

Bitki Gelişmesini Teşvik Edici Mikroorganizma ve Azotlu Gübre  
Uygulamalarının Çim Tesisinde Kök Gelişimi ve Bazı Kalite Özelliklerine  
Etkisi

Elifnur Eleren

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Haziran 2023

The Effect of Plant Growth Promoting Microorganism and Nitrogen  
Fertilizer Applications on Root Growth and Some Quality Characteristics in  
Turfgrass

Elifnur Eleren

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Field Crops

June 2023

Bitki Gelişmesini Teşvik Edici Mikroorganizma ve Azotlu Gübre Uygulamalarının Çim  
Tesisinde Kök Gelişimi ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Elifnur Eleren

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Çayır Mera ve Yem Bitkileri Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Ali Koç

Haziran 2023

## ONAY

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Elifnur Eleren'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Bitki Gelişmesini Teşvik Edici Mikroorganizma ve Azotlu Gübre Uygulamalarının Çim Tesisinde Kök Gelişimi ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek "[oybirliği veya oyçokluğu yazmak için tıklayın]" ile kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Ali KOÇ

**İkinci Danışman** : -

**Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Prof. Dr. Ali KOÇ

**Üye** : Prof. Dr. Cafer Sırrı SEVİMAY

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Onur İLERİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Ali Koç danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bitki Gelişmesini Teşvik Edici Mikroorganizma ve Azotlu Gübre Uygulamalarının Çim Tesisinde Kök Gelişimi ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi” başlıklı Yüksek Lisans /Doktora tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 16/06/2023

Elifnur Eleren

İmza

## ÖZET

Bu çalışma, Eskişehir ekolojik koşullarında mikrobiyal gübre ve azotlu gübre uygulamalarının çim tesisinde kök gelişimi ve bazı kalite özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacı ile Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Deneme arazisinde 2021-2022 yılında yürütülmüştür. Çalışma, Tesadüf Bloklarından Şansa Bağlı Parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak dizayn edilmiştir. Faktörlerin kombinasyonları her blok içine tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Rulo çim serme işleminden önce deneme parsellerine mikoriza (*Glomus intraradices*), bakteri (*Bacillus megaterium*) ve m<sup>2</sup>'ye 15-10-10 kompoze gübre uygulanmıştır. Denemede kök örneklerinin alınması işlemi rulo çim serilme işleminden sonra 15, 30 ve 45. günlerde alınmıştır. Çalışmada kök gelişimi, kök uzunluğu, kalınlığı ve ağırlığı üzerinden incelenirken, çim görsel kalitesi de kısmi yeşil kaplı alan (FGCC), koyu yeşil renk indeksi (DGCI) ve normalize edilmiş vejetasyon indeksi (NDVI) değerleri üzerinden alınmıştır.

Çalışma sonucunda rulo çimin kök uzunluğu, kök genişliği, bitki boyu, FGCC, NDVI, DGCI ve toplam kök ağırlığı değerlerinde zamana bağlı olarak önemli şekilde değişim göstermiştir. Uygulamalar arasında ise kök genişliği, FGCC, NDVI özelliklerinde önemli değişimler bulunmuştur. Yalnızca incelenen DGCI özelliğinde interaksiyonun önemli olduğu gözlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar rulo çim tesisinde sürdürülebilir bir çim alan yönetimi için mikrobiyal gübrelerin azotlu gübreleme programlarının yerine tam anlamıyla geçemeyeceğini ancak birlikte kullanımlarının, çim bitkilerinde sürgüne kıyasla kök büyüme ve gelişmesini daha çok teşvik edeceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrobiyal gübre, rulo çim, kök gelişimi, çim bitkisi

## SUMMARY

This study was carried out in Eskişehir Osmangazi University Faculty of Agriculture Research and Experiment field in 2021-2022 with the aim of determining the effects of microbial fertilizer and nitrogen fertilizer applications on root growth and some quality characteristics in the turf plant in Eskişehir ecological conditions. The study was designed with 3 replications according to the Random Plots from Random Blocks experimental design. Combinations of factors are randomly distributed within each block. Mycorrhiza (*Glomus intraradices*), bacteria (*Bacillus megaterium*) and 15-10-10 compound fertilizer per m<sup>2</sup> were applied to the trial plots before the sod-spreading process. In the experiment, the root samples were taken on the 15th, 30th and 45th days after the sod laying process. In the study, root development was examined on root length, thickness and weight, while turf visual quality was taken over fractional green canopy cover (FGCC), dark green color index (DGCI) and normalized vegetation index (NDVI).

As a result of the study, root length, root width, plant height, FGCC, NDVI, DGCI and total root weight values of rolled turf showed significant changes depending on time. Among the applications, significant changes were found in root width, FGCC, NDVI properties. It was observed that interaction was significant only in the DGCI feature examined. The results of the study showed that microbial fertilizers cannot completely replace nitrogen fertilization programs for a sustainable turfgrass management in a sod, but their combined use will stimulate root growth and development more than shoots in turf plants.

**Keywords:** Microbial fertilizer, sod production, root development, turfgrass

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunmuş olduğum çalışmada, emeklerini hiçbir zaman esirgemeyen bilgi ve tecrübesinden her zaman faydalandığım çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. Ali KOÇ'a (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü),

Hem akademik hayatım boyunca hem de tez çalışmam sürecinde desteğini ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Onur İLERİ'ye (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü),

Tez çalışmam süresince hiçbir zaman desteğini ve yardımlarını esirgemeyen çok kıymetli arkadaşlarım Arş. Gör. Meliha Feryal SARIKAYA'ya ve Safiye KILIÇ'a teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme emekleri ve destekleri için teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	viii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	ix
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xiii
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	7
<b>3.MATERYAL YÖNTEM</b> .....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1 Deneme alanı.....	16
3.1.2 Denemede kullanılan bitkilerin özellikleri.....	18
3.1.3 Denemede kullanılan gübrelerin özellikleri.....	21
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1 İncelenen özellikler.....	23
3.3. İstatistiki Analiz ve Verilerin Değerlendirilmesi.....	24

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	25
4.1. Bitki Boyu .....	25
4.2. Kök Uzunluğu.....	27
4.3. Kök Kalınlığı.....	29
4.4. Toplam Kök Ağırlığı.....	31
4.5. Kısmi Yeşil Kaplı Alan İndeksi (FGCC).....	33
4.6. Koyu Yeşil Alan İndeksi (DGCI).....	35
4.7. Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI).....	37
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	40
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ</b> .....	42

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sekil

### Sayfa

3.1. Deneme alanının genel görünüşü. ....	21
4.1. Rulo çim DGCI değerlerinin zamanlara göre değişimi.....	36



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Eskişehir ilinin 2021-2022 deneme yılına ait bazı iklim verileri.....	16
3.2. Denemenin yürütüldüğü alanın toprak analiz sonuçları.....	18
4.1. Rulo çim bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları.....	25
4.2. Ele alınan rulo çimin bitki boyu ortalamaları.....	26
4.3. Rulo çim kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları.....	27
4.4. Ele alınan rulo çimin kök uzunluğu ortalamaları.....	28
4.5. Rulo çim kök kalınlığına ait varyans analiz sonuçları.....	30
4.6. Ele alınan rulo çimin kök kalınlığı ortalamaları.....	30
4.7. Rulo çim toplam kök ağırlığına ait varyans analiz sonuçları.....	32
4.8. Ele alınan rulo çim toplam kök ağırlığı ortalamaları.....	32
4.9. Rulo çim FGCC'ne ait varyans analiz sonuçları.....	33
4.10. Ele alınan rulo çimin FGCC ortalamaları.....	34
4.11. Rulo çim DGCI'ne ait varyans analiz sonuçları.....	35
4.12. Ele alınan rulo çimin DGCI ortalamaları.....	36
4.13. Rulo çim NDVI'ne ait varyans analiz sonuçları.....	38
4.14. Ele alınan rulo çim NDVI ortalamaları.....	38

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Açıklama

%

Yüzde

°C

Santigrat derece

°

Derece

'

Dakika

"

Saniye

### Kısaltmalar

### Açıklama

AMF

Arbusküler Mikorizal Fungus

PGPR

Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri

DAP

Diamonyum Fosfat

MG

Mikrobiyal Gübre

FGCC

Kısmi Yeşil Kaplı Alan İndeksi

DGCI

Koyu Yeşil Alan İndeksi

NDVI

Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi

## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Dünyada ve ülkemizde hızla artmakta olan nüfus ve yoğun yapılaşma sebebiyle kentlerde yeşil alan ihtiyacı giderek artmaktadır. Yeşil alanların ise önemli bir bölümünü çim örtüleri oluşturmaktadır. Çim alanlar genellikle; buğdaygiller (*Poaceae*) familyasından türlerin bulunduğu, homojen bir görünüme sahip, toprak yüzeyini sıkı bir şekilde örterek gelişen ve sürekli biçim ile kısa tutulan yeşil alan yüzeyleri olarak tanımlanmaktadır (Avcıoğlu, 1997). Çim alanlar park, bahçe, spor alanları, karayolları, hava limanları gibi yerlerde ortama estetik açıdan da güzel bir görünüm sağlamaktadır (Salman ve Avcıoğlu, 2010). Ayrıca yaşanan çevrenin yaşam kalitesini ve emlak değerini yükseltmekte, sosyal uyuma katkı yaparken peyzaj alanlara da görsel olarak uyum sağlamak ve rekreasyonel aktiviteler için yeri doldurulamaz bir yer örtücü yüzey sağlamaktadır.

Günden güne genişleyen kentsel alanlarda yoğun, yorucu ve stresli bir yaşamın içinde kalan insanlar, serbest zamanlarını daha kaliteli aktivitelerle geçirme arayışı içine girmişlerdir. Dolayısıyla çim alanların çevre, insan sağlığı ve estetik açıdan olumlu etkileri yanında, obezitenin azaltılması, sağlıklı yaşam ve stresin önlenmesi gibi insan refahını artırıcı birçok olumlu özelliği olduğunu ifade etmek mümkündür (Kuşvuran, 2012). Çim alanların hayvan davranışları üzerinde de olumlu etkileri olduğu, pestisitlerin zararlı etkilerini azalttığı, biyolojik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olduğu, zararlıları ve alerjik polenleri azalttığı da bilinmektedir (Zere Taşkın ve Bilgili, 2020). Ayrıca çim örtüleri adeta bir yalıtım görevi görerek insanlardan, hayvanlardan ve araçlardan gelen seslerin izole edilmesine katkı sağlamaktadırlar (Mathew, 2021). Yerleşim alanlarının etrafında bulunan ağaçlar, çalılar ve çim alanlar bünyelerindeki suyu transpirasyon yoluyla uzaklaştırarak, gölgeleme ve serinletme etkisiyle, ortamdaki sıcaklığı 4-8 °C arasında azaltabilmektedir (Heinze, 2011). Çim alanların erozyon ve erozyonla besin elementi kaybını önleme, suyu ve havayı temizleme, ısı/enerji değişimi ve girdi tasarrufu sağlama, oksijen üretimi, karbon tutumu gibi işlevsel özellikleri de bulunmaktadır (Kuşvuran, 2012). Yüzey akışı ile kaybolacak olan yağışı tutmanın yanında, sudaki çok çeşitli kirleticileri kökleriyle ve kök bölgesinde bulunan mikroorganizmalar ile tutarak parçalamakta ve yeraltı kaynaklarını

besleyecek olan suya bir filtre görevi yaparak kirleticilerden arınmasına katkı sağlamaktadır (Petrovic ve Zachary, 2005). Ayrıca erozyon kontrolünü sağlama, toprak kalitesini iyileştirme ve yangın tehlikelerini azaltma açısından diğer bitki örtü türlerinden daha yüksek bir potansiyele sahiptir (Hochmuth vd., 2011; Heinze, 2011).

Yeşil alanların en önemli sorunlarından birisi yanlış ya da yetersiz uygulamalar nedeniyle sürekliliğin sağlanamaması ve bu sebeple çim alanlarda yenilenme ihtiyacının ortaya çıkmasıdır. Uygun bakım koşullarında çim alanlar ortalama 10-15 yıl boyunca kaliteli bir çim alan sağlayabilmektedir. Dolayısıyla çim alanlarda bölgenin ekolojik şartlarına uygun olarak her türlü kültürel uygulamanın bilinçli, sürdürülebilir ve ekonomik bir şekilde yürütülmesi önemlidir (Sürmen vd., 2018). Çim alanların yönetiminde kalite ve sürdürülebilirliği etkileyen birçok etken yer almaktadır. Bunlar; hatalı biçim, basılma ve çiğneme zararı, yanlış sulama ve gübreleme uygulamaları olarak sıralanabilir. Çim alanlarda basılmanın şiddeti veya yoğunluğu alanın kullanım şekline göre değişmekte ve buna bağlı olarak aşırı çiğnenen alanlarda kök ve sürgün gelişimi yavaşlayarak bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir (Sincik, 2004; Murphy ve Scott Ebdon, 2013). Yine çim alanlarda yoğun miktarlarda uygun dozun üzerinde kullanılan azot kök gelişimini zayıflatırken diğer yandan da bitkilerin büyüme hızını artırarak biçim sıklığının artmasına neden olmaktadır (Walker ve Branham, 2020). Bahsedilen bu hatalı ve yetersiz uygulamalar sonucunda çim alanlar seyrekleşmekte veya bitki ölüm oranına bağlı olarak çim alan özelliğini tamamen kaybedebilmektedirler. Böyle alanların hızlı şekilde yenilenmesi veya yeniden tesis oluşturulmasında rulo çimler ön plana çıkmaktadır (Efe, 2010).

Rulo çim, daha önceden araziye ekilerek oluşturulan, çim alan tesisinde, yabancı otlardan arındırılmış ve sürekli biçim ile kök gelişimi sağlanmış çimin (halı gibi kökleriyle beraber) alınarak rulolar haline getirilip, başka bir alana serilmesi şeklinde oluşturmaktadır. Rulo çim uygulamalarında karşılaşılan en önemli problemlerden birisi de ilk tesis veya yenileme sırasında hızlı kök gelişimi ile hızlı tesisin sağlanamamasıdır (Özad, 2010). Hazır kesilen materyalin canlı köklerinin yeni ortama hızla adapte olabilmesi ve rulonun toprağa hızlıca tutunabilmesi istenmektedir. Köklerin toprağa tutunup su ve besin elementlerinden en iyi şekilde faydalanabilmesi; kök derinliği ve miktarı, köklerin solunumu ile sağlanan enerji ve toprak sıcaklığı gibi önemli faktörlerle ilişkilidir (Açıkgöz ve Oral, 2015).

Dolayısıyla sağlıklı kök gelişimi için toprak yapısının da kök gelişimi açısından uygun olması çim alan tesisi için büyük bir önem arz etmektedir. Çim bitkileri tesis olduğunda yüzeysel ancak yoğun saçak kökler oluşturarak toprak yüzeyine yakın su ve besin maddelerinden etkin şekilde yararlanmaktadırlar (Avcıoğlu, 1997). Bu nedenle rulo çim uygulamalarında bitki köklerinin yeni ortama hızlı şekilde tutunması ve gelişiminin sağlanması, kaliteli bir çim tesisi oluşturmak açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla kök gelişimini teşvik edecek besin maddesi ve su alımını artıran fungus ya da bakteri içerikli mikrobiyal gübre uygulamalarının kullanılması özellikle son yıllarda artış göstermiştir (Erzurumlu ve Kara, 2019; Avan ve Kotan, 2021).

Bitki kökleri ile topraktaki bazı funguslar arasında (myko+rhiza) “mikoriza” adı verilen doğal vejetasyonlarda yaygın şekilde görülebilen simbiyotik bir ilişki bulunmaktadır (Allen, 1991). Yapılan son çalışmalarda mikorizal fungusların hemen hemen her yerde bulunduğu ve bitki türlerinde yaklaşık %80’inin, familya düzeyinde ise %92’sinin en az bir mikorizal fungus ile potansiyel ilişkide olduğu kaydedilmiştir (Smith ve Read, 2008). Bitki beslemede kritik rolü olan fungusların, bitki kök sisteminin yüzey alanını artırarak besin maddelerinin topraktan emilmesine yardımcı oldukları bilinmektedir (Meier vd., 2020). Funguslar hifleri aracılığı ile enerji açısından zengin bitki asimilatlarının toprağa taşınması için önemli bir yol oluşturmaktadır (Gianinazzi ve Schuepp, 1994). Mikoriza hifleri çok ince yapıda olup bitki köklerinin erişemediği gözeneklere girerek su ve besin elementlerinden yararlanabilmektedir. Örneğin, mikoriza ile enfekte olmayan çim bitkileri kök bölgesinin yalnızca 1 cm uzaklığındaki fosfordan yararlanabilirken, mikoriza ile enfekte olduklarında kök bölgesinin 11 cm uzağındaki fosforu bünyesine alabilmektedir (Li vd., 1991). Bu sebeple bitkilerin kök gelişimi ve buna bağlı olarak besin maddesi alımı açısından mikorizal funguslar büyük bir öneme sahiptir. Mikorizal funguslar; arbüsküler, erikoid, orkide ve ektomikorizalar olmak üzere dört büyük grupta incelenmektedir. Arbüsküler mikorizal fungus (AMF)’lar en kapsamlı fungus grubudur ve fungus ile bitki arasında mutualistik bir ilişki söz konusudur. Bitki fungusu karbon kaynağı sağlarken, fungus konukçu bitki için gerekli olan su ve besinin alımını artırmaktadır. Konukçu bitkinin kök yüzey alanı, AMF’ların ekstramatrikal hifleri sayesinde genişlemekte ve bu sayede toprağı yumak gibi sararak erozyona karşı bitki direncini artırmakta, toprağın agregat yapısını iyileştirmekte ve topraktan su ve besin maddesi alımından daha fazla yararlanılmasını sağlamaktadır. Bu sayede özellikle bitki gelişimi açısından besin

maddesinin kritik seviyede olduğu topraklarda besin alımını daha fazla teşvik etmektedir. Ayrıca AMF'lar konukçu bitkinin ağır metallere, olası kök patojenlerine, tuzluluk ve kuraklık stresine karşı direncini artırmaktadır (Palta vd., 2010). AMF'lar konukçu bitkinin kök çevresindeki toprak pH'sını düşürücü asitli enzim ve sıvılar salgılayarak çözünürlüğü güç olan inorganik fosfatların yararlı hale geçmesini ve bunun yanı sıra bitki için gerekli olan çinko, bakır, azot, potasyum ve demir gibi mineral besin elementlerinin alımının artmasına katkı sağlamaktadır (Ortaş, 2012).

Çim köklerinin gelişimi için kullanılan diğer bir mikroorganizma grubu da bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR-Plant Growth Promoting Rhizobacteria)'dir. PGPR, indol asetik asit, giberellik asit ve sitokinler (Kloepper vd., 2007) gibi çeşitli fitohormonların ve sideroforlar, hidro siyonik asit (HCN) ve antibiyotikler gibi önemli metabolitlerin üretilmesinden sorumludur. Bu mikroorganizma grubu, yüksek miktarda organik formlarda kullanılabilir toprak azotu ve çeşitli bitki besinlerini tutması sebebiyle bitkilerin fosfor ve azotlu gübre ihtiyacını gidermeye yardımcı olabilmektedirler (Goudo vd., 2018). Bakteriler, fosforu çözme ve mineralize etme kapasitesine sahip olup (Alori vd., 2017), fosfor çözme etkinlikleri mantarlardan daha yüksektir (Sharma vd., 2013). Fosfor toprakta bitki gelişimini sınırlayan temel elementlerden biri olmakla birlikte organik ve inorganik formda bulunmaktadır. Toplam fosforun yaklaşık %20-80'ini organik formdaki fosfor oluşturmaktadır (Ahemad ve Khan, 2011). Organik formdaki bu fosfordan yararlanamayan bitkiler fosforu iki yararlı form olan monobazik ( $H_2PO_4^-$ ) ve dibazik ( $HPO_4^{2-}$ ) fosfat iyonları halinde alabilmektedir ancak alınabilir formdaki fosfor miktarı genellikle bitkiler için yetersiz kalmaktadır (Okur, 2014). Bu sebeple *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Acetobacter* ve *Bacillus* gibi fosfor çözücü bakteriler kullanılmaktadır (Babalola ve Glick 2012). En fazla kullanılan türler ise *Bacillus megaterium*, *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus sircalmous* ve *Pseudomonas striata*'dır (Rodriguez ve Fraga, 1999). Bu bakteri grupları toprak pH'ını düşürmede, organik asitleri şelatlamada ve siderofor üretiminde Fe, Ca ve alüminyum fosfatın topraktan çözünmesinde önemli rol oynamaktadırlar (Marschner, 2012). PGPR uygulamaları bu özellikleri nedeniyle bitki kök gelişimi, çimlenme oranı, verim, yaprak alanı, azot oranı, klorofil oranı, protein oranı, hidrolik aktivite, susuzluğa tolerans, kök ve gövde ağırlığında artış, yaprakların yaşlanmasında gecikme ve bazı hastalıklara dayanıklılık gibi olumlu etkiler sağlamaktadır (Çakmakçı, 2005).

Mikrobiyal gübreler bitki kök gelişimi üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra kimyasal gübre kullanımının azaltılması için de potansiyele sahiptirler (Grant vd., 2005; Qin vd., 2015). Özellikle çim tesislerinde yoğun miktarda kullanılan azotlu gübrelerin toprak yapısına, su kirliliğine, biyolojik çeşitlilik kayıplarına, çevre ve insan sağlığı üzerine birçok olumsuz etkileri bulunmaktadır (Petrovic, 1990). Bu sebeple kimyasal girdi kullanımının azaltılmasını sağlayarak yerine kullanılacak alternatif sistemlerin arayışı içerisinde girilmiştir (Wang vd., 2018). Biyolojik temelli mikrobiyal gübrelerin tarımsal gübre olarak kullanılması biyolojik iyileştirme yönünden ön plana çıkmaktadır. Hem ekonomik anlamda hem de toprak yapısı, çevre ve insan sağlığı açısından mikrobiyal gübrelerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Torun Çetin, 2015). Kimyasal gübrelemenin çevreye olan dolaylı ve doğrudan zararlı etkileri etki dereceleri ve sürelerine bağlı olarak önem taşımaktadır. Yoğun miktarda ve çok uzun vadeli gübre kullanıldığında; topraklarda ağır metal birikimi, tuzluluk, besin maddesinde dengesizlik, mikroorganizma etkinliğinde bozulma, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, yeraltı ve yüzey sularını kirlenmesi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi, ozon tabakası incilmesi, sera etkisi gibi çevresel sorunların oluşması kaçınılmazdır (Sönmez vd., 2008). Diğer yandan çim alan tesisinin sürdürülebilirliği için önemli olan azotun; sürgün ve kök büyümesi, renk ve bitki sıklığı, hastalıklar ve zararlılar ile bazı stres koşullarına dayanım açısından olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Avcıoğlu, 1997). Ancak dengesiz oranlarda, uygun olmayan zaman ve yöntemle hızlı çözünebilir azotlu gübrelerin kullanımı hem bitkisel hem de çevresel olumsuzluklara yol açabilmektedir (Karaşahin, 2014). Mikrobiyal gübrelerin azotlu gübreleme gibi kimyasal gübrelerin yerine kullanılması birçok tamamlayıcı katkıları olması sebebiyle günümüzde araştırma konuları arasında ön plana çıkmaktadır (Açıkgöz vd., 2016; Sever Mutlu vd., 2019). Aynı zamanda PGPR'lerin sürdürülebilir tarımda kullanımının, ürün verimini artıran ve bitkiyi toprak kaynaklı patojenlerden uzun süre doğrudan veya dolaylı olarak koruyan çevre dostu ve düşük ekonomik girdili bir yaklaşım olduğu bilinmektedir. (İmriz vd., 2014). Ülkemiz topraklarında düşük organik madde kapsamı ve yüksek pH sebebiyle, gübreleme ile toprağa verilen ve toprakta bulunan fakat bitki tarafından alınamayan bitki besin maddelerinin yarayışlılığını artırmak amacıyla, biyolojik gübrelerin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir (Eraslan vd., 2010).

İç Anadolu Bölgesinde Eskişehir koşullarında yürütülen bu çalışmada bitki gelişimini teşvik edici bazı mikroorganizmalar ile azotlu gübrelemenin yeni tesis edilen rulo çimin kök gelişimi ve çim kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu sayede mikrobiyal gübrelerin rulo çimde azotlu gübre kullanımını azaltmaya yönelik potansiyelleri ve yeni uygulanan rulo çimin hızlı şekilde tesis olabilmesi için hangi gübre kaynağının daha etkili olduğu hakkında bilgiler üretilmiştir. Ayrıca uygulamaların rulo çimin kalitesi ve kışa dayanımı üzerine etkileri de bu çerçevede ele alınmıştır.



## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çim alanlar homojen bir görünüme sahip ve toprak yüzeyini sıkı bir şekilde örterek gelişen alanlardır. Buğdaygil çim bitkileri, güçlü saçak kök sistemleriyle toprağın üst 0-15 cm derinliğindeki katmanında yoğun şekilde gelişim göstermektedirler (Avcıoğlu, 1997). Sürdürülebilir çim yönetiminde köklenme derinliği aynı zamanda su ve besin maddelerine erişimi de etkilemektedir (Emmons ve Rossi, 2014). Kökler toprağın mikro ortamını uygun hale getirerek, toprağın yer örtüsü tipi ve ısınma kapasitesine bağlı olarak küçük mesafelerde değişmektedirler. Kök bölgesinin (rizosfer) verimliliği öncelikli olarak mikroorganizma aktivitesi ve yarayışlılığına bağlıdır.

Bitki türüne bağlı olmakla birlikte bitki büyümesini teşvik edici rhizobakteriler bitkide kök ağırlığını, lateral ve adventif kök sayısını artırmakta ve besin alımını etkilemektedir (Çakmakçı vd., 2007). Bunların yanı sıra PGPR biyolojik azot fiksasyonu, bitkisel hormonların üretilmesi, çevresel stresi azaltma, inorganik fosforun çözünlülüğünün artırılması ve organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu, demirin şelatlanması ve diğer bazı iz elementlerin elverişliliğinde artış sağlayabilmektedir (Güneş vd., 2009). Mikorizal funguslar ise konukçu bitkilerin kökleri içinde ve dışında kurdukları ilişkilerden dolayı ekolojik olarak büyük bir öneme sahiptirler. Bitki fungusu karbon kaynağı sağlarken, fungus konukçu bitki için gerekli olan su ve besin alımını artırmaktadır. Bu şekilde özellikle bitki gelişimi açısından besin maddesinin kritik seviyede olduğu topraklarda funguslar besin alımını daha fazla teşvik etmektedir. (Palta vd., 2010).

Mikrobiyal gübrelerin çim veya benzeri alanlarda kullanımı konusunda yeterli çalışma bulunmamakla birlikte konu ile ilgili literatür özetleri aşağıda özetlenmiştir;

Charest vd. (1997), *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe arbusküler mikorizal fungusu ile fosforlu gübrelemenin *Agrostis stolonifera* L. ve *Poa pratensis* L. çim türlerine ait biyokütle üretimi, klorofil içeriği, kök yoğunluğu ve fungus kolonizasyonu üzerine etkilerini incelemiştir. Biyokütleyi iki haftada bir kesilen çimlerin yaş ve kuru ağırlıkları üzerinden belirlerken klorofil içeriğini de 12 hafta boyunca

incelemişlerdir. Klorofil içeriği ve kök yoğunluğu bakımından mikorizal kolonizasyonun fosfor uygulanan bitkilerde önemli bir etkisi olmadığını ancak fosfor uygulanmayan alanlarda *Agrostis stolonifera* türünün kök gelişiminde artış olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışma sonucunda mikoriza uygulamasının kimyasal gübre girdisini azaltmak için potansiyel bir biyogübre olarak kullanılabileceği fikrini öne sürmüşlerdir

Avcıoğlu (1997), karışım şeklinde çim alan tesisi için ekimle birlikte 5 g/m<sup>2</sup> azot olacak şekilde diamonyum fosfat (DAP) gübrelemesi yapılmasını önermiştir. Tesisin devamlılığı için de aylık 10 g/m<sup>2</sup> azot gübrelemesi yapılması tavsiye edilmektedir (Oral ve Açıkgöz, 2001).

Rodriguez ve Fraga (1999), *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Rhizobium* cinsine ait fosfor çözücü bakteri ırklarının tarımda kullanıldığında ürün verimini ve fosfor alımını artırdığını, özellikle *Pseudomonas* türünün en kuvvetli fosfor çözücü olduğunu belirtmişlerdir.

Düşük ve yüksek fosfor içerikli deneme alanlarında *Poa pratensis* ve *Agrostis stolonifera* çim türlerinin *Glomus mosseae*, *G. aggregatum* ve *G. intraradices* ile aşılındığı, çalışmada Podeszfinski vd. (2002), *Poa pratensis* ve *Agrostis stolonifera*'nın düşük fosforlu toprak sahasında %60'a varan daha yüksek kök kolonizasyonu oluşturduklarını ancak bitkilerin üst kısımlarında herhangi bir değişiklik olmadığını bildirmiştir.

Youguo vd. (2004), YNEC marka ticari mikrobiyal gübrenin dört farklı çim türü üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, artan gübre dozlarına paralel olarak çim bitkilerinde yenilenme hızı ve yeşil kalma süresinin de arttığını tespit etmişlerdir. Mikrobiyal gübrenin ayda 2 kg/da dozda kullanımı ile çim rengi, kalitesi ve kaplama oranının arttığını belirtmişlerdir.

Bitki türüne bağlı olmakla birlikte, bitki gelişimini teşvik edici bakteriler, kök ağırlığını, lateral ve adventif kök sayısını artırmakta ve besin alımını etkilemektedirler (Çakmakçı vd., 2007).

Yapılan çalışmalar doğrultusunda çim alanlarda uygulanan azotlu gübrelerin miktarı 5 g/m<sup>2</sup>'nin üzerine çıkarıldığında yer altı kaynaklarına sızan nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) oranının USEPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma ajansı) tarafından belirlenen 10 mg NO<sub>3</sub>-N üst sınırını geçebildiği ve risk oluşturarak biyolojik dengenin bozulmasına sebep olabileceğine dikkat çekilmiştir (Guillard ve Kopp, 2004; Paulino-Paulino vd., 2008).

Öztürk vd. (2013), *Bacillus* sp. OSU-142 bakterileri ile farklı dozlarda (0, 40 ve 80 kg ha<sup>-1</sup>) azotlu gübre uygulamalarının Kirik buğday ve Tokak 157/37 arpa çeşidinde verim ve verim bileşenleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada *Bacillus* sp. OSU-142 türünün buğdayda başak sayısını önemli ölçüde artırdığını ancak diğer özellikler üzerine önemli bir etki göstermediğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda incelenen özellikler bakımından bakteri uygulanan bitkilerden azotlu gübre uygulanan bitkilere göre daha iyi sonuç alındığını belirtmiştir.

*Glomus intraradices* Schenck & Smith (40, 60, 100 ml/m<sup>2</sup>) ve *G. etunicatum* Becker & Gerdemann (60 ml/m<sup>2</sup>) funguslarının kullanıldığı bir çalışmada, fungusların çim karışım türleri (*Poa pratensis* L. + *Festuca rubra* L. + *Lolium perenne* L.) üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, hiçbir sulama veya gübreleme girdisi olmaksızın 40 ve 60 ml/m<sup>2</sup> arasındaki dozlarda *G. intraradices* ile aşıl原因an çim tohumlarının *G. etunicatum* ile aşıl原因an çimden daha hızlı büyüdüğü belirlenmiştir (Pelletier ve Dionne, 2004).

Wu vd. (2005), sera koşullarında azot, fosfor ve potasyum çözücü bakteriler (sırasıyla *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus mucilaginosus*) ile iki farklı mikrobiyal gübre (MG)'nin (*Glomus mosseae* veya *Glomus intraradices*) mısır bitkisi gelişimi ve toprak özellikleri üzerine etkisi araştırmışlardır. Çalışmada, *G. mosseae* + üç bakteri ırkından oluşan MG'nin en fazla biyokütle ve tane ağırlığı verdiğini, *G. intraradices* + üç bakteri ırkından oluşan biyolojik gübrenin ise mısır büyümesini artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca MG uygulamasının kimyasal gübre uygulamasına benzer etki gösterdiği ve sadece bitkilerdeki toplam azot, fosfor ve potasyumu değil, topraktaki toplam N ve organik madde içeriğini de artırdığını belirtmişlerdir.

Jiang (2005), *Poa pratensis* L. + *Festuca rubra* L. çim türlerinden oluşan karışımda kimyasal ve mikrobiyal gübreyi kombineli olarak uygulamış, kimyasal gübre uygulamasının çim kalitesini ve kuru madde verimini artırdığını ancak mikrobiyal gübrenin önemli düzeyde bir etkisinin olmadığını vurgulamıştır.

Russo vd. (2005), farklı mikoriza ve *Azospirillum* ırkları ile aşılanmanın buğday ve mısırdaki kök kolonizasyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar hem sera hem de tarla koşullarında yaptıkları çalışmada, üç farklı makarnalık buğday çeşidinde *Azospirillum brasilense* Sp245 bakterisini ve mısır bitkisinde *Glomus mosseae* ile *Glomus macrocarpum* funguslarını, doğal mikoriza simbiyozu uygulanan tarla koşullarındaki mısır için ise *Azospirillum lipoferum* CRT1 ırkını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, *Azospirillum* ırkları ile aşılanmanın buğday ve mısırdaki kök büyümesine olumlu etki yaptığını, mikoriza uygulamasının kolonizasyon oluşturmada önemli etkisinin olmadığını ve *Azospirillum brasilense* uygulamasının da mikoriza oluşumunu etkilemediğini bildirmişlerdir.

*Cenchrus ciliaris* çim türünün mikoriza (*Gigaspora rosea*, *Glomus etunicatum* ve *G. intraradices*) ve fosfor uygulamaları ile biyokütle üretimine etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada *Gigaspora rosea*'nın fosfor uygulanan, uygulanmayan ya da diğer mikorizal funguslarla olan kombinasyonlarında *Cenchrus ciliaris* çim türünün kuru biyokütlesini önemli oranda artırdığı gözlemlenmiştir (Khan vd., 2007).

Sera koşullarında yürütülen çalışmada Çakmakçı vd. (2007), beş azot fikse eden (*Bacillus licheniformis* RC02, *Rhodobacter capsulatus* RC04, *Paenibacillus polymyxa* RC05, *Pseudomonas putida* RC06 ve *Bacillus* OSU-142) ve iki fosfat çözücü (*Bacillus megaterium* RC01 ve *Bacillus* M-13) bakterinin arpa bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini mineral gübre (N ve P) uygulaması ile kıyaslamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre *Bacillus* M-13 ve *B. megaterium* RC01 aşılmasının topraktaki alınabilir P miktarını önemli ölçüde artırırken toprakta en yüksek NO<sub>3</sub>-N miktarının *Bacillus* OSU-142 aşılmasıyla elde edildiği ve bunu *P. Polymyxa* RC05 ile *R. Capsulatus* RC04'ün takip ettiği bildirilmiştir. Ayrıca bu uygulamaların topraktaki bakteri sayısını artırırken, topraktaki azot fikse eden bakterilerin sayısının *B. megaterium* RC01 dışındaki uygulamalarda zamanla azaldığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, *P. Polymyxa* RC05, *P. Putida* RC06, *R. capsulatus* RC04 ve *Bacillus* türlerinin mikrobiyal gübre olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Mikrobiyal gübre (MG) olarak; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus atrophaeus*, *Arthrobacter agilis*, *Brevibacillus choshinensis*, *Arthrobacter viscosus*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus pumilus*, *Arthrobacter aurescens* ve *Micrococcus luteus* bakteri ırklarının kullanıldığı bir çalışmada, bakteri aşılamanın arpa gelişimine etkileri incelenmiştir. Bakteri uygulamaları, erken gelişme döneminde arpa bitkisinin gövde ağırlığı, bitki boyu, toplam kök sayısı ve uzunluğu parametrelerini, uygulanan bakteri ırkı ve incelenen parametrelere bağlı olarak farklı şekilde etkilediği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Arthrobacter agilis*, *Arthrobacter viscosus*, *Arthrobacter aurescens* ve *Bacillus pumilus* türlerine ait bakterilerin sürdürülebilir tarımda MG olarak kullanılmasının uygun olabileceği bildirilmiştir (Şahin vd., 2010).

Bitkiler için önemli bir besin elementi olan azot özellikle buğdaygil bitkilerinde vejetatif gelişmeyi hızlandırmakta, kardeşlenmeyi artırmakta, bitki boyu, renk ve büyüme hızını olumlu yönde etkilemektedir (Kacar vd., 2009).

Yolcu vd. (2011), Türkiye'de yarı kurak koşullarda PGPR'ler ve katı sığır gübresi uygulamalarının İtalyan çiminin (*Lolium multiflorum* Lam.) ot verimi, kalitesi ve mineral konsantrasyonları üzerine etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. İtalyan çimine beş farklı PGPR suşu (*Bacillus subtilis* RC11, *Variovorax paradoxus* RC21, *Paenibacillus polymyxa* RC105, *Paenibacillus polymyxa* RP24/3 ve *Pseudomonas putida* RF29/2) üç farklı dozda çiftlik gübresi (M1, 10; M2, 20; ve M3, 30 mg/ha) uygulanmıştır. Gübre uygulamasının İtalyan çimi verimini artırmadığı ancak *V. paradoxus* RC21 ve *P. polymyxa* RP24/3 bakteri uygulamalarında en yüksek kuru madde veriminin alındığı ifade edilmiştir. Tüm bakteri ve gübre uygulamalarının İtalyan çiminde ham protein oranını artırdığı ve ayrıca Cu, P, S, Fe, Mg, Zn konsantrasyonlarının kontrole göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Sürer (2013), farklı bakteri ırkları ile azotlu ve fosforlu gübre uygulamalarının kamışsı yumak ve İngiliz çiminin gelişimi, rengi, kalitesi, kuru ot verimi, bulunduğu topraktaki bakteri sayısı ve besin elementleri alımı üzerine etkilerini incelemiştir. Bakteri ırklarının, İngiliz çimi ve Kamışsı yumak türünde renge önemli bir etkide bulunmadığını,

çim bitkilerinin gelişim ve kalitesi bakımından fosforlu gübrelerin mikrobiyal gübreler kadar etki göstermediğini ve biyolojik gübrelerin azotlu gübreler kadar etkili olmadığını vurgulamıştır. Kamışsı yumak ve İngiliz çimi arasında kalite bakımından önemli bir farkın olmadığını ancak Kamışsı yumağın kuru ot veriminin daha iyi olduğunu belirtmiştir. Çim bitkilerinde arzu edilen kalite parametreleri baz alındığında birçok faktörle değişmekle birlikte dekara verilecek ideal azot dozunun ise aylık 5,0-7,5 kg arasında olduğunu öne sürmüştür.

Farklı mikoriza türlerinin tritikale bitki gelişimine etkisinin sera koşullarında incelendiği bir çalışmada, Ümranhanım ve Tacettin bey olmak üzere iki farklı tritikale çeşidi, üç farklı mikoriza türü (Mikostar ve Endo Roots iki farklı ticari mikoriza ve *Glomus mosseae*) ve dört farklı (0, 0,2, 0,4, 0,6 g) fosfor dozu uygulanmıştır. Bitki ekiminden yaklaşık 14 hafta sonra hasat yapılmış ve kökler gövdeden ayrılarak ölçümler için uygun hale getirilmiştir. Bitkilerin boyu, kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, mikoriza uygulanmasının tritikale gelişimini olumlu yönde etkilediği ve fosfor dozlarının mikoriza kolonizasyonu üzerine etkili olduğu ancak artan fosfor dozlarında tritikale bitkisinin kök boyunda düzensiz bir artış olduğu, fosfor dozu arttıkça dalgalanmalar meydana geldiği belirtilmiştir (Özmen, 2014).

Arbusküler mikorizal fungus (*Glomus intraradices* ve *Glomus mosseae*) ve farklı humik asit dozu (0, 100, 400 ve 1000 mg/l) uygulamalarının *Lolium perenne* L. çim türünde besin maddesi (N, P, K, Fe, ve Zn) alımı, klorofil içeriği, görsel çim kalitesi, kök büyümesi ve kolonizasyon parametreleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada her iki fungus da uygulandığında kök yaş ağırlığının azalmasına rağmen, kök çapı (mm), uzunluğu (mm) ve yüzey alanında (cm<sup>2</sup>) bir artış olduğu bildirilmiştir. MG uygulamalarının, yüksek klorofil içeriğinden kaynaklanabilecek görsel kaliteyi önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Hümik asit uygulamasının kökte mikorizal kolonizasyon üzerinde önemli bir etki göstermemesine rağmen, genel olarak *G. intraradices* *G. mosseae*'den daha fazla kök kolonize ettiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda mikorizal fungus uygulamalarının *Lolium perenne* türünde besin maddesi alımını artırarak, daha az kimyasal gübre girdisi sağladıkları ortaya konulmuştur (Nikbakht vd., 2014).

Açıkgöz vd. (2016), bazı PGPR'lerin (*Bacillus subtilis* OSU-142 ve *Bacillus megaterium* M3), kimyasal azot (N) gübresi ile kombinasyon halinde çim rengi ve biçim artıkları verimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla iki yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda *Bacillus subtilis* ve *Bacillus megaterium* bakterilerinin *Festuca arundinacea* ve *Lolium perenne* L. türlerinde çim rengi ve biçim artıkları verimi üzerine az da olsa pozitif bir etki yaptığını, bunun sonucunda da azotlu kimyasal girdi kullanımı yerine gübre programlarında alternatif olarak mikrobiyal gübrelerin kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Kireçli topraklarda yapılan buğday-mısır rotasyonu çalışmasında AMF'ların bitki büyümesi ve kök kolonizasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, AMF kolonizasyonunun hem mısır hem de buğdayda etkin rol oynamasına karşın, özellikle mısırdaki buğdaya nispeten daha yüksek oranda kolonizasyon oluşturduğu görülmüştür (Deng vd., 2017)

Çim bitkilerinde renk, çim tarafından yansıtılan ışığın bir ölçüsüdür (McCarty, 2018). Çim rengi genellikle açıktan çok koyu yeşile kadar değişir ve bitkilerin genel durumunun bir göstergesidir. Çim görüntü kalitesi, dijital görüntü, kanopi yansıması ve görsel derecelendirme yöntemleriyle belirlenebilmektedir (Lee, 2008). Spektral yansıma, çim yönetiminin önemli bir parçası olması nedeniyle özellikle son yıllarda üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır (Krum vd., 2010; Caturegli vd., 2020). Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), uzaktan algılamada kullanılan tüm bitki örtüsü indeksleri arasında en yaygın olanıdır (Marin vd, 2020). NDVI, +1 ile -1 arasında değer veren ve değer +1'e yaklaştıkça bitkinin yeşil rengine de bağlı olarak daha sağlıklı olduğunu ifade eden bir indeks olup, aynı zamanda çim kalitesini belirlemek için de kullanılabildiği ortaya konulmuştur (Keskin vd., 2008; Bremer vd., 2011; Lee vd., 2011).

Sera koşullarında yürütülen bir çalışmada, üç farklı AMF türünün (*Glomus intraradices* Schenck & Smith, *Glomus etanicatum* Becker & Gerdemann ve *Glomus deserticola* Trappe & John) yalın ve karışım halinde *Poa prantensis* L. ve *Festuca arundinacea* Schreb. çim türlerine uygulanması sonucu bitkilerdeki büyüme ve besin alımı üzerine etkileri incelenmiştir. Uygulanan mikorizal fungusların bitki boyuna etkide bulunmadığı ancak, *F. arundinacea*'nın *G. deserticola* ile aşılандığında daha yüksek kök

kolonizasyonu olduğu belirlenmiştir. *G. intraradices* ile aşılanaan çim türlerinin toplam kuru ağırlıklarının *G. deserticola* ile aşılanaanlara göre daha yüksek olduğu, *G. intraradices* ve karışık mikoriza uygulamasının *F. arundinacea* türünde kök/sürgün oranını artırdığı ancak *P. pratensis* üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, arbusküler mikorizal fungusların kullanımının *P. pratensis* ve *F. arundinacea* çim türlerinde büyüme artışında olumlu etkileri ortaya konulmuştur (Elhindi vd., 2018).

Antalya’da arazi koşullarında yürütölen bir çalışmada, *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* türlerini içeren MG’nin farklı dozları (100 ml/m<sup>2</sup>, 1000 ml/m<sup>2</sup> ve 2000 ml/m<sup>2</sup>) ile standart kimyasal gübre (10 g/m<sup>2</sup> yıl<sup>-1</sup> N) karışımlarının, *Lolium perenne* türünün “Blackcat” çeşidi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla çim yoğunluğu, rengi, biçim artıkları verimi, tesis olma hızı, kök ve sürgün ağırlığı parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, MG içeren uygulamaların tamamında kontrol parseline göre çim kalitesinde önemli bir artış olduğu ve aynı zamanda MG’nin 2000 ml/m<sup>2</sup> dozunun standart azotlu gübrelemeye eşdeğer bir sonuç verdiği için çim alan tesisinde standart gübreleme yerine kullanılabilceği öne sürölmüştür (Sever Mutlu vd., 2019).

Zere Taşkın ve Bilgili (2020), Melez Bermuda çimi (*Cynodon dactylon* x *Cynodon transvaalensis*)’nin Tifdwarf, yaygın Bermuda çimi (*Cynodon dactylon* L. Pers.)’nin Gobi ve Sydney, Sahil yalancı darısı (*Paspalum vaginatum* Sw.)’nin Seaspray ve Japon çiminin (*Zoysia japonica* Steud.) Zenith çeşitlerinin kullanıldığı çalışmada, azot dozları her ay 0, 1, 2 ve 3 g/m<sup>2</sup>’ye ve mikrobiyal gübre olarak ise bakteri her yıl üç defa 0,54 cc m<sup>-2</sup> (Mayıs, Haziran, Temmuz) uygulanmıştır. Azot çim bitkilerinde rengi etkileyen önemli bir indikatör olduğu için artan azot dozlarına verilen tepkinin yüksek olduğunu ifade eden araştırmacılar 3 g/m<sup>2</sup> N dozu ve bakteri uygulamasının en yüksek renk ve kalite değerlerini verdiğini gözlemlemişlerdir. Önerilen bakım masrafları ve kimyasal girdi miktarı göz önüne alındığında ise 2 g/m<sup>2</sup>’ye azot dozu+bakteri kombinasyonunun kabul edilebilir bir düzeyde sonuç verdiği için kullanılmasının daha uygun olacağına vurgu yapmışlardır.

Kumlu-tınlı toprak yapısına sahip ve içerisinde *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Poa pratensis* L. çim karışımlarının bulunduğu Madrid Kırsal Araştırma ve Tarımsal Kalkınma Gıda Enstitüsü (IMIDRA) ile kumlu toprak yapısına sahip ve içerisinde *Agrostis stolonifera* Tee One’ın bulunduğu Encín Golf Kulübü olmak

üzere iki farklı sahada biyostimulantların çim bitkilerinin kök büyümesine etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yürütülmüştür (Yousfi vd., 2021). Kök büyümesi 10 cm çapında ve 22 cm derinliğindeki burgu aleti ile parselde 3 noktadan örnekleme yapılmak suretiyle ölçülmüştür. Alınan kök örnekleri yıkanmış ve mm'lik bir cetvel ile ölçülmüştür. Çalışma sonucunda biyostimulant uygulamasının çim kök uzunluğunda önemli bir artışa neden olduğu ve kumlu toprakta kumlu-tınlı toprağa göre çim kökünün daha fazla uzadığı belirtilmiştir.



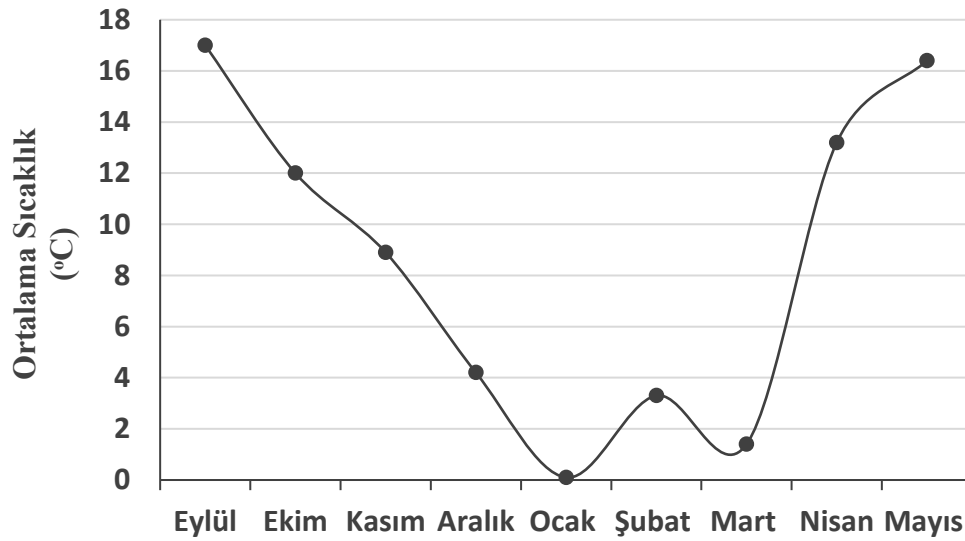
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1 Deneme alanı

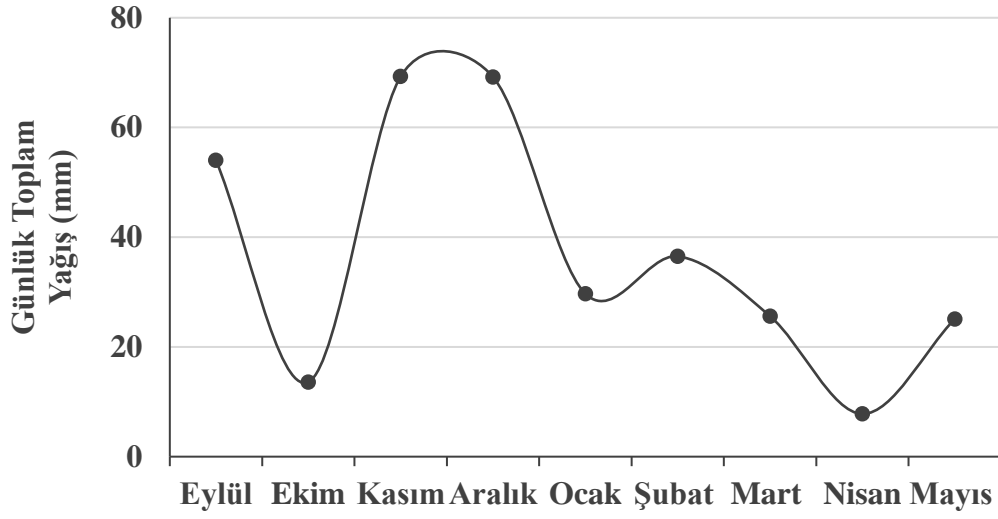
Çalışma 2021-2022 yılları arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Arazisinde yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü alanın deniz seviyesinden yüksekliği 780 m olup karasal iklim koşulları hüküm sürmektedir. Denemenin yürütüldüğü döneme ait sıcaklık, yağış ve nispi nem değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Eskişehir ilinin 2021-2022 deneme yılına ait bazı iklim verileri



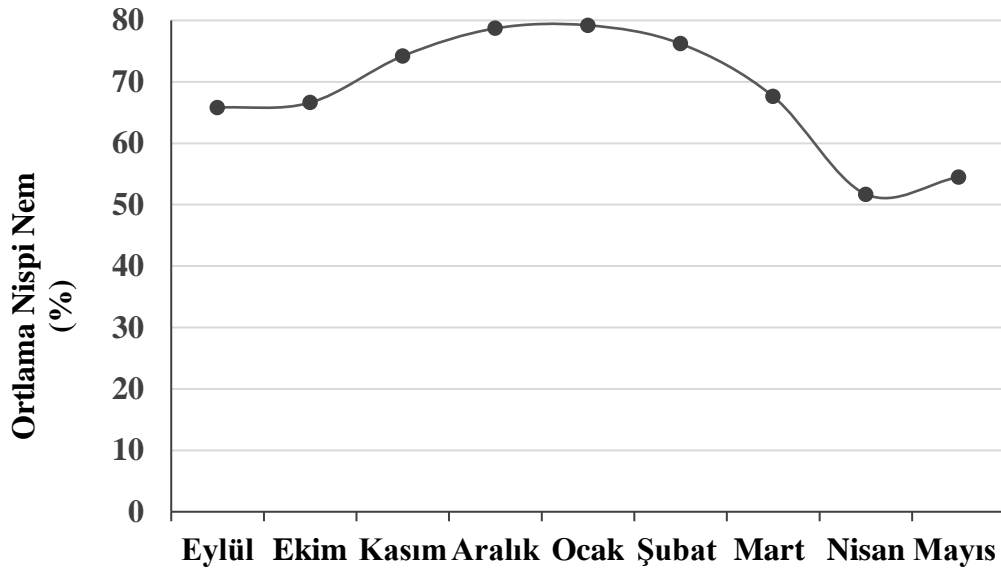
\*T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Uygulamadan sonra sıcaklık kış mevsiminde Ocak ayına kadar düşüş göstermekte olup, Mart ayından sonra giderek artmıştır.



\*T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Günlük toplam yağış miktarı en yüksek Kasım ve Aralık ayında olmakla birlikte en düşük yağış miktarı Nisan ayında seyredilmiştir.



\*T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Ortalama nispi nem değeri en yüksek Ocak, en düşük değeri ise Nisan ayında olduğu görülmektedir.

Denemede araştırma alanından 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Analizi Laboratuvarı'nda yapılmış olup analiz sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemenin yürütüldüğü alanın toprak analiz sonuçları

Derinlik	Bünye	pH	Kireç (%CaCO <sub>3</sub> )	Tuzluluk (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Organik Madde (%)
0-20 cm	Tınlı	8,30	3,02	0,49	35.37	512.14	1,67

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme araştırma arazisinde denemenin ilk yürütüldüğü yılda alınan toprak analiz sonuçları Gözükara vd. (2022)'ne göre değerlendirilmiş olup; araştırma alanın toprak özellikleri tınlı bünyeli, alkali (pH 8,30), orta derecede kireçli (%3,02), tuzsuz (%0,49), orta derecede organik madde (%1,67) içerdiği belirtilmektedir.

### 3.1.2 Denemede Kullanılan Bitkilerin Özellikleri

Deneme materyali olarak bölgede park bahçelerde yaygın olarak kullanılan ve %80 *Festuca arundinacea*, %10 *Lolium perenne*, %10 *Poa pratensis* türlerini içeren rulo çim karışımı serme şeklinde uygulanmıştır. Kullanılan bu türlere ait özellikler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

#### **Kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.)**

Avrupa'da ve benzeri serin iklime sahip bölgelerde yaygın olarak kullanılan çim türü, yumak yaşam formu, kaba yapısı, çok farklı iklim ve toprak özelliklerine adapte olmasıyla bilinmektedir. Yaprak ayası eninin geniş olması ve kaba formu dolayısı ile diğer çim türlerinden oldukça rahat ayırt edilebilmektedir. Çok sık kardeşlenmediğinden seyrek ve kaba yapılıdır ancak alanda koyu yeşil renkli bir yer örtücüdür. Kökleri çok güçlü ve derine inmektedir. Tohumla üretilmektedir. Avrupa iklim özelliklerini taşıması sebebiyle serin-yağışlı bölgeler ile ılıman-yağışlı bölgeler arasındaki iklim özelliklerine sahip bölgelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Aşırı soğuklara dayanıksız olan ve çok

yıllık bitki özelliği taşıyan kamışsı yumak diğer serin mevsim buğdaygil bitkilerine kıyasla ısıcağa ve basılmaya daha dayanıklıdır.

Gölgeye dayanımlı, çorak ve tuzlu topraklara uyumu daha iyi olduğu için yol şevlerinde, su yollarında, hava alanlarında ve atlı spor alanlarında da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Verimli toprakları sevmesine rağmen verimsiz ve olumsuz bünyeye sahip topraklarda da yetişebilmektedir. Problemin olduğu ve bakımın az olduğu alanlarda geniş yaprak ayasına sahip olması sebebiyle çok ince bir doku oluşturmadığından az bakım masrafı ile yer örtücü bir alan tesisinde en yaygın olarak kullanılan buğdaygildir.

Kardeşlenmede gerileme olmasına sebebiyet vermemek için 4-5 cm'den biçim yapmak başarılı bir sonuç almak için önemlidir. Aylık 2-5 kg/da azotlu gübreleme yapılması alanda tesisinin devamlılığı için önem arz etmektedir.

### **Çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.)**

Dünya'da çim alanların tesis edilmesinde en yaygın olarak kullanıldığı bilinen çim türü çok yıllık çimdir. Asya'nın geçit bölgeleri ile Kuzey Afrika'yı kapsayan ve tarihte ilk defa kültüre alınmış olan bir serin mevsim buğdaygil bitkisidir (Açıkgöz, 1993). Tohumla üretilir ve oldukça iri olan tohumları kolayca çimlenebilmektedir. Kısa ömürlü çok yıllık bir bitki olarak kabul edilmektedir. Orta dokulu, sık kardeşli ve alanda üniform bir görünüme sahip olabilen çok yıllık çim, yaprak alt yüzeyinin açık renk olması, biçime uygun sürgün yapısı ile de diğer çimlerden kolayca ayrılabilir. Yumak büyüme formuna sahiptir, rizom ve stolon oluşturma ve yumak formuna ek olarak birden fazla yatay sürgün oluşturduğu için alanı çok iyi kaplamaktadır. Gölgeye dayanımı düşük olmasına karşın basılma ve çiğnemeye dayanımı oldukça iyidir. Sıcaklığın çok aşırı yüksek olmaması şartıyla iyi bir gelişim göstermektedir. Ancak yüksek sıcaklıklara olan dayanıksızlığı en önemli kısıtlayıcı özelliğidir. Çok farklı toprak tiplerine adapte olabilen tür, özellikle nötr veya hafif asit topraklarda (pH 6-7), verimin yüksek olduğu topraklarda uygun bakım işlemleri yapıldığında alanda iyi performans göstermektedir. Çok farklı toprak tiplerinde gelişim gösterebilse de aşırı su birikmesi ve tuzluluk önemli sorunlar yaratabilmektedir. Oldukça hızlı gelişim göstermesi ve alanda çok hızlı bir şekilde tesis olabilmesi sebebiyle karışımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak çok yıllık çim

karışımının bulunduğu alanlarda bu tür birkaç yıl sonra zayıflamakta ve yerine karışımda hızla gelişerek baskın bir rol oynayan *Poa* ve *Festuca* türleri gibi bazı köksaplı türler ön plana çıkmaktadır. Özellikle futbol sahaları, park ve bahçeler, hava alanları, bina çevreleri gibi alanların tesisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok yıllık çim genellikle 4-5 cm yükseklikten biçilerek ve ayda 2-5 kg/da azotlu gübreleme ile başarılı bir gelişim göstermesi mümkündür.

### **Çayır salkımotu (*Poa pratensis*)**

Dünya'da serin ve yağışlı iklime adapte olan ve Asya ve Avrupa'nın doğal bitki örtüsünü ortaya çıkaran bir çim türüdür. Bakım koşullarının iyi olduğu alanlarda bol sürgünlü, ince-orta yapılı dokusu ile koyu yeşil renk içeriğiyle çok kaliteli bir örtü oluşturmaktadır. Rizom (köksap) formuna sahip olan bitki 6-15 cm uzunlukta rizom oluşturabilmektedir. Rizomların her bir boğumundan kök ve yeni sürgün üretebilmesinden dolayı çok sık bir örtü oluşturabilen bu çim türünün kök sistemi çok güçlüdür. Yeşil örtü spor alanlarında, insanlardan ve araçlardan meydana gelebilecek olan mekanik zararlanmalara oldukça dayanıklıdır. Çünkü ezilen, parçalanan yerleri rizomlu yapısı sayesinde toprak altında kendini hızlıca onararak eski haline gelebilmektedir. Yoğun rizom yapısı sebebiyle bitki parçaları (çelik) veya benzeri topraklı-topraksız fideler ile üretimi yapılabildiği gibi pratikte tohumlu üretimi yapılmaktadır.

Çayır salkımotu iyi drene olan, orta bünyeli nemli, verimli ve pH 6-7 olan topraklarda uyumlu bir şekilde yetişebilmektedir. Yoğun rizom yapısından dolayı serin-y yağışlı iklimin bulunduğu yerlerde ağır basma ve yoğun kullanıma dayanımı iyi olduğundan atletizm pistlerinde ve spor alanlarının tesisinde kullanılması oldukça başarılıdır. Serin iklime adaptasyonu oldukça iyi olan bitkinin Akdeniz iklimine sahip bölgelerde kullanımı, sıcak ve kurak stresine uyum sağlayamadığından, bölgede ancak kışın kar yağışı ve don olaylarının gözlemlendiği mikroklima özelliğine sahip alanlarında iyi sonuç vermektedir.

Çayır salkımotu 2,5-5,0 cm yükseklikten biçilerek ayda 2-3,5 kg/da azotlu gübreleme yapılması durumunda iyi bakım koşullarında kaliteli bir şekilde alanda bitki örtüsünü sürdürebilmektedir

### 3.1.3. Denemede Kullanılan Gübrelerin Özellikleri

Denemede materyal olarak kullanılan mikrobiyal gübre, *Bacillus megaterium* ( $10^8$  CFU mL<sup>-1</sup>) türüne ait bakteri ırkı ve *Glomus intraradices* türüne ait mikoriza kullanılmıştır. Kimyasal gübre olarak ise m<sup>2</sup>' ye 15-10-10 kompoze gübre kullanılmıştır.

### 3.2. Yöntem

Deneme Tesadüf Bloklarından Şansa Bağlı Parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Faktörlerin kombinasyonları her blok içine tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Parseller ve bloklar arasında 1 m boşluk kalacak şekilde parselizasyon işlemi yapılmıştır. Toplam deneme alanı 75 m<sup>2</sup> (15 m x 5 m)' lik bir alandan meydana gelmiştir.



Şekil 3.1. Deneme Alanının Genel Görünüşü

Araştırmada bazı mikrobiyal ve azotlu gübre uygulamalarının serilen rulo çimin tesis olma başarısı ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Rulo çim serme işleminden önce mikoriza persellerine 10 g/m<sup>2</sup> 300 fungus sporu (*Glomus intraradices*), bakteri

parsellerine  $10^8$  bakteri (*Bacillus megaterium*) ve gübre parsellerine  $m^2$ 'ye 5 g N gelecek şekilde 15-10-10 kompoze gübre uygulanmıştır. Kontrol parsellerine hiçbir uygulama yapılmamıştır. Çalışmada mikoriza uygulamanın yapılacağı her bir parsel için 1 paket (10 g, 300 fungus sporu) ve bakteri uygulaması ise rulo çim serilme işleminden bir gün önce 1,5 L'lik saf suya 500 ml bakteri karıştırılarak toprağa uygulanmıştır.

Bölgenin iklim koşulları göz önünde bulundurularak rulo çim serilme işlemi 24 Eylül 2021 tarihinde yapılmıştır. Rulo çim serme işlemi %80 *Festuca arundinacea*, %10 *Lolium perenne*, %10 *Poa pratensis* türlerini içeren hazır kesilmiş rulolar her parsel  $1m^2$  olacak şekilde ön uygulamaların yapıldığı alanlara serilmiştir. Rulo çimlerin toprağa daha iyi tutunabilmesi amacıyla serilme işleminden hemen sonra 1 buçuk saat sulanıp ertesi gün üzerine baskı uygulanmıştır. Sulamada yağmurlama sistemi kullanılmıştır. Yabancı ot mücadelesi de bahar döneminde elle yapılmıştır.

Kök örnekleri 8 cm çaplı silindir çakılması ile rulo çim serilme işleminden sonra 15, 30 ve 45. günlerde alınmıştır. Çimlerin yeniden büyümeye başladığı bahar döneminde ilk 15. gün kök örnekleri 4 Nisan 2022 tarihinde ve devamında 30 ile 45. gün kök örnekleri sırayla tekrar alınmıştır. Alınan kök örnekleri su ile yıkanıp çamurları arındırılmıştır. Çamurdan arındırılmış kök örneklerinin kök uzunluğu, kalınlığı ve ağırlığı ölçülmesi için üst kısımları kesilip yalnızca kök bölgesi kalacak şekilde hazırlanmıştır. Ölçümleri yapılan kökler etüvde  $60^{\circ}C$ 'de 1 hafta boyunca kurutulmuş ve fırından çıkarılan köklerin kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

Çimlerde bitki boyu ve görsel kalite belirlenmesi işlemleri kök örneklerinin alındığı tarihlerde yapılmıştır. Görsel kalitenin belirlenmesinde kısmi yeşil alan kaplılık indeksi (FGCC), normalize edilmiş vejetasyon indeksi (NDVI) ve koyu yeşil renk indeksi (DGCI) değerleri kullanılmıştır.

### 3.2.1. İncelenen özellikler

#### Agronomik özellikler

**Bitki boyu:** Parsellerde tesadüfen seçilen 3 bitkinin dipten uç kısmına kadar boy uzunluğu ölçülmüş ve sonuçlar cm olarak verilmiştir.

**Kök uzunluğu:** Kökü temsil eden en uzun kök boyuna göre mm'lik bir metre ile uzunluğu alınmıştır.

**Kök kalınlığı:** Kök bölgesinden rastgele seçilen 3 kökün kalınlığı mm'lik hassas bir kumpas ile ölçülüp ortalama değerleri alınmıştır.

**Toplam Kök ağırlığı:** Alınan kök örnekleri 60°C'de bir hafta kurutulduktan sonra ağırlıkları ölçülmüştür.

#### Görsel çim kalitesi

**Kısmi Yeşil Kaplı Alan (FGCC):** Kısmi yeşil kaplılık indeksi mobil bir uygulama olan Canopeo uygulaması yoluyla elde edilmiştir. Matlab programlama dilinde yazılmış olan uygulama kırmızı-yeşil-mavi (RGB) renk değerlerini kullanılarak görüntüdeki tüm pikselleri analiz etmekte ve sınıflandırmaktadır (Richardson vd., 2007; Chen vd., 2010). Piksellerin renk değerlerine göre yapılan sınıflandırma sonucunda da kısmi yeşil ile kaplı alanın oranını vermektedir (Paruelo vd., 2000; Liang vd., 2012). Canopeo uygulaması ile kısmi yeşil kaplı alan indeksleri kök örneklemeleri ile aynı tarihlerde olacak şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla her noktadan ve 1 m yükseklikten fotoğraflar çekilmiş (Jáuregui vd., 2019) ve canopeo yazılımı ile kısmi yeşil kaplı alan indeksleri ölçülmüştür.

$$\text{Canopeo} = R/G < P_1 \text{ ve } B/G < P_2 \text{ ve } 2G-R-B > P_3$$

**Koyu Yeşil Renk İndeksi (DGCI):** Parsellerden cep telefonu ile çekilen görüntüler ImageJ yazılımı ile işlenerek fotoğraflara ait piksellerde öncelikle kırmızı yeşil ve mavi (RGB) değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bu değerler kullanılarak ImageJ yazılımında

Karcher ve Richardson (2003)'un belirttiği yönteme göre HSB (Ton-Özümseme-Parlaklık) değerleri elde edilmiş ve elde edilen tüm değerler aşağıda belirtilen formülde kullanılarak koyu yeşil renk indeksi (DGCI) elde edilmiştir. DGCI, 0 ile +1 arasında bir değer vermekte ve 0 değerinde renk sarı olup +1'e yaklaştıkça koyu yeşile doğru gitmektedir (Rhezali ve Lahlali, 2017).

$$DGCI = (((Hue-60) / 60) + ((1 - Saturation) + (1 - Brightness))) / 3$$

**Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI):** Çim görüntü kalitesi, dijital görüntü, kanopi yansımaları ve görsel derecelendirme yöntemleriyle de belirlenebilmektedir (Lee, 2008). Nitekim bazı araştırmacılar çimin renk özelliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan geleneksel yöntemlerin yoğun zaman ve iş gücü gerektirdiğini ve bu sebeple (Lee vd., 2011; Rhezali ve Rahlali, 2017; Caturegli vd., 2020), yeni geliştirilen dijital görüntü analizi tekniklerinin çimde yeşil renk ile ilişkili olan yaprak azotunu tahmin etmede kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. NDVI FieldScout TCM 500 cihazı ile her parselden tek ölçüm alınmıştır.

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

### 3.3. İstatistiksel Analiz ve Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmadan elde edilen veriler SAS paket programı (SAS Institute, 2011) yardımıyla deneme planına uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Bitki Boyu

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çimin bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, ortalama değerler ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre bitki boyunun zamana bağlı değişimi %1 seviyesinde önemli iken uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Zaman × uygulama interaksyonu da önemsiz olmuştur.

**Çizelge 4.1.** Rulo çim bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	164,94	125,71	0,001**
Uygulama	7	2,74	2,08	0,052 <sup>öd</sup>
Zaman × Uygulama	35	1,07	0,82	0,740 <sup>öd</sup>
Hata	96	1,31		

öd: önemli değil, \*\*:  $p \leq 0,01$

Rulo çimlerin bitki boyu zamana bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. 11 Ekim'de ortalama bitki boyu 6,77 cm iken, 26 Ekim'e kadar hızlı şekilde uzayarak 7,65 cm'ye ulaşmıştır. Bitki boyu kış öncesi son ölçüm olan 9 Kasım tarihinde önemli azalış göstererek 6,48 cm olmuştur. Kış sonrası 4 Nisan tarihinde yapılan ölçümlerde bitki boyunun kış öncesiyle istatistiksel olarak benzer sonuç verdiği kaydedilmiştir. 21 Nisan'da bitki boyu önemli bir artış göstererek 9,97 cm'ye ulaşmıştır. Son ölçüm tarihi olan 10 Mayıs'ta ise 13,33 cm ile en yüksek bitki boyu ölçülmüştür.

**Çizelge 4.2.** Ele alınan rulo çimin bitki boyu ortalamaları.

	Bitki Boyu (cm)						Ortalama
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	
K	6,33	7,50	6,23	7,90	10,30	13,63	8,65
M	6,96	6,76	6,43	8,10	10,20	12,10	8,43
B	5,83	6,73	5,56	8,00	10,06	12,33	8,09
G	7,30	7,73	6,46	7,10	10,83	13,20	8,77
M+B	6,63	7,86	6,23	6,66	9,43	12,96	8,30
M+G	7,20	8,53	6,33	7,56	9,43	14,06	8,85
B+G	6,93	7,16	6,76	6,23	9,53	13,86	8,41
M+B+G	7,00	8,96	7,86	7,76	9,96	14,50	9,34
Ortalama	6,77 <sup>CD</sup>	7,65 <sup>C</sup>	6,48 <sup>D</sup>	7,41 <sup>CD</sup>	9,97 <sup>B</sup>	13,33 <sup>A</sup>	8,60

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G : Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Rulo çimin bitki boyu uygulamalar arasında 6,48 ile 13,33 cm arasında değişim göstermiştir. Ancak uygulamalar arasında bitki boyu bakımından oluşan bu farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çim alanlar sürekli biçim ile boyu kısa tutulan alanlar olduğu için bitki boyu önem taşımaktadır. Zorer vd., (2004) yapmış oldukları çalışmada çim bitkilerinde bitki boyunun azotlu gübre verildiğinde arttığı ancak daha sonraki dönemlerinde büyümenin yavaşladığını ayda bir veya iki ayda bir yapılacak olan gübrelemenin üniform bir büyüme sağlayacağını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada ise gübre uygulamaları (kimyasal ve biyogübre) bitki boyu üzerine belirgin bir etki yapmamıştır. Bu durum muhtemelen rulo harcındaki bitki besin elementlerinin ölçüm dönemleri için yeterli besin elementi sağlamasından kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda da çim serilme işleminden sonraki 11 Ekim (15. gün) ve 26 Ekim tarihinde (30. gün) ölçümünde bitki boyu artarken 9 Kasım'da (45. gün) bitki boyunun kısılması soğuyan havalar yüzünden bitkilerin kış dormansisine girmesinden

kaynaklanması muhtemeldir. Nitekim ilkbaharda ilerleyen zamanla birlikte düzenli artışın olması bu fikri desteklemektedir.

## 4.2. Kök Uzunluğu

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çim kök uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3.'de, ortalama değerler ise Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Buna göre kök uzunluğunun zamana bağlı değişimi %1 seviyesinde önemli iken uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Zaman  $\times$  uygulama interaksyonu da önemsiz olmuştur.

**Çizelge 4.3.** Rulo çim kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	2808,35	111,82	0,001**
Uygulama	7	44,34	1,76	0,103 <sup>öd</sup>
Zaman $\times$ Uygulama	35	23,20	0,92	0,594 <sup>öd</sup>
Hata	96	25,11		

öd: önemli değil, \*\*:  $p \leq 0,01$

Rulo çimlerin kök uzunluğu zamana bağlı olarak önemli şekilde artış göstermiştir. İlk ölçüm tarihi olan 11 Ekim'de ortalama kök uzunluğu 2,5 cm iken 26 Ekim'e kadar hızlı şekilde uzayarak 13,0 cm'ye ulaşmıştır. Kök uzunluğu 9 Kasım tarihine kadar önemli şekilde artış göstererek 19,4 cm'ye ulaşmıştır. Kış sonrası 4 Nisan tarihinde yapılan ölçümlerde kök uzunluğunda kış öncesine göre önemli bir artış olduğu ve 29,1 cm uzunluğa ulaştığı kaydedilmiştir. Bu tarihten sonra yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Ele alınan rulo çimin kök uzunluğu ortalamaları.

	Kök Uzunluğu (cm)						Ortalama
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	
K	2,2	10,0	19,0	28,7	25,7	24,7	18,4
M	2,5	13,6	21,0	26,0	33,7	21,7	19,7
B	2,6	11,7	18,0	26,0	27,7	28,7	19,1
G	2,7	15,3	21,0	30,7	30,7	32,7	22,2
M+B	2,6	12,0	18,0	32,7	24,0	26,7	19,3
M+G	2,8	16,7	20,0	29,3	38,3	27,0	22,4
B+G	2,5	10,7	16,7	32,7	25,7	25,3	18,9
M+B+G	2,5	13,7	21,7	26,7	32,0	32,0	21,4
Ortalama	2,5 <sup>D</sup>	13,0 <sup>C</sup>	19,4 <sup>B</sup>	29,1 <sup>A</sup>	29,7 <sup>A</sup>	27,3 <sup>A</sup>	20,2

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G: Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Rulo çimin kök uzunluğu uygulamalar arasında 18,4 ile 22,4 cm arasında değişim göstermiştir. Ancak uygulamalar arasında kök uzunluğu bakımından oluşan bu farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Kökler bitkinin yetiştiği ortamla bağlanarak su ve besin elementi almak ve bunları toprak üstü organlara taşımak, bazı stres koşullarında bitkinin zarar görmesini engelleyecek hormonal birtakım sinyaller salgılayarak gövdeye göndermek maksadıyla, toprak üstü aksamın bu olumsuz koşullara uyması için gerekli önlemleri almasını sağlamaktadır. Rulo çimde kök uzunluğu çimin alanda hızlı bir şekilde tesis olması açısından oldukça önemlidir. Kök uzunluğu besin maddesinin kritik seviyede olduğu topraklarda bitki besin elementlerinin ve suyun alınmasında oldukça önemlidir (Palta vd., 2010). Canbolat vd., 2006'da yaptığı çalışmada buğdaygil bitkilerinin 15, 30 ve 45. günde kök uzunluğu değişimlerini incelediklerinde zamanla kök uzunluğunda artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Dolayısıyla zamana bağlı bir değişimin olması normaldir. Çalışmamızda da 15'er günlük arayla yapmış olduğumuz ölçümlerdeki artışla benzer sonuç

göstermiştir. Araştırma sonucunda olduğu gibi ilkbaharda kök uzunluğunun önemli derecede artması, çim bitkilerinde kök gelişiminin sonbahar ve kış ayarlarında hızlanmasından kaynaklanmaktadır (Açıkgöz, 1993).

Sürer (2013) mikrobiyal gübrelemenin çim bitkilerinin köklerinde besin elementi alımını artırarak kök bölgesindeki bakteriyel ve fungal kolonizasyonu geliştirip, stres koşullarına karşı toleransı artırdığını ve bu sayede hızlı bir kök gelişimi sağladığını belirtmiştir. Ayrıca Sever Mutlu vd. (2019)' de mikrobiyal gübre uygulamalarının kök büyüme ve gelişimini önemli ölçüde teşvik ettiğini vurgulamışlardır. Nitekim bulgularımıza benzer olarak yapılan çalışmalarda da kontrol parsellerine kıyasla mikrobiyal gübre uygulanması sonucunda kök uzunluğunun zamanla giderek artmakta olduğunu belirtmişlerdir (Kang vd., 2014, Yousfi vd., 2021). Ancak bu çalışmada göreceli olarak ortaya çıkan bu artış istatistiki olarak anlam ifade etmemiştir.

Canlı köklerin oranı ne kadar yüksek olursa bitki kolonizasyonu da o kadar iyi olmaktadır (Elhindi vd., 2018). Çakmakçı (2005)'in belirttiği üzere biyolojik gübre uygulamalarında başarı bitki çeşidi, inokulumun kalitesi, kültür koşulları, sıcaklık, nem, toprak yapısı, aşılama ve uygulama tekniğine bağlı olarak kolonizasyonu etkilemektedir. Uygulamalar arasında herhangi bir farklılığın görülmemesi ise C3 bitkilerinin C4 bitkilerine göre daha yüksek oranda kök kılcalıklarına sahip olmasından dolayı mikrozidan daha az yararlanmış olabileceğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Elhindi vd., 2018).

### **4.3. Kök Kalınlığı**

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çim kök kalınlığına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5.'te, ortalama değerler ise Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Buna göre kök kalınlığı zamana bağlı değişimi %1 seviyesinde önemli iken uygulamalar arasında %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Zaman × uygulama interaksyonu da önemsiz olmuştur.

**Çizelge 4.5.** Rulo çim kök kalınlığına ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	0,14	15,90	0,001**
Uygulama	7	0,02	2,16	0,044*
Zaman × Uygulama	35	0,01	1,26	0,183 <sup>öd</sup>
Hata	96	0,09		

öd: önemli değil, \*:  $p \leq 0,05$ , \*\*:  $p \leq 0,01$

Rulo çimlerin kök kalınlığı zamana bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. İlk ölçüm tarihi olan 11 Ekim’de kök kalınlığı 0,53 mm iken 26 Ekim’de ortalama kök kalınlığının 0,31 mm’ye düştüğü gözlenmiştir. Kök kalınlığı 9 Kasım tarihine kadar hafif ve istatistiksel olarak önemsiz bir artış göstererek 0,35 mm’ye ulaşmıştır. Kış sonrası yapılan 4 Nisan ve 21 Nisan tarihli ölçümlerde kök kalınlığı değerinin kış öncesine benzer şekilde istatistiksel sonuç verdiği ancak son ölçüm tarihi olan 10 Mayıs’ta kök kalınlığının 0,40 mm’ye ulaşarak önemli bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Ele alınan rulo çimin kök kalınlığı ortalamaları.

	Kök Kalınlığı (mm)						Ortalama
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	
K	0,46	0,25	0,29	0,37	0,31	0,33	0,34 <sup>b</sup>
M	0,52	0,3	0,54	0,34	0,34	0,37	0,40 <sup>ab</sup>
B	0,56	0,28	0,29	0,34	0,38	0,39	0,37 <sup>ab</sup>
G	0,55	0,29	0,29	0,33	0,38	0,37	0,37 <sup>ab</sup>
M+B	0,6	0,35	0,31	0,4	0,34	0,47	0,41 <sup>ab</sup>
M+G	0,46	0,33	0,36	0,39	0,35	0,46	0,39 <sup>ab</sup>
B+G	0,76	0,32	0,39	0,41	0,37	0,4	0,44 <sup>a</sup>
M+B+G	0,35	0,33	0,36	0,4	0,32	0,37	0,36 <sup>ab</sup>
Ortalama	0,53 <sup>A</sup>	0,31 <sup>C</sup>	0,35 <sup>BC</sup>	0,37 <sup>BC</sup>	0,35 <sup>BC</sup>	0,40 <sup>B</sup>	0,38

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G: Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Rulo çimlerin kök kalınlığı uygulamalar arasında da önemli değişim göstermiştir. Uygulamalar arasında en düşük kök kalınlığı 0,34 mm ile kontrol parsellerinde ölçülürken, en yüksek kök genişliğinin ise 0,44 mm ile bakteri + gübre uygulanan parsellerde olduğu belirlenmiştir. Diğer uygulamalar arasında yapılan ölçümlerde ise istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çim bitkilerinde yaya trafiği, spor sahaları ve park bahçelerde en sık görülen stres faktörlerinden biridir. Aşınma ve sıkışma sonucunda kökler havasız kalmakta ve oldukça zarar görmektedir (Głab ve Szewczyk, 2015). Mikrobiyal gübreleme ile kök morfolojisinde meydana gelecek bazı değişimlerle zararlanma en aza indirebilmektedir (Dauber vd., 2008). Mikrobiyal gübreleme ile köklerden toprağa uzanan hifler tarafından emilen inorganik besinler karşılığında mantar ortak yaşamına organik besinler sağlar. Böylece bitki için besin Emilimi ile yüzey alanı büyük ölçüde artmaktadır (Hetrick, 1991). Mikrobiyal gübre uygulamalarının çim bitkilerinde sürgüne kıyasla kök büyüme ve gelişmesini daha çok teşvik ettiğini tespit etmişlerdir (Sever Mutlu vd., 2019). Çalışmamızda da benzer şekilde özellikle bakteri, gübre, mikoriza-bakteri ve mikoriza-gübre uygulamaları kök kalınlığını artırmıştır. İlk ölçümde rulo üzerindeki eski kökler sonraki ölçümlerde ise yeni gelişen köklerde ölçüm yapıldığından kök kalınlığı ilk ölçümde yüksek çıkmıştır. İkinci ölçümde en düşük kök kalınlığı ölçümlerle birlikte zaman ilerledikçe kök kalınlığının artması bitki gelişmesi ile ilgilidir. Zira bitki geliştikçe kütle artışı beklenen bir durumdur (Bakoęlu ve Koç, 1999).

#### **4.4. Toplam Kök Ağırlığı**

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çim toplam kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7.'de, ortalama değerler ise Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Buna göre kök kuru ağırlığının zamana bağlı değişimi %1 seviyesinde önemli iken uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Zaman × uygulama interaksyonu da önemsiz olmuştur.

**Çizelge 4.7.** Rulo çim toplam kök ağırlığına ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	92128729,35	17,71	0,001**
Uygulama	7	4896636,45	0,94	0,478 <sup>öd</sup>
Zaman × Uygulama	35	3582294,76	0,68	0,893 <sup>öd</sup>
Hata	96	5199514,96		

öd: önemli değil, \*\*:  $p \leq 0,01$

Rulo çimlerin toplam kök ağırlığı zamana bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. 11 Ekim'de ortalama toplam kök ağırlığı  $5005,4 \text{ g/m}^2$  olup 26 Ekim'de ölçülen  $4254,1 \text{ g/m}^2$  ve 9 Kasım'da ölçülen  $5319,1 \text{ g/m}^2$  değerleri ile istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir. Kış sonrası toplam kök ağırlıkları daha yüksek olduğu görülmüştür. 4 Nisan ve 21 Nisan tarihlerinde en yüksek değerler elde edilirken (sırasıyla  $8570,5$  ve  $8953,7 \text{ g/m}^2$ ) 10 Mayıs tarihinde toplam kök ağırlığının azalarak  $6540,9 \text{ g/m}^2$ 'ye gerilediği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Ele alınan rulo çimin toplam kök ağırlık ortalamaları.

	Toplam Kök Ağırlığı ( $\text{g/m}^2$ )						Ortalama
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	
K	3908,4	3981,0	5208,3	7849,0	6641,3	5526,7	5519,1
M	4391,7	3446,7	6661,0	10383,3	7271,7	8413,0	6761,2
B	5695,0	4664,3	3874,7	7802,7	11358,7	6568,7	6660,7
G	5053,3	3997,3	5105,7	8293,3	10138,3	9249,0	6972,8
M+B	4823,3	4797,0	4846,7	8439,7	6382,7	6615,0	5984,1
M+G	5375,0	4528,0	6290,0	9401,7	9448,3	7052,7	7015,9
B+G	4978,3	4156,7	4810,3	7557,0	10085,0	6747,7	6389,2
M+B+G	5818,3	4462,0	5756,0	8837,7	10304,0	5527,0	6784,2
Ortalama	5005,4 <sup>D</sup>	4254,1 <sup>D</sup>	5319,1 <sup>CD</sup>	8570,5 <sup>AB</sup>	8953,7 <sup>A</sup>	6962,5 <sup>BC</sup>	6510,9

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G : Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Rulo çimin toplam kök ağırlığı uygulamalar arasında 5519,1 ile 7015,9 g/m<sup>2</sup> arasında değişirken bu farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Bitkilerde gelişme ilerledikçe kütle artışı beklenen bir durumdur (Koç ve Gökkuş, 1994, Gökkuş ve Koç, 1996; Bakoğlu ve Koç, 1999). Nitekim rulo çim serilişinden sonra ve ilkbaharda ortaya çıkan artış bunun bir göstergesidir. Sonbahar sonunda görülen durma ise kışa girişin bir sonucudur. Bitkilerde büyümeyi teşvik eden gübre veya bitki gelişmesini teşvik ediciler besin elementinin yetersiz olduğu ortamlarda kütle artışına sebep olur (Hungria vd., 2016). Bu çalışmada bu yönde bir sonucun ortaya çıkmayı muhtemelen rulo harcının besin elementi yönünden yeterli olmasından kaynaklanmıştır. Rulo harcından alınan materyalin ilerleyen süreçte bitkiler için yeterli olması olası değildir. Dolayısıyla ilerleyen süreçte bitki büyümesini teşvik edicilerin bu konuda pozitif etkiye bulunması muhtemeldir.

#### 4.5. Kısmi Yeşil Kaplı Alan İndeksi (FGCC)

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çimde FGCC değeri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9.'da, ortalama değerler ise Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Buna göre FGCC değerinin zamana bağlı ve uygulamalar arasındaki değişimi %1 seviyesinde önemli iken zaman × uygulama interaksiyonu önemsiz olmuştur.

**Çizelge 4.9.** Rulo çim FGCC'ne ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	9175,39	414,264	0,001**
Uygulama	7	207,13	9,352	0,001**
Zaman × Uygulama	35	25,28	1,142	0,301 <sup>öd</sup>
Hata	96	22,14		

öd: önemli değil, \*\*: p≤0,01

Rulo çimin FGCC değeri zamana bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. İlk ölçüm tarihi olan 11 Ekim'de ortalama değer 84,04 iken sonrasında düşüşe geçerek 26

Ekim’de 71,76 ve 9 Kasım’da ise 61,63 olarak ölçülmüştür. İlkbahardaki ilk ölçüm tarihi olan 4 Nisan’da FGCC değeri 30,61 olarak ölçülmüş ve kış öncesine göre önemli derecede düşük olduğu görülmüştür. Sonrasında artışa geçerek 21 Nisan’da 67,67 ve 10 Mayıs’ta 82,98 olarak ölçülmüştür.

Rulo çimin FGCC değeri uygulamalar arasında 61,37 ile 70,70 arasında değişmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek FGCC değerleri 70,70 ile mikoriza + bakteri + gübre ve 70,33 değeri ile mikoriza + gübre uygulanan parsellerde ölçülmüştür. En düşük değer ise 61,37 ile mikoriza + bakteri uygulanan parsellerde tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Ele alınan rulo çimin FGCC ortalamaları.

	FGCC						Ortalama
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	
K	83,43	68,64	53,96	28,88	73,76	84,76	65,57 <sup>ABC</sup>
M	83,92	70,35	59,69	30,01	64,64	82,46	65,18 <sup>BCD</sup>
B	82,26	64,38	55,1	31,16	62,62	79,81	62,56 <sup>CD</sup>
G	85,73	74,77	67,13	31,45	68,28	84,35	68,62 <sup>AB</sup>
M+B	80,64	65,74	56,30	25,58	62,78	77,19	61,37 <sup>D</sup>
M+G	87,21	82,93	69,64	28,37	69,11	84,70	70,33 <sup>A</sup>
B+G	85,25	73,73	63,32	32,57	67,31	82,10	67,38 <sup>ABC</sup>
M+B+G	83,86	73,50	68,70	36,82	72,85	88,48	70,70 <sup>A</sup>
Ortalama	84,04 <sup>A</sup>	71,76 <sup>B</sup>	61,73 <sup>D</sup>	30,61 <sup>E</sup>	67,67 <sup>C</sup>	82,98 <sup>A</sup>	66,46

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G : Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Bitkide büyümeyi teşvik edici mikrobiyal organizmalar besin elementi sağlamanın yanı sıra bitkilerde hormonal yapıya da etki etmektedirler (Altunlu vd., 2019). Bu çalışmada M+B+G ve M+G uygulamalarında FGCC değerinin daha yüksek olması, yapılan uygulamaların daha koyu bir renk oluşturmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim çim türlerinde besin elementi bakımından daha uygun koşullar altında yeşil rengin koyulaştığı bilinmektedir (Tamkoç vd., 2012; Türk ve Sözüren, 2017). Sonbaharda FGCC

değerlerinin azalış göstermesi kış dormansisine geçişte ortaya çıkan renk kaybı (sararma) ile ilkbahardaki artışın ise kütle artışına bağlı olarak ortaya çıkan kaplama artışı ile açıklanması mümkündür. Zira renk yoğunluğu arttıkça FGCC değerlerinin yükselmesi de beklenen bir durumdur (Reed vd., 2021).

#### 4.6. Koyu Yeşil Alan İndeksi (DGCI)

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çimde DGCI değeri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11.'de, ortalama değerler ise Çizelge 4.12.'de verilmiştir. Buna göre DGCI zamana bağlı değişimi %1 seviyesinde önemli iken uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Zaman × uygulama interaksyonu ise %1 seviyesinde önemli olmuştur.

**Çizelge 4.11.** Rulo çim DGCI'ne ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	0,58	206,96	0,001**
Uygulama	7	0,004	1,45	0,193 <sup>öd</sup>
Zaman × Uygulama	35	0,006	1,97	0,005**
Hata	96	0,003		

öd: önemli değil, \*\*:  $p \leq 0,01$

Rulo çimde ölçülen DGCI değerleri zamana bağlı olarak 0,31 ile 0,75 arasında değişim göstermiş ve bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Kış öncesi ölçümler arasında DGCI değerleri bakımından önemli bir farklılık görülmezken kış sonrasındaki ilk ölçüm zamanı olan 4 Nisan'da değer önemli şekilde düşük olduğu (0,31) tespit edilmiştir. Daha sonra hızla artışa geçerek 21 Nisan tarihinde 0,75'e yükselmiş, son ölçüm tarihi olan 10 Mayıs'a kadar da hafif ancak önemli bir düşüş sergileyerek 0,68 olmuştur.

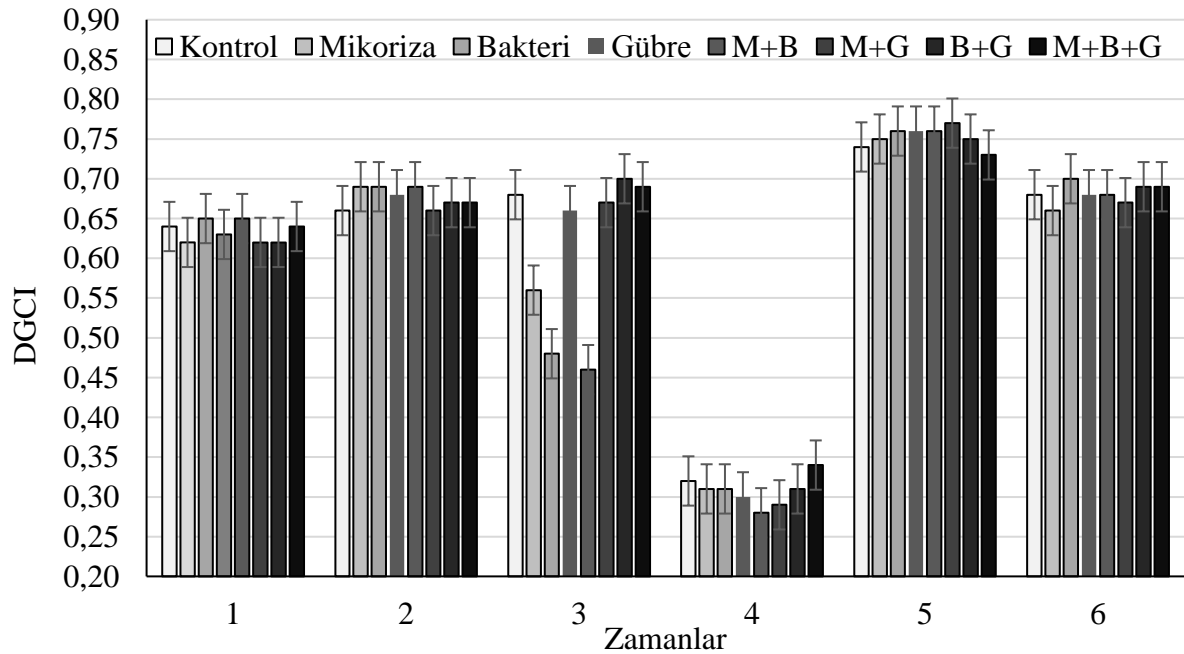
**Çizelge 4.12.** Ele alınan rulo çimin DGCI ortalamaları.

	DGCI						
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	Ortalama
K	0,64	0,66	0,68	0,32	0,74	0,68	0,62
M	0,62	0,69	0,56	0,31	0,75	0,66	0,60
B	0,65	0,69	0,48	0,31	0,76	0,70	0,60
G	0,63	0,68	0,66	0,30	0,76	0,68	0,62
M+B	0,65	0,69	0,46	0,28	0,76	0,68	0,59
M+G	0,62	0,66	0,67	0,29	0,77	0,67	0,61
B+G	0,62	0,67	0,7	0,31	0,75	0,69	0,62
M+B+G	0,64	0,67	0,69	0,34	0,73	0,69	0,63
Ortalama	0,63 <sup>CD</sup>	0,68 <sup>BC</sup>	0,61 <sup>D</sup>	0,31 <sup>E</sup>	0,75 <sup>A</sup>	0,68 <sup>B</sup>	0,61

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G : Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Uygulamalar rulo çimin DGCI değerinde 0,59 ile 0,63 arasında bir değişime sebep olmuş ancak bu fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



**Şekil 4.1.** Rulo çim DGCI değerlerinin zamanlara göre değişimi (hata çubukları standart hatayı göstermektedir)

Rulo çimin DGCI değeri 1. ve 2. ölçümlerde tüm uygulamalar arasında benzer değişim sergilemiştir. Ancak 3. ölçüm zamanında mikoriza, bakteri ve mikoriza + bakteri uygulamalarının DGCI değerinde önemli bir düşüş meydana getirdiği görülmüştür. Kış sonrasında tüm uygulamalar için DGCI değeri önemli şekilde düşüş gösterirken mikoriza + bakteri uygulamasının diğer uygulamalara göre daha düşük seviyede kaldığı görülmüştür. Diğer yandan M + B + G uygulaması ise kış sonrası ölçümlerde daha yüksek DGCI değeri vermiştir. Sonraki ölçümlerde ise tüm uygulamalara ait değerler yeniden yükselişe geçerek 0,65 üzerinde seyretmiştir (Şekil 4.1.).

Çim alanlarda görsel kaliteyi en çok etkileyen özelliklerinden olan renk koyu yeşile yaklaştıkça çimin kalitesi de artmaktadır (Kır vd., 2018; Salman vd., 2019). Bu amaçla özellikle gelişmiş ülkelerdeki golf sahalarında DGCI kullanılarak yapılan renk değerlendirmesi maliyeti en aza indirgeyerek kolay bir şekilde zamansal ve bölgesel gübreleme programlarının oluşturulmasına olanak sağlanmaktadır (Caturegli vd., 2020). DGCI bakımından değerlendirme 0 ile +1 arasında yapılmakta ve teorik olarak en kaliteli renk değeri +1 değerinde elde edilmektedir (Rhezali ve Rahlali, 2017). Karcher ve Richardson (2003) tarafından yapılan bir çalışmada çimde elde edilen 0,54 DGCI değeri yüksek renk kalitesi olarak ifade edilmiştir. Bu bakımdan çalışmada kış sonrası ilk ölçüm (4 Nisan – 0,31 DGCI) hariç tüm ölçüm zamanlarında ve uygulamalar arasında DGCI bakımından çimin yüksek renk kalitesinde olduğunu ifade etmek mümkündür.

#### **4.7. Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI)**

Bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizma ve azotlu gübre uygulamalarının rulo çimde NDVI üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13.'de ortalama değerler ise Çizelge 4.14.'te verilmiştir. Buna göre NDVI değerinin zamana bağlı ve uygulamalar arasındaki değişimi %1 seviyesinde önemli iken zaman × uygulama interaksyonu önemsiz olmuştur.

**Çizelge 4.13.** Rulo çim NDVI'ne ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Seviyesi
Zaman	5	0,35	204,82	0,001**
Uygulama	7	0,01	6,39	0,001**
Zaman × Uygulama	35	0,002	1,21	0,230 <sup>öd</sup>
Hata	96	0,002		

öd: önemli değil, \*\*:  $p \leq 0,01$

Rulo çimin NDVI değeri zamana bağlı olarak 0,43 ile 0,75 arasında ve istatistiksel olarak önemli ( $p \leq 0,01$ ) değişim göstermiştir. NDVI değerinin 11 Ekim'de 0,74, 26 Ekim'de 0,75 ve 9 Kasım tarihinde 0,72 değerleri ile istatistiksel olarak benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Kış sonrası 4 Nisan tarihinde yapılan ölçümlerde NDVI değerinin kış öncesine göre önemli bir şekilde düşük olduğu (0,43) görülürken 21 Nisan'a kadar yeniden artış yaparak bu tarihte 0,67 değerine ulaşmıştır. Son ölçüm olan 10 Mayıs tarihinde ise 0,71 olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 4.14.** Ele alınan rulo çimin NDVI ortalamaları.

	NDVI						Ortalama
	11.10	26.10	09.11	04.04	21.04	10.05	
K	0,75	0,74	0,70	0,45	0,70	0,73	0,68 <sup>AB</sup>
M	0,75	0,74	0,73	0,44	0,68	0,70	0,68 <sup>AB</sup>
B	0,69	0,73	0,67	0,39	0,61	0,71	0,64 <sup>BC</sup>
G	0,73	0,76	0,72	0,43	0,66	0,74	0,67 <sup>ABC</sup>
M+B	0,72	0,70	0,66	0,38	0,61	0,71	0,63 <sup>C</sup>
M+G	0,77	0,80	0,78	0,44	0,66	0,66	0,69 <sup>A</sup>
B+G	0,75	0,79	0,78	0,43	0,68	0,67	0,69 <sup>A</sup>
M+B+G	0,74	0,77	0,75	0,47	0,72	0,73	0,70 <sup>A</sup>
Ortalama	0,74 <sup>AB</sup>	0,75 <sup>A</sup>	0,72 <sup>AB</sup>	0,43 <sup>D</sup>	0,67 <sup>C</sup>	0,71 <sup>B</sup>	0,67

\*\* : Farklı harf ile işaretlenen ortalamalar arasındaki fark %1 düzeyinde önemlidir.

K: Kontrol M: Mikoriza, B: Bakteri, G: Gübre, M+B: Mikoriza+Bakteri, M+G : Mikoriza+Gübre, B+G: Bakteri+Gübre, M+B+G: Mikoriza+Bakteri+Gübre

Rulo çim NDVI değeri uygulamalar arasında 0,63 ile 0,70 arasında değişim sergilemiştir. Bu farklılık istatistiki açıdan önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur. Kontrol parsellerinde ölçülen NDVI değerine (0,68) göre mikoriza + bakteri uygulanan çimin NDVI değeri (0,63) daha düşük kalırken, diğer uygulamalar arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.10).

Çim alanlar estetik yönden göze hitap eden alanlardır ve estetik görünümün en önemli unsurlarından biri de renktir. Çim bitkilerin azotlu gübreleme zamanını belirlemek için renk önemli bir belirteçtir (Heckman vd., 2000). NDVI değeri, -1 ile +1 arasında değişen bitki gelişimi ve sağlığının değerlendirilmesinde kullanılan 0 ile +1 aralığında değişen değerlerdir (Xue ve Su, 2017). NDVI değerinin sıfıra doğru azalması bitki açısından sağlığının bozulduğunu, +1 değerine doğru artması ise bitki sağlığının iyi durumda olduğu göstermektedir. Serin mevsim çim bitkilerinde N gübrelemesi genel olarak artan sonbahar rengi muhafazası ve daha erken ilkbahar yeşillenmesi sağlamaktadır (Wehner vd.,1988, Guillard vd., 2021). Çalışmamızda en düşük (0,43) NDVI değeri Nisan ayındaki değerdir. Nisan ayındaki NDVI değeri sonbahardaki gübrelemenin ilkbahardaki yeşil renk üzerine etkisini belirtmektedir (Bell vd., 2013). Çalışmamızda mikoriza+gübre uygulaması en düşük (0,63) NDVI değerini verirken, kontrole göre (0,68) diğer uygulamalar arasında önemli bir fark görülmemektedir. Çalışmamıza benzer şekilde Zere Taşkın ve Bilgili (2020)' de yapmış oldukları çalışmada mikrobiyal gübrenin kendi başına kullanıldığında çim bitkilerinin renk ve kalitesi üzerine olumlu bir etkide bulunmadığını ancak azotlu gübre ile kullanıldığında çim renk ve kalitesini artırdığını belirtmişlerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eskişehir iklim koşullarında yürütülen bu çalışmada rulo çimde ele alınan özelliklerin bitki boyu, kök uzunluğu, kök kalınlığı, toplam kök ağırlığı, FGCC, DGCI ve NDVI değerleri üzerinde durulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Ortalama bitki boyu 11 Ekim'de 6,77 cm iken 26 Ekim'e kadar hızlı şekilde uzayarak 7,65 cm'ye ulaşmıştır. 21 Nisan'da bitki boyu önemli bir artış göstererek 9,97 cm'ye ulaşmıştır. Son ölçüm tarihi olan 10 Mayıs'ta ise 13,33 cm ile en yüksek bitki boyu ölçülmüştür.

Rulo çimlerin kök uzunluğu zamana bağlı olarak önemli şekilde artış göstermiş olup, en düşük kök uzunluğu 11 Ekim'de 2,5 cm iken kış sonrası 4 Nisan tarihinde yapılan ölçümlerde kök uzunluğunda kış öncesine göre önemli bir artış olduğu ve 29,1 cm uzunluğa ulaştığı kaydedilmiştir.

Rulo çimlerin zamana bağlı olarak kök kalınlığı değeri en yüksek 11 Ekim tarihinde 0,53 mm iken en düşük kök kalınlığı değerinin 26 Ekim'de 0,31 mm olarak değişim göstermiştir. Uygulamalar arasında en düşük kök genişliği 0,34 mm ile kontrol parsellerinde ölçülürken, en yüksek kök kalınlığının ise 0,44 mm ile bakteri + gübre uygulanan parsellerde olduğu belirlenmiştir.

Rulo çimlerin toplam kök ağırlığı zamana bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. En düşük ortalama kök kuru ağırlığı 4254,1 g/m<sup>2</sup> iken en yüksek 21 Nisan tarihinde 8953,7 g/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Rulo çimin toplam kök ağırlığı uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

FGCC değeri zamana bağlı olarak önemli değişim göstermiş olup, ilk ölçüm tarihi olan 11 Ekim'de ortalama FGCC değeri 84,04 iken sonrasında düşüğe geçmiştir, 21 Nisan'dan itibaren artış gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek FGCC değerleri 70,70 ile mikoriza + bakteri + gübre ve 70,33 değeri ile mikoriza + gübre uygulanan parsellerde

ölçülmüştür. En düşük değer ise 61,37 ile mikoriza + bakteri uygulanan parsellerde tespit edilmiştir.

Rulo çimde ölçülen DGCI değerleri kış öncesi ölçümler arasında önemli bir farklılık görülmezken kış sonrasındaki ilk ölçüm zamanı olan 4 Nisan'da değer önemli şekilde düşük olduğu (0,31) tespit edilmiştir. Daha sonra hızla artışa geçerek en yüksek değer alan 21 Nisan tarihinde 0,75'e yükselmiştir.

Kış sonrası 4 Nisan tarihinde yapılan ölçümlerde NDVI değerinin kış öncesine göre önemli bir şekilde düşük olduğu (0,43) görülürken 21 Nisan'a kadar yeniden artış yaparak bu tarihte 0,67 değerine ulaşmıştır. Son ölçüm olan 10 Mayıs tarihinde ise 0,71 olarak ölçülmüştür. Rulo çim NDVI değeri uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Kontrol parsellerinde ölçülen NDVI değerine (0,68) göre mikoriza + bakteri uygulanan çimin NDVI değeri (0,63) daha düşük kalırken, diğer uygulamalar arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çalışmadan elde ettiğimiz sonuca göre mikrobiyal gübrelerin azotlu gübreleme programlarının yerine tam anlamıyla geçemeyeceğini ancak birlikte kullanımının, çim bitkilerinde sürgüne kıyasla kök büyüme ve gelişmesini daha çok teşvik edeceği tespit edilmiştir. Yine mikrobiyal gübrenin kendi başına kullanıldığında çim bitkilerinin renk ve kalitesi üzerine olumlu bir etkide bulunmadığını ancak azotlu gübre ile kullanıldığında çim renk ve kalitesini artırdığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte sonuçların güvenilirliği açısından örneklemenin yıl boyu ve yıl tekrarlı yapılmasında fayda vardır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acikgoz, E., Bilgili, U., Sahin, F., Guillard, K., 2016, Effect of plant growth-promoting Bacillus sp. on color and clipping yield of three turfgrass species, *Journal of Plant Nutrition*, 39(10), 1404–1411. doi:10.1080/01904167.2016.1143501
- Açıkgöz, E. 1993. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bursa, 5-8.
- Açıkgöz, E., Oral, N., 2015, Çim Alanlar, Ezgi Kitabevi Yayınları, Bursa, 108 s.
- Ahemad, M., Khan, M.S., 2011, Functional aspects of plant growth promoting rhizobacteria: recent advancements, *Insight Microbiology*, 1(3), 39-54.
- Allen, F.M., 1991, *The Ecology of Mycorrhizae*, Cambridge University Press. New York, 184 p.
- Alori, E. T., Glick, B. R., Babalola, O. O., 2017, Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture, *Frontiers in Microbiology*, 8, 971. doi: 10.3389/fmicb.2017.00971
- Altunlu, H., Demiral, O., Dursun, O., Sönmez, M., Ergün, K., 2019, Mikrobiyal gübre uygulamasının tatlı mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (1), 32-39. DOI: 10.17097/ataunizfd.42403.
- Avan, M., Kotan, R., 2021, Fungusların mikrobiyal gübre veya biyopestisit olarak tarımda kullanılması, *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(1), 167-191.
- Avcıoğlu, R., 1997, Çim Tekniği, Yeşil Alanların Ekimi, Dikimi ve Bakımı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bornova-İzmir, 270 s.
- Babalola, O.O., Glick B.R., 2012, The use of microbial inoculants in African agriculture: current practice and future prospects. *J Food Agric Environ* 10,540–549.
- Bakoğlu, A., ve Koç, A., 1999, "Dominant mera bitkilerinin biomas ve kimyasal kompozisyonlarının büyüme dönemindeki değişimi I. biomas ile kök/sap, sap, yaprak, çiçek oranlarının değişimi", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 487-494.
- Bell, G.E., Kruse, J.K., Krum, J.M., 2013, The evolution of spectral sensing and advances in precision turfgrass management, In J. C.Stier, B.P.Horgan,&S.A.Bonos(Eds.), *Turfgrass: Biology,use,and management* (pp.1151–1188). Madison, WI: ASA, SSSA, & CSSA.<https://doi.org/10.2134/agronmonogr56.c30>

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bremer, D.J., Lee, H., Su, K., Keeley, S.J., 2011, Relationships between normalized difference vegetation index and visual quality in cool-season turfgrass: II. Factors affecting NDVI and its component reflectances, *Crop Science*, 51(5), 2219-2227.
- Canbolat, M. Y., Bilen, S., Çakmakçı, R., Şahin, F., Aydın, A., 2006, Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and fertility of soils*, 42, 350-357.
- Caturegli, L., Gaetani, M., Volterrani, M., Magni, S., Minelli, A., Baldi, A., Brandani, G., Mancini, M., Lenzi, A., Orlandini, S., Lulli, F., de Bertoldi, C., Dubini, M., Grossi, N., 2020, Normalized difference vegetation index versus dark green color index to estimate nitrogen status on bermudagrass hybrid and tall fescue, *International Journal of Remote Sensing*, 41(2), 455-470.
- Charest, C., Clark, G., Dalpe Y., 1997, The impact of arbuscular mycorrhizae and phosphorus status on growth of two turfgrass species, *Journal of Turfgrass Management*, 2, 1-14.
- Chen, L., Zhang, J., Su, H., Guo, W., 2010, Weed identification method based on probabilistic neural network in the corn seedling field. *Pro-ceedings of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Qingdao, China. 11–14 July 2010. IEEE, New York. doi: 10.1109/ICMLC.2010.5580822
- Çakmakçı, R., 2005, Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı, *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (1), 97-107.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., ve Erdoğan, Ü., 2007, The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts, *Turk J.Agric for* 31, 189-199.
- Dauber, J., Niechoj, R., Baltruschat, H., Wolters, V., 2008, Soil engineering ants increase grass root arbuscular mycorrhizal colonization, *Biology and Fertility of Soils*, 44(5), 791-796.
- Deng, Y., Feng, G., Chen, X., Zou, C., 2017, Arbuscular mycorrhizal fungal colonization is considerable at optimal Olsen-P levels for maximized yields in an intensive wheat-maize cropping system, *Field Crops Research*, 209, 1-9.
- Efe, B., 2010, Çim alanlarda bazı su tutucu polimerlerin kullanılma olanakları, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, (Yayınlanmamış).
- Elhindi, K., Al-Suhaibania, N., El-Hendawya, S., and Al-Manaa, F., 2018, Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of two turfgrasses grown under greenhouse conditions, *Soil Science and Plant Nutrition*, 64, 238–243.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Emmons, R., and Rossi, F., 2014, Turfgrass science and management 5th edition, 126.
- Eraslan, F., İnal, A., Güneş, A., Erdal, İ., Coşkan, A., 2010, Türkiye’de kimyasal gübre üretim ve tüketim durumu, sorunlar, çözüm önerileri ve yenilikler, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara, s 11, 15.
- Erzurumlu, G.S., Kara, E.E., 2019, Mikoriza konusunda Türkiye’de yapılan çalışmalar, Turkish Journal of Scientific Reviews, 7(2), 55–65.
- Gianinazzi, S., Schuepp, H., 1994, Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems, Springe Basel AC, 239 p.
- Głab T., Szewczyk W., 2015, The effect of traffic on turfgrass root morphological features, Scientia Horticulturae, 197:542–554.
- Gouda, S., Kerry, R. G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H. S., Patra, J. K., 2018, Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. Microbiological research, 206, 131-140.
- Gökkuş, A., ve Koç, A., 1996, "Sürülen meralarda bitki örtüsü toprak ilişkisi." Mersin Üniv. Mühendislik Fak. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, 13-15.
- Gözükara, G., Acar, M., Özlü, E., Dengiz, O., Hartemink, A. E., Zhang, Y., 2022, A soil quality index using Vis-NIR and pXRF spectra of a soil profile. CATENA, 211, 105954.
- Grant, C., Bittman, S., Montreal, M., Plenchette, C., Morel, C., 2005, Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development, Canadian Journal of Plant Science, 85(1), 3-14.
- Guillard K, Kopp KL., 2004, Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf, J Environ Qual, 33,1822-1827.
- Guillard, K., Miele, K.M., Sürer, I., Morris, T.F., 2021, Guiding fall fertilization of cool-season turfgrass lawns with NDVI sufficiency index, Crop Science, 61(1), pp.784-803.
- Güneş, A., Turan, M., Şahin, F., Haliloğlu, K., 2009, Organik tarımda biyogübrelerin kullanımı, <https://docplayer.biz.tr/20773345-Organik-tarimda-biyogubrelerin-kullanimi-adem-gunes-1-metin-turan-1-fikretin-sahin-2-kamil-haliloglu-3.html>, erişim tarihi: 11.01.2022.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Heckman J. R., Liu H., Hill W., DeMilla M., Anastasia W. L., 2000, Kentucky bluegrass responses to mowing practices and nitrogen fertility management, *Journal of Sustainable Agriculture* 15(4), 25-33.
- Heinze, J, 2011, Benefits of green space – recent research, April 25, 2011, Environmental Health Research Foundation. Chantilly, VA 20153. <http://www.ehrf.info/wp-content/uploads/2011/09/BenefitsofGreenSpace.pdf> . erişim tarihi: 11.01.2022.
- Hetrick, B.A.D., 1991. Mycorrhizas and root architecture. *Experientia*, 47(4), pp.355-362.
- Hochmuth, G., Nell, T., Sartain, J., Unruh, J.B., Martinez, C., Trenholm L., Cisar, J. 2011, Urban water quality and fertilizer ordinances: avoiding unintended consequences: A Review of the Scientific Literature. University of Florida, IFAS Extension, 283.
- Hungria, M., Nogueira, M. A., Araujo, R. S. 2016,. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 125-131.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M. N., Yakışır, E., Okur, O., 2014, Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları, *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12(2), 1-19.
- Jáuregui, J. M., Delbino, F. G., Bonvini, M. I. B., Berhongaray, G., 2019, Determining yield of forage crops using the Canopeo mobile phone app. *Journal of New Zealand Grasslands*, 41-46.
- Jiang, Z., 2005, Macronutrient concentrations in turfgrass clippings and groundwater as affected by fertilizers, *International Turfgrass Society Research J*, 10, 944-951.
- Kacar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş., 2009, *Bitki Fizyolojisi*, Nobel Yayınevi, Ankara, s.556.
- Kang, S.M., Khan, A.L., Waqas, M., You, Y.H., Kim, J.H., Kim, J.G., Hamayun, M., Lee, I.J., 2014, Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus*, *Journal of Plant Interactions*, 9(1), pp.673-682.
- Karaşahin, M., 2014, Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2(3), 15-21.
- Karcher, D.E., Richardson, M.D., 2003, Quantifying turfgrass color using digital image analysis. *Crop Sci.* 43:943–951. doi:10.2135/cropsci2003.9430

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Keskin, M., Han, Y.J., Dodd, R.B., and Khalilian, A., 2008, Reflectance-based Sensor to predict visual quality ratings of turfgrass plots. *Appl. Eng. Agric.*, 24, 855-860.
- Khan, I.A., Ahmad, S., Mirza, S.N., Nizami, M. Ahtar, M. Shabbir, S.M., 2007, Growth response of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) to phosphorus and mycorrhizal inoculation, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(2), 129- 132.
- Kır, B., Salman, A., Avcıoğlu, R., Özkan, Ş.S., 2018, Bazı yeni çim seçeneklerinin Akdeniz iklim koşullarında kalite özellikleri üzerine bir araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4), 21-30.
- Kloepper, J.W, Gutierrez-Estrada A, McInroy J.A., 2007, Photoperiod regulates elicitation of growth promotion but not induced resistance by plant growth-promoting rhizobacteria, *Can. J. Microbiol.*, 53:159–167.
- Koç, A., ve Gökkuş,A., 1994, "Güzelyurt köyü mera vejetasyonunun botanik kompozisyonu ve toprağı kaplama alanı ile bırakılacak en uygun anız yüksekliğinin belirlenmesi." *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi* 18.6: 498-500.
- Krum, J.M., Carrow, R.N., Karnok, K., 2010, Spatial mapping of complex turfgrass sites: Site-specific management units and protocols, *Crop Science*, 50(1), 301–315.
- Kuşvuran, A., 2012. Rekreasyon alanlarında kullanılan çim örtülerinin çevre, insan sağlığı ve estetik yönden değerlendirilmesi, I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi, 12-5 Nisan 2012, Kemer, Antalya, s 509-523.
- Lee, H., 2008, Estimation of visual and canopy characteristics of turfgrass using spectral reflectance and digital imagery, Thesis of master science, department of horticulture, Forestry and Recreation Resources College of Agriculture Kansas State University Manhattan (unpublished).
- Lee, H., Bremer, D.J., Su, K., Keeley, S.J., 2011, Relationships between NDVI and visual quality in turfgrasses: Effects of mowing height, *Crop Science* 51:323–332.
- Li X, Geng X, Xie R, Fu L, Jiang J, Gao L, Sun J., 2016, The endophytic bacteria isolated from elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) promote plant growth and enhance salt tolerance of Hybrid *Pennisetum*. *Biotechnol Biofuels* 9: 190-213.
- Li, X. L., Marschner, H., George, E., 1991, Acquisition of phosphorus and copper by v-mycorrhizal hyphae and root to shoot transport in white clover, *Plant and Soil* 136, 49-57.
- Liang, L., Schwartz, M.D., Fei, S., 2012, Photographic assessment of temperate forest understory phenology in relation to springtime meteorological drivers, *Int. J. Biometeorol.* 56:343–355. doi:10.1007/s00484-011-0438-1

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Marín, J., Yousfi, S., Mauri, P.V., Parra, L., Lloret, J., and Masaguer, A., 2020, RGB vegetation indices, NDVI, and biomass as indicators to evaluate C3 and C4 turfgrass under different water conditions, *Sustainability*, 12, 2160; doi:10.3390/su12062160www.mdpi.com/journal/sustainability.
- Marschner, P., 2012, Mineral nutrition of higher plants, 3<sup>rd</sup> Ed. Academic Press, London, 672 p.
- Mathew, S., 2021, Role of turfgrass in urban landscapes, *Journal of Plant Development Sciences*, 13, 247-255.
- McCarty, L.B., 2018, *Golf Turf Management*, Taylor & Francis, New York, 760 p.
- Meier, I.C., Tückmantel, T., Heitkötter, J., Müller, K., Preusser, S., Wrobel, T.J., Kandeler, E., Marschner, B., Leuschner, C., 2020, Root exudation of mature beech forests across a nutrient availability gradient: the role of root morphology and fungal activity, *New Phytologist*, 226, 583-594.
- Murphy, J. A., and Scott Ebdon, J., 2013, Study and management of turfgrass traffic stress, *Turfgrass: Biology, use, and management*, 56, 1029-1074.
- Nikbakht, A., Pessaraki, M., Daneshvar-Hakimi-Maibodi, N., Kafi, M., 2014, Perennial ryegrass growth responses to mycorrhizal infection and humic acid treatments, *Agronomy Journal*, 106, 585-595.
- Okur, N., 2014, Bitki gelişimini hızlandıran rizobakterlerin (PGPR) mikrobiyal gübre olarak etki şekilleri. mikrobiyal gübre çalıştayı, *Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkezi*, 23-24 Ekim, Kastamonu, 49-56.
- Oral, N., Acikgoz, E., 2001. Effects of nitrogen application timing on growth and quality of a turfgrass mixture, *Journal of Plant Nutrition*, 24, 101–109.
- Ortaş, İ., 2012, Do maize and pepper plants depend on mycorrhizae in terms of phosphorus and zinc uptake, *J. Plant Nutrition*, 35, 1639-1656.
- Özad, E., 2010, *Organik Atıklardan Rulo Çim Yetiştirme Ortamının Hazırlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış).
- Özmen, A., 2014, *Tritikale (Triticale) Bitkisinin Gelişimine Farklı Mikorizal İnokulasyon Etkisinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış).
- Öztürk, A., Çağlar, Ö., Şahin, F., 2013, Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization, *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 166, 262-266.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö. ve Şensoy, H., 2010, Arbüsküler mikorizal funguslar (AMF), bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12, 87-98.
- Paruelo, J.M., Lauenroth, W.K., Roset, P.A., 2000, Technical note: Estimating aboveground plant biomass using a photo-graphic technique. *J. Range Manage.* 53:190–193. doi:10.2307/4003281
- Patrignani, A., Ochsner, T.E., 2015, Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy journal*, 107(6), pp.2312-2320.
- Paulino-Paulino, J., Harmsen, E. W., Sotomayor-Ramírez, D., Rivera, L.E., 2008, Nitrate leaching under different levels of irrigation for three turfgrasses in southern Puerto Rico, *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 92, 135-152.
- Pelletier, S., Dionne, J., 2004, Inoculation rate of arbuscular-mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and *Glomus etunicatum* affects establishment of landscape turf with no irrigation or fertilizer inputs, *Crop Sci.*, 44,335-338.
- Petrovic, A.M., 1990, The fate of nitrogenous fertilizers applied to turfgrass, *Journal of Environmental Quality*, 19, 1–14.
- Petrovic, A.M., Zachary, M.E., 2005, The role of turfgrass management in the water quality of urban environments, *International Turfgrass Society, Research Journal*, 10, 59-69.
- Podeszfski, C., Dalpé, Y., Charest, C., 2002, In situ turfgrass establishment: I. responses to arbuscular mycorrhizae and fertilization, *Journal of Sustainable Agriculture*, 20, 57-74.
- Qin, H., Lu, K., Strong, P.J., Xu, Q., Wu, Q., Xu, Z., Xu, J., Wang, H., 2015, Long-term fertilizer application effects on the soil, root arbuscular mycorrhizal fungi and community composition in rotation agriculture, *Applied Soil Ecology*, 89, 35-43.
- Reed, V., Arnall, D.B., Finch, B. and Bigatao Souza, J.L., 2021, Predicting winter wheat grain yield using fractional green canopy cover (FGCC), *International Journal of Agronomy*, 2021, pp.1-8.
- Rhezali, A., Lahlali, R., 2017, Nitrogen (N) mineral nutrition and imaging sensors for determining N status and requirements of maize, *Journal of Imaging*, 3(4): 51: doi:10.3390/jimaging3040051
- Richardson, A.D., Jenkins, J.P., Braswell, B.H., Hollinger, D.Y., Ollinger S.V., Smith M.L., 2007, Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest. *Oecologia* 152:323–334. doi: 10.1007/s00442-006-0657-z.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Rodríguez, H., Fraga, R., 1999, Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, *Biotechnology Advances*, 17, 319–339.
- Russo, A., Felici, C., Toffanin, A., Götz, M., Collados, C., 2005, Effect of *Azospirillum* inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants, *Biol. Fertil. Soils*, 41: 301–309.
- Salman, A., Avcıoğlu, R. 2010. Bazı serin iklim çim bitkilerinin farklı gübre dozlarındaki yeşil alan performansları, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47, 309-319.
- Salman, A., Behcet, K., Avcıoğlu, R., Özkan, S.S., 2019, Investigations on the agronomic and sports field characteristics of some turf alternatives cut at different heights in a Mediterranean Environment, *Turkish Journal of Field Crops*, 24, 178-184.
- SAS Institute, 2011, The SAS system for Windows, Release 9.3. SAS Inst., Cary, NC.
- Sever Mutlu, S., 2019, Mikrobiyal gübre uygulamalarının *Lolium perenne* L. türünün çim performansı üzerine etkileri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32, 147-155.
- Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., Gobi, T.A, 2013, Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus* 2:587 <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>.
- Sincik, M., 2004, Ak Üçgül ile Bazı Buğdaygil Çim Türleri Karışımlarında Farklı Azot Dozlarının Kompozisyon ve Çim Kalite Kriterlerine Etkileri, Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış).
- Smith, S. E., Read, D.J., 2008, *Mycorrhizal Symbiosis*, 3<sup>rd</sup> Edition, Academic Press is an imprint of Elsevier, New York, p.800.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S., 2008, Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri, *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25, 24-34.
- Sürer, İ., 2013, Farklı fungusit ve mikrobiyal gübrelerin İngiliz çimi ve Kamışsı yumak bitkilerinin çim performansları üzerinde etkileri, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sürmen, M., Erdoğan, H., Özeroğlu, A., Kara, E., 2018, Farklı tuz konsantrasyonlarının çim bitkilerinde çimlenme ve erken fide dönemi özellikleri üzerine etkileri, *International Congress on Agriculture and and Forestry Research*, 8-10 April, Marmaris/Türkiye, 636-642.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Şahin, E., Karagöz, K., Çakmakçı, R., Tosun, M., 2010, Azot fiksasyonu ve fosfat çözücü bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşılamaalarının arpa gelişimine etkisi, Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 45-49, 28 Haziran-1 Temmuz 2010, Erzurum, 45-49.
- Torun Çetin S., 2015, Fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri ile domates bitkisinin gelişimi ve besin maddesi alımı üzerine etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış).
- Tamkoç, A., Avcı, M. A., Özköse, A., 2012, Farklı lokasyonlardan toplanan çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) popülasyonlarının aynı çevre şartlarında mevsimsel renk değişimi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2), 1-4.
- Türk, M., Sözüren, K., 2016, Farklı azot dozlarının çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) çeşitlerinin çim alan performansı üzerine etkileri, Ziraat fakültesi dergisi 11.2: 99-107.
- Walker, W. J., Branham, B., 2020, Environmental Impacts of Turfgrass Fertilization, (Ed: J.C. Balogh, W.J. Walker) Golf Course Management & Construction, CRC Press, Boca Raton, p. 105-219.
- Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., Wang, Y., 2018, What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers?, Journal of Cleaner Production, 199, 882-890.
- Wehner, D.J., Haley, J.E., Martin, D.L., 1988, Late fall fertilization of Kentucky Bluegrass, Argonomy Journal, 80: 466- 471.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., Wong, M.H., 2005, Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial, Geoderma, 125,155–166.
- Xue, J. ve Su, B., 2017, Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A review of developments and applications. Journal of Sensors, 17.
- Yolcu, H., Turan, M., Lithourgidis, A., Çakmakçı, R., Koç, A., 2011, Effects of plant growth promoting rhizobacteria and manure on yield and quality characteristics of italian ryegrass under semi arid conditions, Australian Journal of Crop Science, 5(13): 1730-1736.
- Youguo, W., Jixiong, S., Yuansu, W., Yan, L. 2004, Effect of YNEC bio-fertilizer on the overwintering of four turfgrass species, Lanzhou City Water Supply Co., Gansu, China, 21(1):43-46.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Yousfi, S., Marín, J., Parra, L., Lloret J., Mauri, P.V., 2021, A rhizogenic biostimulant effect on soil fertility and roots growth of turfgrass, *Agronomy*, 11, 573. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030573>
- Zere Taşkın, S., Bilgili, U., 2020, Mikrobiyal gübrenin bazı sıcak iklim çim bitkilerinin genel çim performansı üzerine etkileri, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34, 139-158.
- Zorer, Ş., Hosafoglu, İ., 2004, Çim alanlarında uygun azotlu gübre uygulama zamanlarının belirlenmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. Jan 3;14(1):27-34.

