



Kimyasal gübrelerin etkinliğini artırmada rizobakteri (PGPR) ve yarasa gübresi uygulamalarının marulda (*Lactuca Sativa* L.) verim ve verim bileşenlerine etkileri

*Effects of rhizobacteria (PGPR) and bat guano applications on yield and yield components in lettuce (*Lactuca Sativa* L.) in increasing the effectiveness of chemical fertilizers*

Yusuf ÇELİK^{1*}

¹Silifke Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin Üniversitesi/ 33940 Silifke, Mersin/Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-8590-6690>

To cite this article:

Çelik, Y. (2024). Kimyasal gübrelerin etkinliğini artırmada rizobakteri (PGPR) ve yarasa gübresi uygulamalarının marulda (*Lactuca Sativa* L.) verim ve verim bileşenlerine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 28(4): 616-624

DOI: 10.29050/harranziraat.1485530

*Address for Correspondence:

Yusuf ÇELİK

e-mail:

ycelik33@mersin.edu.tr

Received Date:

17.05.2024

Accepted Date:

15.11.2024

ÖZ

Marul yetiştiriciliğinde yüksek verim için üreticiler gereğinden fazla kimyasal gübre uygulamaktadırlar. Bu anlayış bir takım gıda ve çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Tesadüf parselleri deneme düzeninde dört tekerrürlü olarak planlanan çalışmada, marul yetiştiriciliğinde verim ve kalitenin artırılması amacıyla Bitki Gelişimini Destekleyen Rizobakteriler (PGPR), artan dozlarda Yarasa Gübresi (YG) ve %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre (7/10 KG) uygulamaları tarla koşullarında denenmiştir. Denemede; marul baş çapı, baş uzunluğu, baş ağırlığı, yaprak sayısı, kök uzunluğu, yaprak yaş ve kuru ağırlığı, kök boğazı çapı, suda çözünen kuru madde miktarı (SÇKM) ve bitkilerde bazı besin elementi kapsamları analiz edilmiştir. Denemede, tekli uygulamalar (KG, YG, PGPR) ile farklı dozlarda yarasa gübresi ilaveli PGPR kombinasyonları (PGPR+YG) karşılaştırıldığında; PGPR+YG kombinasyonlarının marul bitkilerinin gelişimini, verimini ve yaprak besin elementi içeriklerini artırmıştır. Yapılan ölçümlere göre; Kontrol, PGPR+25kg/daYG+7/10KG, PGPR+50kg/da YG+7/10KG ve sadece PGPR kombinasyonu önerilen gübre dozu (KG)'den daha düşük değer alırken, PGPR+100kg/daYG+7/10KG ve PGPR+1500kg/da YG+7/10KG kombinasyonları yüksek değerler almışlardır. Verim unsurlarına etkisi bakımından en yüksek değerleri aynı önem seviyesinde olan PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG uygulamaları almış olup kontrol uygulamasına göre, bitki baş boyunda; %40.1, bitki baş çapında; %27.7, bitki kök boğazı çapında; 19.6, baş ağırlığında %82.2, kök uzunluğunda; %60.1, yaprak sayısında; 24.7,yaprak yaş ağırlığında; %21.6 yaprak kuru ağırlığında; %19.1 oranında göre artış sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Gübreleme yönetimi, marul, bitki büyümesi, PGPR, yarasa gübresi

ABSTRACT

For high efficiency in lettuce cultivation, producers apply more chemical fertilizers than necessary. This understanding brings with it a number of food and environmental problems. In the study, which was carried out with four replications according to the randomized block trial design, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), increasing doses of Bat Fertilizer (YG) and 30% reduced chemical fertilizer (7/10 KG) applications were tested under field conditions in order to increase the yield and quality of lettuce. In the study; Plant head height, head diameter, root collar diameter, leaf fresh and dry weight, root length, number of leaves, head weight, amount of water-soluble dry matter and some plant nutritional element contents were measured. In the study, when single YG,PGPR applications were compared with the combination of PGPR-added bat guano; It has been determined that PGPR+YG applications are more effective in increasing the yield, development and nutrient content of lettuce plants. According to the measurements



made; While the combination of control, PGPR+25 kg/da YG+7/10 KG and only PGPR alone received lower values than the recommended fertilizer dose (KG), PGPR+50kg/da YG+7/10KG, PGPR+100kg/da YG+7/ 10KG, and PGPR+150kg/da YG+7/10KG combinations received high values. PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG applications, which are at the same level of importance, had the highest values in terms of their impact on yield elements. According to the control application, at plant head height; 30.7%, plant head diameter; 21.2% plant root collar diameter; 19.6, 49% in head weight, root length; 60.1%, number of leaves; 24.7% in leaf fresh weight; 21.6% in leaf dry weight; It increased by 19.1%.

Key Words: Fertilization management, lettuce, plant growth, PGPR, bat guano

Giriş

Marul (*Lactuca sativa* L.), serin iklime sahip tüm bölgelerde yetişebilen yapraklı bir sebzendir (Mou, 2008; Sabatino, 2021). Günümüzde marul'un şikori ile birlikte üretimi bir milyon hektardan fazla alanda yapılmakta ve 22 milyon tonun üzerinde ürün elde edilmektedir (FAOSTAT,2021). Marul Yapraklarının İçeriği Vitaminler, mineraller, şekerler, folik asit ve diyet antioksidanları açısından zengin ve kalorisi düşüktür (Nicolle ve ark., 2004). Sebze yetiştiriciliğinde son yıllarda değişik stratejik çalışmalara ağırlık verilmiştir (Mauro ve ark., 2020). Yaprığı yenen sebze gruplarında bitkisel gelişim ve verim için aşırı miktarlarda kimyasal gübreler; başta azot (N), fosfor (F) ve potasyum (K) uygulanmaktadır(Solaiman ve ark.,2006; Zaidi ve ark., 2015; Sabatino ve ark., 2020). Ancak sentetik gübrelerin sürekli kullanımı ekosistemin bozulması açısından risk oluşturmaktadır. Bitki Büyümesini Destekleyen Rizobakterilerin (PGPR) doğrudan etkileri, azotun biyolojik fiksasyonu gibi bitki besin elementlerini veya fosfor (P), potasyum (K), çinko (Zn), demir (Fe) gibi çözünmüş mineralleri ve diğer temel mineral besin maddelerini sağlamaktır (Acurio Vásconez ve ark.,2020; Basu ve ark.,2021). Bu bitki büyümesini ve sağlığını destekler. PGPR'ler, oksinler, sitokininler, gibberellinler, absisik asit ve etilen dahil olmak üzere bitkilerdeki fitohormon seviyelerini düzenleyebilirler. PGPR'ler, bu fitohormonların seviyelerini modüle ederek bitki büyümesinin kök ve sürgün gelişimi, çiçeklenme ve stres toleransı gibi çeşitli yönlerini etkileyebilmektedir (El-Tohamy ve ark.,2012). PGPR'lerin dolaylı etkileri fitopatogenleri ve zararlı mikroorganizmaları baskılamaktadır(Basu ve ark.,2021). Yarasa gübresi uzun süredir farklı

ülkelerde çıkarılmakta ve makro ve mikro besinlerdeki yüksek içeriği nedeniyle biyogübre olarak kullanılmaktadır (Martini ve ark.,1978; Palita ve ark., 2021). Yarasalar, Antarktika hariç tüm kıtalarda, memeli taksonlarının %20'sini temsil eden yaklaşık 1300 türle mevcuttur (Gallant ve ark., 2020). Binlerce yarasa, yüzyıllar boyunca biriktiği, yaşadığı mağaralara dışkısını bırakarak sertleşerek guanoya dönüşmektedir (Ünal ve ark., 2018). Guano'nun mineral bileşimi, yarasa türlerine ve ana beslenmelerine ve ayrıca yaşadıkları mağaraların kuru veya nemli iklim bölgelerinde bulunmasına bağlı olarak çok değişkendir (Audra ve ark., 2021). Bununla birlikte, çeşitli çalışmalar yarasa guanosunun toprak verimliliği ve bitki beslenmesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir (Karagöz ve Hanay, 2017). Türkiye sahip olduğu çok sayıda yarasa gübresi mağarası (40000 adet)bakımından Avrupa çapında yüksek bir rezerve sahiptir(Karagöz, 2014). Bu çalışmanın amacı, daha az kimyasal gübre kullanmak, marul üretiminde verimi en üst düzeye çıkarmak ve PGPR kullanımını artırarak toprak ve gıda güvenliğine katkıda bulunmaktır.

Materyal ve Metot

Çalışmada yetiştirilen marul çeşidine ait özellikler

Lital marul çeşidi sıkı oval gövdeli, koyu yeşil ve çok yapraklıdır. Yüksek sıcaklıklara (28-30°C) diğer marul çeşitlerine göre daha toleranslıdır. Orta erkenci bir çeşit olup sonbahar yetiştiriciliği için uygundur. Tohum ekim döneminde sıcaklık 18-22 °C arasında olmalıdır. Fide gelişim döneminde yeterli ışıklı (günde 10 ila 12 saat arası) ortam sağlanmalıdır.

Çizelge 1. Çalışma alanının 2022-2023 aylık ortalama meteorolojik verileri

Table 1. 2022-2023 monthly mean meteorological datas of study area

Yıllar	İklim Parametreleri	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2022	Tmax, °C	34.26	32.73	28.87	23.97	19.38
	Tmin, °C	25.26	22.90	20.22	15.13	11.78
	RH, %	61.00	51.00	49.00	53.00	57.00
	Buharlaşma, mm	172.80	165.90	127.80	59.90	44.90
	Rüzgar hızı m/s	1.10	1.30	1.50	0.90	1.00
	Yağış, mm	1.00	1.20	32.00	59.80	29.80
2023	Tmax, °C	35.25	33.54	30.30	23.97	20.24
	Tmin, °C	26.12	24.14	20.24	15.38	11.99
	RH, %	61.00	51.00	50.00	59.00	59.00
	Buharlaşma, mm	177.40	201.80	122.20	65.60	41.50
	Rüzgar hızı m/s	1.10	1.50	1.00	0.80	0.70
	Yağış, mm	6.40	0.02	34.00	124.00	143.00
Uzun dönem (1975-2022)	Tmean, °C	28.90	26.43	22.38	16.61	12.04
	Rainfall, mm	0.98	6.19	37.13	82.48	126.50

Tmax – Maksimum hava sıcaklığı; Tmin – minimum hava sıcaklığı; RH – bağıl nem; Tmean – ortalama hava sıcaklığı

Çizelge 2. Deneme alanının toprak özellikleri

Table 2. Soil properties of the experimental area

Toprak derinliği (cm)	FC (%)	WP (%)	BD (g/cm ³)	pH	EC (dS/m)	SOC (%)	CaCO ₃ (%)
0-30	30.84	20.16	1.38	7.72	0.75	2.36	39.84
30-60	28.94	19.68	1.56	7.88	0.80	1.03	41.36
60-90	28.61	13.73	1.59	8.14	0.95	0.82	44.21

FC – saha kapasitesi; WP– kalıcı yaban noktası; BD– yığın yoğunluğu; EC– elektriksel iletkenlik;CaCO₃–kalsiyum karbonat; SOC – toprak organik karbonu

Denemede kullanılan rizobakteriler ve genel özellikleri

Çalışmada kullanılan rizobakteri, Yeni Nesil Biyoteknoloji, ticari bir firmadan temin edilmekte olup ticari adı Rhizofill' dir. Rhizofill üç farklı saf kültür bakterisinden oluşur: Bacillus subtilis, Bacillus megaterium ve Pseudomonas fluorescens. Mililitre başına 1×10^9 koloni oluşturan birim

konsantrasyonundaki 50 ml'lik Rhizofill hacmi, 10 günlük aralıklar ile 50 L'lik bir besin çözeltisi tankı (litre başına 1 ml) içindeki kök ortamına aşılanmıştır(Dasgan ve ark. 2022; Dasgan ve ark. 2023a; Dasgan ve ark. 2023b).

Denemede kullanılan yarasa gübresi içerikleri

Çizelge 3. Denemede kullanılan yarasa gübresinin özellikleri.

Table 3. Properties of bat guano used in the experiment

Garanti edilen içerik	(W/W)
Toplam organik madde	%40
Organik karbon	%15
Toplam azot (N)	%2
Suda çözünür potasyumoksit (K ₂ O)	%2
Toplam fosfor pentaoksit (P ₂ O ₅)	%1
Toplam humikasit+ fulvikasit	%20
pH aralığı	5-7
Maksimum nem	%20
Maksimum EC (dS/m)	3.5
Serbest aminoasitler %3	%3

Çalışmada uygulanan gübreler ve uygulama yöntemleri

Çalışmada; toprak analiz sonuçlarına göre $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: 22 kg.da⁻¹, P_2O_5 : 12kg.da⁻¹ ve K_2SO_4 : 22 kg.da⁻¹ olarak belirlendi ve %30 azaltılmış miktarları dikimden önce parsel bazında sıralara granül formu, bir seferde uygulanmıştır.

Yarasa gübresi uygulamaları

Çalışma'da yarasa gübresinin granül formu kullanılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen yarasa gübresi dozları dikimden önce bitki dikim parsellerinde açılan toprak sıralara bir seferde uygulanarak karıştırılmıştır.

Laboratuvar analizleri

Toprak örnekleri laboratuvar analizinden önce açık havada kurutulmuş ve elenmiştir (2 mm ağ gözü). Toprak numuneleri pH (H_2O , KCl) (toprak: çözelti, 1:2,5), CEC (amonyum asetat, pH 7,0), değişim asitliği (KCl ekstraksiyonu), kolayca oksitlenebilir C (yaş yakma, Walkley-Black yöntemi), toplam organik C (yakma), P ve K (amonyum laktat) ve tekstür (toprak fraksiyonları kil, silt ve kum) (Van Reeuwijk, L.P,2002). Topraktaki bor (B), sıcak su kullanılarak ekstrakte edilmiş ve azometin-H yöntemiyle belirlenmiştir (Jones, J.J,2001). Toprak Fe, Zn, manganez (Mn) ve bakır (Cu), amonyum asetat ve EDTA kullanılarak ekstrakte edilmiş ve atomik absorpsiyon spektrometrisi yoluyla belirlenmiştir.

Marul örnekleri 70 °C'de (1 mm gözenek) bir etüvde kurutulup ve sonra öğütülmüştür. Yaprak örnekleri N için Kjeldahl (1883) yöntemiyle; P ve B için kolorimetriyle; K için alev emisyon spektrometrisiyle; ve Ca, Mg, Cu, Fe, Zn ve Mn için atomik absorpsiyon spektrofotometrisiyle (Temminghoff ve ark. 2004) analiz edilmiştir. Toplam organik madde guano yakma yöntemi ile (kül fırınında 550 ± 50 °C'de 1 gece yakıldıktan sonra ağırlık azalmasından) hesaplanarak bulunmuştur (Hornech vd. 1989). Reaksiyon, 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılmış yarasa gübresi örneğinde cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Gabriels ve Verdonck 1992).

Deneme alanı tasarımı

Bu çalışma, 2023 yıllı güz döneminde Mersin Üniversitesi Silifke Meslek Yüksek Okulu araştırma ve uygulama alanlarında tarla şartlarında yürütülmüştür. Denemede kullanılan Lital F₁ marul çeşidine ait fidelerin üretimi Silifke Meslek Yüksek Okuluna ait plastik tünellerde gerçekleştirilmiştir. Tohum ekimi; 8.09.2023 tarihinde Torf: perlit oranı 2:1 olan viyollerde yapılmıştır. Usulüne uygun olarak yetiştirilen fideler yaklaşık 10-12 cm boya 3-5 yapraklı dönemde 11.10.2023 tarihlerinde araştırma alanında uygun parsellere dikimleri yapılmış ve yaklaşık 70 gün sonra deneme sonlandırılmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü planlanmış denemede 8 uygulama ve her uygulamada 4 sıra, her sırada 10 bitki bulunan toplam 1280 bitki dikimi yapılmıştır. Denemede sıra üzeri 25 cm, sıra arası 30 cm şeklinde dikim sıklığı uygulanmıştır. Çalışmada yapılan ölçümler için örnek bitki seçimi; kenar tesiri taşımayan ve parsel ortasından her uygulama için ortalamayı temsil eden 8 bitki alınmıştır.

Veri analizi

Deneyden elde edilen veriler "IBM SPSS stastics 23" istatistik programları kullanılarak ANOVA varyans analizine göre değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkların karşılaştırılmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışmanın sonuçları, PGPR, yarasa gübresi ve %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre kullanımı sonucunda incelenen bitki büyüme parametrelerinde önemli artışlar meydana gelmiş dolayısıyla marul tarımında verim ve kalitenin arttığını, verim için daha elverişli toprak ortamının oluştuğu düşünülmektedir. Bu gelişmelere göre uygun toprak şartlarında PGPR'ler ile yarasa gübresi arasında sinerjistik bir etkinin varlığından söz edebilir. Farklı yarasa gübresi dozları ve PGPR

uygulamalarının bitki baş uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Uygulamaların bitki baş uzunluğuna etkisinde en yüksek değerleri alan PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (35.3cm) uygulamaları aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer kontrol (25.2cm) uygulamasından elde edilmiştir. Bitki baş uzunluğunda maksimum değer elde edildiği PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (35.3cm) uygulaması kontrole göre % 40.1 oranında artış sağlamıştır. Bitki gelişimini destekleyen rizobakteriler ve yarasa gübresinin kombinasyon şeklinde uygulanması marulun baş boyunun büyümesine önemli etkisi olmuştur. Bitki baş çapında en yüksek değerleri KG, PGPR+50kg/da YG+7/10 KG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG(36.8 cm), PGPR+150kg/da YG+7/10 KG uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer Kontrol (29.6 cm) uygulamasından elde edilmiştir. Maksimum bitki baş çapının elde edildiği PGPR+100kg/da YG+7/10 KG(37.8 cm) uygulaması kontrol uygulamasına göre % 27.7, tam doz KG'ye göre %1.7 oranında artış göstermiştir. Bitki kök boğazı çapında en yüksek değer KG, PGPR+50kg/da YG+7/10 KG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG(33mm), uygulamalarında, en düşük değer ise Kontrol (27.6mm) uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek değer elde edildiği PGPR+100kg/da YG+7/10 KG(33mm) uygulaması kontrole göre %19.6 oranında artış sağlamıştır. Bitki baş ağırlığı bakımından En yüksek değer PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10KG(1.64kg) uygulamalarından elde edilirken, minimum değer Kontrol (1.1kg) uygulamasından elde edilmiştir. Bitki baş ağırlığında en yüksek değer alındığı uygulama kontrole göre 82.2, tam doz KG' ye göre % 1.3 oranında artış sağlamıştır. Çalışmamız ile benzer sonuçlar gösteren bazı çalışmalar; Dasgan ve ark.(2022)'a göre PGPR, fesleğen yaprak verimini %50 mineral gübre uygulamasına kıyasla %18,94 artırmıştır. Rostaminia ve ark.(2021) çeşitli *Pseudomonas* bakteri türlerini kullanarak marul veriminde %10-20 oranında artış olduğunu

belgelemiştir. Bitki kök uzunluğu bakımından PGPR, KG, PGPR+50kg/da YG+7/10 KG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (12.1 cm) uygulamaları aynı önem seviyesinde değer almışlardır. En düşük değer kontrol (7.5cm) uygulamasından elde edilmiştir. Bitki kök uzunluğunda en yüksek değer elde edildiği PGPR+150kg/da YG+7/10 KG uygulaması kontrol uygulamasına göre %60.1 oranında artış göstermiştir. Bitki yaprak sayısı bakımından PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (46.5 adet/bitki) uygulaması en yüksek değerleri almışlardır. En düşük değer kontrol (37.3 adet/bitki) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5). Bitki yaprak sayısında en yüksek değer elde edildiği PGPR+150 kg/da YG+7/10 KG uygulaması kontrol uygulamasına göre %24.7, tam doz KG'göre %5.2 oranında artış göstermiştir. SKÇM ölçüm sonuçları istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Bitki yaprak yaş ağırlığı bakımından PGPR+100kg/da YG+7/10 KG (145.7g) uygulaması en yüksek değeri alırken en düşük değer kontrol (127.9g) uygulamasından elde edilmiştir. Bitki yaprak yaş ağırlığında en yüksek değer elde edildiği PGPR+100kg/da YG+7/10 KG uygulaması kontrol uygulamasına göre %21.6, tam doz KG'ye göre %2.08 oranında artış göstermiştir. Bitki yaprak kuru ağırlığı bakımından PGPR+100kg/da YG+7/10 KG (13.7g) uygulaması en yüksek değeri alırken en düşük değer kontrol (11.5g) uygulamasından elde edilmiştir. Bitki yaprak kuru ağırlığında en yüksek değer elde edildiği PGPR+150kg/da YG+7/10 KG uygulaması kontrol uygulamasına göre %19.1, tam doz KG' ye göre %6.2 oranında artış göstermiştir. PGPR'lere yarasa gübresinin dahil edilmesi tek başına PGPR'lere göre verim bileşenlerine etkisi daha fazla olmuştur. Çalışmamız ile benzer sonuçlar gösteren bir çalışmada; Marul bitkilerine bakteri suşları aşılandığında bitki boyu, bitki kuru maddesi, bitki kalınlığı, kök ağırlığı ve kök kuru maddesi gibi çeşitli büyüme göstergelerinde kontrol bitkilerine göre önemli bir artış sağladığını bildirmiştir (Acurio Vásconez ve ark.2020).

Çizelge 4. Farklı dozlarda yarasa gübresi, PGPR ve %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre uygulamalarının marul (*Lactuca sativa* L.) Yetiştiriciliğinde bitki büyüme parametrelerine etkisi

Table 4. Effects of different doses of bat guano, PGPR and 30% reduced chemical fertilizer applications on plant growth parameters in lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation

Uygulamalar	Baş Boyu (cm)	Baş Çapı (cm)	Kök Boğazı çapı (mm)	Baş Ağırlığı (kg)	Kök uzunluğu (cm)
Kontrol	25.2+-0.9d	29.6.2+-0.9e	27.6+-1c	0.9 +-0.1e	7.6+-0.5b
YG	29.3+-0.6c	33+-0.5d	30.1+-1,2b	1.55+-0bcd	9.5+-0.4a
KG	34.7+-0.7ab	37+-0.5a	32.5+-0.6ab	1.6+-0b	10.9+-0.5a
PGPR	34.1+-0.7ab	36.1+-0.4ab	32+-1.1ab	1.52+-0d	10.2+-0.5a
PGPR+25kg/da YG+ 7/10 KG	33.3+-0.5b	35.3+-0.4bc	32+-0.8ab	1.55+-0cd	10.6+-0.9a
PGPR+50kg/da YG+ 7/10 KG	34.6+-0.4ab	37.2+-0.7a	32.8+-0.7ab	1.58+-0bc	11+-0.9a
PGPR+100kg/da YG+ 7/10 KG	35.3+-0.3a	37.8+-0.4a	33+-0.4a	1.64+-0a	11.2+-0.6a
PGPR+150kg/da YG+7/10 KG	34.8+-0.4ab	37.6+-0.4a	32.8+-0.7ab	1.62+-0a	11.6+-1.1a
Ortalama	32.9	35.7	31.6	1.52	10.33

YG; Yarasa gübresi, KG: Kimyasal gübre, Aynı sütundaki farklı harfler, Duncan'ın çoklu aralık testine göre p=0,05'te 8 uygulama arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları gösterir.

Çizelge 5. Farklı dozlarda yarasa gübresi, PGPR ve %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre uygulamalarının marul (*Lactuca sativa*L.) Yetiştiriciliğinde bitki büyüme parametrelerine etkisi

Table 5. Effects of different doses of bat guano, PGPR and 30% reduced chemical fertilizer applications on plant growth parameters in lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation

Uygulamalar	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	SÇKM(%)	Yaprak yaş ağırlığı(g)	Yaprak kuru ağırlığı(g)
Kontrol	36.8+-0.4e	3.6+-0.6b	117.3+-3.4c	11.5+-1.1a
YG	36.6+-1.1e	3.8+-0.1a	132.9+-2.8abc	12.7+-1a
KG	43.6+-0.3bcd	3.5+-0.3b	139.4+-3.5abc	12.9+-0.5a
PGPR	41.7+-0.5d	3.5+-0.3b	131.3+-4.6bc	12.1+-0.6a
PGPR+25kg/da YG+7/10 KG	42.4+-0.7cd	3.5+-0.3b	137.4+-1.7abc	12.8+-0.6a
PGPR+50kg/da YG+7/10 KG	44.2+-0.4abc	3.5+-0.2b	138.5+-5abc	13.4+-0.7a
PGPR+100kg/da YG+7/10 KG	45.4+-0.5ab	3.5+-0.6b	142.6+-5a	13.7+-0.5a
PGPR+150kg/da YG+7/10 KG	45.9+-0.4a	3.6+-0.6b	142.3+-3.3a	13.6+-1.1a
Ortalama	42.1	3.56	135.2	12.83

YG; Yarasa gübresi, KG: Kimyasal gübre, Aynı sütundaki farklı harfler, Duncan'ın çoklu aralık testine göre p=0,05'te 8 uygulama arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları gösterir.

Bitkilerin besin elementi içerikleri değerlendirildiğinde N içeriklerinde en yüksek değer aynı önem seviyesinde değer alan PGPR+50kg/da YG+7/10 KG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG(%3.7), PGPR+150kg/da YG+7/10 KG

uygulamalarından elde edilmiş (Çizelge 6), yarasa gübresinin en yüksek dozları en düşük değer alan kontrol (%2.8) uygulamasına göre %32.1 oranında artış sağlanmıştır. PGPR'lerin N fikseri görevi görmesi yaprak N içeriklerini artırmasında etkili

olduğu düşünülmektedir. Bitkilerin P içeriklerine göre KG, PGPR+50kg/da YG+7/10KG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (%0.5) uygulamaları aynı önem seviyesinde en yüksek değeri alırken kontrol(% 0.3) uygulamasına göre % 66.6 artış sağlanmıştır. Bitkilerin K içeriklerinde PGPR+100kg/da YG+7/10 KG (%4.6) uygulaması en yüksek değeri alırken kontrol(% 2.7) göre % 70.4 artış sağlanmıştır. Bitkilerin Ca içerikleri ölçümlerine göre PGPR+100kg/da YG+7/10 KG (%2.1) uygulamasından en yüksek elde edilirken en düşük değer alan kontrol (%1.7) uygulamasına göre% 23.5 oranında artış olmuştur. Mg ölçümlerinde KG, PGPR, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (%0.5) uygulamaları aynı önem seviyesinde en yüksek değerleri almış olup kontrol (%0.3) uygulamasına göre %66.6 artış yapmıştır. Yaprak Fe içerikleri açısından PGPR, KG, YG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG(169.2 mg kg⁻¹), PGPR+150kg/da YG+7/10 KG uygulamaları aynı önem seviyesinde en yüksek değerleri almış olup

kontrol(131.4 mg kg⁻¹) uygulamasına göre %28.8 artış yapmıştır (Çizelge 7). Uygulamaların yaprak Zn içeriklerine etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuş ancak yarası gübresinin artan dozlarının yaprak Zn içeriklerini artırmıştır. Yaprak Mn içerikleri ölçüldüğünde, PGPR+50kg/da YG+7/10 KG, PGPR+100kg/da YG+7/10 KG, PGPR+150kg/da YG+7/10 KG (%3.5) uygulamaları aynı önem seviyesinde en yüksek değerleri almış olup kontrol (%2.6) uygulamasına göre %34.6 artış yapmıştır. Yüksek yarası dozlarının yaprak Cu içeriklerini sınırlandırdığını aksine kontrol uygulaması ve PGPR+25kg/da YG+7/10 KG uygulamalarının Cu alımını artırdığı saptanmıştır. Çalışmamız ile benzer sonuçlar gösteren başka çalışmalarda ; Farklı etki biçimlerine sahip PGPR'lerin bitki beslenmesinde önemli rolü, azot, potasyum, çinko ve demir gibi temel minerallerin, özellikle fosforun çözünürlüğünü, alınımını ve biyoyararlanımını artırmıştır(Acurio Vásquez ve ark., 2020; Basu ve ark., 2021; Khatoon ve ark., 2020).

Çizelge 6. Farklı dozlarda yarası gübresi, PGPR ve %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre uygulamalarının marul (*Lactuca sativa*L.) Yetiştiriciliğinde bitki besin içeriklerine etkisi

Table 6. Effect of different doses of bat guano, PGPR and 30% reduced chemical fertilizer applications on plant nutrient contents in lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation

Uygulamalar	N(%)	P(%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Kontrol	2.8+-0.1c	0.3+-0c	2.7+-0.2d	1.7+-0b	0.3+-0b
YG	3.1+-0.1b	0.4+-0bc	4.2+-0.1bc	1.7+-0.1b	0.5+-0a
KG	3.6+-0.1a	0.5+-0ab	4.3+-0.1abc	1.9+-0.1ab	0.5+-0a
PGPR	3.3+-0.1b	0.5+-0ab	4.1+-0.2bc	1.7+-0.2b	0.4+-0a
PGPR+25kg/da YG+7/10 KG	3.1+-0.1b	0.4+-0ab	4+-0,1c	1.7+-0.1b	0.5+-0a
PGPR+50kg/da YG+7/10 KG	3.6+-0a	0.5+-0a	4.5+-0.1abc	1.9+-0.1ab	0.5+-0a
PGPR+100kg/da YG+7/10 KG	3.7+-0a	0.5+-0a	4.6+-0.1a	2.1+-0.2a	0.5+-0a
PGPR+150kg/da YG+7/10 KG	3.7+-0a	0.5+-0a	4.5+-0.1ab	1.9+-0.1ab	0.5+-0a
Ortalama	3.36	0.45	4.11	1.82	0.46

YG; Yarası gübresi, KG: Kimyasal gübre, Aynı sütundaki farklı harfler, Duncan'ın çoklu aralık testine göre p=0,05'te 8 uygulama arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları gösterir.

Çizelge 7. Farklı dozlarda yarasa gübresi, PGPR ve %30 oranında azaltılmış kimyasal gübre uygulamalarının marul (*Lactuca sativa*L.) Yetiştiriciliğinde bitki besin içeriklerine etkisi

Table 7. Effect of different doses of bat guano, PGPR and 30% reduced chemical fertilizer applications on plant nutrient contents in lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation

Uygulamalar	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn(%)	Cu(mg kg ⁻¹)
Kontrol	131.4+-6b	56.9+-4a	2.6+-0.1b	11.5+-2ab
YG	158.3+-5a	63.3+-4a	3.1+-0.5ab	10.9+-2a
KG	166.5+-7a	65.1+-4a	3.2+-0.3ab	8.1+-2ab
PGPR	161.1+-5a	63.9+-4a	3.2+-0.2ab	8.3+-1ab
PGPR+25kg/da YG+7/10 KG	160.3+-6a	59.9+-5a	3.4+-0.1a	8.6+-1ab
PGPR+50kg/da YG+7/10 KG	164.3+-10a	62.2+-5a	3.5+-0.1a	7.1+-1b
PGPR+100kg/da YG+7/10 KG	169.2+-8a	63.2+-4a	3.5+-0.1a	7.9+-1ab
PGPR+150kg/da YG+7/10 KG	165.7+-5a	61.1+-2a	3.5+-0.1a	8.9+-1ab
Ortalama	159.6	61.95	3.25	8.91

YG; Yarasa gübresi, KG: Kimyasal gübre, Aynı sütündeki farklı harfler, Duncan'ın çoklu aralık testine göre p=0,05'te 8 uygulama arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları gösterir.

Sonuçlar

Marul yetiştiriciliğinde yarasa gübresi ve PGPR birlikte kullanılarak mineral gübre miktarları azaltılabilir. Çalışmamızın sonuçlarına göre kullanılan gübre kombinasyonlarında mineral gübreler %30 oranında azaltılabilir. Bu durumda sadece kimyasal gübre ve sadece PGPR uygulamalarında verim ve verim bileşenlerinde azalmalar görülmüştür. Ölçüm ve analiz sonuçlarına göre hem biyomas ölçümler hem de yaprak besin elementi kapsamı değerlendirildiğinde; uygulanan kombinasyonlar kapsamında yarasa gübresindeki doz artışları etkisini gösterilmiştir. Tüm uygulamalar kontrole göre artış gösterirken PGPR+100kg/da YG+7/10 KG ve PGPR+150kg/da YG+7/10 KG uygulamaları aynı önem seviyesinde en etkili dozlar olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre ekonomik marul üretimi için PGPR+100kg/da YG+7/10 KG dozunun uygulanması yararlı görülmektedir. Bu çalışma ile yaprakları tüketilen marulun kimyasal gübrelere daha az maruz bırakılarak PGPR ve yarasa gübrelemesinin işbirliği ile daha az kalıntı ile daha sağlıklı ürünlerin tüketimi de amaçlanmış olacaktır. Aynı zamanda ülke ekonomisine ve toprağa yararlılık anlamında PGPR ve yarasa gübresi kullanımının katkısı fazla olacaktır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Kaynaklar

- Audra, P., Heresanu, V., Barriquand, L., Boutchich, M. E. K., Jaillet, S., Pons-Branchu, E., ... & Renda, M. (2021). Bat guano minerals and mineralization processes in Chameau Cave, Eastern Morocco. *International Journal of Speleology*, 50(1), 91-109.
- Acurio Vásquez, R. D., Mamarandi Mossot, J. E., Ojeda Shagñay, A. G., Tenorio Moya, E. M., Chiluisa Utreras, V. P., & Vaca Suquillo, I. D. L. Á. (2020). Evaluation of *Bacillus* spp. as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and lettuce (*Lactuca sativa*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3).
- Basu, A., Prasad, P., Das, S. N., Kalam, S., Sayyed, R. Z., Reddy, M. S., & El Enshasy, H. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, 13(3), 1140.
- Gallant, L. R., Grooms, C., Kimpe, L. E., Smol, J. P., Bogdanowicz, W., Stewart, R. S., ... & Blais, J. M. (2020). A bat guano deposit in Jamaica recorded agricultural changes and metal exposure over the last 4300 years. *Palaeogeography*,

- palaeoclimatology, palaeoecology*, 538, 109470.
- Gabriels, R., & Verdonck, O. (1992). Reference methods for analysis of compost. *Composting and compost quality assurance criteria*, 173-183.
- Dasgan, H. Y., Aldiyab, A., Elgudayem, F., İkiz, B., & Gruda, N. S. (2022). Effect of biofertilizers on leaf yield, nitrate amount, mineral content and antioxidants of basil (*Ocimum basilicum* L.) in a floating culture. *Scientific Reports*, 12(1), 20917.
- Dasgan, H. Y., Kacmaz, S., Arpacı, B. B., İkiz, B., & Gruda, N. S. (2023). Biofertilizers improve the leaf quality of hydroponically grown baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Agronomy*, 13(2), 575.
- Dasgan, H. Y., Yilmaz, D., Zikaria, K., İkiz, B., & Gruda, N. S. (2023). Enhancing the yield, quality and antioxidant content of lettuce through innovative and eco-friendly biofertilizer practices in hydroponics. *Horticulturae*, 9(12), 1274.
- El-Tohamy, W. A., El-Abagy, H. M., El-Greadly, N. H. M., & Gruda, N. (2012). Hormonal changes, growth and yield of tomato plants in response to chemical and bio-fertilization application in sandy soils. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(2), 179-182.
- FAOSTAT. (2021). Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed on 17 November 2021).
- Jones, J. B. (2001). *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC press.
- Horneck, D. A., Hart, J. M., Topper, K., & Koepsell, B. (1989). Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University.
- Karagöz, K. (2014). Yarasa gübresinin tarımda kullanımları. *Alinteri Ziraat Bilimleri Dergisi*, 27(2), 35-42.
- Karagöz, K., & Hanay, A. (2017). Effects of bat guano on some yield parameters of wheat. *Acad. J. Environ. Sci*, 5(11), 200-206.
- Kjeldahl, J. (1883). Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körpern. *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22(1), 366-382.
- Khatoon, Z., Huang, S., Rafique, M., Fakhar, A., Kamran, M. A., & Santoyo, G. (2020). Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. *Journal of Environmental Management*, 273, 111118.
- Mauro, R. P., Agnello, M., Distefano, M., Sabatino, L., San Bautista Primo, A., Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2020). Chlorophyll fluorescence, photosynthesis and growth of tomato plants as affected by long-term oxygen root zone deprivation and grafting. *Agronomy*, 10(1), 137.
- Martini, J. & Kavalieris, I. (1978). Mineralogy of the Transvaal caves. *South African Journal of Geology*, 81(1), 47-54.
- Mou, B. Lettuce. In *Vegetables I*; Prohens, J., Nuez, F., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2008; pp. 75-116.
- Nicolle, C., Carnat, A., Fraisse, D., Lamaison, J. L., Rock, E., Michel, H., ... & Remesy, C. (2004). Characterisation and variation of antioxidant micronutrients in lettuce (*Lactuca sativa* folium). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(15), 2061-2069.
- Palita, S.K., Panigrahi, R., & Panda, D.(2021). Potentiality of bat guano as organic manure for improvement of growth and photosynthetic response in crop plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B* , 91, 185-193.
- Rostaminia, M., Habibi, D., Shahbzi, S., Sani, B., & Pazoki, A. (2021). Effect of three commercial bio-fertilizers prepared with *Pseudomonas* on yield and morphophysiological traits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Iran Agric. Res.* 39(2), 99-107.
- Sabatino, L., Iapichino, G., La Bella, S., Tuttolomondo, T., D'Anna, F., Cardarelli, M., ... & Roupheal, Y. (2020). An appraisal of calcium cyanamide as alternative n source for spring-summer and fall season curly endive crops: Effects on crop performance, NUE and functional quality components. *Agronomy*, 10(9), 1357.
- Sabatino, L., Consentino, B. B., Roupheal, Y., De Pasquale, C., Iapichino, G., D'Anna, F., & La Bella, S. (2021). Protein hydrolysates and mo-biofortification interactively modulate plant performance and quality of 'canasta'lettuce grown in a protected environment. *Agronomy*, 11(6), 1023.
- Solaiman, A.R.M.,&Rahbbani, M.G. (2006). Effects of NPKS and cow dung on growth and yield of tomato. *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University*, 29(1), 31-37.
- Temminghoff, E.E.,& Houba, V.J. (2004). *Plant Analysis Procedures*, 2nd ed.; Temminghoff, E.E., Houba, V.J., Eds.; *Kluwer Academic Publishers*: London, UK.
- Ünal, M., Can, O., Can, B. A., & Poyraz, K. (2018). The effect of bat guano applied to the soil in different forms and doses on some plant nutrient contents. *Communications in soil science and plant analysis*, 49(6), 708-716.
- Van Reeuwijk, L.P. (2002)*Procedures for Soil Analysis*, 6th ed.; Technical Paper 9; ISRIC; FAO: Rome, Italy.
- Zaidi, A., Ahmad, E., Khan, M. S., Saif, S., & Rizvi, A. (2015). Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: Current perspective. *Scientia Horticulturae*, 193, 231-239.