

Mustafa Ensar SELÇUK^{1a}

Hakan ÇAKICI^{1b*}

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, İzmir

^{1a}ORCID: 0000-0003-0639-9692

^{1b}ORCID: 0000-0003-3323-0606

*Sorumlu yazar (Corresponding
author):

hakan.cakici@ege.edu.tr

DOI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6970504>

Alınış (Received): 15/03/2022

Kabul Tarihi (Accepted): 24/04/2022

Anahtar Kelimeler

Beslenme durumu, çiftlik gübresi,
kireçli alkalın toprak, marul,
mikrobiyal gübre

Keywords

Nutritional status, farmyard manure,
limy alkaline soil, lettuce, microbial
fertilizer

Kireçli Alkalın Topraklarda Mikrobiyal Gübre (*Bacillus spp*) ve Çiftlik Gübresi Uygulamalarının Marul Bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) Beslenme Durumu ve Verimi Üzerine Etkisi

Özet

Bu araştırma kireçli alkalın toprakta *Bacillus spp.* türleri içeren mikrobiyal gübre ile organik gübre uygulamalarının marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) beslenme durumu ve verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştü. Araştırma İzmir ili Tire ilçesinde, "Maritima" çeşidi kıvrıkcık marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisiyle kurulan tarla denemesiyle yürütülmüştür. Denemede fosfor çözen bakteriler grubundan *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefacien*, *Bacillus licheniformis* ve *Bacillus pumilis* içeren mikrobiyal gübre; 100 litre su ile 100 g/da ve 100 kg organik gübre ile 100 g/da olarak 2 farklı şekilde fide dikim öncesi uygulanmıştır. Denemede en yüksek verim mikrobiyal gübre'nin organik gübre ile birlikte uygulandığı parsellerde elde edilmiştir. Uygulamaların yaprak ve kök P içeriği ile yaprakların N, Ca, Mg, Fe ve Zn içeriği üzerinde istatistiki olarak önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Kireçli alkalın toprağa uygulanan mikrobiyal gübrenin bitki gelişim parametreleri ve verimi artırdığı görülmüştür. Bu durum özellikle organik gübreyle birlikte mikrobiyal gübre uygulamasının topraktaki fosfor ve kimyasal gübrenin etkinliğini artırdığını göstermiştir.

The Effect of Microbial Fertilizer (*Bacillus spp*) and Farmyard Manure Applications on the Nutritional Status and Yield of Lettuce Plant (*Lactuca sativa* L.) in Limy Alkaline Soils

Abstract

The aim of this study is to determine the effect of microbial fertilizer containing *Bacillus spp.* and organic fertilizer applications on the nutritional status and yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L.) in limy alkaline soils. The research was carried out with the "Maritima" lettuce variety in the Tire region of İzmir. Microbial fertilizer containing *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefacien*, *Bacillus licheniformis* and *Bacillus pumilis* from the group of phosphorus-solving bacteria in the trial; 100 g da⁻¹ with 100 liters of water and 100 g of organic fertilizer and 100 g da⁻¹ were applied before planting seedlings in 2 different ways. In the trial, the highest yield was obtained in parcels where microbial fertilizer is applied in combination with organic fertilizer. It has been determined that the applications have a statistically significant effect on leaf and root P content and leaf N, Ca, Mg, Fe and Zn content. It was observed that microbial fertilizer applied to calcareous alkaline soil increased plant growth parameters and yield. This showed that the application of microbial fertilizers, especially with organic fertilizers, increased the effectiveness of phosphorus and chemical fertilizers in the soil.

GİRİŞ

Fosfor elementi, bitki gelişimi açısından en önemli makro besin elementlerinden biridir. Tarımsal alanların çoğunda bitkiler tarafından alınamayacak formdadır. Fosfatın dünya üzerindeki kaynakları fosfat kayaları ve apatit kayalarıdır. Yeryüzünde çokça bulunmasına rağmen en büyük problem bu ana materyallerde bulunan fosforun çözünemez formda bulunuyor oluşudur. Bitkiler fosforu HPO_4^{2-} ve H_2PO_4^- şeklinde alabilmektedir. Çoğu zaman fosfor toprakta yeterli düzeyde olsa ve belli aralıklarla gübreleme uygulansa dahi toprakta fikse olmaktadır. Uygulanan çözünebilir formdaki fosfat ise kireçli alkalın topraklarda kısa sürede çözünemez forma geçmektedir. Bu olaya fosfor fiksasyonu denir. Fosfor fiksasyonunda toprak pH'sı önemli role sahiptir. Fosfor, pH seviyesi yüksek ve kireçli topraklarda Kalsiyum elementi tarafından, asit içeriği yüksek topraklarda ise demir alüminyum elementi ile tutulup çözünemez forma dönüşmektedir. Topraklarda bulunan bir diğer fosfat kaynağı ise organik fosfattır. Topraklarda bulunan fosfat miktarının %30-50 arasındaki miktarı organik fosfat şeklinde bulunur fakat yüksek molekül ağırlıklı bileşikler olduğu için çözünebilir iyonik fosfatlara ya da düşük molekül yapıları fosfor bileşiklerine dönüşmeleri gerekmektedir (Paul ve Clark, 1988). Organik fosforun bitkiler tarafından alınabilir olması için inorganik fosfor formuna gelmesi gerekmektedir. Organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu ise fosfotaz enzimi yardımıyla gerçekleşmektedir. Fosforun biyosferdeki döngüsünde mikroorganizmalar büyük rol oynamaktadır. Özellikle *Bacillus* türleri dikkate değer bir düzeyde asit fosfataz etkinliği göstermektedir (Skrary ve Cameron, 1998). Diğer taraftan tarımsal faaliyetlerde fazla miktarda kullanılan kimyasal gübreler sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilemekte, aynı zamanda toprakta biriken bu maddeler yeraltı suları ile insan ve hayvanlara ulaşarak sağlığına

zarar vermektedir (Saber, 2001; Çakmakçı, 2005). Son yıllarda tarımda organik kompost, hayvansal vb. maddeler yaygın bir şekilde yer almaya başlamıştır. Bu organik madde uygulamaları topraktaki suyun, besin maddelerinin ve iyonların derişimini düzenleyerek kapasitesini de artırmaktadırlar. Aynı zamanda kimyasal gübreler ile meydana gelen kayıplar, organik gübrelerin kullanımı ile daha da aza inmekte ve çevreye olan duyarlılık korunmaktadır (Mihelic ve Jakse, 2001; Çıtak ve ark., 2011). Toprağa uygulanan organik materyal kaynakları fosfor çözücü bakterilerini uyarmaktadır (Kim ve ark., 1998). Bu organik materyallerin ayrışması sonucu açığa çıkan basit şekerler, fosfat çözücü bakteriler için enerji kaynağı olmaktadır (Rodriguez ve ark., 1999). Zengin enerji içeriğine sahip organik maddenin fosfat çözücü mikroorganizmaların kaya fosfat üzerindeki etkinliğini ve fosforun alınabilirliğini artırdığı görülmüştür (Poi, 1986). Mikroorganizmalar gelişmelerine devam etmek için karbona ihtiyaç duymaktadır. Karbon ise toprağa uygulanan organik madde ilavesi ile sağlanmaktadır. *Bacillus spp.* Yeşil aksamın gelişmesini ve kök salgılarını artırmaktadır (Petersen ve ark., 1996). Araştırmada test bitkisi olarak seçilen marul bitkisi Türkiye'de yaygın üretimi yapılan ve yaprağı yenilen sebzelerdendir. Toprakta fazla miktarda besin elementi kaldıran ve üretiminde yoğun kimyasal gübreleme yapılan marul bitkisinde, ülkemizde 2020 yılında toplam 520.151 ton üretim yapılmıştır. (TÜİK, 2020). Bu araştırma, fosfor çözücü bakteriler özelinde (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefacien*, *Bacillus licheniformis* ve *Bacillus pumilis*), bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin tarımda kullanımının verime olumlu etkilerini ortaya çıkarmak ve bu bakterilerin kullanımının yaygınlaştırılması ile beraber toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülebilir tarım adına adımlar atabilmeyi hedeflemektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma İzmir ili Tire ilçesi Yeniçiftlik mahallesinde 2020 yılında çiftçi koşullarında kurulan denemeye yürütülmüştür. Tarla denemesinde “Maritima” çeşidi kıvırcık marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisine topraktan sulama ve organik madde ile birlikte Mikrobiyal gübre olarak uygulanan *Bacillus spp.* türlerinin verim ile verimi doğrudan etkileyen bitki gelişim parametreleri ve bitki besin elementleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Deneme materyali olarak seçilen kıvırcık marul (*Lactuca sativa*) özellikle salata olarak yoğun bir şekilde tüketilmektedir. Maritima çeşidi üretici firma verileri ne göre; orta büyüklükte yeşil yapraklı ve geç sapa kalkan kıvırcık bir tiptir. Ilıman iklime sahip bölgelerimizde sonbahar, kış, ilkbahar ve erken yaz dönemlerinde yetiştirilir. Olgunluk süresi yetiştirilen döneme ve iklim şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Sıcak zamanlarda ortalama 45 – 50, soğuk zamanlarda 65-80

gün olmaktadır. Baş ağırlığı ortalama, uygun iklim ve yetiştirme koşullarında 850–1.200 g olmaktadır (Ag Tohum, 2020). Deneme alanı konum olarak İzmir ili Torbalı ilçesine daha yakın olduğu için 3 Mart-25 Nisan aylarındaki 53 günlük döneme ait Torbalı ilçesi iklim verileri kaydedilmiştir. Denemenin yürütüldüğü mart ayı içerisinde hava sıcaklığı en yüksek 23 °C, en düşük 5 °C olarak belirlenmiştir. Hasata kadar nisan ayında ise en yüksek sıcaklık 29 °C, en düşük sıcaklık ise 7 °C olarak belirlenmiştir. Deneme süresince bölgede mart ayında 71 mm, nisan ayında 10 mm yağış kaydedilmiştir (MGM, 2020). Çalışma materyalini deneme kurulmadan önce (0-30 cm) alına bir adet toprak örneği ile deneme sonunda her parselden 5 adet olmak üzere 20 adet parselden alınan 100 adet bitki örneği oluşturmaktadır. Deneme tarlasından alınan toprak örneğinde fiziksel ve kimyasal analizler Kacar (2009) a göre yapılmış ve sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (0-30 cm)

pH	Kireç	(%)			(mg/kg)								Bünye
		Eriyebilir Toplam Tuz	Organik Madde	Toplam N	Alınabilir								
					P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	
7.78	14.8	0.035	1.28	0.068	7.4	280	3820	166	7.2	0.80	4.2	6.4	Kumlu Tın

Denemede kullanılan mikrobiyal gübre (Biowish Crop), fosfor çözen bakteriler grubundan *Bacillus subtilis* (1×10^7 cfu/ml), *Bacillus amyloliquefacien* (1×10^7 cfu/ml), *Bacillus licheniformis* (1×10^7 cfu/ml) ve *Bacillus pumilis* (1×10^7 cfu/ml)

içermektedir. Denemede organik gübre olarak organik tarım sertifikalı (Biofarm Humus) fermente edilmiş katı büyükbaş hayvan gübresi kullanılmıştır. Organik gübrenin içeriği Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan organik gübrenin içeriği

Yapılan Analiz	Minimum Oranı
pH	7.8
EC (ds/m)	9.5
Maksimum Nem (%)	20
Organik Madde (%)	50
Toplam Azot (N) %	2
Toplam Fosfor (P ₂ O ₅)	2
Suda çözümlü Potasyum (K ₂ O)	2
C/N oranı	12.6

Denemede kullanılan kimyasal gübre miktarı toprak analiz sonucuna göre taban gübre olarak uygulanmıştır. Organik gübre uygulanan parsellere, 17 kg/da 15:15:15 kompoze gübre (2.5 kg N, 2.5 kg P₂O₅, 2.5 kg K₂O/da); organik gübre uygulanmayan parsellere ise 30 kg da 15:15:15 kompoze gübre (4.5 kg N, 4.5 kg P₂O₅, 4.5 kg K₂O/da) uygulanmıştır. Mikrobiyolojik gübrenin verim ve bitki gelişim parametrelerine etkisini belirleme amacıyla kurulan denemede; kontrol, organik gübre ve mikrobiyal gübrenin tek tek ve birlikte kullanıldığı 4 ayrı konu bulunmaktadır. Tarla denemesi 4 uygulamalı, 5 tekerrürlü tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre toplam (4 x 5) 20 adet parselden oluşmuştur. Deneme tarlasında fide dikiminden önce; tavlı toprağın işlenmesi, taban gübresinin uygulanması ve dikim sırtlarının oluşturulması şeklinde toprak hazırlığı yapılmıştır. Fideler tarlaya 3 Mart 2020 tarihinde sıra arası 70 cm, sıra üzeri 30 cm ve dekarda ortalama 4750 bitki olacak şekilde şaşırtılmıştır. Parseller; 70 cm sıra arası mesafe ile 3 sıra ve 30 cm sıra üzeri mesafe ile 14 fide olmak üzere (2.10 x 4.2 m) 8.82 m² belirlenmiştir. Her parsel ortalama 42 bitkiden oluşmuştur. Mikrobiyolojik preperat, marul fidelerinin dikimiyle beraber 3 Mart tarihinde 100 litre su ile 100 g/da ve 100 kg organik gübre ile 100 g/da olarak 2 farklı uygulama şeklinde denenmiştir. Denemede konular; Kontrol (Organik gübresiz ve Mikrobiyal gübresiz), Organik Gübre (Mikrobiyal gübresiz, 100 kg/da Organik gübre), Mikrobiyal Gübre (100 L/da:Su ile 100 g/da Mikrobiyal Gübre), Organik Gübre + Mikrobiyal Gübre (100 kg/da Organik gübre ile 100 g/da Mikrobiyal Gübre) uygulaması şeklindedir. Mikrobiyolojik gübre deneme planına göre belirlenen parsellere sırt pompası ile toprağın ıslatılması yöntemi ile ve organik ve gübre ile birlikte çapa ile karıştırılması yöntemiyle uygulanmıştır. Bu uygulamalar fide dikiminde 1 kez yapılmıştır. Denemede kullanılan standart kimyasal gübreler ayrı ayrı el ile parsellere homojen olarak

dağıtılmıştır. Denemede fidelerin 3 Mart tarihinde tarlaya şaşırtılmasından 53 günlük gelişme süresi sonunda 25 Nisan tarihinde hasat yapılmıştır. Baş oluşturan salata türlerinde olgunluk, baş oluşumunun tamamlanması ile birlikte başın sıkı, kendine özgü renkte, düzgün şekilli ve toplu bir görünüşte olması uygun hasat zamanı olarak tanımlanır. Olgunluğunu tamamlamış ve normal büyüklüğüne gelmiş marul-salata bitkilerinin yaprakları kartlaşmadan, baş ve göbek kısmının açılarak çiçek sürgünlerinin gelişmesine izin verilmeden hasat edilmesi gerekmektedir (Vural ve ark., 2000). Hasat öncesi parsellerdeki pazarlanabilir marul adedi sayılarak belirlenmiştir. Hasatta her parselden alına 10 adet bitki tartılarak verim değerleri (kg/da) hesaplanmıştır. Hasatta her parseli temsil edecek şekilde alınan 5 adet bitki örneği laboratuvara getirilmiştir. Yeşil aksam ve kök kısımlarına ayrılmıştır. Alınan örneklerde baş marulların bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı ölçülmüştür. Ayrıca 5 adet bitkideki yaprak sayısı ve yaprak yüzeyi optik olarak ölçülerek 5 bitkinin kapladığı alan üzerinden yaprak alan indeksi hesaplanmıştır (Andriolol ve ark., 2005). Ayrıca bitki kök ve yeşil aksam kısımlarının kuru ağırlık miktarları ölçülerek değerlendirilmiştir. Kuru ağırlık ölçümleri taze bitki örneklerinin 65 °C'ye ayarlı kurutma dolabında sabit ağırlığa ulaşınca kadar (48-72 saat) tutularak kuru ağırlık (gram/bitki) ölçümü yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Hasat olgunluğuna gelen marullar elle hasat edilmiş, kök ve yeşil aksam kısımlarına ayrılan bitki örnekleri önce çeşme suyu daha sonra saf su ile yıkanıp 65 °C 'de kurutulduktan sonra özel değirmenlerde öğütülüp analize hazır hale getirilmiştir. Bitki örneklerinde toplam azot analizi, modifiye edilmiş kjeldahl metodu ile yapılmıştır (Kacar, 1984). Sonuçlar kuru madde de yüzde olarak hesaplanmıştır. P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn miktarları, Kacar (1972)'a göre analize hazır hale getirilmiş bitki örneklerinde yaş yakma yöntemi uygulanarak; fosfor Vanada-

Molibdo fosforik sarı renk yöntemine göre Eppendorf kolorimetresinde okunmuştur (Lott ve ark., 1956). Elde edilen sonuçlar kuru maddede yüzde olarak hesaplanmıştır. K, Na, ve Ca miktarları Eppendorf flamefotometresinde; Mg, Fe, Cu, Zn, Mn miktarları ise Perkin Emler 2380 Atomik Absorbsiyon spektrofotometresinde saptanmıştır (Kacar, 1984). K, Ca, Na, Mg sonuçları kuru maddede % olarak, Fe, Cu, Zn, Mn miktarları ise kuru maddede mg/kg olarak hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Deneme 4 uygulama ve 5 tekerrürlü olarak tesadüf blokları faktöriyel deneme deseninde kurulmuştur. Çalışmadan elde edilen veriler SPSS program paketi sürüm

25.0 ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda önemli farklılıklar gösteren varyasyon kaynaklarının ortalamaları arasındaki fark LSD test yöntemi kullanılarak gruplandırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Uygulamaların bitki gelişim parametreleri üzerine etkisi

Hasat döneminde her parselden alınan örneklerde bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı ve yaprak alan indeksi ölçümleri yapılmıştır. Bitkinin gelişimi ile ilgili ölçümler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Uygulamaların marul bitkisinin gelişim parametreleri üzerine etkisi

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Yaprak Sayısı (adet)	Kök Uzunluğu (cm)	Gövde Çapı (cm)	Yaprak Alan İndeksi (m ² /m ²)
Kontrol	20.1 c	33	11.8 c	2.7 c	10.8 c
Organik Gübre	21.4 c	33	12.5 c	2.9 c	12.1 c
Mikrobiyal Gübre	23.8 b	35	14.4 b	3.3 b	14.7 b
Mikrobiyal Gübre + Org. Gübre	26.1 a	36	16.3 a	3.7 a	17.6 a
LSD (%5)	2.140*	Ö.D.	1.882*	0.364*	2.240*

Ö.D. : Önemli değil * : Önemli (%5 seviyesinde)

Mikrobiyal Gübre uygulamalarının marul bitkisinin bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı ve yaprak alan indeksi üzerinde önemli etkisinin olduğu gözlenmiştir. En iyi gelişim gösteren bitkiler Mikrobiyal Gübrenin, Organik Gübre ile birlikte uygulandığı parsellerde elde edilmiştir. Ölçüm değerlerimiz marul bitkisinde *Bacillus* uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir (Hong ve Lee, 2017; Poitout ve ark., 2017; Bozmaz, 2018). Yapılan istatistiki değerlendirmeler mikrobiyal gübre uygulamalarının yaprak sayısı hariç kontrol parsellere göre (%5) önemli düzeyde etkisinin olduğunu göstermiştir. Mikrobiyal Gübre uygulamalarının yaprak sayısı üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Önceki

çalışmalarda; Bozmaz (2018) *Bacillus subtilis* ve *Bacillus amyloliquefaciens* uygulamalarının marul bitkisinde yaprak sayısı, bitki boyu, bitki çapını arttırdığını bildirmektedir. Tohumlarına fosfat çözen bakteri (*Bacillus spp.*) aşılmasının marul, darı, mısır, karabuğday, horozibiği ve Fransız fasulyesinde vejetatif gelişmeyi arttırdığı bildirilmektedir (Pal, 1998; Bozmaz, 2018).

Mikrobiyal gübre uygulamalarının biyomas oluşumu üzerine etkisi

Yeşil aksam ve kök kısımlarına ayrılmış bitki örneklerinin kuru ağırlık (65°C) miktarları tartılarak g/bitki olarak hesaplanmış ve uygulamaların biyomas oluşumu üzerine etkisi Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Uygulamaların biyomas oluşumu üzerine etkisi

Uygulamalar	Yeşil Aksam		Toplam Kuru Ağırlık (g/bitki)	Artış (%)
	Kuru Ağırlık (g/bitki)	Kök Kuru Ağırlık (g/bitki)		
Kontrol	94.3 b	3.8	98.1 b	0
Organik Gübre	97.6 b	4.1	101.7 b	3.7
Mikrobiyal Gübre	98.3 b	4.0	102.3 b	4.3
Mikrobiyal Gübre + Organik Gübre	102.8 a	4.3	107.1 a	9.2
LSD (%5)	4.167*	Ö.D.	4.456*	

Ö.D. : Önemli değil * : Önemli (%5 seviyesinde)

Mikrobiyal Gübre uygulanan marul bitkilerinin kök ve yeşil aksam kuru ağırlıklarında kontrol bitkilerine oranla önemli düzeyde artışlar görülmüştür. En yüksek biyokütle oluşumu mikrobiyal gübre'nin organik gübre ile birlikte uygulandığı parsellerde elde edilmiştir. Biyomas değerlerimiz marul bitkisinde *Bacillus spp.* uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir (Barazani ve Friedman 1999; Bozmaz, 2018). Yapılan istatistiki değerlendirmede Mikrobiyal Gübre + Organik Gübre uygulaması kuru ağırlık oluşumu üzerinde en etkili uygulama olarak ortaya çıkmıştır. Mikrobiyal Gübre + Organik Gübre uygulaması kontrole göre % 9.2 biyomas artışı sağlamıştır. Diğer taraftan tek başına organik gübre ve mikrobiyal gübre uygulamaları benzer etki göstermiştir.

Bozmaz (2018) *Bacillus subtilis* ve *Bacillus amyloliquefaciens* uygulamalarının marul bitkisinde toplam kuru ağırlık miktarını arttırdığını bildirmektedir. *Bacillus* türlerinden *Bacillus subtilis* bitkinin toplam ağırlığını artırırken (Toro ve ark., 1997), *Bacillus megaterium* şeker pancarı ve arpa bitkisinde bitki köklerinde verimi (Sukhovitskaya, 1998, Çakmakçı ve ark., 1999), pirinç bitkisinde ise dane ağırlığını (Khan ve ark., 2003) artırdığı bildirilmektedir.

Uygulamalarının verim üzerine etkisi

Hasat sonunda her parsele ait pazarlanabilir marul adedi sayılarak ve tartılarak parsel verimleri kg/da olarak kaydedilmiştir. Uygulamaların baş marul verimi üzerindeki etkisi Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Uygulamaların marul baş verimine etkisi

Uygulamalar	Pazarlanabilir		Artış (%)
	Verim (adet/da)	Ortalama Verim (kg/da)	
Kontrol	4694 c	4276 c	0
Organik Gübre	4715 b	4592 b	7.4
Mikrobiyal Gübre	4721 b	4661 b	9.0
Mikrobiyal Gübre + Organik Gübre	4739 a	4905 a	14.7
LSD (%5)	15.323*	206.066*	

*Önemli (%5 seviyesinde)

Çizelge 5'te görüleceği gibi uygulamalar ile pazarlanabilir baş marul adedi ve marul veriminde artışlar

gözlenmiştir. En yüksek pazarlanabilir baş marul adedi ve verimi "Mikrobiyal Gübre + Organik Gübre" uygulanan parsellerde elde

edilmiştir. Verim değerlerimiz marul bitkisinde *Bacillus türleri ile* yapılan çalışmalarla uyum göstermektedir (Kim ve ark., 2017, Bozmaz, 2018). Uygulamalar arasındaki fark, istatistiki olarak da önemli (%5) çıkmıştır. Denemede tek başına mikrobiyal gübre ve organik madde uygulamalarının istatistiki olarak benzer etki gösterdiği ortaya çıkmıştır. Ancak tek başına organik gübre %7.4, mikrobiyal gübre %9 verim artışı sağlamıştır. Mikrobiyal gübre + organik gübre kontrole göre %14.7 verim artışı sağlayarak en etkili uygulama olmuştur. Bozmaz (2018) *Bacillus subtilis* ve *Bacillus amyloliquefaciens* uygulamalarının marul bitkisinde toplam verim miktarını arttırdığını bildirmektedir. Tohumların Fosfat çözücü bakterilerle aşılama sonucu toprakta fiks edilmiş ve uygulama yapılan gübrenin içerisindeki Fosforun alınabilirliği artırılarak bitki gelişimini teşvik etmektedir. Biyolojik gübre olan fosfat bakterileri ile yapılan tarımsal faaliyetlerdeki verimin %10-15 oranda

arttığı ifade edilmiştir (Jones ve Darrah, 1994; Yadav ve Dadarwal, 1997; Kim ve ark., 2017). Ünlü ve Padem, (2009) fosfor çözücü bakterilerin sulama ile doğrudan toprağa aşılama yanında organik gübreler ile birlikte kullanımının daha etkili sonuçlar verdiği bildirilmektedir.

Uygulamaların bitki kısımlarının besin elementi içeriğine etkisi

Bitki yeşil aksamında toplam azot %3.22-3.52; toplam fosfor %0.56-0.72; toplam potasyum 4.98-5.01 arasında değişmektedir. Bitki kök aksamında ise toplam azot %2.90-2.98; toplam fosfor %0.42-0.59; toplam potasyum %4.25-4.38 arasında değişmektedir. Bitki kısımlarının azot, fosfor ve azot içeriklerinde uygulamalara göre farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Analiz sonuçları literatürde marul bitkisi için verilen sınır değerler ile uyum göstermektedir (Reuter ve Robinson, 1986). Mikrobiyal gübre uygulamalarının bitki kök ve yeşil aksamındaki toplam N, P, K içeriğine etkisi Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Uygulamaların bitki kısımlarının toplam N, P, K içeriğine etkisi (%KM)

Uygulamalar	Toplam N (%)		Toplam P (%)		Toplam K (%)	
	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök
Kontrol	3.22 c	2.90	0.56 c	0.42 b	4.98	4.25
Organik Gübre	3.34 b	2.94	0.63 b	0.49 b	5.01	4.26
Mikrobiyal Gübre	3.40 b	2.95	0.64 b	0.52 a	5.00	4.32
Mikrobiyal Gübre + Org. Gübre	3.52 a	2.98	0.72 a	0.59 a	5.00	4.38
LSD (%5)	0.118*	Ö.D.	0.077*	0.064*	Ö.D.	Ö.D.

Ö.D. : Önemli değil

* : Önemli (%5 seviyesinde)

Çizelge 6'da görüleceği gibi uygulamaların özellikle yaprak ve kök fosforu üzerinde istatistiki olarak önemli (%5) etkisi olduğu belirlenmiştir. Denemede uygulamaların bitkinin potasyum içeriğine etkisi belirlenmezken sadece yaprakların azot içeriği üzerinde istatistiki olarak önemli etkisi görülmüştür. Fosfat çözücü *Bacillus* bakterileri. P beslenmesi yoluyla bitki gelişmesini teşvik etmekte N ve P alımını artırmaktadır (Leyval ve Berthelin 1989; Biswas ve ark., 2000). Fosfat biyolojik gübrelerin ve

biyolojik nitrojen fiksasyonu etkinliğini artırarak bitki gelişmesini teşvik etmektedir. N₂ fiksasyonu alınabilir P tarafından sınırlanmaktadır (Mac Dermott, 1999). Bitki yeşil aksamında toplam Ca %1.74-1.93; toplam Mg %0.52-0.66; toplam Na 298-301 mg/kg arasında değişmektedir. Bitki kök aksamında ise toplam Ca %1.58-1.64; toplam Mg %0.38-0.48; toplam Na 325-338 mg/kg arasında değişmektedir. Bitki kısımlarının Ca, Mg ve Na içeriklerinde uygulamalara göre farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Analiz

sonuçları literatürde marul bitkisi için verilen sınır değerler ile uyum göstermektedir (Reuter ve Robinson, 1986).

Mikrobiyal gübre uygulamalarının kök ve yeşil aksamındaki Ca, Mg, Na içeriğine etkisi Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Uygulamaların bitki kısımlarının toplam Ca, Mg, Na içeriğine etkisi

Uygulamalar	Toplam Ca (%)		Toplam Mg (%)		Toplam Na (mg/kg)	
	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök
Kontrol	1.74 c	1.58	0.52 c	0.38	298	325
Organik Gübre	1.82 b	1.60	0.59 b	0.36	301	326
Mikrobiyal Gübre	1.85 b	1.62	0.59 b	0.34	300	332
Mikrobiyal Gübre + Org. Gübre	1.93 a	1.64	0.66 a	0.48	300	338
LSD (%5)	0.078*	Ö.D.	0.062*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

Ö.D. : Önemli değil

* : Önemli (%5 seviyesinde)

Çizelge 7’de görüleceği gibi uygulamaların sadece yaprak Ca ve Mg’u üzerinde istatistiki olarak önemli (%5) etkisi olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların köklerde üç element içeriğinde de önemli etkisi görülmemiştir. Ayrıca uygulamaların bitki kısımlarının sodyum içeriğine etkisi de belirlenmemiştir. *Bacillus* türleri apatit, $Ca_3(PO_4)_2$, veya benzeri çözünmeyen maddeleri ana fosfat kaynağı olarak kullanmaktadırlar. Organizmalar çözünen fosforu sadece asimile etmez aynı zamanda büyük miktarlarda ayrıştırdıklarından dolayı faydalı fosforu serbest bırakırlar. Mikroorganizmaların ürettikleri organik asitler de çözünmeyen fosfor bileşiklerinin çözünmesinde etkili olmaktadır. Bu aşamada Ca elementinin de serbest kaldığı düşünülebilir (Whitelaw ve ark., 2000).

Bitki kısımlarının mikro element içerikleri incelendiğinde; Bitki yeşil aksamında toplam Fe 142-178 mg/kg; toplam Zn 46-68 mg/kg toplam Cu 28-35 mg/kg ve Mn 68-76 mg/kg arasında değişmektedir. Bitki kök aksamında ise toplam Fe 118-132 mg/kg; toplam Zn 32-39 mg/kg; toplam Cu 24-26 mg/kg ve Mn 57-64 mg/kg arasında değişmektedir. Bitki kısımlarının Fe, Zn, Cu ve Mn içeriklerinde uygulamalara göre farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Analiz sonuçları literatürde marul bitkisi için verilen sınır değerler ile uyum göstermektedir (Reuter ve Robinson, 1986). Mikrobiyal gübre uygulamalarının kök ve yeşil aksamındaki Fe, Zn, Cu ve Mn içeriğine etkisi Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Uygulamaların bitki kısımlarının toplam Fe, Zn, Cu ve Mn içeriğine etkisi

Uygulamalar	Toplam Fe (mg/kg)		Toplam Zn (mg/kg)		Toplam Cu (mg/kg)		Toplam Mn (mg/kg)	
	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök
Kontrol	102 c	88	46	32	18	14	28	27
Organik Gübre	118 b	95	56	35	22	15	32	30
Mikrobiyal Gübre	124 b	98	59	37	22	15	34	32
Mikrobiyal Gübre + Org. Gübre	138 a	102	68	39	25	16	36	34
LSD (%5)	14.121*	Ö.D.	8.622*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

Ö.D. : Önemli değil

* : Önemli (%5 seviyesinde)

Uygulamaların sadece yaprak Fe ve Zn içerikleri üzerinde istatistiki olarak da önemli (%5) etkisi olduğu görülmüştür. Köklerin mikro besin elementi içerikleri uygulamalardan etkilenmemiştir. Ayrıca uygulamaların bitki kısımlarının sodyum içeriğine etkisi belirlenmemiştir. Bitki kısımlarının Cu ve Mn içerikleri uygulamalardan etkilenmemiştir. Bitki rizosferinde bulunan fosfor çözücü *Bacillus* bakterileri organik ve inorganik maddeleri bitkiler için yararlı hale getirmektedir. Mikroorganizmalar fosfat çözebilme yetisine ilave olarak bitki gelişmesini teşvik edici maddelerin üretimi yoluyla Fe, Zn gibi elementlerin de alınmasını da artırmaktadır (Kucey ve ark., 1989; Leyval ve Berthelin 1989; Biswas ve ark., 2000).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma İzmir ili Tire ilçesi Yeniçiftlik mahallesinde çiftçi koşullarında kurulan tarla denemesi ile yürütülmüştür. Çalışmada, kireçli alkali toprakta kıvırcık marul bitkisine sulama ve organik madde ile birlikte mikrobiyal gübre olarak uygulanan fosfor çözücü bakteri grubundan *Bacillus* türlerinin verim, bitki gelişim parametreleri ve bitki besin elementleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin tarımda kullanımının verime olumlu etkilerini ortaya çıkarmak ve bu bakterilerin kullanımının yaygınlaştırılması ile birlikte toprakların ve doğanın dengesinin korunması adına adımlar atabilmeyi hedeflemektedir. Çalışmamızın sonuçları, mikrobiyal gübrenin bitki kısımlarının özellikle fosfor içeriğini artırdığını göstermektedir. Bu durum mikrobiyal gübre uygulamasının topraktaki bitki besin elementleri yanında kimyasal gübrenin de etkinliğini artırdığını ve gübreden tasarruf sağladığını göstermiştir. Mikrobiyal gübrenin organik gübre ile birlikte uygulanmasının bu etkinliği artırdığı belirlenmiştir. Mikrobiyal gübre + organik gübre kontrole göre %14.7 verim artışı sağlayarak en etkili uygulama olmuştur. Toprağa uygulanan organik materyal

kaynakları fosfor çözücü bakterilerini uyarmaktadır. Bu organik materyallerin ayrışması sonucu açığa çıkan basit şekerler, fosfat çözücü bakteriler için enerji kaynağı olmaktadır. Organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu ise fosfotaz enzimi yardımıyla gerçekleşmektedir. Özellikle *Bacillus* türleri dikkate değer bir düzeyde asit fosfataz etkinliği göstermektedir. Fosfat çözen *Bacillus* türleri, bitki için gerekli olan organik ve inorganik maddeleri bitkinin yararına kullanmaktadır. Bu mikroorganizmaların fosfor çözebilme özelliğine ek olarak bitki gelişimini teşvik edici maddeleri üretmesi yoluyla da fosforun yanı sıra N, Ca, Mg, Zn ve Fe gibi elementlerin alınımını da artırdığı belirlenmiştir. Rizosferde bulunan organizmaların birbirini etkilemesi sebebiyle biyolojik gübrelerin rizosferde tutunup, çoğalabilmesi gerekir. Böylece gelişmeyi uyarabilmektedirler. Bu konu ile ilgili kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. Geniş alanlarda sözleşmeli tarım yaptıran bir firmanın üretim sahasında yürütülen bu çalışmanın sonuçlarının pratiğe aktarılabilmesi ve gerek çiftçi, gerek bu konuda çalışan araştırmacılara destek olacağı kanaatindeyiz.

AÇIKLAMA

Bu çalışma, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- AG Tohum. 2020. Maritima. <http://www.agtohum.com.tr/maritima> (Erişim tarihi: 11.08.2021).
- AndrioloI, J.L., G.L. LuzII, M.H. WitterIII, R.S. GodoiI, G.T. BarrosI, O.C., BortolottoI. 2005. Growth and yield of lettuce plants under salinity. Hort. Bras. vol.23 no.4 Brasília
- Brown, M.E, 1974. Seed and root bacterization. Annu Rev Phytopatol 12: 181–197.

- Barazani, O., Friedman J. 1999. Is IAA major root growth factor secreted from plantgrowth mediating bacteria Journal of Chemical Ecology. 25(10): 2397-2406.
- Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B., 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. Soil Sci Soc Am J 64: 1644-1650.
- Bozmaz, İ. 2018. The effect of *Bacillus* sp. Mixture on biomass production and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa*). Akdeniz University Graduate School of Natural and Applied Sciences MSc Thesis in Agricultural Biotechnology. Jun 2018 Antalya. 46.
- Çakmakçı, R. 2005, Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 19(35): 93-108.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Algur, Ö.F. 1999. Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymxa* and *Bacillus megaterium* var. Phosphaticum inoculation. J Plant Nutr Soil Sci, 162: 437-442.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yaşın, S. 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. l.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(1): 56-69
- Hong, S.H., Lee, E.Y. 2017. Phytostabilization of salt accumulated soil using plant and biofertilizers: Field application. International Biodeterioration & Biodegradation 124: 188-195
- Jones, D.L., Darrah, P.R. 1994, Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere. Plant Soil 166: 247–257.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 2. Bitki Analizleri. Ankara Üniviversitesi. Ziraat Fak. Yay. No: 453 Ankara.
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme Uygulama Klavuzu A.Ü. Zir. Fak. Yayınları No:900 Ankara
- Kacar, B., 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın No: 1387, 467 s
- Kacar, B., İnal. A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No: 1241, Fen Bilimleri: 63, 1. Basım, Ankara.
- Khan, M.R., Talukdar, N.C., Thakuria, D. 2003. Detection of Azospirillum and PSB in rice rhizosphere soil by protein and antibiotic resistance profile and their effect on grain yield of rice. Indian J Biotec 2: 246-250.
- Kim, K.Y, Jordan, D., McDonald, G.A. 1998. Enterobacter agglomerans, phosphate solubilizing bacteria, and microbial activity in soil: Effect of carbon sources. Soil Biol Biochem 30: 995-1003.
- Kucey, R.M.N., Janzen, H.H., Legett, M. E. 1989. Microbially mediated increases in plant available phosphorus. Adv Agron 42: 199-228.
- Leyval, C., Berthelin, J. 1989. Interaction between *Laccaria laccata*, *Agrobacterium radiobacter* and beech roots: Influence on P, K, Mg, and Fe mobilization from minerals and plant growth. Plant and Soil 117: 103-110.
- Lott, W.L., Nery, J.P., Gall, J.R., Medcaff, J.C., 1956. Leaf Analysis Technique in Coffe Research, New York IBEC Res. Inst. Bulletin No:9.
- Mac Dermott, T.R. 1999, Phosphorus assimilation and regulation in Rhizobia. In Nitrogen Fixation in Prokaryotes: Molecular and Cellular Biology. Ed. EW Triplett. Horizon Sci. Pres USA.
- MGM, 2020. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ödemiş Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü Verileri. (Erişim: 11.08.2020).

- Mihelic, R., Jakse, M. 2001. Nitrogen Dynamics In Intensive Vegetable Crop Rotation Influenced by Organic Fertilisation. *Acta Hort.* 563: 163-170.
- Pal, S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil*, 198: 169-177.
- Paul, E.A., Clark. F.E. 1988. *Soil Microbiology and Biochemistry* Academic Press, San Diego, CA.
- Petersen, D.J., Srinivasan, M., Chanway, C. P. 1996. *Bacillus polymyxa* stimulates increased *Rhizobium etlii* populations and nodulation when co-resident in the rhizosphere of *Phaseolus vulgaris*, *FEMS Microbiol Lett*, 142: 271-276.
- Poi, S.C. 1986, A study of performance of some phosphate-solubilizing microorganisms in presence of some energy sources. *Zentralblatt für Mikr.*, 141: 97-102.
- Poitout A., Martinière A., Kucharczyk B., Queruel N., Silva-Andia J., Mashkoor S., Gamet L., Varoquax F., Paris N., Sentenac H., Touraine B., Desbrosses G. 2017. Local signalling pathways regulate the *Arabidopsis* root developmental response to *Mesorhizobium loti* inoculation. *J Exp Bot* 68:1199–1211
- Reuter, D.J., Robinson, J.B. 1986. *Plant Analysis. An Interpretation Manual.* National Library of Australia. pp:159–161.
- Rodríguez, H., Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotec Adv* 17: 319-339.
- Saber, M.S.M., 2001, Clean Biotechnology for sustainable farming. *Eng. Life Sci.*, 1: 217-223.
- Skrary, F.A., Cameron, D.C. 1998, Purification and characterization of a *Bacillus licheniformis* phosphatase specific for D-alpha-glycerphosphate. *Arch Biochem Biophys* 349: 27–35.
- Sukhovitskaya, L.A. 1998, Survival rates and growth-stimulating effects of *Bacillus megatherium* and *Arobacterium radiobacter* strains introduced into soil. *Appl Biochem Microbiol*, 34: 81-83.
- Toro, M., Azcon, R., Barea, J.M. 1997, Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (P-32) and nutrient cycling. *Appl Environ Microbiol*, 63: 4408-4412.
- TÜİK, 2020, Bitkisel üretim istatistikleri veri tabanı. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 21.08.2021).
- Ünlü, H., H. Padem. 2009. Organik domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi, mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü kullanımının yaprakların makro element içeriği üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (2):63-73
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. 2000. *Kültür sebzeleri (Sebze Yetiştirme).* Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, İzmir.
- Whitelaw, M.A. 2000, Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Adv Agron* 69: 99-151.
- Yadav, K.S., Dadarwal, K.R. 1997, Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. In: *Biot. Appr. Soil Micr. Sust. Crop Prod.* 293–308. *Sci Publis Jodhpur*