

**T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mg₂SO₄ İÇERİKLİ YAPRAK GÜBRE UYGULAMASININ
POTASYUM EKSİKLİĞİ OLAN MISIR BİTKİSİNDE
FOTOSENTEZ ve SU KULLANIMINA ETKİSİ**

Aslı ARSLAN

TOPRAK ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU danışmanlığında **Aslı ARSLAN**'ın hazırladığı “**Mg₂SO₄ içerikli yaprak gübre uygulamasının potasyum eksikliği olan mısır bitkisinde fotosentez ve su kullanımına etkisi**” konulu bu çalışmatarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

Üye :

Üye :

Bu Tezin Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1 GİRİŞ	1
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3 MATERYAL ve METOD	22
3.1 MATERYAL	22
3.1.1 Denemenin yürütüldüğü yer	22
3.1.2 Çalışmada kullanılan mısır çeşidi	23
3.1.3 Susan mısır çeşidinin özellikleri	23
3.2 METOT	24
3.2.1 Deneme yerinin hazırlanması	24
3.2.2 Denemede kullanılan tohumların çimlendirilmesi ve fidelerin kovalara transferi	25
3.2.3 Denemede uygulanan besin çözeltisinin bileşimi	29
3.2.4 Bitkilerin Uygulamalar için Sınıflandırılması	30
3.2.5 Bitki besin çözeltisi uygulanması ve değişimi	30
3.2.6 Bitki fotoğraf çekimi	31
3.2.7 Saksıdaki suyun ölçümü	31
3.3 Yapraklara Yapılan Uygulamalar ve Ölçümler	31
3.3.1 Yapraklardan bitki besin maddelerinin uygulanması	31
3.3.2 Yapraklardaki klorofil miktarı ölçümü	33
3.3.3 Yapraklardan fotosentez ölçümleri	34
3.4 Bitkilerin Hasadı ve Analize Hazırlanması	35
3.4.1 Hasat sonrası analize hazırlık	36
3.5 Yapılan Analiz Ve Uygulanan Yöntemler	37
3.6 Sonuçların Değerlendirilmesi	39
4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	40
4.1 SPAD DEĞERLERİ SONUCU VE YORUMLANMASI	40
4.2 BİTKİ AĞIRLIK BULGULARI	41
4.2.1 Yaşlı Yapraklar	41
4.2.2 Genç yapraklar	41
4.2.3 Kök	42
4.3 Su Kullanım Etkinliği	43
4.4 Bitkiler Tarafından Kullanılan Su	44
4.5 Fotosentez	45
5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	56

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mg₂SO₄ İÇERİKLİ YAPRAK GÜBRE UYGULAMASININ POTASYUM EKSİKLİĞİ OLAN MISIR BİTKİSİNDE FOTOSENTEZ ve SU KULLANIMINA ETKİSİ

Aslı ARSLAN

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU
YIL: 2019, Sayfa: 62**

Artan dünya nüfusu için besleyici ve sağlıklı gıda temini bugünlerde karşı karşıya kaldığımız en büyük zorluklardan biridir. Mısır da gıda talebini karşılamada önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte küresel iklim değişikliği nedeni ile tehlikeye giren tarımsal üretimi arttırıcı önlemler almak her geçen gün daha önemli bir çalışma konusu haline gelmektedir.

Bilim adamları, bitkilerin daha iyi büyümesi için yeni yöntemler geliştirmenin yanı sıra, mevcut gıda yetiştirme sürecini yenilemek için ellerinden gelenin en iyisini deniyorlar. Magnezyum ve Potasyum, bitki büyümesinin temel parçası olan fotosentez sürecinde hayati bir rol oynamaktadır. Ancak, toprağın, bitkilerin büyümesinin etkilendiği gerekli minerallerden yoksun olduğu, minerallerin toprakta tutunduğu dünyanın birçok bölgesi vardır. Bu durumun üstesinden gelmek için yapraktan uygulama yöntemi kullanılmaktadır. Bu, uygulanan besinlerin alımını, toprak tarafından tutunmamasını, fitotoksisiteye yol açmadan mikro ve makro besin maddelerinin uygulanmasını arttırmak için kullanılan birkaç teknikten biridir. Bu araştırma, K₂SO₄ ve Mg₂SO₄'ün yaprak uygulamasının, mısırın Mg ve K'ca yetersiz beslenmesinin fizyolojik ve transpirasyonel adaptasyonuna yeni bir bakış açısı kazandırmak amacıyla K eksikliği olan mısırın fotosentetik ve su kullanımı üzerindeki etkileri üzerine yayınlanmış literatürü gözden geçirme yaklaşımını kullanmaktadır. Hidroponik olarak yetiştirilen mısırdaki sunulan çalışmanın sonuçları, Mg yaprak gübrelemesinin, öncelikle potasyum ve magnezyum eksikliği altında bozulan fotosentez gibi temel fizyolojik aktivitelerin geri kazanılmasında etkili olduğunu göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Magnezyum, potasyum, etkin su kullanımı, fotosentez, mısır

ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECTS OF FOLIAR APPLICATION OF Mg_2SO_4 on PHOTOSYNTHESIS AND WATER USE EFFICIENCY OF K DEFICIENT MAIZE

Ash ARSLAN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

YEAR: 2019, Page: 62

Healthy and enough food is one of the biggest challenges which the world is facing now a days due to increase in population. Maize is also playing an important role in fulfilling the food demand. Additionally, concomitant decrease in water availability due to global climate change and land use change raise an increasing challenge for higher agricultural crop productivity. Scientists are trying their level best to innovate the existing food growing process in addition to introducing new methods for better growth of crops. Magnesium and potassium play a vital role in the photosynthesis process which is fundamental part of plant growth. But there are many parts of the world where the soil lack necessary minerals due to which the growth of crops get affected. In order to tackle such situation foliar application method is utilized. This is one of the few techniques utilized to enhance the uptake of applied nutrients, fixation of soil, application of micro and macro nutrients without causing phytotoxicity. This research work uses the approach to review the published literature on the effects of foliar application of K_2SO_4 and Mg_2SO_4 on photosynthetic and water use of K^+ deficient Maize with an aim to provide new insight into the physiological, and transpirational adaptation of maize (*Zea mays* L.) K undersupply, its resupply and application on roots in addition to evaluate water use efficiency of maize plant in K under supply. The results of the study, presented in hydroponically grown maize, showed that Mg leaf fertilization was effective in restoring basic physiological activities, such as photosynthesis, which deteriorated primarily under potassium and magnesium deficiency.

KEYWORDS: Magnesium, potassium, water use efficiency, photosynthesis, maize

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşerî ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunan ve her zaman anlayışı ve gülen yüzüyle karşılandığım danışman hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Ali Çullu'ya (Harran Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı) ve yine eğitim hayatım boyunca fikirleriyle beni aydınlatan, yol gösteren Dr. Fred Barış ERNST' e (Harran Üniversitesi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı), tabi ki çalışmalarım süresince ve eğitim hayatım boyunca birçok fedakârlıklar göstererek beni destekleyen kıymetli aileme en derin duygularla teşekkür ederim. Ayrıca araştırmanın yapılmasını sağlayan ve her türlü imkânı sunan Prof. Dr. Karl-Hermann Mühling'e ve çalışmanın Almanya'da yürütülmesine ön ayak olan Dr. Mehmet Şenbayram'a teşekkürü borç bilirim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Bitki gelişimi sırasında mısırın besin alımı.....	4
Şekil 1.2. Almanya'da Mg yataklarının coğrafi dağılışı (solda) ve 2010 yılında Alman idari bölgelerinde silaj mısırının yetiştirme alanı (sağda) (Deutsches Maiskomitee, 2016a; Avrupa toprak Bürosu ağı 2005).....	5
Şekil 1.3.Mısırdaki magnezyum eksikliğinin görsel belirtileri	6
Şekil 1.4. Bir yulaf yaprağında magnezyum eksikliği belirtileri (solda) bir faba fasulye yaprağı (sağ,).....	7
Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü sera ortamı	22
Şekil 3.2. Denemede Kullanılan Mısır Çeşidi Görseli.....	23
Şekil 3.3. Denemede Kullanılan Hidroponik Saksının Görünümü	24
Şekil 3.4. Hidroponik Saksıların Seradaki Görünümleri.....	25
Şekil 3.5. Mısır Tohumlarının Çimlendirme Yöntemi Görseli	26
Şekil 3.6. Tohumların Çimlenmesi için Bekletildiği Alanın Görseli	26
Şekil 3.7. Tohumların Çimlenmeye Başladığının Görseli.....	27
Şekil 3.8. Çimlenen Tohumların Saksıya Transferinden Önceki Görseli.....	27
Şekil 3.9. Çimlenmiş Tohumlar Saksıya Transferi Görseli.....	28
Şekil 3.10. Gelişmeye Başlamış Mısırların Seradaki Görünümü	28
Şekil 3.11. Saksıya Bitki Besin Çözeltileri Hazırlanması Eklenmesi Görseli	30
Şekil 3.12. Yapraklara Püskürtme Yöntemiyle Uygulama Görseli	32
Şekil 3.13. Yaprak Gübrelemesi Uygulanmadan Önce Bitki Köklerinin Kaplanması	33
Şekil 3.14. Yapraklardan SPAD ile Klorofil Ölçümü.....	34
Şekil 3.15. Yapraklardan Fotosentez Ölçümü ve Gaz Değişim Ölçüm Cihazı.....	35
Şekil 3.16.Bitkilerin Öğütülmesi	36
Şekil 3.17. Analize Hazırlık.....	38
Şekil 3.18. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile Değerlerin Okunması	38
Şekil 4.1. Temmuz ve Ağustos aylarında Mgso ₄ , K+M ve K eksikliğindeki toprakta yetiştirilen Mısır bitkileri için gözlenen SPAD değerleri	40
Şekil 4.2. Mgso ₄ , K+M Uygulamalarının K eksikliğinde yetiştirilen mısır bitkisinin yaşlı yapraklarının yaş ve kuru ağırlıkları	41
Şekil 4.3. MgSO ₄ , K+M Uygulamalarının K eksikliğinde yetiştirilen mısır bitkisinin genç yapraklarının yaş ve kuru ağırlıkları	42
Şekil 4.4.Mgso ₄ , K+M Uygulamalarının K eksikliğinde yetiştirilen mısır bitkisinin kök kısmı yaş ve kuru ağırlıkları	43
Şekil 4.5.Etkin Su Kullanımı	44
Şekil 4.6. Bitkilerin Kullandığı Su Oranı	45
Şekil 4.7. Fotosentez Oranı	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Denemede uygulanan besin çözeltisinin bileşimi	29
---	----



SİMGELER ve KISALTMALAR

μmol	Mikromol
nm	Nanomol
MgCO_3	Manyezit/Magnezyum karbonat
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Epsom tuzu
$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$	Dolomit
$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpantinit Grubu Mineral (Krizotil)
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	Magnezyum Nitrat
MgCl_2	Magnezyum Klorür
MgO	Magnezyum Oksit
ATP	Adenozin Trifosfat
CO_2	Karbondioksit
SKE	Su Kullanım Etkinliği

1 GİRİŞ

Küresel tarım; iklim değişikliği, devam eden toprak bozulması ve artan toprak geçirgenliği sorunlarının yaşandığı günümüzde artan dünya nüfusu için besleyici ve sağlıklı gıda temininde büyük zorluklar ile karşı karşıyadır. Birleşmiş Milletler Örgütü'nün verilerine göre, 7.4 milyar olan mevcut dünya nüfusu 2030 yılına kadar, insan sayısında 1.1 milyar kadar artış olacak ve 2050'de 9.7 milyara ulaşacaktır (Birleşmiş Milletler Örgütü, 2015a). Yüzyıllar boyunca aşırı kullanım ve sürdürülemeyen arazi yönetimi, dünya çapında toprakların bozulmasına ve besin maddelerinin azalmasına yol açmıştır.

Dünya çapında tarım için kullanılan arazilerin yaklaşık olarak %52'lik kısmını orta ya da ağır toprak bozulmasından etkilendiği ve artan islenme sonucu çölleşmesinden ötürü kaybedilmiştir (Birleşmiş Milletler Örgütü, 2015b).

Açlık ve yetersiz beslenmeyle başa çıkabilmek için hem yüksek ürün verimi hem de yüksek gıda kalitesi gereklidir. Maksimum üretim seviyelerini elde etmek için, ürünlerin gerekli ve ihtiyaç duydukları besinlerle beslenmeleri gerekir. Tarımsal araştırmalar esas olarak, birincil bitki besin elementleri olan azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) üzerine odaklanmışlardır çünkü bunlar bitki gübrelemesinde yüksek düzeyde kullanılır ve verim üzerinde yüksek etkiye sahiptirler.

Bununla birlikte, ikincil besin maddelerinin eksikliğinde bitki büyümesini olumsuz yönde etkiler ve sonuç olarak ürün veriminde ve gıda besin değerinde düşüşlere neden olur.

Temel bitki besin maddesi Magnezyum (Mg), bitki beslenmesiyle ilgili araştırmalarda “unutulmuş besin” olarak ilan edilmiştir (Mchoul, 2006). Magnezyum kantitatif (miktar) gereksinim açısından, ikincil besin olabilir ancak bitki gelişimini, büyümesi ve üremesi açısından kesinlikle ikincil olarak kabul edilemez.

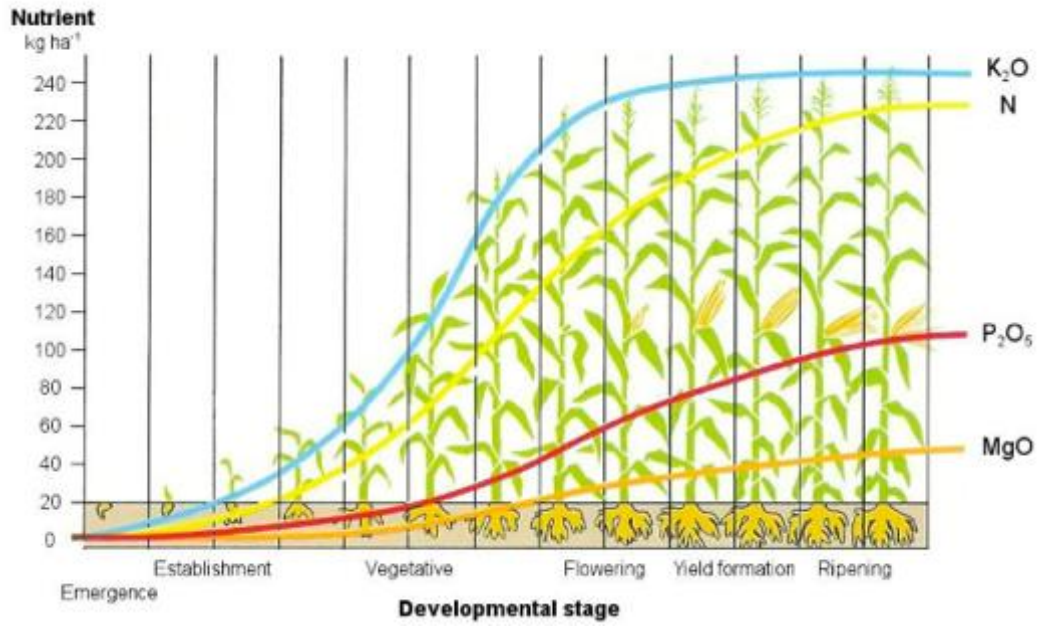
Ancak, bitkilerin Mg ile beslenmeleri genellikle göz ardı edilmektedir ve Mg eksikliği yoğun bitki üretim sistemlerinde (Çakmak ve Yazıcı, 2010) ve sürdürülebilir

tarımda (Krishna, 2014) giderek önemli bir sınırlayıcı faktör haline gelmektedir. Klorofilin merkez atomu olan magnezyum, fotosentezde çok önemli ve belirgin bir rol oynar. Ancak fotosentez dışında bir dizi metalik süreç üzerindeki etkisi belirsizdir ve Mg eksikliğinde verilen fizyolojik tepkiler hakkında bilgiye ihtiyaç vardır.

Önceki çalışmalar kısmında bitki metabolizması üzerinde magnezyumun fizyolojik fonksiyonları ve Mg eksikliğinin etkilerinin güncel bilgisi hakkında genel bir bakış verilecektir. Ayrıca magnezyumun kullanılabirliği, topraklardaki kullanılabilir magnezyum miktarı, tarımdaki eksikliği ve magnezyumun alımını etkileyen çeşitli parametreler ele alınacak, bitki besin elementlerinin yapraktan alımı avantaj ve dezavantajlarına değinilecektir. Bitkilerde potasyumun işlevleri ve potasyum eksikliği de ele alınacaktır. Ayrıca deneme bitkisi olan mısır (*Zea Mays.L*) ve kullanım alanları hakkında bilgi verilecek ve bu çalışmanın amaçları özetlenecektir.

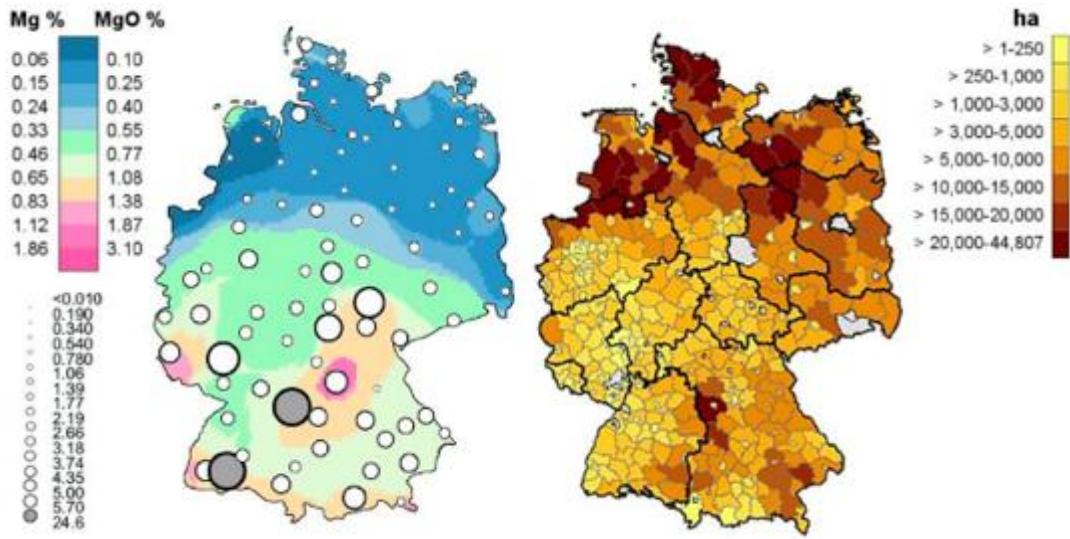
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mısır Bitkisi, dünya çapında yetiştirilme alanı açısından buğdaydan sonra en fazla yetiştirilen ikinci üründür. Küresel mısır üretimi son 25 yılda iki kattan fazla artarak, 2014 yılında bir milyar tona ulaşmıştır. Aynı zamanda ortalama küresel verim de 3.7 ha-1 dan 5.6 ha-1'a yükselmiştir. Bu veri artışı, yüksek oranlarda gübre, bitki büyüme düzenleyicileri ve pestisitler kullanılan yeni yüksek verimli çeşitlerin tarımda kullanılmasının yoğunlaştığını gösterir. Mısırdaki en iyi üretim ülkeleri sırasıyla; Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Brezilya ve Arjantin'dir (FAOSTAT, 2014). Amerika Birleşik Devletleri'nde mısır genellikle çiftlik hayvanlarına besiyemi olarak ve benzin için biyoyakıt katkı maddesi olarak kullanılan etanol üretiminde kullanılmak üzere yetiştirilmektedir (Ranum ve ark, 2014). Ayrıca mısır nişastası, alkolsüz içeceklerde tatlandırıcı olarak kullanılan glikoz-fruktoz şurubu olarak da adlandırılan mısır şurubu için substrat görevi görür. Mısır; mısır yağı, viski ve diğer alkollü içecekler için ve plastik ve kumaşların endüstriyel üretimi için substrat olarak da kullanılır. Mısır üretim artışında benzer olumlu etki hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı çiftliklere sahip olan Almanya'da da eş zamanlı olarak mısır üretim alanlarını arttırmıştır. Ayrıca mısır bu ülkede elektrik üretmek için jeneratif bir enerji kaynağı olarak, biyogaz tesislerinde hammadde olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Alman Mısır Komitesi (Deutsches Maiskomite) 2018 yılındaki verilerine göre, Almanya'da 2017 yılında 2,527,900 ha alanda mısır yetiştirilmiştir. Yine bu komitenin güncel verilerine göre, tane mısır için ortalama Mg gereksinimi 30 kg/ha ve silajlık mısır için 70 kg/ha olarak açıklanmıştır. (Deutsches Maiskomite, 2019). Ancak bu oran, toprak tipine, hava koşullarına, mısır çeşidine üretimde uygulanan sistem ve verim beklentilerine göre değişkenlik gösterebilir. Mısır, yavaş bir başlangıç döneminden sonra özellikle yoğun bir büyüme dönemine sahiptir (Finke et al., 1999); bu nedenle Mg gereksinimi bitki gelişimi esnasında değişkendir ve bitkinin gelişme oranına bağlıdır. Bitki gelişimi sırasında mısırın gelişim evrelerine göre ihtiyaç duydukları besinler (şek.1.1) de verilmiştir (Buchner ve Sturm, 1980).



Şekil 2.1. Bitki gelişimi sırasında mısırın besin alımı

Mısır aynı zamanda, Afrika'da da en önemli temel gıdaların başında gelmektedir. Artan mısır üretimi, Afrika'nın uzun süreli gıda krizinin iyileştirilebilmesi için umut vaat etmektedir (Byerlee ve Eicher, 1997). Ancak, birçok Afrika üretim sistemindeki en önemli sorun; toprak verimliliğinin azalmasıdır. Gübre kullanımının etkisini arttırmak için mutlaka soruna yönelik uygun gübre kullanımı tavsiyeleri geliştirilmelidir (Byerlee ve Eicher, 1997). Mısırdaki Mg eksikliği, Batı ve Güney Afrika'nın kumlu topraklarında görülen yaygın bir hadisedir (Abunyewa and Mercer-Quarshie, 2004; Krishna, 2014). Geçici bir su açığı, bu yarı kurak bölgelerde Mg eksikliğini şiddetlendirebilir çünkü Mg kütle akışı ve difüzyon ile köklere taşınır ve dolayısıyla terleme kaynaklı su akışıyla yıkanabilir. Mısırdaki Mg eksikliği, yoğun yüksek verimin gerçekleştiği tarım sistemlerinde de ortaya çıkabilir. 2003 yılında yapılan yaprak analizi, Almanya'daki ekili mısırın yaklaşık olarak %20'sinin hafif bir Mg eksikliği gösterdiğini ve %10'dan fazlasının Mg içeriği açısından açıkça eksik olduğunu ortaya koymuştur (YARA, 2014). Mg eksikliğinin Kuzey Almanya'daki gibi büyük mısır alanlarında olduğu gibi nemli bölgelerdeki kumlu topraklarda meydana gelmesi muhtemeldir.



Şekil 2.2. Almanya'da Mg yataklarının coğrafi dağılışı (solda) ve 2010 yılında Alman idari bölgelerinde silaj mısırının yetiştirme alanı (sağda) (Deutsches Maiskomitee, 2016a; Avrupa Toprak Bürosu Ağı 2005)

Mısır tarımı için kullanılan, ekilebilir arazilerde N ve K'nın aşırı olarak bulunması da Mg eksikliği riskine yol açmaktadır. Yüksek azot gübrelemesinin genellikle yoğun mısır tarımı sistemlerinde; ürün verimi ve protein seviyelerini arttırmak için kullanıldığı görülmüştür. Mısır bitkisi, verimde bir kayıp olmadan fazla N seviyesini tolere eder (Finike ve ark, 1999), ancak azot etkisinde kalarak hızlı büyüme nedeniyle bitki dokusundaki Mg konsantrasyonunu azaltabilir (Craighead, 2001). Mısırdaki, yüksek K gereksinimi nedeniyle yüksek K gübrelemesi de yaygın olarak görülmektedir (Finike ve ark, 1999). Ayrıca hızlı büyümesinden ve yüksek veriminden dolayı yetiştirilen yeni mısır çeşitleri Mg'ı daha kolay tüketirler.

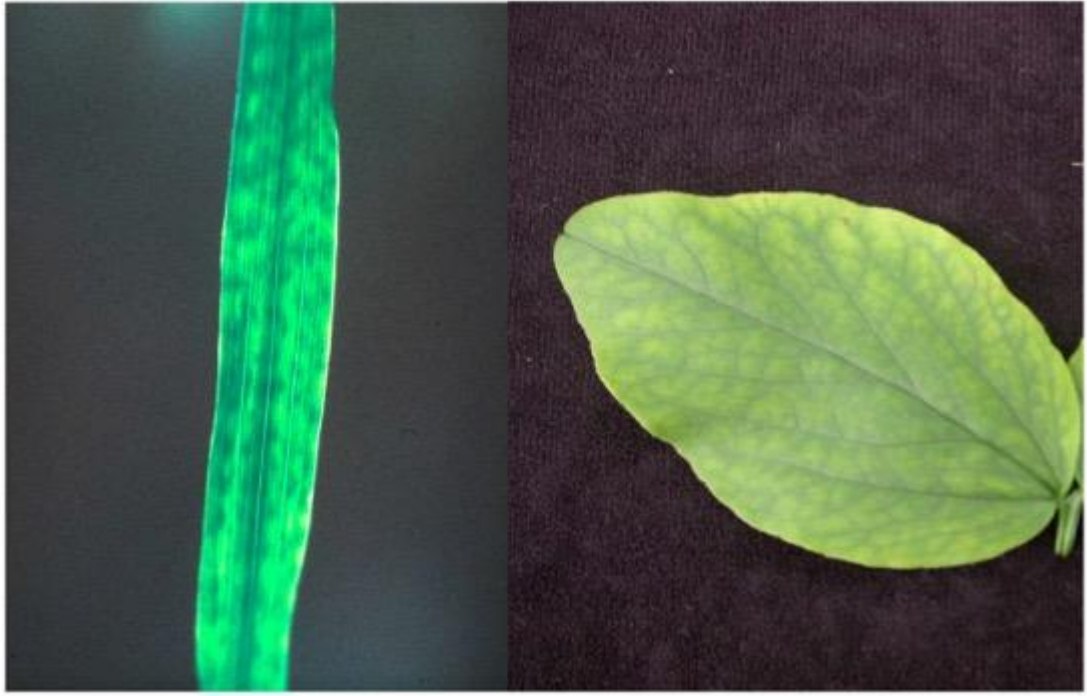
Mısırdaki Mg eksikliğinin gözle görülebilir etkisi genellikle; Mg'nin bitkideki yüksek hareketliliği dolayısıyla ilk olarak yaşlı yapraklarda görülür. Yapraklar sararma gösterir (Şek.3A), sürgünlerin ve köklerin büyümesi durağanlaşmıştır (Şek.3B) ve bazı durumlarda antiyosininler alt yaprak seviyelerinde sentezlenir ve kahverengi nekrozlar gözlemlenir (Şek.3C).



Şekil 2.3.Mısırdaki magnezyum eksikliğinin görsel belirtileri

Mg; hücre zarının stabilizasyonu, bitki su ilişkileri ve bitki hormon dengesi için önemlidir (Bergmann, 1993). Magnezyumun bu çeşitli işlemlerinden dolayı, eksikliğinde spesifik semptomlar gözlemlenir. Dikotiledon bitkilerde magnezyum eksikliği kloroza neden olur (Sek.5). Buna nekrotik lekelerin oluşumu veya Yaprakların kızarması eşlik edebilir ve eksiklik şiddetlenirse ileri nekroz ve yaşlanmaya neden olur (Bergmann 1993; Merhaut 2007).

Monokotiledon bitkilerde semptomlar farklıdır örneğin çimlerde yaprak sarı bir arka plan rengine sahipken koyu yeşil lekeler veya kahverengileşme gibi etkiler gösterebilirler (Kirkby ve Mengel 1976; Merhaut 2007; Sek. 1.4).



Şekil 2.4. Bir yulaf yaprağında magnezyum eksikliği belirtileri (solda) bir fava fasulye yaprağı (sağ,)

Magnezyum eksikliğine erken bir kanıt olarak yapraklarda sakkaroz ve nişasta birikimi de gözlemlenmiştir (Michael and Schilling 1957; Marschner 1995). Bu şeker birikiminin iki nedenden dolayı olduğu tartışılmıştır (Fischer ve dig. 1998). Bitkinin alt organlarının fotosentezden daha az faydalanması sonucunda yapraklarda birikime yol açtığını öne sürdüler. Ancak yapılan son araştırmalarda (Hermans ve diğ. 2006), Çakmak ve diğ.1994)'in fikrinden yola çıkarak, şeker birikiminin magnezyumun floemin yüklenmesi sırasında ki işlevinden kaynaklandığını gösterdiler. Klorofil konsantrasyonunun azalması da magnezyum eksikliği altında gözlemlenebilir ve yine magnezyum eksikliği altında fotosentez hızında azalma gözlemlenebilir.

Magnezyumun bitkiler üzerindeki fizyolojik etkilerine değinecek olursak; magnezyum çeşitli fizyolojik işlevlere sahip önemli bir makro besin maddesidir ve bitki büyümesi, gelişimi ve üremesi için hayati önem taşır. Bitki bünyesinde bulunan yaklaşık 300 kadar enzim magnezyuma bağlıdır (Berker ve Pilbeam, 2007).

Magnezyum, ya doğrudan enzime bağlanır yapısını değiştirir ve aktivasyonuna yol açar ya da bu moleküllerin biyolojik olarak aktif formları olan sırasıyla Mg-ATP

ve Mg-P₂O₇ vermek için ATP veya pirofosfat bağlanarak bir kofaktör görevi görür (Cole ve Schimmel, 1970).

Magnezyum sırasıyla enzim ve ATP arasındaki elektrostatik itmeyi nötralize eder ve dolayısıyla aktif bölgeye bağlantılarını sağlar. Aslında, fosfat gruplarının genel olarak negatif yükünden dolayı fosforil transferini içeren tüm enzimatik süreçler ve dolayısıyla ATP'nin hidrolizi veya sentezi de dahil olmak üzere tüm fosforilasyon veya defosforilasyon reaksiyonları için magnezyum gereklidir. Buna göre magnezyum; stoma düzenlenmesi, hücre genişlemesi, floem yüklenmesi, hücre içi pH regülasyonu, besin alımı ve taşınması gibi önemli fizyolojik süreçlerde yer alan plazma zarı H⁺ ATPazın aktivitesi için de gereklidir. Magnezyumun en önemli rolü, fotosentezdeki işlevidir. Magnezyum ışık yakalayan pigment klorofilin merkez atomudur ve işlevinin fotonları yakalaması çok önemlidir. Ayrıca magnezyum, Calvin-Benson döngüsünün birkaç anahtar enziminin aktivitesini de düzenler. Fotosentezin ışık reaksiyonu sırasında, H⁺ thylakoid lümenine taşınır ve thylakoid zar boyunca bir pH eğrisi oluşturur. Magnezyum klorofil molekülünün merkez atomudur ve thylakoidin birleştirilmesi için önemli olduğundan fotoasimilasyon için yapısal bir rolü üstlenir.

Magnezyum, pürin ve pirimidin öncüllerinin sentezinden başlayarak DNA ve RNA'nin ipliklerinin konfigürasyonlarının stabilize edilmesinde ve ribozomal alt ünitelerin birleşmesinde yapısal işlevlere sahiptir ve bu süreçlerde yer alan enzimleri aktive eder (Günther, 2006).

Magnezyum asetil-koenzim A ya da aktive ettiği için yağ asidi metabolizmasında da merkezi bir role sahiptir.

Topraklardaki kullanılabilir magnezyum oranlarını ve tarımdaki eksikliğini inceleyecek olursak eğer, konuya Avrupa Jeokimya Atlas'ının verilerini (Foregs, www.gtk.fi/publ/foregsatlas) değerlendirebiliriz. Bu verilere göre yüzey topraklarındaki Mg oranı oldukça değişkendir. Özellikle Polonya, Kuzey Almanya, Danimarka ve Hollanda'da düşük konsantrasyonlarda bulunur. Almanya topraklarında Mg konsantrasyonu kuzeyde 0.6-2.4 g kg⁻¹ ile güneyde 4.6-11.3 g kg⁻¹ arasındadır.

Düşük Mg oranları genellikle toprağın kökeni ile ilgilidir yani manyezit (MgCO₃), dolomit (MgCO₃ x CaCO₃) ve serpantin (Mg₃Si₂O₅(OH)₄) gibi çeşitli silikatlar içeren toprağı oluşturan ana kayaya bağlıdır. Düşük Mg içeriğine sahip

topraklar; granitler, kum taşları, buzul sonrası ve alüvyonlu kumlu tortullardan oluşan kumlu topraklardır (Grzebisz 2011).

Denemenin yürütüldüğü bölge olan, Kuzey Almanya Schleswig- Holstein Ziraat Odası; hafif kumlu toprakların sadece %25'inin ve daha ağır yapıda olan toprakların ise üçte birinin magnezyum içerdiğini esas alarak, toprakları sınıflandırmışlardır. Aksine, hafif kumlu toprakların %50'si ve ağır yapılı toprakların %40'ı içerdiği magnezyum oranı açısından düşüktür ve bundan dolayı magnezyum gübrelemesi önerilmektedir (Lausen ve Gosch, 2012).

Toprağı oluşturan ana kayadaki düşük Mg içeriğinin yanı sıra, Ca^{2+} , K^{+} , NH_4^{+} , H^{+} ve Al^{3+} gibi katyonların konsantrasyonları da kökler tarafından alımı esnasında rekabet ettiklerinden, magnezyumun bitki mevcudiyeti üzerinde temel bir etkiye sahiptir (Marscher, 1996).

Magnezyumla gübre uygulamaları: topraktan ve yapraktan uygulanabilir. Geleneksel tarımda, toprağa magnezyum kaynağı olarak; süperfosfat ve potasyum gübresi kaonit ($MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$) gibi gübrelerin kullanımı, Kuzey Avrupa'nın birçok potansiyel olarak Mg yönünden eksik topraklarını iyileştirmek için kullanılmıştır (Metson, 1974). Bununla birlikte, Mg içeren serpantin süperfosfat kullanımı günümüzde azalmaktadır (Bolan ve ark. 2006) ve saflaştırılmış gübrenin uygulanması giderek yaygınlaşmaktadır (Metson, 1974).

Şenbayram ve ark, (2015) birçok tarımsal üretim sistemlerinde Mg oranının genellikle yetersiz olduğunu ve bitkinin ihtiyacına yönelik hassas magnezyum uygulamalarının geliştirilmesi gerektiği görüşünü bildirdiler. Bu bağlamda yaprak gübrelemesini daha hassas ve spesifik bir uygulama yöntemi olarak belirtebiliriz. Özellikle besin maddelerinin kökler tarafından alımının engellendiği durumlarda, bitkinin yapraklarından beslenmesi daha yararlı olabilir. Bu durum azaltılmış toprak nemi, hastalıklar, iyon antagonizmi, iyonların fiksasyonu aynı zamanda üreme organlarının gelişimi nedeniyle oluşan düşük kök aktivitesi gibi farklı durumlarda da faydalı olabilir (Gooding ve Davies 1992; Schönherr and Luber 2001; Wojcik 2004;

Oosterhuis and Weir 2010). Besin maddelerinin noksanlık belirtisi gösteren bitkiye yapraktan uygulanması, asimilasyonun gerçekleştiği organlara doğrudan tedarik edilerek yer değişimine ihtiyaç duymadıkları için noksanlık durumun daha hızlı bir şekilde giderilmesini sağlar. (Fageria ve ark. 2009).

Trikomlar ve özel epidermal hücreler üzerinden alımın yanı sıra, bitkilerin yapraklarından verilen hidrolik çözeltileri alabileceği iki farklı yol vardır (Fernandez and Eichert 2009; Oosterhuis and Weir 2010). Kökler üzerindeki iyonların alınmasından farklı olarak, yapraklarda karşılaşılabilecek ilk bariyer, yaprağı zararlı maddelerin istilasından ve ayrıca besinlerin sızmasından ya da su kaybından koruyan yaprak kütikulasıdır.

Genellikle, yüzeyde biriken ve gömülü olan mumsu yapıdaki kutinden oluşur ve bitkinin türüne, organlarına ve gelişim aşamalarına göre değişkenlik gösterir (Fernandez ve Eichert 2009).

Bu çalışmada bitkiler potasyum eksikliği altında bırakılarak, Mg yaprak uygulamasının etkileri gözlemleneceğinden kısaca da potasyuma değinecek olursak; Potasyum (K^+), bitki büyümesi ve üretkenliği için önemli bir makro besin maddesidir. Potasyum (K), bitki büyümesi için çok önemlidir ve stres toleransı ve su kullanımı verimliliği (SKE) ile güçlü bir ilişkisi vardır. K eksikliğinin önemli bir fizyolojik etkisi, fotosentez sırasında net CO_2 asimilasyonunun engellenmesidir. Önemli işlevleri yerine getirir ve bitki üretimini artırmak için gübreleme yönetim stratejilerine yaygın olarak dahil edilir. Potasyum, ürün verimi üretimini ve kalite belirlenmesini destekleyen başlıca bitki besin maddelerinden biridir. Birçok fizyolojik süreçte yer alırken, potasyumun su ilişkileri, fotosentez, asimile taşıma ve enzim aktivasyonu üzerindeki etkisi, ürün verimliliği üzerinde doğrudan sonuçlara neden olabilir. Potasyum eksikliği hem üretilen yaprak sayısında hem de bireysel yaprakların boyutunda bir azalmaya yol açabilir.

İşte bu çalışmada, uygun cam sera ortamında topraksız kültür yetiştiriciliğinin bir tekniği olan su kültürü sisteminde mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Ve potasyum eksikliği altında olan mısır bitkisine yapraktan Mg_2SO_4 uygulamasının bitki

biyokütlesine etkisi gözlemlenmiştir. Ayrıca potasyum eksikliği olan mısır bitkisine yapraktan uygulanan magnezyumun etkin fotosentez ve su kullanım verimliliğine etkisi incelenecektir. Topraklardan bitki besin elementlerinin alımının çeşitli nedenlerle zorlaştığı durumlarda çiftçilerimizin yaprak gübrelemesi yöntemi olanaklarından faydalanmaları ve verimliliklerini arttırıcı modern tekniklerle, ülke ekonomisine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Bitkilerde yaprak gübrelemesi ile ilgili çalışmalar 20.yuzyilin başından beri yürütülmüş ve belirli koşullar altında toprak gübrelemesinin tamamlayıcısı olduğu kanıtlanmıştır (Kannan 1986; Fernandez und Eichert 2009; Oosterhuis and Weir, 2010). Besin maddelerinin yapraktan uygulanması ile ilgili yayınlar incelendiğinde; bazen yararlı etki gözlemlenirken bazen de hiç etki göstermeyen hatta bazı durumlarda zararlı etkilere sahip olan zıt sonuçlar gözlemlenmiştir (Gooding and Davies 1986; Fageria et al. 2009). Fernandez and Eichert (2009), bu farklı sonuçların yaprak uygulamasının başarısını etkileyen sayısız faktörden kaynaklanabileceği görüşünü bildirmişlerdir.

Özellikle besin maddelerinin kökler tarafından alımının engellendiği; azaltılmış toprak nemi, hastalıklar, iyon antagonizmi, iyonların fiksasyonu ve aynı zamanda bitki üreme organlarının gelişimi nedeniyle oluşan düşük kök aktivitesi gibi durumlarda yapraktan beslenme daha faydalı olabilir (Gooding and Davies 1992; Schönherr and Luber 2001; Wojcik 2004; Oosterhuis and Weir 2010). Besin maddelerinin noksanlık gösteren bitkiye yapraktan uygulanması, asimilasyonun gerçekleştiği organlara doğrudan tedarik edilerek translokasyona ihtiyaç duymadıklarından dolayı, noksanlık durumunun daha hızlı bir şekilde giderilmesini sağlar (Fageria ve ark. 2009). Gooding ve Davies 1986; Oosterhuis ve Weir 2010; Noack ve ark. 2010; Murtic ve ark. 2012, Yapraklardan uygulanacak besin maddesi çözeltisinin konsantrasyonunun bitkinin ihtiyacını karşılayabilir ve yapraklara zarar vermeyecek miktarda uygulanması gerektiği görüşünü bildirmişlerdir.

Gooding ve Davies (1986), yapraktan besin maddesi uygulaması esnasında ihtiyaç duyulan diğer zirai ilaçların da aynı zamanda uygulanabileceğini ve böylece zamandan ve maliyetten tasarruf edilebileceğini bildirmişlerdir. Magnezyumun

yapraktan uygulanması, tarımda yaygın bir hale gelmiştir (Webster ve Drowe 1982; Allison ve ark. 2001; Borowski ve Michalek 2010). Yaprak gübresi uygulaması için; $Mg(NO_3)_2$, $MgCl_2$, MgO , Mg_2SO_4 ve Mg-şelatlar gibi çeşitli magnezyum tuzları kullanılabilir (Allen 1959; Webster 1985; Dekker ve Schoofs 2002; Borowski ve Michalek 2010). Allen (1959), bu tuzların farklı erime noktaları olduğundan dolayı magnezyumun alınmasının, değişen bağıl hava neminden dolayı farklılık gösterebileceğini belirtmiştir.

Magnezyum klorofil sentezi için gereklidir ve toplam magnezyumun %10'una kadar olan kısmı klorofil ile ilişkili olabilir (Wilkinson ve ark. 1990).

Bergmann (1993), magnezyumun; protein sentezi, enerji ve yağ asidi metabolizması gibi ana hücre reaksiyonlarında yer aldığından dolayı bitki büyümesi için gerekli olduğunu ve magnezyumun, şelat oluşturma özelliği nedeniyle 300'den fazla enzim reaksiyonunu etkilediğini bildirmişlerdir.

Bergmann; Marschner (1993; 1995), magnezyumun rubisco gibi enzimleri aktive ettiğini ve ATP oluşumunu teşvik etmek için lümeninden tilakoidlerin stromasına kadar inşa edilen proton gradyanının dengelenmesinde çok önemli olduğunu bildirdiler.

Bergmann (1993), magnezyumun hücre zarının stabilizasyonu, bitki su ilişkileri ve fitohormon dengesi için önemli olduğunu belirtti.

Rhoads (1987) mısır ve soya bitkilerinde magnezyum alımı ve kuru madde verimini araştırdığı çalışmada, 0, 50 ve 100 mg.kg⁻¹ dozlarında magnezyum besin elementini magnezyum kaynağı olarak seçtiği manganez, dolomit ve magnezyum sülfat ile 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 manganez uygulamalarında artış görülmüştür. Araştırmacı, asit karakterli topraklarda yetiştirilecek mısır ve soya bitkileri için en iyi magnezyum kaynağının dolomit olduğunu bildirilmiştir.

Elma ağaçlarında %2'lik $Mg_2O_4.7H_2O$ 'nun ekonomik açıdan fayda sağlaması düşünülerek en az 3 defa uygulanması uygun görülmüştür (Boynton,1954).

Soya fasulyesinde %5'lik konsantrasyonlarda kullanılan ve tekrarlanan magnezyum uygulamaların verimde herhangi bir artış sağlamadığı gözlemlenmiştir (Vrataric ve ark. 2006, Teklic ve ark. 2009).

Reinbott and Blevins (1995), çalışmalarına göre soya fasulyesi ve kanola bitkilerinin yapraklarından uygulanan magnezyum sonucunda verimde herhangi bir artış gözlenmemiştir (Yang-Yuen ve ark. 1999).

Yaprak uygulamasının etkisi üzerinde, çevresel koşulların veya genetik geçmişin (çeşitleri arasındaki farklılık) güçlü bir etkisi olduğu belgelenmiştir (Kristek ve ark. 2000; Barlog ve Grzebisz 2001; Vrataric ve ark.2006).

Kristek ve ark. (2000), şeker pancarı üzerinde magnezyumun yapraktan uygulanması ile ilgili yaptıkları çalışmada şeker konsantrasyonunda artma gözlemlenirken, Barlog ve Grzebisz (2001), yaptıkları çalışmada durumun böyle olmadığı gözlemlendi.

Dordas (2009), yaptığı çalışmada yapraktan magnezyum uygulamasının kekik bitkisi içerisindeki uçucu yağ konsantrasyonu üzerinde bir etkisini gözlemlenmezken, limonotu bitkisindeki geranio¹ maddesinin içeriğini yükselttiğini gözlemledi.

¹ Geraniol, gül yağı ve citronella yağı gibi çeşitli uçucu yağlarda bulunan doğal olarak bulunan bir koku bileşenidir.

Soya fasulyesinde yapraktan uygulanan magnezyumun, bitkinin tohumlarındaki protein oranı ve yağ içeriğinin artmasına neden olduğu gözlemlendi (Vrataric ve ark. 2006).

Magnezyum yaprak uygulamasının, elma bitkisinin yaprak ve meyvelerinde klorofil konsantrasyonunu arttırdığı için önemli olduğu kanıtlanmıştır (Szulc ve ark. 2001; Reay ve ark. 1998; Dordas 2009; Teklic ve ark. 2009).

Szulc ve ark. (2008) magnezyum ve kükürt elementlerinin mısır döllenmesine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, temel gübreleme olarak kullanılan NPK'ya ilave edilen magnezyum ve kükürtün mısır bitkisi üzerinde belirgin bir verim artışına sebep olduğu bildirilmiştir.

Zatloukalova ve ark. (2011) asma bitkisine topraktan yapılan magnezyum gübrelemesinin üzüm kalitesi üzerinde belirgin bir artış gerçekleştirdiği, yapraktan yapılan magnezyum gübrelemesinin ise üzüm kalitesinin artırılması açısından ek bir kaynak olmasının yanı sıra çinko ve mangan gibi elementlerin alınması açısından etkili olduğu belirtilmiştir. Düşük toprak pH'sı ve fosfor içeriğine sahip üzüm bağlarında magnezyum eksikliği görülebilmektedir.

Kekik, şeker pancarı ve çay gibi bitkilerde yapraktan uygulanan magnezyum uygulamasının verimi arttırdığı gözlemlenmiştir (Obatolu 1999; Barlog ve Grzebisz 2001; Dordas 2009).

Magnezyum konsantrasyonu az olan topraklarda üretilen, şeker pancarına yapraktan uygulanan Mg beslenmesi ile verimin yükseldiği gözlemlenmiştir (Kristek ve ark. 2000).

Teklic ve ark. (2009) ve Rao ve Rajput (2011), yaptıkları çalışmalara göre; bitkinin topraktan tedarik ettiği magnezyumu dikkate almadan, yapraktan uyguladıkları magnezyumun soya fasulyesi ve limonotu bitkisinde verimi arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Günther (2006), magnezyumun, pürin ve pirimidin öncüllerinin sentezinden başlayarak DNA ve RNA'nın oluşumuna kadar protein oluşumunun her adımında yer aldığını ve burada DNA ve RNA ipliklerinin konfigürasyonlarının dengelenmesinde ve ribozomal alt ünitelerin agregasyonunda yapısal işlevlere sahip olduğunu ve bu süreçlerde yer alan enzimleri aktive ettiğini bildirmiştir.

Magnezyum, birçok enzimin aktivasyon reaksiyonunda rol alır ve bu nedenle bitkilerde çok sayıda gelişimsel ve büyüme süreci için gereklidir (Epstein ve Bloom, 2004).

Barber (1995)'a göre mısır bitkisi tarafından ihtiyaç duyulan magnezyum besin elementi, yüksek çözünürlüğü sayesinde büyük oranda kitle akışı ile kök bölgesine taşınmaktadır. Besin elementlerinin yaprak yolu ile alınma hızı yapılarına göre farklılık göstermektedir.

Novotorava (1985), sera ortamında yetiştirdiği kabaklarda gübrelemenin yapraklardaki Mg içeriği üzerine yaptığı çalışmada, K'lu gübrelemenin yapraklardaki Mg içeriğini azaltırken, N ve P gübrelemesinin artırdığını saptamıştır.

Mg, birçok enzimin aktivasyon reaksiyonunda rol alır ve bu nedenle bitkilerde çok sayıda gelişimsel ve büyüme süreci için gereklidir (Epstein ve Bloom, 2004).

Bitkiler hem magnezyumu hem de potasyumu sadece katyon formunda (Mg^{2+} ve K^{+} olarak) alır. Toprak çözeltisindeki yüksek potasyum konsantrasyonları magnezyum alımına olumsuz yönde etki eder ve bitkilerde magnezyum eksikliğine neden olabilir (Somon 1963, Heenan ve Campbell 1981).

Temel bitki besin elementlerinden biri olan magnezyum, hücresel sistemlerde en bol bulunan elementdir. (Li ve ark. 2001)

Ekinlerin fotosentetik aktivitesini korumak için K ve Mg beslemesi gerekir. (Cooper ve ark. 1966, Terry ve Ulrich 1973, diğerleri ve Koch 1979)

K ve Mg, çok sayıda enzimin aktivasyonu ve katyon-anyon dengesinin düzenlenmesi de dahil olmak üzere birçok fizyolojik süreçte karşılıklı olarak yer alır (Marschner 2012).

Shaul 2002, Gierth ve Mäser 2007, Britto ve Kronzucker 2008, Szczerba ve ark. 2009, potasyum ve magnezyumun bitki içerisindeki hareketini konu alan çalışmalara odaklanmışlardır.

Bitkilerin fotosentetik aktivitesini korumak için yeterli K ve Mg beslenmesinin gerekli olduğu uzun zamandır bilinmektedir (Örn. 1966, Terry ve Ulrich 1973 ve Koch 1979).

Merhaut (2007), magnezyumun enerji dönüşümü için önemli olan ve bileşiklerin fosforilasyon, defosforilasyon ve hidrolizi ile ilişkili hemen hemen tüm süreçlerde yer aldığını belirtti.

Magnezyum ribozomları birbirine bağladığı için, Mg olmadan protein biyosentezi, gerçekleşemez (Maathuis,2009).

Ispanak bitkisi üzerinde (Borowski ve Michael, 2010) ve elma ağaçlarında (Dekker ve Schoofs,2010) yaptıkları bu iki çalışmada da farklı magnezyum tuzları ile gübre uygulamaları yapmışlardır ve bunun sonucunda farklı magnezyum tuzları ile gübrelemenin, bitki yas ağırlığında veya magnezyum konsantrasyonlarında herhangi bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Mg eksikliğinde ortaya çıkan ortak etkilerden birisi de çok sayıda çalışmada gösterildiği gibi klorofil konsantrasyonlarının azaltılmasıdır (Mengutay ve ark. 2013, Faust ve Schubert 2016, Tränkner ve ark. 2016).

Almanya'da Georg-August Göttingen Üniversitesi'nde 8 ve 9 Mayıs, 2012 tarihinde düzenlenen ilk uluslararası Magnezyum Sempozyumunda sunulan önemli deney sonuçlarından biri, bitkilerde ısı ve aşırı ışık stresine karşı Mg'nin koruyucu rolü olduğunu gösterdi. Buğday ve Mısır bitkileri, düşük Mg şartlar altında yetiştiriciliğinde sıcaklık stresine oldukça duyarlıydı. Mg gübrelmesi yoluyla bitkiler için yeterince yüksek bir Mg tefariğinin sağlanmasının, bitki üretiminde sıcaklık ve radyasyona bağlı kayıpları en aza indirmek için önemli bir gereklilik olduğu sonucuna varılmıştır.

Çakmak (2013), Magnezyumlu beslenmenin, bitkilerde hastalık oranını artırabileceği veya azaltabileceği yönünde fikrini belirtti, örneğin çok yüksek Potasyum gübrelmesi altındaki bitkilerin hastalıklara duyarlılığındaki artışların, dokulardaki düşük Mg ve kalsiyum (Ca) konsantrasyonları ile ilişkili olduğunu bildirildi.

Su kullanım etkinliği toprak ıslahı ve bitki besin yönetimi ile ilgili farklı agronomik uygulamalar ile iyileştirilebilir. (Blum, 2009).

Potasyum, bitki hücrelerinde en önemli inorganik ozmotik bileşik olarak hizmet eder ve bu nedenle, turgor kaynaklı stomatal hareket (Fischer 1968) ve hücre uzaması (Mengel ve Arneke 1982) gibi süreçlerin düzenlenmesi için yeterli potasyum bulunması çok önemlidir.

Potasyum, bitki metabolizmasında çok önemli roller oynayan bir elementtir (Dibb et al. 1985). Enzimlerin çalışmasını ve dokularda turgor basıncını sağlaması, stomaların açılıp kapanmasını düzenlemesi gibi bitki hücrelerinde K'un fizyolojik fonksiyonları vardır (Humble et al.1971, Kaiser 1982, Streeter ve Barta 1984), (Grattan ve Grieve 1994).

Potasyum, kök hücrelerinde ozmotik basıncı düşüren besin maddelerinin taşınması için turgor basıncını ve tüm bitkide su dengesini sağlayan en önemli elementtir (Marschner 1995).

Yeterli miktarda potasyum alamayan bitkilerin daha geç olgunlaştıkları çeşitli araştırmalarla saptanmıştır. Örneğin potasyum noksanlığı olan toprakta yetiştirilen soya fasulyesinde gelişme dönemi 181 gün iken potasyumlu gübre uygulanmış toprakta 157 gün olmuştur (Kaçar ve Katkat, 1988).

Potasyum eksikliğinin domates (Song ve Fujiyama 1996, Lopez ve Satti 1996), ıspanak (Chow ve ark. 1990) ve mısır (Botella 1997) gibi bitkilerde büyüme ve verim azalmalarına neden olduğu bilinmektedir (Grattan ve Grieve 1999).

Potasyum beslenmesinin bitkide su açığına karşı dirençte rol oynayabileceği fikri uzun zamandır bilinmektedir (Blanchet ve ark.,1962; Hsiao ve Lauchli, 1986).

Potasyumun bitkilerde abiyotik stresin zararlı etkilerini azaltıcı rolü vardır (Çakmak, 2005).

Potasyum, bitkilerde hayati öneme sahip olan metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonların birçoğunda doğrudan veya dolaylı olarak rol oynar (Zorb et al., 2014).

Bitki bünyesinde bulunan su dengesini sağlayan ozmolitler içerisinde miktar olarak en fazla potasyum bulunur, bu nedenle bitki su dengesi ve hücre turgorunun ayarlanmasında büyük öneme sahiptir (Tavakol ve ark., 2018).

Potasyum, birçok karbonhidrat enzimi ve protein metabolizması için eşetken veya canlandırıcı olarak işlev görür (Jakli ve ark., 2017).

Potasyum bitki türüne ve çevresel etkenlere bağlı kalarak daha yüksek konsantrasyonlarda Ca ve Mg' un bitki bünyesine alınmasında antagonistik etkiye sahiptir. Faojeria (1983), çözelti kültüründe çeltik bitkisinde K'un P, Ca ve Mg ile karşılıklı etkileşimini incelemiştir. Çözelti kültüründe artan K konsantrasyonu nedeni ile P ve Ca alımında önemli bir azalma gözlenmiştir. Bununla birlikte Mg alımı düşük

K seviyelerinde artarken sadece yüksek K seviyelerinde azalma göstermiş, ancak bu etki istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Düşük K' un konsantrasyonlarında yüksek P ve Ca alımının potasyumun yüksek hareketliliği nedeni ile olduğuna inanılmaktadır. Bunun nedeni ise K'nin yüksek hareketliliği nedeni ile yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu ortamda diğer iyonların alımına baskı kurmasıdır (Lundergardh 1934, Wall 1940). Artan K seviyelerindeki azalan Ca düzeyleri bu iyonların fizyolojik özelliklerinden kaynaklanan rekabetle ilgilidir (Johnson et al. 1968, Maas 1969, Fagaria 2001).

Potasyum, CO₂'nin atmosferden kloroplastlara difüzyonunu kolaylaştırır (Jákli ve ark. 2017).

Potasyum (K) gübrelemesinin, en iyi verimi elde etmek ve bitki stres toleransını ve su kullanım etkinliğini (SKE) iyileştirmek için tarımsal topraklarda yeterli miktarda uygulanması önemlidir. Jaqli ve ark, (2017) yaptıkları çalışma da potasyum gübrelemesinin şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) üzerinde su kullanım etkinliğini test etmişlerdir. Potasyum (K) gübrelemesi, yaprak alanı indeksini önemli ölçüde arttırarak, potasyum uygulanmış arazilerde kökler tarafından toprak neminin daha verimli bir şekilde tükenmesine neden olur. Sonuç olarak, stomatal ayarlamaya bağlı olarak yaprak su kullanım etkinliği artmıştır. K gübrelemesinin tarlada yetiştirilen şeker pancarının etkin su kullanımını büyük ölçüde geliştirdiğini bulmuşlardır.

Potasyum (K), bitki büyümesi ve gelişimi için temeldir, ancak uygulanan gübrelerin artan miktarlarına rağmen, K eksikliği olayları yaygın olarak görülmektedir. Loka ve ark, (2018) yaptıkları çalışmada pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) erken üreme evresindeki potasyum eksikliğinin karbonhidrat içeriği ve metabolizması, toplam antioksidan kapasitesi ve pamuk çiçek tomurcuklarının oksidatif hasarı ile yaprak fizyolojisine olan etkilerini araştırmışlardır. Denemede DP0912 pamuk çeşidi kullanılmış ve deney süresince bitkiler potasyum eksikliği altında yetiştirilmiştir. Potasyum eksikliği altında yetişen bitkilerin toplam antioksidan kapasitelerinde önemli bir artışa rağmen, pamuk çiçek tomurcuklarında önemli

oksidatif hasar oluşmuştur. Çiçek tomurcuklarının sakkaroz metabolizması belirgin bir şekilde etkilenerek tüm yapısal olmayan karbonhidrat konsantrasyonlarında önemli azalmalar meydana geldi. Ayrıca, potasyum eksikliği, artan membran hasarına yol açan yaprak fizyolojisini bozdu, klorofil ve karotenoid içeriğinde ve sonuçta yaprak fotosentetik oranlarında azalmalar gözlemlendi.

Yeşil bitkiler güneşin fiziksel enerjisinden yararlanarak karbondioksit ve suyu birleştirip şeker leri oluştururken fotosentezin ışık tepkimelerinde metabolik enerji kaynağı olan ATP'nin sentezlenmesinde potasyum temel göreve sahiptir (Tester ve Blatt, 1989).

Net asimilasyonun %95 olduğu deneysel koşullarda, bitkilerin fotosentetik işleyişi için gerekli doku potasyum konsantrasyonu; yağlık kanola tohumlarında 12.5 ve 14.0 mg Kg⁻¹ kuru madde arasında (Lu ve ark. 2016), soya fasulyesinde 13.0 mg g⁻¹ (Singh ve Reddy 2017), ayçiçeğinde 22.3 mg g⁻¹ (Jákli ve ark. 2017) ve pamukta 26.0 mg g⁻¹ (Girardeau ve ark. 2010) rapor edilmiştir. Fotosentez için kritik yaprak magnezyum konsantrasyonları bildirilmemiştir, ancak maksimum verimin %90'ını elde etmek için 0.7 mg g⁻¹ yaprak kuru madde konsantrasyonları gerekebilir (Smith ve ark. 1985).

Etkin su kullanımı, örneğin yaprak veya tüm bitki seviyesinde dikkate alınan ölçüğe bağlı olarak oldukça esnek bir terimdir. Biyokütle – su kullanım etkinliği tüm bitkiyi dikkate alır ve bitki örtüsü döneminde terleme yoluyla su kaybı birimi başına bitki kuru madde üretimi olarak tanımlanır (Tallec ve ark. 2013).

Biyokütle-su kullanım etkinliği, biyokütle oluşumu (örneğin fotosentez, solunum karbon kaybı) ve tüm bitki transpirasyonu (örneğin gece transpirasyonu ile terleme ve verimsiz su kaybı) ile ilgili birçok faktörden etkilenir (Claussen 2002; Wang ve ark. 2013).

Blum (2009), etkin su kullanımının, bitki ıslahı veya toprak ve bitki besin yönetimi ile ilgili farklı tarımsal uygulamalarla geliştirilebileceğini bildirmiştir.

Yeterli azotun olumlu etkileri (Shangguan ve ark. 2000; Brueck ve Şenbayram 2009) ve Potasyum uygulamasının (Fournier ve ark. 2005; Arquero ve ark. 2006) biyokütle – etkin su kullanımı ve yaprak-etkin su kullanımını etkilediği ile ilgili çalışmalar vardır, ancak Mg eksikliğinin bitki bitkilerinde su kullanım etkinliğini nasıl etkileyebileceği hakkında bilgi azdır

Potasyum (K) gübrelemesinin, en iyi verimi elde etmek ve bitki stres toleransını ve su kullanım etkinliğini (WUE) iyileştirmek için tarımsal topraklarda yeterli miktarda uygulanması önemlidir. Jaqli ve ark. (2017), yaptıkları çalışma da potasyum gübrelemesinin şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) üzerinde su kullanım etkinliğini test etmişlerdir. Potasyum (K) gübrelemesi, yaprak alanı indeksini önemli ölçüde arttırarak, potasyum uygulanmış arazilerde kökler tarafından toprak neminin daha verimli bir şekilde tükenmesine neden olur. Sonuç olarak, stomatal ayarlamaya bağlı olarak yaprak su kullanım etkinliği artmıştır. K gübrelemesinin tarlada yetiştirilen şeker pancarının etkin su kullanımını büyük ölçüde geliştirdiğini bulmuşlardır.

3 MATERYAL ve METOD

3.1 MATERYAL

3.1.1 Denemenin yürütüldüğü yer

Bu araştırma, Christian Albrechts Üniversitesi, Ziraat ve Beslenme Bilimleri Fakültesi Bitki Beslenme Enstitüsü (Kiel, Kuzey Almanya), uygulama alanında bulunan tam kontrollü cam sera ortamında yürütülmüştür. Araştırma süresi boyunca, ortam sıcaklığı 20–25 °C ve %30–50 nem oranında tutulmuştur



Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü sera ortamı

3.1.2 Çalışmada kullanılan mısır çeşidi

Denemede, Dow AgroScience GmbH firmasına ait Zea mays L. Cv. Susann, Nordsaat Saatucht Langenstein, Germany (SUSANN S 260, K 280 mısır çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşidin özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.2. Denemede Kullanılan Mısır Çeşidi Görseli

3.1.3 Susann mısır çeşidinin özellikleri

Bu tek melez hibrit çeşit, silajlık mısır, tane mısır ve biyogaz üretiminde kullanmak için uygundur. Firma tarafından, siloda ve tanede Harika Susann olarak lanse edilmektedir. Bitki büyümesi, bitki boyu, stres toleransı açısından değerleri oldukça yüksektir. Aynı zamanda, yüksek nişasta içeriğine sahiptir. Sıcak ve kurak iklimlere uyumu çok iyidir. Yüksek koçan sayısı veya yüksekliği nedeniyle, tane sırasında maksimum verime sahiptir.

Yaprak yanıklığı (*Helminthosporium turticum*) ile kök ve gövde çürüklüğüne (*Fusarium spp.*) karşı oldukça dayanıklıdır. Ayrıca silajlık mısır hasat esnekliği 3 haftaya kadar çıkmaktadır.

3.2 METOT

3.2.1 Deneme yerinin hazırlanması

Araştırma, su kültürün bir alt kümesi olan hidroponik sistemlerle yürütülmüştür. Bu amaçla genişlikleri 18 cm, boyu 17 cm ve yükseklikleri 20 cm olan toplam 10 litre yetiştirme ortamına sahip, kendinden dört bitki giriş deliği aşağıdaki görselde bulunan siyah plastik kovalar kullanılmıştır.

Bu kovalar serada bulunan tekerlekli stant üzerine ve SON-K 400, (Philips Deutschland GmbH, Hamburg, Germany), ampul olarak ise Philips SON T- Agro 400 watt, kullanıldığı 350 Lmol m⁻² S⁻¹ ışık yoğunluğunun sağlandığı profesyonel ışık altında 3 hafta sonra doğal ışıktan faydalanacak şekilde çift sıra halinde ve birbirine paralel olarak yerleştirilmiştir. Bitkiler her bir kovaya üç tane olarak yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Denemede Kullanılan Hidroponik Saksının Görünümü

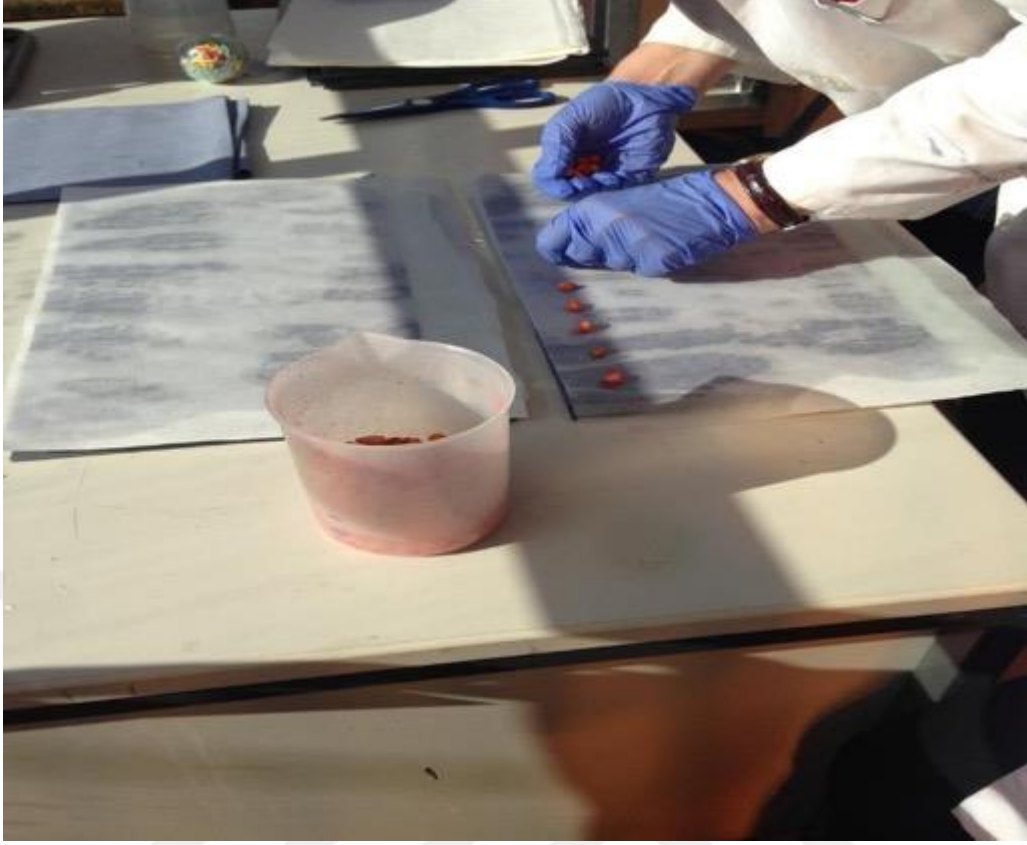


Şekil 3.4. Hidroponik Saksıların Seradaki Görünümleri

3.2.2 Denemede kullanılan tohumların çimlendirilmesi ve fidelerin kovalara transferi

Denemede Susann mısır çeşidinin tohumları, tohumların daha erken çimlenmelerine yardımcı olması için 2 gün boyunca 2 mM CaSO_4 içeren ve hava döngüsünün sağlandığı solüsyonda iki gün boyunca bekletilmiştir.

Ve daha sonra, tohumlar çimlenmesi amacıyla iki tabaka arasındaki sünger üzerine kalın peçete kâğıdı yerleştirilerek ve tohumların çıkış yönlerine dikkat edilerek dizildi ve 28°C sıcaklığın sağlandığı, 0.5 mM CaSO_4 solüsyonu içeren karanlık ortamda bırakıldı.



Şekil 3.5. Mısır Tohumlarının Çimlendirme Yöntemi Görseli



Şekil 3.6. Tohumların Çimlenmesi için Bekletildiği Alanın Görseli



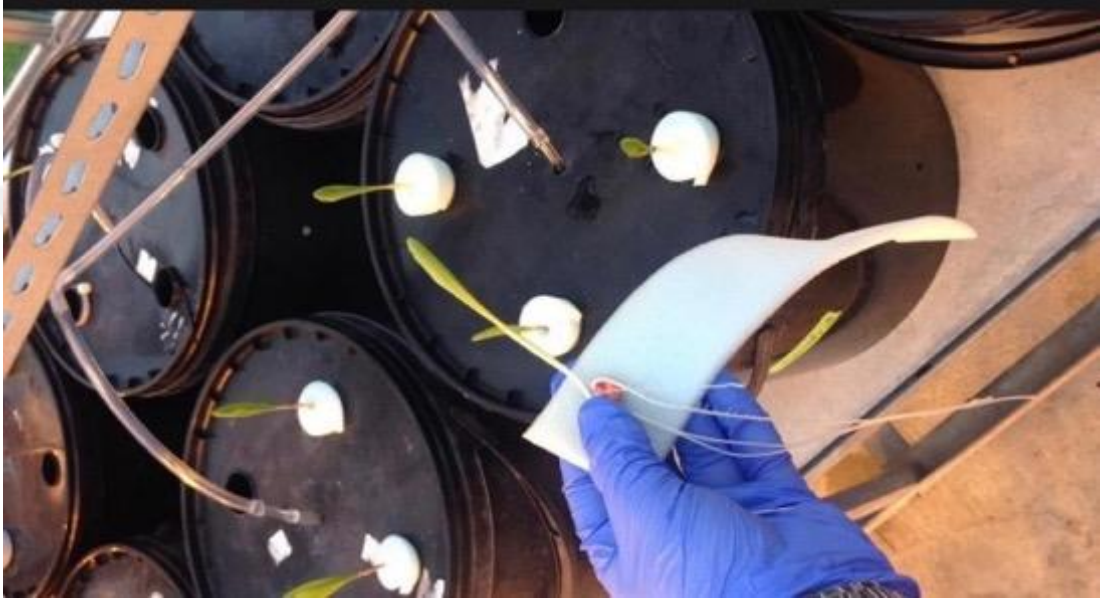
Şekil 3.7. Tohumların Çimlenmeye Başladığının Görseli



Şekil 3.8. Çimlenen Tohumların Saksıya Transferinden Önceki Görseli

Tohumların çimlenmesi için 7 gün bekletildikten sonra, plakalar açılarak tohumlar filizlenme kalitelerine göre seçilerek, her bir kovaya 3 bitki yerleştirilecek şekilde kovaların üzerindeki deliklerden bitkilerin yetiştirme ortamı olan su kültürüne yabancı patojen girmesi ve yine bu deliklerden transpirasyonun engellenmesi için,

köklenmiş bitki tohumları, bu delikleri kapatacak şekilde kesilen sünger şeritler arasına sarılıp rulo sekline getirildikten sonra, 9 litre saf su ve 4 gün içerisinde %100 konsantrasyona çıkarılacak, %25'lik besin çözeltisi bulunan kova üzerinde bulunan deliklere yerleştirildi böylece köklerin su ile temas sağlandı. Aynı zamanda bitki köklerine yeterli oksijenin sağlanması açısından bir hava pompasından faydalanarak 7/24 hava sirkülasyonu sağlandı



Şekil 3.9. Çimlenmiş Tohumlar Saksıya Transferi Görseli



Şekil 3.10. Gelişmeye Başlamış Mısırların Seradaki Görünümü

3.2.3 Denemede uygulanan besin çözeltisinin bileşimi

Denemede aşağıda besin maddeleri konsantrasyonu verilen besin çözeltileri kullanılmıştır. Bitki besin maddelerinden magnezyum hariç, diğer besin maddeleri sabit oranda alınarak, deneme konusu olan magnezyum 200 mM Mg_2SO_4 besin çözeltisi ve potasyum 200 mM K_2SO_4 ayrıca hazırlanıp bitki yapraklarından spreyleme yöntemiyle besleme yapılmıştır. Ve bu solüsyon haftalık olarak değiştirilmiştir.

Çalışmada kontrol (optimum K), potasyum eksikliği, yapraktan sadece $MgSO_4$ uygulaması ve yapraktan $K_2SO_4 + Mg_2SO_4$ uygulaması olmak üzere 4 farklı deneme grubu kurulmuştur.

Kontrol grubu bitkilere 1.0 mM K_2SO_4 komple uygulandı, diğer bitkilere ise potasyum verilmeyerek, potasyum eksikliği altında bırakıldı.

Çizelge 3.1. Denemede uygulanan besin çözeltisinin bileşimi

mM	Kontrol	K ⁺ Eksikliği
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$	1.0	1.0
NH_4NO_3	1.0	1.0
K_2SO_4	1.0	0.0
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5	1.5
$CaCl \cdot 2H_2O$	2.0	2.0
KH_2PO_4	0.2	0.0
NH_4PO_4	0.0	0.2

3.2.4 Bitkilerin Uygulamalar için Sınıflandırılması

Yürütülen bu çalışmada, bitkiler her bir grupta toplam 5 kova ve her bir kovada daha öncede bahsedildiği gibi 3'er adet bitki olacak şekilde, kontrol (optimum K), potasyum eksikliği, yapraktan sadece Mg_2SO_4 uygulaması ve yapraktan $K_2SO_4 + Mg_2SO_4$ uygulaması olmak üzere 4 farklı deneme grubu kurulmuştur.

Kontrol grubu bitkilere 1.0 mM K_2SO_4 komple uygulandı, diğer bitkilere ise potasyum verilmeyerek, potasyum eksikliği altında bırakıldı.

3.2.5 Bitki besin çözeltisi uygulanması ve değişimi

Bitkileri köklerinden beslenmek amacıyla, yukarıdaki çizelgede belirtilen elementler yine belirtilen oranlardaki konsantrasyonlarda, laboratuvar ortamında hazırlanarak, 9L saf su içeren her bir besi kültürü kovaya 200ml eklendi.

Bu işlem haftalık olarak tekrarlanarak, bitkilerin gelişimi için ortamın temiz tutulması ve bitkiye yeterli su ve besin maddesi ihtivasi sağlandı.



Şekil 3.11. Saksıya Bitki Besin Çözeltisi Hazırlanması Eklmesi Görseli

3.2.6 Bitki fotoğraf çekimi

Bitkilerin gelişimlerini gözlemlemek adına, sürekli aynı yerde, belirlenmiş uzaklık ve açıdan siyah arka fon önünde haftada bir kez olmak üzere bitkiler hasat dönemine kadar fotoğraflanmıştır.

3.2.7 Saksıdaki suyun ölçümü

Bitkilerin gelişimleri boyunca, saksı içerisindeki su miktarı haftalık su ve çözelti değişimleri esnasında tartılarak gözlemlenmiştir.

3.3 Yapraklara Yapılan Uygulamalar ve Ölçümler

3.3.1 Yapraklardan bitki besin maddelerinin uygulanması

Bitkilerin 4 haftalık büyüme süresinden sonra, bitki yapraklarına kimyasal işlemler uygulanmıştır.

Haftada iki kez olacak şekilde, bitki yapraklarından püskürtme yöntemiyle uygulama yapıldı. Uygulama yapılırken her bitkinin, 30 mg bitki besini alması sağlandı ve bu da tarla koşullarında yaklaşık 3 kg ha⁻¹ uygulama alanına karşılık geliyordu. Aynı zamanda yapraktan uygulanan bitki besin çözeltileri içerisine uygulamanın gücünü arttırmak ve yaprak üzerinde daha uzun süre kalması sağlamak amacıyla %0.1'lik Silwet yayıcı, yapıştırıcı organik silikonu eklenmiştir.

Yaprak uygulamaları; ilk gruptaki 5x3 adet bitki için yapraktan sadece 200 mM MgSO₄ püskürtme yöntemiyle uygulanarak gerçekleştirildi. İkinci gruptaki 5x3 adet bitki için yapraktan 200 mM Mg₂SO₄ + 200 mM K₂SO₄ karıştırılarak püskürtme yöntemiyle uygulanarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.12. Yapraklara Püskürtme Yöntemiyle Uygulama Görseli

Yaprak uygulamaları, stomaların açık olmasını sağlamak ve güneş ışınlarının etkisiyle yaprak yanmalarını önlemek amacıyla, güneş ışınlarının çok kuvvetli olmadığı sabah saatlerinde veya akşam saatlerinde uygulanmıştır.

Yapraklardan püskürtme yöntemi ile uygulama yapılırken, her bir saksı tek tek diğer bitkilerden uzak bir yerde tek başına olacak şekilde konumlandırılmıştır ve uygulama yapılırken, uygulanan çözeltinin herhangi bir açıklıktan, bitki köklerine gidebileceği riski göz önüne alınarak bitkinin saksı üzerinde kalan ve kökün bağlantısı olan gövde aksamı etrafına uygulama süresi boyunca dikkatlice peçete kâğıdı sarıldı

(Şek.3.7) aynı şekilde saksı üzerindeki havalandırma borusu deliğinin üzerinde uygulama esnasında kapatılmıştır.



Şekil 3.13. Yaprak Gübrelemesi Uygulanmadan Önce Bitki Köklerinin Kaplanması

3.3.2 Yapraklardaki klorofil miktarı ölçümü

Deneme kapsamındaki mısır bitkilerine ait, klorofil içeriği, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofilmetre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile bitkilerin 6. yaprakları ölçülerek yapılmıştır. Ölçümler bitki gelişmesinin 28. Gününden başlayarak, hasada kadar haftada iki kez olmak üzere

devam etmiştir. Klorofilmetre ile elde edilen değerler SPAD (SPAD: Soil - Plant Analysis Development; Special Products Analysis Division) değerleridir.



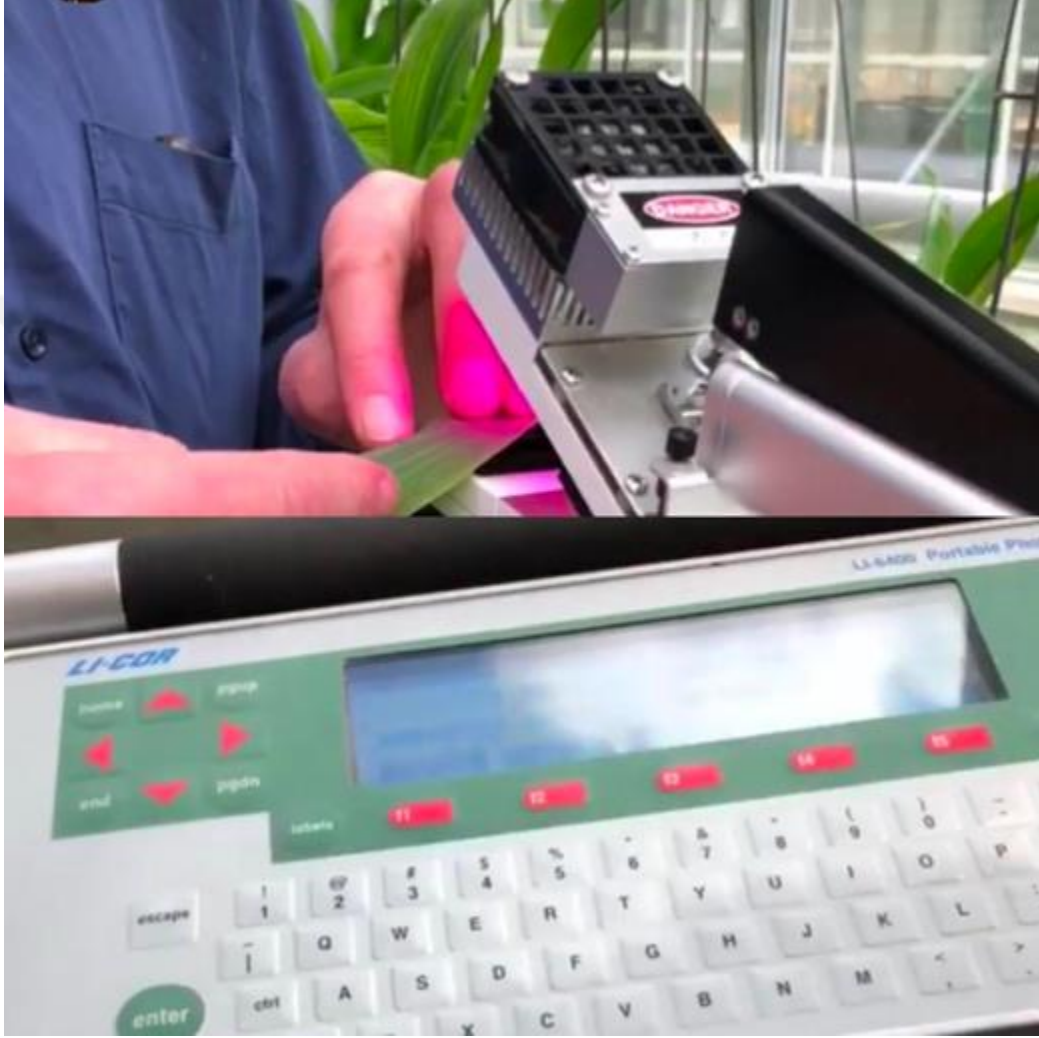
Şekil 3.14. Yapraklardan SPAD ile Klorofil Ölçümü

Klorofil metre Inada'nın (1963) prensipleri ile dizayn edilerek üretilmiştir. Göreceli klorofil yoğunluğunu yaprak dokusundaki kırmızı ıve infraed bölgeleri (sırasıyla 659 nm ve 940 nm dalga boyunda) ölçüm yaparak belirlemektedir.

3.3.3 Yapraklardan fotosentez ölçümleri

Fotosentez ölçümleri portatif bir gaz değişim sistemi (LI-6400, LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, ABD) ile ölçülmüştür. Fotosentez ve Işınım Çözümleyici bu cihaz bitkinin fotosentez sonucunda birim hücre alanda tükettiği karbondioksit

miktarı ile ilişkili ve “ $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ leaf area s}^{-1}$ ” birimli ve A ile ifade edilen bir oran üretir. Fotosentez ölçümleri, bitkilerin gelişmeye başladıkları dönemden sonra her hafta ölçülmüştür. Yine bu ölçümlerden bitkilerin 6. Yapraklarından sabah erken saatlerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Yapraklardan Fotosentez Ölçümü ve Gaz Değişim Ölçüm Cihazı

3.4 Bitkilerin Hasadı ve Analize Hazırlanması

Bitkiler saksılara transferlerinden yaklaşık 60 gün sonra hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler steril bir bıçak yardımıyla aksamaları oluşumunu yeni tamamlamış genç yapraklar, oluşumunu tamamlamış yaşlı yapraklar ve kök olmak üzere aksamlara ayrılmıştır. Her bir saksıdan elde edilen bitkilerin yaş ağırlıkları da genç yaprak, yaşlı

yaprak ve kök olarak belirlenmiştir. Bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra ayrı ayrı kese kağıtlarına konulmuştur.

3.4.1 Hasat sonrası analize hazırlık

Hasattan sonra, bitkiler kâğıt torbalar içerisine konularak 60 0C sıcaklıkta 48 saat boyunca kurutulduktan sonra, Şekil 3.16’da görülen öğütme makinası (Foss A/S- Cyclotec 1093) ile öğütülerek analize hazır bir şekilde plastik torbalarda saklandı.



Şekil 3.16.Bitkilerin Öğütülmesi

3.5 Yapılan Analiz Ve Uygulanan Yöntemler

Mısır bitkisinin yaprak potasyum ve magnezyum kapsamını saptamak için, (Şekil 3.11) görünen CEM marka (MARS 6 Xpress; Matthews, NC, USA) 1800 Watt ile çalışan mikrodalga ekstraksiyon cihazında öğütülen bitki örneğinden 0.5 g tartılarak ekstraksiyon cihazının teflon kaplı yakma tüpüne konulmuştur. Üzerine 7 mL %69'luk nitrik asit ilave edilmiştir. Yakma tüpleri hafif çalkalanarak bitki örneğinin iyice ıslanması sağlanmıştır. Tüplerin kapakları kapatılmış ve referans tüpe de sıcaklık ve basınç algılayıcılar bağlanmıştır. Tüpler güvenli bir şekilde döner başlıktaki yerlerine yerleştirilmişlerdir. Mikrodalga ekstraksiyon cihazı; birinci adımda 2 dakika, 100 0C, 2. adımda 1 dakika ve 120 0C, 3. adımda 20 dakika 180 0C göre ve referans tüpteki basınç 30 atmosfer değerini geçmeyecek şekilde programlanarak yakma işi tamamlanmıştır.

Yakma süresince tüpler içindeki basınç 5 dakikada 30 atmosfer basınca ulaşmıştır. Mikrodalga kapatılıp 20 dakika soğuması beklenmiştir. Tüpler soğuduktan sonra mikrodalga fırından çıkarılıp oda sıcaklığına ulaşması için beklenmiş, yeterince soğuyan tüplerin kapakları çeker ocak içerisinde dikkatli bir şekilde açılıp asit buharlarının atılması sağlanmıştır. Daha sonra yakma tüpleri içerisindeki çözelti kantitatif olarak 50 ml'lik ölçü balonlarına aktarılmıştır. Oda sıcaklığına ulaştıktan sonra, ölçü balonları %0.5'lik nitrik asit çözeltisi ile derecesine tamamlanarak çalkalanıp bekletildikten sonra küçük cam şişelere konulmuştur. Bu çözeltilerde, S Serisi AA spektrometresi (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) atomik absorpsiyon spektrometresi ile kullanılarak potasyum (K) ve magnezyum (Mg) analizleri yapıldı. (Şekil 3.12).



Şekil 3.17. Analize Hazırlık



Şekil 3.18. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile Değerlerin Okunması

3.6 Sonuçların Değerlendirilmesi

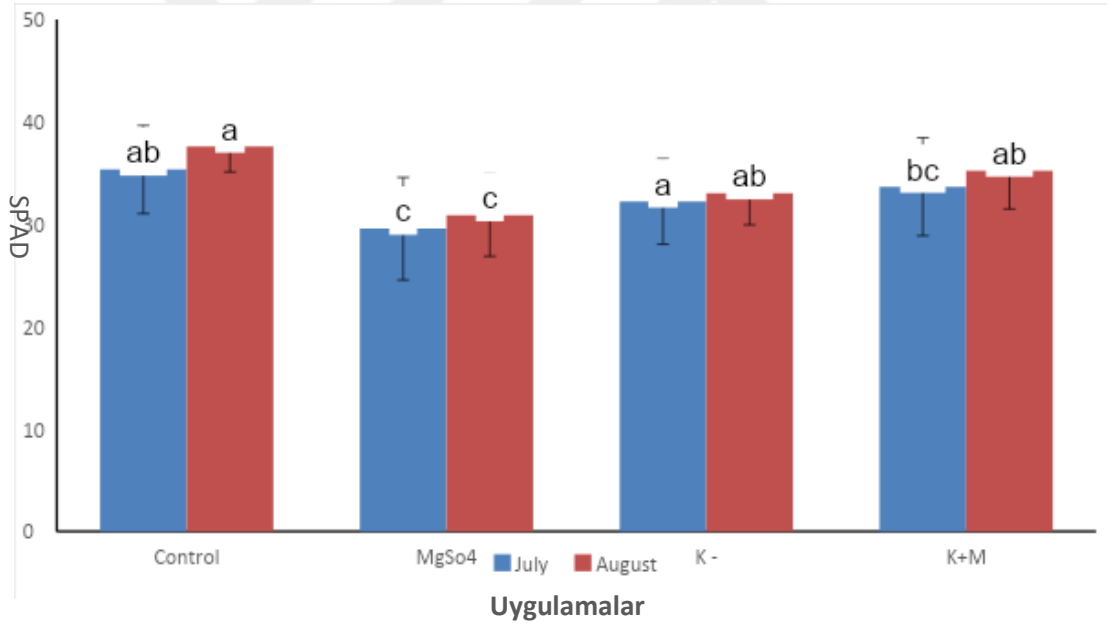
Yürütülen araştırma sonucunda elde edilen veriler SPSS bilgisayar paket programı yardımı ile Anova varyans analizine tabi tutularak ortalamalar arasındaki farklılıkların kontrolü LSD karşılaştırma testine tabi tutularak değerlendirilmiştir.



4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 SPAD DEĞERLERİ SONUCU VE YORUMLANMASI

Bitkiler klorofil içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıkları belirlenirken, Mg_2SO_4 ve Mg_2SO_4 ile K_2SO_4 'ün karıştırıldığı kombine uygulama karşılaştırması yapılmıştır (Şekil 3). Magnezyum uygulanan bitkiler kontrol ile karşılaştırıldığında Mg_2SO_4 uygulanan SPAD değerinin azaldığını gösterdi. Bitki yapraklarındaki SPAD değeri Mg_2SO_4 uygulanan bitkilerde her iki ayda minimumdur. Potasyum eksikliğindeki ve potasyum+magnezyum (K+M) uygulamasına tabi tutulan bitkiler her iki ayda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Genel olarak SPAD uygulaması değerlerinde, istatistiksel açıdan önemli bir fark belirlenmemiştir.

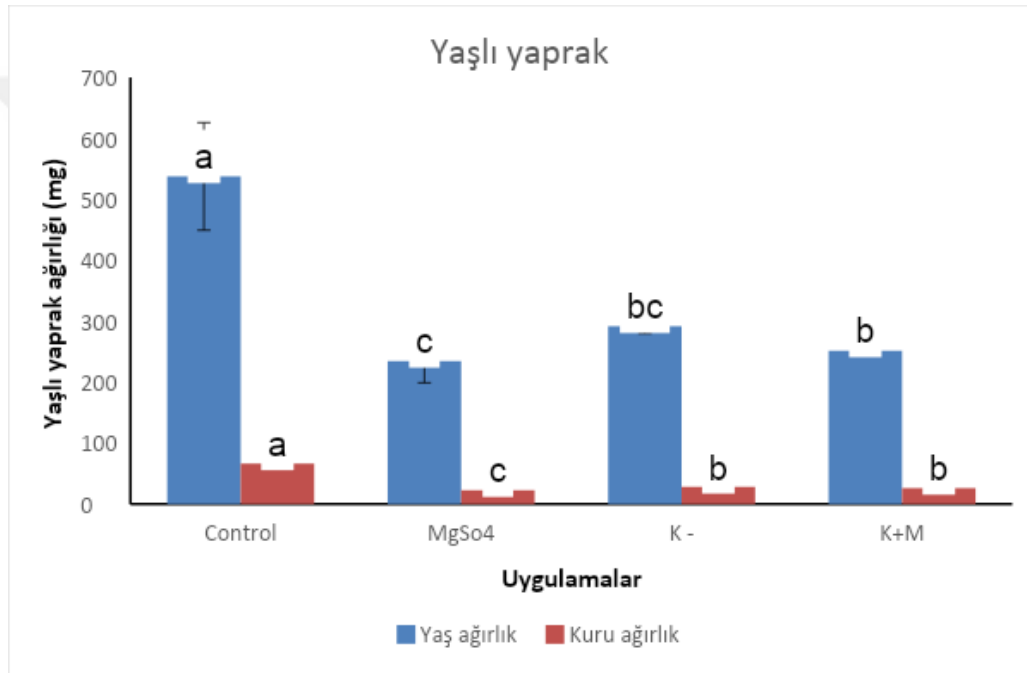


Şekil 4.1. Temmuz ve Ağustos aylarında $Mgso_4$, K+M ve K eksikliğindeki toprakta yetiştirilen Mısır bitkileri için gözlenen SPAD değerleri

4.2 BİTKİ AĞIRLIK BULGULARI

4.2.1 Yaşlı Yapraklar

Yaşlı yaprakların yas ve kuru ağırlıkları hasattan sonra değerlendirildi. Uygulanan bitki besin elementlerinin bitki yapraklarının yas ağırlığında kontrolle karşılaştırıldığında önemli ölçüde bir farklılık belirlenmedi (Şekil 4). Gruplar arasında, kontrol grubu bitkilerde maksimum yas ağırlık olduğu gözlemlendi. $MgSO_4$ ve K+M uygulanan bitkilerde kontrol bitkisine göre istatistiksel bir fark gözlemlenmedi. Yaşlı yaprakların kuru ağırlıkları için benzer eğilim gözlemlendi ve kontrol grubu bitkilerde maksimum kuru ağırlık belirlendi.

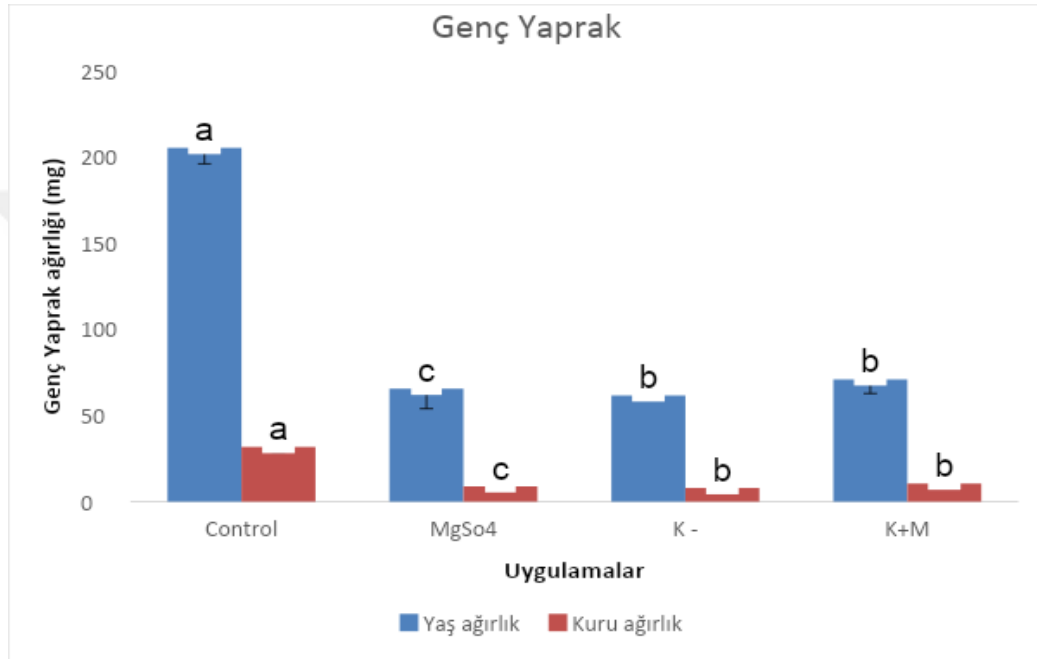


Şekil 4.2. Mg_2SO_4 , K+M Uygulamalarının K eksikliğinde yetiştirilen mısır bitkisinin yaşlı yapraklarının yas ve kuru ağırlıkları

4.2.2 Genç yapraklar

Genç yaprakların yas ve kuru ağırlıkları hasattan sonra değerlendirilmiştir. Uygulamaların, bitki yapraklarının yas ve kuru ağırlıkları kontrol ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde bir fark gözlemlenmemiştir (Şekil 5). Kontrol bitkileri maksimum taze ağırlığa sahiptir. Mg_2SO_4 beslemesi kontrol ile karşılaştırıldığında yas ve kuru yaprak ağırlıklarında önemli bir artışa sahiptir. Benzer eğilim, genç yaprakların kuru ağırlıkları için de gözlemlendi ve kontrol grubu bitkiler

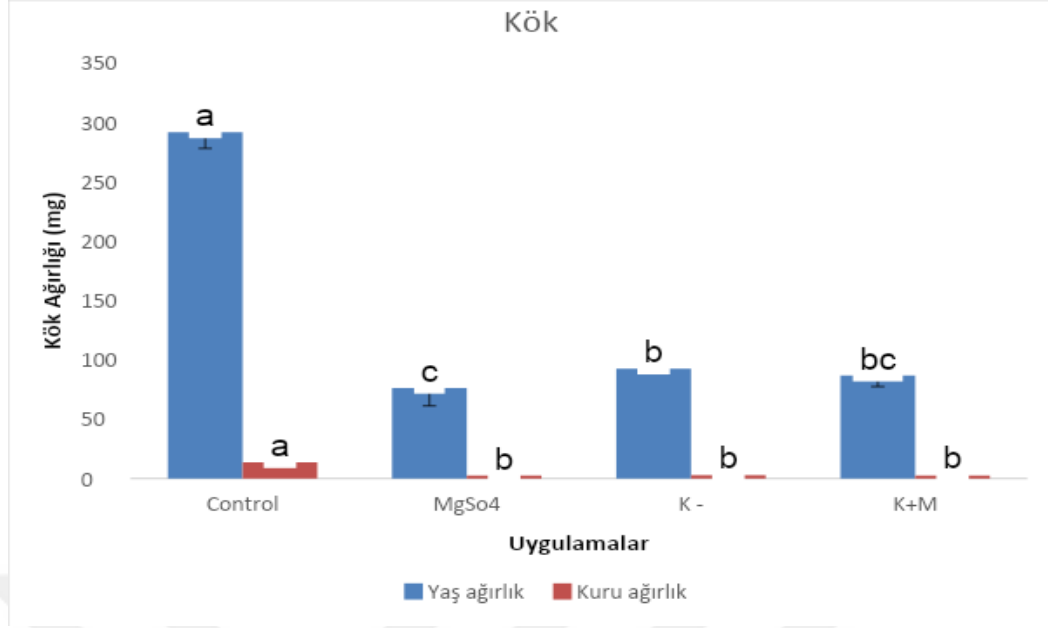
maksimum kuru ağırlığa sahipti. Mg_2SO_4 beslenmesi, genç yaprakların kuru ağırlıklarında kontrolü izledi.



Şekil 4.3. Mg_2SO_4 , K+M Uygulamalarının K eksikliğinde yetiştirilen mısır bitkisinin genç yapraklarının yaş ve kuru ağırlıkları

4.2.3 Kök

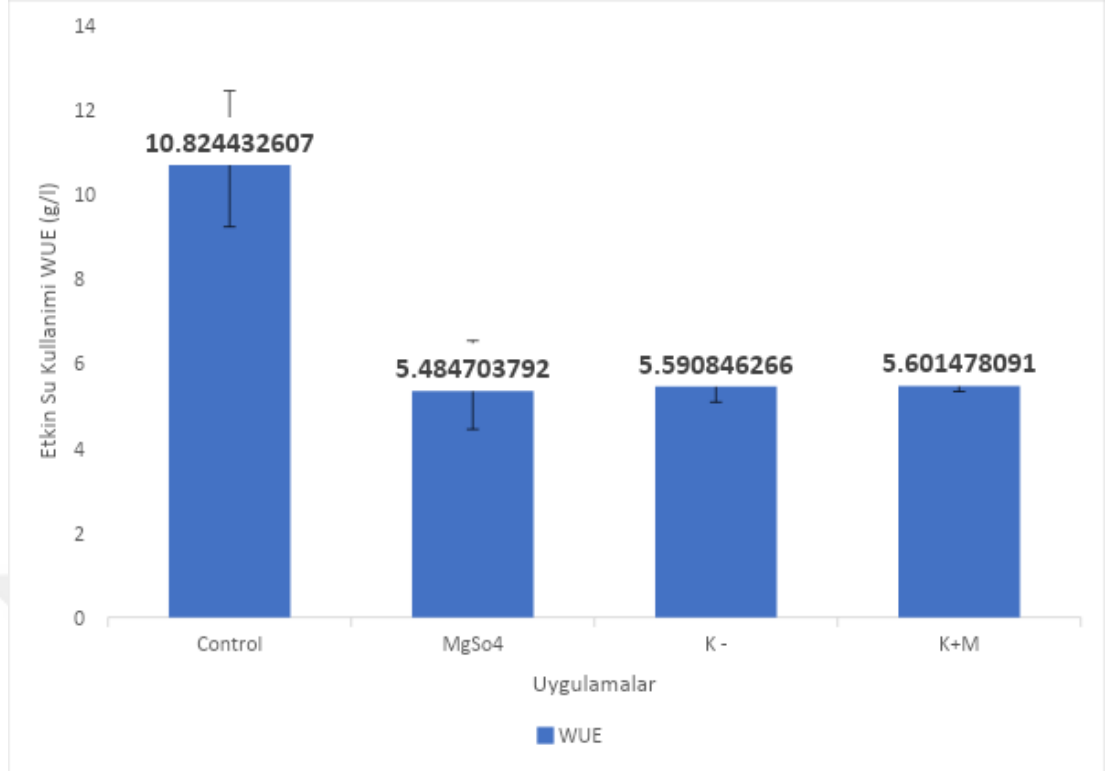
Bitkilerin hasadından sonra kök ağırlıkları değerlendirildi. Yapılan uygulamalar, kontrol ile karşılaştırıldığında kök ağırlığında önemli istatistiksel bir fark gözlemlenmedi (Şekil 6). Kontrol grubu maksimum kök ağırlığına sahipti.



Şekil 4.4. Mgso4, K+M Uygulamalarının K eksikliğinde yetiştirilen mısır bitkisinin kök aksamı yaş ve kuru ağırlıkları

4.3 Su Kullanım Etkinliği

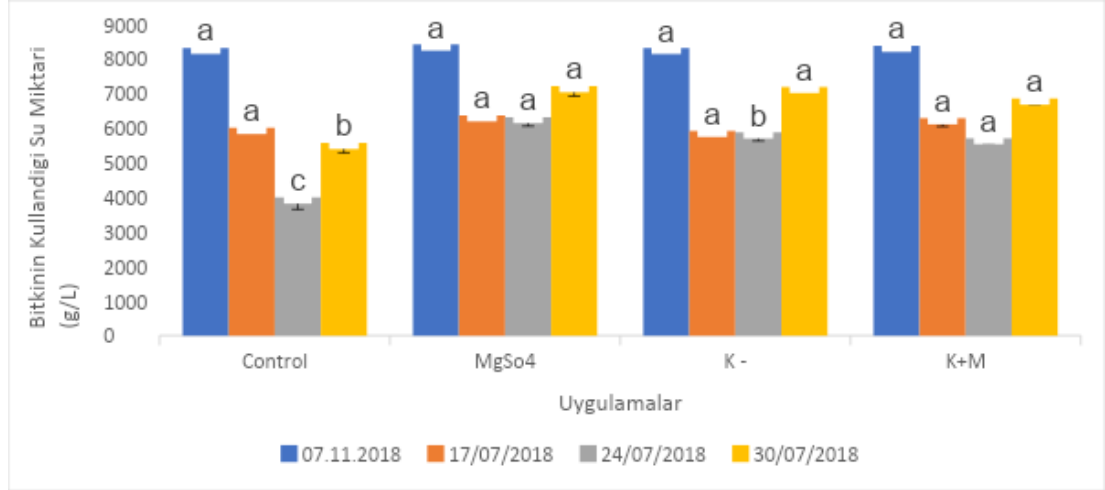
Çalışmada su kullanım verimliliği ölçüldü ve yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kontrol grubu bitkiler görünen bir farkla maksimum (10.8 g/l) SKE olarak ölçüldü. Diğer uygulamaların, kontrole kıyasla etkin su kullanımını istatistiksel bir fark oluşturacak şekilde değiştirmedeği gözlemlendi. (Şekil 8). Kontrol grubu bitkiler maksimum SKE değerine sahipti.



Şekil 4.5.Etkin Su Kullanımı

4.4 Bitkiler Tarafından Kullanılan Su

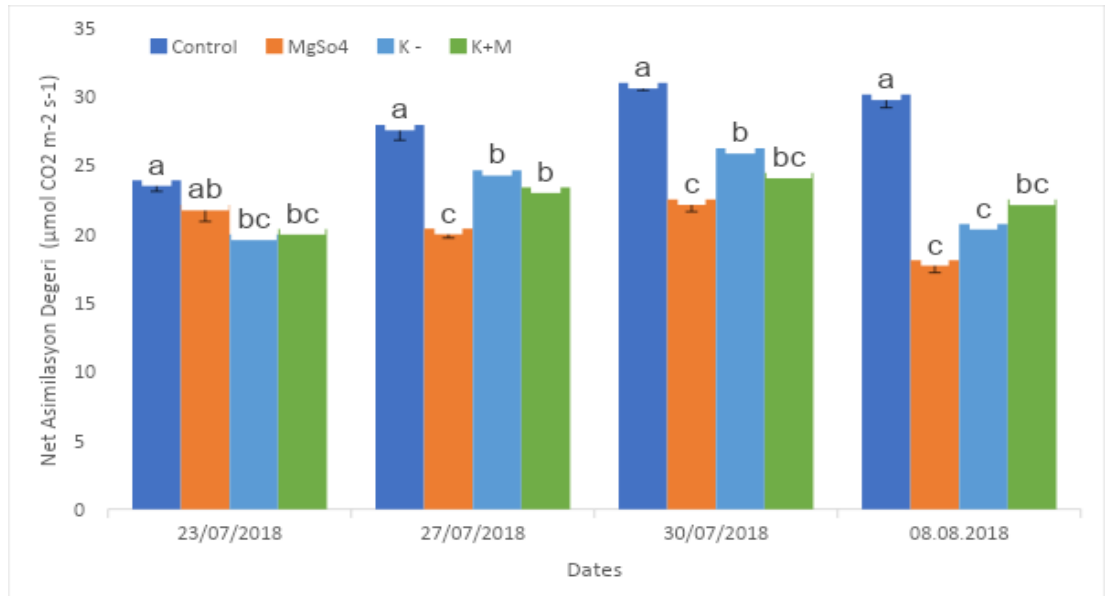
Haftalık solüsyon değişimi ile birlikte değiştirilen su miktarları, her değişimde tartılarak bitkilerin kullandıkları su miktarı hesaplandı. Gözlemin dördüncü haftasında herhangi bir istatistiksel fark gözlemlenmedi. Tüm uygulamalarda ikinci haftada su kullanımı azaldı ve Mg_2SO_4 uygulaması kontrol ile kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli bir farka sahip olduğu gözlemlendi. En düşük bitki su kullanımı K+M uygulamasında gözlemlendi.



Şekil 4.6. Bitkilerin Kullandığı Su Oranı

4.5 Fotosentez

Araştırmaya sonuçlarının istatistiksel analiz incelemesi sonucunda, uygulanan Mg_2SO_4 ve Mg_2SO_4 ve K_2SO_4 kombine karışımından elde edilen, besin çözeltisi uygulamasının potasyum eksikliği bitkilerine göre, bitkilerdeki net asimilasyon (CO_2) miktarı üzerinde olumlu etki göstermiş ve böylelikle fotosentezin artmasını sağlamıştır. Böylelikle çalışmamız, potasyum ve magnezyumun bitkilerin fotosentez aşamalarında önemli bir rol oynadığı (Cooper ve diğ. 1966, Terry and Ulrich 1973, Peoples and Koch 1979), doğrulamıştır.



Şekil 4.7. Fotosentez Oranı

5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Magnezyum (Mg) eksikliği sanayileşmiş ürün ve geleneksel tarım sistemlerinde ortaya çıkan bir sorundur. Topraktaki Mg eksikliği, çeşitli toprak ve su kaynaklı faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bitki besleme araştırmalarında” unutulmuş bir besin " olarak anılan Mg, bitki büyümesi ve biyokimyasal mekanizmalardaki rolünün gözlemlenmesinden sonra önem kazanmıştır (Mchoul, 2006). Bitki köklerindeki Mg yetersizliği bitki büyümesini etkiler. Ayrıca, Mısır (*Zea mays* L.) bitki büyümesi için gerekli olan bir makro besin maddesi olan potasyumun (K) önemi ve etkileri de bu çalışmada incelenmiştir. Bu çalışma, potasyumun eksik olduğu topraklarda, magnezyumun mısır bitkisinin büyümesi ve transpirasyonun belirli yönleri üzerinde magnezyum ve potasyum yaprak uygulamasının etkisi hakkında yeni bilgiler sağlamak üzere tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında, yaprak spreyi uygulaması yapıldı ve etkisi mısır bitkisinin yaşlı ve genç yaprakları üzerinde değerlendirilmiştir.

Bu genel tartışmada, potasyum noksanlığında yetişen mısır bitkisinin magnezyum gübre uygulamasına verdiği yanıtlar en son araştırma çalışmaları bağlamında toplanan verilere dayanarak tartışılacaktır. Ayrıca, çeşitli analiz parametrelerine dayanarak düşük magnezyum ve potasyum eksikliğinin iyileştirilmesinde Mg ve K'nin yaprak uygulaması gözlemlendi.

Magnezyum, tüm bitkinin Mg açısından zengin olduğunu gösteren fotosentetik pigment (klorofil) temel bir bileşenidir. Klorofil, ışık hasadı ve Calvin-Benson döngüsünde Rubisco enziminin aktivasyonu için gereklidir. Bunun yanı sıra, C4 bitkilerinde CO₂ fiksasyonunda kullanılan kofaktörde de magnezyum vardır.

MgSO₄ ve K₂SO₄+MgSO₄ yaprak uygulaması ile bitkilerde gelişirken, Mg eksikliği olan bitkilerde terleme oranı belirgin bir şekilde azalmıştır. Mg eksikliği, belgelenen diğer ürünlerin fotosentetik kapasitesini önemli ölçüde azaltır (Hermans ve

ark., 2004). Klorofil oluşturmak için Mg eksikliğinin klorofil sentezini azaltacağı varsayılmaktadır. Bu varsayım bir çalışma ile teyit edildi.

Neuhaus ve ark., 2013'te yaptıkları çalışmada magnezyum eksikliği altında olan bakla bitkisinde de eksiklikten dolayı klorofil sentezinde azalmalar gözlemlendiler. Magnezyumun klorofil üzerindeki önemini gösteren çalışma sadece bu değildi. Yapılan farklı çalışmalar da bu fikri desteklemekteydi. Magnezyumun Turpgillerden olan Arabidopsis thaliana ve şeker pancarında yapılan çalışmalar da magnezyumun eksikliğinde bitkilerdeki sorunların arttığını gözlemlendiler (Hermans ve ark., 2004; Hermans ve Verbruggen, 2005).

Düşük potasyum besin çözeltisinde büyüyen ve yapraklardan magnezyum uygulanan mısır bitkisinde hem gövde hem de kökte son derece düşük Mg konsantrasyonlarına rastlandı. Magnezyum floemde taşınan hareketli bir elementtir (Karley ve beyaz, 2009; beyaz ve Broadley, 2009). Yaprak spreyi ile uygulanan Mg, potansiyel olarak bitkinin hedeflenen kısmından işlenmemiş bitki kısımlarına translokasyona neden olabilir. Bu, bitki biyokütlesi gibi fizyolojik süreçlerin Mg eksikliği ile sınırlı olmadığı gerçeğiyle doğrulanmaktadır.

Yavaş ama güçlü bir Mg salınımına sahip toprak gübrelere, kök alımını en üst düzeye çıkarmak ve tarla yetiştirilen mısırdaki kayıpları en aza indirmek için en çok arzu edilir (Hardter ve ark., 2004). Ancak, bu özellikleri piyasada bulunan toprak gübrelere pek de bulunmamaktadır ve hava ve toprak koşullarına bağlıdır. Sonuç olarak, yaprak besin uygulaması, sınırlı kök Mg alımı veya bitkilerde akut Mg eksikliğinin saptanması gibi belirli koşullar altında toprak gübrelemesine ekolojik ve ekonomik açıdan yararlı bir alternatif olabilir

Hidroponik olarak yetiştirilen Mısırdaki sunulan çalışmanın sonuçları açıkça şunu göstermektedir. Mg yaprak gübrelemesi, öncelikle mg eksikliği altında bozulmuş fotosentez gibi temel fizyolojik aktivitelerin geri kazanılmasında etkilidir. Yüksek yaprak ıslanabilirliği ve amfiotomatik yapraklar gibi mısırın morfolojik özellikleri,

yaprak gübrelemesinin etkinliğini ve verimliliğini artırabilir ve bu nedenle bu üründe alternatif bir beslenme uygulaması tercih edilebilir.

Bununla birlikte, mg yaprak uygulamasının mısırın büyüme performansı üzerindeki çarpıcı etkileri, yapay olmayan ve olumsuz çevresel koşullar altında verim ve ürün kalitesi üzerindeki etkilerini incelemek için mg yaprak gübrelemesinin sahada uygulanabilirliğini test etmeyi haklı kılmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, çevresel ve ekonomik faydalarla alandaki akut eksiklikleri anında ortadan kaldırmak için yeni gübreleme stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir.



KAYNAKLAR

- APEL K., & HIRT, H. (2004). REACTIVE OXYGEN SPECIES: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55(1), 373–399.
- ATKINSON, D. (1973). SOME GENERAL EFFECTS OF PHOSPHORUS DEFICIENCY ON GROWTH AND DEVELOPMENT. *New Phytologist*, 72(1), 101–111.
- BAIS, H. P., WEIR, T. L., PERRY, L. G., GILROY, S., & VIVANCO, J. M. (2006). THE ROLE OF ROOT EXUDATES IN RHIZOSPHERE INTERACTIONS WITH PLANTS AND OTHER ORGANISMS. *Annual Review of Plant Biology*, 57(1), 233–266.
- BARKER, D. H., SEATON, G. G. R., & ROBINSON, S. A. (1997). Internal and external photoprotection in developing leaves of the CAM plant *Cotyledon orbiculata*. *Plant, Cell and Environment*, 20(5), 617–624.
- BEGGS, C. J., & WELLMAN, E. (1985). ANALYSIS OF LIGHT-CONTROLLED ANTHOCYANIN FORMATION IN COLEOPTILES OF *Zea mays* L.: THE ROLE OF UV-B, BLUE, RED AND FAR-RED LIGHT. *Photochemistry and Photobiology*, 41(4), 481–486.
- BHANDAL, I. S., & MALIK, C. P. (1988). Potassium Estimation, Uptake, and Its Role in the Physiology and Metabolism of Flowering Plants.
- BILGER, W., JOHSEN, T., & SCHREIBER, U. (2001). UV-excited chlorophyll fluorescence as a tool for the assessment of UV-protection by the epidermis of plants. *Journal of Experimental Botany*, 52(363), 2007–2014.
- BILGER, W., VEIT M., SCHREIBER, L., & SCHREIBER, U. (1997). Measurement of leaf epidermal transmittance of UV radiation by chlorophyll fluorescence. *Physiologia Plantarum*, 101(4), 754–763.
- BONDE, A. J., & KAISER, D. (2013). Split Application of Sulfur and Potassium and their Leaching Potential for Corn Grown on Irrigated Soils A THESIS SUBMITTED TO THE FACULTY OF THE GRADUATE SCHOOL OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA BY. Retrieved May 10 2019 from https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/162302/Bonde_umn_030M_14346.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BONGUE BARTELSMAN, M. (University of C. D. (Etats U. S. of M. D. of B. C., & Phillips, D. A. (1995). Plant physiology and biochemistry. In *Plant Physiology and Biochemistry* (France). Retrieved May 30 2019 from <http://agris.fao.org/agris search/search.do?recordID=FR9600019>
- BOROWSKI, E., & MICHAŁEK, S. (2012). The effect of foliar nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) with magnesium salts and urea on gas exchange, leaf yield and quality. *Acta Agrobotanica*, 63(1), 77–86.
- BOTHA, C. E. J., CROSS, R. H. M., van BEL, A. J. E., & Peter, C. I. (2000). Phloem loading in the sucrose-export-defective (SXD-1) mutant maize is limited by callose deposition at plasmodesmata in bundle sheath—vascular parenchyma interface. *Protoplasma*, 214(1–2), 65–72.
- BOYNTON D. (1954). Nutrition by Foliar Application. *Annual Review of Plant*

- Physiology, 5(1), 31–54.
- BRAMLEY, H., TURNER, N. C., & Siddique, K. H. M. (2013). Water use efficiency. In *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops* (Vol. 2, pp. 225–268).
- BRANDT, K., GIANNINI, A., & LERCARI, B. (2008). PHOTOMORPHOGENIC RESPONSES TO UV RADIATION III: A COMPARATIVE STUDY OF UVB EFFECTS ON ANTHOCYANIN and FLAVONOID ACCUMULATION IN WILD-TYPE and aurea MUTANT OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* MILL.). *Photochemistry and Photobiology*, 62(6), 1081–1087.
- BULLARD, R. W., WORONECKI, P. P., DOLBEER, R. A., & MASON, J. R. (1989). Biochemical and morphological characteristics in maturing achenes from purple-hulled and oilseed sunflower cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(4), 886–890.
- BURDETT, A. N. (1990). Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research*, 20(4), 415–427.
- CAKMAK, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521–530.
- CAKMAK, I. (2010). Potassium for better crop production and quality. *Plant and Soil*, 335(1–2), 1–2.
- CAKMAK, I., HENGELER, C., & MARSCHNER, H. (1994a). Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. *Journal of Experimental Botany*, 45(9), 1251–1257.
- CAKMAK, I., HENGELER, C., & MARSCHNER, H. (1994b). Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 45, pp. 1245–1250.
- CAKMAK, I., & KIRKBY, E. A. (2008). No Title. 133(4), 692–704.
- CARTELAT, A., CEROVIĆ, Z. G., GOULAS, Y., MEYER, S., LELARGE, C., PRILOU, J. L., ... MOYA, I. (2005). Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 91(1), 35–49.
- CEROVIĆ, Z. G., MASDOUMIER, G., GHOZLEN, N. BEN, & LATOUCHE, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, 146(3), 251–260.
- Characterization and Evaluation of Polyhalite Used as a Multinutritional Fertilizer for Maize (*Zea Mays* L.). (n.d.). Retrieved May 15 20 2019 from
- CHATTERJEE, C., NAUTIYAL, N., SHIRISH, & AGARWALA, C. (2012). Soil Science and Plant Nutrition Influence of changes in manganese and magnesium supply on some aspects of wheat physiology.
- CHEN, K., WANG, Y., ZHANG, R., ZHANG, H., & GAO, C. (2019). CRISPR/Cas Genome Editing and Precision Plant Breeding in Agriculture. *Annual Review of Plant Biology*, 70(1), 667–697.
- CHRISTIE, P. J., ALFENITO, M. R., & WALBOT, V. (1994). Impact of low

- temperature stress on general phenylpropanoid and anthocyanin pathways: Enhancement of transcript abundance and anthocyanin pigmentation in maize seedlings. *Planta*, 194(4), 541–549.
- CLARKSON, D. T. (1985). Factors Affecting Mineral Nutrient Acquisition by Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 36(1), 77–115.
- CLOSE, D. C., & BEADLE, C. L. (n.d.). The ecophysiology of foliar anthocyanin. *The Botanical Review*, 69(2), 149–161. Retrieved May 17 2019 from [https://link.springer.com/article/10.1663/00068101\(2003\)069\[0149:TEOFA\]2.0.CO;2](https://link.springer.com/article/10.1663/00068101(2003)069[0149:TEOFA]2.0.CO;2)
- CLOSE, D. C., BEADLE, C. L., BROWN, P. H., & HOLZ, G. K. (2000). Cold induced photoinhibition affects establishment of *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden and *Eucalyptus globulus* Labill. *Trees*, 15(1), 32–41.
- CLOSE, D. C., BEADLE, C. L., HOLZ, G. K., & BROWN, P. H. (2002). Effect of shade cloth tree shelters on cold-induced photoinhibition, foliar anthocyanin and growth of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* seedlings during establishment. *Australian Journal of Botany*, 50(1), 15.
- DARLINGTON, W. A., & BARRY, J. B. (1965). Foliar Application, Effect of Chloroform and Surfactants on Permeability of Apricot Leaf Cuticle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 13(1), 76–78.
- DEMMIG-ADAMS, B., & ADAMS, W. W. (1992). Photoprotection and Other Responses of Plants to High Light Stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43(1), 599–626.
- DING, Y.-C., CHANG, C.-R., LUO, W., WU, Y.-S., REN, X.-L., WANG, P., & XU, G.-H. (2008). High Potassium Aggravates the Oxidative Stress Induced by Magnesium Deficiency in Rice Leaves. *Pedosphere*, 18(3), 316–327.
- DING, Y., LUO, W., & XU, G. (2006). Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology*, 149(2), 111–123.
- DODD, I. (1998). Photoinhibition in differently coloured juvenile leaves of *Syzygium* species. *Journal of Experimental Botany*, 49(325), 1437–1445.
- DORDAS, C. (2009). Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Industrial Crops and Products*, 29(2–3), 599–608.
- Drought and potassium deficiency in corn and soybeans - MSU Extension. (n.d.). Retrieved May 12, 2019, from https://www.canr.msu.edu/news/potassium_and_drought_in_corn_and_soybeans REF 15
- Erntemengen - Deutsches Maiskomitee e. V. (DMK). (n.d.). Retrieved May 12, 2019, from <https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik/Deutschland/Erntemengen>
- Feild, T. S. (2001). Why Leaves Turn Red in Autumn. The Role of Anthocyanins in Senescing Leaves of Red-Osier Dogwood. *PLANT PHYSIOLOGY*, 127(2), 566–574.
- FOOT, J. P., CAPORN, S. J. M., LEE, J. A., & ASHENDEN, T. W. (1996). The effect of long-term ozone fumigation on the growth, physiology and frost sensitivity of *Calluna vulgaris*. *New Phytologist*, 133(3), 503–511. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1996.tb01918.x>
- Renewable Resources, A. (2017). *Bioenergy in Germany Facts and Figures 2017*.

- Retrieved May 23 2019 from www.netztransparenz.de,
 FOTYMA, M., OCHAL, P., & ŁABĘTOWICZ, J. (2013). Potassium in Soils of Glacial Origin.
- FRANKE, W. (1967). Mechanisms of Foliar Penetration of Solutions. *Annual Review of Plant Physiology*, 18(1), 281–300.
- GAMBETTA, G. A., KNIPFER, T., FRICKE, W., & MCELNONE, A. J. (2017). Aquaporins and Root Water Uptake.
- GOULD, K. S. (2000). Functional role of anthocyanins in the leaves of *Quintinia serrata* A. Cunn. *Journal of Experimental Botany*, 51(347), 1107–1115.
- GRACE, S. C., LOGAN, B. A., & ADAMS, W. W. (1998). Seasonal differences in foliar content of chlorogenic acid, a phenylpropanoid antioxidant, in *Mahonia repens*. *Plant, Cell & Environment*, 21(5), 513–521.
- GRANSEE, A., & 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(1–2), 5–21.
- GRATÃO, P. L., POLLE, A., LEA, P. J., & AZEVEDO, R. A. (2005). Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Functional Plant Biology*, 32(6), 481.
- HERMANS, C., BOURGIS, F., FAUCHER, M., STRASSER, R. J., DELROT, S., & VERBRUGGEN, N. (2005). Magnesium deficiency in sugar beets alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. *Planta*, 220(4), 541–549.
- HIPSKIND, J., WOOD, K., & NICHOLSON, R. L. (1996). Localized stimulation of anthocyanin accumulation and delineation of pathogen ingress in maize genetically resistant to *Bipolaris maydis* race O. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 49(4), 247–256.
- HUBER, S. C. (1984). Biochemical Basis for Effects of K-Deficiency on Assimilate Export Rate and Accumulation of Soluble Sugars in Soybean Leaves. *Plant Physiology*, 76(2), 424–430.
- JASAR, M., KHAN, K., Ali, N., MEHRAN ANJUM, M., RAZA, A., & NAUMAN, M. (2014). Influence of different potash levels on spring maize hybrids.
- JONES, J. B. (1982). Hydroponics: Its history and use in plant nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, 5(8), 1003–1030.
- JORDAN-MEILLE, L., & PELLERIN, S. (2008). Shoot and root growth of hydroponic maize (*Zea mays* L.) as influenced by K deficiency. *Plant and Soil*, Vol. 304, pp. 157–168.
- JORDAN, D. N., & SMITH, W. K. (1994). Energy balance analysis of nighttime leaf temperatures and frost formation in a subalpine environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71(3–4), 359–372.
- KAKEGAWA, K., KANEKO, Y., HATTORI, E., KOIKE, K., & TAKEDA, K. (1987). Cell cultures of *Centaurea cyanus* produce malonated anthocyanin in UV light. *Phytochemistry*, 26(8), 2261–2263.
- KETCHUM, B. H. (1954). Mineral Nutrition of Phytoplankton. *Annual Review of Plant Physiology*, 5(1), 55–74.
- KRAFSUR, E. S., MOON, R. D., ALBAJES, R., ALOMAR, O., CHIAPPINÍ, E., HUBER, J., ... ABIVARDÍ, C. (2008). Foliar Application. In *Encyclopedia of Entomology* (pp. 1495–1495).
- KRAUSE, G. H., SCHMUDE, C., GARDEN, H., KOROLEVA, O. Y., & WINTER,

- K. (1999). Effects of Solar Ultraviolet Radiation on the Potential Efficiency of Photosystem II in Leaves of Tropical Plants. *Plant Physiology*, 121(4), 1349–1358.
- KURSAR, T. A., & COLEY, P. D. (1992). Delayed Development of the Photosynthetic Apparatus in Tropical Rain Forest Species. *Functional Ecology*, 6(4), 411.
- LAKHAR, I. A., GAO, J., SYED, T. N., CHANDIO, F. A., & BUTTAR, N. A. (2018). Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 338–352.
- LEE, D. W., & LOWRY, J. B. (1980). Young-Leaf Anthocyanin and Solar Ultraviolet. *Biotropica*, 12(1), 75.
- LEIGH, R. A., & WYN JONES, R. G. (1984). A HYPOTHESIS RELATING CRITICAL POTASSIUM CONCENTRATIONS FOR GROWTH TO THE DISTRIBUTION AND FUNCTIONS OF THIS ION IN THE PLANT CELL. *New Phytologist*, 97(1), 1–13.
- LIU, C.-H., CHAO, Y.-Y., & KAO, C. H. (2013). Effect of potassium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings. *Botanical Studies*, 54(1), 2.
- LOGAN, B. A., DEMMIG-ADAMS, B., ROSENSTIEL, T. N., & ADAMS III, W. W. (1999). Effect of nitrogen limitation on foliar antioxidants in relationship to other metabolic characteristics. *Planta*, 209(2), 213–220.
- MALAGOLÍ, P., & LE DEUNFF, E. (2014). An updated model for nitrate uptake modelling in plants. II. Assessment of active root involvement in nitrate uptake based on integrated root system age: measured versus modelled outputs. *Annals of Botany*, (6), 1007–1019.
- MCELROY, W. D., & NASON, A. (1954). Mechanism of Action of Micronutrient Elements in Enzyme Systems. *Annual Review of Plant Physiology*, 5(1), 1–30.
- MCKENZIE, N., FORLANO, N., KEENE, C., SALA, M., SOROKIN, A., VERBEKE, I., ... ZHANG, L. (n.d.). Prepared by the Intergovernmental Technical Panel on Soils Luca Montanarella (Chair) Dan Pennock (Lead Author) Status of the World's Soil Resources. Retrieved May 13 2019 from www.fao.org/publications
- MENGEL, K., & ARNEKE, W.-W. (1982). Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Physiologia Plantarum*, 54(4), 402–408.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001a). Magnesium. In *Principles of Plant Nutrition* (pp. 541–552).
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001b). Plant Growth and Crop Production. In *Principles of Plant Nutrition* (pp. 243–335).
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001c). Plant Nutrients. In *Principles of Plant Nutrition* (pp. 1–13).
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001d). Potassium. In *Principles of Plant Nutrition* (pp. 481–511).
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001e). *Principles of Plant Nutrition*. Springer Netherlands.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001f). The Soil as a

- Plant Nutrient Medium. In Principles of Plant Nutrition (pp. 15–110).
- MENGEL, K., & VIRO, M. (1974). Effect of Potassium Supply on the Transport of Photosynthates to the Fruits of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Physiologia Plantarum*, 30(4), 295–300.
- MHREZ, B. (2016). Distribution of *Fusarium* species in maize and aspects of their chemical control in wheat. Retrieved May 15 09 2019 from https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00006592/Dissertation_Mhrez.pdf
- MOLINA-ROMERO, D., BAEZ, A., QUINTERO-HERNÁNDEZ, V., CASTAÑEDA-LUCÍO, M., FUENTES-RAMÍREZ, L. E., BUSTILLOS CRISTALES, M. DEL R., ... MUÑOZ-ROJAS, J. (2017). Compatible bacterial mixture, tolerant to desiccation, improves maize plant growth. *PLOS ONE*, 12(11), e0187913.
- OREN-SHAMIR, M., & LEVI-NISSIM, A. (1997). UV-light effect on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygria* 'Royal Purple.' *Scientia Horticulturae*, 71(1–2), 59–66.
- PEOPLES, T. R., & KOCH, D. W. (1979). Role of Potassium in Carbon Dioxide Assimilation in *Medicago sativa* L. *Plant Physiology*, 63(5), 878–881.
- PERFORMANCE OF MAIZE (*Zea mays* L.) TO FERTILIZER LEVELS AND FOLIAR NUTRITION UNDER NORTHERN TRANSITION ZONE OF KARNATAKA. (2012). Retrieved May 15 04 2019 from <https://pdfs.semanticscholar.org/b69b/faab0fa229e43d94b37d12e15965f13c66b.pdf>
- PRAJAPATI, K. (n.d.). THE IMPORTANCE OF POTASSIUM IN PLANT GROWTH-A REVIEW. Retrieved from <http://www.cibtech.org/jps.htm>
- RENGEL, Z., & DAMON, P. M. (2008a). Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 624–636.
- RENGEL, Z., & DAMON, P. M. (2008b). Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 624–636.
- ROBINSON, S., & OSMOND, C. (1994). Internal Gradients of Chlorophyll and Carotenoid Pigments in Relation to Photoprotection in Thick Leaves of Plants With Crassulacean Acid Metabolism. *Functional Plant Biology*, 21(4), 497.
- RONCHI, A., FARINA, G., GOZZO, F., & TONELLI, C. (1997). Effects of a triazolic fungicide on maize plant metabolism: modifications of transcript abundance in resistance-related pathways. *Plant Science*, 130(1), 51–62.
- ROSOLEM, C. A., SGARIBOLDI, T., GARCÍA, R. A., & CALONEGO, J. C. (2010). Potassium Leaching as Affected by Soil Texture and Residual Fertilization in Tropical Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(16), 1934–1943.
- SADUSKY, M. C., SPARKS, D. L., NOLL, M. R., & HENDRICKS, G. J. (n.d.). Kinetics and Mechanisms of Potassium Release from Sandy Middle Atlantic Coastal Plain Soils 1. Retrieved May 15 24 2019 from <http://www1.udel.edu/soilchem/Sadusky87SSSAJ.pdf>
- Society for Experimental Biology (Great Britain), & Federation of European Societies of Plant Physiology. (n.d.). *Journal of experimental botany*. Oxford University Press.
- SPARKS, D. L. (n.d.). Potassium in Soils Dynamics of K in Soils and Their Role in Management of K Nutrition. Retrieved May 15 06 2019 from

- <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Dynamics of K in Soils and Their Role in Management of K Nutrition.pdf>
- STATISTICAL DATA OF ANALYTICAL RESULTS. (n.d.). Retrieved May 15 27 2019 from <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/articles/Statistics.pdf>
- SUGIHARTO, B., MIYATA, K., NAKAMOTO, H., SASAKAWA, H., & SUGIYAMA, T. (1990). Regulation of Expression of Carbon-Assimilating Enzymes by Nitrogen in Maize Leaf. *Plant Physiology*, 92(4), 963–969.
- TEJADA, M., & GONZALEZ, J. L. (2006). Effect of Foliar Application of Beet Vinasse on Maize Yield. *Biological Agriculture & Horticulture*, 24(2), 197–214.
- TRIBOULOT, M.-B., PRITCHARD, J., & LEVY, G. (1997). Effects of potassium deficiency on cell water relations and elongation of tap and lateral roots of maritime pine seedlings. *New Phytologist*, 135(2), 183–190.
- TUOHY, J. M., & CHOINSKI, J. S. (1990). Comparative Photosynthesis in Developing Leaves of *Brachystegia spiciformis* Benth. *Journal of Experimental Botany*, 41(8), 919–923.
- WALSH, O. S. (2006). REAL-TIME USE OF SOIL MOISTURE DATA FOR REFINED GREENSEEKER SENSOR BASED N RECOMMENDATIONS IN WINTER WHEAT (*Triticum aestivum* L.) AND EFFECT OF FOLIAR P FERTILIZATION ON CORN (*Zea mays* L.) GRAIN YIELD AND PHOSPHORUS USE EFFICIENCY. Retrieved May 15, 2019 from https://shareok.org/bitstream/handle/11244/7754/Department of Plant and Soil Sciences_40.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- WANG, B., SMITH, S. M., & LI, J. (2018). Genetic Regulation of Shoot Architecture. *Annual Review of Plant Biology*, 69(1), 437–468.
- WENG, X.-Y., ZHENG, C.-J., XU, H.-X., & SUN, J.-Y. (2007). Characteristics of photosynthesis and functions of the water–water cycle in rice (*Oryza sativa*) leaves in response to potassium deficiency. *Physiologia Plantarum*, 131(4), 614–621.
- WHITE, P. J., & BROWN, P. H. (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany*, 105(7), 1073–1080.
- WITTWER, S. H., & TEUBNER, F. G. (1959). Foliar Absorption of Mineral Nutrients. *Annual Review of Plant Physiology*, 10(1), 13–30.
- YARNIA, M., EBRAHIMI, S. T., BENAM, M. B. K., FARAJZADEH, E., & TABRIZI, M. (2011). Effect of Potassium Fertilizer on Corn Yield (Jeta cv.) Under Drought Stress Condition. *J. Agric. & Environ. Sci*, 10(2), 257–263. Retrieved May 20, 2019 from <https://pdfs.semanticscholar.org/5869/41ee6eab6b77bb37cc8a66401b1534a05a5.pdf>.
- SUSANN (silage maize, biogas, grain maize). (n.d.). Retrieved May 29, 2019, from <https://www.saaten-union.de/index.cfm/action/varieties/cul/1/v/48.html>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Aslı ARSLAN
Uyruğu :T.C
Doğum Yeri ve Tarihi :Besni 25.08.1989
Telefon : 05059424344
e-mail :aslihtn@gmail.com

EĞİTİM

İlçe

İl

Bitirme Yılı

Lise : Merkez Lisesi
Üniversite : Harran Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Merkez
Haliliye

Adıyaman
ŞANLIURFA

2007
2015