dane örneklerinde mikro element kapsamı üzerine etkisi.....	123

1. GİRİŞ

Birçok ülke için yetersiz beslenme büyük bir sorun olmaya devam etmektedir. Otuz yıldan fazla bir süredir dünyadaki aç insanların sayısı her ne kadar azalmış görülse de, yakın zamanlarda bu rakamın arttığı görülmektedir. Açlık sıkıntısından Dünya’da en çok Afrika kıtası etkilenmektedir (FAO, 2017). Son yirmi yılda keşfedilen önemli gelişmelere rağmen, insanlarda büyüme geriliği ve mikro besin eksikliklerinin yüksekliği hala görülmektedir. Mikro besin eksikliğinin başta A vitamini, iyot, demir ve çinko eksikliği olmak üzere bir milyardan fazla insanı ciddi sosyal ve ekonomik halk sağlığı sonuçlarıyla etkilediği bilinmektedir (Stein 2009; FAO 2018). Her türlü yetersiz beslenme, ölüm oranı, kronik hastalık maliyetleri ve verimlilik kaybı nedeniyle Afrika’da Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) % 16.5'ine kadar kayıplara uğramaktadır. Benzer şekilde, beslenme programlarına harcanan her bir dolar; refah ve ekonomik kazanç açısından ortalama 16 dolar ürettiğinden, yatırım geri dönüşünün çok büyük olduğu bildirilmektedir (Hawkes ve Fanzo2017).

Yetersiz beslenme durumu gelişmiş ülkelerde yaygındır, ancak gelişmekte olan ülkelere daha da fazladır. Tüm yaş gruplarında etkisi görülmektedir. Ancak çocuklar, hamile ve emziren kadınların yanı sıra çocuk doğurma çağındaki kadınlarda daha yüksek görülmektedir. Halk sağlığı açısından bakıldığında yetersiz beslenmenin, sadece etkilenen insan sayısının fazla olması nedeniyle değil, aynı zamanda birçok hastalık için bir risk faktörü ve hatta ölüm oranlarına katkıda bulunması nedeniyle endişe kaynağı olduğu bildirilmektedir (Allen vd. 2011; Stathers vd. 2013; Gregory vd. 2017). Mikro besin eksikliklerinin dünyada hastalık yükünün yaklaşık % 7.3'ünü oluşturduğu ve küresel hastalık yükünün ilk 15 nedeni arasında demir ve A vitamini eksikliği bulunduğu gösterilmiştir (Allen vd. 2006; Allen vd. 2011).

"Gizli açlık" olarak bilinen yetersiz beslenmeyle mücadele etmek için Dünya çapında birçok program uygulanmakta ve bu durum, DSÖ tarafından yetersiz beslenmenin en önemli nedeni olarak tanımlanan üç mikro besin maddesini yüksek oranda içeren temel gıdaların tüketilmesine neden olmaktadır. Bu üç mikro besin maddesi demir, çinko ve A vitamini olup eksiklikleri çocuklarda anemi, büyüme geriliği ve körlük gibi hastalıklara sebep olmaktadır. Örneğin, Güney Afrika’da mikro besin eksikliklerinin gıda takviyesi yoluyla kontrol edilmesinde büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Ancak, kırsal alanlarda mikro besinlerle zenginleştirilmiş temel gıdalara erişimi olmayan yoksul insanlara ulaşmak için yeni yaklaşımlara ihtiyaç vardır (FAO, 2017). Biyofortifikasyon besin eksikliğini azaltabilmenin bir yoludur. Bilimsel kanıtlar, agronomik üretkenlikten ödün vermeden besin eksikliğini azaltmanın teknik olarak mümkün olduğunu göstermektedir. Ayrıca, tahmini karlılık analizleri de mikro besin eksikliklerinin kontrolü için biyofortifikasyonu savunmaktadır (Çakmak, 2010; Winkler, 2011). Biyofortifikasyon; tüketicilerin veya daha da önemlisi çiftçilerin tercih ettiği özelliklerden ödün vermeden, geleneksel bitki ıslah yöntemleriyle ve/veya modern biyoteknoloji yoluyla bitkilerin besin içeriğinin artırılmasını hedefleyen bir yöntemdir (Nestel vd. 2006). Günümüzde bu yöntemin, vitamin ve mineral eksikliklerini azaltabilen beslenme sorunlarına duyarlı bir tarımsal müdahale olduğu kabul edilmektedir (Ruel ve Alderman, 2013). Fasulye, börülce ve mısırın demir ile mısır, pirinç ve buğdayın çinko ile ve kasava, mısır, pirinç ve tatlı patatesin ise karotenoid provitaminik A ile biyozenginleştirilmesi üzerine hali hazırda yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Bouis vd. 2011; Saltzman, 2013).

Biyozenginleştirilmiş bitkilerin beslenme durumundaki iyileşmeyi açıklayan basit bir biyolojik mekanizma bulunmaktadır. Biyozenginleştirilmiş bitkiler, biyozenginleştirilmemiş çeşitlere göre besin bakımından daha zengindir. Bu nedenle, biyoyararlanım (La Frano vd. 2014) ve mikrobelerin zenginliği (De Moura vd. 2015) açısından biyozenginleştirilmiş gıdaların tüketilmesi ile aynı miktarda biyozenginleştirilmemiş gıdaların tüketilmesinden daha fazla mikro besin elementinin alınacağı ve özümseceği rapor edilmektedir (Muñoz López vd. 2008). İnsan beslenmesinde biyozenginleştirilmiş temel gıdaların tüketimi, mikro besin alımını arttırabileceği belirtilmektedir (Rosado vd. 2009). Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda; kısmen demirle biyozenginleştirilmiş çeltiğin Filipinler'de doğurganlık çağındaki kadınların demir rezervlerini iyileştirdiği (Haas vd. 2005), demirle biyozenginleştirilmiş inci darının Hindistan'da okul çağındaki çocuklarda demir rezervlerini artırdığı ve demir eksikliğinin tersine çevrildiği (Finkelstein 2002), ve demirle zenginleştirilmiş fasulye Ruanda'daki kadınların demir depolarını artırdığı görülmüştür (Haas vd. 2016). Provitamin A ile biyozenginleştirilmiş tatlı patatesin Mozambik (Low vd. 2007, Hotz vd. 2012a), Uganda (Hotz vd. 2012b) ve Güney Afrika'daki çocuklarda A vitamini eksikliğini azalttığını gösteren çok sayıda kanıtlar bulunmuştur (van Jaarsveld vd. 2005). Kenya'da yapılan çalışmada provitamin A ile biyolojik olarak güçlendirilmiş sarı manyok (Kasava) üzerine bir araştırmada, okul çağındaki çocuklarda A vitamini dengesinde bir iyileşme ve provitamin A konsantrasyonlarında daha büyük bir artış olduğu gösterilmiştir (Talsma vd. 2016). Zambiya'da yürütülen iki çalışmada güçlendirilmiş mısır tüketen okul çağındaki çocuklarda provitamin A konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir (Gannon vd. 2014, Palmer vd. 2016a).

Çiftçiler, yetiştirmekte oldukları bitkilerin kuraklığa daha dayanıklı, daha verimli veya hastalık-zararlılara daha az duyarlı çeşitler olmalarını beklemektedirler (Pfeiffer 2007). Bu yüzden çiftçiler agronomik performansı hali hazırda yetiştirdikleri bitkiler ile aynı veya daha düşük olan mikro besin elementleri konsantrasyonunca zenginleştirilmiş bitkileri kabul etmemekte veya benimsememektedir (Bouis vd. 2011; Saltzman vd. 2013). Bu nedenle, bu yeni bitkilerin mevcut çeşitlerden mutlaka daha üstün özellikleri olması gerekmektedir. Provitamin A karotenoidleri gıdalara renk katar; bu nedenle, bu karotenoidler ile biyozenginleştirme, bitkilerin ürünlerinin rengini olumlu etkilemektedir (Robyn Stevens ve Winter-Nelson, 2008). Bununla birlikte, tat gibi diğer duyuşal özelliklerin de provitamin A seviyeleri iyileştirildiğinde değiştiği bulunmuştur ve Kenya'da özellikle kasavanın tadı ve sarı rengini seven okul çağındaki çocuklarda gösterildiği gibi, genel olarak daha iyi bir değerlendirmeye yol açtığı gözlemlenmektedir (Talsma vd. 2013). Ayrıca, biyolojik olarak güçlendirilmiş bitkiler ile yetiştiriciliğin tüketiciler üzerinde güvenilir gıdaya ulaşmanın bir yolu olarak algılanabildiği gösterilmiştir (Birol vd. 2015).

Biyofortifikasyonu edilmiş ürünler, genellikle transgenik veya genetiği değiştirilmiş mahsullerle eşleştirilir. Biyozenginleştirme, genetiği değiştirilmiş mahsulleri dışlamasa da, uluslararası projeler (Bouis vd. 2011; Saltzman vd. 2013) çerçevesinde yürütülen biyogüçlendirme faaliyetleri, klasik ıslah teknikleri sayesinde çok daha iyi beslenme kalitesine sahip mahsullerin üretilmesine odaklanmıştır. Biyolojik olarak güçlendirilmiş mahsuller geliştirmenin uzun vadeli çalışması ve bunun tarımla ilişkisi (sağlıkla değil, bu durumda endüstriyel güçlendirme ve mikro besin takviyesi gibi daha iyi bilinen stratejiler kullanılır) göz önüne alındığında, çoğu programatik etkinlik geleneksel olarak çeşit seçimi sürecini hızlandırmaya odaklanmaktadır. Bununla birlikte, umut verici çeşitleri belirlemek üzere daha ucuz ve

daha etkili laboratuvar testlerinin kullanılması ve biyofortifikasyonun artık çeşitli ulusal gıda ve beslenme güvenlik programlarına (örneğin Kolombiya, Kenya, Nikaragua, Nijerya, Panama) entegre edilmesi nedeniyle durum değişmektedir. Buna ek olarak, çalışmalarda ilgi biyofortifikasyon programı kapsamında tohum sistemlerini iyileştirmeye, tohum talebini ve arzını oluşturmaya, yaymaya ve pazarlamaya doğru kaymaktadır (Bouis vd. 2011; Saltzman vd. 2013). Yüksek verimli biyozenginleştirilmiş ürünlere talep yaratmak ve biyozengileştirilmiş ürünlerden sağlıklı gıda ürünleri geliştirmek için hem ıslah hem de üretim modelleri alanında dünya çapında bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Böylece çiftçilerin ve kentsel tüketicilerin de fayda sağlayabilecekleri bir araç haline gelmektedir (Boldrin vd. 1972; Saulais, 2000; Allen vd. 2011).

Çeltik, 150 milyon hektar alanda yetiştiricilik ile dünyada tahıllar arasında en çok yetiştirilen bitkiler arasındadır (Diallo, 2009). Dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel besinidir. Ayrıca Afrika nüfusunun çoğunluğunun günlük enerji ihtiyaçlarını karşılamada çok önemli bir rol oynamaktadır (Diallo, 2009; Charlier, 2011). Pirinç insan beslenmesi için gerekli olan kalori ve proteinin önemli bir kısmını karşılamakta olup yaklaşık 100 ülkenin temel gıdasıdır (Juliano, 2003). Pirinç, Afrika'da gerek ekiliş, gerekse üretim miktarı bakımından ilk sırada yer alan ve insan beslenmesinin yanında hayvan beslenmesinde de kullanılan önemli bir kültür bitkisidir. Ayrıca Afrika nüfusunun çoğunluğunun günlük enerji ihtiyaçlarını karşılamada çok önemli bir rol oynamaktadır (Diallo, 2009; Charlier, 2011). Komor'da, yalnızca pirinç temel gıda maddelerinin %95'ini oluşturmaktadır (CDTM 34, 2017). Ancak Afrika'da genel olarak pirinç verimi hektara ortalama 1.5-3.5 ton olup hedeflenen verimin oldukça altında kalmaktadır (Anonim, 2019). Bunun en önemli sebebi Afrika'da kimyevi gübre kullanım oranları düşüktür. Gübre fiyatlarının yüksek olması çiftçilerin gübre uygulamalarından kaçındıkları veya uygulanması gereken miktarların çok altında gübre uyguladıkları görülmektedir. Afrika'da gübre kullanım ortalaması bir hektara 10 kg'dır. Bu durum verim ve kalitenin düşük olmasına neden olmaktadır (Obasanjo, 2012).

Besin değerleri açısından incelendiğinde 100 g taze pirinç 10 mg kalsiyum ve 35 mg magnezyum içerir ve pirinç tanesinde genellikle kalsiyum ve magnezyum seviyeleri düşüktür. Oysaki günlük ihtiyaçlarımız, yaş ve cinsiyete göre değişmekte olup magnezyum 80 ile 420 mg, kalsiyum ise 500 ile 1200 mg arasındadır (Asana, 2019; Bourganel, 2018; Daine, 2018). Günlük ihtiyaçlarını pirinç ile sağlayan insanlarda kalsiyum ve magnezyum miktarında önemli düzeyde fark bulunmaktadır. Bu nedenle çeltik, genetik veya tarımsal olarak bu topluluklardaki kalsiyum ve magnezyum eksikliklerinin sorunlarını çözmek için bir stratejik bir üründür. Bitkilerin tüketilen kısımlarındaki elementlerin içeriğinin artması, toprağın verimliliğin iyileştirilmesi de dahil olmak üzere, genetiksel ve tarımsal kriterlerin aynı anda iyileştirilmesini gerektirmektedir (Gregorio vd. 1999). Bitki biofortifikasyonunda formüle edilmiş gübrelerin kullanımı, toprak verimliliğini ve bitki besin özelliklerini dengelemek için daha iyi bir yaklaşımdır (Cakmak 2008; White ve Broadley, 2009).

Çeltiğin agronomik biyofortifikasyonu üzerinde yapılan çalışmalarda, kalsiyum ve magnezyuma fazla odaklanılmadığından dolayı, konuyla ilgili yeterince çalışılmadığı görülmektedir. Öte yandan, 1984 yılında Madagaskar'da başlatılan bir çeltik yetiştirme yöntemi olan 'İtansif Çeltik Yetiştiriciliği', Asya'da (özellikle Çin, Hindistan, Vietnam, Kamboçya ve Endonezya'da), uygulanan 'Geleneksel Çeltik yetiştiriciliğine' göre % 20-100 verim artışı sağlayabilmektedir (Jean-Louis, 2013). İntansif çeltik yetiştirme sistemi ile ilgili şimdiye kadar yapılan çalışmalar çeltik üretim modelleri ve bitkinin verim

parametrelerine dayanmaktadır. Pirinç tanelerin kimyasal kalitesi üzerinde çok az ve yanereydeyse hiç çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle Geleneksel ve İntansif Çeltik (*Oryza sativa* L.) Yetiştiriciliğinde kalsiyum ve magnezyum gübreleri ile biyozengileştirmenin, pirinç tanelerindeki kalsiyum ve magnezyumun kimyasal durumu üzerine nasıl etkilerinin olacağı ilgi uyandırmaktadır. Bu sayede gelişmekte olan ülkelerde, kalsiyum ve magnezyum eksikliklerinin giderilmesinde çeltik bitkisinin yetiştirme modelinin bu açıdan değerlendirilmesinin önemli bir yer tutacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, İntansif ve Geleneksel yetiştirme sistemlerinde yetiştirilen çeltikte pirinç tanelerinde Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine yapraktan ve topraktan uygulamaları ile bunların kombinasyonunun etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Amaç, çeltik yetiştiriciliğinde uygun yetiştirme modeli ile buna uygun kalsiyum ve magnezyum gübre dozlarının belirlenmesidir. Bahsedilen amaç doğrultusunda bu çalışmanın hedefleri şunlardır :

- İntansif ve Geleneksel Çeltik yetiştirme sistemlerinde teknik performansı (tutam başına salkım sayısı, salkım başına tane sayısı ve hektar başına verim) karşılaştırmak,
- Kalsiyum ve magnezyumun köklerden çeltik danelerine translokasyonunda İÇY'nin agronomik performanslarını GÇY ile karşılaştırmak,
- Çeltik danelerindeki kalsiyum ve magnezyumu optimize eden gübreleme dozunu bulmak,
- Çeltik danelerindeki kalsiyum ve magnezyum seviyelerini iyileştirmek için en uygun uygulama şeklini (yapraktan veya topraktan) bulmak;
- Yapılan gübrelemenin toprak besinlerinin dinamikleri ve kimyasal özellikler üzerindeki etkisini belirlemektir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kalsiyumun Bitkide Metabolik İşlevleri

Bitkiler, Ca^{+2} iyonu şeklinde kalsiyumu alırlar. Kalsiyumun, görevi plazma zarı yoluyla besinlerin emilimini düzenlemektir. Aynı zamanda hücre bölünmesi ve uzamasında, hücre yapısında ve geçirgenliğinde, ayrıca azot metabolizmasında ve hidrokarbon translokasyonunda da rol oynamaktadır. Kalsiyum çok yüksek konsantrasyonlarda bile toksik değildir. Hatta toksik bileşenlerle reaksiyona girerek ve vakuoldeki anyonlar ve katyonlar arasındaki dengeyi koruyarak detoksifikatör görevi görmektedir (Marschner, 2012; O'brien, 2004). Kalsiyum, hücre duvarının bir parçası olduğu ve onu çimento görevi görerek muhafaza ettiği için meyvenin sertliğinde ve raf ömründe en etkili faktörlerden biridir. Tohumların bozulma süreleri (çimlenme kabiliyetlerini kaybetmemeleri) doğrudan kalsiyum içeriği ile ilgilidir (Conway vd. 2002; O'brien, 2004).

Bitki kuru maddesinde % 1 ila % 2 arasında değişen oranlarda yer alan ve CaO şeklinde ifade edilen kalsiyum, bitkiler için önemli bir yapısal elementtir. Aynı zamanda biyolojik aktivitenin doğrudan veya dolaylı olarak önemli bir unsurudur (O'brien, 2004; Lerot, 2006). Kalsiyum, hücre zarlarındaki pektin bileşiminin bir parçası ve sertliklerini sağlamaktadır (Jacob vd. 1960). Kök gelişimi (genç kök sistemi için uyarıcı) ve dölleme (polen tüpünün oluşumu ve büyümesi) için gereklidir. Ayrıca ve epidermin bir bileşeni olarak, epidermin gücünü ve meyvelerdeki küflere karşı direncini artırır. Kalsiyum olmadan, kallos (fungal saldırılar sırasında restoratif doku) oluşumunun zayıf olmasından dolayı hastalık (apikal nekroz) riski vardır (Hamdanı; 2020). Singh ve Sharma (1972) tarafından yapılan çalışmaya göre bitkilerde kalsiyum eksikliği aşağıdaki etkilere neden olmaktadır:

- Hücre bölünme mekanizmasının inhibisyonuna atfedilen büyümede bir azalma,
- Karbonhidratların zayıf hareketliliği ve dolayısıyla yapraklarda birikmeleri,
- Tek değerlikli katyonlar olan potasyum ve sodyumun emiliminde bir azalma ve aynı zamanda, özellikle magnezyum olmak üzere iki değerlikli katyonlarda yüksek bir artış.

Kalsiyumun bir diğer önemli işlevi de su tasarrufundaki rolüdür; emilimini yavaşlatır ve transpirasyonu teşvik eder, böylece kendisini bir potasyum antagonisti olarak sunar. Bu nedenle, bitki içindeki K / Ca oranına bağlı olan bir düzenleyici mekanizma rolü bulunmaktadır (Demolon, 1968). Kalsiyumun bitkinin fizyolojisine yaptığı müdahalelerin sadece hücrelerin içinde değil, aynı zamanda iyonların emilimini uygun oranda düzenlediği için kökler vasıtasıyla alım üzerine de etkilidir. Yokluğunda magnezyum, bakır, alüminyum vb. elementler aşırı miktarlarda emilir ve bitki verimi üzerine ciddi etkilerle birlikte hızla toksik hale gelir (Gouny ve Prévot, 1948; Watson, 1964). Toprak çözeltisinde kalsiyum iyonunun baskın olması, magnezyumun ve özellikle potasyumun alınımını önemli oranda sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte, topraktaki bu fazlalık, özellikle karbonat varlığı ile birleşince, demirin çözünmez hale gelmesiyle bitkide klorozu tetiklemektedir (Boyer, 1978).

2.2. Kalsiyumun Topraktaki İşlevleri

Kalsiyum, toprak yapısının stabilize edici bir ögesidir. Yapısal stabilitenin korunmasına veya iyileştirilmesine yardımcı olur. Kalkerli topraklarda bulunan Ca^{+2} katyonları, negatif yüklü killer ve humus arasında bağlayıcı bir rol oynamaktadır (Huber ve Schaub, 2011; Lerot, 2006; Guerin, 2016). Ca^{2+} iyonu yönünden zengin bir toprağın Ca / KDK oranı $> \% 65$ olmaktadır (Guerin 2016). Toprağın yapısını stabilize etmedeki rolüne ek olarak, topraktaki kalsiyum, H^+ protonlarının konsantrasyonu ile ölçülen pH ile yakından ilişkilidir (Boyer, 1978). Asidik bir toprakta (Örn: pH = 5), H^+ protonları, Ca^{2+} iyonlarından orantılı olarak daha büyüktür, bu nedenle kil-humus kompleksi üzerindeki kalsiyum iyonlarının yerini alırlar ve kalsiyum doygunluk oranı düşer (örn: $\text{Ca}/\text{CEC} = \%50$). Bu pH'ı yükseltmek için kireçleme yapılması gerekmektedir. Aktif kireçtaşı varlığında, toprak çözeltisindeki değiştirilebilir CaO miktarı daha fazla olmakta ve pH bazikleşmektedir. Toprak organizmaları pH değişimlerine duyarlı olduğu için organik maddenin dönüşümü üzerinde de etki yapar (örn. mineralizasyon). Diğer yandan, pH 5.5'in altında olduğunda, alüminyum iyonlarının toprak çözeltisinde çözünür hale gelmesi (ve bitki tarafından emilebilir) ile toksisite nedeniyle bitkilerde önemli hasara neden olmaktadır (Carrier, 2003; Harter, 2007; Guerin, 2016).

2.3. Magnezyumun Bitkide Metabolik İşlevleri

Magnezyum, bitki hücrelerinin belirli biyokimyasal işlevleri ve bitkinin genel işleyişi için gerekli bir katyondur. Klorofilin plastik bir bileşenidir. Mg'nin en iyi bilinen fizyolojik rolü, kloroplastlardaki varlığıyla bağlantılı olmasıdır, burada yapılarının stabilitesinde rol oynar. Klorofil moleküllerinin merkez atomudur. Mg'nin klorofile dahil edilmesi, bu moleküle fotosentetik reaksiyonlar için gerekli olan ışık enerjisini emme yeteneği kazandırır (Galet, 1993; Willows, 2007; Goujard ve Proffit, 2013). Magnezyum, azotla birlikte klorofil çekirdeğinin temel bileşenidir (Javillier ve Goudshaux, 1940). Bununla birlikte, bitkinin yeşil kısımlarında bulunan klorofil miktarı toplam magnezyumun % 10'unu neredeyse hiç geçmez (Javillier ve Goudshaux, 1940; Zimmermann vd. 1947). Magnezyum aynı zamanda fitin ve pektinin moleküler yapılarının bir parçasıdır (Demolon, 1968), ancak çoğu özellikle hareketli ve mevcut olduğu hücreler sularda çözülür (Jacob ve Von Uexkull, 1960; Schwartz, 2005). Magnezyum, bitkide fosforun hareketliliği için gereklidir, fosfolipidlerin ve hücrelerin nükleoproteinlerinin oluşumunu yönetir (Demolon, 1952). Bu nedenle, büyüyen dokularda ve üreme organlarında bol miktarda bulunur. Magnezyum, karbonhidratların yapraklardan diğer bitki organlarına (kökler, meyveler, meristem) transferinde çok aktif olarak rol oynamaktadır. Son zamanlarda yapılan diğer çalışmalar, magnezyumun bitki işlevi ve toprak destek özelliklerindeki kilit rolleri sayesinde bitkiler tarafından su kullanım verimliliğini artırdığını göstermiştir (Marschner, 2012).

2.4. Magnezyumun Topraktaki İşlevleri

Yüksek yağış rejimine, düşük katyon tutma oranına ve asidik pH'a maruz kalan bazı topraklar, alüminyum ile meydana gelen antagonistik etkileşimler nedeniyle genellikle Mg bakımından fakirdir. Asidik topraklarda sıkça bulunmayan bir element olmasına rağmen, Ca gibi Mg'un de Al toksisitesini azaltabileceği bilinmektedir. Ancak, etki mekanizmaları tamamen farklıdır. Asidik topraklara bitkilerin adaptasyon mekanizmaları arasında, organik asit anyonlarının köklerden salınmasını içeren bir mekanizma vardır.

Kökler tarafından salınan organik asit anyonları, toksik alüminyum iyonlarını şelatlayacak ve artık fitotoksik olmayan Al-organik asit kompleksleri oluşturacaktır. Al'un şelasyonu sayesinde bitkileri koruyan, Al'u nötralize eden ve rizosferde oluşan fitotoksik etkilerini baskılayan organik asit anyonlarının (Kök salgıları) etkili bir şekilde salınmasına izin vermek için magnezyum varlığının gerekli olduğu bilinmektedir (Yang vd., 2007; Intagri, 2016).

2.5. Bitki Beslenmesinde Kalsiyum ve Magnezyumun Diğer Besinler ile Etkileşimi

Mg'nin toprakta Ca'dan daha yüksek bir hareketliliği olmasına rağmen (van der Heijden ve ark. 2013), toprak çözeltisinde yüksek Ca konsantrasyonuna sahip topraklarda Mg alımının daha düşük olduğu defalarca gösterilmiştir (Ferguson ve Clarkson, 1976; Wilkinson ve ark. 1990; Diem ve Godbold, 1993; Gransee ve Führs, 2013). Bunun tersine, Ca absorpsiyonu daha yüksek Mg konsantrasyonlarında büyük ölçüde azalmıştır. Fageria ve Baligar (1999), besin çözeltisindeki Mg konsantrasyonunun artması ile çeltik tarafından Ca emilimini azalttığını bildirmişlerdir. Mg'nin Ca alımı üzerindeki antagonistik etkisi, metabolik olarak üretilen bağlanma bileşikleri için rekabetin sonucu olarak yorumlanabilir (Fageria, 1983). Toprak çözeltisindeki çok düşük Ca seviyeleri, bitkinin magnezyum beslenme seviyesinde önemli bir artışa neden olur (Singh ve Sharma, 1972), bu da bitkinin ihtiyaçlarından fazla miktarda emilen magnezyum toksisitesinin doğal sonucudur. Jones'a (1951) göre, bu toksik etki bazen pH'da belirgin bir artışa neden olduğunda, Mg hidroksit (OH) oluşumundan kaynaklayabilmektedir. Zayıf hareketli olan kalsiyum iyonu, köklerin içine magnezyumdan daha zor nüfuz edip genellikle çözünmeyen organik bileşikler (kalsiyum oksalat) şeklinde birikmektedir. Dolayısıyla Ca bitkide önemli bir toksisiteye sahip değildir (Boyer, 1972; Fageria, 1973, 2009). Ishizuka ve Tanaka (1960), Ca'nın diğer besinler ile etkileşimlerini incelemişler ve Ca'un, bir besin çözeltisindeki belirli iyon konsantrasyon aralıklarının altındaki P ve K emilimini etkilediğini bildirmişlerdir. Artan Ca konsantrasyonu ile besin çözeltisinden çeltik bitkileri tarafından fosfor emiliminin önemli ölçüde azaldığı belirtilmektedir. Benzer şekilde, K ve Mg absorpsiyonu da daha yüksek Ca konsantrasyonlarında azalmıştır. Daha yüksek konsantrasyonda Ca'nın K ve Mg absorpsiyonu üzerindeki inhibe edici etkisi, hücre geçirgenliğindeki bir azalmayla ilişkili olabilmektedir (Fageria, 1983). Bitkilerde magnezyumun beslenmesinin etkinliği sadece toprakta bulunan magnezyum içeriğine değil, aynı zamanda topraktaki farklı iyonlara ve hatta bitkideki çeşitli iyonların antagonizmasına da bağlıdır. Mg iyonu kök yüzeyine ulaştığında, protonları sitoplazmadan dışarı pompalayan ve kökten hücrelere pasif Mg akışına izin veren elektrokimyasal bir gradyan oluşturarak kökün hücrelerine emilebilir (Barber, 1995; Mayland ve Wilkinson, 1989). Bununla birlikte, özellikle kumlu topraklarda, aşırı potasyum veya amonyaklı gübrelerin uygulanması genellikle Mg eksikliği riskini artırır (Mulder, 1956). Genellikle, toprak değişebilir K'den daha fazla Mg içerdiğinde bu tür olaylar meydana gelmezler (Mulder, 1956; Metson, 1974; Seggewiss ve Jungk 1988). Bazı araştırma verileri, potasyum ve magnezyumun antagonistik konumunun, magnezyumun kökte taşınmasında yattığını göstermektedir. Potasyum ve magnezyumun antagonizması, yalnızca magnezyumun kök sistemi tarafından emilimini engelleyerek değil, aynı zamanda Mg^{2+} 'un kök sistemden vejetatif kısmına taşınmasıyla da kendini gösterir. Kauçuk bitkisi üzerine yapılan araştırmaya göre bitkide magnezyum eksikliğinin nedeni, toprağın düşük magnezyum içeriği ve diğer yandan K^+ antagonizmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmalar ayrıca potasyum konsantrasyonunun magnezyum emilimi üzerindeki etkisinin çok önemli olduğunu göstermiştir.

Narwal (1985) tarafından yapılan araştırmada, 25 mg / L'lik bir potasyum konsantrasyonunda, potasyum ve magnezyumun birbirleriyle sinerjik olarak hareket ettiğine dikkat çekmiştir. Potasyum bol olduğunda magnezyum gübre uygulaması olumlu etki göstermiştir. Toprakta hem potasyum hem de magnezyum yetersiz kaldığında potasyumlu gübre uygulaması bitkide magnezyum noksanlığına yol açmaktadır (Fufa ve Dafang, 1998; Guang ve Changyan, 2006).

Toprak çözeltisinde daha yüksek bir Mg konsantrasyonu olması durumunda, K'un absorpsiyonu genellikle olumsuz etkilememektedir. Genel olarak, toprak çözeltisindeki K miktarı, Mg konsantrasyonundan çok daha azdır; Bu nedenle bitkiler, toprak çözeltisindeki konsantrasyonu son derece düşük olduğunda yeterli K alımını sağlamak için kök hücrelerinde spesifik K taşıma sistemleri geliştirmişlerdir (Horie et al. 2011). Bu özel taşıyıcılar diğer besinler tarafından bloke edilemezlerdir. Bunun tersine, Mg taşıyıcıları spesifik olmadığından dolayı K gibi diğer katyonlar tarafından iletilbilirler. Bu nedenle, toprak-kök arayüzündeki K konsantrasyonu yüksek olduğunda, bitkinin yeterli miktarda Mg absorbe etme kapasitesi sınırlı olmaktadır. Seggewiss ve Jungk (1988) ve Wilkinson ve ark. (1990), Mg'un köklerin yüzeyine emiliminin, 20 mmol L⁻¹'den yüksek K konsantrasyonları ile inhibe edildiğini bildirmişlerdir. Ek olarak, yeni gelişen sürgünlerde biriken Mg ile bitkinin tamamının Mg içeriği arasındaki oranlar, köklerdeki bitkinin K konsantrasyonları ile negatif korelasyon içermektedir (Huang vd. 1990). Bu, köklerde biriken aşırı K'un yeni sürgünlere Mg translokasyon oranını azaltabileceğini göstermektedir. Mg ile K ve Ca antagonizmlerine benzer şekilde, NH₄ beslenmesinin de asitleştirici özelliği ve iyonik rekabet nedeniyle Mg absorpsiyonunu azalttığı kanıtlanmıştır. Bu nedenle, bitkiler için mevcut olan Mg'nin sınırlı olduğu topraklarda, Mg alımına müdahale etmedikleri için NO₃ bazlı gübrelerin kullanılması tavsiye edilmektedir (Mulder 1956). Lasa vd. (2000) NH₄ beslenmesinin kumlu toprakta yetiştirilen ayçiçeğin büyümesini engellediğini göstermişlerdir; ancak toprağa ilave edilen Mg, NH₄'ın olumsuz etkilerini azaltmıştır. Bu nedenle, amonyaklı gübre kullanımının, nitratlı gübrelerle kıyasla bitkilerin Mg talebini artırdığı özetlenebilir.

2.6. Toprakta Kalsiyum ile Magnezyum Eksikliği ve Fazlalığı

2.6.1. Kalsiyum eksikliği ve fazlalığı

Toprakta kalsiyum eksiklikleri nadiren görülür (Hopkins, 2013). Ancak özel durumlarda, toprak kuruluğu arttığında (Blancard ve Deluche 2017) veya sulama düzensiz olduğunda, asit tepkimeli topraklarda bitkilerde eksiklikler görülebilir (Laroche, 2005). Bitkilerde kalsiyum noksanlığının karakteristik semptomu meristematik dokularındaki gelişme gerilmesidir. Kalsiyum oldukça hareketsiz olduğu için semptomlar önce genç yapraklarda ve büyüme noktalarında görülür. Kalsiyum noksanlığı olan bir bitki yaprak kenarlarında sararma, alt tarafa doğru kıvrılma ve sonra ölen yapraklar şeklinde semptomlar göstermektedir. Noksanlığın ileri aşamalarında ise yaprak kenarlarında siyah ve kahverengi nekrozlar oluşmaktadır. Köklerin büyümesi yavaşlar ve noksanlıktan zarar gören dokuların hücre duvarları eridiğinden, yumuşak bir yapı kazanır. (Hopkins, 2013; Kacar ve Katkat, 2015; Blancard ve Deluche, 2017). Çoğu zaman, toprakta ve bitkide düşük Ca translokasyonu ile sonuçlanan bir kuraklığa bağlı bir noksanlık ortaya çıkmaktadır. (Camberato ve Pan, 2000; Pilbeam ve Morely, 2007). Kalkerli topraklarda kloroz görülebilir ancak bunun nedeni kalsiyum iyonlarından

ziyade bu topraklardaki bikarbonat iyonlarından kaynaklanmaktadır. Bikarbonat iyonları, demiri çözünmez hale getiren önemli organik asitlerin sentezine neden olmaktadır. Bu durumda demir klorozu olarak adlandırılan fizyolojik bir demir eksikliğine yol açmaktadır (Boyer, 1978; Champagnol, 1984). Demir klorozu, genellikle çözünür tuzlar formundaki fazla kalsiyumdan kaynaklanan bir noksanlık olarak ortaya çıkmaktadır (Haddad ve Séguy, 1972).

2.6.2. Magnezyum eksikliği ve fazlalığı

Magnezyumun bitkideki birçok fizyolojik ve biyokimyasal süreçte ve ayrıca topraktaki rolü göz önüne alındığında, topraktaki magnezyum eksikliği bitkilerin büyümesini ve gelişmesini engelleyerek verimde önemli düşüşlere yol açmaktadır (Çakmak ve Yazıcı, 2010). Bu durum, esas olarak yapraklardaki yetersiz klorofil sentezi nedeniyle, damarlar arasında kloroz ile kendini gösterir. Çeltik de dahil olmak üzere birçok bitkide bu durumla karşılaşılmaktadır (Roche ve Velly, 1973).

Magnezyum eksikliği topraktaki yetersiz magnezyum içeriğinden, ya da topraktaki katyonik dengesizlikten kaynaklanabilmektedir (Boyer, 1978). Geçmişte bitkinin beslenmesinde magnezyum eksikliğinin ilk etkisinin klorofil ya da protein sentezi düzeyinde olduğu düşünülüyordu. Bununla birlikte, Çakmak vd. (1994) tarafından yapılan çalışmalarda, fasulye ve buğday bitkilerinin yapraklarındaki Mg eksikliği semptomlarının gözlemlenmesinden önce bile kök büyümesinin güçlü bir inhibisyona uğradığı gösterilmiştir. Sonuçta fasulye ve buğday bitkilerinde olduğu gibi, magnezyum noksanlığı olan bitkilerde yaprak/kök oranının arttığı görülmüştür. Magnezyum eksikliğinin kök büyümesi üzerindeki bu erken olumsuz etkisi, yapraklar üzerinde herhangi bir kloroz görülmeden önce, üretim için iyi kök gelişiminin önemi göz önüne alındığında yetiştiriciler için çok büyük bir sorun oluşturacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir noksanlık belirtisinin görünür olmasından önce bitkilerin magnezyum beslenme durumuna özellikle dikkat edilmelidir. Öte yandan Malavolta (1967) magnezyum eksikliğinin yaprak dokusunda nişasta ürünlerinin birikmesine neden olduğunu öngörmektedir.

2.7. Beslenme ve Sağlık Açısından Ca ile Mg'un Önemi

Günümüzde magnezyumun insan sağlığı üzerinde önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir (Azouagh, 2020). Magnezyum vücudun elektrolitlerinden biridir ve kan gibi vücut sıvılarında çözündüğünde elektrik yükü taşıyan minerallerden biridir. Ancak vücuttaki magnezyumunun çoğu proteinlere bağlanmış veya kemiklerde depolanmış vaziyettedir (Lewis, 2020). Kanda çok az olmasına rağmen magnezyum, insan vücudundaki en önemli elementlerinden biridir. Vücutta Mg'un ana rezervuarı, %50 ila 60'ının kısmen değiştirilebilir olan fosfat ve karbonatlar şeklinde bulunduğu iskelettir (Alfrey, 1992; Boislève, 2016). Magnezyum özellikle potasyum, sodyum ve kalsiyumdan sonra vücudun dördüncü katyonudur. Bu iki değerlikli katyon, potasyumdan sonraki ikinci hücre içi katyon konumundadır (McLean, 1994; Azouagh, 2020). Magnezyum, 300'den fazla enzimatik reaksiyonda ve çok sayıda hücrel ve metabolik reaksiyonda rol oynamaktadır (Murff vd. 2013). Aynı zamanda yaşam kalitesi ve sağlığını sürdürmek için gerekli olan birçok fizyolojik işlevde de yer almaktadır. Magnezyum, kalp sağlığı için gereklidir (Juliard, 2002; Dhaval Kolte, vd. 2014). Kalp ve kan damarları dahil tüm kasların düzgün çalışması için yeterli magnezyuma ihtiyacı duymaktadır (Laurant, 2000). Magnezyum, kalbi yağlayan ve çalışmasını kolaylaştıran

bir beslenme yağı gibi çalışmaktadır. Vücuttaki magnezyum eksikliği, kan damarlarındaki kas hücrelerine yayılmak için kalsiyuma erişim sağlamaktadır. Bu, yüksek tansiyon, arteriyel spazmlar, anjin veya kalp krizi gibi ciddi sonuçlara yol açabilmektedir (Tournesac, 2012). Magnezyum eksikliği insalarda kemik kaybına neden olur ve iskeletin kırılabilirliğine katkıda bulunmaktadır. Magnezyum eksikliği birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede oldukça yaygındır (Rude ve Gruber, 2004) ve çok kritik bir halk sağlığı sorununun konusudur. Bilimsel araştırmalara göre magnezyum eksikliği birçok nörolojik, kas-iskelet sistemi ve inflamatuvar bozukluğun nedeni olup osteoporoz, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabette karıştırmaktır (Pouyat, 2016).

Sahra altı Afrika da dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde, tahıllar gıda sistemlerinin üstesinden gelmekte ve toplumdaki magnezyum da dahil mikro besin eksikliklerinin en olası nedeni olarak görünmektedir. Tahıllar genellikle miktar bakımından en verimli olanlar, ancak mikrobeyin açısından genellikle zayıf oldukları için kalitesi düşüktür (Welch ve Graham, 1999). Özellikle, gelişmekte olan ülkelerin çoğunun temel gıdaları olan pirinç, önerilen günlük ortalamanın oldukça altında bir magnezyum diyeti sunmaktadır. 100 g taze pirinç yaklaşık 35 mg magnezyum içerdiğinde, pişirilen aynı miktar sadece 8 mg sağlamaktadır (Asana, 2019). Bununla beraber, birkaç yazara göre önerilen günlük değerler 80 ile 420 mg arasındadır (Asana, 2019; Bourganel, 2018; Daine, 2018). Bu durum, diyetleri pirince dayalı olan popülasyonları kalıcı bir magnezyum eksikliğine maruz bırakmaktadır. Dolayısıyla, fakir popülasyonlara zarar vermeye devam eden Mg eksikliği sorunlarının giderilmesi için pirincin besin değerlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Agronomik biyozenginleştirme, tarımsal uygulamalar yoluyla yetiştirilen bitkilerin yenilebilir kısımlarındaki biyoyararlanımlı temel elementlerin konsantrasyonlarının artırılması süreci, yetersiz beslenmeye veya gizli açlığın giderilmesine bir çözümdür (Singh vd., 2016). Yenilebilir organlardaki mineral elementlerin konsantrasyonlarını arttırmaya yönelik agronomik stratejiler genellikle, mineral gübrelerin uygulanmasına ve / veya topraktaki mineral elementlerin çözünürleştirilmesine ve mobilizasyonuna dayanmaktadır (White and Broadley, 2009). Bitkiler fakir toprakta yetiştirildiğinde, çözünür inorganik gübrelerin topraktan veya yapraktan uygulanır. Mineral elementlerin yenilebilir organlara kolayca taşınmadığı durumlarda, çözünür inorganik gübrelerin yapraktan uygulamaları gerçekleştirilir (Graham et al. 2007).

Çeltik yetiştiriciliği dünya çapında iki yöntem kullanılarak uygulanmaktadır. Bunlar, İntansif Çeltik yetiştiriciliği ve geleneksel çeltik yetiştiriciliğidir. Kökeni Madagaskar'da olan ve şu anda dünya çapında yayılmakta olan İÇY dört prisibe dayanmaktadır: doğrudan ekim veya erken dikim (8 ila 12 gün sonra); düşük yoğunluk (25 cm x 25 cm aralık), toprağın çok iyi tesviyesi, aralıklı sulama ve önemli organik madde katkısı (Uphoff, 2007). GÇY, belirli bir bölgenin tüm geleneksel çeltik yetiştirme alışkanlıklarını toplar. Bu alışkanlıklar bölgeye ve ülkeye göre değişir. GÇY'de, çeltik arsası su basmış olup olmadığını, yağmurla beslenmiş olup olmadığını, bitkilerin yoğunluğu dikkate alınmadan çeltik bitkileri doğrudan ekilir tutamlar halinde dikim yapılır (Zingor vd. 2014).

İntansif Çeltik Yetiştiriciliği üzerinde ise, yapılan çeşitli araştırma çalışmaları, pirinç verimini şaşırtıcı bir şekilde artırdığını göstermiştir. Ancak, yalnızca çeltikte çeltik verimini iyileştirmek için yapılan bu çalışma dışında, İÇY'deki besin değerini

iyileştirmek için çok az sayıda araştırma veya hiç yapılmıştır. Pirincin fiziksel (çeltik) verimini önemli ölçüde artıran bir çeltik yetiştirme sistemi olan İÇY ile pirinç tanelerinin kimyasal kalitesini artıran agronomik biyozenginleştirmeyi birleştirmek, gelişmekte olan ülkelerde gıda güvensizliğiyle ilgili iki ana sorunu (protein-enerji yetersizliği ve mikro besin yetersizliği veya “gizli açlık”) çözmeye yardımcı olabilir. Bu çalışmanın genel amacı, agronomik biyofortifikasyon ile ilişkili İÇY'nin özellikle magnezyum dahil olmak üzere besin içeriğini iyileştirebileceği hipoteze dayanarak, her çeltik yetiştirme sisteminde (İÇY ve GÇY), topraktan ve yapraktan uygulamaları ile pirinç taneleri üzerinde tarımsal biyozenginleştirmeyi test etmektir.

Kalsiyum (Ca) insan sağlığı için gerekli bir elementtir (Leeve Ill-Sup Nou, 2012). Kemiklerin ve dişlerin temel bir yapısal bileşeni olup, bir dizi biyokimyasal ve fizyolojik sürece katılmaktadır (D'Imperio vd. 2016). İnsan vücudunda en bol bulunan mineral olan katkısı, çocukluktan ergenliğe ve yetişkinliğe kadar insan yaşamı boyunca da önemli bir elementtir. Kalsiyumun çoğu kemiklerde (Allen vd. 2011) (İnsan vücudundaki 1000-1200 g kalsiyumun % 99'undan fazlası iskelette hidroksiapatit formunda bulunur) ve dişlerde (Boukhetta ve Touahir, 2008; Rozenberg vd. 2016) depolanmaktadır. İnsan beslenmesinde çok önemlidir. Kalsiyum, kanın pıhtılaşmasında, kan basıncının korunmasında ve kas kasılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca kalp atış hızı, kan basıncı, sinir uyarılarının iletimi, salgılama süreçlerinin düzenlenmesi özellikle hormonal, enzimatik aktivasyon gibi birçok süreçte görev almaktadır (Saulais 2000; Allen vd. 2011). Kalsiyum eksikliği birçok biyokimyasal ve fizyolojik süreci engelleyebilir ve böylece insanlarda metabolik bir dengesizlik yaratabilmektedir. Günümüzde kalsiyum eksikliği birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (Allen vd. 2011; Harvey vd. 2016). Kemik kütlesi kaybı ve dolayısıyla artan iskelet kırılabilirliği ve kırıklara yatkınlık ile karakterize bir hastalık olan osteoporoz, yetersiz kalsiyum durumunun en önemli sonucudur. Yeterli miktarda kalsiyum yaşamın tüm evrelerinde önemliyken, çocukluk ve ergenlik döneminde (hızlı iskelet büyümesi dönemidir) ve ayrıca postmenopozal kadınlarda ve kemik kaybının daha belirgin olduğu yaşlılarda daha da önemlidir (Saulais 2000; Boukhetta ve Touahir, 2008 Allen vd. 2011; Rozenberg vd. 2016).

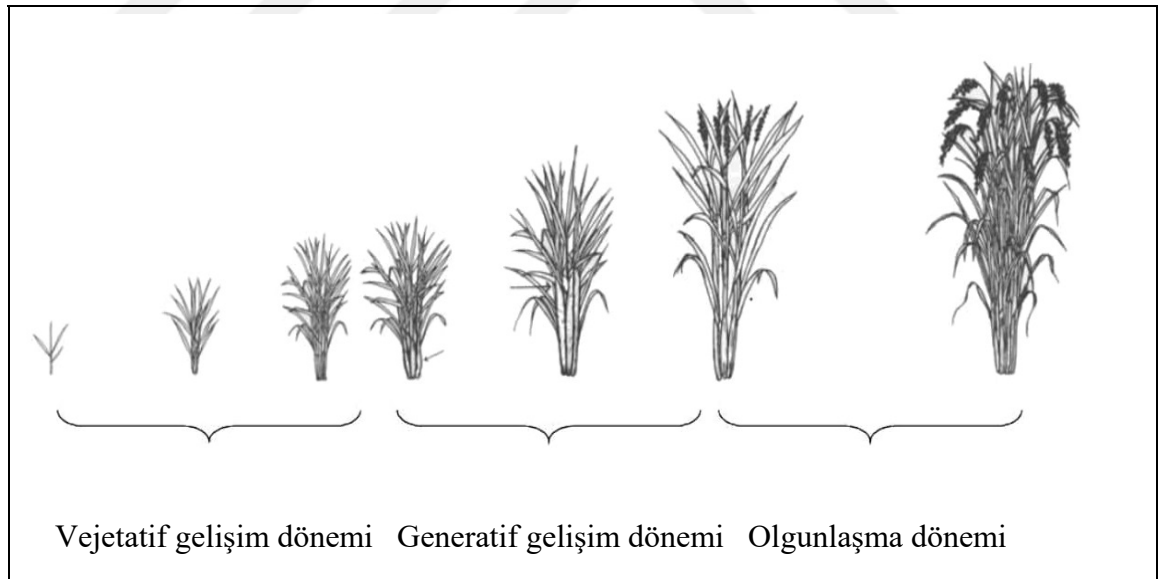
İnsanlarda kalsiyum eksikliği nispeten toprakla ve doğal olarak besince fakir topraklardan çıkan tarımsal ürünlerle ilişkilidir (Allen vd. 2011). Tahıllar, gelişmekte olan ülkelerde ana besin kaynağı olup, kalsiyum da dahil olmak üzere önemli mikro besinler bakımından fakir olduğu kabul edilmektedir (Et vd. 2004; Çakmak, 2008; Asana, 2019). Dolayısıyla, kalsiyum kaynakları olan süt ve sebze ürünlerinin nüfus tarafından daha az tüketildiği gelişmekte olan ülkelerde, günlük diyetle tahıl bazlı ürünlerin sık tüketilmesi Ca eksikliğinin ana nedenidir (Allen vd. 2011). Tahıllar arasında pirinç, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kalori, mikro besin ve protein arzında önemli bir yer tutmaktadır (Shewry, 2009). Diğer tahıl ürünleri gibi, pirinç de besin maddesi bakımından çok düşüktür. 100 gr taze (pişmemiş) pirinç yaklaşık 10 mg Ca içerir. Pişirilmiş aynı miktar, kalsiyumca sağlıklı beslenme için önerilen günlük değerin (500 ila 1200 mg) sadece 4 mg'ını sağlamaktadır (Asana, 2014; Daine, 2018). Bu durum, diyetleri pirince dayalı olan toplumları kalıcı bir kalsiyum eksikliğine maruz bırakmaktadır. Pirincin Ca'daki besin değerini iyileştirmek sadece önemli olmakla kalmaz, aynı zamanda ondan muzdarip popülasyonların eksikliklerinin giderilmesinde de çok önemlidir.

Agronomik biyozenginleştirme, miktar ve kalitede yüksek verim elde etmeyi sağlayan verimli ve hızlı bir araçtır. Bitkilerin agronomik biyozenginleştirilmesi, bitkilerin yenilebilir kısımlarındaki herhangi bir besinin içeriğini yükseltmek amacıyla makro ve mikro besinlerin, uyarıcıların, bitki hormonlarının ve diğer uygun elementlerin ek dozlarının sağlanmasından oluşan bir süreçtir (Adnan vd. 2020). Agronomik biyozenginleştirmede, yapraktan uygulama, topraktan uygulama, ikisinin kombinasyonu veya tohum muamele şeklinde bitki besinlerini uygulamak için farklı teknikler kullanılabilir (Johnson vd. 2005). Agronomik yaklaşımın amacı, mikro besin bazlı gübrelerin uygulanmasını, bu besin maddelerinin toprakta biyolojik olarak erişilebilirliğini ve bunların bitkilerin tüketilebilir kısımlarına taşınmasını optimize etmek ve iyileştirmektir (Van Asten, 2004).

2.8. Çeltik Hakkında Genel Bilgiler

2.8.1. Fenolojik dönemleri

Çeltik, buğdaygiller familyasının poaceae alt familyasında *Oryza* cinsine aittir (Angadette, 1966). *Oryza* cinsi, ikisi kültüre alınmış 23 tür içermektedir. Afrika çeltiği (*Oryza glaberrima* Steud.) ve Asya çeltiği (*Oryza sativa* L.) en çok yetiştiriciliği yapılan türlerdir. Moreau (1987)'e göre, çeltik döngüsü (fenolojik dönemleri) sistematik olarak 3 aşamaya ayrılmıştır: Birincisi, tohum ekiminden generatif organların oluşumuna kadar uzanan vejetatif dönemdir. Bu dönemde kökler, yapraklar ve saplar oluşmaktadır. İkincisi, üreme organlarının geliştiği generatif dönemdir. Bu dönemde her hafta, çok sayıda başakçık içeren bir salkım oluşmaktadır. Her başakçık bir çiçeğe, ardından bir daneye dönüşmektedir. Sonuncusu ise döngünün sonunda danelerin olgunlaşmak için dolacağı olgunlaşma aşaması şeklindedir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Çeltik gelişiminin aşamaları (Wopereis vd. 2008)

2.8.2. Morfolojik özellikleri

Kökler, toprakta çeltik bitkisinin sabit durması, su ve mineral elementlerin alınması ve depolanması işlevlerini yerine getirmektedir. İkincil (saçak) köklerden ve

bunların emici tüylerinden (kılcal) oluşmaktadır (Şekil 2.2). Çimlenme anında tohumdan büyüyen birincil kökün süresi çok kısadır. Hızlı bir şekilde ikincil köklerle değiştirilir. Çeltik kök sistemi ince ve saçak şeklindedir. Ayrıca, su kaynağı sınırlayıcı olmadığında yüzeyde gelişim göstermektedir (Reyniers vd. 1980; Angladette, 1966; Arraudeau ve Vergara, 1992; Lacharme, 2011). Bir çeltik bitkisi 2000'e kadar kök taşıyabilir ve bunların her biri emici kıllar ile, 10 ile 30 arasında kök tüyü taşımaktadır (Lacharme, 2011; Yoshida, 1981). Köklenme derinliği ve kök tüylerinin bolluğu, toprağın nem derecesi ile ters orantılıdır. Böylece sulu çeltik yetiştiriciliğinde kökler toprağın ilk 40 cm'inde yoğunlaşırken yağmurlu çeltik yetiştiriciliğinde kökler toprağı 1 m derinliğe kadar ulaşabilirler (Arraudeau ve Vergara, 1992; Yoshida, 1981).

Çeltikte sap, boğum ve boğum aralarından oluşur. Her boğumdan bir çiçek çıkar. Ana saptaki boğum sayısı 10–15 kadardır. Boğumlar arası mesafe alttan yukarı gidildikçe artar. Bitki boyu, 50–150 cm arasında değişir. Erkenci çeşitler kısa, geçici çeşitler daha uzun boylu olur. Çeltik bitkisi, birden fazla sap ve salkım meydana getirebilir. Bu olaya “kardeşlenme” denir. Kardeşlenme olayı; çeltik tohumu, tarlaya atıldıktan iki hafta sonra başlar. Kardeşlenme zamanı ve yoğunluğu, çeşide ve çevre şartlarına göre değişir. Genellikle birinci ve ikinci kardeşler daha iri salkım ve daha çok dane verir. Çeltiğin sapı, genellikle dik kümeler halinde düzenlenmiş silindirik saplardan oluşmaktadır. Sapın yüksekliği 50 cm ile 150 cm arasında değişmektedir (Angladette, 1966; Bezançon, 1993). Sapın rengi, bitki çeşidine göre değişmektedir. Boğum arası boyutu, çeltik bitkilerinin yatmaya karşı direncinde önemli bir rol oynamaktadır. Daha kısa boğum aralar bitkiye yatmaya karşı daha fazla direnç sağlar. Sapın bu mekanik işlevi aynı zamanda çapı, sağlamlığı ve yüksekliği ile de ifade edilir. Gövde ayrıca su ve besin maddelerinin taşınmasını sağlamaktadır (Arraudeau, 1998; Lacharme, 2011; Wopereis vd. 2008).

Çeltik yaprakları saptaki bir boğum noktasından çıkar ve yaprak kını ve yaprak ayası diye ifade edilen iki kısımdan oluşmaktadır. Yaprak ayası dar ve uzun yaprak formunda olup, üzerinde damarlar uzunluğuna paralel ve belirgindir. Gelişmenin erken dönemlerinde iki yaprak arasında geçen oluşma süresi, daha kısadır (4-5 gün), daha sonraki dönemlerde bu süre daha uzundur (8-9 gün). Yapraklar bazı çeşitlerde uzun ve kaba, bazı çeşitlerinde ise seyrek ve yumuşak tüylerle kaplıdır. Salkımın çıktığı son yaprağa salkım yaprağı veya bayrak yaprağı denir. Yaprığın üst yüzeyindeki oluklar birbirine paralel damarlardan oluşur. Yaprığın alt tarafındaki en belirgin oluk merkezi damardır. Bir çeltik bitkisi, vejetatif döngüsü boyunca toplam 10 ila 20 yaprak üretir (Yoshida, 1973, 1975), bunların sadece 5 ila 10'u yaşar ve diğerleri bitki geliştikçe kurur. Yaprak ayası, mızrak şeklinde ve yaprağın fotosentetik aktivitesinin çoğunu sağlayan kısmıdır. Uzunluğu 30 cm ile 100 cm arasında değişmekte olup genişliği 5 ile 25 mm arasındadır (Angladette, 1966; Dobelmann, 1976; Lacharme, 2011). Çeşitliliğe bağlı olarak, yaprak ayası dik, eğik veya sarkık olabilir. Bu yaprak ayası, çeltik tutamlarının yüksekliğinde ve güneş ışınlarının yakalanmasında önemli rol oynar. Çeltik, hem ligül hem oriküle sahip olan tek çim bitkisidir ve bu özelliği ile fide aşamasında yabani otlardan ayırt edilebilmektedir (Lacharme, 2011; Wopereis vd. 2008).



Şekil 2.2. Çeltik bitkisinin morfolojik görünümü

2.8.3. Ekolojik istekleri

2.8.3.1. Toprak istekleri

Çeltik, hemen hemen her cins toprakta yetişebilir. Toprak isteği bakımından seçici bir bitki değildir. Kumlu-tınlı yapıdan, ağır-killi yapıya ve pH' sı 3 ile 8 arasında değişim gösteren topraklara uyum sağlayabilir. Çeltik tarlalarının çoğu 4–5 ve 6 arasında değişen pH değerine sahiptirler, fakat bazıları alkali yapıya sahip olabilir. Çeltik yetiştirilecek toprak su tutması açısından fazla geçirgen olmamalıdır. Su, çeltik tarımı için çok önemlidir. Bununla birlikte çeltiğin değişik gelişme dönemlerindeki su istekleri farklıdır. Çıkış ve kardeşlenmeden sonra verilecek suyun yüksekliği, yaprakları örtmeyecek şekilde olmalıdır. Gelişmenin ileriki devrelerinde normal su yüksekliği 10 – 15 cm de tutulmalıdır. Hafif akıntısı olan sular, durgun sulara göre oksijen bakımından daha zengin olduğundan ve daha az yosun tutacağından çeltik akıntılı tavalarda daha iyi yetişir. Sapa kalkma ve çiçeklenme sırasında bitkinin su tüketimi en yüksek düzeye ulaşır. Çeltik bitkisi, tuzluluğa orta derecede dayanıklıdır. Fakat gelişmenin bütün devrelerinde dayanıklılık gösteren bir çeşit yoktur. Saturasyon ekstraktının EC'si 6-10 mmhos/cm olan topraklar çeltik bitkisine zarar verir ve % 50 'ye varan oranda ürün kaybına sebep olabilir. Çeltik tarımı için optimum pH 5.5–7.5 arasındır. 5.2 den az ve 8.2 den yüksek pH seviyeleri çeltik için kritik pH seviyeleridir. Çeltik, iklim koşulları uygun olduğunda, her iki cins toprakta yetiştirilebilmektedir. Çeltik, tuzlu topraklara en iyi uyan bir üründür. Çünkü tuzluluğun yıkanması için arazinin su altında tutulması

gerekir. Toprağın su altında tutulması, tuzluluğu azaltır ve demir, mangan, fosfor, azot gibi besinlerden faydalanmayı arttırmaktadır (Djiba ve Coly, 2007 ; TTB, 2016).

2.8.3.2. Sıcaklık istekleri

Çeltik bitkisinin önemli sıcaklık gereksinimleri bulunmaktadır. Çeltik yetiştiriciliğinde optimum sıcaklık 30 ila 37 °C arasındadır. Minimum 12 ila 18 °C ve maksimum 38 ila 42 °C arasındadır. Çimlenme için minimum 12 °C, çiçeklenme ve tozlaşma için 22 °C, olgunlaşma için 19 °C gereklidir. 22 °C ile 30 °C arasındaki ortalama sıcaklık, iyi bir vejetatif gelişim için uygundur (Angladette, 1966; Arraudeau ve Vergara, 1992; Moreau 1987). Çeltik, ışığa zorunlu bir bitkidir. 120-130 günlük bir döngü için, gerekli güneş radyasyonlarının toplamı 1000 ila 1200 saat güneş ışığına denk gelmektedir. En yüksek verim güçlü ışıktaki elde edilmektedir (400 cal. d⁻¹ cm²). Geleneksel çeltik çeşitlerinin çoğu, yeni çeşitlerin aksine fotoperiyoda duyarlıdır (MFCD, 1991; Jacquot vd. 1997; MAE - CIRAD, 2002).

2.8.3.3. Beslenme gereksinimleri

Çeltik yetiştiriciliğine ayrılan toprakların çeşitliliği ve çeltik çeşitleri tarafından sömürülen besinlerdeki değişkenlik nedeniyle bitkinin besin gereksinimleri oldukça farklıdır. Bir çeltik kültürü için gerekli gübre dozunu belirlemeyi mümkün kılan, aynı tür toprağın maliyetlerinin yanı sıra deneylerde elde edilen sonuçlardır (Bodelmann, 1976). Clement (1981) azot gübrelemesinin çeltikte protein içeriğini artırdığını ve potasyumun bitkiden tohumlara rezervlerin göçünü desteklediğini belirtmiştir. Fosforun ise köklenmeyi ve kardeşlenmeyi teşvik ettiği, salkım oluşumuna hızlandırdığı ve verimliliğe olumlu etki ettiğini belirtmiştir.

2.8.3.4. Su gereksinimleri

Pirinç, su ihtiyacı yüksek bir bitkidir ve bu nedenle diğer tahıllara kıyasla su açısından oldukça talepkardır. Kurak mevsimde, vejetatif dönem boyunca ayda 160 ila 300 mm ya da bütün vejetatif dönemi için 1.000 ila 1.800 mm su gerektiği, bitkinin yaşıyla birlikte ihtiyacın daarttığı bildirilmektedir (Angladette, 1966). Çiçeklenme sırasında %70-80 nem gereksinimi vardır. Bu erkenci çeşitler 450 mm, geççi çeşitler ise 650 mm arasındadır (Arraudeau ve Vergara, 1992). Bununla birlikte, yağmurlu koşullarda çeşitli su kaybı biçimleri göz önüne alındığında, 1000 mm'nin altında çeltik yetiştirmenin riskli olduğu ifade edilmektedir (Mayer ve Bonnefond, 1973; Séré vd. 1994). Tam gelişme döngüsünü sağlamak için gerekli su miktarına ek olarak, çeltik bitkisine su tedarikinin düzenliliği de dikkate alınmalıdır. Nitekim, çeltiğin su ihtiyaçları, döngüsü boyunca değişmektedir. Ekim sırasında düşük olan su ihtiyacı başaklanmaya kadar artar ve ardından olgunluk aşamasından sonra neredeyse sıfıra düşer. Bu nedenle, kuraklık olması durumunda yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak pirinç verimi ciddi şekilde etkilenebilir (Mayer ve Bonnefond, 1973).

2.9. Afrika'da ve Komor'da Çeltik Üretimi

2.9.1. Afrika'da çeltik üretimi

Pirinç, dünya nüfusunun yarısından fazlası için temel besindir. Bu ürünün 562 milyon tondan fazlası ortalama 151 milyon hektarlık bir alanda üretilmektedir. Toplam üretimin % 91'ine sahip olan Asya ana çeltik yetiştirme bölgesi iken, Afrika sadece %

3'e (7 milyon hektarda 16 milyon ton) katkıda bulunmaktadır (FAO, 1996). Afrika'da çeltik üretimi, yüzyıllardır geleneksel olarak ormanlık bölgelerde, savana ve orman arasındaki geçiş bölgelerinde, dağlık bölgelerde, hidromorfik topraklardaki sele eğimli vadilerde ve yağmurla beslenen taban arazi koşullarında uygulanmaktadır. Yetiştirilen çeşitler düşük verimli yerel çeşitlerdir. Ekili alanlar da küçüktür. Böylece üretim, sürekli artan nüfusun artan tüketim ihtiyaçlarını karşılayamaz durumdadır (Diallo, 2009). 1960'larda nüfuslarının pirinç ihtiyaçlarını karşılamak için çoğu Afrika ülkesinde, kalkınma ortakları (IBRD: International Bank for Reconstruction and Development; FAO: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) yardımıyla çeltiğin ekimini yoğunlaştırmak üzere geniş bir program başlatılmıştır. Bu program, özellikle sulamaya ve yüksek verim potansiyeline sahip gelişmiş bodur çeşitlerin kullanımına vurgu yaparak yeni pirinç üretim tekniklerini tanıtmayı amaçlamıştır. Günümüzde, özellikle pirinçte olmak üzere gıda güvenliği için mücadelede önemli ilerlemeye rağmen, Afrika yerel çeltik üretimindeki açığı kapatmak için hala ithalata bağımlı olmaya devam etmektedir (Barry, 2006).

2.9.2. Komor'da çeltik üretimi

Çeltiğin Komorlar'a Madagaskar'dan Arap tüccarlar tarafından getirilmiş olması kuvvetle muhtemeldir (ARRAUDEAU, 1998). Komorlar'a tanıtılmasından bu yana çeltik bugüne kadar yetiştirilmeye devam etmiştir. Şu anda Komorlar'da, yağmurla beslenen çeltik ekimi, sulama ile çeltik ekiminden çok daha fazla uygulanmaktadır. Düz yüzeylerin nadir olduğu bu volkanik ve dağlık adalarda, sulanan çeltik tarlalarının kurulması ve sulama suyunun drenajının gerçekleştirilmesi çok zor ve pahalıdır. Yağmurla beslenen çeltik yetiştiriciliği, Komor Adaları'nın çeşitli bölgelerinde uygulanmaktadır (Abdou Satar, 2012). Komor Adaları'nda çeltik üretimi diğer bitkilere göre daha az yapıldığı için çeltik yetiştiriciliği üzerine çok az araştırma yapılmıştır. En çok çeltik yetiştirilen bölge Djando platosudur. Adanın güneybatı tarafındaki düzlük (Ndrondroni'de olduğu gibi) ve kuzeybatı tarafındaki düzlük (Abdou Satar, 2012) çeltik yetiştiriciliği için uygundur. Yağmur mevsiminde yağmura dayalı bir çeltik yetiştiriciliği yapılmaktadır. (Jacquot Et Courtois, 1983).

Komorlar'daki baskın toprak türleri olan andosoller, yağmurla beslenen çeltik yetiştiriciliği için en uygun olanlardır. İyi bir porozite, mükemmel organik madde oranına sahip andosoller, yağmurla beslenen çeltik yetiştiriciliği için iyi bir ortam oluşturur. Ek olarak, büyük bir fosfat tutma kapasitesine ve pH'a oldukça bağımlı bir kation değişim kapasitesine sahiptirler (Pande, 1997). Sulanan çeltik yetiştiriciliği sadece Mohéli'de, Mlédjélé bölgesinde (Mzékoukoulé masifinin güneybatı yamacı) özellikle Nioumachoi ve Ndrondroni ovalarında uygulanmaktadır. Yıl boyunca akan ve yağışlı dönemlerde akışı artan bir nehir ile sürekli sulama sağlanmaktadır. Şiddetli yağmurlar genellikle arazideki su seviyesinin kontrolden çıkmasına neden olur. Yerel çeltik çeşitleri olan M'kamnono, Mambo Sasa ve Vary N'coco hem yağmurla beslenen hem de sulanan çeltik üretimlerinde Komor Adaları'nda en çok yetiştirilen çeşitlerdir (Abdou Satar, 2012).

Komor Adaları'nda çeltik üretimi bir zamanlar tahıllar arasında önemli bir yer tutmuştur. Yıllar geçtikçe, bu kültür önemli bir düşüş yaşamış ve nüfusun gıda ihtiyaçlarını karşılamak için pirinç ithal edilmeye başlanmıştır. Komor Adaları'nda çeltik sektöründeki gerileme, ekilebilir arazilerin bozulmasıyla ortaya çıkmıştır.

Nitekim, Komor Adaları'nda tarım, herhangi bir toprak verimliliği yönetimi politikası olmaksızın uygulanmaktadır. Bitkilerin sömürdüğü besin maddelerinin toprağa geri verilmemesi nedeniyle topraklar yıldan yıla fakirleşmektedir. Bu durum, çeltik yetiştiriciliği gibi yoğun besin maddelerini gerektiren bir kültür için uygunsuz hale getirmiştir. Öte yandan, ekilebilir arazinin sınırlı olması, geleneksel ve eski araçlar kullanılması, zararlıların (kuşlar, böcekler, yabancı otlar vb.) kontrol edilememesi ve iklim değişikliği, çeltik sektörünün terk edilmesini hızlandırmış, daha az emek ve yetiştirme teknikleri ihtiyaç duyulan diğer mahsuller (manyok, tatlı patates, vb.) çeltiğin yerini almıştır. Bununla birlikte, 2007'de tanıtılan Sahel 108 çeşidi, M. 34 çeşidi, TVxVK çeşidi ve 1139 çeşidi dahil olmak üzere, son on yılda Komorlar'daki çeltik sektörü, iyileştirilmiş yüksek verimli çeşitlerin piyasaya sürülmesinin ardından önemli ilerleme kaydetmiştir. Ancak, yerel üretim hala yetersiz ve ithalatın yerini alacak durumda değildir. Komorlar'da, yıllık pirinç tüketiminin 65.000 ton olduğu tahmin edilmektedir (Abdou Satar, 2012; Onicor, 2014). Komor Adaları'nda çeltik en az yetiştirilen gıda ve tersine en çok tüketilen üründür. Genel olarak, Komorlar günde en az bir yemekte pirinç tüketmektedir. Sebzeler ve hindistancevizi gibi diğer ürünlerin hazırlanmasında bir yan gıda veya bileşen olarak kullanılır. Komorlar'da pirinç tüketimi, ülkenin gelenek ve kültürünün bir parçasıdır. Maoulid ayları ve geleneksel düğün festivalleri dönemlerinde yüksek miktarlarda tüketilmektedir.

2.10. Dünya'da ve Türkiye'de Çeltik Üretimi

2.10.1. Dünya'da çeltik üretimi

Dünya genelinde çeltik ekili arazinin % 87'si Asya'da bulunmaktadır. Güney Amerika, Dünya üretimin % 3.6'sını ve ekili arazinin % 4'ünü sağlamaktadır. Afrika ise dünya üretiminin yalnızca % 2.9'unu ve ekili arazinin % 4.8'ini oluşturmaktadır (MAE-CIRAD, 2009; TMO, 2018, 2019). Çin, dünyanın en büyük pirinç üreticisidir. 2018-2019 sezonunda dünya üretiminin % 28.6'sını tek başına sağladığı belirlenmiştir. Ardından Hindistan (% 23.6), Endonezya (% 7.3), Bangladeş (% 7.1) ve Vietnam (% 5.9) gelmektedir (Yazıcı, 2020). Çin'de ekim alanı başına Hindistan'dan daha yüksek verim elde edilmesine rağmen, ekili arazi açısından Hindistan Çin'in önündedir. Dünyadaki çeltik üretiminin çoğu, daha iyi yetiştirme koşulları sağlayan tropikal ve ılıman bölgelerde gerçekleştirilmektedir. Küresel tarım sektörü yaklaşık 1.5 milyar hektar tarım arazisine sahiptir ve bunun 700 milyon hektarı tahıl ekimi için kullanılmaktadır. Bu alanın yaklaşık % 22'si çeltik ekimine ayrılmış ve üretilen çeltik miktarı toplam tahıl üretiminin % 28'ini temsil etmektedir (Şapaloğlu, 2015).

Asya, çeltik alanı açısından dünyaya hakimdir. Dünyadaki pirinç yetiştirme alanlarının çoğu Asya'da bulunmaktadır. Son on yılda Çin, dünya pirinç üretiminde listenin başında yer almıştır. Onu Hindistan, Endonezya ve Bangladeş izlemektedir. Bu dört ülke, Asya'daki başlıca çeltik arazisi sahipleri ve dünya çeltik üretiminin yaklaşık % 68'ini oluşturmaktadırlar (Ebru, 2020).

2.10.2. Türkiye'de çeltik üretimi

Pirincin Türkiye'ye yaklaşık 500 yıl önce geldiği tahmin edilmektedir. Çeltik, 15. yüzyılda Mısır'dan zengin bir aile tarafından Türkiye'ye tanıtılmıştır (Gül, 2003; Geçit vd. 2009). Cumhuriyet'in ilanından önce Kastamonu, Maraş, Diyarbakır ve Bursa illerinde sadece az miktarda çeltik yetiştirilmiş ve bu üretim büyük şehirlerdeki zengin

aileler tarafından tüketilmiştir. İlk pirinç işleme tesisi 1926'da Tosya'da kurulmuştur (Türkoğlu, 1979). Türkiye'nin tüm bölgelerinde çeltik ekimi yapmak mümkün olmakla birlikte (MEB, 2012), Marmara Bölgesi'nin iklimi ve topografik yapısı nedeniyle çeltik ekimini en iyi karşılayan bölge olduğu kabul edilmektedir (Geçit vd. 2009). Çeltik üretim alanlarının yaklaşık %56'sı Marmara ve Trakya'da, %36,5'i Karadeniz'de ve kalan %7,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Yerel üretim, nüfusun ihtiyaçlarını karşılamaya yetmediğinden, nüfusun artan talebini karşılamak için Türkiye pirinç ithalatına yönelmektedir. Bu ithalat son yıllarda hızla artmış ve yerli üretim hacmini aşmıştır (MEB, 2012).

Türkiye, çeltik bitkilerinin büyümesi için elverişli iklim koşullarına sahip bir ülkedir. Bu kültürün uygulandığı bölgelerde, yazın ortalama sıcaklık 25 ° C civarında ve bu, çeltiğin gelişmesi ve büyümesi için daha uygun bir değerdir. Bu nedenle yaz döneminde çeltik yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'nin yıllık yağış miktarı, çeltik yetiştiriciliğinin su ihtiyacını karşılamaya yetmemektedir. Dolayısıyla nehirlerin ve alçak arazilerin delta ovalarında sulamada uygulanmaktadır (TMO, 2019). Türkiye, pirinç ithal eden bir ülke olmasına rağmen, son yıllarda yerel üretim seviyesini artırmıştır. Özellikle, 2000 yıllarından sonra uygulanan ve çeltik ekiminin yoğunlaştırılmasını destekleyen tarım politikaları, özellikle iyileştirilmiş yüksek verimli çeşitlerin kullanımı, yetiştirme tekniklerinin iyileştirilmesi ve kimyasal girdilerin niceliksel kullanımı üretim önemli bir artışla sonuçlanmıştır. 2009 yılında Türkiye'de yaklaşık 96.754 hektar pirinç arazisi varken 2018 yılında bu alan 120.137 hektara çıkmıştır. Aynı şekilde 2009 yılında 750.000 ton olan çeltik üretim miktarı 2018 yılında 940.000 tona yükselmiştir. Bu durum, Türkiye'nin miktar ve kalitede pirinç üretme ve dışa bağımlılıktan kurtulma konusundaki istekliliğini kanıtlamaktadır (TMO, 2019; Hekimoğlu ve Altindege, 2019).

Çeltik üretiminde bölge düzeyinde çok yüksek oranlı yoğunlaşma vardır. Buna göre 2018 yılı için üretimin % 70'i Marmara Bölgesindedir. Karadeniz ise üretimin % 25'ine sahiptir ve bu iki bölge Türkiye üretiminin % 95'sini gerçekleştirmektedirler. Kalan % 5'lik kısmı ise, İç Anadolu (% 2) ve diğer bölgeler (% 3) oluşturmaktadır. İl düzeyinde de çeltik üretiminde yoğunlaşma bulunmaktadır. Üretim oranları illere göre şöyle sıralanmaktadır: Edirne % 43.70, Samsun % 14.20 Balıkesir % 12.23 Çanakkale % 6.71 ve Çorum % 6.42 oranında üretim yapılmaktadır. Bu beş il toplam üretimin yüzde 80'den fazlasını sağlamaktadır. Kalan kısmı ise Sinop, Tekirdağ, Kırklareli, Bursa, Çankırı, Diyarbakır ve Mersin gibi iller oluşturmaktadır (TMO, 2018).

2.11. İntansif ve Geleneksel Çeltik Yetiştirme Sistemleri

İntansif Çeltik Yetiştiriciliği (İÇY), intansif bir üretim sistemi ve Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliği (GÇY) yöntemine kıyasla daha düşük gübre kullanımını tanımlamaktadır. İÇY uygulaması, tarım ürünlerinin kendi kendine yeterliliğini benimseyen ülkelerde yaygındır. İÇY'nin, dünya genelinde 1980 yıllarından itibaren Madagaskar'da başladığı bilinmektedir. 1984 yılında, Henri DE LAULANIE adında Fransız bir papaz ve ziraat mühendisi, öğrencileri ve arkadaşlarıyla birlikte tesadüfen yeni bir tarım tekniği geliştirmişlerdir. Ancak, kuraklık ve ilk yağmurların gecikmesi, on beş günlük çeltik bitkilerini tek bir fideden oluşan ve çok aralıklı olarak düzenlenmiş ceplere ekmelerini zorunlu kılmıştır. Elde edilen sonuçlar muhteşem bulunmuştur. Genç bitkiler çok hızla gelişmiş ve bazen bir bitkide 20'ye kadar verimli kardeş oluşmuştur.

Bir sonraki yetiştiricilik sırasında aynı toprak ve iklim koşulları altında bu sefer daha genç bitkilerle (9, 10 ve 12 gün) yeniden üretim gerçekleştirilmiştir. Sonuç daha da şaşırtıcı bulunmuştur. Bitki başına verimli kardeş sayısı, az miktarda suya rağmen 60 ila 80 adetolarak gerçekleşmiştir. Bu deneyim, genç bitkiler kullanıldıkça çeltik başaklarının sayısının arttığını göstermiştir (Erika ve Devon, 2014). O zamandan itibaren, İÇY dünya çapında birçok ülkede test edilmiştir. Olumlu sonuçlar Hindistan, Çin, Endonezya, Filipinler, Sri Lanka ve Bangladeş'te görülmüştür (Guèye vd. 2015; Jean-Louis, 2013; Anonim 2019).

Basit yenilikçi tekniklere, rasyonel bir şekilde su ve tohum kullanımına dayanan İÇY, kaynak yetersizliği olan çiftçiler için çok uygun bir alternatif çeltik yetiştirme sistemi olarak ortaya çıkmaktadır. Madagaskar'da Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliği ile dane verimi 2 t/ha'dan fazlasına izin vermezken, İÇY ile optimum koşullarda, 20 t/ha verimlilik sağlanmaktadır (Guèye vd. 2015). İÇY, dört prensibe dayanan bir çeltik yetiştirme sistemidir. Bu prensipler şunlardır :

- Doğrudan ekim veya fide dikimi (fidelikten 8 ila 12 gün sonra),
- Dikim mesafesinin ayarlanması-seyrekleştirilmesi (25 cm x 25 cm aralıklar),
- Toprak tesviyesinin yapılması ve organik madde ilavesi,
- Aralıklı sulamanın yapılması.

Yüksek verimli tohumların ve kimyasal girdilerin benimsenmesini öngören yeşil devrimin aksine, İÇY sadece tarımsal uygulamalarda (bitkilerin, toprağın, suyun ve besinlerin yönetimi) bir değişiklik hedeflemektedir (Uphoff, 2007). İÇY, çeltik bitkilerinin tam potansiyellerini ifade etmelerini sağlayan yeni bir üretim yöntemidir. Çeltik bitkileri yayılırsa ve sıkışmazlarsa, büyümek için çok daha fazla alana sahip olacakları için çok sayıda salkım verecek verimli kardeşler üretebilmektedirler. Çeltik, büyümek için daha fazla alana sahip olduğunda, kökleri güçlenip, topraktan besinleri kolaylıkla çekebilmektedir. Bu, bitkinin üretim potansiyelinde bir artışı teşvik etmektedir (ATS, 2006). İÇY yöntemi ile tek bir bitkide yaklaşık 50 ila 100 kardeş elde edilebilmektedir. İÇY'nin başarısı, çeltiğin kardeşlenme gücüne dayanmaktadır. Böylelikle, her bitki büyümesi sırasında geniş aralıklı az sayıda bitkiden daha fazla pirinç taneleri elde etmek mümkündür(ATS, 2006). Böylece, bir parselde daha fazla çeltik bitkisine sahip olmanın aynı zamanda yüksek verimle eşanlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. birbirlerinden aralıklı birkaç bitki, diğer taraftan daha fazla pirinç taneleri üretebilir.

İÇY yöntemiyle, bitki başına çok sayıda kardeşe sahip olunabilir. Ancak, bu sistemin başarısı, fidelerin erken dikilmesine bağlıdır. Doğrudan veya 12 gün içinde önerilen mesafelere uyarak dikilen fideler, 12 günden sonra dikilen bitkilere göre kardeşlenme potansiyellerini ortaya koymaya daha yatkındır. Daha fazla bekletilen fideler (3, 4, 5 haftalık) ise zaten çok sayıda kardeş üretme yeteneğini kaybetmiş olacaktır. Fidelerin erken ve dikkatli bir şekilde dikilmesi çok hızlı bir toparlanma sağlamaktadır. Ancak bitkilerin beslenmeleri için yeterli kök sistemleri geliştirmelerine olanak tanıyan gevşek toprak yapısına da ihtiyaç bulunmaktadır (ATS, 2006; Erika ve Devon, 2014). Bu nedenle, genellikle GÇY'de yapıldığı gibi 3 veya 4'lü fide dikmekten, tek bir fide dikmek daha önemlidir. Tava başına çok sayıda bitki dikildiğinde, bir tür beslenme rekabeti gelişeceğinden verimliliği azaltmaktadır. Çeltik tarlası yabancı otlar tarafından istila edildiğinde de durum aynıdır. Bunlar genç fidelerle

beslenme için rekabet ederler ve bu yabancı otlar uzaklaştırılmazsa verimi olumsuz etkileyebilmektedirler. Dikim mesafesinin ayarlanması her fide için yeterli beslenme alanı sağlamaktadır. Bu, sadece yabancı otların ayıklanmasının kolaylaşmasını değil, aynı zamanda her bitkinin güneş ışığına ve havalandırmaya erişimini de kolaylaştırmaktadır (Laulanie, 2003). İÇY'de metrekaşe başına en fazla 16 çeltik fidesi bulunurken, GÇY'de metrekaşe başına 40 ila 100 hatta 500 bitki sayılabilir. Bu nedenle İÇY hem çeltik verimliliğini artıran hem de tohumluk tasarrufu sağlayan bir sistemidir (ATS, 2006).

İÇY, çeltik bitkilerinin büyüme biçiminde sinerjik bir değişiklik yaratmak için birbiriyle etkileşime giren dört prensibe dayanmaktadır. Erika ve Devon (2014) fidelerin erken ve dikkatli bir şekilde dikilmesi, büyük ölçüde hem bitkiler arasındaki aşırı rekabetin hem de dikim işleminin neden olduğu erken başlangıç stresini azaltarak, bitkinin hızlı büyüme ve kök geliştirme potansiyelini en üst düzeye çıkardığını belirtmektedir. Bitkiler, gevşek toprakta geniş aralıklarla ne kadar erken buluşurlarsa, o kadar çabuk kök geliştirir ve kardeşlenmeye başlarlar, strese karşı sağlıklı ve dirençli hale gelirler. Buna göre dikkat edilmesi gereken başlıklar şunlardır: i) tohum seçimi, ii) yoğun olmayan tohum ekimi-fide dikimi ile su basmayan tavaların kullanımı, iii) organik madde ile zenginleştirilmiş topraklar, iv) genç fidelerin dikkatlice ve sık bir şekilde dikimi v) tavalara doğrudan ekim.

Toprakların organik maddeyle iyileştirilmesi, sağlıklı ve verimli topraklar oluşturmak için uzun vadeli tek geçerli çözümdür. Çeltik bitkileri su basmış topraklarda yaşayabildikleri halde, iyi gelişmezler. Su basmayan ve aerobik toprak koşullarında, kökler daha güçlü ve daha derin büyürler. Aerobik topraktaki mikroorganizmalar sağlıklı bitki gelişimini sağlayarak bitkiler daha sağlam ve yüksek taneli salkımlar oluştururlar. Aerobik topraklar ayrıca organik madde tedarikiyle büyük ölçüde iyileştirilir ve bunun karşılığında aerobik toprak koşulları, organik maddede bulunan besin maddelerinin mineralizasyonunu artırarak onları hem toprak mikropları hem de bitkiler için daha erişilebilir hale getirir. Aerobik toprak yönetimi ile, çeltik tarlalarında güçlü bir sera gazı olan metan emisyonları büyük ölçüde azaltılmakta ve çeltik tohumlarındaki arsenik alımı da azalmaktadır (Erika, 2014).

İÇY ile ilgili küresel deneyim, sulama suyu uygulamasının kolaylıkla %30-50 oranında azaltılabileceğini göstermektedir (Erika ve Devon 2014). Sulanan çeltik üretiminde İÇY kullanımında bir dizi iyi uygulama geliştirilmiş ve etkili olduğu kanıtlanmıştır. En yaygın ve en sık alıntılanan uygulamalar şunlardır:

- Her cep başına tek bir fide dikmek,
- Kare şeklinde dikim yapmak ve bitkiler arasında daha geniş bir aralık bırakmak (25cm x 25cm veya daha fazla),
- Organik madde ile gübreleme yapmak ve sadece gerektiğinde kimyasal gübre eklemek,
- Bitkisel büyüme aşamasında taşkın (sel) suyu uygulamak,
- Mekanik bir tarımsal ot biçme makinesi kullanmak.

2.12. Biyofortifikasyon

2.12.1. Genel bilgiler

Biyofortifikasyon temel bitkisel besinlerin yetiştiriciliğinden alınan ürünlerde element miktarını arttırmak ya da temel ürünlerde bir türün besin içeriğini zenginleştirmek için kullanılan tarıma dayalı yeni bir durumdur (Çakmak, 2010, Qaim vd. 2007). Besinlerin zenginleştirilmesinde temel amacı, çeşitli nedenler ile besinlerin kaybedilen besin elementlerini yerine koymak ve besinlere daha fazla besin ögesi ekleyerek beslenme yetersizliği sorunlarını çözmeye çalışmaktadır. Eklenen miktarların kontrolü, zenginleştirilmiş besinin tüm tüketicilere ulaştırılmasının sağlanması ve işlem sırasındaki kayıplarının önlenmeye çalışılması zenginleştirmede beklenen yaraları sağlanabilmesi için önemlidir (Yücecan, 1991).

Biyofortifikasyon çalışmaları genetik biyofortifikasyon ve agronomik biyofortifikasyon olarak 2 başlık altında özetlenebilir. Genetik biyofortifikasyon; bitkinin sahip olduğu gen çeşitliliğinden faydalanılarak zenginleştirilmek istenen mineral ya da bileşikler, diğer çeşitlere göre daha fazla biriktiren modern çeşitlerin ıslahıdır. Bu amaçla bir dizi melezleme ve gen takibinden sonra seçilen hatların farklı iklim ve arazi şartlarında uyum ve performansları incelenerek başarılı çeşitler tohumluk olarak kullanılır (White and Broadley, 2009). Agronomik biyofortifikasyon; yetiştiriciliği yapılan modern çeşitlerin tüketilen dokularında istenilen zenginleşmenin sağlanabilmesi için gerekli besin elementlerinin gübreleme yolu ile bitkiye sağlanmasıdır. Bu noktada asıl hedef bitkisel verim artışı değil bitki dokularında besin elementi artışıdır. Bu amaçla yapılan gübreleme gelişmiş gübreleme olarak nitelendirilmekte ve mikro element beslemesi önem kazanmaktadır. Gelişmiş gübreleme optimum seviyenin üstünde toksik sınırın altında yani lüks tüketim dahilindedir. Yapılan çalışmalar olumsuz toprak koşulları altında genetik olarak biyofortifike edilmiş çeşitlerin dahi doğru gübreleme yapılmadığı takdirde sınırlı performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Herhangi bir bitki besin elementi toprakta yeterli düzeyde bulursa bile yine de bitkide o elementin noksanlığı görülebilir (Miller vd. 1984). Toprak pH'ının 6'dan 7'ye yükselmesi Zn'nun topraktaki çözünürlüğünü yaklaşık 30 kat azalttığı bilinmektedir (Marschner, 1993). Benzer şekilde toprağın düşük nem ve organik madde içermesi, CaCO₃ içeriğinin yüksek olması mikro elementlerin toprakta çözünürlüğünü azaltan, bitki tarafından alınabilirliğini düşüren önemli bir faktördür. Ayrıca bu durumun danede mikro element konsantrasyonunu da baskıladığı bildirilmiştir (Çakmak vd. 2010).

2.12.2. Biyofortifikasyon yöntemleri

Biyofortifikasyon çalışmaları temel olarak; genetik biyofortifikasyon ve tarımsal biyofortifikasyon olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmalardan gelişmiş gübreleme; tarımsal biyofortifikasyon alanında, geleneksel yetiştiricilik sayesinde geliştirilmiş bitki çeşitleri ve aynı amaç ile genetik modifikasyon beslenmesi ise; genetik biyofortifikasyon alanında kullanılan yöntemlerdir. Her ikisi de aktif olarak kullanılmakta ve geliştirilmektedir (Winkler, 2011; Charlier, 2011).

2.12.2.1. Gelişmiş Gübreleme

Gübrelerin (özellikle azot, fosfor, potasyum) rolü, bitkilerin büyümesi için gerekli olan besini sağlamaktır (Testud, 2004; Lallemand, 2019). Gelişmiş gübreler ise insanların tükettiği bitkilerin ihtiyacı olan ek besinleri sağlamaktadır (Charlier, 2011). Başarılı örnekler olarak Filipin’de, Hindistan’da ve Rwanda’da demir (Haas vd. 2005 ; Finkelstein, 2015; Haas vd. 2016) ve Kenya’da A vitamini (Talsama vd. 2016) zenginleştirilmesi yer almaktadır. Bu yöntemde; dünyada genellikle mikro element noksanlığına bağlı sağlık sorunları yaşayan toplumlar hedef alındığı için, gelişmiş gübrelemede makro elementler yerine mikro elementler daha çok tercih edilmektedir (Testud, 2004). Gelişmiş gübreleme, önemli avantajlara sahiptir. Bu yaklaşım; kolay, ucuz, tüm bitkilere uygulanabilen, güvenilir, uzun vadede etkili ve hızlı bir şekilde çalışmaktadır. Bunun yanında sadece mineral içerikli olması, bitki türü/ürün içeriğine fazla bağımlı kalması ve ağır gübre çuvallarının dünyanın yoksul, ulaşımı olmayan yerlerine dağıtımının zor olması bu alandaki sıkıntılardır (Nakandalage vd. 2016). Biyolojik olarak güçlendirilmiş (biyofortifikasyona uğramış) bitki potansiyeli ile çok sayıda insana tekrarlayan maliyet veya lojistik sorunu olmadan sürekli olarak mikro element beslenmesi sağlanmaktadır. Teknik gelişmelerin tasarrufla birleşimi biyofortifikasyon dâbeslenme güvenliğine doğru yol açmaktadır (Winker, 2011).

2.12.2.2. Geleneksel yetiştiricilik

Genetik biyozenginleştirme mahsullerin besin içeriğini iyileştirmek için hem geleneksel yetiştiriciliği hem de modern biyoteknoloji uygulamalarını işin içine katmaktadır. Aynı bitkinin birçok çeşidi arasında besleyici özellikleri bakımından büyük farklılıklar vardır. 1960'lardan bu yana tohum bankaları bu varyasyonları toplamak ve sıralamak için geliştirilmiştir. Uluslararası Meksika Mısır ve Buğday Yetiştirme Merkezi (CIMMYT) de bunun önde gelen bir örneğidir. Svalbard Küresel Tohum Deposu ise Kuzey Kutbu'nun en geniş kapsamlısı olma yolundadır. Toplanan tohum koleksiyonlarından, spesifik alanlarda yetiştirme koşulları için uygunluğu kanıtlanmış hatlara dayalı olan, daha iyi besin düzeyine sahip temel ürünlerin çeşitlerini geleneksel yetiştiricilik yoluyla geliştirmek mümkündür.

Geleneksel yetiştiricilik yönteminde, ürünün içsel özellikleri açısından istenilen düzeyde besin düzenleyici kısıtlamalar yapılabilmektedir (Gallais ve Bennerot 1992; Charlier, 2011; Winkler, 2011). Buna rağmen; yöntemin zaman alıcı olması, gen havuzuna bağlı kalması ve mülkiye kısıtlamaları sorunları ile dezavantajlara da sahiptir. Gıda ürünlerini geliştirme üzerine yapılan yetiştiricilik tüm dünyada devam etmektedir, özellikle besin düzeyini daha fazla geliştirme üzerine odaklanılmıştır. Geleneksel yetiştiricilik yoluyla en önemli sistematik ve sembolik biyofortifikasyon programı ‘Harvest Plus’tır. Yedi temel üründe (fasulye, cassava, mısır, pirinç, buğday, tatlı patates ve inci darı) 3 besinin (demir, çinko, pro-vitamin A) düzeyini artırma amaçlı yetiştiricilik üzerine odaklanılmıştır. Harvest Plus programı özellikle vakıflar, hükümetler ve uluslararası kuruluşlardan gelen yardımlarla finanse edilmektedir (Winkler, 2011; Hilton, 2017).

2.12.2.3. Beslenmenin genetik modifikasyonu

Genetik mühendisliği, bir bitkiye DNA yerleştirme sürecini içerir. Geleneksel genetik gelişme (iki çeşidi geçerek) birçok nesil çaprazlaması gerektirir.

İstenilen gen, aynı türdeki yabani bir bitki çeşidinde tanımlanmış olsa bile, genetik mühendisliğinin onu çaprazlayarak normal kültürene aktarmayabileceğinin garantisi yoktur. Genetik mühendisliği, bu geni geçmek için daha hızlı ve daha doğrudan bir yaklaşım sunar. Aynı türden bitkilerdeki genetik modifikasyona cis genesis denir. Genetik mühendisleri, diğer türlerden genleri aktararak bitkilere yeni genler de ekleyebilir; buna transgenез denir (Hilton, 2017; Bengaly, 2017).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin her ikisinde de beslenmenin genetik modifikasyonun üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Bangladeş ve Filipinler'de bulunan altın çeltik mükemmel bir örnektir. Pirinç tanesinde beta-karoten sentezlemesine izin vermek için nergis bitkisinden ve bir toprak bakterisinden olmak üzere iki gen eklenmiştir. Bu beslenme uzmanları için heyecan vericidir çünkü Filipinler'de mikrobeyin eksiklikleri ölümcül seviyelerdedir (Hilton, 2017). Altın çeltiğe eklenen genler, tanedeki beta-karoten sentezi mekanizmasını harekete geçirmektedir. Altın çeltikten sonra, demir elementi ile biyozenginleştirilmiş çeltik ve buğday üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Hilton, 2017). En yaygın genetiği değiştirilmiş gıda ürünleri herbisite dayanıklı soya fasulyesi ve zararlıya dayanıklı mısırdır. Ancak, günümüzdeki araştırmalar küresel ısınma ve su kıtlığı olasılığı ile kuraklık ve tuzluluğa dayanıklı çeşitlere odaklanmıştır. Yağlı tohumlu bitkilerde esansiyel yağlar, patatesten çeşitli nişasta ve protein, pirinçte demir, bahçe bitkilerinde mineraller, glukozinolatlar, flavonoidler açısından 'altın bitkilerde' (pirinç, mısır, kasava, muz, patates, karnabahar, tatlı patates, hardal) araştırmalar yapılmaktadır. Altın bitkilerin böyle adlandırılmasının nedeni, betakaroten üretim için eklenen genin, bitki bünyesinde A vitamini haline dönüştürülmesi ve sarı turuncu bir renk almasından kaynaklanmaktadır (Winkler, 2011; Hilton 2017).

2.12.3. Tarımsal biyofortifikasyon ile ilgili yapılan çalışmalar

Agronomik biyofortifikasyon; gübreleme ile bitkisel üretimde elde edilen ürünlerde bitki besin elementi içeriğini artırmak veya bir türün besin içeriğini zenginleştirilmesi için tarımsal yeni bir yöntemdir (Çakmak, 2010; Qaim vd. 2007). Çeşitli bitkiler üzerine yapılan birçok araştırmada, agronomik biyofortifikasyonun mahsullerin yenilebilir kısımlarındaki mikro ve makro besin seviyelerini önemli ölçüde geliştirdiği ve dünyadaki gizli açlıkla mücadelede etkili bir yol olabileceği öngörülmektedir.

Rhoads (1987) yaptığı bir araştırmada mısır ve soya bitkilerinde magnezyum alımı ve kuru madde verimini araştırmıştır. Çalışmada, magnezyum kaynağı olarak dolomit ve magnezyum sülfat kullanmış olup 50 ve 100 mg kg⁻¹ dozlarında magnezyumu toprağa uygulamıştır. Mısır bitkisinin sürgünleri ekimden beş hafta sonra, soya bitkisinin sürgünleri ise ekimden yedi hafta sonra hasat edilerek analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm magnezyum kaynaklarında 50 mg kg⁻¹ dozu 100 mg kg⁻¹ dozuna göre magnezyum alımında daha etkili olmuştur. Soya bitkisinde magnezyum uygulamalarının kuru madde verimine etkisi önemsiz bulunurken, mısır bitkisinde sadece magnezyum uygulamalarında artış görülmüştür. Araştırmacı, asit karakterli topraklarda yetiştirilecek mısır ve soya bitkileri için en iyi magnezyum kaynağının dolomit olduğunu bildirmiştir.

Mao vd. (2014), Çin'de buğday, mısır, soya fasulyesi, kanola, lahana ve patates de dahil olmak üzere çeşitli gıda mahsullerinde selenyum ve iyot konsantrasyonlarını düzeltmek üzere agronomik biyofortifikasyonu araştırmışlardır. Araştırmalarının

sonunda, bitkilerde selenyum içeriği, selenyum formundaki uygulamalar için 5 ile 14 kat, selenit formundaki uygulamalar için 78 ile 228 kat arasında artırmışlardır. İyot konsantrasyonlarının lahana yaprakları için 2 kat arttığını tespit etmişlerdir.

Boldrin vd. (2013), selenat ve selenit dozlarının pirincin (*Oryza sativa* L.) biofortifikasyonu üzerindeki Se ile etkisini yanı sıra bu Se formlarının danelerdeki P, S, Fe ve Zn seviyelerinde etkisini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; selenat formunun kökler tarafından Se alımında daha etkili olduğu, köklerden sürgünlere ve danelere taşınmasına iyi bir yol açtığı ve pirinç danelerindeki dolgunluğu arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, döllenme sırasında Se uygulamasının P, S ve Zn seviyelerini etkilediği, fakat pirinç danelerindeki Fe seviyelerini etkilemediği tespit edilmiştir.

Draycott ve Allison (1998), 50 ppm' den az miktarda magnezyum içeren topraklarda şeker pancarı yetiştirerek yaptıkları çalışmada, yapraktan ve topraktan uyguladıkları magnezyum sülfat gübresinin magnezyum noksanlığını gidermede faydalı olduğunu görmüşlerdir. Magnezyum sülfatın magnezyum noksanlığının yoğun olduğu topraklarda hızlı çözünürlüğü sebebiyle tercih edilmesi gereken bir materyal olduğunu vurgulamışlardır.

Abou El-Nour ve Shaaban (2012), magnezyum sülfat gübresinin tınlı kum bünyeli Mısır topraklarında yetiştirilen buğday bitkisinin verimine etkisini araştırmak üzere, magnezyum sülfat gübresini topraktan 0, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 180 kg ha⁻¹ dozlarında ve yapraktan 0, 5 g L⁻¹, 10 g L⁻¹, 15 g L⁻¹ dozlarında olmak üzere uygulamışlardır. Araştırma sonucuna göre, bitki besin elementi alımı açısından en iyi uygulamanın topraktan 120 kg ha⁻¹ MgSO₄ ve yapraktan 5 g L⁻¹ MgSO₄ olduğu belirtilmiştir. Bitki boyunda en yüksek değer, topraktan 60 kg ha⁻¹ MgSO₄ ve yapraktan 5 g L⁻¹ MgSO₄ uygulamalarından elde edilmiştir.

Hücrel savunma reaksiyonlarını aktive ettiği düşünülen magnezyum elementi üzerine Bergmann (1992) tarafından yapılan bir araştırmada, magnezyum sülfat gübrelemesinin patatesten *Phytophthora infestans* ve *Rhizoctonia solani* enfeksiyonunu azalttığı görülmüştür. Magnezyum klorürün buğday bitkisinde pas hastalığı üzerine aynı etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Asmalarda görülen kök hastalığı, K/Mg oranındaki magnezyumun azalması sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Uçgun ve Gezgin, 2008).

Güzel vd. (2004), bitkilerde magnezyum noksanlığının K/Mg ve Ca/Mg oranlarının büyük olduğu topraklarda görüldüğünü belirtmektedirler. Bitkiler tarafından magnezyum elementinin alınabilmesi için Ca/Mg oranının 10/1-15/1 oranından büyük olmaması gerekmektedir. Değişebilir K iyonlarının fazla olduğu topraklarda magnezyum eksikliği görülebilmektedir. Ağırlık esasına göre tavsiye edilen K/Mg oranı tarla bitkileri için 5/1, sebzeler ve şeker pancarı için 3/1, meyveler ve sera bitkileri için ise 2/1'dir.

Chilimba vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada iki toprak türü üzerinde yapılan arazi çalışmaları tahıl Se konsantrasyonunun topraktan ve yapraktan Se uygulamasıyla devamlı olarak yükseldiğini göstermiştir. Selenyum uygulamalı toprak, Se konsantrasyonunu danede 20 iken 133 katına, yaprakta ise 6 iken 20 katına yükseltmiştir. Danede 12 mg kg⁻¹ Se konsantrasyonunun % 10 iyileştirilmiş Se uygulamasına eşit olduğu elde edilmiştir. Dane verimi ve protein miktarı 4-120 g ha⁻¹ arasında değişen Se uygulamasından etkilenmemiştir.

Sodyum selenat ile gübreleme; kanser riskini azaltıcı, tüketiciye sağlık açısından yararlı olması için yüksek ve yeterli düzeyde Se konsantrasyonu içeren ucuz ve pratik

buğday üretim yöntemidir (Lyons vd. 2014). Optimum seviyenin altında Se alımı ile beslenme, sınırlı gıda seçenekleri ve birçok toprakta bitkinin mevcut Se seviyesinin düşük olması nedeniyle yaygındır. Pirinç tanesinde çinko (Zn) konsantrasyonunda ki artışın insan sağlığı ve beslenmesi için potansiyel faydaları vardır. Tanede gelişmiş düzeyde bulunan Zn, daha iyi çimlenme ve çinkonun sınırlı olduğu topraklarda yetişen pirinç bitkilerinin fide gücü ile tahıl üretimine büyük katkı sağlamaktadır.

Kassava, özellikle Sahra altı Afrika'da fakir nüfusun geçim kaynağı olan önemli bir temel ürünüdür (Vanderpas et al. 1990; Oldfield, 1999). Son zamanlarda yapılan genotip çevre etkileşim çalışmaları, çoğunlukla toprak pH'si ve toprağa alınabilir Zn düzeyinden dolayı kassava köklerindeki Zn konsantrasyon çeşitliliğini göstermektedir (CIAT, 2006). Zn için genetik çeşitliliğe rağmen sonuçların kesin olmadığı bildirilmiştir (Chavez et al. 2005). Bu nedenle kassavada yüksek Zn elde edilmesi için yetiştirme mümkün olmayabilir. Ancak, duyarlı olduğu için kassavada Zn eksikliğinin aşılmasında Zn gübrelemesinin yüksek oranda etkili olduğu kanıtlanmıştır (Asher et al. 1980). Tahılların yenilebilir kısımlarında Se ve I yoğunluğunun genotipik çeşitliliğinin düşük olduğu görülmektedir. Kassava gübrelemesi, bu mikro elementlerin yüksek yoğunlukları için yetiştirmeye çalışmaktan daha çok tercih edilebilir gözükmektedir. Eğer kassava tarımsal açıdan verimli ve ucuz, biyolojik olarak güçlendirilmiş olsaydı; Zn, Se (depolama köklerinde), I (yapraklarda, Afrika'da yaygın olarak tüketilir) beslenmesinin değerli bir kaynağı olabilecekleri rapor edilmiştir (Lyons vd. 2005)

2.12.4. Çalışmanın arka planı ve problem durumu

Mikro ve makro besin elementlerince yetersiz beslenme Güney Asya, Latin Amerika ve Sahra altı Afrika da dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde yaygındır. Tüm yaş gruplarına etkisini göstermektedir. Ancak çocuklar ve çocuk doğurma çağındaki kadınlarda daha yüksek görülmektedir. Sahra altı Afrikada, çocuk doğurma çağındaki üç kadından biri yetersiz beslenirken, beş yaşın altındaki çocukların yaklaşık % 36'sı büyüme geriliğine neden olmaktadır. Gizli açlığın insan sağlığı üzerinde hepsi klinik olarak belirlenmese de olumsuz etkileri görülmektedir. Orta derecede eksiklikleri (biyokimyasal veya klinik yöntemlerle tespit edilen) bile insan vücudunun işleyişini ciddi şekilde bozabilmektedir. Bu nedenle insan sağlığı üzerinde görünür doğrudan etkisi yetersiz mikro besin beslenme oluşturmakta olup yüksek kamu sağlık giderleri ve ekonomik kalkınma ile verimlilik için olumsuz etkilere sahiptir (Allen vd. 2011; Stathers vd. 2013; Gregory vd. 2017).

Gizli açlık veya mikro besin eksikliği, temel vitamin ve minerallerin yetersiz alımından kaynaklanan tehlikeli bir yetersiz beslenme şeklidir (Aguenaou vd. 2005). Bu besin eksikliği genellikle toprakta belirli bir mikro besin eksikliğinde yetiştirilen bitkilerden kaynaklanmaktadır (Charlier vd. 2011). Mikro besinlerin yanı sıra kalsiyum ve magnezyum eksiklikleri gelişmekte olan ülkelere, özellikle Afrika'da yaygın olarak görülmektedir. Bu iki element, halkların temel gıdaları arasında az miktarda bulunur. Kalsiyum ve magnezyumun ana kaynakları olan et, süt ürünleri ve sebzelerin tüketiminin düşük olduğu ve toprakların yeterince içermediği Afrika'da, kalsiyum ve magnezyum eksikliği önemli halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (Pédro, 1972; Saulais, 2000; Allen vd. 2011). Halbuki, bu iki elementin vücudun fizyolojisi ve metabolizmasında önemli rolleri bulunmaktadır. Kalsiyum ve magnezyum vücutta elektrolit olarak görev yaparlar. Bunun anlamı ise sinir ve kas hücreleri arasında

elektriksel sinyalleri iletmektir. Aynı zamanda hücrelerin içindeki ve dışındaki sıvı dengesini korumaya yardımcı olmaktadır. Kalsiyum ve magnezyum beraber çalışırlar ve ikisinin seviyeside, tansiyonu düzenlemek ve sabit bir kalp atışını korumak için gereklidir. Ancak vücutta kalsiyum Emilimi, magnezyum olmadan da yapılabilir. Kalsiyum ve magnezyum kalp ritminin düzenlenmesinde hayati rol oynamaktadır. Kalp kası hücreleri de dahil olmak üzere hücrelerde kalsiyum özel bir yapıda bulundurulur. Hücreler elektrik sinyallerine cevap verirken, kalsiyum iyonlarını hücrenin sıvı kısmına aktarır ve hücrenin kasılmasını sağlarlar. Hücre sıvısının içindeki magnezyum iyonları da elektrik yükü üreterek kalsiyumu, bulundukları yapıya geri gönderirler. Bu da hücrenin rahatlamasını sağlar. Magnezyum vücutta kalsiyum Emilimini etkilemese de, hücre zarları arasında kalsiyum geçişini kontrol eder. Normal bir kalp ritmini korumak ve tansiyonu düzenlemek için sağlıklı bir kalsiyum ve magnezyum dengesi korunmalıdır (Saulais, 2000).

Yıllardan beri, insanların makro ve mikro besin eksikliklerinin giderilmesinde kimyasal ilaçların veya gıda takviyelerinin kullanımı iki ana yaklaşım olmuştur (Charlier vd. 2011). Halbuki bu eksikler, toplumların sık tükettiği temel bitkilerin zenginleştirmesinde etkili teknolojiler kullanarak kolayca düzeltilebilir durumdadırlar (Mao vd. 2017). Sahra altı Afrika'nın besin eksikliklerinin yetersizlik düzeyleri yaşam yıllarının toplam sayısının yüzde 1.5 ile 12'sini oluşturmaktadır (Muthayya vd. 2013) ve kıta nüfusunun yaklaşık % 54'ünün kalsiyum eksikliğinden muzdarip olduğu tahmin edilmektedir (Joy vd. 2014). Bitkilerin besin içerikleri, genetik değişkenlikleri nedeniyle önemli ölçüde farklılık gösterir. Yıllar boyunca, bitkilerin iyileşmesinde sadece genetik mühendisliği ilgilenmiştir. Fakat, genetik olarak zengileştirilmiş bitkiler, besin elementleri açısından sadece zengin topraklarda yetiştirildiği zaman potansiyellerini ortaya koyabilmektedir. Besin elementleri bakımından fakir topraklarda etkisi ise pek fazla görülmemektedir (Graham vd. 1999; Fageria vd. 2002).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Tohum Çeşidi

Bu tez çalışmasında yürütülen sera saksı denemelerinde Türkiye’de yaygın olarak ekimi yapılan Osmancık 97 çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Rocca × Europa melezinden geliştirilen ve 1997 yılında tescil edilen bir çeltik çeşididir. Osmancık-97 çeşidi, 94-100 cm boyunda, sağlam saplı ve yatmaya dayanıklı bir çeşittir. Çeltik bin dane ağırlığı 30-34 gr, orta erkenci ve vejetatif döngüsü 130-135 gündür. Çeltik çeşidinin kırılma randımanı % 65’in üzerinde, bin dane ağırlığı 25-26 gr arasında değişmektedir, pirinç tanesi camsı ve malt görünümündedir. Osmancık-97 çeşidi dekara 800-1000 kg arasında verim potansiyeline sahiptir ve bazı durumlarda, 1000 kg’ın üzerinde de verim alınabilir. Salkım yanıklık hastalığına orta derecede toleranslı iken kök boğaz çürüklüğüne ise dayanıklıdır.

3.1.2 Gübre

Çeltik yetiştiriciliğine rutin olarak uygulanan azotlu, fosforlu ve potasyumlu (çinkolu 15-15-15) gübrelerin yanı sıra yapraktan magnezyum ve kalsiyum uygulamasının olduğu (+) ve olmadığı (-) koşullarda topraktan artan dozlarda magnezyumlu ve kalsiyumlu gübre (Magnezyumnitrat, Kalsiyum nitrat) uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ekimden 25 gün sonra, bütün saksılara amoyum sülfat yaprak gübresi olarak uygulanmıştır. Ayrıca, magnezyum denemesinde olduğu gibi kalsiyum denemesinde de İntansif Çeltik yetiştiriciliğinde hayvan gübresi 1.5 ton da⁻¹ ek taban gübresi olarak da kullanılmıştır.

3.1.3. Deneme toprağı

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi’nde bulunan bir serada yürütülmüş olan bu doktora tezi çalışmasında, çeltik yetiştiriciliğinde İntansif ve Geleneksel yetiştirme sistemlerinde topraktan ve yapraktan olmak üzere, kalsiyum ve magnezyumlu gübre uygulamaları yapılarak özellikle elde edilen çeltik danelerinin magnezyum ve kalsiyum konsantrasyonlarını arttırmak amacıyla yapılmıştır.

Akdeniz Üniversitezi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama serasında, yürütülen saksı denemesinde kullanılan toprak, Antalya/Aksu bölgesinden getirilerek deneme kurulmuştur. Bu toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda Çizelge 3.1.’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tekstür			pH	E.C	CaCO ₃	Org. Mad.	N	P
% Kum	% Silt	% Kil	H ₂ O	dS.m ⁻¹	%	%	%	Mg.kg ⁻¹
60	22	18	7.53	0.15	36.32	2.08	0.064	5.3
kumlu tın			Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
K	Ca							
%	%		%	%	%	%	%	%
0,0074	0.28		0.020	0.0023	0.76	0.011	0.51	0.13

3.2. Metot

Denemede kullanılan kumlu tın tekstürlü toprak belirlendikten sonra toprağın laboratuvar analizleri yapılmış ve içeriğindeki besin elementi konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu belirlemeler yapıldıktan sonra topraktan uygulanacak rutin gübreleme programına ilaveten, magnezyum ve kalsiyum için olmak üzere, T0, T2, T4, T6 ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) (%15.4 MgO (%9.5 Mg), %10.8 N), ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (%19 Ca, %15.5 N) kg da^{-1} olarak 4 doz Magnezyum ve kalsiyum yapraktan Y0, Y2 (%0- %0.2Mg, %0.2Ca) uygulamaları yapılarak çeltik bitkisi yetiştirilmiştir. Deneme, kalsiyum ve magnezyum uygulaması olmak üzere iki ayrı şekilde yürütülmüştür. Deneme, tesadüf parselleri desenine göre 4 tekerrürlü olarak oluşturulmuş ve saksı denemesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Deneme saksıları 520x195x155mm ebatlarında ve 10 kg toprak alacak şekilde belirlenmiştir. Bu saksılara deneme toprağı tartıldıktan sonra İntansif Çeltik Yetiştiriciliğinde 1000m^2 'ye 6-7kg, Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliğinde ise 20-25kg tohumu göre hesaplama yapılarak çeltik tohumları ekilmiştir. Birim alana göre hesaplanan gübre dozları saksılara uygulanmıştır. Kalsiyum denemesi için 64 saksı (İntansif yetiştiriciliğinde 32 saksı ve Geleneksel yetiştiriciliğinde 32 saksı), magnezyum denemesi için de 64 saksı, olmak üzere toplam 128 saksı kullanılmıştır. Daha sonra taban gübresi olarak 15. 15. 15 + Zn ($50\text{kg} \cdot \text{da}^{-1} : 2 \text{ gr/saksı}$) ve Magnezyum denemesi için magnezyum gübresi olarak ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) (0kg da^{-1} , 2kg da^{-1} , 4kg da^{-1} , 6kg da^{-1}) saf magnezyum dozları gübreleri, kalsiyum denemesi için ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (0kg da^{-1} , 2kg da^{-1} , 4kg da^{-1} , 6kg da^{-1}) saf kalsiyum dozları tohumların toprağı ekilmesinden önce saksılara homojen olarak uygulanmıştır. Ekimden önce çeltik tohumları ön çimlenme için 24 saat suya batırılmıştır. 24 saat sonra sudan çıkartılmış ve çeltik tohumları 24 saat açık havada gölgede bırakılmıştır. Ön çimlenme olduktan sonra sonra, İntansif Çeltik Yetiştiriciliği için, sıra arası 7 cm ve sıra üzeri 15 cm'den yola çıkılarak her saksıya 6 adet tohum ekilmiştir. Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliği için ise 18 adet (sıra arası 7 cm, sıra üzeri 3cm) çeltik tohum ekimi 29.12.2019 tarihinde yapılmıştır. Sera koşullarında yetiştirilen çeltik denemesi süresince saksılar eşit bir şekilde sulanmıştır. 26 Ocak 2020 tarihinde ikinci azotlu gübreleme olarak dekara 42,75kg hesabı ile her saksıya 1.71gr Amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) gübresi uygulanmıştır. Yaprak Gübresi olarak %0 ve %0.2 konsantrasyonlarında Magnezyum nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) ve Kalsiyum nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) gübreleri hazırlanmış ve başaklanma dönemi birkaç gün önce 1 kez uygulanarak çeltik yetiştiriciliği yapılmıştır. Yaprak gübresi uygulaması yapılmadan önce bayrak yapraklarda SPAD ölçümleri ve yoplam klorofil analizleri yapılmıştır. Deneme sonunda bitkiler kök boğazlarından kesilerek hasat edilmiştir. Her deneme konusundan hasat edilen çeltik bitkileri dane ve saman örnekleri olarak ayrılmıştır. Bu örneklerde laboratuvar analizleri yapılmıştır. Deneme konuları aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Magnezyum denemesi : ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$.)

T₀Y₀: 0kg Mg da^{-1} (topraktan) + %0 Mg (yapraktan); **T₀Y₂:** 0kg Mg da^{-1} (topraktan) + %0.2 Mg (yapraktan)

T₂Y₀: 2kg Mg da^{-1} (topraktan) + %0 Mg (yapraktan); **T₂Y₂:** 2kg Mg da^{-1} (topraktan) + %0.2 Mg (yapraktan)

T₄Y₀: 4kg Mg da^{-1} (topraktan) + %0 Mg (yapraktan); **T₄Y₂:** 4kg Mg da^{-1} (topraktan) + %0.2 Mg (yapraktan)

T₆Y₀: 6kg Mg da⁻¹ (topraktan) + % 0Mg (yapraktan); **T₆Y₂:** 6kg Mg da⁻¹ (topraktan) + %0.2 Mg (yapraktan)

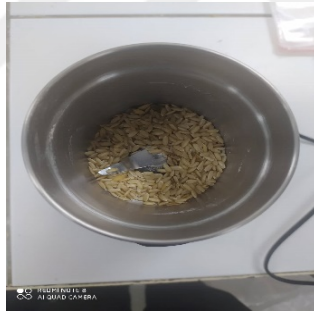
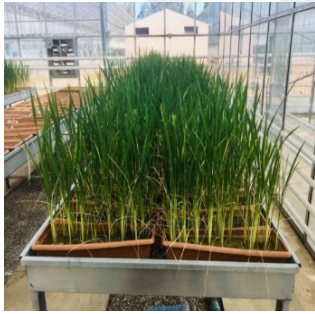
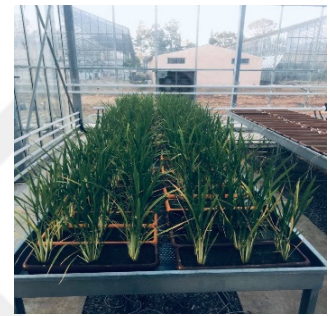
Kalsiyum denemesi: (CaNo₃)₂·4H₂O

T₀Y₀: 0kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0 Ca (yapraktan); **T₀Y₂:** 0kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0.2 Ca (yapraktan)

T₂Y₀: 2kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0 Ca (yapraktan); **T₂Y₂:** 2kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0.2 Ca (yapraktan)

T₄Y₀: 4kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0 Ca (yapraktan); **T₄Y₂:** 4kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0.2 Ca (yapraktan)

T₆Y₀: 6kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0 Ca (yapraktan); **T₆Y₂:** 6kg Ca da⁻¹ (topraktan) + %0.2 Ca (yapraktan)



Şekil 3.1. Sera denemesi ve laboratuvar analizlerinden görünüm

3.2.1. Toprak analiz yöntemleri

Toprak bünyesi: Bouyoucos (1955) tarafından bildirilen esaslara göre, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bünye sınıflarının belirlenmesinde, toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black, 1957).

Toprak reaksiyonu: Analize hazırlanmış olan toprak örneklerinin pH' ları 1:2.5 toprak-su karışımında ölçülmüştür (Jakson, 1967).

Elektriksel iletkenlik (EC): Toprak EC değerleri 1:2.5 toprak-su karışımında EC-metre aleti kullanılarak belirlenmiştir.

Kireç (CaCO_3): Toprak örneklerinde CaCO_3 içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek, sonuçlar % CaCO_3 olarak hesaplanmıştır (Çağlar, 1949).

Organik madde: Modifiye Walkley- Black metoduna göre tayin edilmiş (Black, 1965), sonuçlar, % olarak hesaplanmış; Thun vd.' ne (1955) göre sınıflandırılmıştır.

Toplam Azot: Modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilmiş (Kaçar, 2009); sonuçlar % olarak verilmiş ve Loue' ya (1968) göre sınıflandırılmıştır.

Alınabilir Fosfor: Toprakların alınabilir fosfor miktarları Olsen metoduna göre belirlenmiş, spektrofotometre cihazında okunarak sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir (Olsen ve Sommers, 1982).

Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum: Toprakların ekstraksiyonunda 1N Amonyum Asetat (pH: 7) metodu Kaçar (2009) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır. Ekstraksiyondaki potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş, sonuçlar me/100g olarak verilmiştir.

Alınabilir Demir, Mangan, Çinko ve Bakır: DTPA ekstraksiyonu yolu (Lindsay ve Norvell 1978) ile elde edilmiş süzükte demir, mangan, çinko ve bakır ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

Yürütülen saksı denemesi sonunda 40 bayrak yaprak, 40 dane ve 40 saman örneği olmak üzere toplam 120 örnekte aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Bitki analiz yöntemleri

Bitki Boyu (cm): Toprak seviyesinden bitkinin en son büyüme noktasına kadar olan uzunluk olarak ölçüm yapılmıştır.

Klorofil düzeyi: Yaprakların klorofil içeriklerinin renk yoğunluğu klorofil-metre (Minolta Spad-502 plus) cihazı ile değerleri ölçülerek tespit edilmiştir.

Toplam klorofil: Alınan taze yaprak örneklerinde aynı gün içerisinde aseton ekstraksiyon yöntemine göre klorofil analizi yapılarak değerler spektrofotometrede okunmuştur (Williams 1984).

Azot: Örneklerde azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Kaçar ve İnal, 2008)

P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, Cu: Kaçar ve İnal'ın (2008) bildirdiği şekilde yaş yakma metodu ile elde edilen süzükte, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiştir.

Bin Tane Ağırlığı: Örneklerin bin tane analizi, 4 kez rastgele 50 tanenin sayılmasıyla elde edilen ortalama değerin 20 ile çarpılmasıyla hesap edilerek yapılmıştır (Elgün vd., 2002; Özkaya ve Özkaya, 2003; AACC, 2010).

Kuru Madde Miktarı: Kuru madde analizi, örneklerin etüvde 105 °C'de kurutulması ile yapılmıştır (Elgün vd., 2002; Özkaya ve Özkaya, 2003; AACC, 2010).

Protein Miktarı: Protein içeriği analizi, azot değerinin (%) çeltik için protein çevrim katsayısı olan 6.25 ile çarpılmasıyla elde edilmiştir (Daniel Tomé, 2009).

3.3. İstatistiksel Analizler

İstatistik analizlerde, önce excel paket programı ile verileri toplanmış, sonra GenStat paket programı ile varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları Duncan ve LSD testleri ile karşılaştırılmıştır. Çizelgelerde ifade edilen * ve ** ve*** önemlilik dereceleri, $p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$ esas alınmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Bitki Parametreleri

4.1.1. Bitki boyu

4.1.1.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin bitki boyu üzerine etkisi

İnansif Çeltik Yetiştiriciliği (İÇY) ve Geleneksel Çeltik Yetiştiriciliğinde (GÇY) magnezyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisine ilişkin elde edilen veriler Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

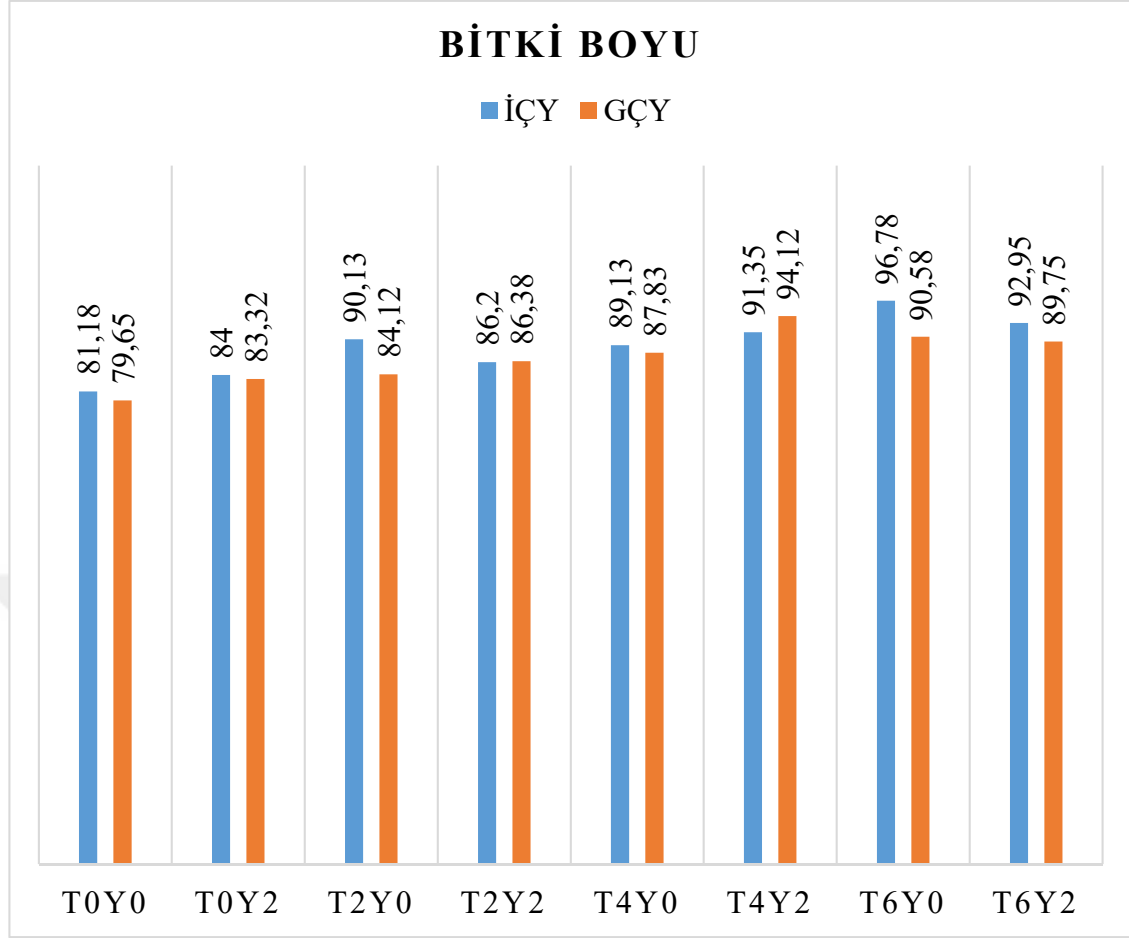
Çizelge 4.1. Magnezyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Bitki boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	81.18d	84.00d	82.59
	T2	90.13bc	86.20cd	88.16
	T4	89.13bc	91.35bc	90.24
	T6	96.78a ²	92.95ab	94.86
	Ort.	89.30	88.62	88.96
	Varyans analizi			
	T	62.29- <.001***		
	Y	1.10- 0.307Öd		
	T*Y	8.24- <.001***		
	Lsd T	3.483		
	Lsd Y	2.463		
	Lsd T*Y	4.926		
	CV (%)	2.4		
GÇY	Uygulamalar kg/da	Bitki boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	79.65d	83.32cd	1.49
	T2	84.12cd	86.38bc	5.25
	T4	87.83bc	94.12a	0.97
	T6	90.58ab	89.75ab	0.16
	Ort.	85.54	88.39	86.97
	Varyans analizi			
	T	60.67- <.001***		
	Y	24.95- <.001***		
	T*Y	6.77- 0.002**		
	Lsd T	3.082		
	Lsd Y	2.179		
	Lsd T*Y	3.231		
	CV	0.9		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

Çizelge incelendiğinde İÇY'de dozlar arasında bitki boyu bakımından toprak uygulamasının ve toprak x yaprak interaksyonunun istatistiki açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Ancak yalnızca yaprak uygulamalarının bitki boyu üzerine bir etkisi görülmemiştir. Uygulamalar arasında bitki boyu 81.18cm ile 96.78cm arası değişim göstermiştir. Ortalama 81.18cm ile en kısa bitkiler kontrol dozundan (T0Y0) elde edilirken, en uzun bitkiler ise ortalama 96.78cm ile T6Y0 dozundan elde edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Magnezyum uygulaması ile bitki boyu arasındaki ilişki

GÇY'ne bakıldığı zaman, dozlar arasında bitki boyu bakımından topraktan ve yapraktan uygulamalarında % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli fark olduğu görülmüştür. Fakat toprak x yaprak interaksyonu sadece % 1 ($p < 0.1$) düzeyinde fark görülmüştür. Dozlar arasında bitki boyu bakımından 79.65 cm ile 94.12 cm arası bir değişim olmuştur. En düşük bitki boyu T0Y0 uygulamasında, en yüksek bitki boyu ise T4Y2 uygulamasında elde edilmiştir. İÇY'de sıra arası mesafe 7 cm ve sıra üzeri mesafe 15 cm'dir. GÇY'de ise bitkilerin dikim mesafelerinin önemi bulunmamaktadır. Buna göre, her iki yetiştiricilik modelinde de deneme bitkisinin beyan edilen bitki boyu aralığında (90-100 cm) yer aldıkları anlaşılmıştır.

4.1.1.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin bitki boyu üzerine etkisi

İÇY’de ve GÇY’de kalsiyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisine ilişkin elde edilen veriler Çizelge 4.2.’de gösterilmiştir.

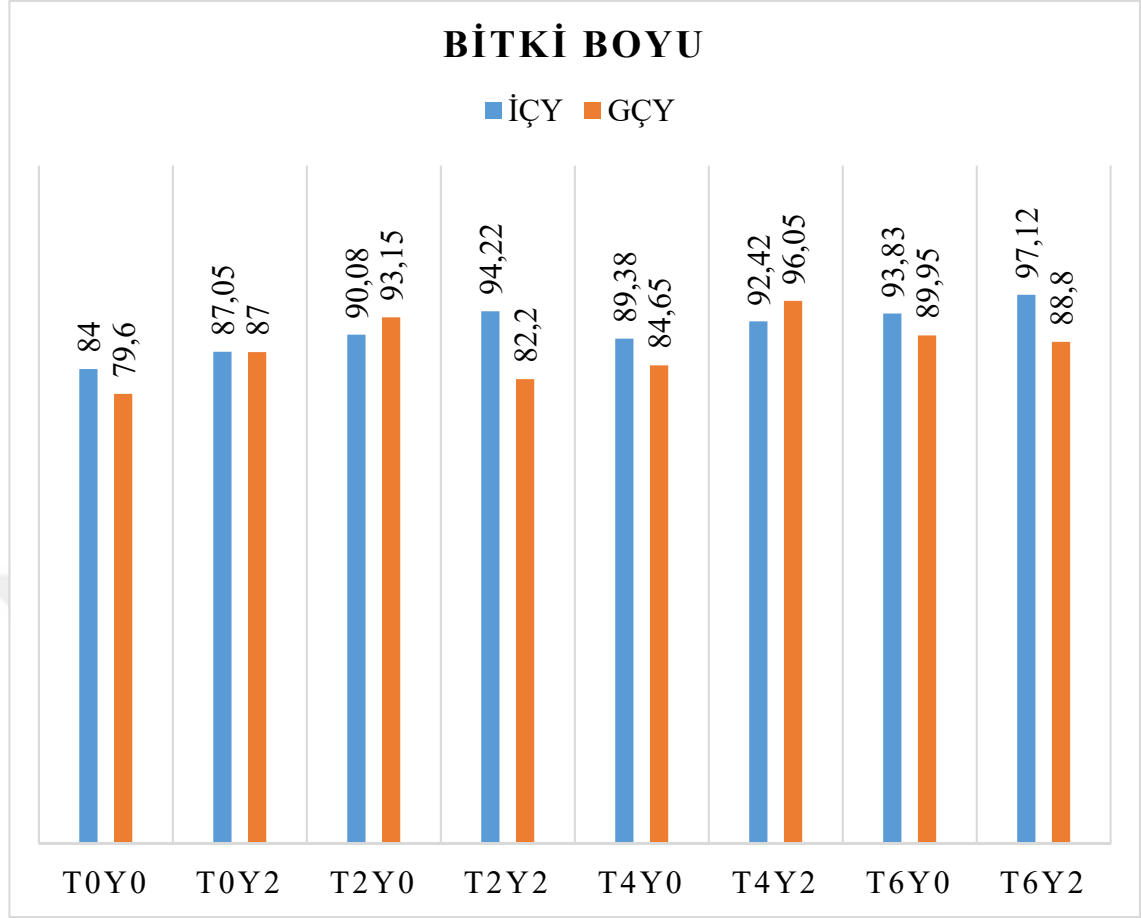
Çizelge 4.2. Kalsiyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi.¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Bitki boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	84.00	87.05	85.53 ^c
	T2	90.08	94.22	92.15 ^b
	T4	89.38	92.42	90.90 ^b
	T6	93.83	97.12	95.48 ^a
	Ort.	89.32	92.71	91.01
	Varyans analizi			
	T	48.37- <.001***		
	Y	32.44- <.001***		
	T*Y	0.19- 0.900Öd		
	Lsd T	3.213		
	Lsd Y	2.272		
	Lsd T*Y	4.543		
	CV (%)	2.6		
GÇY	Uygulamalar kg/da	Bitki boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	79.60 ^f	87.00 ^{cde}	79.60
	T2	93.15 ^{ab}	82.20 ^{ef}	93.15
	T4	84.65 ^{de}	96.05 ^a	84.65
	T6	88.00 ^{cd}	89.95 ^{bc}	88.00
	Ort.	86.35	88.80	86.35
	Varyans analizi			
	T	24.07-<.001***		
	Y	15.51-<.001***		
	T*Y	61.24-<.001***		
	Lsd T	3.360		
	Lsd Y	2.376		
	Lsd T*Y	4.752		
	CV	2.4		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; *** %0.1 düzeyinde önemli

Çizelge incelendiğinde İÇY’de dozlar arasında bitki boyu bakımından topraktan ve yapraktan kalsiyum uygulamaları arasında istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) farklar olduğu görülmektedir. Ancak toprak x yaprak interaksiyonunun bitki boyu üzerine etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Uygulamalar arasında bitki boyu 84 cm ile 97.12 cm arası değişim göstermiştir. En kısa bitki boyu kontrol dozundan (T0Y0), en yüksek bitki boyu ise T6Y0 uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Kalsiyum uygulaması ile bitki boyu arasındaki ilişki

GÇY'ye bakıldığı zaman, dozlar arasında bitki boyu bakımından topraktan, yapraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksyonunu bitki boyu üzerine etkilerinin istatistiki olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Dozlar arasında bitki boyu bakımından 79.60 cm ile 96.05 cm arası bir değişim olmuştur. En düşük bitki boyu T0Y0 uygulamasında, en yüksek bitki boyu ise T4Y2 uygulamasında elde edilmiştir.

4.1.2.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin kardeş sayısı üzerine etkisi

Çizelge 4.3'te magnezyum uygulamaların çeltikte kardeşlenme sayısı üzerine etkileri gösterilmektedir. Buna göre, İÇY'de topraktan ve yaprakdan yapılan uygulamaların bitkide kardeşlenme sayısı üzerine etkilerinin istatistiki açıdan % 0.1 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

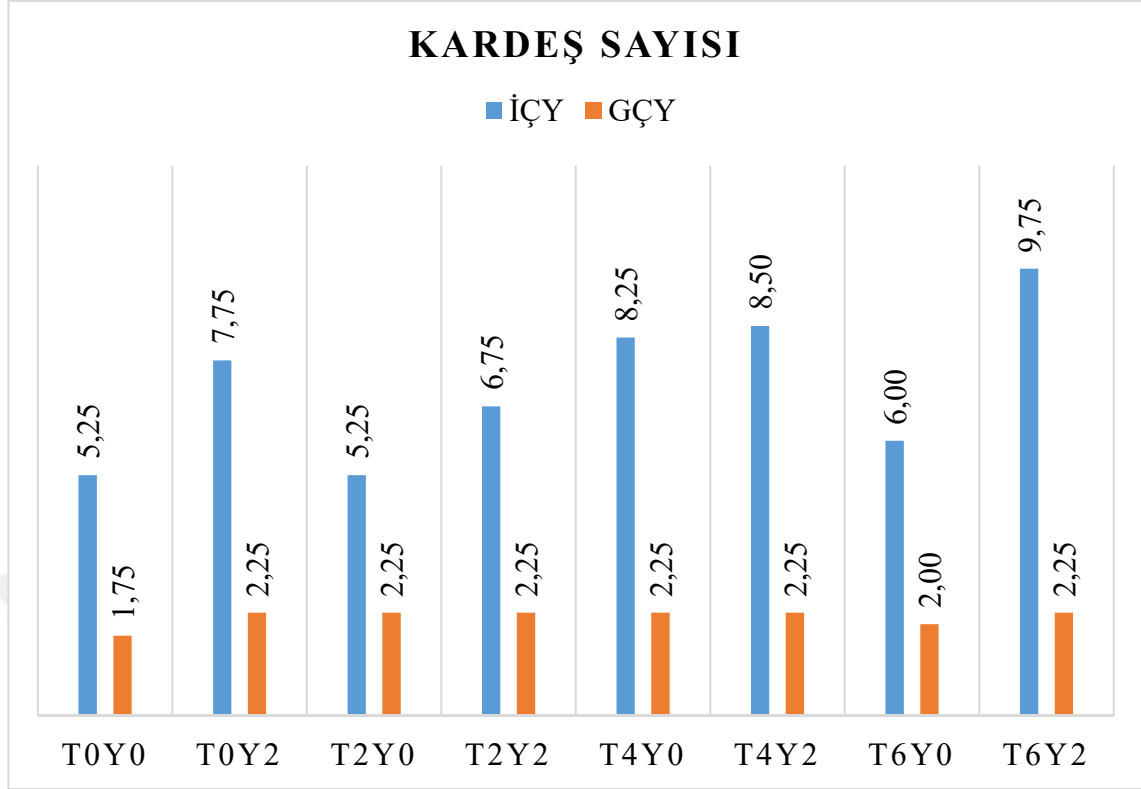
Çizelge 4.3. Magnezyum uygulamalarının kardeş sayısı üzerine etkisi.¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Kardeş sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	5.25d	7.75bc	6.50
	T2	5.25d	6.75bcd	6.00
	T4	8.25ab	8.50ab	8.38
	T6	6.00cd	9.75a ²	7.88
	Ort.	6.19	8.19	7.19
	Varyans analizi			
	T	12.50- <.001***		
	Y	39.82- <.001***		
T*Y	5.50- 0.006**			
Lsd T	1.712			
Lsd Y	1.210			
Lsd T*Y	1.795			
CV (%)	10.1			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Kardeş sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	1.75	2.25	2.00
	T2	2.25	2.25	2.25
	T4	2.25	2.25	2.25
	T6	2.00	2.25	2.12
	Ort.	2.06	2.25	2.15
	Varyans analizi			
	T	0.49-0.693Öd		
	Y	1.20- 0.285Öd		
	T*Y	0.49- 0.693Öd		
	Lsd T	0.5026		
	Lsd Y	0.3554		
	Lsd T*Y	0.7108		
	CV	5.6		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

Uygulamalar arasında kardeşlenme sayısı bakımından 5.25 adet ile 9.75 adet bir değişim gösterilmiştir. Magnezyum dozları arttıkça kardeşlenme sayısı da artmıştır. En düşük kardeşlenme sayısı T0Y0 uygulamasında, en yüksek kardeşlenme sayısı ise T6Y2 uygulamasından elde edilmiştir. Buna göre, magnezyum uygulamasının bitkide kardeş sayısını pozitif bir şekilde etkilediği anlaşılmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Magnezyum uygulaması ile bitkide kardeş sayısı arasındaki ilişki

GÇY’de ise tüm uygulama şekillerinin de bitkide kardeşlenme sayısı üzerine etkilerinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir. Buna göre, İÇY’nin GÇY’ye göre kardeşlenme sayısı bakımından oldukça iyi performans gösterdiği anlaşılmıştır (Şekil 4.3)

4.1.2.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin kardeş sayısı üzerine etkisi

İÇY ve GÇY’de kalsiyum ile biyozenginleştirmenin bitkide kardeş sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.4’te gösterilmiştir. Buna göre, İÇY’de topraktan uygulamaları ile topraktan x yaprakтан interaksyonunun etkisinin istatistiki olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Yapraktan uygulamanın etkisinin ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Kalsiyum uygulamalarının kardeş sayısı üzerine etkisi.¹

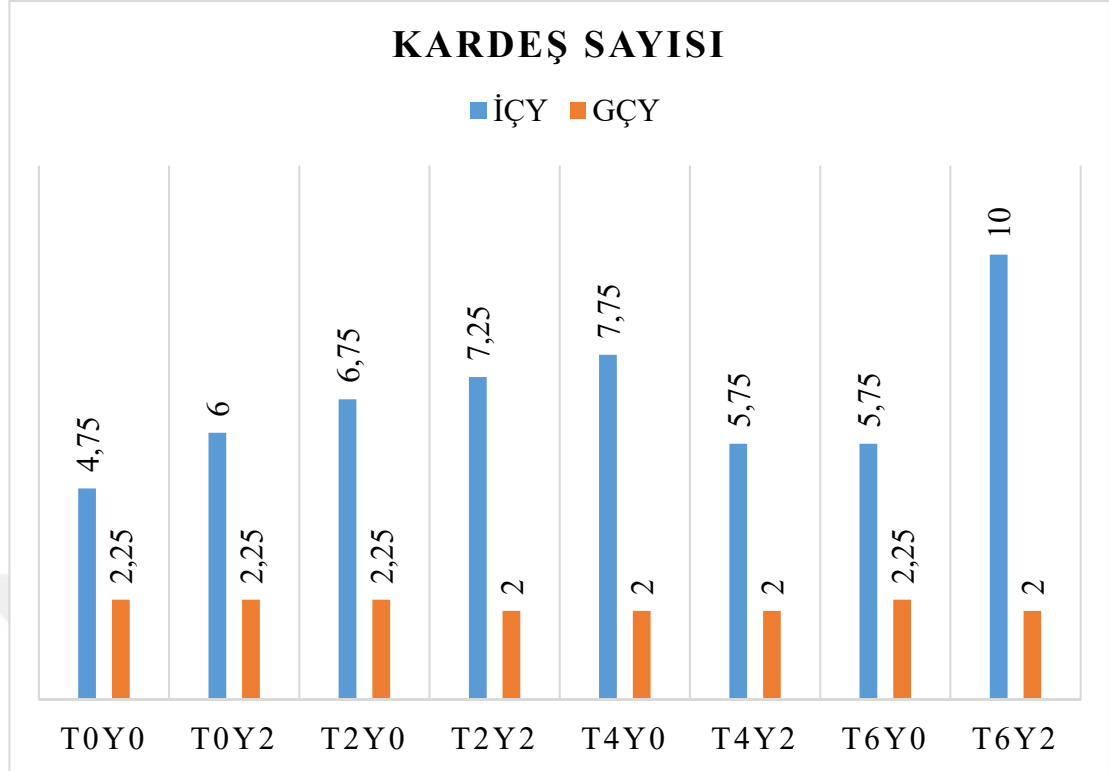
İÇY	Uygulamalar kg/da	Kardeş sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	4.75d	6.00bcd	5.38
	T2	6.75bc	7.25bc	7.00
	T4	7.75b	5.75cd	6.75
	T6	6.25bcd	10.00a ²	8.12
	Ort.	6.38	7.25	6.81
	Varyans analizi			
	T	24.15-<.001***		
	Y	14.49- 0.01**		
	T*Y	26.52-<.001***		
	Lsd T	1.241		
	Lsd Y	0.651		
Lsd T*Y	1.756			
CV (%)	5.7			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Kardeş sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	2.25	2.25	2.25
	T2	2.25	2.00	2.13
	T4	2.00	2.00	2.00
	T6	2.25	2.00	2.13
	Ort.	2.188	2.062	2.13
	Varyans analizi			
	T	0.78-0.519Öd		
	Y	1.17- 0.292Öd		
	T*Y	0.39- 0.762Öd		
	Lsd T	0.3404		
	Lsd Y	0.2407		
Lsd T*Y	0.4813			
CV (%)	8.3			

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli;

*** %0.1 düzeyinde önemli

Kardeşlenme sayısı değerleri 4.75 adet ile 10 adet arasında değişim göstermiştir. Kalsiyum dozları arttıkça kardeşlenme sayısı da artmıştır. En düşük kardeşlenme sayısı T0Y0 uygulamasında, en yüksek kardeşlenme sayısı ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir. Buna göre kalsiyum uygulaması ile bitkide kardeş sayısının pozitif bir şekilde etkilendiği ifade edilebilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kalsiyum uygulaması ile bitkide kardeş sayısı arasındaki ilişki

GÇY’de ise, her iki gübre uygulama şeklinin hem de bu ikisinin interaksiyonunun bitkide kardeşlenme sayısı üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çeltik gelişmek için daha fazla alana sahip olduğunda, kökleri güçlenir ve topraktan besinleri kolay bir şekilde alırlar. Bu durum bitkinin üretim potansiyelinde bir artış sağlar. İÇY yöntemini kullanarak, tek bir bitkide yaklaşık 50 ila 100 kardeşlenme olabilir. İÇY’nin başarısı, çeltiğin kardeşlenme gücüne dayanmaktadır. Birçok araştırmacıya göre çeltiklerin sık dikilmemesi sonucunda kardeşlenme sayısı artmaktadır (ATS2006; Ağrıdap, 2013; Erika ve Devon, 2014; Laulanie, 2003).

4.1.3.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin yaprak alanı üzerine etkisi

Magnezyumlu gübre uygulamasının bitkide yaprak alanı üzerine etkisi Çizelge 4.5’te gösterilmiştir. Buna göre, İÇY’de hem topraktan hem de yaprakтан uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının bitkide yaprak alanı üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Magnezyum uygulamalarının yaprak alanı üzerine etkisi¹

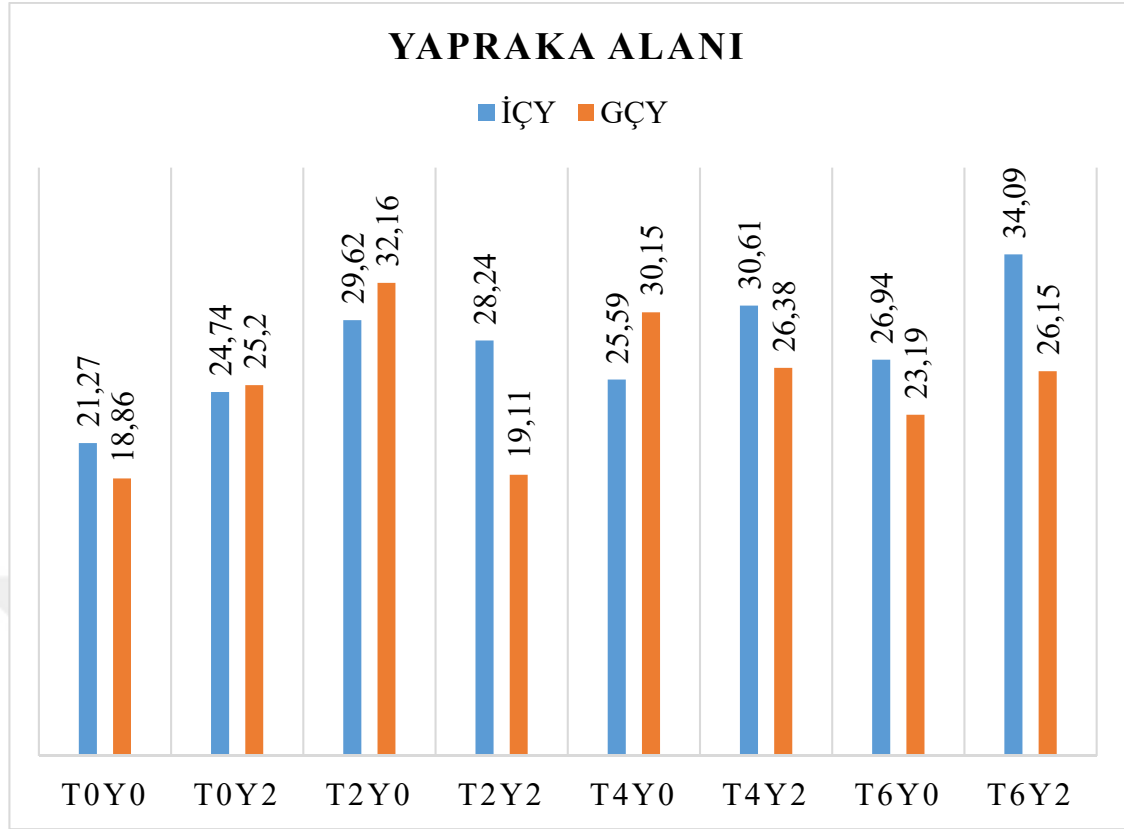
İÇY	Uygulamalar kg/da	Yaprak alanı (cm ²)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	18.18d	20.34cd	19.26
	T2	28.23ab	27.32ab	27.77
	T4	21.76cd	30.45a	26.10
	T6	23.86bc	32.22a ²	28.04
	Ort.	23.01	27.58	25.29
	Varyans analizi			
	T	38.15- <.001***		
	Y	47.16- <.001***		
	T*Y	12.61- <.001***		
	Lsd T	3.599		
	Lsd Y	2.545		
	Lsd T*Y	5.089		
	CV (%)	4.5		
GÇY	Uygulamalar kg/da	Yaprak alanı (cm ²)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	18.86d	25.20bc	22.03
	T2	32.16a	19.11d	25.64
	T4	30.15ab	26.38bc	28.26
	T6	23.19cd	26.15bc	24.67
	Ort.	26.09	24.21	25.15
	T	3.91- 0.023*		
	Y	2.09- 0.163Öd		
	T*Y	10.78- <.001***		
	Lsd T	3.829		
	Lsd Y	4.973		
	Lsd T*Y	9.945		
	CV	5.9		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. * %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil;

*** %0.1 düzeyinde önemli

İÇY’de kontrol dozuna göre bütün dozlar yaprak alanı üzerine etkili olmuştur. Uygulamalar arasında değerler 18.18 cm² ile 32.22 cm² arası bir değişim göstermiştir. En düşük yaprak alanı T0Y0 uygulamasında, en yüksek yaprak alanı ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.5). GÇY’de ise magnezyum uygulamasının yaprak alanına topraktan %5 ($p < 0.05$) düzeyinde etkisi bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise %0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Fakat yaprak uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalar arasında yaprak alanı değerleri 18.86 cm² ile 32.16 cm² arasında değişim göstermiştir. En düşük yaprak alanı T0Y0, en yüksek yaprak alanı ise T2Y0 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Magnezyum uygulaması ile yaprak alanı arasındaki ilişki

4.1.3.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin yaprak alanı üzerine etkisi

Magnezyum uygulamasının yaprak alanı üzerine etkisi ölçülmüştür. Yaprak alanına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Yapılan ölçümlerde ve varyans analizi sonucunda İntansif Çeltik Yetiştiriciliğinde yaprak alanı bakımından hem topraktan hem yapraktan hem de toprak x yaprak interaksiyonunun % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli etkisi bulunmuştur.

İÇY'de kontrol dozuna göre bütün dozlar yaprak alanı üzerine etkilemiştir. Uygulamalar arasında 21.27cm^2 ile 34.09cm^2 arası bir değişim görmüştür. En düşük Yaprak alanı olan 21.27cm^2 ile T0Y0 dozu iken, en yüksek yaprak alanı olan 34.09cm^2 ile T6Y2 dozu olmuştur. Topraktan kalsiyum uygulamasının T0Y0 dozunda yaprak alanı 21.27cm^2 , T2Y0 dozunda 29.62cm^2 , T4Y0 dozunda 25.59cm^2 , T6Y0 dozunda ise 26.94cm^2 olarak bulunmuştur. Toprağa uygulanan kalsiyum dozları Osmancık 97 çeltiğinin yaprak alanı doğrusal olmayan bir şekilde artırmıştır. Yapraktan kalsiyum uygulamasının T0Y2 dozunda 24.74cm^2 , T2Y2 dozunda 28.24cm^2 , T4Y2 dozunda 30.61cm^2 ve T6Y6 34.09cm^2 olarak bulunmuştur. Kalsiyum uygulamasının yaprak alanını lineer bir şekilde arttırdığı görülmüştür (Şekil 4.6).

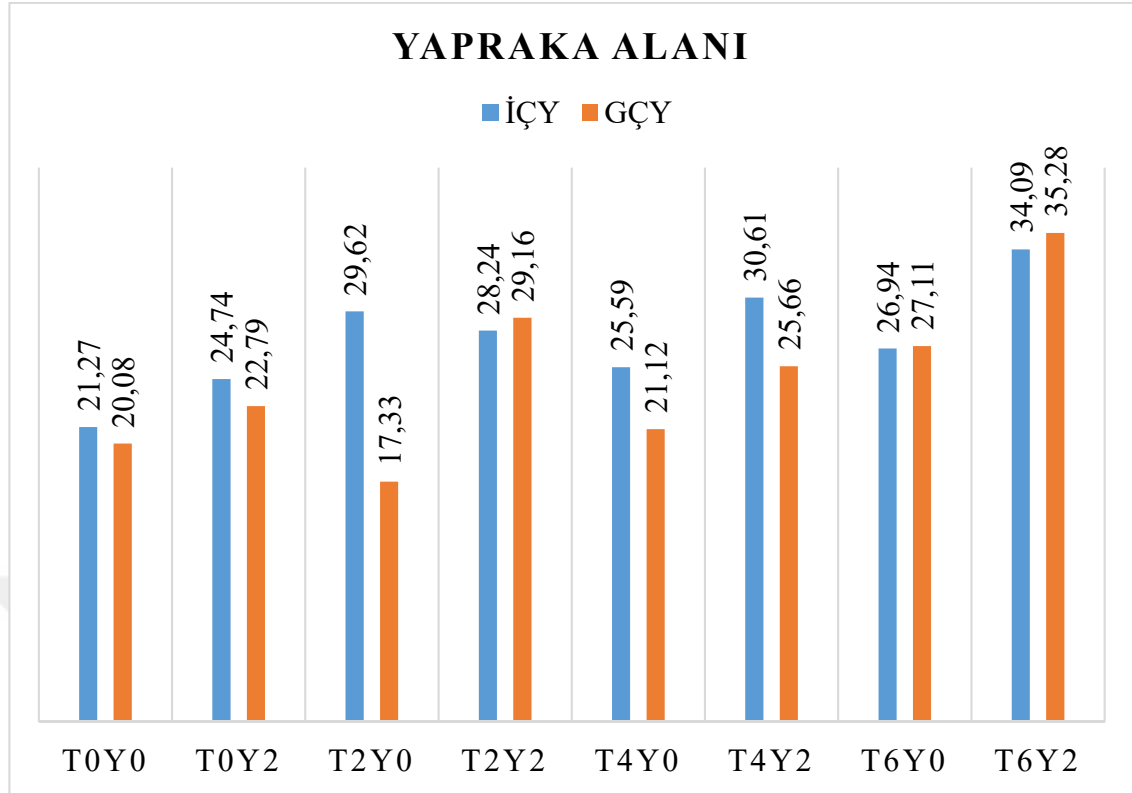
Çizelge 4.6. Kalsiyum uygulamalarının yaprak alanı üzerine etkisi.¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Yaprak alanı (cm ²)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	21.27e	24.74de	3.00
	T2	29.62bc	28.24bcd	8.93
	T4	25.59cd	30.61ab	8.10
	T6	26.94bcd	34.09a ²	0.52
	Ort.	25.86	29.42	27.64
	Varyans analizi			
	T	38.55-<.001***		
	Y	46.39-<.001***		
	T*Y	12.00-<.001***		
	Lsd T	2.826		
	Lsd Y	1.998		
Lsd T*Y	3.997			
CV (%)	6.1			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Yaprak alanı (cm ²)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	20.08de	22.79cd	1.44
	T2	17.33e	29.16b	3.24
	T4	21.12de	25.66bc	3.39
	T6	27.11b	35.28a	1.20
	Ort.	21.41	28.22	24,82
	Varyans analizi			
	T	22.26-<.001***		
	Y	54.75-<.001***		
	T*Y	4.81-0.011*		
	Lsd T	4.975		
	Lsd Y	3.518		
Lsd T*Y	3.831			
CV	8.6			

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı * %5 düzeyinde önemlidir. *** %0.1 düzeyinde önemli

GÇY’de ise kalsiyum uygulamasının yaprak alanına toprak x yaprak interaksyonu %5 ($p<0.05$) düzeyinde etkisi bulunmuştur. Toprakdan ve yaprakdan ise %0.1 ($p<0.001$) düzeyinde etkisi bulunmuştur. Yaprak alanı bakımından yapılan varyans analizi sonucunda denemenin doğruluk derecesi (% CV) 8.6 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için denememiz yaprak alanı bakımından güvenilir bulunmuştur. Uygulamalar arasında yaprak alanı 17.33cm² ile 35.28cm² arası bir değişim göstermiştir. En düşük yaprak alanı 17.33cm² ile T2Y0 dozundan elde edilirken, en yüksek yaprak alanı 35.28cm² ile T6Y2, dozundan elde edilmiştir. Toprakdan Kalsiyum uygulamasının T0Y0 dozunda yaprak alanı 20.08cm² iken, T2Y0 dozunda 17.33cm², T4Y0 dozunda 21.12cm², T6Y0 dozunda ise 27.11cm² olarak bulunmuştur. Toprakdan Kalsiyum dozlarının yaprak alanının arttırdığı görülmüştür. Yapraktan kalsiyum uygulamasının T0Y2 dozunda yaprak alanı 22.79cm², T2Y2 dozunda 29.16cm², T4Y2 dozunda 25.66cm² ve T6Y2 dozunda 35.28cm² olarak bulunmuştur.



Şekil 4.6. Kalsiyum uygulaması ile yaprak alanı arasındaki ilişki

4.1.4.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin salkım boyu üzerine etkisi

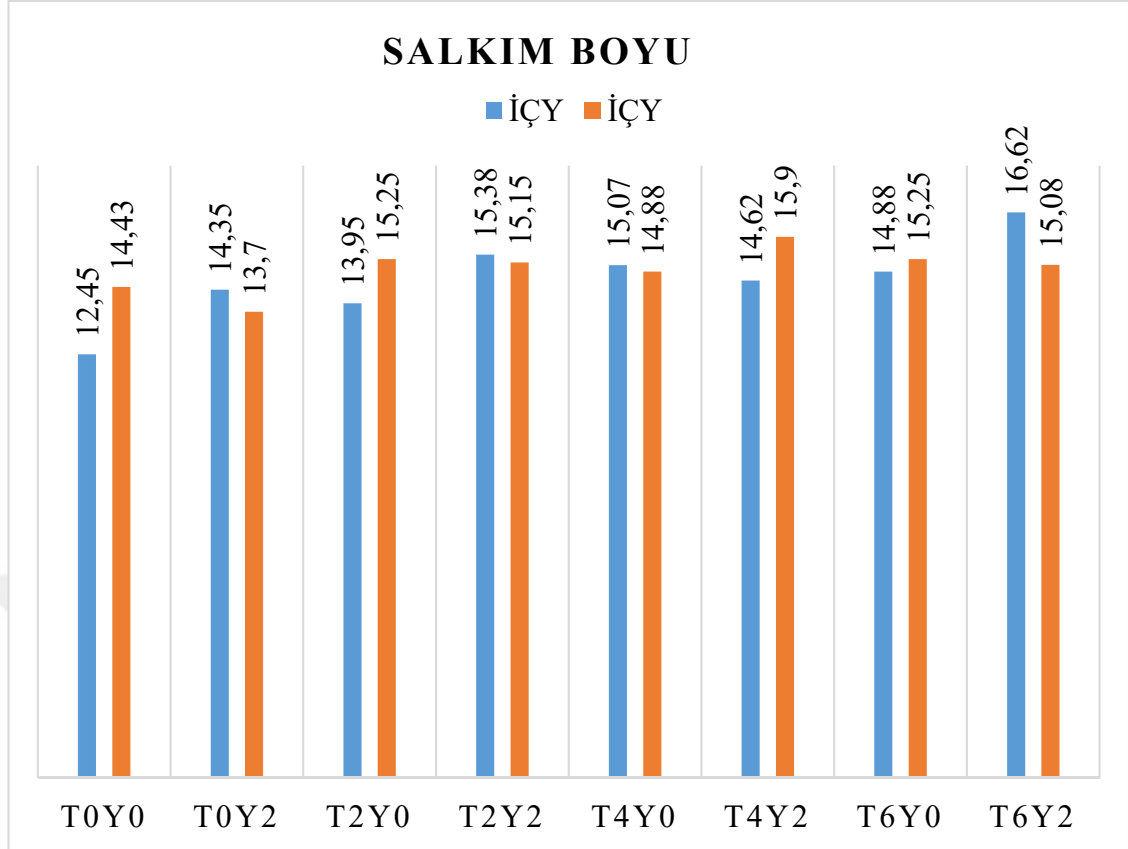
Magnezyum uygulamasının salkım boyu üzerine etkisi ölçülmüştür. Salkım boyu üzerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. İÇY’de salkım boyu bakımından topraktan ve yapraktan yapılan magnezyum uygulamalarının etkileri istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Topraktan x yapraktan interaksyonu ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli çıkmıştır. İÇY’de, kontrole göre bütün uygulamalar salkım uzunluğu üzerine etkili olmuşlardır. En düşük salkım uzunluğu 12.45 cm ile T0Y0 uygulamasında elde edilirken, en yüksek salkım uzunluğu 16.62 cm ile T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir. GÇY’de ise magnezyum uygulamasının salkımboyu üzerine etkisi istatistiksel olarak bulunmamıştır (Şekil 4.7).

Çizelge 4.7. Magnezyum uygulamalarının salkım boyu üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Salkım boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	12.45d	14.35bc	13.40
	T2	13.95c	15.38b	14.66ab
	T4	15.07bc	14.62bc	14.85ab
	T6	14.88bc	16.62a ²	15.75
	Ort.	14.09	15.24	14.67
	Varyans analizi			
	T	12.03- <.001***		
	Y	17.16- <.001***		
	T*Y	3.81- 0.025*		
	Lsd T	1.118		
	Lsd Y	0.790		
Lsd T*Y	1.161			
CV (%)	2.1			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Salkım boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	14.43	13.70	14.06
	T2	15.25	15.15	15.20
	T4	14.88	15.90	15.39
	T6	15.25	15.08	15.16
	Ort.	14.95	14.96	14.95
	Varyans analizi			
	T	2.85- 0.062 Öd		
	Y	0.00- 0.986 Öd		
	T*Y	1.06- 0.387 Öd		
	Lsd T	1.048		
	Lsd Y	0.741		
	Lsd T*Y	1.483		
	CV	1.6		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *: %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; *** %0.1 düzeyinde önemli



Şekil 4.7. Magnezyum uygulaması ile salkım boyu arasındaki ilişki

4.1.4.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin salkım boyu üzerine etkisi

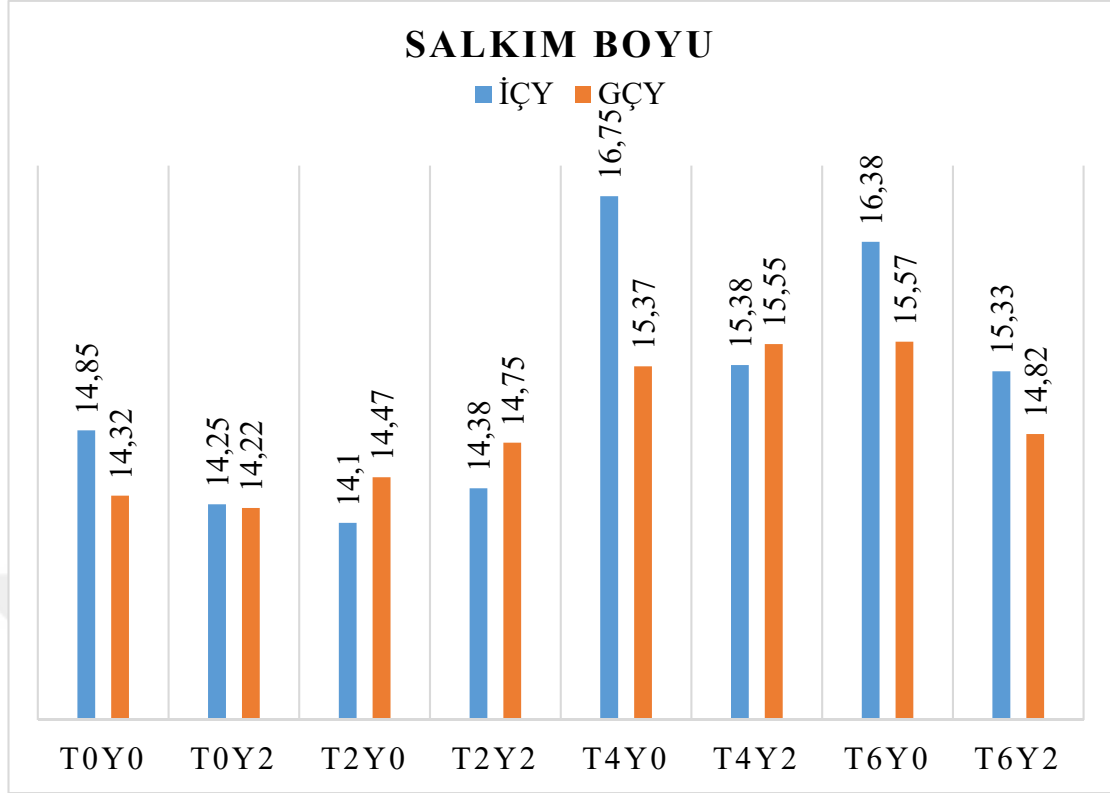
Kalsiyum uygulamasının salkım boyu üzerine etkisi ölçülmüştür. Salkım boyu üzerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Buna göre, İÇY’de olduğu gibi GÇY’de salkım boyu bakımından ne topraktan ne yapraktan uygulamalarının ne de toprak x yaprak interaksiyonunun etkisini istatistiki olarak önemli bir fark bulunmuştur. (Şekil 4.8).

Çizelge 4.8. Kalsiyum uygulamalarının salkım boyu üzerine etkisi.¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Salkım boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	14.85	14.25	14.55
	T2	14.10	14.38	14.24
	T4	16.75	15.38	16.06
	T6	16.38	15.33	15.85
	Ort.	15.52	14.83	15.18
	Varyans analizi			
	T	2.58- 0.081 Öd		
	Y	1.46-0.241 Öd		
	T*Y	0.39- 0.758 Öd		
	Lsd T	3.078		
	Lsd Y	2.177		
Lsd T*Y	4.353			
CV (%)	2.0			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Salkım boyu (cm)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	14.32	14.22	14.27
	T2	14.47	14.75	14.61
	T4	15.37	15.55	15.46
	T6	15.57	14.82	15.20
	Ort.	14.94	14.84	14.89
	Varyans analizi			
	T	2.07- 0.135Öd		
	Y	0.07- 0.793Öd		
	T*Y	0.38- 0.771Öd		
	Lsd T	1.106		
	Lsd Y	0.782		
	Lsd T*Y	1.565		
	CV	3.3		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı öd: önemli değil



Şekil 4.8. Kalsiyum uygulaması ile salkım uzunluğu arasındaki ilişki

4.1.5.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin kuru madde miktarı üzerine etkileri

Magnezyum uygulamalarının bitkide kuru madde miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda İÇY'de hem topraktan hem de yapraktan uygulamaların kuru madde miktarı üzerine etkilerinin istatistiki açıdan % 0.1 düzeyinde ($p < 0.001$) önemli olduğu belirlenmiştir. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemenin doğruluk derecesi (% CV) 7.2 ile varyasyon katsayısı % 20'nin altında olduğu için elde edilen sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.

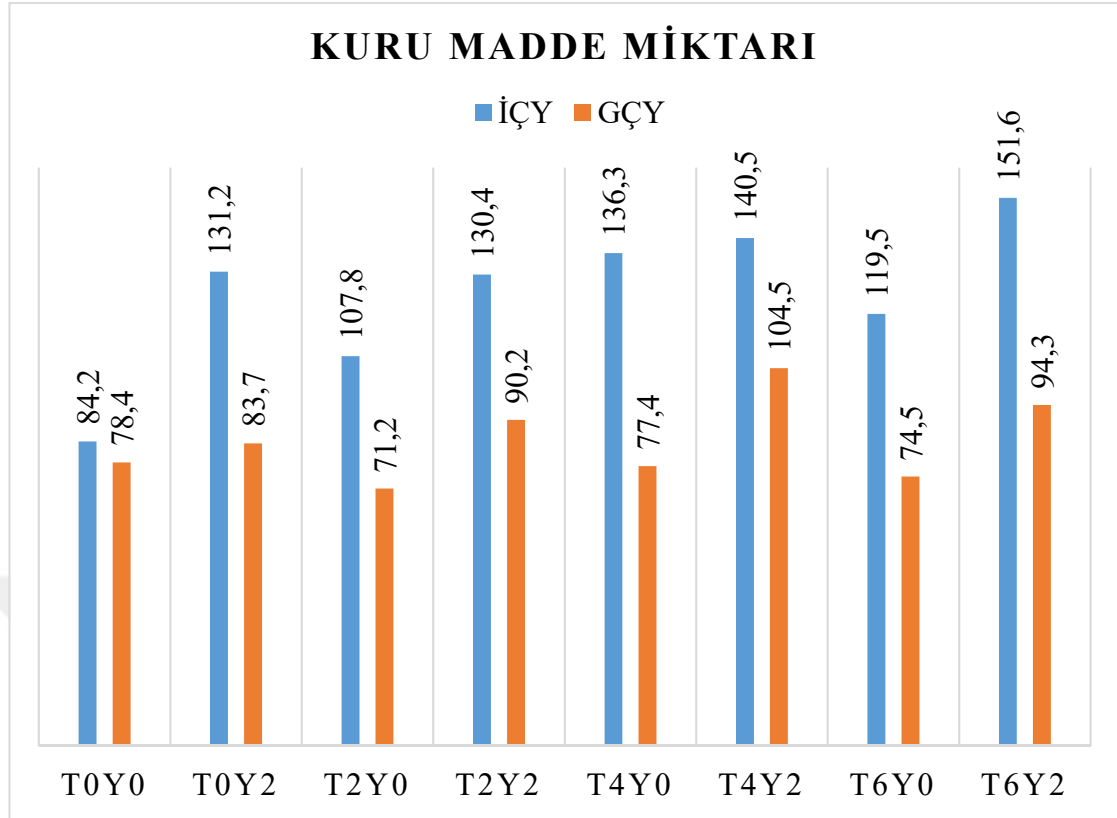
Çizelge 4.9. Magnezyum uygulamalarının kuru madde miktarı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Kuru madde miktarı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	84.2d	131.2abc	107.7
	T2	107.8c	130.4abc	119.1
	T4	136.3ab	140.5ab	138.4
	T6	119.5bc	151.6a ²	135.6
	Ort.	112.0	138.4	125.2
	Varyans analizi			
	T	13.76- <.001***		
	Y	46.27- <.001***		
	T*Y	5.32- 0.007**		
	Lsd T	21.02		
	Lsd Y	14.86		
Lsd T*Y	22.04			
CV (%)	7.2			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Kuru madde miktarı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	78.4ab	83.7b	81.1
	T2	71.2ab	90.2ab	80.7
	T4	77.4ab	104.5a	91.0
	T6	74.5b	94.3ab	84.4
	Ort.	75.4	93.2	84.3
	Varyans analizi			
	T	0.58- 0.636Öd		
	Y	8.08- 0.010*		
	T*Y	0.52- 0.671Öd		
	Lsd T	18.43		
	Lsd Y	13.03		
	Lsd T*Y	26.06		
	CV	5.0		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *: %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

Magnezyum dozları arttıkça kuru madde miktarı da artmıştır. En düşük kuru madde miktarı T0Y0 uygulamasından elde edilirken, en yüksek kuru madde miktarı ise T6Y2 uygulamasından elde edilmiştir. Buna göre, magnezyum uygulamasının bitkide kuru madde miktarını arttırdığı görülmüştür (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Magnezyum uygulaması ile kuru madde miktarı arasındaki ilişki

GÇY’de ise, yapraktan uygulamalarının etkisinin istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak, topraktan uygulamaları ve topraktan x yapraktan interaksyonunun kuru madde miktarı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Kuru madde miktarı değerleri 71.2 gr ile 104.5 gr arasında değişmiştir. En düşük kuru madde miktarı T2Y0 uygulamasında, en yüksek kuru madde miktarı ise T4Y2 uygulamasında elde edilmiştir. GÇY için kuru madde miktarı varyans analizi sonucunda doğruluk derecesi (% CV) 5.0 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.

4.1.5.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin kuru madde miktarı üzerine etkisi

Kalsiyum uygulamalarının bitkide kuru madde miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.10’da gösterilmiştir. Bitkide kuru madde miktarı için yapılan varyans analizi sonucunda İÇY’de hem topraktan hem yapraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksyonunun etkilerinin istatistiki olarak % 0.1 düzeyinde ($p < 0.001$) önemli olduğu belirlenmiştir. Doğruluk derecesi (% CV) 9.3, varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçlar güvenilir bulunmuştur.

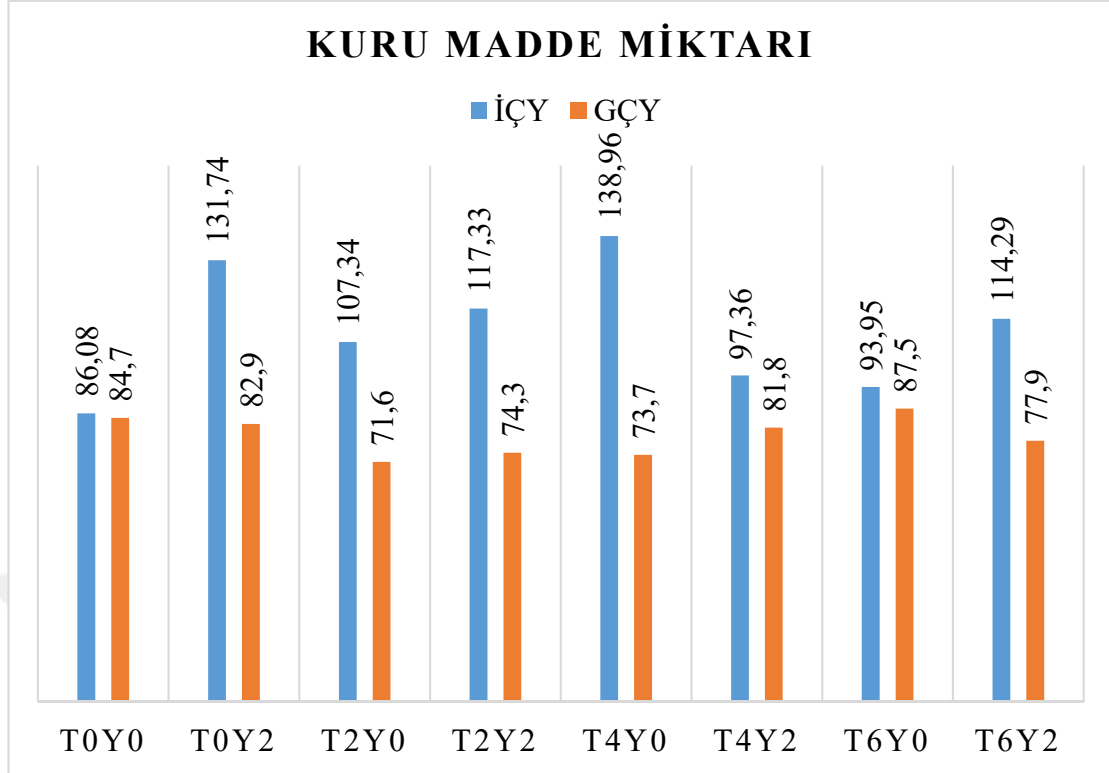
Çizelge 4.10. Kalsiyum uygulamalarının kuru madde miktarı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Kuru made miktarı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	86.08d	131.74a	108.91
	T2	107.34bc	117.33b	112.34
	T4	138.96a ¹	97.36cd	118.16
	T6	93.95cd	114.29b	104.12
	Ort.	106.58	115.18	110.88
	Varyans analizi			
	T	10.35-<.001***		
	Y	21.89-<.001***		
	T*Y	99.58-<.001***		
	Lsd T	9.923		
	Lsd Y	7.017		
Lsd T*Y	14.033			
CV (%)	9.3			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Kuru made miktarı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	84.7	82.9	83.8
	T2	71.6	74.3	73.0
	T4	73.7	81.8	77.7
	T6	87.5	77.9	82.7
	Ort.	79.4	79.3	79.3
	Varyans analizi			
	T	1.18- 0.341Öd		
	Y	0.00- 0.981Öd		
	T*Y	0.66- 0.583Öd		
	Lsd T	13.51		
	Lsd Y	9.55		
	Lsd T*Y	19.11		
	CV	4.4		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; *** %0.1 düzeyinde önemli

Uygulamalar arasında kuru madde miktarı değerleri 86.08 gr ile 138.96 gr arasında değişim göstermiştir. En düşük kuru madde miktarı T0Y0 uygulamasında, en yüksek kuru madde miktarı değeri ise T4Y0 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.10). GÇY’de ise, topraktan ve yapraktan yapılan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksiyonunun etkilerinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Kalsiyum uygulaması ile kuru madde miktarı arasındaki ilişki

4.1.6.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toplam dane sayısı üzerine etkisi

Magnezyum uygulamalarının çeltik salkımında toplam dane sayısı üzerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde salkımda toplam dane sayısı bakımından İÇY’de hem topraktan hem de yapraktan uygulamaların istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Fakat toprak x yaprak interaksiyonunun salkımda dane sayısı üzerine etkisi istatistiki açıdan % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasında salkımda toplam dane sayısı değerleri 86.2 ile 162.0 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük toplam dane sayısı kontrol dozunda, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir.

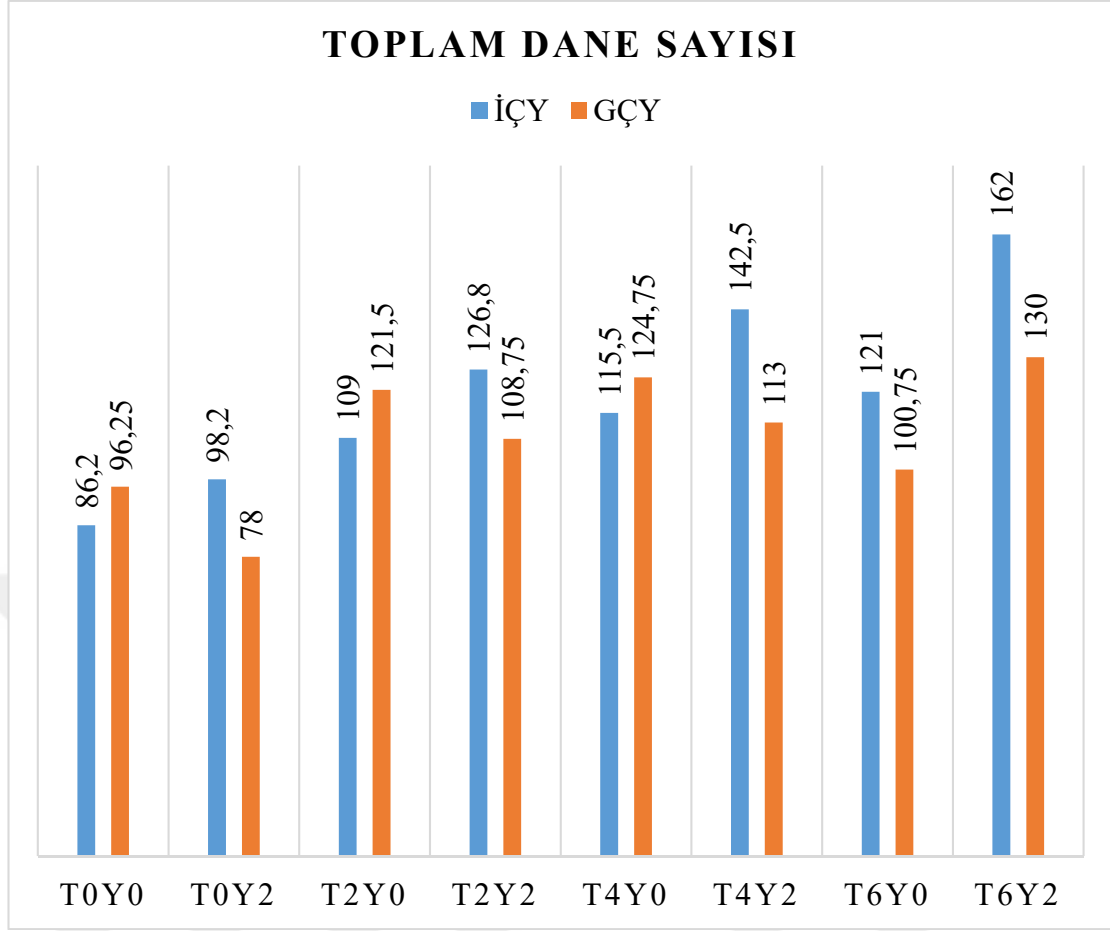
Çizelge 4.11. Magnezyum uygulamalarının toplam dane sayısı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Toplam dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	86.2f	98.2ef	92.2
	T2	109.0de	126.8c	117.9
	T4	115.5cd	142.5b	129.0
	T6	121.0cd	162.0a ²	141.5
	Ort.	107.9	132.4	120.2
	Varyans analizi			
	T	48.22-<.001***		
	Y	65.56-<.001***		
	T*Y	4.39- 0.015*		
	Lsd T	16.30		
	Lsd Y	11.53		
Lsd T*Y	12.55			
CV (%)	4.0			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Toplam dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	96.25e	78.00f	87.12
	T2	121.50abc	108.75cde	115.12
	T4	124.75ab	113.00bcd	118.88
	T6	100.75de	130.00a	115.38
	Ort.	110.81	107.44	109.12
	T	75.96-<.001***		
	Y	3.97- 0.060Öd		
	T*Y	41.91-<.001***		
	Lsd T	9.151		
	Lsd Y	6.471		
	Lsd T*Y	12.942		
	CV	3.5		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *: %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; *** %0.1 düzeyinde önemli

GÇY’de ise topraktan uygulamaları ile topraktan x yapraktan interaksyonunun etkilerinin istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak, yapraktan yapılan uygulamaların etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Değerler, 78.0 ile 130.0 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük toplam dane sayısı T0Y2 uygulamasında, en yüksek dane sayısı ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Magnezyum uygulamaları ile toplam dane sayısı arasındaki ilişki

4.1.6.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toplam dane sayısı üzerine etkisi

Kalsiyum uygulamalarının çeltik salkımında toplam dane sayısı üzerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde İÇY’de salkımda toplam dane sayısı bakımından hem topraktan hem de yapraktan uygulamaların etkilerinin istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca, toprak x yaprak interaksiyonunun salkımda toplam dane sayısı üzerine etkisi % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde bulunmuştur. Salkımda toplam dane sayısı bakımından yapılan varyans analizi sonucunda denemenin doğruluk derecesi (% CV) 5.9 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçların salkımda toplam dane sayısı bakımından güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.

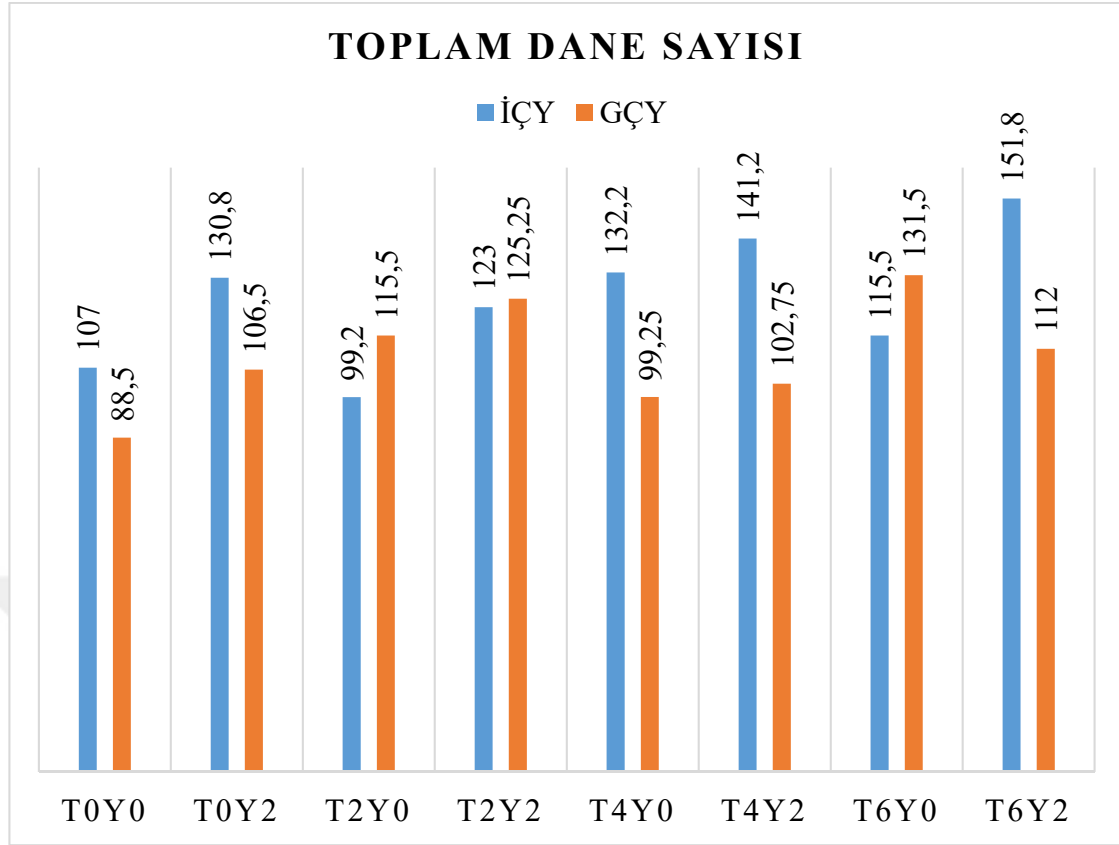
Çizelge 4.12. Kalsiyum uygulamalarının toplam dane sayısı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Toplam dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	107.0ef	130.8bc	18.9
	T2	99.2f	123.0cd	18.9
	T4	132.2bc	141.2ab	18.9
	T6	115.5de	151.8a	18.9
	Ort.	113.5	36.7	125.1
	Varyans analizi			
	T	29.20 -<.001***		
	Y	106.44 - <.001***		
	T*Y	6.15-0.004**		
	Lsd T	12.14		
	Lsd Y	8.58		
Lsd T*Y	12.73			
CV (%)	5.9			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Toplam dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	88.50e	06.50cd	97.50
	T2	115.50bc	125.25ab	20.38
	T4	99.25de	102.75cde	01.00
	T6	131.50a	112.00bcd	121.75
	Ort.	108.69	11.62	110.16
	Varyans analizi			
	T	49.28- <.001***		
	Y	2.64- 0.119Öd		
	T*Y	19.83- <.001***		
	Lsd T	9.761		
	Lsd Y	6.902		
	Lsd T*Y	13.804		
	CV	6.2		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

Uygulamalar arasında salkımda toplam dane sayısı değerleri 99.2 adet ile 151.8 adet arası bir değişim göstermiştir. Salkımda toplam dane sayısı bakımından en düşük değeri 99.2 adet ile T2Y0 uygulamasında, en yüksek değeri ise 151.8 adet ile T6Y2 dozundan elde edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Kalsiyum uygulaması ile toplam dane sayısı arasındaki ilişki

GÇY’de ise topraktan uygulamalar ile topraktan x yapraktan interaksiyonunun etkisi istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak, yapraktan uygulamaların salkımda toplam dane sayısı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalar arasında salkımda dane sayısı değerleri 88.50 adet ile 131.50 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında elde edilirken, en yüksek değer ise T6Y0 uygulamasında elde edilmiştir. Buna göre toprağa ve yaprağa yapılan kalsiyum uygulamaların salkım başına dane sayısını arttırdığı gözlemlenmiştir.

4.1.7.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin salkımda dolu dane sayısı üzerine etkisi

Magnezyum ile biyozenginleştirmenin çeltik salkımında dolu dane sayısı üzerine etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.13’te gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde İÇY’de salkımda dolu dane sayısı üzerine hem topraktan hem yapraktan yapılan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksiyonunun istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Salkımda dolu dane sayısı bakımından yapılan varyans analizi sonucunda doğruluk derecesi (% CV) 5.2 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.

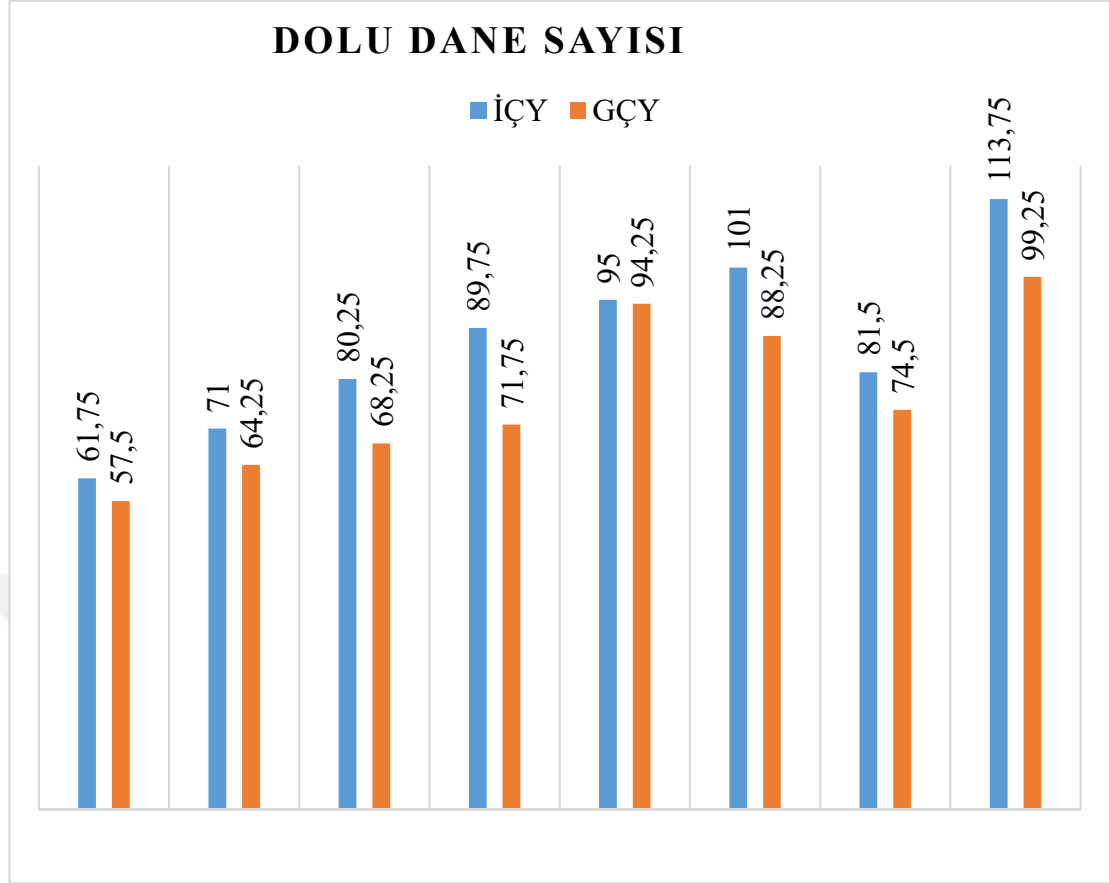
Çizelge 4.13. Magnezyum uygulamalarının dolu dane sayısı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Dolu dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	61.75e	71.00de	66.38
	T2	80.25cd	89.75bc	85.00
	T4	95.00bc	101.00ab	98.00
	T6	81.50cd	113.75a ²	97.62
	Ort.	79.62	93.88	86.75
	Varyans analizi			
	T	59.34-<.001***		
	Y	54.52-<.001***		
	T*Y	9.84-<.001***		
	Lsd T	10.424		
	Lsd Y	7.371		
	Lsd T*Y	14.742		
	CV (%)	5.2		
GÇY	Uygulamalar kg/da	Dolu dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	57.50e	64.25de	60.88
	T2	68.25cd	71.75cd	70.00
	T4	94.25ab	88.25b	91.25
	T6	74.50c	99.25a	86.88
	Ort.	73.62	80.88	77.25
	Varyans analizi			
	T	172.99- <.001***		
	Y	44.77- <.001***		
	T*Y	35.21- <.001***		
	Lsd T	5.853		
	Lsd Y	4.138		
	Lsd T*Y	8.277		
	CV	7.9		

1. Değerler 4 tekrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *** %0.1 düzeyinde önemli

Uygulamalar arasında salkımda dolu tane sayısı değerleri 61.75 ile 113.75 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer kontrol dozunda olmuşken en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.13). GÇY’de de hem topraktan hem yapraktan uygulamalar ile topraktan x yapraktan interaksyonunun etkilerinin istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Salkımda dolu dane sayısı bakımından yapılan varyans analizi sonucunda doğruluk derecesi (% CV) 7.9 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Uygulamalar arasında salkımda dolu dane sayısı değerleri 57.50 ile 99.25 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.13). Buna göre, toprağa ve yaprağa uygulanan magnezyum uygulamalarının salkım başına dolu dane sayısını lineer bir şekilde arttırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13. Magnezyum uygulaması ile dolu dane sayısı arasındaki ilişki

4.1.7.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirirmanın dolu dane sayısı üzerine etkisi

Kalsiyum ile biyozenginleştirirmanın çeltik salkımında dolu dane sayısı üzerine etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.14'te gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde İÇY'de salkımda dolu dane sayısı bakımından topraktan ve yapraktan uygulamalarının etkilerinin istatistiki olarak % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmişken., topraktan x yapraktan interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

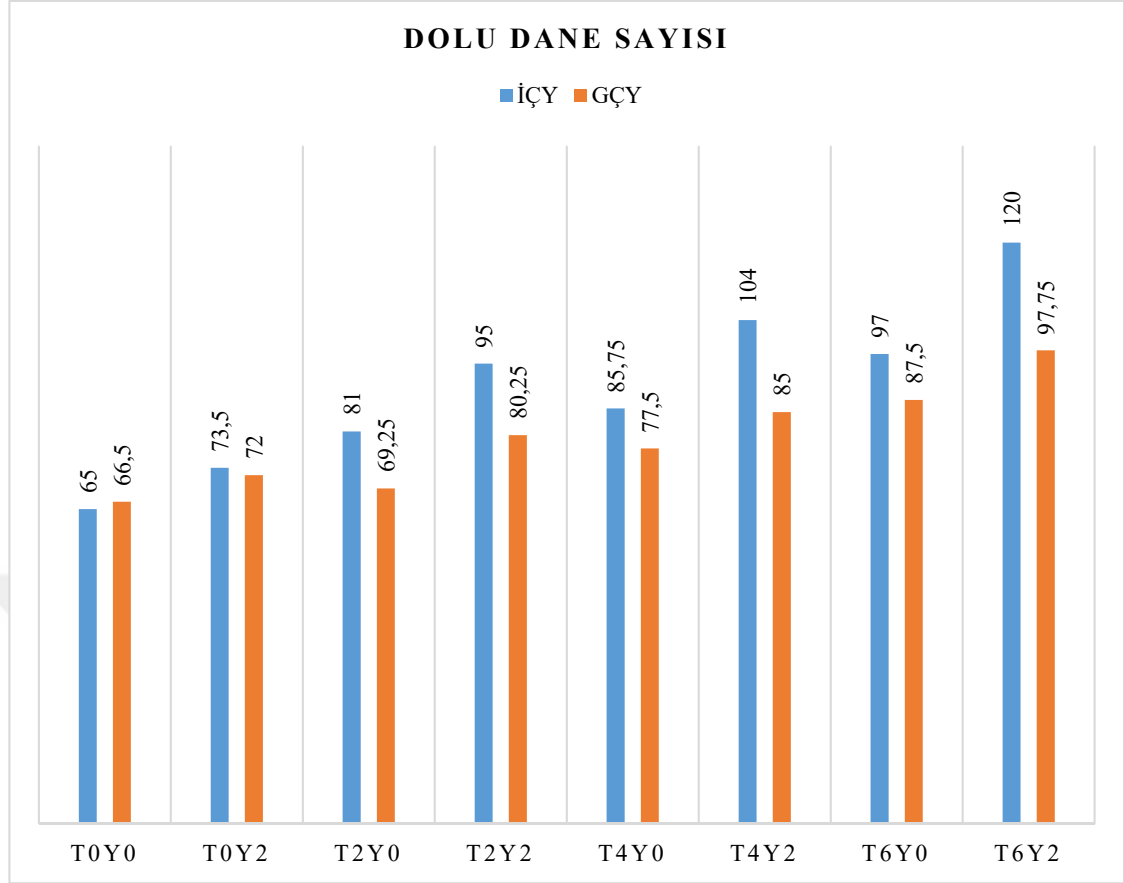
Çizelge 4.14.Kalsiyum uygulamalarının dolu dane sayısı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Y0	Y2	Ort.
	T0	65.00	73.50	69.25 ^c
	T2	81.00	95.00	88.00 ^b
	T4	85.75	104.00	94.88 ^b
	T6	97.00	120.00	108.50 ^a
	Ort.	82.19	98.12	90.2
	Varyans analizi			
	T	80.10 -<.001***		
	Y	76.25 -<.001***		
	T*Y	2.86 - 0.061Öd		
GÇY	Lsd T	9.858		
	Lsd Y	6.971		
	Lsd T*Y	13.942		
	CV (%)	3.6		
	Uygulamalar kg/da	Dolu dane sayısı		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	66.50	72.00	69.25 ^c
	T2	69.25	80.25	74.75 ^c
	T4	77.50	85.00	81.25 ^b
	T6	87.50	97.75	92.62 ^a
Ort.	75.19	83.75	79.47	
Varyans analizi				
T	81.70- <.001***			
Y	59.32- <.001***			
T*Y	1.30- 0.300Öd			
Lsd T	6.005			
Lsd Y	4.246			
Lsd T*Y	8.492			
CV	4.7			

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; *** %0.1 düzeyinde önemli

Uygulamalar arasında salkımda dolu dane sayısı değerleri 65.0 adet ile 120.0 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.14). Yaprğa ve yaprğa uygulanan kalsiyum dozlarının lineer bir şekilde salkım başına dolu dane sayısını arttırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.14. Kalsiyum uygulaması ile dolu dane sayısı arasındaki ilişki

GÇY’de topraktan ve yapraktan yapılan uygulamaların istatistiki olarak % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Fakat, topraktan x yapraktan interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında salkımda dolu dane sayısı 66.50 adet ile 97.75 adet arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir. Buna göre toprağa ve yaprağa uygulanan magnezyum dozlarının salkım başına dolu dane sayısını lineer bir şekilde arttırdığı gözlemlenmiştir.

4.1.8.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin bin dane ağırlığı üzerine etkisi

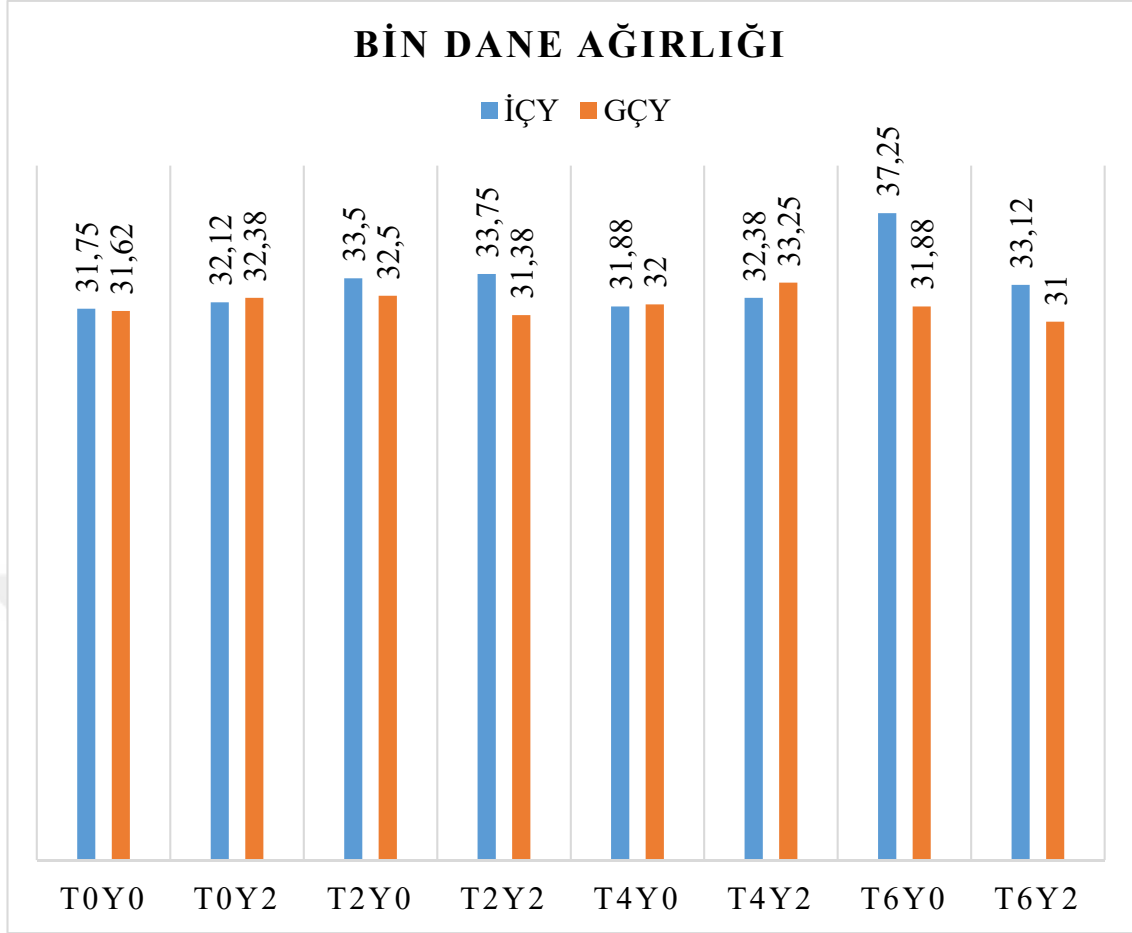
Magnezyum uygulamasının çeltikte bin dane ağırlığı üzerine etkileri Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Sonuçlarda görüldüğü gibi, hem GÇY'de hem de İÇY'de toprak ve yapraktan yapılan magnezyum uygulamaları ile toprak x yaprak interaksyonunun bin dane ağırlığı üzerine etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.15).

Çizelge 4.15. Magnezyum uygulamalarının bin dane ağırlığı üzerine etkileri¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Bin dane ağırlığı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	31.75	32.12	31.94
	T2	33.50	33.75	33.62
	T4	31.88	32.38	32.12
	T6	37.25	33.12 ²	35.19
	Ort.	33.59	32.84	33.22
	Varyans analizi			
	T	2.22-0.116Öd		
	Y	0.54- 0.469Öd		
T*Y	1.23-0.325Öd			
Lsd T	2.990			
Lsd Y	2.114			
Lsd T*Y	4.228			
CV (%)	2.5			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Bin dane ağırlığı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	31.62	32.38	32.00
	T2	32.50	31.38	31.94
	T4	32.00	33.25	32.62
	T6	31.88	31.00	31.44
	Ort.	32.00	32.00	32.00
	Varyans analizi			
	T	0.82-0.495Öd		
	Y	0.00-1.000Öd		
	T*Y	1.20-0.333Öd		
	Lsd T	1.577		
	Lsd Y	1.115		
	Lsd T*Y	2.230		
	CV	0.7		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil.



Şekil 4.15. Magnezyum uygulaması ile bin dane ağırlığı arasındaki ilişki

4.1.8.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin bin dane ağırlığı üzerine etkisi

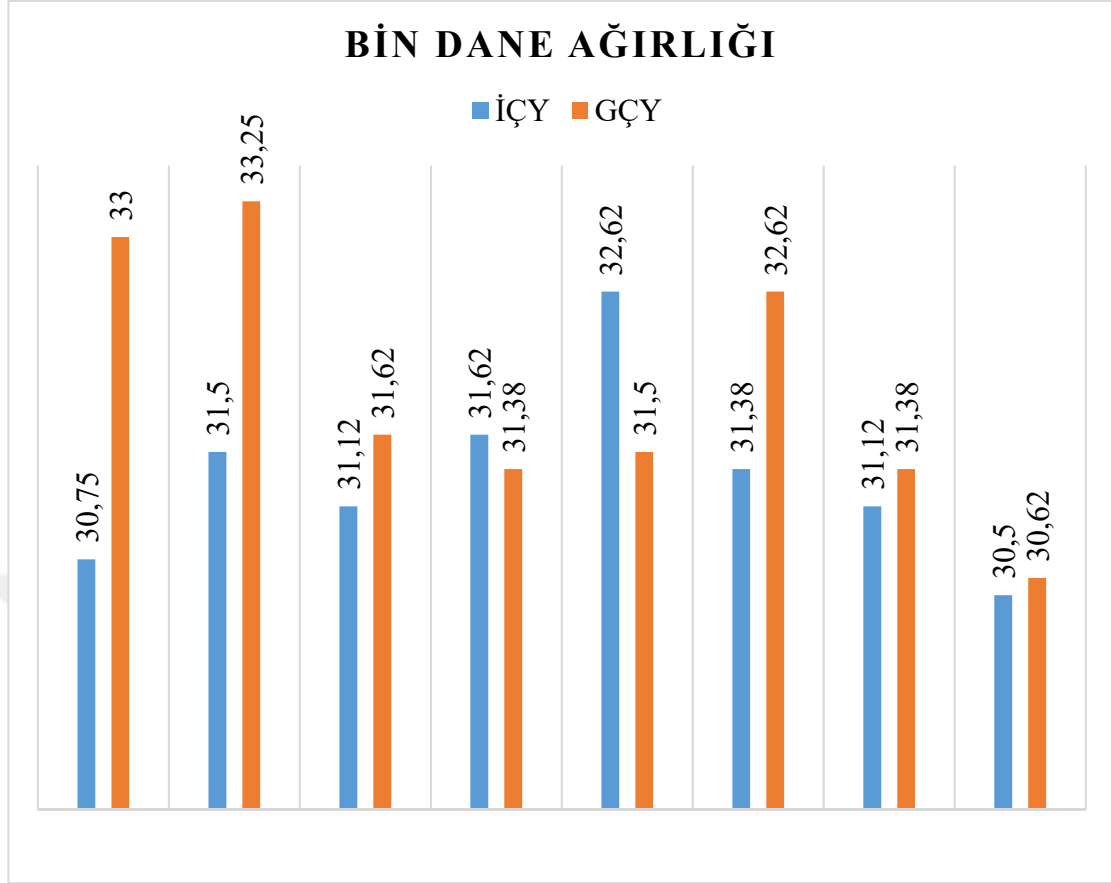
Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte bin dane ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Buna göre, İÇY'de ne topraktan ne yapraktan yapılan uygulamalar ve bunların interaksyonunun bitkide bin dane ağırlığı üzerine istatistiki açıdan bir önemlilik arz etmediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Kalsiyum uygulamalarının bin dane ağırlığı üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Bin dane ağırlığı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	30.75	31.50	31.12
	T2	31.12	31.62	31.38
	T4	32.62	31.38	32.00
	T6	31.12	30.50 ²	30.81
	Ort.	31.41	31.25	31.33
	Varyans analizi			
	T	0.85- 0.480Öd		
	Y	0.08-0.777Öd		
	T*Y	0.75- 0.535Öd		
	Lsd T	1.603		
	Lsd Y	1.134		
	Lsd T*Y	2.267		
	CV (%)	3.6		
GÇY	Uygulamalar kg/da	Bin dane ağırlığı (gr)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	33.00	33.25	33.12 ^a
	T2	31.62	31.38	31.50 ^{ab}
	T4	31.50	32.62	32.06 ^b
	T6	31.38	30.62	31.00 ^b
	Ort.	31.88	31.97	31.92
	Varyans analizi			
	T	3.84- 0.024*		
	Y	0.04-0.842Öd		
	T*Y	0.74- 0.541Öd		
	Lsd T	1.368		
	Lsd Y	0.967		
	Lsd T*Y	1.935		
	CV	1.3		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. * %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil;



Şekil 4.16. Kalsiyum uygulaması ile bin dane ağırlığı arasındaki ilişki

GÇY’de ise topraktan yapılan uygulamaların bin dane ağırlığı üzerine etkisinin istatistiki olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre değerler 30.62 gr ile 33.25 gr arasında değişim göstermiştir. En düşük değer T6Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T0Y2 uygulamasında elde edilmiştir.

4.1.9.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin dane verimi üzerine etkisi

Magnezyum uygulamalarının çeltiğin dane verimi üzerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. Buna göre, İÇY için topraktan ve yapraktan yapılan uygulamalar ile bunların interaksyonunun verim üzerine olan etkileri istatistiki olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Topraktan x yapaktan interaksyonunun %1($p < 0.01$) düzeyinde etkisi bulunmuştur. Verim bakımından yapılan varyans analizi sonucunda doğruluk derecesi (% CV) 8.9 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçlar güvenilir bulunmuştur. Uygulamalar arasında 259.0 kg/da ile 541.6 kg/da arası bir değişim göstermiştir. En düşük verim T0Y0 dozundan alınırken en yüksek ise T6Y2 dozundan alınmıştır.

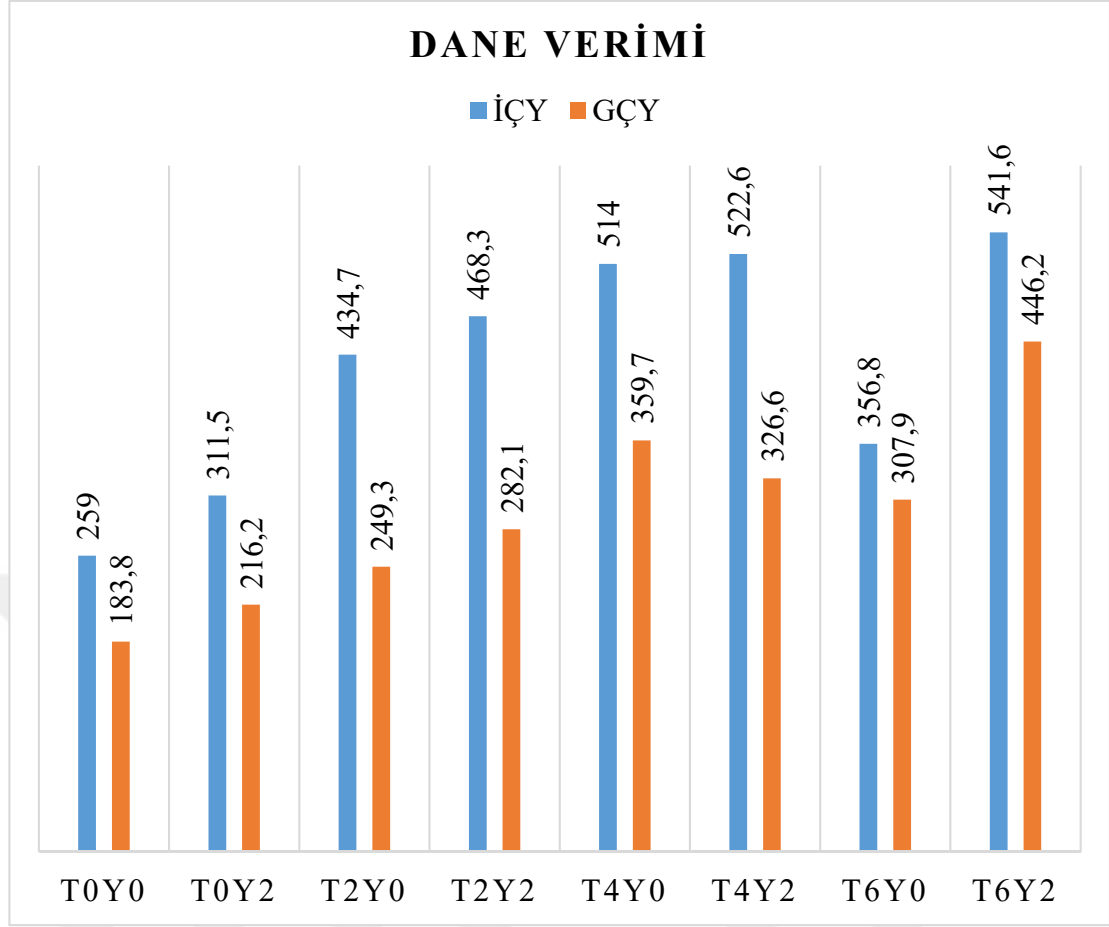
Çizelge 4.17. Magnezyum uygulamalarının dane verimi üzerine etkisi¹

İÇY	Uygulamalar kg/da	Dane verimi (kg/da)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	259.0e	311.5de	285,25
	T2	434.7bc	468.3ab	451,5
	T4	514.0ab	522.6a	518,3
	T6	356.8cd	541.6a	449,2
	Ort.	391.1	461.0	426.06
	Varyans analizi			
	T	49.07-<.001***		
	Y	24.33-<.001***		
	T*Y	7.73-0.001**		
	Lsd T	76.48		
	Lsd Y	54.08		
Lsd T*Y	80.19			
CV (%)	8.9			
GÇY	Uygulamalar kg/da	Dane verimi (kg/da)		
		Y0	Y2	Ort.
	T0	183.8f	216.2ef	200.0
	T2	249.3def	282.1cde	265.7
	T4	359.7b	326.6bc	343.2
	T6	307.9bcd	446.2a	377.0
	Ort.	275.2	317.7	296.5
	Varyans analizi			
	T	23.16- <.001***		
	Y	6.66- 0.017*		
	T*Y	4.62- 0.012*		
	Lsd T	89.13		
	Lsd Y	34.32		
	Lsd T*Y	68.63		
	CV	9.8		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *: %5 düzeyinde önemlidir. **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

GÇY’de topraktan yapılan uygulamaların etkisi istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuş iken yapraktan yapılan uygulamalar ile topraktan x yapraktan interaksyonunun etkisi ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Verim bakımından yapılan varyans analizi sonucunda doğruluk derecesi (% CV) 9.8 bulunmuştur. Varyasyon katsayısı % 20’nin altında olduğu için sonuçların güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Uygulamalar arasında verim değerleri 183.8 kg ile 446.2 kg arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Magnezyum uygulaması ile dane verimi arasındaki ilişki

4.1.9.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin dane verimi üzerine etkisi

Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin çeltik bitkisinde dane verimi üzerine etkisi Çizelge 4.18’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde İÇY için topraktan ve yapraktan kalsiyum uygulamalarının dane verimi üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Toprak x yaprak etkisi ise %5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli farkı bulunmuştur. Verim değerleri 207.1 kg ile 572.1 kg/da arası bir değişim göstermiştir. En az verim veren T0Y0 uygulaması, en yüksek verim veren ise T6Y2 uygulamasıdır.

Çizelge 4.18. Kalsiyum uygulamalarının dane verimi üzerine etkisi¹

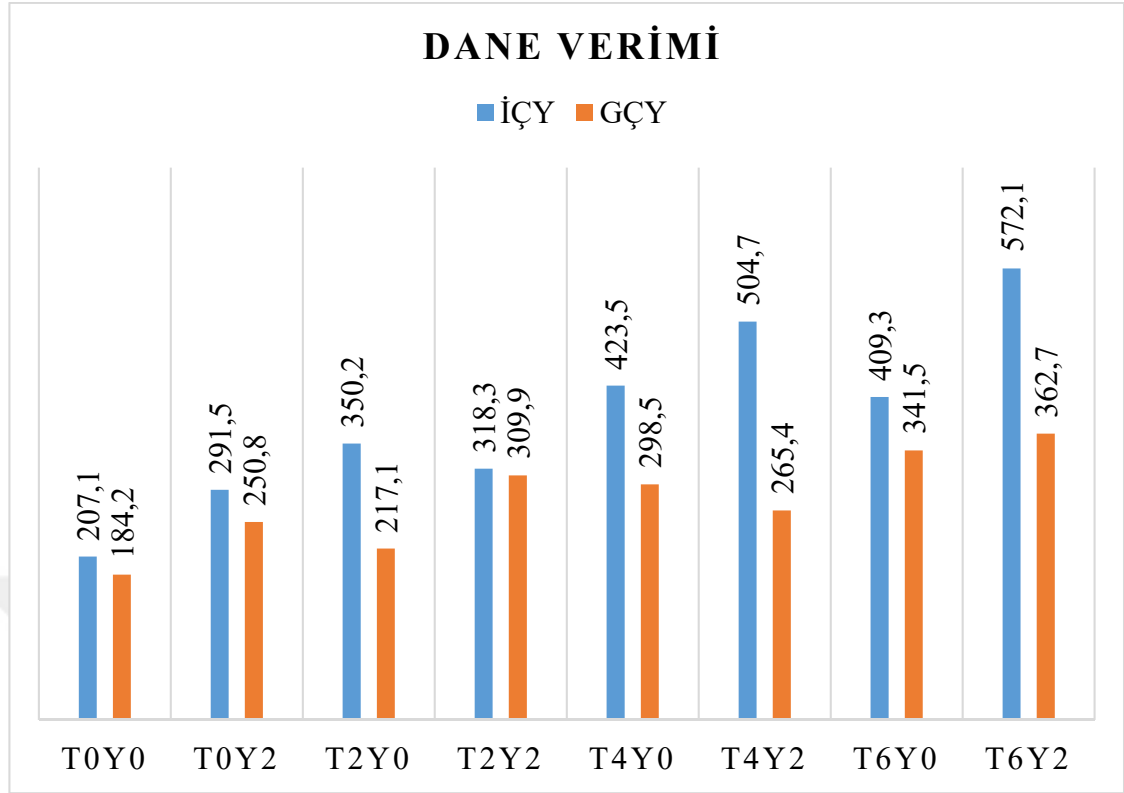
İÇY		Dane verimi (kg/da)		
	Uygulamalar kg/da	Y0	Y2	Ort.
	T0	207.1d	291.5c	249.3
	T2	350.2bc	318.3c	334.3
	T4	423.5b	504.7a	464.1
	T6	409.3b	572.1a	490.7
	Ort.	347.5	421.6	384.6
	Varyans analizi			
	T	36.47-<.001***		
	Y	15.63-<.001***		
	T*Y	4.57- 0.013*		
	Lsd T	101.23		
	Lsd Y	71.58		
Lsd T*Y	77.95			
CV (%)	5.6			
GÇY		Dane verimi (kg/da)		
	Uygulamalar kg/da	Y0	Y2	Ort.
	T0	184.2f	250.8de	217.5
	T2	217.1ef	309.9abc	263.5
	T4	298.5bcd	265.4cde	281.9
	T6	341.5ab	362.7a	352.1
	Ort.	260.3	297.2	278.8
	Varyans analizi			
	T	54.04- <.001***		
	Y	23.55-<.001***		
	T*Y	13.20-<.001***		
	Lsd T	22.36		
	Lsd Y	15.81		
	Lsd T*Y	31.62		
	CV	7.7		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; * %5 düzeyinde önemli;

*** %0.1 düzeyinde önemli

GÇY için topraktan, yapraktan yapılan uygulamaları ile bunların interaksiyonunun etkisi etkisi istatistiki olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasında verim değerleri 184.2 kg ile 362.7 kg arasında değişim göstermiştir. En düşük verim değeri T0Y0 uygulamasında, en yüksek verim değeri ise yine T6Y2 uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Kalsiyum uygulaması ile dane verimi arasındaki ilişki

4.2. Toprak Parametreleri

4.2.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi

Magnezyum uygulamalarının toprağın pH ve EC'si üzerine etkileri Çizelge 4.19'da gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde hem İÇY'de hem de GÇY'de toprağa yapılan magnezyum uygulamalarının sadece toprak pH'sı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İÇY'de ve GÇY'de topraktan artan magnezyum nitrat uygulamaları toprak örneklerinin EC'leri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Deneme toprağının pH düzeyinde hem İÇY'de hem de GÇY'de bir azalma meydana gelmiştir. T0 uygulamasına göre diğer bütün uygulamalarda toprak pH'ı daha düşük olarak belirlenmiştir. İÇY'de uygulamalar arasında pH değerleri 7.47 ile 7.20 arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T6Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T0Y0 uygulamasında elde edilmiştir.

Toprak pH'sındaki bu azalma ile uygulanan Mg'lu gübrenin azot içeriğinin bir ilişkisi olduğu düşünülmektedir. Vallerie (1972)'ın bildirdiğine göre elementel azot veya azotlu bileşikler toprak pH'sını etkileyebilir. Gübreler fizyolojik bir reaksiyon ile pH'da bir değişiklik oluşturulabilir. Genel olarak zayıf bir şekilde işaretlenmiş olan bu fizyolojik reaksiyon, mikroorganizmaları içeren bir "biyolojik reaksiyon" ile birleştirilebilir. Böylelikle NH_4^+ iyonu mikroorganizmalar tarafından NO_3^- 'e nitrifiye edilip ve bu nitrat su ile birleşerek nitrik asit HNO_3 'ü oluşturmaktadır. O halde magnezyum nitrat, toprak reaksiyonundan hidrojen ile birleşerek nitrik asit HNO_3 oluşturmak üzere toprakta NO_3^- bırakarak Mg^{2+} iyonunun emilmesiyle bir asitleştiricidir.

Oluşan nitrik asit bazı durumlarda topraktaki Ca iyonları ile birleşerek topraktaki kalsiyumu bağlar ve pH'yı düşürür. Ancak deneme toprağındaki kireç içeriğinden dolayı tamponlama kapasitesinin pH' ın daha fazla düşmesine izin vermediği düşünülmektedir.

Çizelge 4.19. Magnezyum uygulamalarının toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi¹

İÇY	Konular kg/da	pH			EC (dS m ⁻¹)		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
	T0	7.47	7.45	7.46 ^a	0.25	0.25	0.25
	T2	7.29	7.38	7.33 ^{bc}	0.26	0.25	0.25
	T4	7.35	7.34	7.35 ^b	0.27	0.28	0.27
	T6	7.29	7.20	7.25 ^c	0.33	0.22	0.28
	Ort.	7.35	7.34	7.35	0.27	0.25	0.26
	Varyans analizi						
	T	8.54 - <.001***			0.46-0.716 Öd		
	Y	0.10 - 0.759 Öd			1.48- 0.237 Öd		
T*Y	1.58 - 0.224 Öd			1.49-0.247 Öd			
Lsd. T	0.1210			0.065			
Lsd. Y	0.0855			0.046			
Lsd. T*Y	0.1711			0.092			
CV (%)	0.3			5.0			
GÇY	Konular kg/da	pH			EC (dS m ⁻¹)		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
	T0	7.47	7.45	7.46 ^a	0.25	0.25	0.25
	T2	7.39	7.42	7.40 ^{ab}	0.27	0.29	0.28
	T4	7.32	7.24	7.28 ^{bc}	0.26	0.23	0.24
	T6	7.20	7.30	7.25 ^c	0.22	0.33	0.28
	Ort.	7.346	7.351	7.35	0.25	0.27	0.26
	Varyans analizi						
	T	18.61- <.001***			0.78- 0.519 Öd		
	Y	0.03- 0.855Öd			1.40- 1.40 Öd		
	T*Y	2.34- 0.102Öd			1.74- 0.190 Öd		
	Lsd. T	0.0947			0.086		
	Lsd. Y	0.0670			0.061		
	Lsd. T*Y	0.1340			0.122		
CV (%)	0.3			5.0			

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; *** %0.1 düzeyinde önemli

4.2.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi

Kalsiyum uygulamalarının toprağın pH ve EC'si üzerine etkileri Çizelge 4.20'de verilmiştir. Buna göre, İÇY'de topraktan artankalsiyum nitrat uygulamaları toprak örneklerinin pH ve EC'leri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. GÇY'de ise toprağına uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin toprak örneklerinin sadece pH'ları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasında pH değerleri 7.21 ile 7.42 arası bir değişim göstermiştir. En düşük değer T6Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T0Y0 uygulamasında elde edilmiştir.

Çizelge 4.20.Kalsiyum uygulamalarının toprağın pH ve EC'si üzerine etkisi¹

	Konular kg/da	pH			EC (dS m ⁻¹)		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	7.29	7.37	7.33	0.21	0.25	0.23
	T2	7.23	7.32	7.27	0.26	0.26	0.26
	T4	7.25	7.35	7.30	0.29	0.26	0.27
	T6	7.36	7.30	7.33	0.21	0.17	0.19
	Ort.	7.28	7.33	7.31	0.24	0.23	0.24
	Varyans analizi						
	T	0.55- 0.651Öd			2.26- 0.112 Öd		
	Y	1.96-0.176 Öd			0.03- 0.863 Öd		
	T*Y	0.98- 0.422 Öd			0.41- 0.746 Öd		
	Lsd. T	0.1063			0.072		
	Lsd. Y	0.0752			0.051		
	Lsd. T*Y	0.1503			0.102		
	CV (%)	0.7			11.1		
GÇY	Konular kg/da	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
	T0	7.21	7.36	7.29 ^b	0.26	0.21	0.23
	T2	7.42 ²	7.37	7.40 ^a	0.26	0.23	0.24
	T4	7.32	7.23	7.28 ^b	0.29	0.20	0.25
	T6	7.32	7.32	7.32 ^{ab}	0.21	0.25	0.23
	Ort.	7.32	7.32	7.32	0.25	0.22	0.24
	Varyans analizi						
	T	3.13-0.047*			0.25- 0.858 Öd		
	Y	0.00-0.968Öd			3.53- 0.074 Öd		
	T*Y	2.83-0.063Öd			2.37- 0.100 Öd		
	Lsd. T	0.091			0.049		
	Lsd. Y	0.064			0.035		
	Lsd. T*Y	0.128			0.070		
	CV (%)	1.2			5.0		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *: %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil;

4.2.3. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi

Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın makro element kapsamına etkisi Çizelge 4.21'de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde hem İÇY'de hem de GÇY'de topraktan ve yaprakdan yapılan magnezyum nitrat uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının toprağın makro besin elementleri üzerine etkilerinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Kalsiyum uygulamalarının toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler															
		N (%)			P(mg kg ⁻¹)			K (%)			Mg(%)			Ca(%)			
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
İÇY	T0	0.07	0.04 ²	0.05	4.35	4.58	4.47	0.0050	0.0043	0.0047	0.022	0.019	0.021	0.28	0.26	0.27	
	T2	0.06	0.04	0.05	4.03	4.42	4.23	0.0043	0.0047	0.0045	0.018	0.021	0.020	0.26	0.28	0.27	
	T4	0.04	0.08	0.06	4.33	4.36	4.35	0.0045	0.0043	0.0044	0.017	0.019	0.018	0.25	0.26	0.25	
	T6	0.06	0.08	0.07	4.42	4.79	4.60	0.0048	0.0045	0.0047	0.019	0.019	0.019	0.24	0.26	0.25	
	Ort.	0.06	0.06	0.06	4.28	4.54	4.41	0.0047	0.0044	0.0046	0.019	0.020	0.019	0.26	0.26	0.26	
Varyans analizi																	
T	0.48-0.702Öd			0.60- 0.621Öd			0.08- 0.973Öd			0.68- 0.576Öd			0.53- 0.665Öd				
Y	0.02- 0.897 Öd			1.50- 0.234Öd			0.21- 0.652Öd			0.11- 0.748Öd			0.52- 0.478Öd				
T*Y	1.70- 0.197 Öd			0.15- 0.926Öd			0.18- 0.906Öd			0.85- 0.483Öd			0.60- 0.624Öd				
-	Lsd T: 0.052 Lsd Y: 0.037 Lsd T*Y: 0.074 CV: 77.7			Lsd T: 0.837 Lsd Y: 0.592 Lsd T*Y: 1.184 CV: 2.2			Lsd T: 0.00204 Lsd Y: 0.00144 Lsd T*Y: 0.00288 CV : 15.8			Lsd T: 0.0053 Lsd Y: 0.0037 Lsd T*Y : 0.0074 CV : 14.9			Lsd T: 0.042 Lsd Y: 0.030 Lsd T*Y: 0.060 CV : 6.8				
Uygulamalar (Ca)		Parametreler (%)															
		N (%)			P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)			K(%)			Mg(%)			Ca(%)			
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
		T2	0.17	0.16	0.16	4.40	4.71	4.71	0.0042	0.0048	0.0045	0.015	0.017	0.016	0.234	0.250	0.242
		T4	0.12	0.13	0.12	4.43	4.30	4.36	0.0057	0.0051	0.0054	0.018	0.018	0.018	0.246	0.242	0.244
T6	0.14	0.12	0.13	4.66	4.37	4.52	0.0043	0.0046	0.0045	0.014	0.016	0.015	0.233	0.236	0.235		
Ort.	0.14	0.14	0.14	4.53	4.54	4.54	0.0047	0.0048	0.0047	0.015	0.017	0.016	0.240	0.243	0.242		
Varyans analizi																	
T	1.62- 0.215Öd			1.72- 0.193Öd			1.76- 0.186Öd			2.42- 0.095 Öd			0.68- 0.573Öd				
Y	0.14- 0.711Öd			0.01- 0.924Öd			0.03- 0.865Öd			1.91- 0.181Öd			0.18- 0.675Öd				
T*Y	0.21- 0.890Öd			1.62- 0.215Öd			0.66- 0.587Öd			0.34- 0.799Öd			0.63- 0.606Öd				
-	Lsd T: 0.052 Lsd Y: 0.037 Lsd T*Y: 0.074 CV : 6.0			Lsd T: 0.430 Lsd Y: 0.304 Lsd T*Y: 0.304 CV : 1.9			Lsd T: 0.00131 Lsd Y: 0.00092 Lsd T*Y: 0.00185 CV : 13.9			Lsd T: 0.0037 Lsd Y: 0.0026 Lsd T*Y: 0.0052 CV : 9.1			Lsd T: 0.0240 Lsd Y: 0.0170 Lsd T*Y: 0.0339 CV : 7.6				

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır. 2. öd: önemli değil.

4.2.4. Kalsiyum ile biyozenginleştirmerinin toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi

Kalsiyum ile biyozenginleştirmerinin toprağın makro element kapsamına etkisi izelge 4.22’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde hem İY’de hem de GY’de topraktan ve yapraktan yapılan magnezyum nitrat uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının toprağın makro besin elementleri üzerine etkilerinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.



Çizelge 4.22. Kalsiyum uygulamalarının toprağın makro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Kalsiyum													
		Parametreler													
		N (%)		P (mg kg ⁻¹)		K (%)		Mg (%)		Ca (%)					
İÇY	T0	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Ort.
	T2	0.09a	0.08a	0.08	4.02a	3.67a	3.84	0.004a ²	0.005a	0.016a	0.016a	0.016a	0.016	0.28a	0.27
	T4	0.11a	0.09a	0.10	4.48a	3.98a	4.23	0.004a	0.005a	0.014a	0.016a	0.015	0.015	0.24a	0.24
	T6	0.08a	0.10a	0.09	4.28a	4.14a	4.21	0.004a	0.005a	0.016a	0.016a	0.016	0.016	0.27a	0.26
	Ort.	0.10a	0.09a	0.09	3.62a	3.93a	3.77	0.005a	0.005a	0.016a	0.015a	0.015	0.015	0.28a	0.27
	Ort.	0.09	0.09a	0.09	4.10	3.93	4.01	0.004	0.005	0.015	0.015	0.015	0.015	0.27	0.26
Varyans analizi															
-	T	1.22-0.328Öd			T:2.12-0.129Öd			T: 0.30-0.823Öd			T: 0.31- 0.820Öd			T: 1.66-0.206 Öd	
	Y	0.72- 0.406Öd			Y: 1.02-0.324Öd			Y: 2.62-0.120Öd			Y: 0.08- 0.778Öd			Y: 1.77-0.198 Öd	
	T*Y	0.90-0.457Öd			T*Y: 1.15- 0.350Öd			T*Y: 1.65-0.208Öd			T*Y: 0.43- 0.734Öd			T*Y: 0.23- 0.874 Öd	
	Lsd T	0.019			Lsd T:0.483			Lsd T:0.0010			Lsd T:0.0022			Lsd T:0.030	
	Lsd Y	0.013			Lsd Y:0.342			Lsd Y:0.0007			Lsd Y:0.0016			Lsd Y:0.021	
	Lsd T*Y	0.027			Lsd T*Y:0.684			Lsd T*Y:0.0014			Lsd T*Y:0.0032			Lsd T*Y:0.043	
CV:30.4															
CV:12.2															
CV:10.3															
Parametreler(%)															
GÇY	T0	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Ort.
	T2	0.11a	0.10a	0.10	4.03a	3.86a	3.94	0.004a	0.004a	0.004	0.015a	0.014a	0.014	0.26a	0.26
	T4	0.10a	0.08a	0.09	4.07a	4.43a	4.25	0.004a	0.004a	0.004	0.014a	0.016a	0.015	0.24a	0.26
	T6	0.07a	0.09a	0.08	4.56a	4.27a	4.42	0.004a	0.004a	0.004	0.015a	0.014a	0.015	0.25a	0.26
	Ort.	0.09a	0.08a	0.08	3.65a	4.49a	4.07	0.004a	0.004a	0.004	0.014a	0.014a	0.014	0.26a	0.26
	Ort.	0.09	0.09	0.09	4.08	4.26	4.17	0.004	0.004	0.004	0.015	0.015	0.015	0.27	0.26
Varyans analizi															
-	T	0.60- 0.621Öd			0.725- 0.725 Öd			2.05- 0.138 Öd			0.35- 0.791 Öd			0.17- 0.917 Öd	
	Y	0.14- 0.714Öd			0.37- 0.550 Öd			0.32- 0.576 Öd			0.00- 0.971 Öd			2.11- 0.162 Öd	
	T*Y	0.60- 0.621Öd			0.71- 0.557 Öd			0.51- 0.679 Öd			1.75- 0.188 Öd			1.71- 0.196 Öd	
	Lsd T	0.038			1.242			0.0004			0.0013			0.022	
	Lsd Y	0.027			0.878			0.0003			0.0009			0.016	
	Lsd T*Y	0.053			1.756			0.0006			0.0018			0.031	
CV:12.7															
CV:7.7															
CV:4.4															
Parametreler(%)															
Varyans analizi	T	0.60- 0.621Öd			0.725- 0.725 Öd			2.05- 0.138 Öd			0.35- 0.791 Öd			0.17- 0.917 Öd	
	Y	0.14- 0.714Öd			0.37- 0.550 Öd			0.32- 0.576 Öd			0.00- 0.971 Öd			2.11- 0.162 Öd	
	T*Y	0.60- 0.621Öd			0.71- 0.557 Öd			0.51- 0.679 Öd			1.75- 0.188 Öd			1.71- 0.196 Öd	
	Lsd T	0.038			1.242			0.0004			0.0013			0.022	
	Lsd Y	0.027			0.878			0.0003			0.0009			0.016	
	Lsd T*Y	0.053			1.756			0.0006			0.0018			0.031	
CV:12.7															
CV:7.7															
CV:4.4															

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır. 2. öd: önemli değil.

4.2.5. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi

Magnezyum ile biyozenginleştirmenin toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi Çizelge 4.23'te gösterilmiştir. İÇY'de topraktan yapılan uygulamaların sadece alınabilir Fe ve bakır elementleri üzerine istatistiki açıdan % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bakır değerleri % 0.1398 (T4Y0) ile % 0.2241(T2Y2) arasında değişim göstermiştir. Demir değerleri ise % 0.985 ile % 1.608 arasında değişim göstermiştir. En düşük demir konsantrasyonu T4Y0 dozundan elde edilirken, en yüksek demir konsantrasyonu ise T2Y0 dozundan elde edilmiştir. Diğer taraftan, yaprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksiyonunun toprağın diğer mikro elementlerinin kapsamı üzerine etkileri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. GÇY'de ise topraktan ve yapraktan magnezyum uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Magnezyum uygulamalarının toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler (mg kg ⁻¹)												
		Zn			Fe			Mn			Cu			
İÇY	T0	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2.	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T2	0.0796 ^a	0.0588 ^a	0.0692	1.417 ^{ab}	1.156 ^{ab}	1.287	0.904 ^{ab}	0.770 ^{ab}	0.837	0.2224 ^a	0.1847 ^{ab}	0.2036	
	T4	0.0839 ^a	0.0750 ^a	0.0795	1.608 ^a	1.490 ^a	1.549	1.026 ^a	0.920 ^{ab}	0.973	0.1847 ^a	0.2241 ^a	0.2165	
	T6	0.0468 ^a	0.0722 ^a	0.0595	0.985 ^{b2}	1.275 ^{ab}	1.130	0.715 ^b	0.764 ^{ab}	0.740	0.1398 ^b	0.1747 ^{ab}	0.1572	
	Ort.	0.0493 ^a	0.0697 ^a	0.0595	1.143 ^{ab}	1.327 ^{ab}	1.235	0.776 ^{ab}	0.689 ^b	0.732	0.1748 ^{ab}	0.1831 ^{ab}	0.1789	
		0.0649	0.0689	0.0669	1.288	1.288	1.300	0.855	0.786	0.820	0.1865	0.1916	0.1890	
Varyans analizi														
-		T: 0.63-0.603Öd			T: 3.10-0.049*			T: 2.90-0.059Öd			T: 4.02-0.021*			
		Y: 0.11-0.742Öd			Y: 0.06-0.816Öd			Y: 1.10-0.306Öd			Y: 0.16-0.697 Öd			
		T*Y: 0.87-0.472 Öd			T*Y: 1.60-0.218Öd			T*Y: 0.38-0.769Öd			T*Y: 1.37-0.279Öd			
		Lsd T: 0.04812			Lsd T: 0.2980			Lsd T: 0.1942			Lsd T: 0.03861			
		Lsd Y: 0.03403			Lsd Y: 0.2107			Lsd Y: 0.1373			Lsd Y: 0.02730			
		Lsd T*Y: 0.06805			Lsd T*Y: 0.4214			Lsd T*Y 0.2747			Lsd T*Y: 0.05460			
CV : 19.2														
Uygulamalar (Ca)		Parametreler (mg kg ⁻¹)												
		Zn			Fe			Mn			Cu			
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2.	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
		T0	0.0136	0.0236	0.0186	0.5689	0.8196	0.6942	0.4466	0.6494 ^a	0.5480	0.1023	0.1438	0.1231
		T2	0.0144	0.0228	0.0186	0.6898	0.6940	0.6919	0.5337	0.5369 ^a	0.5353	0.1159	0.1320	0.1239
		T4	0.0381	0.0183	0.0282	0.9011	0.7546	0.8278	0.679	0.6411 ^a	0.6604	0.1650	0.1530	0.1590
GCY	T6	0.0183	0.0182	0.0282	0.6656	0.6990	0.6823	0.4923	0.5138 ^a	0.5030	0.1058	0.1058	0.1142	
	Ort.	0.0222	0.0207	0.0214	0.7063	0.7418	0.7241	0.5381	0.5853	0.5617	0.1222	0.1379	0.1301	
	Varyans analizi													
	-		T: 0.68-0.572 Öd			T: 0.67-0.578Öd			T: 1.47-0.251Öd			T: 1.87-0.165Öd		
			Y 0.07-0.799Öd			Y 0.18-0.679Öd			T*Y Y 0.70-0.413Öd			Y 1.17-0.292Öd		
			T*Y: 1.54-0.234Öd			T*Y: 0.94-0.440Öd			T*Y: 0.89-0.460Öd			T*Y: 0.57-0.640Öd		
Lsd T: 0.02223			Lsd T: 0.33829			Lsd T: 0.22595			Lsd T: 0.05794					
Lsd Y: 0.01572			Lsd Y: 0.23921			Lsd Y: 0.15977			Lsd Y: 0.04097					
Lsd T*Y: 0.03143			Lsd T*Y: 0.47841			Lsd T*Y: 0.31954			Lsd T*Y: 0.08193					
CV : 19.6			CV : 29.2			CV : 4.4								

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklılık önemli değildir. *: %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil.

4.2.6. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi

Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi izelge 4.24’de verilmiştir. Hem İY hem de GY’de topraktan ve yapraktan kalsiyum uygulamaları ile bunların interaksiyonlarının toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (izelge 4.24).



Çizelge 4.24. Kalsiyum uygulamalarının toprağın mikro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler (mg kg ⁻¹)											
		Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	0.066a	0.041a	0.053	1.19a ²	1.11a	1.15	0.14a	0.09a	0.12	0.81a	0.77a	0.79
	T2	0.058a	0.060a	0.059	1.25a	1.30a	1.27	0.14a	0.13a	0.13	0.95a	0.68a	0.81
	T4	0.038a	0.038a	0.038	1.43a	1.14a	1.28	0.14a	0.12a	0.13	0.73a	0.78a	0.75
	T6	0.029a	0.048a	0.038	1.18a	1.08a	1.13	0.13a	0.13a	0.13	0.64a	0.73a	0.69
	Ort.	0.048	0.047	0.047	1.26	1.16	1.21	0.14	0.12	0.13	0.78	0.74	0.76
	Varyans analizi												
T	1.22- 0.326Öd			1.11- 0.366Öd			0.43- 0.734Öd			0.50- 0.689Öd			
Y	0.02- 0.890Öd			1.76- 0.199Öd			2.54- 0.126Öd			0.28- 0.601Öd			
T*Y	0.88- 0.465Öd			0.85- 0.484Öd			0.55- 0.651Öd			1.00- 0.412Öd			
Lsd T:	0.0283			0.226			0.038			0.232			
Lsd Y:	0.0200			0.160			0.027			0.164			
Lsd T*Y:	0.0401			0.320			0.053			0.327			
CV:	40.0			18.3			26.0			9.6			
Uygulamalar (Ca)		Parametreler(mg kg ⁻¹)											
		Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GÇY	T0	0.017a	0.031a	0.024	1.04a	1.06a	1.05	0.16a	0.14a	0.15	0.81a	0.77a	0.79
	T2	0.019a	0.060a	0.039	1.02a	1.08a	1.05	0.15a	0.16a	0.15	0.79a	0.82a	0.81
	T4	0.029a	0.023a	0.026	1.03a	1.01a	1.05	0.15a	0.14a	0.15	0.81a	0.79a	0.80
	T6	0.028a	0.023a	0.026	1.05a	1.14a	1.05	0.15a	0.16a	0.15	0.70a	0.84a	0.77
	Ort.	0.023	0.034	0.029	1.04	1.07	1.05	0.15	0.15	0.15	0.78	0.81	0.79
	Varyans analizi												
T	0.58- 0.637 Öd			0.16- 0.921 Öd			0.10- 0.956 Öd			0.14- 0.937 Öd			
Y	1.41- 0.248 Öd			0.23- 0.921 Öd			0.03- 0.874 Öd			0.32- 0.577 Öd			
T*Y	1.38- 0.275 Öd			0.10- 0.956 Öd			0.33- 0.804 Öd			0.61- 0.614 Öd			
Lsd T:	0.0274			0.220			0.027			0.148			
Lsd Y:	0.0194			0.155			0.019			0.105			
Lsd T*Y:	0.0387			0.311			0.038			0.210			
CV:	35.3			10.3			10.6			9.9			

1. Değerler 4 tekrerrüt ortalamasıdır. 2. öd: önemli değil.

4.2.7. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte SPAD değerleri, klorofil-a ve klorofil-b parametreleri üzerine etkisi

Magnezyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte klorofil-a, klorofil-b ve SPAD değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. İÇY'de topraktan yapılan uygulamaların SPAD değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. SPAD değerleri % 59.93 (T6Y0) ile % 53.65 (T0Y0) arasında değişim göstermiştir. Klorofil-a düzeyine, topraktan uygulamaları ile topraktan x yaprak intraksyonunun etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 1.193 (T6Y0) ile % 0.814 (T0Y0) arasında değişim göstermiştir. Klorofil-b düzeyine ise topraktan yapılan uygulamaların etkisi % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. T*Y interaksyonu % 5 düzeyinde önemli çıkmıştır. En yüksek Klorofil-b değeri % 0.715 (T6Y0) uygulamasında, en düşük klorofil-b değeri ise % 0.339 (T0Y0) uygulamasında elde edilmiştir.

GÇY'de ise, SPAD değerleri üzerine topraktan uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek SPAD değeri % 59.65 ile T2Y2 uygulamasında, en düşük SPAD değeri % 53.13 değeri ile T0Y0 uygulamasında elde edilmiştir. Klorofil-a düzeyi üzerine topraktan ve yaprakтан uygulamaları ile bunların interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek klorofil-a değeri % 1.3540 ile T2Y2 uygulamasında, en düşük klorofil-a değeri ise % 0.8028 ile T0Y0 uygulamasında elde edilmiştir. Klorofil-b düzeyi üzerine topraktan ve yaprakтан uygulamaları ile bunların interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre, en yüksek klorofil-b değeri % 0.6500 ile T2Y2 uygulamasında, en düşük klorofil-b değeri ise % 0.3205 ile T0Y0 uygulamasında elde edilmiştir.

Çizelge 4.25. Magnezyum uygulamalarının Yaprak örneklerinde Klorofil-a, Klorofil-b ve SPAD değerleri üzerine etkisi.¹

	Uygu. Kg/da	Parametreler								
		SPAD			KLOROFİL a			KLOROFİL b		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	53.65e	54.40e	54.03	0.814 d	0.900 cd	0.857	0.339e	0.405de	0.372
	T2	56.69cd	56.27cd	56.48	1.012 bc	0.945bcd	0.978	0.494bcd	0.460cd	0.477
	T4	55.78d	57.29bc	56.54	0.888 cd	1.081 ab	0.984	0.511bcd	0.575bc	0.543
	T6	59.93a	58.51b	59.22	1.193 a ²	1.108 ab	1.150	0.715a	0.588b	0.652
	Ort.	56.51	56.62	56.57	0.976	1.008	0.992	0.515	0.507	0.511
	Varyans Analizi									
	T	44.54- <.001***			33.60 - <.001***			19.96- <.001***		
	Y	0.11- 0.747Öd			2.39 - 0.137Öd			0.09- 0.767Öd		
	T*Y	4.12- 0.019*			0.137- <.001***			3.08- 0.050*		
	Lsd. T	1.717			0.1122			0.1419		
Lsd. Y	0.661			0.0793			0.1003			
Lsd. T*Y	1.322			0.1586			0.2006			
CV (%)	0.6			5.8			7.0			
GÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler								
		SPAD			KLOROFİL a			KLOROFİL b		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
	T0	53.13	56.82	54.97b	0.8028e	0.9717bc	0.8872	0.3205 d	0.4563bc	0.3884
	T2	55.90	59.65	57.78a	0.8998cde	1.3540a	1.1269	0.4173bcd	0.6500a	0.5336
	T4	56.64	59.24	57.94a	0.9430bcd	1.0128bc	0.9779	0.4745bc	0.4840bc	0.4793
	T6	55.87	59.51	57.69a	0.8265de	1.0365b	0.9315	0.3993cd	0.5205b	0.4599
	Ort.	55.38	58.80	57.09	0.8680	1.0938	0.9809	0.4029	.5277	0.4653
	Varyans Analizi									
	T	3.23-0.043*			47.38-<.001***			21.30<.001***		
	Y	18.79-<.001***			222.70-<.001***			92.09-<.001***		
	T*Y	0.12-0.947Öd			29.14-<.001***			12.35-<.001***		
	Lsd. T	2.320			0.08171			0.07025		
	Lsd. Y	3.012			0.05778			0.04968		
	Lsd. T*Y	3.280			0.11555			0.09935		
	CV (%)	1.6			3.0			4.7		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil;

*** %0.1 düzeyinde önemli

4.2.8. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte SPAD değerleri ile klorofil-a ve klorofil-b parametreleri üzerine etkisi

kalsiyum ile biyozenginleştirmenin çeltikte klorofil-a, klorofil-b ve SPAD değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.26’de gösterilmiştir. İÇY’de topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin SPAD değerine etkisi istatistiksel olarak bulunmamıştır. Klorofil-a düzeyine, sadece yapraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde etkisi bulunmuştur. Değerler % 1.031 (T4Y0) ile % 0.597 (T0Y2) arası değişim göstermiştir. Klorofil-b düzeyine, topraktan yapılan uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin etkisi % 1 ($p < 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek klorofil-b değeri % 0.559 ile T4Y0 uygulamasında, en düşük klorofil-b değeri ise % 0.353 ile T0Y2 uygulamasında elde edilmiştir.

GÇY’de ise, topraktan ve yapraktan yapılan uygulamalar ile bunların interaksiyonunun SPAD değerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Klorofil-a düzeyi üzerine yaprak uygulamalarının etkisi % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek klorofil-a değeri % 0.961 T4Y0 uygulamasında, en düşük klorofil-a değeri ise % 0.699 ile T0Y0 uygulamasında elde edilmiştir. Klorofil-b düzeyine yapraktan uygulamaların etkisi istatistiksel açıdan % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre, en yüksek klorofil-b değeri % 0.562 ile T2Y0

uygulamasında, en düşük klorofil-b değeri ise % 0.323 ile T0Y2 uygulamasında elde edilmiştir.

Çizelge 4.26. Kalsiyum uygulamalarının yaprak örneklerinde klorofil-a, klorofil-b ve SPAD değerleri üzerine etkisi.¹

İÇY		Parametreler								
		SPAD			KLOROFİL a			KLOROFİL b		
	Uygu. Kg/da	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.			
	T0	55.11	55.35	5.23	0.739	0.597	0.668	0.433	0.353	0.393b
	T2	58.15	56.82	7.49	0.949	0.888	0.918	0.583	0.426	0.504a
	T4	56.62	56.98	6.80	1.031 ²	0.686	0.859	0.559	0.485	0.522a
	T6	57.30	58.40 ¹	7.85	1.004	0.786	0.895	0.530	0.408	0.469a
	Ort.	56.80	56.89	56.84	0.931a	0.739b	0.835	0.526	0.418	0.472
	Varyans Analizi									
	T	2.50- 0.084Öd			2.91- 0.055 Öd			4.96- 0.009*		
Y	0.02- 0.899Öd			8.22-0.008*			17.83- <.001**			
T*Y	0.49- 0.696Öd			0.82-0.496 Öd			0.57- 0.643Öd			
Lsd. T	2.139			0.1949			0.0756			
Lsd. Y	1.512			0.1378			0.0534			
Lsd. T*Y	3.025			0.2756			0.1069			
CV (%)	3.6			1.5			5.2			
GÇY		Parametreler								
		SPAD			KLOROFİL a			KLOROFİL b		
	Uygu. Kg/da	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
	T0	50.90	52.99	51.94	0.699	0.554	0.626	0.403	0.323	0.363
	T2	51.33	53.37	52.35	0.896	0.844	0.870	0.562	0.406	0.484
	T4	52.14	55.50	53.82	0.961	0.633	0.797	0.537	0.462	0.499
	T6	53.87	57.40	55.63	0.944	0.741	0.842	0.485	0.401	0.443
	Ort.	52.06	54.81	53.44	0.875a	0.693b	0.784	0.497a	0.398b	0.447
	Varyans Analizi									
	T	1.28- 0.306 Öd			2.69-0.072 Öd			4.93- 0.010 Öd		
	Y	3.48- 0.076 Öd			7.48-0.012*			12.80- 0.002**		
	T*Y	0.07- 0.974 Öd			0.75- 0.535 Öd			0.48- 0.701 Öd		
	Lsd. T	4.342			0.1960			0.1104		
	Lsd. Y	3.070			0.1386			0.0780		
	Lsd. T*Y	6.140			0.2772			0.1561		
	CV (%)	9.0			2.8			3.3		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil; * %5 düzeyinde önemli; **: %1 düzeyinde önemli;

4.3. Saman Analizleri

4.3.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde azot ve protein içeriği üzerine etkisi

Magnezyum uygulamalarının saman örneklerindeki toplam azot ve protein konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.27’de gösterilmiştir. İÇY’de topraktan yapılan magnezyum uygulamasının etkisi istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Yapraktan uygulamaların etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, toprak x yaprak interaksyonunun samanda azot ve protein içerikleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Samanda azot içeriği değerleri % 0.62 (T0Y0) ile % 1.35 (T6Y2) arasında değişim göstermiştir. Protein oranı, azot oranının sabit bir rakam (6,25) ile çarpılması şeklinde elde edildiğinden dolayı sonuçlar azot miktarı ile benzerdir. Magnezyum nitrat gübresinin dozları arttıkça protein oranının

da arttığı görülmektedir. Bu sonuçlar ile topraktan ve yapraktan uygulanan magnezyum gübresinin samanda azot ve protein içerikleri üzerine etkili olduğu anlaşılmaktadır.

GÇY’de ise toprak uygulamalarının etkisinin istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Yapraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksyonunun ise samanda azot ve protein içerikleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalar arasında samanda azot içeriği % 0.68 (T0Y0) ile %1.23 (T6Y2) arasında değişim göstermiştir. Protein içeriği % 7.67 (T6Y0) ile % 2.82 (t0Y2) arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre topraktan ve yapraktan uygulanan magnezyum gübresinin azot ve protein içerikleri üzerine önemli bir farklılık oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.27. Magnezyum uygulamalarının saman örneklerinde azot ve protein içeriği üzerine etkileri.¹

İÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	0.62	0.85	0.74b	3.90	5.29	4.60b
	T2	0.98	1.13	1.06a	6.13	7.08	6.60a
	T4	1.25	1.25	1.25a	7.79	7.83	7.81a
	T6	1.30	1.35	1.32a	8.12	8.44	8.28a
	Ort.	1.04	1.15	1.09	6.48	7.16	6.82
	Varyans Analizi						
	T	24.58- <.001***			24.58- <.001***		
Y	4.17- 0.050*			4.17- 0.050*			
T*Y	0.85- 0.482 Öd			0.85- 0.482 Öd			
Lsd. T	0.156			0.974			
Lsd. Y	0.110			0.689			
Lsd. T*Y	0.220			1.377			
CV (%)	18.0			18.0			

GÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	0.68	0.45	0.57b	4.25	2.83	3.54b
	T2	0.74	0.79	0.77ab	4.66	4.94	4.80ab
	T4	0.91	0.98	0.95ab	5.71	6.12	5.91ab
	T6	1.23	1.10	1.17a	7.67	6.90	7.29a
	Ort.	0.89	0.83	0.86	5.57	5.20	5.38
	Varyans Analizi						
	T	11.00-<.001***			11.00-<.001***		
Y	0.60- 0.446 Öd			0.60- 0.446 Öd			
T*Y	0.83-0.490 Öd			0.83-0.490 Öd			
Lsd. T	0.309			1.928			
Lsd. Y	0.218			1.363			
Lsd. T*Y	0.436			2.727			
CV (%)	5.6			5.6			

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. *, %5 düzeyinde önemli. öd: önemli değil;
*** %0.1 düzeyinde önemli

4.3.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde azot ve protein içeriği üzerine etkisi

Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerindeki toplam azot ve protein konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.28’de gösterilmiştir. Buna göre, hem GÇY’de hem de İÇY’de topraktan ve yapraktan yapılkalsiyum uygulamaları ile bunların interaksyonlarının saman örneklerindeki toplam azot ve protein konsantrasyonu üzerine istatistiksel olarak etkisi bulunmamıştır.

Çizelge 4.28. Kalsiyum uygulamasının saman örneklerinde azot ve protein içeriği üzerine etkisi¹

İÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	0.90	1.24	1.07	5.63	7.76	6.69
	T2	1.20	1.05	1.13	7.50	6.57	7.04
	T4	1.00	1.08	1.04	6.23	6.76	6.49
	T6	1.09	1.23 ²	1.16	6.82	7.70	7.26
	Ort.	1.05	1.15	1.10	6.54	7.20	6.87
	Varyans Analizi						
	T	0.42-0.743Öd			0.42-0.743Öd		
Y	1.52- 0.231Öd			1.52- 0.231Öd			
T*Y	1.42-0.266Öd			1.42-0.266Öd			
Lsd. T	0.249			1.559			
Lsd. Y	0.176			1.102			
Lsd. T*Y	0.353			2.205			
CV (%)	6.0			6.0			
GÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	0.95	1.11	1.03	5.94	6.93	6.44
	T2	1.02	1.14	1.08	6.40	7.10	6.75
	T4	1.17	1.27	1.22	7.34	7.96	7.65
	T6	1.13	1.08	1.11	7.09	6.73	6.91
	Ort.	1.07	1.15	1.11	6.69	7.18	6.94
	Varyans Analizi						
	T	1.20- 0.335 Öd			1.20- 0.335 Öd		
	Y	1.08-0.310 Öd			1.08-0.310 Öd		
	T*Y	0.39-0.763 Öd			0.39-0.763 Öd		
	Lsd. T	0.222			1.385		
	Lsd. Y	0.157			0.980		
	Lsd. T*Y	0.314			1.959		
	CV (%)	8.7			8.7		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklı. öd: önemli değil;

4.3.3. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde makro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Magnezyum uygulamalarının saman örneklerindeki makro element konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.29'da gösterilmiştir. Sonuçları incelediğimizde İÇY'de samanda fosfor konsantrasyonu üzerine topraktan ve yapraktan yapılan uygulamalar ile topraktan x yapraktan interaksiyonunun etkisi % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Samanda fosfor değerleri % 0.06 ile % 0.16 arasında değişim göstermiştir. GÇY'de ise topraktan ve yapraktan magnezyum uygulamalarının etkisi % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.02 ile % 0.05 arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan magnezyum uygulamaları ile topraktan x yapraktan nününaksiyonunun samanda potasyum içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulanan magnezyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki potasyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Potasyum değerleri % 0.98 ile

%1.39 arasında değişim göstermiştir. GÇY’de ise topraktan magnezyum uygulaması ile toprak x yaprak interaksiyonunun etkisinin % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Yapraftan uygulanan magnezyum nitratgübresinin saman örneklerindeki potasyum konsantrasyonları üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsizdir. Potasyum değerleri % 0.95 ile % 1.24 arasında değişim göstermiştir.

İÇY’de topraktan ve yapraftan magnezyum uygulamalarının samanda magnezyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Saman örneklerinde magnezyum değerleri % 0.14 ile % 0.24 arasında değişim göstermiştir. GYÇ’de ise topraktan ve yapraftan magnezyum uygulamalarının samanda magnezyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca, toprak x yaprak interaksiyonunun saman örneklerindeki magnezyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum değerleri % 0.15 ile % 0.22 arasında değişim göstermiştir.

İÇY’de topraktan ve yapraftan yapılan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksiyonunun samanda kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Samanda kalsiyum değerleri % 0.29 ile % 0.72 arasında değişim göstermiştir. GÇY’de ise topraktan ve yapraftan yapılan magnezyum uygulamaları ile toprak x yaprak interaksiyonunun samanda kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Samanda kalsiyum değerleri % 0.21 ile % 0.42 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.29. Magnezyum uygulamasının saman örneklerinde makroelement kapsamı üzerine etkisi¹

	Uygulamalar (Kg/da)	Parametreler (%)											
		P			K			Mg			Ca		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	0.06 d	0.09 cd	0.08	1.11 cd	1.24 ^{abc}	1.17	0.14	0.15	0.14c	0.52bc	0.68 a	0.60
	T2	0.12 ^{abc}	0.10bcd	0.11	1.14 bcd	1.39 a ²	1.27	0.16	0.19	0.18bc	0.72 ^a	0.49bc	0.61
	T4	0.09cd	0.15 ab	0.12	1.2bc	1.31ab	1.26	0.20	0.24	0.22a	0.58 ^{ab}	0.42 bcd	0.50
	T6	0.08cd	0.16 a	0.12	1.13 ^{cd}	0.98 d	1.05	0.18	0.22	0.20ab	0.38cd	0.29 d	0.34
	Ort.	0.09	0.13	0.11	1.15	1.23	1.19	0.17	0.20	0.19	0.55	0.47	0.51
	Varyans analizi												
	T	15.09- <.001***			22.00- <.001***			22.08- <.001***			39.60- <.001***		
Y	42.72 - <.001***			14.41 - 0.001**			16.53- <.001***			16.61- <.001***			
T*Y	13.04 - <.001***			16.21- <.001***			1.03- 0.399 Öd			18.48- <.001***			
Lsd. T	0.030			0.114			0.040			0.107			
Lsd.Y	0.021			0.080			0.028			0.076			
Lsd.T*Y	0.043			0.161			0.056			0.152			
CV (%)	10.6			8.4			11.4			14.0			
GÇY	Uygulamalar (Kg/da)	Parametreler (%)											
	P	K			Mg			Ca					
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	0.02c	0.02c	0.02	0.95 d	1.12abc	1.04	0.15c	0.16c	0.16	0.31bc	0.36 ab	0.34
	T2	0.03bc	0.03bc	0.03	1.17 ab	1.11abc	1.14	0.16c	0.17c	0.16	0.42a	0.30bc	0.36
	T4	0.03bc	0.05 a	0.04	1.24 a	1.10 bc	1.17	0.16c	0.22a	0.19	0.34bc	0.29bcd	0.31
	T6	0.03bc	0.04ab	0.04	1.04 bcd	1.01 cd	1.02	0.19b	0.21ab	0.20	0.26cd	0.21 ld	0.24
	Ort.	0.03	0.04	0.03	1.10	1.09	1.09	0.16	0.19	0.18	0.33	0.29	0.31
	Varyans analizi												
	T	16.57- <.001***			10.42- <.001***			19.42- <.001***			28.32- <.001***		
	Y	17.13- <.001***			0.32- 0.578 Öd			24.40- <.001***			16.01- <.001***		
	T*Y	5.90- 0.004**			8.70- <.001***			4.35- 0.016*			12.78- <.001***		
	Lsd. T	0.004			0.090			0.018			0.055		
	Lsd.Y	0.003			0.064			0.013			0.039		
Lsd.T*Y	0.009			0.127			9.8			0.077			
CV (%)	4.9			8.0						14.0			

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklılık önemli değil; *: %5 düzeyinde önemli. **: %1 düzeyinde önemli;

*** %0.1 düzeyinde önemli

4.3.4. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde makro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Kalsiyum uygulamalarının saman örneklerindeki makro element konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.30'da gösterilmiştir. İÇY'de topraktan ve yapraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki fosfor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.1$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.07 ile % 0.14 arasında değişim göstermiştir. En düşük fosfor konsantrasyonu % 0.07 ile T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise % 0.14 ile T2Y0 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY'de ise topraktan uygulamanın saman örneklerinde fosfor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde bulunmuştur. Samanda fosfor değerlerinin % 0.023 ile % 0.053 değişim göstermiştir. En düşük P konsantrasyonu % 0.023 ile T0Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise %0.053 ile T4Y0 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY'de topraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksyonunun saman örneklerindeki potasyum konsantrasyon üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Potasyum değerleri % 1.30 ile % 1.83 arasında değişim göstermiştir. En düşük potasyum konsantrasyonu % 1.30 ile T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer % 1.80 ile T6Y0 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY'de ise topraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksyonunun saman örneklerindeki potasyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.87 ile % 1.23 değişim göstermiştir. En düşük potasyum konsantrasyonu % 0.87 ile T6Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise % 1.23 ile T2Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY'de topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin çeltikte saman örneklerindeki magnezyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki magnezyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Magnezyum değerleri % 0.17 ile % 0.28 arasında değişim göstermiştir. En düşük magnezyum konsantrasyonu % 0.17 ile T6Y0 uygulamasında belirlenirken en yüksek değer olan % 0.28 ile T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY'de ise topraktan ve yapraktan uygulamalar ile topraktan x yapraktan interaksyonunun saman örneklerindeki magnezyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum değerleri % 0.11 ile % 0.20 arasında değişim göstermiştir. En düşük Mg konsantrasyonu % 0.11 ile T6Y0 uygulamasında, en yüksek değer % 0.20 ile T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY'de topraktan ve yapraktan yapılan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksyonunun saman örneklerindeki kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Kalsiyum değerleri % 0.43 ile % 0.83

arasında değişim göstermiştir. En düşük Mg konsantrasyonu % 0.43 ile T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise % 0.83 ile T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de ise topraktan ve yaprakdan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise kalsiyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kalsiyum değerleri % 0.33 ile % 0.73 arasında değişim göstermiştir. En düşük kalsiyum konsantrasyonu % 0.33 ile T0Y0 uygulamasında, en yüksek ise % 0.73 ile T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir.



Çizelge 4.30. Kalsiyum uygulamasının saman örneklerinde makro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler (%)											
		P			K			Mg			Ca		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	0.07e	0.10cd	0.08	1.45bcd	1.30d	1.38	0.18cd	0.23abc	0.21	0.43c	0.52bc	0.48
	T2	0.14 a ²	0.13 ab	0.14	1.44cd	1.61b	1.52	0.19cd	0.21bcd	0.20	0.62bc	0.67ab	0.64
	T4	0.11bc	0.12bc	0.11	1.37cd	1.53bc	1.45	0.20bcd	0.28a	0.24	0.47bc	0.83a	0.65
	T6	0.09de	0.12bc	0.10	1.83a	1.51bc	1.67	0.17d	0.24ab	0.21	0.51bc	0.57bc	0.54
	Ort.	0.10	0.12	0.11	1.52	1.49	1.50	0.19	0.24	0.21	0.51	0.65	0.58
Varyans analizi													
T		38.48- <0.01***			11.59- <0.01***			4.60- 0.013*			11.10- <0.01***		
Y		15.57- <0.01***			0.85- 0.367Öd			42.91- <0.01***			31.66- <0.01***		
T*Y		6.57-0.003**			10.53- <0.01***			2.52- 0.086Öd			8.43- <0.01***		
Lsd T:		0.020			0.110			0.024			0.137		
Lsd Y:		0.014			0.077			0.023			0.097		
Lsd T*Y:		0.021			0.155			0.034			0.193		
CV:		10.8			5.8			7.2			13.2		
Uygulamalar (Ca)													
GÇY	T0	0.028bcd	0.023d	0.026	1.10abc	0.95cd	1.02	0.18ab	0.14cd	0.16	0.33c	0.47bc	0.40
	T2	0.029bcd	0.041b	0.035	1.01bcd	1.23a	1.12	0.16bc	0.18ab	0.17	0.49bc	0.65ab	0.57
	T4	0.053a	0.037bc	0.045	1.15ab	1.07abc	1.11	0.15bc	0.20a	0.18	0.53 abc	0.73a	0.63
	T6	0.034bcd	0.026cd	0.030	1.12ab	0.87d	1.00	0.11d	0.17ab	0.14	0.45bc	0.58ab	0.52
	Ort.	0.036	0.032	0.034	1.10	1.03	1.06	0.15	0.17	0.16	0.45	0.61	0.53
Varyans analizi													
T		8.65- <0.01***			8.76- <0.01***			11.93- <0.01***			12.21- <0.01***		
Y		2.14- 0.158Öd			10.73- 0.004**			25.87- <0.01***			33.28- <0.01***		
T*Y		3.89- 0.023*			24.19- <0.01***			30.37- <0.01***			0.29- 0.830Öd		
Lsd T:		0.0152			0.113			0.022			0.150		
Lsd Y:		0.0059			0.059			0.015			0.106		
Lsd T*Y:		0.0117			0.159			0.031			0.211		
CV		10.8			8.6			8.9			22.2		

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil, **: %1 düzeyinde önemli, *** %0.1 düzeyinde önemli

4.3.5. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde mikro ement konsantrasyonları üzerine etkisi

Uygulanan magnezyum nitrat gübresinin çeltik samanında mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.31'de gösterilmiştir. Buna göre İÇY'de toprak ve yaprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksyonunun samanda çinko üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Dozlar arasında samanda çinko içeriği değerlerinin % 0.892 ile % 1.670 arasında değiştiği görülmüştür. GÇY'de ise topraktan ve yaprakтан uygulamaların samanda çinko içeriği üzerine etkisinin % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Çinko değerleri % 0.55 ile % 1.01 arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan uygulamaların samanda demir içeriği üzerine etkisi % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamalar ve toprak x yaprak interaksyonunun etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Samanda demir içeriği değerleri % 13.6 ile % 42.9 arasında değişim göstermiştir. GÇY'de ise yaprakтан uygulamaların samanda demir içeriği üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Değerler % 12.56 ile % 18.75 arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan ve yaprakтан magnezyum uygulamalarının samanda mangan içeriği üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun ise samanda mangan içeriğine etkisinin % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Değerler 26.46 mg kg⁻¹ (T0Y0) ile 47.22 mg kg⁻¹ (T2Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY'de ise topraktan ve yaprakтан uygulamalarının % 0.1 ($p < 0.005$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Toprak x yaprak interaksyonunun ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Değerler, % 22.97 (T6Y0) ile % 40.69 (T2Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan magnezyum uygulamalarının samanda bakır içeriği üzerine etkisinin % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Yapraktan uygulamaların ise samanda bakır içeriğine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, toprak x yaprak interaksyonunun etkisinin % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Samanda elde edilen bakır değerleri % 0.22 (T2Y2) ile % 0.26 (T6Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY'de ise topraktan yapılan magnezyum uygulamalarının samanda bakır içeriği üzerine etkisi % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yaprak uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş iken toprak x yaprak interaksyonunun etkisi ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Saman örneklerinde bakır değerlerinin % 0.24 (T2Y2) ile % 0.32 (T6Y2) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Magnezyum uygulamasının saman örneklerinde mikroelement kapsamı üzerine etkisi¹

	Uygulamalar (Kg/da)	Parametreler (mg kg ⁻¹)											
		Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	1.278b	1.183b	1.231	14.0	13.6	13.8b	0.23ab	0.24ab	0.23	26.46d	39.52b	32.99
	T2	1.670a	0.942b	1.306	15.7	15.8	15.8ab	0.25ab	0.22b	0.23	36.31bc	47.22a	41.77
	T4	1.029b	0.980b	1.005	42.9	27.5	35.2a	0.23ab	0.25a	0.24	31.95cd	34.71bcd	33.33
	T6	1.075b	0.892b	0.984	19.0	19.1	19.1ab	0.24ab	0.26a	0.25	29.43cd	33.13bcd	31.28
	Ort.	1.263	0.999	1.131	22.9	19.0	21.0	0.24	0.24	0.24	31.04	38.64	34.84
	Varyans analizi												
	T	10.01-<001***			4.43- 0.015*			3.15- 0.046*			16.18- <001***		
GÇY	Y	26.70-<001***			0.70- 0.413 Öd			1.04- 0.318 Öd			42.35- <001***		
	T*Y	9.46-<001***			0.69- 0.569 Öd			10.19- <001***			4.84 -0.010**		
	Lsd. T	0.2761			13.60			0.012			6.315		
	Lsd. Y	0.1952			9.62			0.008			4.466		
	Lsd.T*Y	0.3905			19.24			0.030			4.863		
	CV (%)				24.9			8.6			9.8		
	Parametreler (mg kg ⁻¹)												
	Uygulamalar (Kg/da)	Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GÇY	T0	0.93	0.73	0.83ab	18.29	13.15	15.72	0.27abc	0.27abc	0.27	31.80	38.04	34.92ab
	T2	1.01	0.85	0.93a	18.75	12.56	15.65	0.30ab	0.24 c	0.27	36.39	40.69	38.54a
	T4	0.80	0.69	0.75bc	14.60	12.75	13.68	0.25 bc	0.31ab	0.28	27.57	33.08	30.32bc
	T6	0.68	0.55	0.60c	14.48	14.22	14.35	0.29abc	0.32a	0.31	22.97	30.21	26.59c
	Ort.	0.85	0.70	0.78	16.53a	13.17b	14.85	0.28	0.27	0.28	29.68	35.50	32.59
	Varyans analizi												
	T	28.09-<001***			0.65- 0.590 Öd			3.09- 0.049*			18.82 -<001***		
GÇY	Y	34.58-<001***			7.30- 0.013*			0.44- 0.516 Öd			23.33 - <001***		
	T*Y	0.58- 0.632 Öd			1.24- 0.320 Öd			6.77-0.002**			0.26 - 0.852 Öd		
	Lsd. T	0.141			3.660			0.030			6.509		
	Lsd. Y	0.100			2.588			0.028			4.602		
	Lsd.T*Y	0.199			5.176			0.057			9.205		
	CV (%)	4.5			6.2			22.5			8.2		

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar: * : %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; ** : %1 düzeyinde önemli; *** : %0.1 düzeyinde önemli

4.3.6. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin saman örneklerinde mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Yapılan çalışmada saman örneklerindeki mikro element konsantrasyonları üzerine uygulamaların etkisi Çizelge 4.32’de gösterilmiştir. İÇY’de kalsiyum nitrat gübrelemesinin samanda çinko konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir. GÇY’de ise topraktan uygulamaların saman örneklerindeki çinko konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yaprak uygulamalarının etkisi ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Öte yandan, toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler, uygulamalara göre % 0.49 ile % 1.86 arasında değişim göstermiştir. En düşük Zn konsantrasyonu T6Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T4Y0 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY’de topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki demir konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamalarının % 1 ($p < 0.05$)

düzeyinde önemli farkı bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Demir değerleri % 9.6 ile % 37.6 arasında değişim göstermiştir. En düşük demir konsantrasyonu % 9.6 ile T6Y2 uygulamasında belirlenirken en yüksek değer % 37.6 ile T4Y0 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de ise topraktan uygulamaların saman örneklerindeki demir konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Demir değerleri % 12.83 ile % 24.79 arasında değişim göstermiştir. En düşük demir konsantrasyonu % 12.83 ile T2Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise % 24.79 ile T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY’de topraktan ve yaprakyan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin saman örneklerindeki mangan konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun saman örneklerindeki mangan konsantrasyonları üzerine etkisi ise istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Mangan değerleri % 27.1 ile % 62.1 arasında değişim göstermiştir. En düşük mangan konsantrasyonu % 27.1 ile T0Y0 uygulamasında belirlenmiş iken en yüksek değer olan % 62.1 değeri ise T0Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de ise topraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksiyonunun saman örneklerindeki mangan konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Mangan değerleri % 25.06 ile % 45.87 arasında değişim göstermiştir. En düşük mangan konsantrasyonu % 25.06 ile T6Y2 uygulamasında belirlenirken en yüksek değer olan % 45.87 ile T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY’de topraktan uygulamaların saman örneklerindeki bakır konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yapraktan uygulamalar ile toprak x yaprak interaksiyonunun etkileri % 5 düzeyinde etkisi bulunmuştur. Bakır değerleri % 0.35 ile % 0.59 arasında değişim göstermiştir. En düşük bakır konsantrasyonu % 0.35 ile T0Y2 ve T2Y2 uygulamalarında belirlenmiş iken en yüksek değer olan % 0.59 değeri ise T6Y0 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de ise topraktan ve yapraktan kalsiyum uygulamaları ile topraktan x yaprak interaksiyonunun bakır konsantrasyonları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Kalsiyum uygulamasının saman örneklerinde mikro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler (mg kg ⁻¹)											
		Zn			Fe			Mn			Cu		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	1.71a	1.21a	1.46	12.7	14.1	13.4b	27.1d	62.19a	44.6	0.56a	0.35c	0.45
	T2	1.27a	1.24a	1.46	22.3	12.0	17.2b	29.3cd	56.6ab	42.9	0.53ab	0.35c	0.44
	T4	1.11a	1.45a	1.46	37.6 ²	16.8	27.2a	39.8bcd	35.2cd	37.5	0.39bc	0.46abc	0.42
	T6	1.35a	1.53a	1.46	21.4	9.6	15.5b	46.6abc	42.6bcd	44.6	0.59a	0.52 ^{ab}	0.55
	Ort.	1.36	1.36	1.36	23.5	13.1	18.3	44.5	40.4	42.4	0.52	0.42	0.47
Varyans analizi													
T	0.50- 0.689 Öd			3.40- 0.037*			2.09- 0.131Öd			2.68- 0.073Öd			
Y	0.00- 0.999 Öd			9.72- 0.005**			3.09- 0.093Öd			8.11- 0.010*			
T*Y	1.44- 0.258 Öd			1.89- 0.162Öd			30.00- <.001***			3.36- 0.038*			
Lsd T	0.446			9.76			12.57			0.103			
Lsd Y	0.315			9.40			8.89			0.073			
Lsd T*Y:	0.630			13.80			17.77			0.146			
CV	10.6			40.7			3.8			24.1			
Uygulamalar (Ca)		Parametreler (mg kg ⁻¹)											
		Zn			Fe			Mn			Cu		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GÇY	T0	0.71bcd	1.21b	0.96	17.15cd	21.66ab	19.40	32.58bcd	28.44cd	30.51	0.63a	0.62a	0.62
	T2	0.57cd	0.59cd	0.58	12.83d	17.70cd	15.26	39.37ab	36.70abc	38.03	0.62a	0.62a	0.62
	T4	1.86a	1.09bc	1.47	14.08de	24.79a	19.43	34.45bcd	45.87a	40.16	0.51a	0.63a	0.57
	T6	0.76bcd	0.49d	0.62	16.06cde	19.29bc	17.67	31.89bcd	25.06d	28.48	0.51a	0.63a	0.57
	Ort.	0.98	0.84	0.91	15.03	20.86	17.94	34.57	34.02	34.29	0.57	0.62	0.60
Varyans analizi													
T	11.01- <.001***			5.45- 0.006**			20.42- <.001***			0.87- 0.472Öd			
Y	1.14- 0.298Öd			47.94- <.001***			0.19- 0.664Öd			2.69- 0.116Öd			
T*Y	4.49- 0.014*			3.90- 0.023*			10.58- <.001***			1.09- 0.374Öd			
Lsd T	0.499			3.371			6.781			0.096			
Lsd Y	0.259			3.216			4.795			0.068			
Lsd T*Y:	0.518			3.502			9.589			0.136			
CV	41.9			19.6			6.6			7.8			

1. Değerler 4 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklılık: *; %5 düzeyinde önemli, ö.d: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

4.4. Çeltik Danelerinde Besin Elementlerinin Durumu

4.4.1. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin danede azot ve protein konsantrasyonları üzerine etkisi

Magnezyum ile biyozenginleştirmenin çeltik danelerinde toplam azot ve protein konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.33'te gösterilmiştir. İÇY'de topraktan ve yaprakta magnezyum uygulamalarının etkisi % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Magnezyum uygulamaları açısından toprak x yaprak interaksiyonunun etkisi % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 2.13 ile % 2.64 arasında değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir. Protein oranı, azot oranının 6.25 katsayısı ile çarpılması sonucu elde edildiğinden dolayı sonuçlar benzerlik göstermektedir. En düşük protein değeri % 13.28 ile T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise %16.49 ile T6Y2 uygulamasında elde edilmiştir. GÇY'de toprak ve yaprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksiyonunun danede azot konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Azot değerleri % 1.92 (T0Y0) ile % 2.18 (T4Y2) arasında değişim göstermiştir. Tanede protein içeriği ise en düşük T0Y0 (% 12.00) uygulamasında, en yüksek ise T4Y2 (% 13.62) uygulamasında belirlenmiştir.

Osmancık 97 çeşidinin danelerindeki azot ve protein içeriklerin değişimlerine uygulanan Mg'lu gübrenin azot içeriğinin neden olduğu düşünülmektedir. Nitekim, magnezyum nitratın bünyesinde % 15.4 MgO ve % 10.8 nitrat yer almaktadır. Magnezyum nitrat gübresinin artan dozlarında danelerin azot ve protein içerikleri de artmıştır. Çeltik danelerinin besin bileşimi bitki çeşidine ve işlenme koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Besinlerin endosperm içindeki dağılımı heterojendir ve dokular arasında farklılık göstermektedir. De Man ve Chartron (2015) kahverengi ve beyaz pirincin besin bileşimlerini gösteren bilimsel çalışmaları bir araya toplamışlardır. Bu çalışmalara göre kahverengi pirincin protein oranı % 4.3 ile % 18.2 arasında değişirken, beyaz pirincin ise protein oranı % 4.5 ile % 10.5 arasında değişmektedir. Azot ve protein seviyelerine ilişkin araştırmamızda elde edilen sonuçlara göre danelerdeki azot ve protein seviyelerinin yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.33. Magnezyum uygulamasının danede azot ve protein içeriği üzerine etkisi¹

İÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	2.13e2	2.36bcd	2.24	13.28e	14.77bcd	14.03
	T2	2.18de	2.41bc	2.29	13.61de	15.06bc	14.03
	T4	2.44b	2.47ab	2.45	15.23b	15.43ab	14.03
	T6	2.24cde	2.64a	2.44	14.01cde	16.49a	14.03
	Ort.	2.25	2.47	2.36	14.03	15.44	14.74
	Varyans Analizi						
	T	11.13- <.001***			11.13- <.001***		
Y	51.17- <.001***			51.17- <.001***			
T*Y	5.67- 0.005**			5.67- 0.005**			
Lsd. T	0.213			1.328			
Lsd. Y	0.150			0.939			
Lsd. T*Y	0.178			1.112			
CV (%)	9.0			9.0			
GÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	1.92e	1.95de	1.94	12.02e	12.18de	12.10
	T2	1.98cde	2.06abcd	2.02	12.35cde	12.87abcd	12.61
	T4	2.01bcde	2.18a	2.10	12.57bcde	13.62a	13.09
	T6	2.13ab	2.09abc	2.11	13.32ab	13.08abc	13.20
	Ort.	2.01	2.07	2.04	12.57	12.94	12.75
	Varyans Analizi						
	T	28.53- <.001***			28.53- <.001***		
	Y	15.55- <.001***			15.55- <.001***		
	T*Y	8.31- <.001***			8.31- <.001***		
	Lsd. T	0.082			0.509		
	Lsd. Y	0.058			0.360		
	Lsd. T*Y	0.115			0.720		
	CV (%)	1.7			1.7		

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar. **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

4.4.2. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin danede azot ve protein içeriği üzerine etkisi

İÇY’de topraktan ve yapraktan kalsiyum uygulamaları ile bunların interaksyonlarının danede azot ve protein içeriği üzerine etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.34).GÇY’de ise topraktan uygulamaların danelerdeki azot ve protein konsantraslarına etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi istatistiki açıdan % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak ve yaprak interaksyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Değerler % 2.311 ile % 2.051 değişim göstermiştir. En düşük azot değeri T2Y0 uygulamasında, en yüksek azot değeri ise T6Y0 uygulamasında belirlenmiştir. Protein değerleri % 12.82 (T2Y2) ile % 14.45 (T6Y0) arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.34. Kalsiyum uygulamasının danede azot ve protein içeriği üzerine etkisi

İÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler (%)					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	2.47a	2.52a	2.49	15.41	15.75	15.58
	T2	2.53a	2.54a	2.49	15.84	15.89	15.58
	T4	2.60a	2.58a	2.49	16.24	16.13	15.58
	T6	2.59a	2.50a	2.49	16.16	15.64	15.58
	Ort.	2.55	2.54	2.54	15.91	15.85	15.88
	Varyans Analizi						
	T	0.64-0.600Öd			0.64-0.600 Öd		
Y	0.04- 0.851Öd			0.04- 0.851 Öd			
T*Y	0.33-0.801Öd			0.33-0.801 Öd			
Lsd. T	0.146			0.911			
Lsd. Y	0.103			0.644			
Lsd. T*Y	0.206			1.288			
CV (%)	3.4			3.4			
GÇY	Uygu. Kg/da	Parametreler					
		N			Protein		
	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	
	T0	2.2	2.1	2.1b	13.61	12.98	13.30b
	T2	2.2	2.1	2.1b	13.70	12.82	13.26b
	T4	2.2	2.1	2.1b	13.89	12.91	13.40b
	T6	2.3	2.2	2.3a	14.45	13.96	14.21a
	Ort.	2.2	2.1	2.2	13.91	13.17	13.54
	Varyans Analizi						
	T	3.24-0.043*			3.24-0.043*		
	Y	8.89- 0.007**			8.89- 0.007**		
	T*Y	0.21- 0.885 Öd			0.21- 0.885 Öd		
	Lsd. T	0.12			0.731		
	Lsd. Y	0.11			0.704		
	Lsd. T*Y	0.17			1.034		
	CV (%)	3.9			3.9		

Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır. 2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli.

4.4.3. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin danelerin makro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Magnezyum ile biyozenginleştirmenin çeltik danelerinin makro element konsantrasyonları üzerine etkisi Çizelge 4.35’de gösterilmiştir. İÇY’de topraktan ve yapraktan magnezyum uygulamalarının ve toprak x yaprak interaksiyonunun danelerin fosfor içeriği üzerine etkileri istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.53 (T4Y0) ile % 0.65 (T6Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY’de topraktan ve yapraktan magnezyum nitrat uygulaması ile toprak x yaprak interaksiyonunun danelerin fosfor konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre değerler % 0.24 (T0Y0) ile % 0.31 (T4Y2) arasında değişim göstermiştir. De Man ve Chartron (2015)’un tarafından bildirildiğine göre, çeltik danesinde fosfor içeriği 1.7 mg/g ila 4.3 mg/g arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, GÇY’de danedeki fosfor içeriğinin yeterli olduğu ancak İÇY’de danedeki fosfor içeriğinin ise fazla olduğu görülmektedir.

İÇY’de topraktan magnezyum uygulamasının danedeki potasyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisinin ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Toprak x yaprak interaksiyonunun danelerin potasyum içeriği üzerine

etkisinin istatistiki açıdan % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Danelerdeki potasyum değerleri % 0.36 ile % 0.47 arasında değişim göstermiştir. En düşük değer T6Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T2Y0 uygulamasında elde edilmiştir. GÇY’de hem topraktan hem de yapraktan yapılan uygulamaların danede potasyum içeriği üzerine etkilerinin istatistiki açıdan % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Değerler % 0.27 (T6Y2) ile % 0.33 (T2Y0) arasında değişim göstermiştir. De Man ve Chartron (2015)’a göre göre, çeltik danesinin potasyum içeriği 0.6 mg/g ila 2.8 mg/g arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, hem GÇY hem de İÇY’de danedeki potasyum içeriğinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

İÇY’de topraktan ve yapraktan magnezyum uygulamalarının danelerdeki magnezyum içeriğine etkisinin istatistiki açıdan % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisinin ise istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde etkisi bulunmuştur. Danede magnezyum değerlerinin % 0.12 (T0Y0) ile % 0.15 (T6Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY’de ise toprak ve yaprak uygulamalarının danelerin magnezyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonunun etkisinin ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Değerler % 0.052 (T0Y0) ile % 0.072 (T4Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY’de topraktan ve yapraktan magnezyum uygulamalarının danede kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmışken, toprak x yaprak interaksiyonunun etkisinin istatistiki açıdan % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Değerler % 0.003 ile % 0.028 arasında değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında belirlenirken, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de ise toprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksiyonunun danelerdeki kalsiyum konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiki olarak % 0.01 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Yaprak uygulamalarının etkisi ise istatistiki açıdan % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.003 (T0Y0) ile % 0.014 (T2Y2) arasında değişim göstermiştir. De Man ve Chartron (2015) bildirdiğine göre, çeltik danelerinde kalsiyum içeriği 0.1 mg/g ila 0.5 mg/g arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, genel olarak GÇY’de tanede kalsiyum içeriğinin düşük İÇY’de ise yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.35. Magnezyum uygulamasının danede makro element kapsamı üzerine etkisi¹

	Uygulamalar (kg/da)	Parametreler (%)											
		P			K			Mg			Ca		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	0.55 de	0.56 cde	0.56	0.41cd	0.38de	0.40	0.12e	0.13cd	0.12	0.003c	0.013bc	0.008
	T2	0.62 ab	0.60abcd	0.61	0.47 a ²	0.458ab	0.46	0.13bc	0.14ab	0.14	0.019ab	0.009bc	0.014
	T4	0.53 e	0.61abc	0.57	0.38de	0.43bc	0.41	0.12de	0.14ab	0.13	0.016ab	0.005bc	0.011
	T6	0.58bcde	0.65 a	0.61	0.408cd	0.36e	0.38	0.13de	0.15a	0.14	0.010bc	0.028a	0.019
	Ort.	0.57	0.60	0.59	0.42	0.41	0.41	0.13	0.14	0.13	0.012	0.014	0.015
	Varyans analizi												
	T	19.06 -<001***	14.11 -<001***	8.14 -<001***	2.52 -086Öd	0.21 -0.0654Öd	5.44 -0.006**	0.0091	0.0065	0.0129	52.7		
GCY	Y	25.17 -<001***	1.23 - 0.280Öd	42.32 -<001***	3.11 -0.048*	0.011	0.008	0.008	0.0129	7.4			
	T*Y	15.59 -<001***	4.35 - 0.016*	0.050	0.035	0.038	7.1						
	Lsd. T	0.034											
	Lsd. Y	0.024											
	Lsd. T*Y	0.048											
	CV (%)	6.0											
	Varyans analizi												
	Uygulamalar (kg/da)	Parametreler (%)											
		P			K			Mg			Ca		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GCY	T0	0.24 d	0.25cd	0.24	0.32 ab	0.28 d	0.30	0.052f	0.060d	0.056	0.003 c	0.011ab	0.007
	T2	0.25 cd	0.29ab	0.27	0.33 a	0.31abc	0.32	0.056e	0.062d	0.059	0.009 ^{abc}	0.014a	0.012
	T4	0.27 bc	0.31 a	0.29	0.32 ab	0.28 cd	0.30	0.061d	0.072 a	0.066	0.008 ^{abc}	0.006	0.007
	T6	0.28abc	0.26 ^{bcd}	0.27	0.29 bcd	0.27 d	0.28	0.066c	0.069b	0.067	0.007bc	0.004bc	0.005
	Ort.	0.26	0.28	0.27	0.31	0.28	0.30	0.059	0.066	0.062	0.007	0.009 c	0.008
	Varyans analizi												
	T	25.07 -<001***	20.49 -<001***	78.98 -<001***	11.18 -<001***	6.04 - 0.023*	10.37 -<001***	0.0016	0.0042	0.0060	43.5		
GCY	Y	22.60 -<001***	63.30 -<001***	114.38 -<001***	6.22 - 0.003**	0.0034	0.0024	0.0036	11.2				
	T*Y	11.10 -<001***	1.51 - 0.241Öd	0.011	0.015	0.015	7.5						
	Lsd. T	0.022											
	Lsd. Y	0.015											
	Lsd. T*Y	0.031											
	CV (%)	4.4											
	Varyans analizi												

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; **, %1 düzeyinde önemli; ***, %0.1 düzeyinde önemli

4.4.4. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin danelerin makro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Kalsiyum uygulamalarının çeltik danelerindeki makro elementlerin konsantrasyonları üzerine etkileri Çizelge 4.36'da gösterilmiştir. İÇY'de toprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksyonunun danelerdeki fosfor içeriği üzerine etkilerinin istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Yaprak uygulamalarının etkisi ise istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Değerler % 0.54 (T4Y2) ile % 0.62 (T6Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY'de isetopraktan uygulama ile toprak x yaprak interaksyonunun danelerin fosfor konsantrasyonları üzerine etkileri istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yaprak uygulamalarının etkisi ise istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.23 (T4Y0) ile % 0.35 (T4Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan ve yapraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin çeltik danelerinin potasyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.1$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi ise istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.32 (T2Y2) ile % 0.40 (T4Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY'de toprak ve yaprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksyonunun danelerdeki potasyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler % 0.26 (T4Y0) ile % 0.37 (T2Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin danelerdeki magnezyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yaprak uygulaması ile toprak x yaprak interaksyonunun ise danelerdeki magnezyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 1004.4 ppm ile 1129.2 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük magnezyum değeri T4Y2 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY'de toprak ve yaprak uygulamaları ile toprak x yaprak interaksyonunun danelerdeki magnezyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 489.2 ppm (T4Y0) ile 760.7 ppm (T4Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY'de topraktan ve yapraktan yapılan uygulamaların çeltik danelerindeki kalsiyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun danelerdeki kalsiyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Değerler 47.6 ppm ile 258.1 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük kalsiyum değeri T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY'de ise topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin danelerdeki kalsiyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan yapılan uygulamaların etkisi istatistiki açıdan % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksyonunun etkisi ise istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 43.0 ppm ile 201.9 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük kalsiyum değeri T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T6Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.36. Kalsiyum uygulamasının danede makro element kapsamı üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler (%)											
		P			K			Mg			Ca		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	0.57bc	0.59ab	0.58	0.34cd	0.33d	0.33	0.108abc	0.105cd	0.107	0.005	0.013	0.09b
	T2	0.57bc	0.56bc	0.56	0.39ab	0.32d	0.36	0.106bcd	0.105cd	0.105	0.008	0.012	0.010b
	T4	0.60ab	0.54 c	0.57	0.35cd	0.32d	0.34	0.112ab	0.100d	0.106	0.009	0.021	0.015b
	T6	0.58abc	0.62a ²	0.60	0.40a	0.36bc	0.38	0.112ab	0.113a	0.112	0.019	0.026	0.022a
	Ort.	0.58	0.58	0.58	0.37	0.34	0.35	0.109	0.106	0.108	0.010	0.018	0.014
Varyans analizi													
T	8.11-<.001***			11.83- <.001***			5.94- 0.004**			24.15-<.001***			
Y	0.47-0.499 Öd			26.67- <.001***			6.86- 0.016*			37.35-<.001***			
T*Y	18.03-<.001***			3.62- 0.030*			4.07- 0.020*			1.90-0.161Öd			
Lsd T:	0.029			0.036			0.0053			0.0069			
Lsd Y:	0.021			0.025			0.0028			0.0049			
Lsd T*Y:	0.042			0.038			0.0056			0.0097			
CV:	0.6			6.4			0.3			41.7			
Uygulamalar (Ca)		Parametreler(%)											
		P			K			Mg			Ca		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GÇY	T0	0.31ab	0.26cde	.29	0.33b	0.32b	0.32	0.065b	0.059bcd	0.062	0.004e	0.011bc	0.008
	T2	0.25de	0.25de	0.25	0.28cde	0.37a	0.32	0.054cde	0.053de	0.053	0.006cde	0.010bcd	0.008
	T4	0.23 e	0.35 a	0.29	0.26e	0.31bc	0.28	0.049e	0.076a	0.062	0.008cde	0.005de	0.006
	T6	0.29 bc	0.28bcd	0.28	0.27de	0.30bcd	0.28	0.057bcde	0.062bc	0.060	0.014b	0.020a	0.017
	Ort.	0.27	0.28	0.28	0.28	0.32	0.30	0.056	0.063	0.059	0.008	0.012	0.010
Varyans analizi													
T	16.74- <.001***			13.11-<.001***			14.32-<.001***			18.37-<.001***			
Y	8.35- 0.009**			38.69-<.001***			32.75-<.001***			8.16- 0.009**			
T*Y	54.96- <.001***			10.69-<.001***			42.01-<.001***			3.28-0.041*			
Lsd T	0.027			0.026			0.0060			0.0064			
Lsd Y	0.014			0.018			0.0043			0.0033			
Lsd T*Y:	0.038			0.036			0.0085			0.0049			
CV	6.6			5.8			9.4			14.1			

1. Değerler 4 tekrür ortalamasıdır. 2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar * %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; **: %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

4.4.5. Magnezyum ile biyozenginleştirmenin danelerin mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Yapılan çalışmada Osmancık 97 çeşidinin danelerindeki çinko, demir, mangan, bakır konsantrasyonu Çizelge 4.37’de gösterilmiştir. İÇY’de topraktan magnezyum uygulamasının danede çinko içeriği üzerine etkisi % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulama ise önemsiz bulunmuştur. Toprak x yaprak enteraksiyonunun etkisi % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 46.0 ppm ile 86.2 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük çinko değeri T0Y0 uygulamasında, en yüksek ise T6Y0 uygulamasında elde edilmiştir. GÇY’de topraktan uygulamaların danelerdeki çinko konsantrasyonu üzerine etkisinin % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Yapraktan uygulama ile toprak x yaprak enteraksiyonunun etkileri ise önemsiz bulunmuştur. Değerler 36.9 ppm (T0Y0) ile 83.2 ppm (T0Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY’de hem topraktan hem de yaprakten magnezyum uygulamalarının danelerin demir konsantrasyonu üzerine etkisi % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak enteraksiyonunun etkisi ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 14.62 ppm ile 63.2 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y2 uygulamasında, en yüksek değer T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de topraktan magnezyum nitrat uygulamalarının danelerin demir içeriği üzerine etkisi % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan ve Toprak x yaprak interaksiyonunun ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Değerler 19.6 ppm (T0Y2) ile 64.7 ppm (T4Y2) arasında değişim göstermiştir.

İÇY’de hem toprak hem yaprak ile toprak x yaprak interaksiyonunun danelerdeki mangan konsantrasyonu üzerine etkileri istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 25.96 ppm ile 38.31 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük değer T0Y0 uygulamasında, en yüksek değer ise T4Y2 uygulamasında elde edilmiştir. GÇY’de toprak ve yaprak uygulamalarının danelerdeki mangan içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toprak x yaprak enteraksiyonunun etkisi ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 26.69 ppm (T2Y2) ile 36.44 ppm (T6Y0) arasında değişim göstermiştir.

İÇY’de toprak ve yaprakten ile toprak x yaprak interaksiyonunun danelerdeki bakır konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Değerler 5 ppm (T0Y0) ile 47 ppm (T4Y2) arasında değişim göstermiştir. GÇY’de de İÇY’de olduğu gibi tüm magnezyum uygulama yöntemlerinin danelerdeki bakır içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Değerler 3 ppm (T0Y2) ile 14 ppm (T4Y2) arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.37. Magnezyum uygulamasının danede mikro element kapsamı üzerine etkisi¹

	Uygulamalar (Kg/da)	Parametreler (mg kg-1)											
		Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2.	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	46.0d	55.6cd	50.8	18.3b	14.6b	16.5	7bc	5c	6	25.96c	27.62de	26.79
	T2	59.1c	65.5bc	62.3	35.6b	61.8a	48.7	14bc	24b	19	30.45cd	33.25bc	31.85
	T4	53.2cd	63.1bc	58.1	29.5b	63.7a	46.6	8bc	47a	28	32.03bc	38.31 a	35.17
	T6	86.2a	71.5b	78.9	25.5b	59.2a ²	42.3	8bc	11bc	10	28.25de	35.09ab	31.67
	Ort.	61.1	63.9	62.5	27.2	49.8	38.5	9	22	16	29.17	33.57	31.37
		Varyans analizi											
	T	18.73 - <001***			18.66 - <001***			21.74- <001***			62.87- <001***		
GÇY	Y	1.04 - 0.320Öd			42.63 - <001***			38.41- <001***			101.96- <001***		
	T*Y	4.58 - 0.013*			6.70 - 0.002**			20.76- <001***			8.58- <001***		
	Lsd. T	14.85			18.68			11.1			2.351		
	Lsd. Y	10.50			13.21			7.9			1.662		
	Lsd. T*Y	21.00			19.59			15.7			3.325		
	CV (%)	12.8			29.2			26.8			9.0		
		Parametreler (mg kg-1)											
	Uygulamalar (Kg/da)	Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2.	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GÇY	T0	45.3	36.9	41.1b	22.8	19.6	21.18b	4b	3b	3	29.10bc	34.40ab	31.75
	T2	83.2	52.0	67.6a	40.7	56.9	48.83a	6b	5 b	5	32.25abc	26.69 c	29.47
	T4	42.8	49.6	46.2b	61.8	64.7	63.25a	4b	14a	9	30.83abc	28.36bc	29.60
	T6	38.8	47.2	43.0b	33.5	46.1	39.83ab	4b	4b	4	36.44 a	28.39bc	32.42
	Ort.	52.5	46.4	49.5 b	39.7	46.8	43.3	4	7	5	32.16	29.46	30.81
		Varyans analizi											
	T	3.82- 0.025*			4.06- 0.020*			38.26- <001***			1.24- 0.319 Öd		
GÇY	Y	0.95- 0.341 Öd			0.66- 0.426Öd			28.09- <001***			4.02- 0.058 Öd		
	T*Y	2.15- 0.124 Öd			0.26- 0.854Öd			41.35- <001***			4.67- 0.012*		
	Lsd. T	18.45			25.70			2.3			3.950		
	Lsd. Y	13.04			18.17			1.6			2.793		
	Lsd. T*Y	26.09			36.35			3.2			5.586		
	CV (%)	16.2			15.9			34.3			3.7		
		Parametreler (mg kg-1)											

1. Değerler 4 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; **, %1 düzeyinde önemli; ***, %0.1 düzeyinde önemli

4.4.6. Kalsiyum ile biyozenginleştirmenin danelerin mikro element konsantrasyonları üzerine etkisi

Yapılan çalışmada Osmancık 97 çeşidinin danelerindeki mikro element konsantrasyonları Çizelge 4.38’de gösterilmiştir. İÇY’de artan dozlarda kalsiyum nitrat gübrelemesinin (topraktan, yapraktan ve interaksiyon) danede çinko (Zn) konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Değerler, 38 ppm ile 256 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük Zn konsantrasyonu T2Y0 uygulamasında belirlenmişken en yüksek değer T0Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de topraktan uygulamaların danelerin çinko konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde, yapraktan uygulamaların etkisinin ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Topraktan x yapraktan interaksiyonunun etkisi istatistiksel bakımından önemsiz bulunmuştur. Değerler 46.18 ppm ile 67.9 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük Zn konsantrasyonu T2Y0 uygulamasında belirlenirken en yüksek ise T0Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY’de topraktan uygulamaların danelerdeki demir konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi ise istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonu ise % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 28.5 ppm ile 176.5 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük Fe konsantrasyonu T6Y2 uygulamasında belirlenmiş iken en yüksek T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin Osmancık 97 çeşidinin danelerindeki demir (Fe) konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yapraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin danelerdeki Fe konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak x yaprak interaksiyonu ise % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 32.4 ppm ile 99.8 arasında değişim göstermiştir. En düşük Fe konsantrasyonu T0Y0 uygulamasında, en yüksek ise T0Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY’de topraktan uygulanan kalsiyum nitrat gübresinin Osmancık 97 çeşidinin danelerindeki mangan (Mn) konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların danelerdeki mangan konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 1 ($p < 0.01$) önemli bulunmuştur. Topraktan x yapraktan interaksiyonunun etkisi ise % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 26.17 ppm ile 41.70 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük mangan konsantrasyonu T0Y0 uygulamasında belirlenmişken en yüksek değer T0Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de ise topraktan ve topraktan x yapraktan interaksiyon uygulamalarının danelerdeki mangan konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan uygulamaların etkisi ise % 5 ($p < 0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 23.06 ppm ile 39.30 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük Mn konsantrasyonu T0Y2 uygulamasında belirlenmişken en yüksek değer T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

İÇY’de artan dozlarda toprak ve toprak x yaprak interaksiyonunun danelerdeki magnezyum konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak % 0.1 ($p < 0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan ise dane Cu konsantrasyonları üzerine etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür. Değerler 7.21 ppm ile 16.03 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük Cu konsantrasyonu T0Y2 uygulamasında belirlenirken en

yüksek ise T4Y2 uygulamasında belirlenmiştir. GÇY’de artan dozlarda uygulanan topraktan ve yaprakтан kalsiyum gübresinin danede Cu konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toprak ve yaprak interaksyonunun etkisi ise % 1 ($p < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Değerler 5 ppm ile 15 ppm arasında değişim göstermiştir. En düşük Cu konsantrasyonu T4Y2 uygulamasında belirlenmiş iken en yüksek Cu konsantrasyonu T6Y2 uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.38.Kalsiyum uygulamasının danede mikroelement konsantrasyonları üzerine etkisi¹

Uygulamalar (Ca)		Parametreler (mg kg ⁻¹)											
		Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
İÇY	T0	45b	256a	151	105.7abc	90.7abc	98.2	10.63bc	7.21c	8.92	26.17d	41.70a	3.93
	T2	38b	44b	41	46.4bc	134.3ab	90.4	9.11bc	9.78bc	9.44	32.00bcd	29.83cd	3.93
	T4	53b	68b	61	55.1bc	176.5a	15.8	11.85b	16.03a ²	3.94	36.00abc	28.34cd	3.93
	T6	47b	91b	69	75.3bc	28.5c	51.9	8.36bc	7.82bc	8.09	31.56bcd	39.35ab	3.93
	Ort.	46	115	80	70.6	107.5	98.2	9.99	0.21	10.10	31.43	4.81	33.12
		Varyans analizi											
T		5.82- 0.005**			4.92- 0.010*			25.53- <0.01***			4.11- 0.019*		
Y		11.70- 0.003**			9.19- 0.006**			0.18- 0.675Öd			11.79- 0.002**		
T*Y		5.76- 0.005**			10.96- <0.01***			9.19- <0.01***			27.63- <0.01***		
Lsd T:		80.4			35.76			2.802			2.887		
Lsd Y:		56.9			34.42			1.981			2.780		
Lsd T*Y:		113.7			92.87			3.963			7.499		
CV:		36.2			44.1			16.1			9.5		
Uygulamalar (Ca)		Zn			Fe			Cu			Mn		
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
		Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.	Y0	Y2	Ort.
GÇY	T0	58.03	67.9	62.99a	32.4b	99.8a	66.1	9ab	6b	8.	33.24b	23.06d	8.15
	T2	46.18	54.29	50.23b	57.6ab	61.7ab	59.6	7b	8ab	8.	29.49bc	26.48cd	7.99
	T4	62.64	65.03	63.83a	67.5ab	37.4b	52.4	11ab	5b	8.	30.54bc	39.30a	4.92
	T6	58.92	57.28	58.10ab	55.7ab	77.9ab	66.8	7b	15a	11.	29.21bcd	26.00cd	7.61
	Ort.	56.44	61.14	58.79	53.3	69.2	61.2	9.	9.	9.	30.62	28.71	29.67
		Varyans analizi											
T		11.00- <0.01***			1.11- 0.369Öd			1.49- 0.246Öd			20.36- <0.01***		
Y		6.23- 0.021*			6.26- 0.021*			0.01- 0.933Öd			6.05- 0.023*		
T*Y		1.99- 0.147Öd			10.12- <0.01***			6.27- 0.003**			25.50- <0.01***		
Lsd T		10.162			18.74			4.6			4.199		
Lsd Y		7.185			13.25			3.3			1.617		
Lsd T*Y:		14.371			48.66			6.6			5.939		
CV		7.8			24.1			31.1			9.8		

1. Değerler 4 tekrerr ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir. öd: önemli değil; **, %1 düzeyinde önemli; *** %0.1 düzeyinde önemli

5. TARTIŞMA

5.1. Vejetatif parametreler

Magnezyum denemesinde olduğu gibi kalsiyum denemesinde de bitki boyu ve yaprak alanı ile ilgili sonuçlara göre en yüksek değerlerin 4 kg/da topraktan + % 0.2 yapraktan yapılan uygulamalar ile elde edildiği belirlenmiştir. Fakat, GÇY’de, magnezyum denemesinde, en büyük değer, 2 kg/da topraktan + %0 yapraktan dozunda elde edilmiştir. Yaprak alanı için en büyük değerler magnezyum denemesinde İÇY’de 6 kg/da topraktan + % 0.2 yapraktan dozunda elde edilmiştir. Kalsiyum uygulamasında en büyük değerler GÇY’de olduğu gibi İÇY’de 6 kg/da topraktan + % 0.2 yapraktan dozunda elde edilmiştir. Yaprak alanı açısından kalsiyum denemesinde GÇY’nin İÇY’yi sadece birkaç santimetrekare aştığı görülmüştür. Bu, muhtemelen kullanılan gübrelerde bulunan magnezyum ve kalsiyumun etkilerinden kaynaklanabilir. Nitekim, toprakta bulunan kalsiyum ve magnezyum, bitkilerin iyi köklenmesini ve dolayısıyla vejetatif kısmının iyi gelişmesini sağlamaktadır. (Çakmak 2010; Hamdani 2020). Bitki boyunda İÇY ve GÇY arasında az da olsa bir fark gözlenmiştir. Bunun nedeni kullanılan gübrelerde bulunan azotun yanı sıra magnezyum ve kalsiyumun etkilerinden kaynaklandığı, İÇY’deki bitki sıra arası mesafe ve ayrıca İÇY’de toprağa uygulanan organik maddeden kaynaklandığı olabilir. İÇY’de saksılara 6 tohum ekilmiştir. GÇY’de 18 tohum saksılara ekilmiştir. İÇY’de çeltik bitkileri büyüme ve gelişme için GÇY’den daha fazla besin alanına sahip olmuştur. Genel olarak bu sonuçlar, çeltik bitkilerinin yeterli beslenme alanına sahip olduklarını ve dolayısıyla İÇY’nin temel ilkesi ile iyi bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir (Erika ve Devon 2014). Ayrıca, organik gübreleme yapılmasının yanı sıra İÇY’de kimyasal gübreleme yapılmasının bitkilerin besin ihtiyaçlarının daha iyi karşılanmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir. Nitekim, Bacye vd. (2011)’e göre organik gübre, toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirerek üretkenliğini artırmayı mümkün kılmaktadır. Organik gübreler, sahip oldukları besinleri kimyasal gübrelerle göre daha yavaş ve kademeli olarak serbest bıraktıkları için bitkiler bu besinlerden daha uzun bir sürede fayda sağlamaktadırlar (ATS, 2007). Buna ek olarak, Kalsiyum ve magnezyum gübrelerinde bulunan azot, bitkilerin agronomik potansiyellerinin vejetatif parametreler üzerindeki ifadesine büyük ölçüde katkıda bulunmuştur. Azotun bitkinin büyümesi ve düzgün gelişmesi için gerekli bir element olduğu iyi bilinmektedir. bitki büyümesi için en sınırlayıcı ana unsurdur. Azot, vejetatif fazda (boyda büyüme, çok önemli kardeşlenme ve birçok salkım) çeltikte kuvvetli büyümeye izin vermektedir. (Gala vd. 2011; Lacharme, 2001; Ziadi, 2007). Bu sonuçlar Khakwani ve diğerleri (2006) ve Akram ve diğerleri ile uyumludur (2007). Çeltik bitkilerinin boyunun, toprağa uygulanan artan azot dozlarından önemli ölçüde etkilendiğini gösterdiler. Çeltik, düşük dozlara göre yüksek azot dozlarında daha uzun bitkiler üretilmiştir.

Kardeşleme ve biyokütle ile ilgili olarak, hem kalsiyum hem de magnezyum uygulamalarında İÇY’deki kardeş sayısı ve biyokütle ağırlığının GÇY’ninkinden çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. kullanılan gübrelerin içerdiği kalsiyum, magnezyum ve azot ile İÇY’nin etkisi muhtemelen çeltik kardeşlenmenin artmasının kaynaklarıdır. Çeltiğin kardeşlenmesi vejetatif döngüsü boyunca süreklilik arz etmektedir. Bu, İÇY ile çeltiğin büyük bir bitkisel kütle oluşturmalarını sağlamaktadır. Bu sonuçlar, Styger (2009) tarafından Mali’de yapılan çalışmada GÇY’ye kıyasla İÇY’de bitki başına 24 kardeş ve önemli miktarda biyokütle elde edilmesi ile benzerlik göstermektedir. Kahimba vd. (2014)

tarafından Tanzania'nın Morogoro bölgesinde yapılan çalışmada, bitki başına ortalama 43.83 kardeş sayısı ile kardeşleme üzerine daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Çeltikte kardeşlenme, tava başına ekilen bitki yoğunluğu ve sayısından etkilenmektedir. Daha küçük sıra arası ile sıra üzeri mesafe ve bazen tava başına 4 ila 5 bitki ekimi olan GÇY'ye kıyasla, İÇY 25 cm'ye 25 cm'lik bir ekim mesafesi ve tava başına daha az sayıda bitki ekilmesini önermektedir. İÇY'nin bu geniş aralıkları ve tek bir bitkinin ekimi, bitkilerin ışık, hava ve besin maddelerine ulaşmasını iyileştirmektedir. Azaltılmış bitki ile ekim her bir bitkinin gelişimi sırasında kök sıkışmasını önlemekte ve bitkinin verim potansiyelinden tam olarak yararlanmayı mümkün kılmaktadır. Bu manada İÇY, çeltik bitkilerinin iyi bir şekilde kardeşlenmesine izin vermektedir. Tohumların doğrudan ekimi veya genç bitkilerin erken ekiminin, dikim travmasının etkilerini ve verim kayıplarını sınırladığı bildirilmektedir (Laumanier 1993). Nitekim, kardeşlenme başlamadan önce, fotosentetik sistemin işleyişinin başlangıcına denk gelen bir aşamada, bitki tohum rezervleriyle beslenir ve dikimin neden olduğu kısa süreli strese karşı bitkiyi koruyabilmektedir. Ayrıca, bitkinin fizyolojik fonksiyonlarının yeniden başlaması da oldukça hızlı gerçekleşmektedir. Ek olarak, ilk kardeşler dikimden etkilenmediği için, bitki üretim potansiyelinin tamamını veya önemli bir kısmını elinde tutmaktadır. Bu nedenle doğrudan ekilen çeltik bitkisi, dikim etkilerinden kurtulmaktadır (Andriankaja 2002). Ek olarak, GÇY'de çeltik tohumu ekerken tava başına üçten fazla tohumluk kullanılır. Böyle bir uygulamanın sonrasında fidelerin kardeşlenme kapasitesinde ve mineral beslenmede azalmaya bağlı olarak bitkinin veriminin düşmesine neden olmaktadır (Andriankaja 2002). Bu da, çalışmada GÇY'de çeltik kardeşlenmesinde elde edilen olumsuz sonuçları açıklamaktadır. Ayrıca, toprağa ve yapraklara uygulanan azotlu kalsiyum ve magnezyum dozlarının da çeltik çeşidinin kardeşlenme potansiyelini ortaya koymasına yardımcı olduğu söylenebilir. Kalsiyum ve magnezyum elementleri bitkilerin kök sistemini ve dolayısıyla çeltiğin biyokütlesini ve çeltik verimini iyileştirmektedir (Çakmak 2010; Hamdani 2020). Kalsiyum ve magnezyum uygulamalarında kardeş sayısı bakımından en büyük değerler 6 kg/da + % 0.2 dozlarında elde edilmiştir. Bu da İÇY'de kalsiyum ve magnezyumlu gübre dozları arttıkça kardeşlenmenin de arttığı anlamına gelmektedir. Sanogo ve diğerleri 2010, artan dozlarda mineral azotlu gübrelerle kardeş sayısı arasında yakın bir ilişki olduğunu gösteren benzer sonuçlar buldular. GÇY'de ise bitkilerin yoğunluğu nedeniyle kardeşlenme potansiyeli tam olarak ifade edilememiştir. Bu modelde bitki sayısının kalabalıklığı ve bitkilerin yeterli besin alanına sahip olmamasının yanısıra bitkiler arasındaki rekabet sonucunda bitkilerin kardeşlenme sayılarının yeterli düzeye ulaşmadığı düşünülmektedir.

Magnezyum uygulaması için salkım uzunluğu ile ilgili olarak sadece İÇY'deki dozlar arasında anlamlı bir farklılık elde edilmiştir. Bu sonuç, bir yandan magnezyum nitratin toprağa ve yapraklara uygulanması sayesinde besin maddelerinin artması ve diğer yandan İÇY'de bitkilerin iyi beslenmesini sağlayan bitkiler arası mesafenin uygun olması ile açıklanabilir. Bu sonuç, Erika ve Devon (2014)'ün belirttiği İÇY prensibi ile uyum içerisindedir. Kalsiyum uygulaması için, her iki üretim modelinde de toprağa ve yapraklara uygulanan dozlar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Salkım başına toplam ve dolu dane sayısı, ve verim için elde edilen sonuçlara göre iki üretim sisteminde de uygulamalar arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. 1000 dane ağırlığı ise sadece GÇY'de ve kalsiyum denemesinde önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Serpantie vd. (2013) tarafından elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Nitekim bahsedilen çalışmada, İÇY'deki gübrelemenin GÇY'ye kıyasla

salkım ağırlığını arttırmadığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada, İÇY'nin genel olarak salkımdaki tane sayısı ve çeltik verimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. İÇY modelinde gübreleme ile en iyi çeltik verimi elde edilmiştir. İÇY'de magnezyum uygulamalarına bağlı olarak çeltik verimi % 52.17 (282.6 kg/da) oranında artış göstermiştir. Kalsiyum uygulamaları açısından çeltik verimi İÇY'de % 63.80 (365 kg/da) oranında artmıştır. Buna göre, kalsiyum nitrat uygulamalarının da çeltik verimi üzerine etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, magnezyum uygulamaları için İÇY'nin ile GÇY'ye göre çeltik verimii % 17.61 oranında daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Kalsiyum uygulamaları için ise çeltik verimindeki fark % 41.97 oranında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, Usaid (2013) tarafından Haiti'de yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara çok yakındır. Nitekim bahsedilen çalışmada, İÇY modelinde çeltikte % 57.21'lik bir artış elde edildiğini, İÇY ile GÇY arasında ise verim açısından % 35'lik bir fark elde edildiği rapor edilmiştir.

Sonuçta, İÇY tekniklerinin katı bir şekilde uygulanması, daha az tohumla ve kalsiyum ve magnezyum uygulamaları ile çeltik veriminin artırılmasına katkıda bulunabilir gözükmektedir. Dolayısıyla İÇY'nin hem verimli hem de ekonomik bir sistem olduğu sonucuna varılabilir.

5.2. Kimyasal parametreler

Magnezyum uygulamalarına bakıldığında kimyasal parametrelere ilişkin sonuçlar, GÇY'de olduğu gibi İÇY'de de önemli farklılıklar ortaya koymaktadır. Magnezyum uygulamalarında, İÇY'de danelerdeki magnezyum içeriği % 20 (% 0.03) artış göstermiştir. Bu durum, magnezyum mitrat uygulamasının çeltik tohumlarındaki magnezyum konsantrasyonunu arttırdığı anlamına gelmektedir. GÇY'de ise danelerdeki magnezyum içeriğinde fark %0.02, dolayısıyla % 27.77 (% 0.02)'lik bir artış belirlenmiştir. Diğer üretim modeli ise aynı şekilde magnezyum nitrat uygulamasının danelerde magnezyum konsantrasyonunu olumlu etkilediği anlaşılmaktadır. İki çeltik yetiştirme sistemi arasında danede magnezyum konsantrasyonu açısından % 52 (% 0.078)'lik bir farklılık belirlenmiştir. Bu, İÇY'nin GÇY'ye kıyasla danedeki magnezyum konsantrasyonu üzerine daha etkili sonuçlar verdiğini ortaya çıkarmaktadır. Kalsiyum uygulamaları ile İÇY'de danede kalsiyum konsantrasyonları arasında % 0.021 veya % 80.77'lik bir farklılık söz konusudur. GÇY'de ise kalsiyum içeriğindeki fark % 0.016, dolayısıyla % 80'lik bir artış şeklinde gerçekleşmiştir. Buna göre, kalsiyum nitrat uygulamasının danede kalsiyum içeriğini arttırmada önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. İki yetiştirme sistemi arasında kalsiyum içeriğinde % 0.006'lık bir fark, yani % 23.07'lik bir artış gözlemlenmiştir. Bu, İÇY'nin danelerdeki magnezyum içeriğini GÇY'ye kıyasla önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir.

Magnezyum uygulamalarında danelerde elde edilen magnezyum içeriklerinin en yüksek değerleri İÇY ve GÇY için sırasıyla % 0.15 ve % 0.072 şeklindedir. Kalsiyum uygulamalarında elde edilen en yüksek kalsiyum değerleri ise İÇY ve GÇY için sırasıyla % 0.026 ve % 0.020 şeklindedir. Champagne vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca bu sonuçlar, Rhoads (1987), Çakmak (2010) ve Quim vd. (2007) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere tarımsal biyozenginleştirmenin bitkilerin besin içeriğini iyileştirebileceği iddiasını güçlendirmektedir. Mao vd. (2014) tarafından Çin'de yapılan çalışmada soya fasulyesi ve kanola yetiştiriciliğinde selenyum ile biyozenginleştirme sonucunda, selenyum formundaki

uygulamalar için 5 ile 14 kat, selenit formdaki uygulamalar için ise 78 ile 228 kat arasında artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Boldrin vd. (2013), selenat ve selenit dozlarının pirincin (*Oryza sativa* L.) biofortifikasyonu üzerindeki Se ile etkisini, Se formlarının ise danelerdeki P, S, Fe ve Zn konsantrasyonları üzerine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; selenat formunun kökler tarafından Se alımında daha etkili olduğu, köklerden sürgünlere ve danelere taşınmasında daha etkili olduğu ve pirinç danelerindeki dolgunluğu arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, döllenme sırasında Se uygulamasının P, S ve Zn seviyelerini etkilediği, fakat pirinç danelerindeki Fe seviyelerini etkilemediği tespit edilmiştir. Draycott ve Allison (1998), 50 ppm' den az miktarda magnezyum içeren topraklarda şeker pancarı yetiştirerek yaptıkları çalışmada, yapraktan ve topraktan uyguladıkları magnezyum sülfat gübresinin magnezyum noksanlığını gidermede faydalı olduğunu görmüşlerdir. Magnezyum sülfatın, magnezyum noksanlığının yoğun olduğu topraklarda hızlı çözünürlüğü sebebiyle tercih edilmesi gereken bir materyal olduğunu vurgulamışlardır. Abou El-Nour ve Shaaban (2012), magnezyum sülfat gübresinin tınlı kum bünyeli Mısır topraklarında yetiştirilen buğday bitkisinin verimine etkisini araştırmak üzere, magnezyum sülfat gübresini topraktan 0, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 180 kg ha⁻¹ dozlarında ve yapraktan 0, 5 g l⁻¹, 10 g l⁻¹, 15 g l⁻¹ olarak uygulamışlardır. Araştırma sonucuna göre, bitki besin elementi alımı açısından en iyi uygulamanın topraktan 120 kg ha⁻¹ MgSO₄ ve yapraktan 5 g l⁻¹ MgSO₄ olduğu belirtilmiştir. Bitki boyunda en yüksek değer, topraktan 60 kg ha⁻¹ MgSO₄ ve yapraktan 5 g l⁻¹ MgSO₄ uygulamalarından elde edilmiştir.

Hücreesel savunma reaksiyonlarını aktive ettiği düşünülen magnezyum elementi üzerine Bergmann (1992) tarafından yapılan bir araştırmada, magnezyum sülfat gübrelemesinin patatesten *Phytophthora infestans* ve *Rhizoctonia solani* enfeksiyonunu azalttığı gözlemlenmiştir. Magnezyum klorürün buğday bitkisinde pas hastalığı üzerine aynı etkiye sahip olduğu da belirtilmiştir. Asmalarda görülen kök hastalığı, K/Mg oranındaki magnezyumun azalması sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Uçgun ve Gezgin 2008). Güzel vd. (2004), bitkilerde magnezyum noksanlığının K/Mg ve Ca/Mg oranlarının fazla olduğu topraklarda görüldüğünü belirtmişlerdir. Bitkiler tarafından magnezyum elementinin alınabilmesi için Ca/Mg oranının 10/1-15/1 oranından büyük olmaması gerekmektedir. Değişebilir K iyonlarının fazla olduğu topraklarda magnezyum eksikliği görülebilmektedir. Ağırlık esasına göre tavsiye edilen K/Mg oranı tarla bitkileri için 5/1, sebzeler ve şeker pancarı için 3/1, meyveler ve sera bitkileri için ise 2/1'dir.

Chilimba vd. (2011) tarafından iki toprak türü üzerinde yapılan arazi çalışmalarında, tahılda Se konsantrasyonunun topraktan ve yapraktan Se uygulamasıyla devamlı olarak yükseldiğini göstermiştir. Selenyum uygulanmış toprakta, Se konsantrasyonu danede 20 iken 133 katına, yaprakta ise 6 iken 20 katına yükselmiştir. Danede 12 mg kg⁻¹ Se konsantrasyonunun % 10 iyileştirilmiş Se uygulamasına eşit olduğu elde edilmiştir. Dane verimi ve protein miktarı 4-120 g ha⁻¹ arasında değişen Se uygulamasından etkilenmemiştir. Sodyum selenat ile gübreleme; kanser riskini azaltıcı, tüketiciye sağlık açısından yararlı olması için yüksek ve yeterli düzeyde Se konsantrasyonu içeren ucuz ve pratik buğday üretim yöntemidir (Lyons vd. YIL). Optimum seviyenin altında Se alımı ile beslenme, sınırlı gıda seçenekleri ve birçok toprakta bitkinin mevcut Se seviyesinin düşük olması nedeniyle yaygındır. Pirinç danesinde çinko (Zn) konsantrasyonunda ki artışın insan sağlığı ve beslenmesi için potansiyel faydaları vardır. Kassava, özellikle Sahra altı Afrika'da fakir nüfusun geçim kaynağı olan önemli bir üründür (Vanderpas et al. 1990, Oldfield 1999). Son zamanlarda

yapılan genotip çevre etkileşim çalışmaları, çoğunlukla toprak pH'si ve toprağın alınabilir Zn düzeyinden dolayı kassava köklerde Zn konsantrasyon çeşitliliğı göstermektedir (CIAT 2006). Zn için genetik çeşitliliğı rağmen sonuçların kesin olmadığı bildirilmiştir (Chavez et al. 2005). Bu nedenle kassavada yüksek Zn elde edilmesi için yetiştirme mümkün olmayabilir. Ancak, duyarlı olduğı için kassavada Zn eksikliğinin aşılmasında Zn gübrelemesinin yüksek oranda etkili olduğı kanıtlanmıştır (Asher et al. 1980). Tahılların yenilebilir kısımlarında Se ve I yoğunluğunun genotipik çeşitliliğinin düşük olduğı görölmektedir. Eğer kassava tarımsal açıdan verimli ve ucuz, biyolojik olarak güçlendirilmiş olsaydı; Zn, Se (depolama köklerinde), I (yapraklarda, Afrika'da yaygın olarak tüketilir) beslenmesinin değıerli bir kaynağı olabileceğı rapor edilmiştir (Lyons vd. 2005).



6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, geleneksel ve İntansif Çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliğinde kalsiyum ve magnezyumlu gübreler ile biyozengileştirme yapılmıştır. Araştırmada, bitkide hem vejetatif parametreler hem de kimyasal parametreler incelenmiştir. Vejetatif parametreler kapsamında bitki boyu, kardeşlenme sayısı, yaprak alanı, kuru madde ağırlığı, salkım boyu, salkımda tane sayısı, salkımda dolu tane sayısı, bin dane ağırlığı ve verim değerleri incelenmiştir. Kimyasal parametreler için ise hasattan sonra elde edilen dane örneklerinde kalsiyum ve magnezyumun durumunu incelenmiştir. İncelenen bu özelliklere ait sayısal veriler istatistiksel analizler ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hem kalsiyum hem de magnezyum uygulamalarında genel olarak bitkide vejetatif ve kimyasal parametrelerin geleneksel çeltik yetiştiriciliğine göre İntansif Çeltik yetiştiriciliği ile daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Fakat, kalsiyum uygulamalarındageleneksel çeltik yetiştiriciliğinde yaprak alanı ve bin dane ağırlığı için daha yüksek değerler elde edilmiştir. Her iki çeltik yetiştiriciliği modelinde de kalsiyum ve magnezyum uygulamalarının verim ve danede mineral madde (özellikle kalsiyum ve magnezyum) konsantrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Topraktan ve yapraktan yapılan uygulamaların çeltik danesinin magnezyum ve kalsiyum konsantrasyonları üzerine olumlu etkisi bulunmuştur. Magnezyum uygulaması için İntansif Çeltik yetiştiriciliğinde danede Mg değerleri %0.15 (topraktan 6kg/da ve yapraktan %0.2 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) ile % 0.12 (topraktan 0 kg/da + % 0 yapraktan $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) arası değişim göstermiştir. Danede kalsiyum değerleri %0.045 (topraktan 0kg/da ve yapraktan % 0 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) ile % 0.003 (topraktan 6 kg/da ve yapraktan % 0.2 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) arası değişim göstermiştir. Geleneksel çeltik yetiştiriciliği içindanede magnezyum değerleri % 0.072 (topraktan 4kg/da ve yapraktan % 0.2 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) ile % 0.052 (topraktan 0 kg/da ve yapraktan % 0 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) arası değişim göstermiştir. Danede kalsiyum değeri ise % 0.014 (2kg/da ve % 0.2 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$ uygulaması) ile % 0.003 (topraktan 0 kg/da + yapraktan % 0 $[Mg(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O]$) arası değişim göstermiştir. Kalsiyum uygulaması için İntansif Çeltik yetiştiriciliğinde danede kalsiyum değerleri % 0.026 (topraktan 6kg/da + yapraktan % 0.2 $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) ile % 0.005 (topraktan 0 kg/da+ yapraktan % 0 $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) arası değişim göstermiştir. Danede Mg değerleri % 0.113 (topraktan 6kg/da + % 0.2 yapraktan $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) ile % 0.100 (topraktan 4 kg/da + yapraktan % 0.2 $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) arasında değişim göstermiştir. Geleneksel çeltik yetiştiriciliğinde danede kalsiyum değerleri % 0.020 (topraktan 6kg/da + % 0.2 yapraktan $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) ile 0.004 (topraktan 0 kg + yapraktan % 0 $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) arasında değişim göstermiştir. Danede Mg değeri % 0.076 (topraktan 4kg/da + % 0.2 yapraktan $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) ile % 0.049 (topraktan 4 kg + % 0 yapraktan $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ uygulaması) çıkmıştır. Sonuç olarak, geleneksel çeltik yetiştiriciliğine kıyasla İntansif Çeltik yetiştiriciliğinde kalsiyum ve magnezyumun dane kısmına taşınmasının daha kolay olduğu anlaşılmıştır. Danenin magnezyum ve kalsiyum konsantrasyonları kontrole göre uygulamalara bağlı olarak

yeterli düzeylere ulaşmıştır. Magnezyum ve kalsiyum kaynağı olarak kullanılan magnezyum nitrat ile kalsiyum nitrat gübresinin bitki beslenmesi ve gelişimi üzerine etkilerinin tam olarak görülebilmesi, daha kapsamlı sonuçların elde edilerek kesin yargılara varılması için bu çalışmanın bir adım sonrasında tarla denemelerinin kurulmasında fayda olacağı kanısına varılmıştır.



7. KAYNAKLAR

- Abdou El-nour, Mahmoud, M.S., and El-Zanaty, A.A. 2012. Reponse of plants to Magnesium Sulphate Fertilization. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilisation technology*, DOI:10.3923/ajpnft.2012.56.63.
- Abdou SatarM. 2012.Caracterisation des graines et amelioration de la culture des varietes locales de riz (*Oryza sativa* l.) à Moheli, comores. Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo, Madagascar, 159p.
- Adnan, M., Abbas, B., Asif, M., Hayyat, M.S., Raza, A., Khan, B.A., et al. 2020.Role of Micro Nutrients Bio- Fortification in Agriculture: A Review. *Int J Environ Sci Nat Res*. 24(4): 556141. DOI: 10.19080/IJESNR.2020.24.556141
- Aguenau, H., Najat, S., Mahfoudi, M. 2005. Partnership key to food fortification success in Morocco *Nutriview*; 3: p 14-16. 2
- Ahmet, Ş. 2015. Pirinç Üretim–tüketim zincirinde pazarlama kanallarının yapisi ve pirinç pazarlama majları: edirne ili örneği. Yüksek lisans tezi/Namik Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, 178s.
- Alfrey, A,. 1992. Disorders of magnesium metabolism. In: Seldin DW, editor. *The Kidney*. New York: Raven Press. p 2357-73.
- Allen, L., Benoist, B., Dary, O., Hurrel, R. 2011. Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments, partie I, ISBN: 978 92 4 259401 0,412p.
- Allen, L., De Benoist, B., Dary, O., Hurrell, R. 2006.«Guidelines on food fortification withmicronutrients, » World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92 4 159401 2, 376p.
- André, C. 2003. Que se passe-t-il dans le sol ? Serriculture maraichères biologique, Agriculture, Pêcheries et Alimentation. Québec, 12p.
- André, G. ve Hubert, B. 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. INRA Paris 1992 ISBN 2-7380-0383-4 ISSN : 1144-7605. 770p
- Andriankaja, A.H. 2002. Mise en évidence des opportunités de développement de la riziculture par adoption du SRI, et évaluation de la fixation biologique de l'azote. Mémoire d'ingénieur en Agriculture. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo, Madagascar.92p.
- Angladette, A. 1966.Le riz. Paris, Maisonneuve et Larose. 930 p.
- Anne-Desiree, S. 2003. Les isotopes du Calcium : Developpements analytiques. Application au bilan oceaniquepresent et passe..Geochimie. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur - Strasbourg I, 2003. Français. <tel-00376191> .

- Anonim, 2019. SRI, Système de Riziculture Intensive/https://www.agriculture-afrique.com/sri-systeme-de-riziculture-intensive/by_webmaster. (Erişim tarihi, 10-11-2020).
- Arraudeau, M. 1998. La technique d'agriculture Tropicale : le riz irrigué. Maisonneuve & 020 Larose (66 – 67) 322p.
- Arraudeau, M. A., Vergara, B. S. 1992. Manuel illustré de riziculture pluviale. IRRI-IRAT, 287 p.
- Asana, L. 2019. Quels sont les apports nutritionnels du riz ? /<http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/dossiers/riz/articles/10594-riz-cereale-vitamines-mineraux.htm> (Erişim tarihi 06/05/2021).
- Association Tefy-Saina (ATS). 2006. Système de Riziculture Intensive. Antananarivo, 36p.
- Azouagh, D. 2020. Le Magnésium : Du Métabolisme à son utilisation à l'officine. Thèse de doctorat en pharmacie n°52 présentée et soutenue à l'Université Mohammed V-Rabat dans la faculté de pharmacie. 256p
- Bacye, B. And Boro, A. 2011. Study of organic matter flows on farms in the western cotton zone of Burkina Faso, *Tropicultura*, 29 (3):]48-152.
- Barber, S.A. 1995. 'Soil nutrient bioavailability: A Mechanistic Approach, 2nd Edition, ISBN: 978-0-471-58747-7, 432p.
- Barry, M.B. 2006. Diversité et dynamique des variétés locales de riz (*Oryza sativa* et *Oryza glaberrima*) en Guinée, conséquence pour la conservation génétique, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 183p
- Bengaly, M.D. 2017. Sécurité alimentaire et biotechnologie en Afrique, Module 2 Biotechnologie : Histoire, État De L'art, Futur. Notes De Cours : Unité 4 Tendances Futures Et Perspectives De La Biotechnologie Agricole. 23p
- Bergmann, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. Development, Visual and Analytical Diagnosis. Jena, New York: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (OCoLC)754676919).
- Bezançon, G. 1993. Le riz cultivé d'origine africaine *Oryza glaberrima* Steud. et les formes sauvages et adventices apparentées : diversité, relations génétiques et domestication. Thèse de doctorat. Université de Paris-Sud Centre d'Orsay. 234 p.
- Birol, E., Meenakshi, J.V., Oparinde, A., Perez, S., Tomlins, K. 2015. Developing country consumers' acceptance of biofortified foods: a synthesis. *Food Security*. 7(3):555–568.

- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part:2. Amer. Soc. Of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wisconsin, USA, 1372-1376.
- Blancard, D. Et Deluche, C. 2017. Désordres nutritionnels, /[http://ephytia.inra.fr/fr/C/7070/Vigne-Desordres nutritionnels](http://ephytia.inra.fr/fr/C/7070/Vigne-Desordres_nutritionnels) (Erişim tarihi 12.01.2021)
- Bodelmann, J.P. 1976. Riziculture pratique I, riz irrigué. *Presses Universitaires de France*. Conseil International de la Langue Française - 1976 ISBN : 2-85319-0870
- Boislève, J. 2016. Métabolisme et physiopathologie du magnésium– www.sante-vivante.fr (32p).
- Boldrin, P.F., Faquin, V., Ramos, S., Guilherme, L.R.G., Bastos, C.E.A., Carvalho, G.S., Enio Tarso de Pedro, G. 1972. Les sols développés sur roches calcaires. Nature, originalité et cadre général de leur évolution à la surface du globe. *Sci du Sol*, no1, pp. 5-18.
- Bouis, H.E., Hotz, C., Mc Clafferty, B., Meenakshi, J.V., Pfeiffer, W.H. 2011. Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr Bull*; 32 (1 Suppl): S31-40.
- Bouyoucos, G.J. 1955. A Reclamation of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils, *Agronomy Journal*, 4 (9): 434.
- Boukhetta, H. et Touahir, S. 2008. Détermination du Calcium sérique et urinaire, Les différentes formes, et les variations physiopathologiques Régions d'Ouargla (l'hôpital Med Boudiaf), mémoire de fin d'études, Diplôme d'Etudes Supérieures en Biologie, Option. Biochimie, Université Kasdi merbah – Ouargla, 94p.
- Boyer, J. 1978. Le Calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides. Office de la recherche scientifique et technique Outre-mer. Initiations - documentations techniques no 35. 176p
- Brian, H. 2017. Les cultures biofortifiées, Notes de développement de ECHO (EDN) | EDN Numéro 135. 11p
- Camberato, J.J. & Pan, W.L. 2000. Bioavailability of calcium, magnesium, and sulfur. Pp. D53-D69 in M.E. Sumner (editor). 2000. Handbook of Soil Science. *CRC Press*, Boca Raton, FL.
- Caroline, B. 2018. Magnésium: les apports conseillés / http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/vitamines_mineraux/magnesium/articles/12435-magnesium-apports-conseilles.htm. (Cité le 20-09-2020).

- CDTM 34. 2017. Comores : des migrants aux service de leur pays /<https://www.ritimo.org/Developper-l-economie-un-enjeu-majeur>.(Erişim tarihi 24/04/2021).
- Celton, J.J., Roche, L.L., Velly, J. 1973.- Acidité du sol et chaulage. 187-194. Bernj Edit. 141 p. L'Agron. Tropic.,28, 2 : 123-130.
- Champagne, E.T., Wood, D.F., Juliano, B.O., Bechtel, D.B. 2004. Rice: chemistry and technology. 3rd ed. AACC.
- Champagnol, F. 1984.Elements de physiologie de la vigne et de viticulture générale. [Montpellier] Saint-Gely-du-Fesc:Déhan.ISBN 2950061400 9782950061409, OCLC 797112553, 351p.
- Charlier, J.B. 2011.Des Ogm dans nos assiettes pour une meilleure alimentation mondiale en zinc ? Ath274(OCT)-18-21- LE DOSSIER.
- Claire, S. 2000. Calcium et magnésium dans l'organisme humain : trois sites d'action comparées-ostéogénèse-fonction rénale-flux nerveux, Thèse de Doctorat, Université Henry Poincarre-Nancy, 115p.
- Clément, G., Poisson, C. 1981. Programme riz. Création variétale et évaluation du matériel végétal en conditions pluviales. Campagne 1980. Abidjan : Ministère de la Recherche Scientifique, 94 p.
- Conway, W.S., Sams, C.E., Hickey, K.D. 2002. Pre- and Postharvest Calcium treatment of apple fruit and its effect on quality, Proc.IS on Foliar nutrition. Acta Hort., 594: 413-419.
- Çakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil* 302: 1–17.
- Çakmak, I. 2010. Biofortification of cereals with zinc and iron through fertilization strategy. © 2010 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 4 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia.
- Çakmak, I., Hengeler, C., Marschner, H. 1994.Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany* 45: 1245 – 1250.
- Cakmak, I. et Atilla, M.Y. 2010. Magnésium : Composante Oubliée de la Production Agricole. Reprinted and translated from Better Crops with Plant Food, Vol. 94, Issue No. 2, 2010 #11115
- Daine, F. 2018. Calcium/ http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/vitamines_mineraux/calcium.htm (Erişim tarihi. 23.05.2021).

- De Moura, F.F., Miloff, A., Boy, E. 2015. Retention of provitamin A carotenoids in staple crops targeted for biofortification in Africa: cassava, maize and sweet potato. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2015;55(9):1246-69.
- Demolon, A. 1952. - Principes d'Agronomie, 1 Dynamique du sol. 5e Edition Dunod Edit. (Paris), p. 468-470.
- Demolon, A. 1968. - Principes d'Agronomie. II Croissance des végétaux cultivés (chap. IX). Dunod (Paris) Edit., 590 p.
- Diallo, D. 2009. Evaluation physiologique de la résistance au stress hydrique du riz nERICA (*Oryza spp* L.): cas de WAB 450 Ibp 28hb et de WAB 450 Ibp 91hb cultivés en République de Guinée. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, Biothéchnologie et Physiologie végétale. 125p
- Dhaval, K., Krishnaswami, V., Sahil, K., Domenic, A.S., and William, H.F. 2014. Role of Magnesium in Cardiovascular Diseases, *Cardiol Rev*, 22(4):182-92.
- Diem, B., Godbold, D.L. 1993. Potassium, calcium and magnesium antagonism in clones of *Populus trichocarpa*. *Plant and Soil* 155/156, 411-414. doi:10.1007/BF00025070
- D'Imperio, M., Renna, M., Cardinali, A., Buttaro, D.F., Serio Santamaria, P. 2016. Calcium biofortification and bioaccessibility in soilless "baby leaf" vegetable production, *Food Chemistry, journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem*, 8p.
- Djiba, S., Coly, J.P. 2007. Guide de production de riz en Casamance. Document interne ISRA. 37 p.
- Dobelmann, J.P. 1976. Riziculture pratique 2. Riz pluvial. Techniques vivantes. *Presses Universitaires de France*. 131 p.
- Draycott, A.P., Allison, M.F. 1998. Magnesium Fertilisers in Soil and Plants: Comparisons and Usage. The International Fertiliser Society-Proceeding. [http://fertilisersociety.org/societyproceedings/1995---1999-\(362-445\)/proceeding-412/c23/c107/p-611](http://fertilisersociety.org/societyproceedings/1995---1999-(362-445)/proceeding-412/c23/c107/p-611)
- Ebru, Y. 2020. Ürün ve tahmin Pirinç, Tarım ürünleri piyasaları, Çeltik/Ankara Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü/T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 51s.
- Erika, S. et Devon, J. 2014. Manuel Technique sur le SRI en Afrique de l'Ouest. Amélioration et mise à échelle du Système de Riziculture Intensive en Afrique de l'Ouest. 59p

- FAO. 1996. Production Yearbook. Vol 50. Collection FAO. Statistique n° 135, . 70-71
- FAO., FIDA., OMS., PAM. et UNICEF. 2017. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2017. Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire Rome, FAO, 144p.
- FAO., UNICEF., OMS, FIDA. 2018. Etat de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde, ISBN 978-92-5-130840-0 216 pp.
- Fageria, N.K. 1973. Uptake of nutrients by rice plants from dilute solutions. PhD thesis, Catholic University of Louvain, Belgium, 215p
- Fageria, N.K. 1983. Ionic Interactions in Rice Plants from Dilute Solutions. *Plant Soil* 1983, 70, 309±316.
- Fageria, N.K. 2009. 'The use of nutrients in crop plants.' *CRC Press*, Taylor and Francis Group: London, ISBN 978-1-4200-7510-6.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Clark, R.B. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy* 77, 185-268.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. 1999. Growth and Nutrient Concentrations of Common Bean, Lowland Rice, Corn, Soybean, and Wheat at Different Soil pH on an Inceptisol. *J. Plant Nutr.*, 22, 1495±1507.
- Ferguson, I.B. 1978. Radial Movement of Calcium and Magnesium to the Xylem in Roots of Zea mays. *Australian Journal of Plant Physiology* 5, 433–442.
- Ferguson, I.B., Clarkson, D.T. 1976. Simultaneous uptake and translocation of magnesium and calcium in barley (*Hordeum vulgare* L.) roots. *Plant* 128, 267–269. doi:10.1007/BF00393239
- Finkelstein, J.L., Mehta, S., Udipi, S.A., Ghugre, P.S., Luna, S.V., Wenger, M.J., Murray-Kolb Formanek, P. et Vranova, V. 2002. A contribution to the effect of liming on forest soils: review of literature. *Journal of Forest Science* 48, 182-190.
- F Testud 2004. Les engrais minéraux .EMC - Toxicologie-Pathologie Volume 1, Issue 1, January 2004, Pages 21-28
- Fufa, L. and Dafang, Y. 1998. Experiment and research on the effect of magnesium fertilizer on mango tree growth. *Chinese Journal of Tropical Agricultural Science*, 2 (1998) 15-17.
- Gannon, B., Kaliwile, C., Arscott, S.A., Schmaelzle, S., Chileshe, J., Kalungwana, N. et al. 2014. Biofortified orange maize is as efficacious as a vitamin A supplement in Zambian children even in the presence of high liver reserves of vitamin A: a

- community-based, randomized placebo-controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*. 100(6):1541-50.
- Geçit, H.H., Öğütçü, Z., Elçi, Ş. 1984. Tarla Bitkileri, Ankara Üniv. Ziraat Fak., Ders Kitabı 910/4, 323 Sf. Ankara.
- Galet, P. 1993. Précis de viticulture. Édit. Dehan., Montpellier, 461-475 p.
- Goujard, O. ve Proffit T. 2013. Potassium et Magnésium pour une meilleure tolérance au stress hydrique. K+S KALI France.
- Gouny, P. et Prevot, P. 1948. - Le calcium dans la nutrition minérale de l'arachide. C. R. Ac. Agric. XXXIV: 945-947.
- Gransee, A. and Führs, H. 2013. 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. doi:10.1007/s11104-012-1567-y
- Gregorio, G.B., Senadhira, D., Htut, T. 1999. Amélioration de la teneur en fer et en zinc du riz pour l'alimentation humaine. *Agriculture et Développement* (23) : 68-77.
- Gregory, P.J., Wahbi, A., Adu-Gyamfi, J., Heiling, M., Gruber, R., Joy, E.J.M., Broadley, M.R. 2017. Approaches to reduce zinc and iron deficits in food systems. *Global Food Sec.* <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.03.003>.
- Guerin. 2016. Le calcium dans le sol. Agriculture et territoire. Chambre d'agriculture pays de la Loire. SOLAG, Bulletin Sol et Agronomie des Chambres d'agriculture des Pays de la Loire N°8.
- Guèye, B., Fall, M., Diop, M., Tidiane, S.C., Lancelot, S., Cissé, S., Tidiane, W.C. 2015. AGRIDAP: revue sur l'agriculture durable à faibles apports externes, numéro spécial - faire face aux risques climatiques, <http://hdl.handle.net/10625/54334>
- Guang, L. and Changyan, Z. 2006. Study on nutritional status of magnesium and sulfur in manchurian soils and their fertilizer effect. *Journal of Longyan University*, 24.6 (2006) 85-87.
- Gül, U. 2003. "Çeltik", TarımsalEkonomiAraştırmaEnstitüsü – Bakış, Sayı: 3, Nüsha: 15, Haziran 2003, Ankara.
- Güzel, N., Gülüt, K.Y., Büyük, G. 2004. ToprakVerimliliği ve Gübreler Bitki BesinElementlerine Giriş. Ç.Ü. Zir. Fak. GenelYayın No:246 DersKitaplarıYayınNo:A 80, Adana, 323-329.
- Haas, J.D., Beard, J.L., Murray-Kolb, L.E., del Mundo, A.M., Felix, A., Gregorio, G.B. 2005. Iron-biofortified rice improves the iron stores of nonanemic Filipino women. *Journal of Nutrition*; 135:2823-30.

- Haas, J.D., Luna, S.V, Lung'aho, M.G., Wenger, M.J., Murray-Kolb, L.E., Beebe, S., Gahutu, J.B., Egli, I.M. 2016. Consuming Iron Biofortified Beans Increases Iron Status in Rwandan Women after 128 Days in a Randomized Controlled Feeding Trial. *Journal of Nutrition*;146(8):1586-92.
- Haddad, G., Seguy, L., 1972. Le riz pluvial dans le Sénégal méridional. Bilan de quatre années d'expérimentation 1966-1969. *L'Agron. Tropic.*, 27, 4: 419-466.
- Hamdani, F.Z. 2020. Nutrition minérale et maladies physiologiques des plantes. 84p
- Harvey, N. C., Biver, E., Kaufman, J.M., Bauer, J., Branco, J., Brandi, M. L., Bruyère, O., Coxam, V., Cruz-Jentoft, A., Czerwinski, E., Dimai, H., Fardellone, P., Landi, F., Reginster, J.-Y., Dawson-Hughes, B., Kanis, J. A., Rizzoli, R., Cooper, C. 2016. The role of calcium supplementation in healthy musculoskeletal ageing. 16p
- Hawkes, C. and Fanzo, J. 2017. Development Initiatives, «Global Nutrition Report 2017: Nourishing the SDGs,» Development Initiatives, Bristol, UK.
- Hopkins, W. G., 2003. Physiologie végétale. De Boeck.
- Horie, T., Brodsky, D.E., Costa, A., Kaneko, T., Schiavo, F.L., Katsuhara, M., Schroeder, J.I. 2011. K⁺ transport by the OSHKT2;4 transporter from rice with atypical Na⁺ transport properties and competition in permeation of K⁺ over Mg²⁺ and Ca²⁺ ions. *Plant Physiology* 156, 1493–1507. doi:10.1104/pp.110.168047
- Hotz, C., Loechl, C., de Brauw, A., Eozenou, P., Gilligan, D., Moursi, M., et al. 2012. A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. *British Journal of Nutrition*. 108(1):163-76.
- Huang, J.W., Grunes, D.L., Welch, R.M. 1990. Magnesium, nitrogen form, and root temperature effects on grass tetany potential of wheat forage. *Agronomy Journal* 82, 581–587. Doi :10.2134/agronj1990.0002196200 8200030029x.
- Huber, G., Schaub, C. 2011. La fertilité des sols : l'importance de la matière organique, Agriculture et Territoires, Chambre d'Agriculture Bas-Rhin, 46p.
- Intagri. 2016. Le magnésium dans le sol et ses effets sur les racines/https://blueberriesconsulting.com/fr/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices/(erişim tarihi 10.01.2021).
- Ishizuka, Y., Tanaka, A. 1960. Studies on the Metabolism of Nutritional Elements in Rice Plants. *J. Sci. Soil Manure*, Japan 1960, 31, 491±494.
- Jacoba, Von Uexuull, H. 1960. - Fertilizer use - Nutrition and manuring tropical crops. Ackerbau (Hanover) Edit.

- Jackson, M.C, 1967. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi. Jacquot, M. and Courtois, B. 1983. Le riz pluvial. Maisonneuve & Larose, Paris, p17.
- Jacquot, M., Guy, C., Alain, G., Glaszmann, J.C., Emmanuel, G., Didier, T. 1997. Le riz dans l'amélioration des plantes tropicales. Paris, France.
- James, L. Lewis, III. 2020. Hypomagnésémie (faible taux de magnésium dans le sang) /<https://www.merckmanuals.com/fr-ca/accueil/troubles-hormonaux-et-metaboliques/equilibre-electrolytique/hypomagneseemie-faible-taux-de-magnesium-dans-le-sang> (Erişim tarihi 04-07-2021).
- Javillter, M. Goudshaux S. 1940. - Le magnésium de la chlorophylle. Ann. Agro., 10 : 914.
- Jean-Benoit, C. 2011. Des OGM dans nos assiettes pour une meilleure alimentation mondiale en zinc ? ATHENA 274, Ath274(OCT)-18-21- LE DOSSIER.
- Jean-Louis, E. 2013. Comparaison de deux systèmes de riziculture : le SRI et le SRT dans les localités de Déguêpe, Delonye, Kasol et Nan poste, commune de Petite Rivière de l'Artibonite. Mémoire de fin d'étude agronomique. FAMV/UEH, Damien, Haïti. 41 p.
- Jean-Michel, J. 2002. La fin du magnésium en phase aigüe d'infarctus du myocarde- Etude MAGIC, volume 14, issue 8.
- Jones, H.T. 1951. Magnesium as plant nutrient. Soils and Fertilizers, 14: 235-236.
- Joy, E.J.M., Ander, E.L., Young. S.D., Black, C.R., Watt, M.J., Chilimba, A.D.C., Chilima, B., Siyame, E.W.P., Kalimbira, A.A, Hurst, R, Fairweather-Tait, S.J., Stein, A.J., Gibson, R.S., White, P.J., Broadley, M.R. 2014. Dietary mineral supplies in Africa Physiol. Plant., 151, pp. 208-229
- Juliano, B.O. 2003. Rice chemistry and quality., Philippine Rice Research Institute; 2003 [402p.].
- Kaçar, B. 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın No: 1387, Genişletilmiş İkinci Baskı, ISBN 978-605-395-184-1, Ankara.
- Kaçar, B. ve Katkat, V. 2015. Bitki besleme/ISBN 978-605-320-121-2. P.371-391.
- Lacharme, M. 2011. Le plan de riz : données morphologiques et cycle de la plante 22 p.
- La Frano, M.R., de Moura, F.F., Boy, E., Lönnnerdal, B., Burri, B.J. 2014. Bioavailability of iron, zinc, and provitamin A carotenoids in biofortified staple crops. Nutr Rev; 72(5):289-307.

- Lai, F. and Ye, D. 1998. Experiment and research on the effect of magnesium fertilizer on mangotree growth. Chinese. *Journal of Tropical Agricultural Science*, 2- 15-17.
- Laroche, M. 2005. « Calcium : avantages ou inconvénients ? » Bulletin d'information-Réseau d'avertissements phytosanitaires- Pommier, édition n°06.
- Lasa, B., Frechilla, S., Aleu, M., González-Moro, B., Lamsfus, C., Aparicio-Tejo, P.M. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. *Plant and Soil* 225, 167–174. doi:10.1023/A:1026568329860.
- Laulanié, H. 2003 : Le riz à Madagascar. Un développement en dialogue avec les paysans, Editions Ambozontany, Antananarivo, et Karthala, Paris, 288p.
- Laurant, P. and Touyz, R.M. 2000. Physiological and pathophysiological role of magnesium in the cardiovascular system: implications in hypertension. PMID: 10994748 DOI: 10.1097/00004872-200018090-00003 *J Hypertens.* 2000;18:1177–1191.
- Lee, J.Y., Nou, I.S., Kim, H.R. 2012. Current status in calcium biofortification of crops. *Journal of plant biotechnology*. The Korean Society for Plant Biothechnology. <http://doi.org/10.5010/jpb.2012.39.1.023>.
- Lerot, B. 2006. Les éléments minéraux [en ligne], Développement durable, 02/07/2006, [consulté le 10/04/2020], disponible sur : [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/Chimie des sols/Elements Mineraux. pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/Chimie%20des%20sols/Elements%20Mineraux.pdf)
- Low, J.W., Arimond, M., Osman, N., Cunguara, B., Zano, F., Tschirley, D. A. 2007. food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. *Journal of Nutrition*. 2007; 137:1320–1327.
- Luo, G, Zheng, C. 2006. Study on nutritional status of magnesium and sulfur in manchurian soils and their fertilizer effect. *Journal of Longyan University*, 24.6.85-87.
- MAE – CIRAD. 2002. Mémento de l'agronome. Paris, Jouve. ISBN 2 – 87614 – 522 – 7 ; 1691
- Malavolta, E. 1967. - Manual de Química Agrícola. Adubos e dubação. 2' édition - Ceres editeur(SB0 Paulo), 606 p.
- Mao, H., Wang, J., Wang, Z., Zan, Y., Lyons, G., Zou, C. 2014. Using agronomic biofortification to boost zinc, selenium, and iodine concentrations of food crops grown on the loess plateau in China, *Article in Journal of Soil Science and Plant Nutrition* · DOI: 10.4067/S0718-95162014005000036

- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York.
- Marschner, H. 1993. Zinc uptake from soils. Pages 59-77 in: Zinc in Soils and Plants. A. D. Robson, ed. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht: The Netherlands.
- Marschner, P (ed.). 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition). Elsevier Ltd.
- Mayer, J. et Bonnefond, R. 1973. Les rizicultures paysannes: améliorations possibles. Secrétariat d'Etat aux affaires étrangères, Paris, France, 216 p.
- Mayland, H.F. and Wilkinson, S.R. 1989. Soil factors affecting magnesium availability in plant animal systems: a review. *Journal of Animal Science* 67, 3437–3444.
- McLean, R.M. 1994. Magnesium and its therapeutic uses: A review. *Am J Med* 1994;96:63-76.
- Metson, A.J. 1974. Magnesium in New Zealand soils. I. Some factors governing the availability of soil magnesium: A review. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 2, 277–319. doi:10.1080/03015521.1974.10427689
- MFCD. 1991. Mémento de l'agronome. Coll. Techn. Rur. d'Afrique. ISBN 2 – 11086725 – 6 ; 1635 p.
- Moreau, D. 1987. L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic. La Fayette. 75010. Paris France.
- Mulder, E.G. 1956. Nitrogen–magnesium relationships in crop plants. *Plant and Soil* 7, 341–376. doi:10.1007/BF01394322.
- Muñoz López, Md.M., Cecilia Revelo M., Pachón, H. El. . 2008. consumo y la producción familiar de frijol, maíz, yuca, batata y arroz en un municipio rural en Colombia: Evaluación de la posibilidad de implementar la biofortificación de cultivos. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 2008;10:11-21.
- Murff, H.J. and Villegas, R. 2013. Dietary Calcium and Magnesium and the Risk of Type 2 Diabetes. R. R. Watson ve V. R. Preedy (Ed.). *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes* (s. 173-182). USA: Elsevier.
- Nakandalage, N., Nicolas, M., Norton, R.M., Hirotsu, N., Milham, P., Seneweera, S. 2016. Improving rice zinc biofortification success rates through genetic and crop management approaches in a changing environment. *Front Plant Sci*. 7:764.
- Narwal, R.P., Vinod Kumar, J.P.S. 1985. potassium and magnesium relationship in cowpea (*vigna unguiculata* L. Walp. *Plant soil* 86, 129-134. <https://doi.org/101007BF02185032>
- Ndjiondjop, M.N., Manneh, B., Cissoko, M., Drame, N.K., Kakai, G.K., Bocco, R., Baimey, H., Wopereis, M. 2010. Drought resistance in an interspecific backcross

- population of rice (*Oryza* spp.) derived from the cross WAB56-104 (*O. sativa*) × CG14 (*O. glaberrima*). *Plant Science* 179 : 364–373.
- Nestel, P., Bouis, H.E., Meenakshi, J.V., Pfeiffer, W. 2006 Biofortification of staple food crops. *Journal of Nutrition* ; 136 :1064-7.
- Obasanjo, O. 2012. Manuel de Formation Statistiques sur les Engrais en Afrique. 114p https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/AfricaFertilizer-org_-_manuel_de_formation_sur_les_statistiques_engrais_Juin_2012_.pdf
- O'brien, J. 2004. L'importance des Pulvérisations Précoces de Calcium, Plant nutrition newsletter, volume 5 No 3.
- ONICOR-Comores, 2014. Rapport annuel, 23p.
- Palmer, A.C., Siamusantu, W., Chileshe, J., Schulze, K.J., Barffour, M., Craft, N.E., et al. 2016a. Provitamin A-biofortified maize increases serum β -carotene, but not retinol, in marginally nourished children: a cluster-randomized trial in rural Zambia. *American Journal of Clinical Nutrition*. 104(1):181-90.
- Palmer, A.C., Healy, K., Barffour, M.A., Siamusantu, W., Chileshe, J., Schulze, K.J., et al. 2016b. Provitamin A Carotenoid-Biofortified Maize Consumption Increases Pupillary Responsiveness among Zambian Children in a Randomized Controlled Trial. *Journal of Nutrition*. 146(12):2551-2558.
- Pande, H.K. 1997. Improved systems of rainy rice culture. FAO.
- Pfeiffer, W.H., McClafferty, B. 2007. Breeding crops for better nutrition. Harvest Plus, Crop Science. 2007;47(S3):S88–S105.
- Pouyat, J. 2016. Le déficit en magnésium a été sous-estimé, <https://www.lanutrition.fr/> (Erişim tarihi 20-03-2020)
- Pilbeam, D.J., et. Morley, P.S. 2007. « Calcium ». In Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Qaim, M., Stein, A.J., Meenakshi, J.V. 2007. Economics of biofortification. *AgricEcon* 37[Suppl 1]: 119–133.
- Reyniers, F. N., Truong, B., Bois, J. F., Bonnim, E., Thomin, G. 1980. Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial in situ avec le phosphore-32. IRAT, IDESSA. Bouaké, Côte d'Ivoire. 635-647 p.
- Rhoads, F.M. 1987. Relative Availability of Three Mg Sources to Corn and Soybean. North Florida Research and Education Center Research Report No. 878. <http://ufdc.ufl.edu/UF00066063/00001> (Erişim tarihi: 08.01.2018)
- Robert, D.H. 2007. Les sols acides des tropiques, PhD. Professeur émérite, Université du New Hampshire, ECHO, Note technique, 12p.

- Robyn Stevens R. and Winter-Nelson A. 2008. Consumer acceptance of provitamin A-biofortified maize in Maputo, Mozambique. *Food Policy*. 33:341–351.
- Rosado, J.L., Hambidge, K.M., Miller, L.V., Garcia, O.P., Westcott, J., Gonzalez, K., et al. 2009. The quantity of zinc absorbed from wheat in adult women is enhanced by biofortification. *Journal of Nutrition*.;139:1920–1925.
- Rozenberg, S., Body, J.J., Bruyere, O., et al. 2016. Effets de la consommation de produits laitiers sur la santé: avantages et croyances - un commentaire du Belgian Bone Club et de la Société européenne pour les aspects cliniques et économiques de l'ostéoporose, de l'arthrose et des maladies musculo-squelettiques. *Tissucalcif Int* 98: 1–17
- Rude, R.K., Gruber, H.E. 2004. Magnesium deficiency and osteoporosis: animal and human observation. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 15: 710-716
- Ruel, M.T., Alderman, H. 2013. Nutrition-sensitive interventions and programmes: How can they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition? *Lancet*. 2013;382(9891):536–551.
- Saltzman, A., Birol, B., Bouis, H.E., Boy, E., De Moura, F.F., Islam, Y., Pfeiffer, W.H. 2013. Biofortification: progress toward a more nourishing future. *Glob Food Security*.;2:9–17.
- Shewry, P.R., 2009. Wheat. *J. Exp. Bot.*, 60: 1537–1553
- Séré, Y., Adjepoua, A., Sanoussi, F. 1994. Stratégie de développement de la production de riz pluvial et de bas-fond au Burkina Faso. Ministère de l'Agriculture et des ressources animales, Ouagadougou, Burkina Faso, 124 p.
- Sié, M. 1991. Prospection et Evaluation Génétique des Variétés Traditionnelles de riz (*O. sativa* L. et *O. glaberrima* Steud.) du Burkina Faso. Thèse de Doctorat Ingénieur. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 125 p.
- Schvartz, C., Muller, J.C., Decroux, J. 2005. Guide de la fertilisation raisonnée – grandes cultures et prairies. Editions France agricole. 414 p.
- Seggewiss, B., Jungk, A. 1988. Einfluss der kaliumdynamik im wurzelnahen boden auf die magnesiumaufnahme von pflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 151, 91–96. doi:10.1002/jpln.19881510205
- Singh, O.S. and Sharma, V.K., 1972. - Alterations in growth and metabolism of potato plants by calcium deficiency. *Plant and soil*, 36, 2: 363-369.
- Stathers, T., Benjamin, M., Katcher, H., Blakenship, J., Low, J. 2013. Tout ce que vous avez toujours voulu savoir à propos de la patate douce: Atteindre les agents du changement, manuel de formation des formateurs (FdF) 2: La patate douce à chair

organge et la nutrition. Centre International de la Pomme de Terre, Nairobi, Kenya. vol. 2.

Stein Alexander J. 2009. Global impacts of human mineral malnutrition, *Plant Soil* (2010) 335:133–154

Muthayya, S., Jee H.R., Jonathan D. Sugimoto, Franz F. Roos, Klaus Kraemer, Robert E. Black 2013. The Global Hidden Hunger Indices and Maps: An Advocacy Tool for Action.

Styger, E., Aboubacrine, G., Ag Attaher, M., And Uphoff N. 2011. The system of rice intensification as a sustainable agricultural innovation: introducing, adapting and scaling up a system of rice intensification practices in the Timbuktu region of Mali. *JJOAS Timbuktu, Mali* 9(1). Pp 67-75.

Talsma, E.F., Melse-Boonstra, A., de Kok, B.P., Mbera, G.N., Mwangi, A.M., Brouwer, I.D. 2013. Biofortified Cassava with Pro-Vitamin A Is Sensory and Culturally Acceptable for Consumption by Primary School Children in Kenya. *PLoS One.*; 8(8).

Talsma, E.F., Brouwer, I.D., Verhoef, H., Mbera, G.N., Mwangi, A.M., Demir, A.Y., Maziya-Dixon, B., et al. 2016. Biofortified yellow cassava and vitamin A status of Kenyan children: a randomized controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*; 103(1):258-67.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. 2012. Tarım Teknolojisi. Sicak İklim Tahilli Yetiştiriciliği 20. 621bhy1730. Ankara,.

Terme Ticaret Borası (TTB) 2016. Çeltik ve çeltik yetiştiriciliği/ http://www.termetb.org.tr/urunler_celtik/tabid/2080/erişim-tarihi-20-nisan-2021.

Tournesac, P. 2012. Le rôle du magnésium dans la fibromyalgie. 4P

Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü (TMO). 2018. Hubuat sektör raporu, Ankara.

Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü (TMO). 2019. Hubuat sektör raporu, Ankara.

Türkoğlu, A. 1979. “Gıda Maddeleri”, İktisadi Coğrafya I. Kitap, İst. Üniv. İktisat Fakültesi Yay. No: 438, İstanbul, 1979.

Uçgun, K., Gezin, S. 2008. Makro Bitki Besin Elementlerinin Hastalıklarla İlişkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübreleme Kongresi Bildiriler Kitabı, 696-705. Konya.

Ummed Singh C.S., Praharaj Sushil K., Chaturvedi Abhishek B. 2016. Biofortification: Introduction, Approaches, Limitations, and Challenges.

- Uphoff, N., Fernandez, E., Yuan, L.-P., Jiming, P., Sebastien, R. & Rabenandrasana, J. 2002. Assessment of the system for rice intensification (SRI). Proceedings of an International Conference, Sanya, China, April 1–4, 2002, Ithaca, NY, USA: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development (CIIFAD).
- Van Asten, P.J., Barro, S.E., Wopereis, M.C., Defoer, T. 2004. Using farmer knowledge to combat lowproductive spots in rice fields of a Sahelian irrigation scheme. *Land Degrad Dev.* 2004;15(4):383-96.
- Van der Heijden, G., Legout, A., Midwood, A.J., Craig, C., Pollier, B., Ranger, J., Dambrine, E. 2013. Mg and Ca root uptake and vertical transfer in soils assessed by an in situ ecosystem-scale multi-isotopic (^{26}Mg & ^{44}Ca) tracing experiment in a beech stand (Breuil-Chenue, France). *Plant and Soil* 369, 33–45. doi:10.1007/s11104-012-1542-7
- Van Jaarsveld, P.J., Faber, M., Tanumihardjo, S.A., Nestel, P., Lombard, C.J., Benadé, A.J. 2005. B-Carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81:1080-7.
- Watson, K.A. 1964. - Fertilizers in Northern Nigeria. Current utilisation and higher plants. *Nature, London*, 209 : 634. recommendations for their use. *Sols Africains, M*, 1 : 5-20.
- Welch, R.M. and Graham, R.D. 1999. A new paradigm for world agriculture : Meeting human needs; productive, unsustainable, nutritious. *Field Crops Res.* 60: 1-10.
- White, P.J., Broadley, M.R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol* 182:49–84
- Wilkinson, S.R., Welch, R.M., Mayland, H.F., Grunes, D.L. 1990. Magnesium in plants uptake, distribution, function, and utilization by man and animals. *Metal Ions in Biological Systems* 26,33–56.
- Willows, R. D. 2007. Chlorophyll Synthesis. In: Wise, R. R. and Hooper, J. K. Eds.) *The Structure and Functions of plastids, advances in photosynthesis and Respiration*. Springer Netherlands.
- Winkler, J. T. 2011. Biofortification: Improving the nutritional quality of staple crops. In: Charles P. (Editor), *Access Not Excess The search for better nutrition*, Smith-Gordon, pp.100-112,
- Yang, J.L., You J.F., Li Y.Y., Wu P., and Zheng S.J. 2007. *Plant and Cell Physiol.* 48 : 66-74.

- Yoshida, S. 1973. Effects of temperature on growth of the rice plant (*Oryza sativa*L.) in a controlled environment. *Soil Sci. Plant Nutr.*19(4): 299-310.
- Yoshida, S. 1975. Factors that limit the growth and yields of upland rice. In *The International Rice Research Institute. Major research in upland rice.* Los Banos, Philippines. Pp 46-71.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science.* IRRI, Manila, Philippines, 269 p.
- Yücecan, S. 1991. Besinlerin Zenginleştirilmesi. *Gıda* 16 (4) 269-275.
- Zingore, S., Wairegi, L., et Ndiaye, M.K. 2014. *Guide pour la gestion des systèmes de culture de riz.* Consortium Africain pour la Santé des Sols, Nairobi. 60p
- Zimmerman M. Prince A.L. Bear F.E., 1947. - The magnesium sup-PY [Cl], 1965. - L'ananas. Maisonneuve et Larose Edit. (Paris), 298 p

ÖZGEÇMİŞ

Moilim FAHAD

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

2015-2022 Doktora	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak bilimi ve Bitki besleme, Antalya
Yüksek Lisans 2012-2013	Faranah Tarımsal ve Veteriner Yüksek Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Gine Cumhuriyeti.
Lisans 2008-2011	Faranah Tarımsal ve Veteriner Yüksek Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Gine Cumhuriyeti.

ULUSAL HAKEMLİ DERGİLER

Orman Ş., Ok H., Fahad M., Özgür A. 2020. Stabilize ve kurutulmuş evsel arıtma çamurundan humik asit eldesi ve çim (*Lolium Perenne* L.) yetiştiriciliğinde kullanımı. Mediterranean Agricultural Sciences, cilt.33, sa.3, ss.411-416.