



Mikrobiyal gübre uygulamalarının *Lolium perenne* L. türünün çim performansı üzerine etkileri

The effects of microbial fertilizers on turfgrass performance of *Lolium perenne* L.

Songül SEVER MUTLU¹, Elis SEVER², Sahriye SÖNMEZ³

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07070 Antalya

²Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 07070 Antalya

³Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 07070 Antalya

Sorumlu yazar (Corresponding author): S. Sever Mutlu, e-posta (e-mail): songulmutlu@akdeniz.edu.tr

Yazar(lar) e-posta (Author e-mail): elissever@hotmail.com, ssonmez@akdeniz.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 12 Mart 2019
Düzeltilme tarihi 19 Nisan 2019
Kabul tarihi 26 Nisan 2019

Anahtar Kelimeler:

Çim alanlar
İngiliz çimi
Bacillus megaterium
Pantoea Agglomerans
Pseudomonas fluorescens

ÖZ

Bitki büyüme ve gelişmesini destekleyen mikroorganizmaları içeren mikrobiyal gübreler, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azaltabilmektedir. Mikrobiyal gübrelerin çim bitkilerine etkileri ve sürdürülebilir yeşil alanların yönetiminde kullanımına yönelik çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı; *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* bakterilerini içeren mikrobiyal gübrenin (MG) çim alanlarda konvansiyonel gübrelere alternatif olarak kullanılabilme potansiyelini araştırmaktır. Denemede üç farklı doz MG (100 ml m⁻², 1000 ml m⁻² ve 2000 ml m⁻²) ve konvansiyonel gübreleme programı altında *Lolium perenne* 'Blackcat' çeşidinin alanda tesis olma hızı, çim kalitesi, rengi, yoğunluğu, biçim artıkları verimi, kök ve sürgün ağırlığı herhangi bir gübreleme yapılmayan kontrol uygulaması ile karşılaştırılmıştır. Çalışma 2013-2014 yıllarında Antalya'da tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Konvansiyel gübre uygulamasında net 10 g m⁻² yıl⁻¹ (100 kg N ha⁻¹ yıl⁻¹) dozunda azot uygulaması yapılmıştır. MG ve konvansiyonel gübre uygulamaları tohum ekim zamanı (Ekim), Sonbahar (Kasım) ve ilkbahar (Mart) olmak üzere 3 dönemde uygulanmıştır. MG uygulamalarının tamamı *L. perenne* türünün tesis olma hızını, çim kalite ve rengini, çim indeks değerini, çim yoğunluğunu ve kök sürgün⁻¹ oranını kontrole göre arttırmıştır. Genel olarak MG uygulamaları arttıkça genel çim performansında artış gözlemlenmiştir. MG 2000 ml m⁻² uygulaması azot uygulamasına eşdeğer tesis olma hızı oluşturmuş ve ilkbaharda %23 daha fazla sürgün yoğunluğu ile azot parsellerine üstünlük sağlamıştır. Konvansiyonel N gübreleme uygulamasına göre MG uygulamalarının biçim artıklarını önemli ölçüde azaltırken (dolayısıyla biçim sayısını azaltırken), kabul edilebilir bir çim kalitesi sağladıkları tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar mikrobiyal gübrelerin *L. perenne* türünün sürdürülebilir çim alan yönetiminde önemli bir potansiyele sahip olabileceğini göstermiştir.

ARTICLE INFO

Received 12 March 2019
Received in revised form 19 April 2019
Accepted 26 April 2019

Keywords:

Turf Areas
Perennial ryegrass
Bacillus megaterium
Pantoea agglomerans
Pseudomonas fluorescens

ABSTRACT

Microbial fertilizers having plant growth promoting microorganisms might reduce the need for chemical fertilizers. There is a limited information available regarding the effect of microbial fertilizers on turfgrass species and possibility of their usage in the sustainable management of turf areas. The objective of this study was to study effectiveness of the microbial fertilizer (MF) consisting of *Bacillus megaterium* (KBA-10), *Pantoea agglomerans* RK-124 and *Pseudomonas fluorescens* FDG-13 species on turf areas as an alternative to the conventional fertilizers. Turfgrass establishment rate, quality and color, density, clipping yield, root and shoot dry weight of *Lolium perenne* 'blackcat' fertilized with either 3 different dosage of MF or conventional fertilizer program were compared with untreated control. The study was conducted in Antalya during 2013-2014 and experimental design was randomized complete block with 3 replications. Under conventional fertilizer program net 10 g N m⁻² year⁻¹ (100 kg N ha⁻¹) was applied annually. Fertilizers were applied as three split application; at the seeding (October), fall (November) and spring (March). Microbial fertilizers enhanced turfgrass quality, color, density, grass index and root to shoot ratio compared to untreated control. Turf performance of *L. perenne* enhanced with the increased dosage of MF. Results showed that 2000 ml m⁻² MF application provided turfgrass establishment similar to that of N and was superior to N for having 23% more shoot density. All of the MF dosages provided acceptable quality with less clipping yield compared to that of N application. Results support the important potential of microbial fertilizers as part of sustainable management of *L. perenne*.

1. Giriş

İngiliz çimi olarak bilinen *Lolium perenne* dünyada en yaygın kullanılan serin iklim çim türüdür. Özellikle serin-nemli yazlara sahip bölgelere iyi adapte olmuş *L. perenne* ülkemizde ev bahçelerinden parklara, futbol sahalarından golf sahalarına kadar çok farklı amaçlara hizmet eden yeşil alanların hakim çim türüdür. Sıcak iklim bölgelerinde ise kışın yeşil çim örtüsünü devam ettirmek amacıyla sıcak iklim çim bitkisi ile oluşturulmuş yeşil alanlarda üst ekim amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yoğun kullanılan ve yüksek çim kalitesinin sağlanmasını temel alan yeşil alanlar başta azot olmak üzere kimyasal gübrelerin kullanımını gerektirmektedir. Azot, çim bitkilerinin en yüksek oranda ihtiyaç duyduğu ve gübreleme programında en fazla kullanılan temel besin elementidir (Emmons 2000). Çim bitkilerinin sürgün sıklığını, rengini, sürgün ve kök gelişimini, farklı stres koşullarına dayanımını ve başta basılma ve çiğnenme zararı olmak üzere stres sonrası kendini yenileme yeteneğini etkilemesi nedeniyle gübreleme programlarının anahtar besin elementidir (Beard 1973). Azot uygulamasına oldukça hızlı ve iyi cevap veren *L. Perenne* türünde önerilen yıllık doz ev bahçeleri ve parklar için 50-100 kg N ha⁻¹ iken bu oran yoğun kullanılan futbol sahalarında 250 kg N ha⁻¹'a kadar çıkabilmektedir (Puhalla ve ark. 2010). Sıcak iklim bölgelerinde *L. perenne* çim türü ile üst ekimin yapıldığı spor sahalarında ise kullanılan N oranı yıllık 500 kg N ha⁻¹'a ulaşabilmektedir (Puhalla ve ark. 2010). Bu durum ise sadece maliyet açısından değil, dikkatli uygulanmadığında çevresel açıdan da sorunlara neden olabilmektedir (Flipse ve ark. 1984). Yüksek miktarlarda kullanılan azot zamanlama ve teknik açıdan da yanlış uygulamalarla bir araya geldiğinde yıkanarak yüzey sularına veya yeraltı su kaynaklarına karışmaktadır (Beard 1973; Nektarios ve ark. 2014). Araştırmalar azot uygulaması ardından çim alanlardan sızan nitrat (NO₃⁻) oranının bazı koşullarda (suda çözünen azot formunun tek seferde ve 5 g N m⁻² den daha fazla uygulanması halinde) USEPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) tarafından 10 mg NO₃-N l⁻¹ olarak belirlenen üst sınırı geçerek risk oluşturduğuna dikkat çekmiştir (Miltner ve ark. 1996; Liu ve ark. 1997; Guillard ve Kopp 2004; Paulino-Paulino 2008). Kimyasal gübrelerin yoğun kullanımı bitki- mikroorganizma arasındaki doğal dengeyi ve toprak yapısını da olumsuz yönde etkileyerek biyolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Vessey 2003). Günümüzde gübreler dahil aşırı kimyasal kullanımı önemli bir problem olarak görülmekte ve hükümetler düzeyinde tedbirler alınmaya çalışılmaktadır (EEA 2009; EU 2009). Çevresel etkinin minimum seviye çekilmesi, mevcut kaynakların (su, gübre, enerji) etkin kullanımı ve bakım masraflarının azaltılmasını sağlayacak sürdürülebilir çim alan yönetimine olan ilgi bu bakımdan her geçen gün artmaktadır (Strandberg ve ark. 2012; Aamlid ve ark. 2014).

Mikrobiyal gübreler toprak verimliliğinin ve bitki performansının artırılması ve çevre üzerindeki baskının azaltılması amacıyla sürdürülebilir tarımda kimyasal gübrelere önemli bir alternatif olarak gösterilmektedir (Reddy 2013; Javrekova ve ark. 2015). Biyogübreler olarak da isimlendirilebilen mikrobiyal gübreler, bitki için gerekli olan besin elementlerinin teminini veya biyolojik yolla yarayışlı hale gelmesini sağlayarak, bitkisel hormonları üretirek ve zararlı bazı patojenleri kontrol ederek bitki büyüme ve gelişimine katkıda bulunan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonlarıdır (Li ve Zhang 2008; Parlak ve Güner 2017). Bitki büyümesini teşvik edici bakteriler olarak isimlendirilen bu

mikroorganizmalar tohum, bitki yüzeyi veya toprağa uygulandıktan sonra rizosfer bölgesini sararlar veya bitki dokusuna girerek konukçu bitki üzerinde etkilerini gösterirler (Vessey 2003; Li ve ark. 2016). Faydalı bu bakteriler bitki metabolizmasını direkt etkileyerek çimlenmeyi, büyüme ve gelişmeyi artırmaları sonucu verimde artış sağlayarak bitkiye doğrudan fayda sağlarlar veya hastalıkları önleme ve/veya seyrini azaltabilme yeteneğine ile bitki gelişimine dolaylı fayda sağlarken daha az pestisit kullanımına imkan verirler (Ping ve Boland 2004).

Bacillus megaterium, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* bakterileri üzerinde en çok araştırma yapılan ve tarımda geniş kullanım potansiyeline sahip faydalı mikroorganizmalar arasındadır (Jayaswal ve ark. 1993; Çakmakçı ve ark. 1999; Ryu ve ark. 2004; Li ve Zhang 2008). Ürettikleri farklı asitler ile inorganik fosfatı çözerek bitkiye alınabilirliğini arttıran ve siderofor sentezi yoluyla alınmaz formdaki demiri şelatlayarak demirin bitkiye alınabilmesini sağlayan, farklı stres koşullarına karşı bitkiye dayanıklılık veren, antimikrobiyal metabolitler üreterek kök bölgesindeki patojenik bakterileri baskılayabilen ve bitki büyüme hormonlarını sentezleyebilme özelliği ile bilinen *B. megaterium* ve *P. fluorescens* mikrogübreler içinde önemli yer bulmaktadır (Bloemberg ve Lugtenberg 2001; Castanheira ve ark. 2013; Li ve ark. 2016). Mikrobiyal gübreler içinde yaygın kullanılan bir diğer bakteri *P. agglomerans*'in; ürettiği oksin (IAA), sitokinin, gibberelik asit gibi fito hormonlar ile mısır, arpa, buğday ve pirinç gibi monokot bitkilerde büyümeyi teşvik ettiği ve azot içermeyen ortamda verimi artırdığı kanıtlanmıştır (Zahir ve ark. 2001; Feng ve ark. 2006; Castanheira ve ark. 2013; Li ve ark. 2016). Ayrıca *P. agglomerans* türünün konukçu bitkisinde *Erwinia amylovora*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* gibi patojenlerin sebep olduğu hastalıklara karşı mükemmel koruma sağladığı kanıtlanmıştır (Nunes ve ark. 2002).

Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar belirtilen bu bakterilerin test edildikleri bitkilerde verimi ve kaliteyi arttırdığına işaret ederek tarımsal amaçlı kimyasallarının kullanımının azaltılması ve yetiştirme ortamında biyolojik çeşitliliğinin sürdürülmesinde önemli potansiyellerini ortaya koymaktadır (Klopper ve ark. 1992; Feng ve ark. 2006). Ancak bahsedilen bu araştırmaların neredeyse tamamı başta arpa, buğday, pirinç ve mısır olmak üzere çim bitkileri dışındaki bitki türlerinde yürütülmüştür. Mikrobiyal gübrelerin çim bitkilerinin performansı ve yeşil alanlarda kullanılabilme potansiyeli konusunda yapılan çalışmalar kısıtlı olup sonuçlar uyum içinde değildir (Castanheira ve ark. 2013; Kuo 2015). Açıkgoz ve ark. (2016) *Bacillus subtilis* ve *B. megaterium* uygulamalarının *L. perenne* ve *Festuca arundinaceae* çim türlerinde çim rengi ve biçim artıkları verimi üzerine az oranda da olsa pozitif etki sağladığı için azotlu gübreye olan ihtiyacı azaltabileceğini ve gübreleme programına entegre edilebileceklerini bildirmişlerdir. Kuo (2015) sera koşullarında büyütülen bermuda çiminde (*Cynodon dactylon*) azot bağlayabilen ve fosfor çözebilen bakterileri içeren (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Cyanobacteria*, *Rhizobacteria* ve *pseudomonas*) mikrobiyal gübre uygulamasının konvansiyonel gübre uygulamasına eşdeğer performans gösterdiğini bildirmiştir. Öte yandan Peacock ve Daniel (1992) ise *F. arundinaceae* ve *C. dactylon* çim türlerinde organik gübreye ilave edilen *Bacillus* spp. uygulamasının konvansiyonel azotlu gübrelemeye göre bitki büyüme ve gelişmesini artırmadığını bildirmişlerdir.

Mikrobiyal gübrelerin çim bitkileri üzerindeki etkilerini anlayabilmek, başta azot olmak üzere kimyasal gübrelere olan

ihtiyacı azaltabilmek ve dolayısıyla yeşil alanlarda sürdürülebilir bakım programının geliştirilmesi için elzemdir. Bu çalışmanın amacı üç farklı bakteri türünü içeren mikrobiyal gübrenin *L. perenne* çim türünün arazi koşullarında çim performansı üzerine etkilerini standart (konvansiyonel) gübreleme ile karşılaştırarak çim alanlarda kullanım olanaklarını belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde 2013-2014 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışma her biri 1 m² büyüklüğünde hazırlanan deneme parsellerinde tesadüf blokları deneme deseninde ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Parseller arasında 1 m boşluk bırakılmıştır. Ekim öncesi toprak havalandırılmış, yabancı otlarından arındırılmış, tesviyesi yapılarak ekime hazır hale getirilmiştir. *L. perenne* 'Blackcat' çeşidi tohumları 30 g m⁻² oranında 22 Ekim 2013 tarihinde ekilmiştir. *Bacillus megaterium* KBA-10, *Pantoea agglomerans* RK-124, ve *Pseudomonas fluorescens* FDG-137 bakterilerini içeren mikrobiyal gübre (BM-Mega flu) 3 farklı dozda (100 ml m⁻², 1000 ml m⁻² ve 2000 ml m⁻²) uygulanarak etkileri konvansiyonel azotlu gübre ve gübreleme uygulaması yapılmayan kontrol uygulamaları ile karşılaştırılmıştır. Deneme; 3 farklı doz mikrobiyal gübre uygulaması, konvansiyonel ve kontrol uygulamaları olmak üzere toplam 15 parselde yürütülmüştür. Kullanılan mikrobiyal gübrenin üretici firma tarafından garanti edilen içeriğinin pH'sı 5.7-7.7 ve toplam canlı mikroorganizma sayısı: 2.1x10⁸ cfu ml⁻¹ (colony forming units) dir. Belirlenen her bir doz için mikrobiyal gübre 10 l kloruz su içinde karıştırılarak 1 gün bekletilmiş ve sırt pompası ile 3.3 l m⁻² oranında kalibrasyonu yapılarak ilgili parsellere uygulanmıştır. Konvansiyonel azot uygulamasında, parsellere net 5 g m⁻² azot düşecek şekilde ekimle birlikte 15-15-15 kompoze gübre verilmiştir. Tekrar doz uygulamalarında ekimden 4 hafta (20 Kasım 2013) ve 18 hafta sonra (1 Mart 2014) ise; mikrobiyal gübre parsellerine aynı dozlarda, azot parsellerine ise net 2.5 g m⁻² azot düşecek şekilde amonyum sülfat gübresi verilmiştir. Kontrol olarak oluşturulan çim parsellerine ise herhangi bir gübre uygulaması yapılmamıştır. Serin iklim çim türlerinde konvansiyonel gübreleme programında ev bahçeleri ve parklarda kabul edilebilir çim kalitesini sağlamak üzere Ekim, Kasım ve Mart aylarında (ihtiyaca göre belki Nisan-Mayıs) her bir uygulamada m²'ye net 2.5-5 g azot verilmesi tavsiye edilen standart bir uygulamadır (Emmons 2000; Beard 1973). Ekimin ardından tohumların üzeri 5 mm ince bir torf tabakası ile örtülmüş ve tohum-toprak temasını sağlamak için silindirlenmiştir. Ekim sonrası alandaki mevcut yağmurlama sulama sistemi kullanılarak tohumların çimlenmeleri ve strese girmeden büyüme ve gelişmelerini sürdürmeleri temin edilmiştir. Çimler biçim olgunluğuna geldiklerinden itibaren (ekimden sonra 6. hafta) aktif büyüme dönemleri boyunca biçim artıklarını toplayan üniteye sahip rotary tip çim biçme makinesi (Hasquvarna Lc253S) ile 4 cm yükseklikten düzenli biçilmiştir. Çalışma süresince yabancı otlar el ile alınmış ve parsellere pestisit uygulaması yapılmamıştır. Denemenin yürütüldüğü alanda toprak killi tınlı yapıda (%37 Kum, %34 Kil, %29 Silt), yüksek pH'lı (8.7), tuzsuz (EC=228 µmhos/cm), çok kireçli (%29.7) olup; ayrıca toprak 31 mg kg⁻¹ P (Olsen), 407 mg kg⁻¹ K (Carson 1980), 5150 mg kg⁻¹ Ca, 337 mg kg⁻¹ Mg ve %1.6 organik madde içeriğine sahiptir.

2.1. Alınan gözlem ve ölçümler

Mikrobiyal gübre ve konvansiyonel (azot) uygulamalarının tohum ekiminden itibaren *L. perenne* türünün çim performansı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla tesis olma (alan kaplama) oranı, çim kalitesi ve rengi, çim indeks değeri, klorofil içeriği, çim yoğunluğu, biçim artıkları verimi, kök, sürgün ve toplam biyokütle kuru ağırlıkları belirlenmiş ve alınan yaprak örneklerinin bitki besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Tesis olma hızı, görsel olarak tohum ekiminden sonra çim bitkisi ile kaplı alanın yüzde (%) olarak değerlendirilmesi olup iki haftada bir değerlendirilmiştir. Çim kalitesi 15 günde bir görsel 1-9 kalite puanlama skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu skalada 1= tamamen ölü /sarı çim dokusu ile çok kötü, 6.0= kabul edilebilir minimum çim kalitesini, 9.0= ideal sürgün yoğunluğu doku, yeşil renk ve homojenlik ile mükemmel kaliteyi temsil etmektedir. İki haftada bir alınan genel çim rengi bitkinin genetik renginin değil, parsel renginin bir bütün olarak değerlendirilmesi olup 1-9 renk skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu skalada 1.0 değeri tamamen sararmayı (sarı rengi). 6.0 değeri açık yeşil ve 9.0 değeri koyu yeşil rengi ifade etmektedir. Görsel alınan çim kalitesine ek olarak çim indeks değeri TCM 500 "NDVI" Turf Color Meter ile on beş günde bir her parselden on beş adet okuma yapılarak ölçülmüştür. Belirtilen bu alet okunan alandaki 660 nm ve 840 nm dalga boyundaki ışığı kullanarak normalize edilmiş vejetasyon indeks değerlerini (NDVI) hesaplamakta ve bu değerleri kullanarak 1-9 arasında çim indeks değerlerine dönüştürmektedir. Bu skalada 1= en kötü çim kalitesi olup (ölü/sarı çim örtüsü). 9 değeri en yüksek çim kalitesine eşdeğerdir. Klorofil ölçümleri (göreceli klorofil içeriği değerleri) klorofil metre (FIELDSCOUT CM 1000) kullanılarak sonbaharda iki haftada bir her parselden 15 adet okuma yapılarak alınmıştır. İki haftada bir alınan kalite, renk, çim indeks ve klorofil verileri mevsimlere göre birleştirilerek analiz edilmiştir. Çim yoğunluğu sonbahar (27 Kasım 2013) ve ilkbahar (15 Mayıs 2014) olmak üzere iki defa belirlenmiştir. Bu amaçla her bir parselden tesadüf seçilen 2 noktadan 10 cm çapındaki toprak profil örnekleyici ile örnekler çıkarılmış, içindeki toplam sürgün sayısı belirlenmiş ve ardından yerine geri yerleştirilmiştir. Biçim artıkları verimi ise her bir biçim sonrası (toplam 6 biçim) toplanan biçim artıklarının kağıt zarflara konarak 72°C de 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıklarının tartılması ile belirlenmiştir. Her bir uygulama konusu için deneme süresince elde edilen tüm veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Kök ve sürgün kuru ağırlığı denemenin sonlandırıldığı tarihte belirlenmiştir. Her parselden tesadüf seçilen 2 noktadan 10 cm çapındaki çim profil örnekleme aleti ile çıkarılan çim blokları 2 saat kadar suda bekletildikten sonra basınçlı su ile yıkanarak topraklarından arındırılmıştır. Yıkama işlemi ardından 24 saat suların süzülmesi için beklendikten sonra bitkinin toprak üst kısmı (sürgün kısmı) kök kısmından makasla kesilerek ayrılmış ve zarflara konarak yaş ağırlıkları alındıktan sonra 72°C de 48 saat kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin besin element içeriklerini belirlemek amacıyla; Ekim ve Mart aylarında yapılan gübreleme uygulamalarından 5 hafta sonra yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan yaprak örneklerinin N içeriği modifiye Kjeldahl metoduna göre; diğer bitki besin elementleri (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu) içeriği nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakılarak elde edilen süzükte ICP-OES (Perkin Elmer-Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

Arazi gözlemlerinden alınan tüm veriler PROC (SAS Institute 1999) programı ile varyans analiz yöntemi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar Fisher metoduna göre korunmuş en az önemli fark (LSD) testi ile karşılaştırılmış ve faktörler düzeyinde LSD_(0.05) değerleri hesaplanmıştır.

3.Bulgular ve Tartışma

L. perenne türünün genel çim performansı üzerine MG ve azot gübrelemesi uygulamalarının etkileri Çizelge 1-4 de verilmiştir. Yapılan istatistik analizleri sonucunda tesis olma hızı, kalite, renk, çim indeksi, klorofil içeriği ve biçim artıkları, kök, sürgün ve toplam biyokütle kuru ağırlıkları açısından gübre uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mikrobiyal gübre ve N uygulamasının her ikisinde kontrole göre çimin alanda tesis olma hızını arttırmıştır (Çizelge 1). Büyüme teşvik eden bakterilerin bitki gelişimi üzerine pozitif etkisini gösteren ilk indikatörlerden birisi tohum çimlenme oranı/ çıkışında artış ve bitkinin alanda yerleşebilmesidir (Klopper ve ark. 1986; Parveen ve ark. 2018). MG uygulamalarında doz artışına bağlı olarak çimin tesis olma oranının arttığı ve 2000 ml MG ile N uygulaması arasında ise istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Nitekim tohum ekildikten 4 hafta sonra, kontrol uygulamasında sadece %70 olan çim ile kaplı alan oranı N ve 2000 ml MG uygulamalarında sırasıyla %95 ve %93'e ulaşmıştır. Mikrobiyal gübrerin çimlenmeyi artırıcı etkisi, içerdiği bakterilerin giberellik asit ve sitokin gibi çimlenmeyi kontrol eden bitkisel hormonları üretebilme veya modifiye edebilme yeteneğine bağlanabilir (Butler 2006).

Sonbahar, kış ve ilkbahar dönemsel çim kalite ortalamaları incelendiğinde en yüksek ve en düşük çim kalitesi sırasıyla N ve kontrol uygulamaları ile elde edilmiştir (Çizelge 1). Kontrol parselleri hiçbir dönemde kabul edilebilir bir çim kalitesi olan 6.0 skala değerine ulaşamamıştır. Artan doza bağlı olarak MG'nin çim kalitesini arttırdığı, ancak uygulama dozları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. İlkbahar çim kalite değerleri incelendiğinde ortalama 7.2 skala değeriyle N parselleri en yüksek çim kalitesini sağlarken onu 6.7 ile istatistiksel olarak farklı olmayan 2000 ml MG uygulaması izlemiştir. Aynı dönemde diğer MG uygulamaları ort. 6.4 skala değeriyle kabul edilebilir ve üstü çim kalitesi oluşturarak ortalama 5.5 olan kontrol parsellerini geride bırakmıştır.

Genel çim rengi açısından uygulamalar arasındaki farklar önemli bulunmuş ve beklendiği üzere N parselleri deneme süresince diğer uygulamalara göre daha koyu yeşil çim rengi sağlamıştır (Çizelge 1). Çime yeşil rengini veren klorofilin temel yapıtaşlarından biri olması nedeniyle bitki azot seviyesi ile çim rengi arasında direkt bir ilişki mevcuttur (Beard 1973). Renk çim bitkilerinde azotlu gübreleme zamanını belirlemek için sıklıkla kullanılan bir indikatör olup azot uygulaması sonrası kontrole göre daha koyu yeşil çim rengi diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Ledebøer ve Skogley 1973; Heckman ve ark. 2000; Miltner ve ark. 2004). MG dozları arasında çim rengi açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Sonbahar da tohum ekiminden itibaren alanda tesis olma sürecinde MG uygulamaları ort. 6.0 renk skala değeri ile 7.0 renk skala değeri alan kontrol uygulamasına göre daha açık yeşil dokuda çim rengi göstermiştir. Kışın MG ve kontrol uygulamaları arasında çim rengi açısından önemli bir fark görülmezken ilkbaharda MG dozlarının tamamı kontrole göre daha yüksek renk skala değerleri olarak orta koyu yeşil renkte çim dokusu oluşturmuşlardır. Acikgoz ve ark. (2016) *B.*

megaterium ve *B. subtilis* uygulamalarının *F. arundianaceae* türünde çim rengini kontrole göre arttırırken. *L. perenne* türünde fark oluşturmadığını ancak azot ile birlikte uygulandıklarında istatistiksel olarak artış sağladığını bildirmiştir. Çim indeks değerleri incelendiğinde sonuçların renk verileri ile uyum içinde olduğu ve N parsellerinin ortalama 6.8-6.2 skala değerleri ile incelenen tüm dönemlerde en iyi çim performansını sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 2). Kontrol ve MG uygulamaları sonbahar ve kış döneminde benzer çim indeks değerleri alırken, ilkbaharda MG uygulamaları kontrolden daha yüksek çim indeks değerleri ile daha iyi çim performansı göstermiştir. Relatif klorofil indeks değerleri incelendiğinde; MG ve kontrol arasında önemli bir fark bulunmadığı ve N uygulanmış parsellerin istatistiksel olarak daha yüksek klorofil içerdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Kuo (2015) ise farklı bakterilerden oluşan MG uygulamasının bermuda çiminde klorofil miktarını kontrole göre 3 kat arttırdığını bildirmiştir.

Deneme süresince toplanan biçim artıklarının kuru ağırlık sonuçları incelendiğinde; uygulamalar arasındaki farkların önemli olduğu, en yüksek ve en düşük değerlerin sırasıyla N ve kontrol parsellerinden elde edildiği saptanmıştır (Çizelge 3). Nitekim kontrol parsellerinden biçilen çim miktarı toplamı ort. 41.9 g m⁻² iken. N uygulaması bu miktarı %479 oranında arttırmıştır. MG uygulamaları ise biçilen çim miktarını kontrole göre %93-111 oranında arttırmış ve dozlar arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Azot ve MG gübre uygulamalarının biçim artıkları verimi üzerine etkileri Acikgoz ve ark. (2016)'nın sonuçları ile uyum içindedir. Nitekim araştırmacılar azot (30 g N m⁻² yıl⁻¹) ve MG (*B. megaterium*) uygulamalarının *L. perenne*'de biçim artıkları kuru verimini kontrole göre sırasıyla %764 ve %104 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir. Azotun çim bitkilerinde biçim artıkları verimini bir başka deyişle üretilen sürgün miktarını artırıcı etkisi önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Ledebøer ve Skogley 1973; Heckman ve ark. 2000). Genel olarak kullanılan azot miktarı arttıkça, çim bitkilerinde sürgünlerin büyüme ve gelişme hızı artmaktadır (Beard 1973). Stres sonrası kendini onarma gibi özel bazı durumlar dışında çim bitkilerinde sürgün büyümesini aşırı miktarda teşvik eden ve biçimi (biçim ile kesilecek yaprak miktarını) arttıran gübrelemeler enerji ve işgücünü arttırması nedeniyle arzu edilmemektedir (Heckman ve ark. 2000). Bu nedenle çim gübreleme programında temel amaç; kabul edilebilir genel çim kalitesi sağlanırken biçim artıkları miktarını minimize edebilmektir. Bu çalışmada kullanılan MG uygulamaları konvansiyonel N uygulamasına göre biçim artıklarını önemli ölçüde azaltırken (dolayısıyla biçim sayısını azaltırken) kabul edilebilir çim kalitesini sağlamıştır. Son yıllarda kentsel atık miktarlarının azaltılması ve yeniden değerlendirilmesi kapsamında çim alanlarda 'kes ve biçim artıklarını alana bırak' sloganı çevreci bir uygulama modeli olarak teşvik edilmeye çalışılmaktadır (Van Duyne 1994). Makul ölçülerde üretilen biçim artıklarının toplanmak yerine yüzey üzerine bırakılması ile besin elementlerinin önemli ölçüde geri kazanımı da sağlanmaktadır (Starr and DeReo 1981). Bu yaklaşımda temel şart biçim sonrası kesilen atık miktarının yani sürgün biyomasının fazla olmamasıdır. Nitekim alana bırakılan kalın bir tabaka hem estetik olarak kötü görünümüne neden olmakta hem de alttaki çim örtüsünün fotosentezini düşüreceğinden bitkiye zarar verebilmektedir (Turgeon 1998). Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar; atık miktarını N uygulamasına göre önemli ölçüde baskılayan MG uygulamasının biçim artıklarının alanda bırakılması modeli için uygun bir aday olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 1. Azot ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$), farklı dozlarda ($100, 1000$ ve 2000 ml m^{-2}) mikrobiyal gübre (MG) ve kontrol (0 ml m^{-2} MG ve 0 g N m^{-2}) uygulamalarının *Lolium perenne* türünün alanda tesis olma oranı (tohum ekiminden 4 hafta sonra), dönemsel çim kalitesi ve rengi üzerine etkileri.

Table 1. Effects of nitrogen ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$), microbial fertilizer (MF) at different doses ($100, 1000$ and 2000 ml m^{-2}) and control treatments (0 ml m^{-2} MG and 0 g N m^{-2}) on establishment, turfgrass quality and color of *Lolium perenne* at four weeks after seeding.

Uygulamalar	Genel Çim Kalitesi (1-9 skalası; 9= mükemmel)				Çim Rengi (1-9 skalası; 1= sarı, 9= koyu yeşil)		
	Tesis olma (%)	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Azot	95 a	8.2 a	7.2 a	7.2 a	9.0 a	7.2 a	7.7 a
MG-100	88 b	6.0 b	5.0 b	6.4 b	6.0 c	5.4 b	6.5 b
MG-1000	89 b	6.5 b	5.0 b	6.4 b	6.0 c	5.4 b	6.4 b
MG-2000	93 ab	6.6 b	5.0 b	6.7 ab	5.8 c	5.3 b	6.7 b
Kontrol	70 c	5.0 c	4.5 b	5.5 c	7.0 b	5.4 b	5.9 c
Ort.	87	6.5	5.3	6.4	6.8	5.7	6.6
Önemlilik Derecesi	**	**	***	*	***	***	***

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. *,** ve *** sırasıyla $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 2. Azot ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$), farklı dozlarda ($100, 1000$ ve 2000 ml m^{-2}) mikrobiyal gübre (MG) ve kontrol (0 ml m^{-2} MG ve 0 g N m^{-2}) uygulamalarının *Lolium perenne* türünün çim indeks değeri ve göreceli klorofil içeriği üzerine etkileri.

Table 2. Effects of nitrogen ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$), microbial fertilizer (MF) at different doses ($100, 1000$ and 2000 ml m^{-2}) and control treatments (0 ml m^{-2} MG and 0 g N m^{-2}) on grass index and relative chlorophyll content of *Lolium perenne*.

Uygulamalar	Çim indeks değeri (1-9 sakalası; 6= kabul edilebilir, 9= Mak. kalite)			Klorofil İçeriği	
	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Sonbahar	Kış
Azot	6.8 a	6.6 a	6.2 a	456 a	436 a
MG-100	6.6 b	6.2 b	5.9 b	331 b	270 b
MG-1000	6.5 bc	6.2 b	5.9 b	313 b	257 b
MG-2000	6.5 bc	6.2 b	6.0 b	314 b	256 b
Kontrol	6.4 c	6.0 b	5.7 c	323 b	266 b
Ort.	6.6	6.2	5.9	347	297
Önemlilik Derecesi	***	***	***	**	***

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. *,** ve *** sırasıyla $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 3. Azot ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$), farklı dozlarda ($100, 1000$ ve 2000 ml m^{-2}) mikrobiyal gübre (MG), ve kontrol (0 ml m^{-2} MG ve 0 g N m^{-2}) uygulamalarının *Lolium perenne* türünün biçim artıkları, sürgün yoğunluğu, sürgün, kök ve toplam biyokütle kuru ağırlığı ve kök/sürgün oranı üzerine etkileri.

Table 3. Effects of nitrogen ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$), microbial fertilizer (MF) at different doses ($100, 1000$ and 2000 ml m^{-2}) and control treatments (0 ml m^{-2} MG and 0 g N m^{-2}) on clipping yield, shoot density, dry weights of shoot, root and total biomass and root to shoot ratio of *Lolium perenne*.

Uygulamalar	Sürgün yoğunluğu						
	Biçim Artıkları Kuru Ağırlık		Sonbahar		İlkbahar		
	g m^{-2}	Fark (%)	Adet 100 cm^{-2}	Fark (%)	Adet 100 cm^{-2}	Fark (%)	
Azot	242.4 a	+479	150 b	+1	241 b	25	
MG-100	81.4 b	+94	166 a	13	243 b	26	
MG-1000	80.9 b	+93	160 ab	8	248 b	28	
MG-2000	88.4 b	+111	165 a	11	296 a	53	
Kontrol	41.9 c	---	148 b	--	193 c	--	
Ort.	107.0		157		244		
Önemlilik derecesi	***		*		***		
Uygulamalar	Sürgün kuru ağırlık		Kök kuru ağırlık		Toplam biyokütle		Kök/Sürgün oranı
	$\text{g } 100 \text{ cm}^{-2}$	Fark (%)	$\text{g } 100 \text{ cm}^{-2}$	Fark (%)	$\text{g } 100 \text{ cm}^{-2}$	Fark (%)	
	Azot	4.91 a	69	30.03 a	131.3	34.94 a	
MG-100	3.25 b	11	19.28 c	48.5	22.53 c	42	5.9
MG-1000	3.10 bc	6	20.64 c	59.0	23.74 c	49	6.7
MG-2000	3.02 bc	4	25.58 b	97.0	28.59 b	80	8.5
Kontrol	2.91 c	--	12.98 d	0.0	15.90 d	--	4.5
Ort.	3.44		21.7				
Önemlilik Derecesi	***		***		**		

Belirtilen özellik için kontrol uygulamasına göre % olarak farkı (+ artış veya - azalış) ifade etmektedir. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. *,** ve *** sırasıyla $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4. Azot ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$), farklı dozlarda ($100, 1000 \text{ ve } 2000 \text{ ml m}^{-2}$) mikrobiyal gübre (MG), ve kontrol ($0 \text{ ml m}^{-2} \text{ MG ve } 0 \text{ g N m}^{-2}$) uygulamalarının *Lolium perenne* çiminin Sonbahar (Kasım 2013) ve İlkbaharda (Nisan 2014) yaprak besin elementi içerikleri üzerine etkileri.

Table 4. Effects of nitrogen ($10 \text{ g N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$), microbial fertilizer (MF) at different doses (MF 100, 1000 and 2000 ml m^{-2}) and control treatments ($0 \text{ ml m}^{-2} \text{ MG and } 0 \text{ g N m}^{-2}$) on leaf nutrient content of *Lolium perenne* in fall (November 2013) and Spring (April 2014).

Sonbahar dönemi						
Besin elementleri	Uygulamalar					Önem Derecesi
	AZOT	MG-100	MG-1000	MG-2000	KONTROL	
N (%)	5.95 a	4.18 b	4.13 b	3.98 b	4.28 b	***
P (%)	0.42 a	0.37 a	0.38 a	0.30 b	0.43 a	**
K (%)	3.04 a	2.64 bc	2.55 bc	2.41 c	2.78 ab	*
Ca (%)	0.73 b	0.83 ab	0.76 ab	0.89 a	0.87 a	*
Mg (%)	0.17	0.15	0.15	0.15	0.17	ÖD
Fe (ppm)	696.90 b	810.23 b	945.90 b	1616.63 a	794.13 b	*
Zn (ppm)	51.17 ab	46.07 bc	44.00 c	40.93 c	51.87 a	*
Mn (ppm)	61.27	68.53	70.37	69.83	74.73	ÖD
Cu (ppm)	23.73 a	21.57 ab	17.93 c	19.60 bc	21.90 ab	*
İlkbahar Dönemi						
Besin elementleri	Uygulamalar					Önem Derecesi
	AZOT	MG-100	MG-1000	MG-2000	KONTROL	
N (%)	3.24 a	2.80 b	2.70 b	3.08 ab	2.70 b	*
P (%)	0.22	0.17	0.19	0.19	0.21	ÖD
K (%)	2.09 a	1.39 c	1.57 bc	1.73 b	1.48 c	**
Ca (%)	0.48	0.64	0.64	0.80	1.24	ÖD
Mg (%)	0.12	0.10	0.11	0.11	0.13	ÖD
Fe (ppm)	848.37	925.77	837.27	850.77	1418.30	ÖD
Zn (ppm)	31.44	25.81	26.86	27.49	52.37	ÖD
Mn (ppm)	94.60	91.37	99.47	101.72	132.20	ÖD
Cu (ppm)	4.79	4.52	4.80	4.92	5.94	ÖD

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. *, ** ve *** sırasıyla $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir. ÖD: Karşılaştırılan ortalamalar arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olmadığını ifade etmektedir.

Araştırma sonuçları; mikrobiyal gübre ve azot uygulamalarının, çim yoğunluğu üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Sonbaharda MG uygulamalarının tamamının azot ve kontrol parsellerine göre daha sık çim dokusu oluşturarak çim yoğunluğunu %8 ile %13 oranında arttırdıkları saptanmıştır (Çizelge 3). İlkbaharda ise en yüksek çim yoğunluğu kontrole göre %53 artış sağlayan 2000 ml MG uygulaması ile elde edilmiş ve yoğunluğu kontrole göre %25-28 oranında arttıran diğer MG dozları ile N arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. *L. perenne* gibi çim türleri kardeşlenerek çim yoğunluğunu arttırmaktadırlar ve sitokinin hormonu kardeşlenmeyi teşvik eden temel bitki hormonudur (Langer ve ark. 1973; Ervin ve Zhang 2008; Liu ve ark. 2011). Oksin ise sitokinin biyosentezinden sorumlu genin (OsIPT) ekspresyonunu kontrol etmek suretiyle kardeşlenmeyi etkilemektedir. (Liu ve ark. 2011). Ayrıca sitokinin gibi azotun da bitkide kardeşlenmeyi teşvik ettiği (Liu ve ark. 2011) ve optimum seviyede uygulandığında çim yoğunluğunu arttırdığı bilinmektedir (Heydari ve Balestra 2008). Çalışmamızda kullanılan MG'nin çim yoğunluğunu artırıcı etkisi, içerdiği bakterilerin sitokinin ve oksini üretebilme ve/veya modifiye edebilme yeteneğine ve ayrıca azot bağlayabilme özelliklerine bağlanabilir. Nitekim çalışmada kullandığımız *Bacillus spp.* ve *P. agglomerans* ve *P. fluorescens* bakterilerinin indol asetik asit ve sitokinin hormonlarını sentezleyebildiği bildirilmiştir (Pallai ve ark. 2012; Castanheira ve ark. 2013; Li ve ark. 2016).

Denemenin sonlandırıldığı tarihte ölçülen kök, sürgün ve toplam kuru ağırlık değerleri üzerinde gübre uygulamalarının etkisinin önemli olduğu ve N uygulamasının kontrole göre

sürgün miktarında %69 artış sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Sürgün kuru ağırlığını kontrole göre %4-11 oranında arttıran MG uygulamaları arasındaki farklar ise önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde içinde *B. megaterium* ve *P. fluorescens* ve *Pantoea spp.* türlerinden en az ikisini içeren mikrobiyal gübrelerin; bitki gelişimini teşvik ederek sürgün miktarını mısırda %39, *Pennisetum purpureum* bitkisinde %70'e varan oranlarda arttırdığı bildirilmiştir (El-Enazy ve ark. 2017; Li ve ark. 2016). Sürgün kuru ağırlık sonuçlarına benzer şekilde en yüksek ve en düşük kök kuru ağırlık değerlerinin sırasıyla N ve kontrol parsellerinden elde edildiği ve N uygulamasının kök ağırlığını %131 oranında arttırdığı anlaşılmıştır. Doz artışına paralel olarak kök biyomasını kontrole göre %49-97 oranında arttıran MG dozları arasındaki farkların önemli olduğu tespit edilmiştir. Kök ve sürgün ağırlıkları beraberce değerlendirildiğinde; toplam biyokütle açısından kontrole göre en yüksek artış %120 ile azot uygulamasında bulunmuş ve onu %80 ile 2000 ml MG uygulaması takip etmiştir. Mikrobiyal gübrelerin kullanımı sonucunda kök ve toplam biyokütlede artış *C. dactylon* çiminde de bildirilmiştir (Kuo 2015). Öte yandan Peacock ve Daniel (1992) *F. arundinaceae* ve *C. dactylon* çim türlerinde *Bacillus spp* uygulamasının üre azot kaynağı kullanılarak yapılan konvansiyonel gübrelemeye göre bitki büyüme ve gelişmesini artırmadığını bildirmişlerdir. Bu durum araştırmacıların çalışmalarındaki bakteri ve konukçu bitki uyumsuzluğundan ileri gelmiş olabilir. Nitekim mikrobiyal gübrelerin bitki büyüme ve gelişimi üzerine pozitif etkisi bitki-bakteri türü uyumuna bağlı olduğundan hedef bitkiye uygun bakterilerin tespit edilmesi, izole edilmesi ve uygulanması önemlidir (Baldani ve ark. 1997). Lindberg ve Granhall (1984)

çalışmamızda kullanılan *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinslerinin varlığını *L. perenne* türünün doğal yetişme ortamındaki kök bölgesinden alınan örneklerde de tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Castanheira ve ark. (2013) *L. perenne* ile akraba tür *L. multiflorum* çim türünün doğal yetiştiği ortamda tespit ettikleri faydalı bakteriler içinde *P. Fluorescens*, *P. agglomerans* ve *bacillus* spp. türlerinin olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar MG uygulamalarının, sürgüne kıyasla özellikle kök büyüme ve gelişmesini daha fazla teşvik ettiğine işaret etmektedir. Nitekim kök/sürgün oranlarının 2000 ml MG, Azot ve kontrol uygulamalarında sırasıyla 8.5, 6.1 ve 4.5 olduğu ve MG dozu arttıkça kök/sürgün oranının arttığı tespit edilmiştir. Öte yandan Kuo (2015) ise *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Cyanobacteria* içeren MG uygulamasının *C. dactylon* çiminde kök/sürgün oranını arttırmadığını bildirmiştir. Bu durum iki çalışmada kullanılan bakterilerin ve kullanılan çim türlerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Çalışmamızda MG uygulaması sonucu biyokütle ve özellikle kök gelişiminde sağlanan artışlar kullanılan rizosfer bakterilerinin hem gerekli olan bitki besin elementlerini biyolojik yolla yararışlı hale getirmeleri hem de büyüme ve gelişmeyi teşvik eden fitohormonları sentezleyebilmeleri neticesi kök morfolojisi ve fizyolojisinde yaptıkları değişiklikler ile kök biyomasını ve dolayısıyla besin elementlerinin alınabilirliğini arttırmış olabilmeleri ile açıklanabilir (Qasim ve ark. 2014; Steenhoudt ve Vanderleyden 2000). Nitekim çalışmamızda kullanılan bakterilerin ürettikleri glukonik asit, sitrik asit ve oksalik asit gibi organik asitler ile inorganik fosfatı çözerek P alımını arttırdıkları, N bağlayabildikleri ve böylece verim artışı sağladıkları farklı araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Castanheira ve ark. 2013; Al-Enazy ve ark. 2017; Li ve ark. 2016). Azot ve P yanında demirinde çim bitkilerinde kök gelişimini etkilediği ve azot ile birlikte verilmesinin kök kuru ağırlığını önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Heydari ve Balestra 2008). Çalışmada kullandığımız bakterilerin demirin alınabilirliğini sağlayan siderofor üretiminde oldukça etkin oldukları kanıtlanmıştır (Li ve ark. 2016). Mikrobiyol gübre uygulamaları ile elde ettiğimiz artan kök/sürgün oranı aynı zamanda içeriğindeki *Bacillus spp.* ve *P. agglomerans* bakterilerinin oksin ve sitokin gibi fitohormonları sentezleyebilme yetenekleri ile de açıklanabilir (Castanheira ve ark. 2013; Li ve ark. 2016). Nitekim köklendirme hormonu olarak bilinen oksin, bitkide sitokinin düzeyine bağlı olarak köklenmeyi teşvik etmekte ve kök gelişimini artırmaktadır (Davies 2010; Zhang ve ark. 2017; Taiz ve Zeiger 2010). Benzer şekilde sitokinin uygulamasının çim ve diğer monokot bitkilerde sürgün büyümesini teşvik ettiği, kök biyomasını arttırdığı ve total biyokütleyi arttırdığı bildirilmiştir (Ervin ve Zhang 2008; Liu ve ark. 2002; Butler 2006; Zahir ve ark. 2001).

Bitki besin elementleri analiz sonuçları incelendiğinde; sonbaharda Mg ve Mn hariç diğer makro ve mikro besin elementleri açısından uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4). En yüksek toplam N içeriği %5.95 ile azot uygulamasında tespit edilirken %4.28-3.98 arasında varyasyon gösteren kontrol ve MG uygulamaları arasındaki farklar ise önemli bulunmamıştır. Yaprak P içeriği 2000 ml MG (%0.30) uygulamasında daha düşük bulunurken, diğer uygulamalar (%0.37 -0.43) arasında fark bulunmamıştır. En yüksek K içeriği %3.04 ile azot uygulamasında bulunurken, 2000 ml MG uygulaması hariç diğer MG ve kontrol uygulamaları istatistiksel olarak benzer K içeriği göstermişlerdir. En yüksek Fe içeriği 1616.6 ppm ile 2000 ml MG uygulamasında bulunurken, diğer uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Mikrobiyal

gübre kullanımı sonucu artan Fe içeriğinin *B. megaterium* ve *Pseudomonas* bakterilerinin Li ve ark. (2016) ve Bloemberg ve Lugtenberg (2001) tarafından kanıtlandığı üzere toprakta alınamaz formdaki demiri şelatlamak suretiyle demirin bitkiye alınabilmesini sağlayan sideroforları üretebilme özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde MG uygulaması sonrası yaprak Fe konsantrasyonunda artış diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Singh ve Shah 2013; Singh ve ark. 2017). En düşük yaprak Cu içeriğine sahip uygulamaların 17.9-19.6 ppm ile sırasıyla 1000 ml MG ve 2000 ml MG olduğu ve 23.7-21.6 ppm arasında Cu içeriğine sahip diğer uygulamalar arasındaki farkların ise önemli olmadığı tespit edilmiştir. Al-Enazy ve ark. (2017) Mısır bitkisinde benzer şekilde *B. megaterium* and *P. fluorescens* içeren MG gübre uygulaması sonrası (5 hafta) yaprak Cu içeriğinin kontrole göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Öte yandan araştırmacılar bu çalışmanın aksine mısırdaki MG uygulamasının Fe içeriğini düşürdüğünü bildirmiştir. En yüksek Zn içeriği sırasıyla kontrol ve azot uygulamalarında bulunmuş ve artan MG dozuna bağlı olarak Zn içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu eğilim, ilkbahar dönemi yaprak analiz sonuçlarında da görülmüştür. MG uygulama dozuna bağlı olarak azalan Zn içeriği, çalışmamızda sürgün ve özellikle kök biyokütlesini önemli ölçüde arttıran bakterilerin büyüme teşvik eden oksin üretimi için daha fazla Zn kullanımından ileri gelmiş olabilir. Bilindiği üzere Zn oksinin (IAA) hammaddesi olan triptofan amino asitinin sentezi için gerekli olan mikro besin elementidir (Brown ve ark. 1993; Alloway 2004; Skoog 1940). İlkbahar döneminde N ve K hariç besin elementleri açısından uygulamalar arası farklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 4). Azot ve 2000 ml MG uygulamalarının ilkbaharda ort. %3.1 ile diğer uygulamalardan daha yüksek N içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir. En yüksek K içeriği %2.09 ile azot uygulaması ile elde edilirken, 2000 ml MG uygulaması %1.73 ile onu takip ederek diğer uygulamaları geride bırakmıştır. MG uygulaması sonucu kontrole göre yaprak N ve K oranlarındaki artış Al-Enazy ve ark. (2017) ile uyum içindedir. Özellikle 2000 ml MG uygulamasının kontrolden daha fazla N ve K içermesi, içerdiği bakterilerin N bağlaması ve artan kök yüzey alanı sayesinde daha fazla besin elementlerine ulaşımı ile ilgili olabilir. Nitekim 2000 ml MG kontrole göre kök biyokütlesini önemli ölçüde arttırmıştır.

4. Sonuç

Çalışmada kullanılan MG; *L. perenne* türünün tesis olma hızını, çim kalite ve rengini, çim indeks değerini, çim yoğunluğunu ve kök/sürgün oranını kontrole göre arttırmıştır. Genel olarak MG dozu arttıkça genel çim performansında artış gözlemlenmiştir. Çalışmada en yüksek kalite ve koyu renk konvansiyonel gübre uygulaması ile elde edilmiştir. Yüksek doz MG (2000 ml m⁻²) ise azot uygulamasına eşdeğer hızla alanda tesis olmuş üstelik daha sık çim dokusu oluşturmuştur. Ayrıca yüksek doz MG uygulamasının kabul edilebilir ve üstü bir çim kalitesi sağlarken, biçim artıklarını konvansiyonel azot uygulamasına göre önemli ölçüde baskıladığı ortaya konulmuştur. Bu durum biçim sıklığını azaltacağından dolayı biçim masrafını düşürebilir ve az olan biçim sonrası artıklarının toplanmak yerine alan üzerine bırakılmasına imkan sağlayabilir. Bu sayede, hem besin elementlerinin geri dönüşümü hem de çöpe gidecek atık maddelerin miktarının azaltılması ve biçim masraflarının düşürülmesi ile sürdürülebilir çim alan yönetimi sağlanabilir.

Çalışma, kaliteli ve sürdürülebilir yeşil alan yönetimi için mikrobiyal gübrelerin kimyasal gübrelerin kullanımını azaltabileceği ve/veya onlara alternatif olabileceğine işaret etmektedir. Öte yandan daha yüksek çim kalitesinin beklendiği ve/veya farklı stresler sonrası hızlı bir rejenerasyon yeteneğinin (sürgün gelişiminin) istendiği durumlar için mikrobiyal gübrenin düşük doz azotlu gübreler ile birlikte etkisi araştırılmalıdır. Ayrıca mikrobiyal gübrenin diğer çim türleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasının yerinde olacağı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Aamlid TS, Andersen TE, Kvalbein A, Pettersen T, Jensen AD (2014) Composted garden waste as organic amendment to the USGA-Rootzone and topdressing Sand on Red Fescue (*Festuca rubra*). *Greens* 79(3): 87-96.
- Açıkgöz 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.
- Al-Enazy A, Al-Oud SS, Al-Barakah FN, Usman AR (2017) Role of microbial inoculation and industrial by-product phosphogypsum in growth and nutrient uptake of maize (*zea mays* L.) grown in calcareous soil. *J Sci Food Agric*. 97: 3665-3674.
- Alloway BJ (2004) Zinc in Soils and Crop Nutrition. Publ. of International Zinc association. http://www.iza.com/Documents/Communications/Publications/AL-LOWAY_PRINT.pdf. Accessed 4 October 2010.
- Baldani JJ, Caruso L, Baldani VLD, Goi SR, Döbereiner J (1997) Recent advance in BNF with non-legume plant. *Soil Biol Biochem* 29: 911-922.
- Beard JB (1973) *Turfgrass: Science and Culture*. Prentice-Hall. Inc. NY.
- Bloemberg GV, Lugtenberg BJJ (2001) Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. *Curr. Opin. Plant Biol.* 4: 343-350.
- Butler T (2006) Plant hormones in Turfgrass Management. Pitch care. <https://www.pitchcare.com/news-media/plant-hormones-in-turfgrass-management.html>.
- Brown PH, Cakmak I, Zhang Q (1993) Form and function of zinc in plants. Chap. 7. In A.D. Robson (Ed). *Zinc in Soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 90-106.
- Castanheira N, Dourado AC, Alves PI, Cortes-Pallero AM, Delgado-Rodriguez AI, Prazeres A, Borges N, Sanchez C, Crespo MTB, Fareleira P (2013) Annual ryegrass-associated bacteria with potential for plant growth promotion. *Microbiological Research*. 169: 768-779.
- Çakmakçı R, Kantar F, Algur ÖF (1999) Sugar beet and Barley Yields in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 437-442.
- EEA (2009) Water resources across Europe: Confronting water scarcity and drought. Environ. Agency. Copenhagen. <http://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe>. Accessed 10 March 2019.
- Emmons R (2000) *Turfgrass Science and Management*. Delmar Publishers. Albany. NY.
- Ervin EH, Zhang X (2008) Applied physiology of Natural and Synthetic Plant Growth Regulators on Turfgrass. In M. Pessaraki ed. *Handbook of turfgrass management and physiology*. CRC Press. Boca Raton. FL. pp. 690.
- Davies PJ (2010) *Plant hormones: Biosynthesis, signal transduction, action* 3rd ed. Springer. New York. DOI: 10.1007/978-1-4020-2686-7.
- Ding YF, Huang PS, Ling QH (1995) Relationship between emergence of tiller and nitrogen concentration of leaf blade or leaf sheath on specific node of rice. *J Nanjing Agric Univ* 18: 14-18 (in Chinese with English abstract).
- EU (2009) Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 on establishing a framework for Community action to achieve a sustainable use of pesticides. *Off. J. Europ. Union* L309/71.
- Feng Y, Shen D, Song W (2006) Rice endophyte *Pantoea agglomerans* YS19 promotes host plant growth and affects allocations of host photosynthates. *J Appl Microbiol* 100: 938-45.
- Flipse WJ, Katz BG, Lindner JB, Markel R (1984). Sources of nitrate in groundwater in a sewered housing development. *Central Long Island, New York. Ground Water* 32: 418-426.
- Guillard K, Kopp KL (2004) Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf. *J. Environ. Qual.* 33: 1822-1827.
- Javrekova S, Makova J, Medo J, Kovacsova S, Charousova I, Horak J (2015) Effect of bio-fertilizers application on microbial diversity and physiological profiling of microorganisms in arable soil. *Eurasian Journal of Soil Science* 4: 54-61.
- Heckman JR, Liu H, Hill W, DeMilla M, Anastasia WL (2000). Kentucky bluegrass responses to mowing practices and Nitrogen Fertility Management. *Journal of Sustainable Agriculture* 15(4): 25-33. https://doi.org/10.1300/J064v15n04_04.
- Heydari A, Balestra GM (2008). Nutritional Disorders of Turfgrasses. In: *Handbook of Turfgrass Management and Physiology* (M Pessaraki. ed). CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, pp. 211-221.
- Jayaswal RK, Fernandez M, Upadhyay RS, Visintin L, Kurz M, Webb J, Rinehart K (1993) Antagonism of *Pseudomonas cepacia* against phytopathogenic fungi. *Curr. Microbiol.* 26: 17-22.
- Kacar B. İnal A (2008) *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- Kloepper JW, Schippers B, Bakker PAHM (1992) Proposed elimination of the term endorhizosphere. *Phytopathol* 82: 726-727.
- Kuo Y (2015) Effects of fertilizer type on chlorophyll content and plant biomass in common bermudagrass. *African Journal of Agricultural Research* 10(42): 3997-4000.
- Langer RHM, Prasad PC, Laude HM (1973) Effects of kinetin in tiller bud elongation in wheat (*Triticum aestivum* L). *Ann Bot.* 37: 565-571.
- Ledeboer FB, Skogley CR (1973) Effects of various nitrogen sources, timing, and rates on quality and growth rate of cool-season turfgrasses. *Agronomy Journal* 65: 243-246.
- Li X, Geng X, Xie R, Fu L, Jiang J, Gao L, Sun J (2016) The endophytic bacteria isolated from elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) promote plant growth and enhance salt tolerance of Hybrid *Pennisetum*. *Biotechnol Biofuels* 9: 190-213.
- Lindberg T, Granhall U (1984) Isolation and characterization of dinitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of temperate cereals and forage grasses. *Applied and Environmental Microbiology* 48: 683-689.
- Liu H, Hull RJ, Duff DT (1997) Comparing cultivars of three cool-season turfgrasses for soil water NO₃ concentration and leaching potential. *Crop Sci.* 37: 526-534.
- Liu X, Huang B, Banowitz G (2002) Cytokinin effects on Creeping bentgrass responses to heat stress: I.Shoot and Root Growth. *Crop Sci.* 42: 457-465.
- Liu Y, Gu D, Ding Y, Wang Q, Li G, Wang S (2011) The relationship between nitrogen auxin, and cytokinin in the growth regulation of rice (*Oryza sativa* L.) tiller buds. *Australian Journal of Crop Science* 5(8): 1019-1026.
- Miltner ED, Stahnke GK, Johnston WJ, Golob CT (2004) Late fall and winter nitrogen fertilization and turfgrass in two pacific northwest climates. *HortScience* 39: 1745-1749.

- Miltner ED, Branham BE, Paul EA, Rieke RE (1996) Leaching and mass balance of ^{15}N -labeled urea applied to a Kentucky bluegrass turf. *Crop Sci.* 36: 1427-1433.
- Nektarios PA, Petrovic AM, Steenhuis TS (2014) Nitrate and Tracer leaching from aerated turfgrass profiles. *European Journal of Horticultural Science* 79: 150-157.
- Nunes C, Usall J, Teixido N, Fons E, Vinas I (2002) Post-harvest biological control by *Pantoea agglomerans* (CPA-2) on Golden Delicious apples. *J Appl Microbiol* 92: 247-255.
- Pallai R, Hynes RK, Verma B, Nelson LM (2012) Phytohormone production and colonization of canola (*Brassica napus* L.) roots by *Pseudomonas fluorescens* 6-8 under gnotobiotic conditions. *Canadian Journal of Microbiology* 58(2): 170-178. <https://doi.org/10.1139/w11-120>.
- Parlak S, Güner D (2017) Mikrobiyal gübre uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) fidanlarının bazı morfolojik özelliklerine etkisi. *Ormançılık Araştırma Dergisi* 4(2): 100-106.
- Parker JE (2003) Plant recognition of microbial patterns. *Trends Plant Sci.* 8: 245-247.
- Peacock CH, Daniel PH (1992) A comparison of Turfgrass response to biologically amended Fertilizers. *Hort Science* 27(8): 883-884.
- Ping L, Boland W (2004) Signals from the underground: bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Trends Plant Sci.* 9: 263-266.
- Parveen H, Singh AV, Khan A, Prasad B, Pareek N (2018). Influence of plant growth promoting rhizobacteria on seed germination and seedling vigor of green gram. *Int. J Chemical Studies* 6(4): 611-618.
- Paulino-Paulino J, Harmsen EW, Sotomayor-Ramirez D, Rivera LE (2008) Nitrate leaching under different levels of irrigation for three turfgrasses in southern Puerto Rico. *J. Agr. Univ. Puerto Rico.* 92: 135-152.
- Puhalla CJ, Krans JV, Goatley JM (2010) *Sports Fields: Design, Construction and Maintenance.* 2nd Edition. Wiley, Hoboken, NJ.
- Qasim M, Younis A, Zahir ZA, Riaz A, Raza H, Usman T (2014) Microbial inoculation increases the nutrient uptake efficiency for quality production of *Gladiolus grandifloras*. *Pak J Agric. Sci.* 51: 875-880.
- Reddy CA Saravanan RS (2013) Polymicrobial multi-functional approach for enhancement of crop productivity. *Adv. Appl. Microbiol.* 82: 53-113. doi:10.1016/B978-0-12-407679-2.00003-X.
- Ryu CM, Faraq MA, Hu CH, Reddy MS, Kloepper JW, Pare PW (2004) Bacterial volatiles induce systemic resistance in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 134: 1017-1026.
- Sakakibara H, Takei K, Hirose N (2006) Interactions between nitrogen and cytokinin in the regulation of metabolism and development. *Trends Plant Sci.* 11: 440-448.
- Singh AV, Shah S (2013) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Sustainable Agriculture. In: *Modern technologies for sustainable agriculture.* (Ed Kumar S. Prasad B). Modern Tech Sustainable Agri. New Delhi, India, pp. 151-168.
- Singh J, Singh AV, Prasad B, Shah S (2017) Sustainable agriculture strategies of wheat biofortification through microorganisms. In: *Wheat a premier food crop.* (Ed. Anil Kumar. Amarjeet Kumar and Birendra Prasad). Kalyani. Publishers. New Delhi, India, pp. 373-391.
- Skoog F (1940) Relationship between zinc and auxin in the growth of higher plants. *Am. J. Bot.* 27: 939-951.
- Starr JL, DeReo HC (1981) The fate of nitrogen fertilizer applied to turfgrass. *Crop Sci.* 21: 531-536.
- Steenhoudt O, Vanderleyden J (2000) *Azospirillum*: a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiol. Rev.* 24: 487-506.
- Strandberg M, Blomback K, Dahl Jensen AM, Knox W (2012) Priorities for sustainable Turfgrass management: a research and industry perspective. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science* 3: 1-7.
- Taiz L, Zeiger E (2010) Auxin: The first discovered plant growth hormone. In: L. Taiz and E. Zeiger. Editors. *Plant physiology.* 5th ed. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, MS. pp. 545-582.
- Turgeon AJ (1998) *Turfgrass Management.* 5th ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Van Duyne B (1994) The spring grass and leaf diet. *BioCycle* 35: 61-62.
- Vessey JK (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.
- Zahir ZA, Asghar HN, Arshad M (2001) Cytokinin and its precursors for improving growth and yield of rice. *Soil Biol Biochem* 33: 405-408.
- Zhang X, Ervin EH, Wu W, Sharma N, Hamill A (2017) Auxin and Trinexapac-ethyl impact on root viability and hormone metabolism in Creeping Bentgrass under water deficit. *Crop Sci.* 57: 1-8. doi:10.2135/cropsci2016.05.0434.