



Farklı Kimyasal ve Organik Kaynaklı Organomineral Gübrelerin Silaj Mısırın Verimi ve Fosfor Alım Etkinliği Üzerine Etkileri^A

Ayşegül KORKMAZ^{1*}, Fatma GÖKMEN YILMAZ¹, Sait GEZGİN¹

Öz: Bu çalışma, kimyasal ve organomineral (leonardit ve hayvansal kaynaklı) gübre ile farklı miktarlarda fosfor uygulamalarının silaj mısırın verimi, besin element içeriği ve fosforun alım etkinliği (FAE) üzerine etkilerini karşılaştırmak amacıyla tarla koşullarında yürütülmüştür. Hafif alkalin reaksiyonlu, düşük organik madde ve fosfor içeriğine sahip alanda tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak deneme kurulmuş ve yürütülmüştür. Denemede, kontrol (gübre uygulanmayan) ve kimyasal, leonardit kaynaklı organomineral gübre ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile uygulanması gereken fosforun (11 kg P₂O₅ da⁻¹) % 100, % 80 ve % 60'i olacak şekilde fosforlu gübreler ekim esnasında banda uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, silaj mısırın verimi, besin element içeriği ve FAE, uygulanan gübre ve fosfor uygulama miktarlarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bitki verimi (4208 kg da⁻¹) en yüksek hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile uygulanması gereken fosforun % 60'inin yani; 6.6 kg P₂O₅ da⁻¹ uygulaması ile elde edilmiştir. Mısırın kuru madde içeriği en yüksek kimyasal gübre ile uygulanması gereken fosforun % 80'inin yani; 8.8 kg P₂O₅ da⁻¹ uygulama konusunda belirlenmiştir. Uygulamalara göre değişmekle birlikte silaj mısırın P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn ve B içerikleri genel olarak kontrole göre artmıştır. Fosforun alım etkinliği uygulama kaynakları ve uygulanan fosfor miktarına göre farklılık göstermiş olup ortalama % 46 olarak belirlenmiştir. Organomineral gübre uygulamaları ile silaj

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* Sorumlu yazar/Corresponding Author: 1 Ayşegül KORKMAZ, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya Türkiye, aysegul.korkmaz22@gmail.com [OrcID 0000-0002-6745-5742](https://orcid.org/0000-0002-6745-5742)

¹ Fatma GÖKMEN YILMAZ, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya Türkiye, fgokmen@selcuk.edu.tr [OrcID 0000-0001-8523-1825](https://orcid.org/0000-0001-8523-1825)

¹ Sait GEZGİN, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya Türkiye, sgezgin@selcuk.edu.tr [OrcID 0000-0002-3795-4575](https://orcid.org/0000-0002-3795-4575)

mısır bitkisinde fosforun alım etkinliği kimyasal gübreye göre daha yüksek bulunmuştur. Silaj mısırın verimi ve FAE bakımından hayvansal kaynaklı organomineral gübre diğer kaynaklara göre alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Fosfor alım etkinliği, Kimyasal gübre, Leonardit, Organomineral gübre, Silaj mısır, Verim.

The Effects of Different Chemical and Organically Obtained Organomineral Fertilizers on Yield and Phosphorus Uptake Efficiency of Silage Maize

Abstract: The study was carried out to compare the effects of chemical and organomineral (leonardite and animal origin) fertilizers and different amounts of phosphorus on silage corn yield, nutrient content and phosphorus uptake efficiency (PUE) in field conditions. A field with slightly alkaline, low in organic matter and phosphorus content was used to establish the experiment using the randomized completely blocked design with three replications. In the experiment, 100 %, 80 % and 60 % of the required phosphorus (11 kg P₂O₅ da⁻¹) fertilizer rates were applied separately with control (no fertilizer application) and chemical fertilizer, leonardite-derived organomineral fertilizer and animal-derived organomineral fertilizer using the banding fertilization method at sowing. As a result of the study, the yield of silage corn, nutrient content and PUE varied depending on the P application rates and fertilizer used. The highest yield (4208 kg da⁻¹) was obtained from 60 % phosphorus application rate (6.6 kg P₂O₅ da⁻¹) applied with organomineral fertilizer of animal origin. The highest dry matter content of corn was determined from 80 % P rate (8.8 kg P₂O₅ da⁻¹) applied with the highest chemical fertilizer. Owing to the different treatment combinations, the P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn and B contents of silage maize generally increased compared to the control. The average PUE determined from the study was 46 % and differed according to the source of organomineral fertilizer and the amount of phosphorus applied. With organomineral fertilizer applications, phosphorus uptake efficiency of silage corn was found to be higher compared to the use of chemical fertilizer. In terms of the yield and PUE of silage maize, organomineral fertilizer of animal origin can be used as an alternative to other sources.

Keywords: Phosphorus uptake efficiency, Chemical fertilizer, Leonardite, Organomineral fertilizer, Silage corn, Yield.

Giriş

Hayvan yem maddesi ve gıda sektöründe kullanılmak üzere 2020 yılında Türkiye’de mısır bitkisi 1.21 milyon hektar alanda yetiştirilmektedir. Ülkemizde mısır bitkisinin 2020 yılı ortalama tane verimi 941 kg da⁻¹, silaj verimi 5226 kg da⁻¹ olup ABD ve AB ülkelerine göre düşük düzeydedir (TÜİK, 2021). Mısır bitkisinin verim ve kalitesinin artırılabilmesi diğer kültürel faktörler yanında dengeli gübreleme ile mümkün olur. Bitkisel üretimde

verim ve kalitenin artırılması için kimyasal gübreler ile besin elementleri uygulanmakta ancak toprakta yeterli organik madde bulunmamasından dolayı alım etkinliklerinin istenilen düzeylerde olmadığı belirtilmektedir (Tamer ve ark., 2016; Ordu ve Aşık, 2021). Bu sorunun en iyi çözümü toprağa organik madde eklenmesi şeklinde olmaktadır. Organik madde toprak mikroorganizmaları tarafından biyolojik ve fiziko-kimyasal reaksiyonlarla ayrıştırılıp parçalanması sonucu toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileşmesiyle besin elementlerinin alım etkinliğini artırmaktadır (Ogazi ve Omueti, 2000; Adeoye ve ark., 2008). Ancak çeşitli organik maddelerin kimyasal gübrelerle ilave edilmesiyle üretilen organomineral gübrelerdeki organik madde toprakların fiziksel özelliklerini ve geniş çapta kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmekten ziyade gübre granülü çevresinde çok küçük bir alanda kimyasal ve biyolojik özellikleri iyileştirerek gübre granülünden serbestlenen besin elementlerinin kayıplarının azalmasına ve difüzyon katsayılarının artmasına neden olarak gübrelerle verilen besin elementlerinin alım etkinliğinin artmasını sağlayabilir (Makinde ve ark., 2001; Akande ve ark., 2011; Schoebitz ve Vidal, 2016; Süzer ve Çulhacı, 2016). Organomineral gübrelerin bu özelliğinden dolayı bitki besin elementlerinin yararlılığı ve alım etkinliklerinin artırılması amacıyla kimyasal gübrelerle alternatif olabileceği ifade edilmiştir (Kominko ve ark., 2017). Nitekim fosforlu gübrelerle birlikte verilen hümik ve fülvik asit kaynağı olan leonardit veya K-humatın (hümik asit) toprakta fosforun elverişli miktarının ve bitkilerce alımını arttırdığı belirlenmiştir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010, Erdal ve ark., 2014). Bir diğer çalışma olan Adeoye ve ark., (2008) organomineral gübrelerin uygulamalarının mısır veriminde artışlar meydana getirdiği belirlenmişlerdir. Mısırın kuru madde üzerine kimyasal ve organomineral gübrelerin etkilerini belirlemek için yapmış olan bir diğer çalışmada organomineral gübre uygulandığında kuru maddede % 20 oranında bir artış olduğu bulunmuş ve bu artışın organomineral gübrenin içerisindeki organik maddeden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Teixeira ve ark., 2011; Grohskopf ve ark., 2019). Organomineral gübrenin tarımsal ürün veriminin yanısıra toprak özellikleri üzerine yapmış olduğu etkilerde benzer çalışmalarla doğrulanmıştır (Silva ve ark., 2020). Hayvansal kaynaklı organik maddelerinde mısır veriminde tek başına uygulamalarına (Nottfge ve ark., 2005; Kravchenko ve Thelen, 2007) ve kimyasal gübreler ile birlikte kullanımlarında önemli verim artışlarına neden olduğu bulunmuştur. Organomineral gübrelerin organik fraksiyonlarının bitkisel ve hayvansal atıkların tarımsal üretimde kullanılmasıyla ekonomik ve çevresel birçok kazanç sağlanmasına neden olduğu bildirilmiştir (Schmidt Filho ve ark., 2016). Kullanılan fosforlu gübrelerin ürün verimliliği üzerine etkileri her toprak koşulunda % 25'i geçmemektedir (Noor ve ark., 2017). Bu durum tarım topraklarının büyük çoğunluğunda düşük pH, yüksek alüminyum, demir ve mangan çözünürlüğü yada yüksek pH, yüksek kil ve kireç miktarı ve düşük organik madde miktarı yanında bitkilerin gelişme döneminde düşük nem içeriği veya sıcaklığa bağlı olarak fosfor fiksasyonunun fazlalığı ve difüzyon katsayısının düşüklüğü nedeniyle bitkilerce gübre fosforunun alım etkinliği çok düşük olmasından kaynaklanabilir (Gallet ve ark., 2003; Fransson ve ark., 2003; Ahmad ve Rashid, 2004). Kimyasal fosforlu gübrelerle farklı organik kökenli kaynakların ilave edilmesi ile gübrenin özelliklerini iyileştirilerek toprağa uygulanan ve bitki tarafından alınan birim fosfor miktarına bağlı olan ürün verimi yani fosfor kullanım etkinliğinde artış hedeflenmektedir. Fosfor kullanımını arttıracak birim fosforla sağlanan verimliliğin daha düşük miktarlardaki uygulamalarda bile daha yüksek oranda artışlara sebep olacaktır (Trenkel, 2010). Ayrıca uygulanan gübrenin ve miktarının, bitkinin besin elementi kullanım etkinliğine göre

belirlemesi gübrenin ekonomik kullanılması ve çevre kirliliğine etkisi bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışma, leonardit ve hayvansal kaynaklı organik madde içeren organomineral gübreler ve bir kimyasal gübre ile farklı miktarlarda fosfor uygulamalarının mısır bitkisinin silaj verimi, besin elementleri içeriğine ve silaj mısırının fosfor alım etkinliğine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Tarla denemesi, 38° 29' - 12° 61' Kuzey paralelleri ve 32° 28' - 35° 66' Doğu meridyenleri arasında yer alan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü Gözlü Tarım İşletmesi arazisinde sulu koşullarda 2020 yılından bitki vejetasyon süresince fosfor içeriği düşük olan bir toprakta ($P < 8 \text{ mg kg}^{-1}$, Sillanpaa, 1990) yürütülmüştür. Deneme alanının bulunduğu Sarayönü'nde bitki gelişim dönemindeki toplam yağış miktarı 109 mm ve ortalama sıcaklık 20.4 °C olarak belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazinin toprağı killi tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, kireçli, organik madde içeriği düşük ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemeyecek düzeyde tuzluluğa sahiptir. Toprağın bitkiye elverişli Ca ve Mg miktarı fazla olup K, Mn, Cu, B miktarı yeterli, Fe ($< 2.5 \text{ mg kg}^{-1}$) ve Zn ($< 0.5 \text{ mg kg}^{-1}$) miktarı yetersiz düzeydedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme yeri toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve analiz sonuçları

Toprak özellikleri	Birimi	Sonuç	Kaynak
Tekstür sınıfı		Killi tın	Bouyoucos (1951)
pH (1:2.5 Toprak:Su)		8.12	Jackson (1962)
EC (Tuz) (1:5Toprak:Su)	(dS m ⁻¹)	0.78	
CaCO ₃ (Kireç)	(%)	3.33	Hızalan ve Ünal (1966)
Organik madde	(%)	1.66	Smith ve Weldon (1941)
Alınabilir P	mg kg ⁻¹	3.58	Bayraklı (1987) (0.5 N NaHCO ₃)
Ekstrakte edilebilir K	mg kg ⁻¹	227	Bayraklı (1987) (1 N NH ₄ OAc)
Ekstrakte edilebilir Na	mg kg ⁻¹	130	
Ekstrakte edilebilir Mg	mg kg ⁻¹	519	
Ekstrakte edilebilir Ca	mg kg ⁻¹	7264	
Alınabilir Fe	mg kg ⁻¹	2.13	Lindsay ve Norvell (1978) (DTPA+CaCl ₂ +TEA)
Alınabilir Mn	mg kg ⁻¹	5.14	
Alınabilir Cu	mg kg ⁻¹	1.15	
Alınabilir Zn	mg kg ⁻¹	0.26	
Alınabilir B	mg kg ⁻¹	0.60	Cartwright ve ark., (1983)

Tarla denemesi, “72 May 80” silajlık mısır çeşidine Çizelge 2’de belirtilen 10 farklı uygulama konusu, uygulanan gübre kaynakları ve uygulama miktarları dikkate alınarak tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 30 parselde yürütülmüştür. Deneme yeri toprağının elverişli fosfor miktarı düşük olup bu miktarına göre Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (2006)’nde silajlık mısır için önerilen 11 kg P₂O₅ da⁻¹ miktarı uygulanması gereken saf fosforun % 100’ünü sağlayacak seviyede alınmış ve uygulanmıştır (Güçdemir,

2006). Çizelge 2’de belirtilen gübre kaynakları (kimyasal gübre; 13-24-12 + 15 SO₃ + 1 Zn, leonardit kaynaklı organomineral gübre; 6-16-6 + % 30 SO₃ + % 0.1 Zn + % 23 organik madde ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre; 6-10-6 + % 10 SO₃ + % 0.2 Zn + % 0.3 Fe + % 30 organik madde) ile uygulama miktarları, ekim makinesi ile ekim esnasında banda uygulanmıştır. Denemede fosfor uygulama miktarlarına göre uygulanan gübre kaynaklarından gelen azot miktarı dikkate alınarak mısırın 8 ve 12 yapraklı olduğu dönemlerde sırasıyla 16 ve 9 kg N da⁻¹ olmak üzere toplamda 25 kg N da⁻¹ Üre (% 46 N) gübresi ile verilmiştir.

Çizelge 2. Uygulama konuları, uygulanan gübre kaynakları ve uygulama miktarları

Uygulama konuları	Uygulanan Gübre Kaynakları	Uygulama Miktarları
U ₁	Gübre uygulaması yok	Kontrol (Fosfor uygulaması yapılmamış)
U ₂	Kimyasal gübre (13-24-12 + 15 SO ₃ + 1 Zn)	11 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 100 P ₂ O ₅)
U ₃		8.8 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 80 P ₂ O ₅)
U ₄		6.6 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 60 P ₂ O ₅)
U ₅	Leonardit kaynaklı organomineral gübre (6-16-6 + 30 SO ₃ + 0.1 Zn + 23 organik madde)	11 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 100 P ₂ O ₅)
U ₆		8.8 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 80 P ₂ O ₅)
U ₇		6.6 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 60 P ₂ O ₅)
U ₈	Hayvansal kaynaklı organomineral gübre (6-10-6 +10 SO ₃ + 0.2 Zn + 0.3 Fe + 30 organik madde)	11 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 100 P ₂ O ₅)
U ₉		8.8 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 80 P ₂ O ₅)
U ₁₀		6.6 kg P ₂ O ₅ da ⁻¹ (% 60 P ₂ O ₅)

Denemede ekimde parsel boyutu 840 m² (4.2 m x 200 m) olup kenar tesiri dikkate alınarak 756 m² ‘lik alan parsel biçer-döveri ile hasatta yapılmıştır. Her parselden ayrı ayrı tartımları yapılarak verimleri kaydedilmiş ve dekara silaj verimleri hesaplanarak belirlenmiştir. Her parselden hasatta silaj örnekleri alınmış ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Toprak Gübre ve Bitki Besleme Araştırma Laboratuvarında gerekli ön işlemlerden sonra 70 °C’de hava sirkülasyonlu kurutma dolabında (Elektro-Mag M6040P) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru madde içerikleri belirlenmiştir. Bu örneklerin N miktarı LECO C/N analizatöründe AACC Metot 46-30’da verilen Dumas Combustion Metoduna göre belirlenmiştir. Elde edilen değer 6.25 katsayısı ile çarpımı sonucunda ham protein içeriği hesaplanmıştır (Merrill ve Watt, 1955). Ayrıca örnekler 0.2 g tartılmış ve 5 ml konsantre HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ (% 30 w/v) ile mikro dalga cihazında (Cem MarsXpress; CEM Corp; Matthews, NC, USA) yüksek basınç altında (200 PSI) çözündürülmüştür. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine bir adet şahit ve referans materyal olarak bir adet NIST SRM 1573a yaprak örneği ilave edilmiştir. Çözündürülen numunelerin hacimleri deiyonize saf su ile 20 ml’ye tamamlanmıştır. Çözündürülen numuneler mavi bantlı filtre kağıdından süzülüp, süzükteki toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn ve B miktarları ICP-OES cihazında tespit edilmiş (Usda, 2004) ve ilgili element içerikleri sulandırma faktörü dikkate alınarak hesaplanmıştır. Uygulamaların silaj mısır bitkisinin fosfor alım etkinliği üzerine etkileri (Moll ve ark., 1982) belirlemek için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Eşitlik 1).

$$\text{Gübre fosforunun alım etkinliği (FAE)} = \frac{\text{Gübre uygulaması ile bitki tarafından alınan fosfor miktarı} - \text{Kontrolde gübre uygulanmaksızın bitki tarafından alınan fosfor miktarı}}{\text{Uygulanan fosfor miktarı}} \quad (1)$$

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi JMP istatistik programı (JMP, SAS Institute, Cary, NC) kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Uygulamalara bağlı olarak değişmekle birlikte silaj mısırın verimi, kuru madde ve ham protein içeriği üzerine etkileri Çizelge 3'de verilmiştir. Silajın verimi üzerine uygulamaların etkisi % 5, kuru madde ve ham protein içeriği üzerine etkisi % 1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Bitkinin veriminde kontrole (3088 kg da⁻¹) göre %10 (U₆) ile % 13 (U₈) oranlarında azalmalar belirlenirken diğer uygulamalar ile % 7 (U₂) ile % 36 (U₁₀) arasında değişen oranlarda artış belirlenmiştir. Silaj mısırının verimi, kimyasal gübre ile fosforun %100'ünün uygulandığı uygulamaya göre (U₂), organomineral gübre ile fosforun %100'ünün verildiği leonardit kaynaklı uygulamada (U₅) % 3 oranında ve kimyasal gübre ile fosforun % 60'ının uygulandığı uygulamaya göre (U₄), organomineral gübre ile fosforun % 60'ının verildiği hayvansal kaynaklı uygulamada (U₁₀) % 4 oranlarında artışlar, diğer uygulamalarda (U₂ ile U₈; U₃ ile U₆; U₃ ile U₉; U₄ ile U₇) azalmalar bulunmuştur. Kimyasal gübre ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile 11 kg P₂O₅ da⁻¹ (% 100 P₂O₅) uygulamasına göre fosforun % 80 ve % 60'ının uygulandığı uygulamalarda bitki verimi sırasıyla % 9 ve % 12, % 32 ve % 56 oranlarında arttığı, artan fosfor uygulamalarına bağlı olarak verimde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu durum fosfor uygulama kaynağı olarak leonardit kaynaklı organomineral gübre uygulamalarında tam tersi olmuş % 18 ve % 2 oranlarında azalmalar belirlenmiştir. En yüksek silaj mısır verimi (4208 kg da⁻¹) hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 60'ının uygulandığı uygulaması (U₁₀) ile elde edilmiştir. Nitekim Corrêa ve ark., (2016), yaptıkları bir çalışmada sonucunda bitki veriminin en fazla organomineral gübre + inhibitör > kimyasal gübre + inhibitör ≥ kimyasal gübre > organomineral gübre ≥ organik gübre + inhibitör ≥ organik gübre uygulamalarında elde ettiklerini ifade etmişlerdir.

Çizelge 3. Uygulamaların silaj mısırın verimi, kuru madde ve ham protein içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	Verim (kg da ⁻¹)	Kuru Madde İçeriği	Ham Protein İçeriği
		----- (%) -----	
U ₁	3088* abc	35.57 C	15.79 D
U ₂	3312 abc	36.25 C	17.73 BC
U ₃	3616 abc	51.97 A	18.23 B
U ₄	4032 abc	35.70 C	18.08 B
U ₅	3408 abc	38.04 BC	17.16 C
U ₆	2784 bc	41.51 B	17.54 BC
U ₇	3344 abc	39.29 BC	17.85 BC
U ₈	2693 c	36.72 BC	17.08 C
U ₉	3556 abc	37.28 BC	17.77 BC
U ₁₀	4208 a	41.33 B	19.19 A

*, Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır. A, B: p<0.01; a, b: p<0.05

Silaj mısırın kuru madde içeriği, uygulamalara bağlı olarak değişmekle birlikte kontrole (U_1) göre, % 0.4 (U_4) ile (U_3) % 46 arasında değişen oranlarda artışlara neden olmuştur. En yüksek bitki kuru madde içeriği kimyasal gübre ile fosforun % 100'ünün verildiği U_2 uygulamasında elde edilmiş, en düşük ise kimyasal gübre ile fosforun % 60'ının verildiği U_4 uygulamasında elde edilmiştir. Silaj mısırın kuru madde içeriği % 35.57 ile % 51.97 arasında değişmekte olup yapılan çalışmalarda da belirtilen değerler olan % 28-48 (Bagg, 2007) ve % 44.4'ten daha fazla (Arslan ve ark., 2017) olması nedeniyle çalışmamızdaki değerlerin de uygun olduğunu göstermektedir. Silaj mısırın kuru madde içeriğinin yüksek olmasının nedenini mısır tanelerinin olgunlaşması sırasında diğer kısımlarının da hızlı bir şekilde kurumasından kaynaklanabileceği Bagg, (2007) tarafından belirtilmiştir.

Silaj mısırın ham protein içeriği kontrole göre % 8 (U_8) ile % 22 (U_{10}) arasında değişen oranlarda artmakla birlikte uygulanan gübre miktarları ve kaynaklara göre değişmektedir. Ham protein içeriği en yüksek hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile dekara 6.6 kg P_2O_5 uygulaması yani; fosforun % 60'ının uygulanması (U_{10}) ile elde edilmiştir. Fosforun %100'ünün kimyasal gübre ile uygulandığı U_2 uygulamasına (% 17.73) göre fosforun organomineral gübrelerle uygulandığı uygulamalarında U_5 , U_6 ve U_8 uygulamalarında azalmalar belirlenirken U_3 , U_4 , U_7 , U_9 ve U_{10} uygulamalarında artışlar belirlenmiştir. Hayvansal kaynaklı organomineral gübre uygulamalarının ortalaması olarak bitki ham protein içeriği, leonardit kaynaklı organomineral gübre uygulamalardan daha fazla olmuştur. Nitekim Gong ve ark., (2009), hayvansal organomineral gübre uygulamasında meydana gelen bu artışın hayvansal kaynaklı organik maddenin mineralizasyonu sonucu açığa çıkan ve topraktaki yararlılığı artıran azottan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Uygulamaların silaj mısırın makro element (P, K, Ca ve Mg, %) içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----			
U_1	0.24* c	1.56 E	0.81	0.33
U_2	0.29 b	2.10 CD	0.76	0.31
U_3	0.32 ab	2.10 CD	0.75	0.31
U_4	0.31 ab	2.46 B	0.86	0.36
U_5	0.30 ab	2.65 B	0.70	0.28
U_6	0.29 b	2.13 C	0.70	0.29
U_7	0.33 a	2.57 B	0.83	0.36
U_8	0.30 ab	1.93 CD	0.88	0.32
U_9	0.30 ab	1.82 DE	0.81	0.31
U_{10}	0.31 ab	2.94 A	0.84	0.34

*, Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır. A, B: $p < 0.01$; a, b: $p < 0.05$

Mısır silajının P, K, Ca ve Mg içerikleri uygulamalara bağlı olarak değişmekle birlikte bitki P içeriği ($p < 0.05$) ve K içeriği ($p < 0.01$) üzerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Silaj mısırın en yüksek fosfor içeriği (% 0.33) leonardit kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 60'ının uygulanmasıyla elde edilmiş olup bunu sırasıyla $U_7 > U_3 > U_{10} = U_4 > U_5 = U_8 = U_9 > U_6 = U_2$ uygulamaları takip etmiştir. Silaj

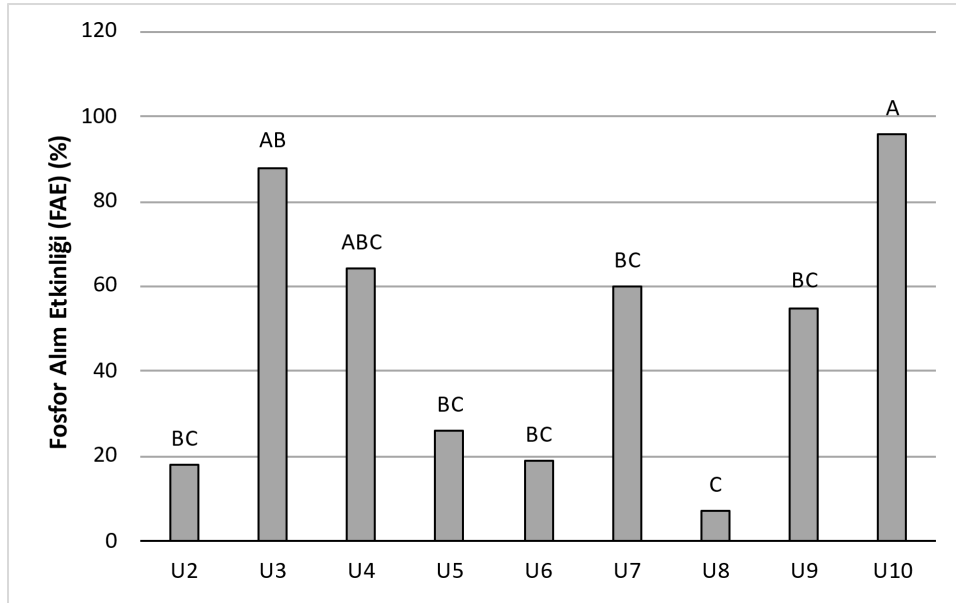
mısırında P içeriği kontrole göre en düşük artış % 21 oranında olup kimyasal gübre ile fosforun % 100'ünün uygulanması (U₂) ve leonardit kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 80'inin verildiği uygulamalar (U₇) ile elde edilmiştir. Bitkinin fosfor içeriği kontrol hariç kimyasal gübre ile fosforun %100'ünün verildiği uygulama (U₂) ile leonardit kaynaklı organomineral gübre uygulaması (U₆) istatistiki bakımdan aynı grupta (b) yer almakta olup diğer kimyasal ve organomineral gübre uygulamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Nitekim Akanni ve ark., (2011) tarafından yapılan bir çalışmada organomineral gübre uygulamaları ile mısır bitkisinin fosfor içeriğinin kontrole göre azaldığını belirlemişlerdir. Silaj mısırın en yüksek potasyum içeriği (% 2.94) leonardit kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 60'ının uygulanmasıyla elde edilmiş olup bunu leonardit kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 100'ünün uygulanması ve leonardit kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 60'ının uygulanması takip etmiştir. Leonardit kaynaklı organomineral gübre uygulamaları ile silaj mısırın potasyum içeriği diğer uygulamalara göre daha yüksek çıkmıştır. Bitkinin Ca ve Mg içeriği uygulamalara bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 5. Uygulamaların silaj mısırın mikro besin elementi (Fe, Zn, Cu, Mn ve B, mg kg⁻¹) içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	Fe	Zn	Cu	Mn	B
	----- (mg kg ⁻¹) -----				
U ₁	73.42* d	36.67	22.73	87.43	39.06
U ₂	95.65 bcd	45.54	24.24	89.83	45.21
U ₃	136.15 a	42.07	26.02	82.83	48.91
U ₄	98.69 a-d	39.59	22.77	97.05	53.15
U ₅	112.14 abc	40.12	23.01	83.24	45.05
U ₆	91.49 cd	41.14	22.71	79.64	46.40
U ₇	133.51 ab	42.42	23.29	104.64	43.14
U ₈	128.44 abc	46.16	22.40	125.09	43.33
U ₉	118.17 abc	43.68	24.91	95.10	46.67
U ₁₀	94.61 cd	47.54	24.87	95.07	47.16

*, Değerler 3 tekerrürün ortalamasıdır. a, b: p<0.05

Kimyasal gübre ve organomineral gübre (leonardit ve hayvansal kaynaklı) uygulamalarının mısır silajının Fe, Zn, Cu, Mn ve B içerikleri genel olarak kontrole göre artmakla birlikte en fazla artış Fe içeriğinde olup bunu sırasıyla Mn, B, Zn ve Cu içerikleri takip etmiştir. Bitkinin Fe içeriği üzerine uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan (p<0.05) önemli bulunmuştur. Leonardit ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre ve kimyasal gübre uygulamalarının Fe içeriğinde en yüksek % 80 P₂O₅ içeren kimyasal gübre uygulaması olan U₃ uygulamasında (136.15 mg kg⁻¹) elde edilirken, bunun azalan oranlarda uygulanan organomineral gübreler (U₇>U₈=U₉=U₅) takip etmiştir (Çizelge 5). Silaj mısırın mikro besin elementi içerikleri, kimyasal ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre uygulamalarında leonardit kaynaklı organomineral gübre uygulamalarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Nitekim Adiloğlu ve Adiloğlu, (2017) tarafından yapılan bir çalışmada hayvansal kaynaklı gübre uygulamaları ile bitkinin Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin arttığını bildirilmiştir.



Şekil 1. Uygulamaların silaj mısırın fosfor alım etkinliği üzerine etkileri

Gübre fosforunun alım etkinliği uygulamalara bağlı değişimler istatistiki bakımdan ($p < 0.01$) önemli bulunmuş olup ortalama % 46 olarak belirlenmiştir (Şekil 1). En yüksek fosfor alım etkinliği hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile fosforun % 60'ının uygulanmasıyla elde edilmiş olup bunu sırasıyla $U_3 > U_4 > U_7 > U_9 > U_5 > U_6 > U_2 > U_8$ uygulamaları takip etmiştir. Kimyasal ve leonardit ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile dekara 11, 8.8 ve 6.6 kg P_2O_5 fosforun silaj mısırın fosfor alım etkinliği ortalama olarak % 17, % 54 ve % 73 olarak belirlenmiştir. Bitkinin fosfor alım etkinliği organomineral gübre uygulamalarında kimyasal gübre uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Fosforun % 100'ünün verildiği uygulamalarda (U_2 , U_5 ve U_8) silaj mısırın fosfor alım etkinliği (% 26) en yüksek leonardit kaynaklı organomineral gübre uygulamasıyla elde edilmiştir. Fosforun % 80'inin uygulandığı uygulamalarda (U_3 , U_6 ve U_9) silaj mısırın fosfor alım etkinliği (% 88) en yüksek kimyasal kaynaklı gübre uygulamasıyla elde edilmiştir. Fosforun % 60'ının verildiği uygulamalarda (U_4 , U_7 ve U_{10}) silaj mısırın fosfor alım etkinliği (% 96) en yüksek hayvansal kaynaklı organomineral gübre uygulamasıyla elde edilmiştir.

Bitkide fosforun alım etkinliği uygulama kaynakları (kimyasal, leonardit ve hayvansal kaynaklı organomineral gübre) hatta uygulanan fosfor miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak azalan miktarda fosfor uygulamaları ile fosforun alım etkinliğinin arttığı belirlenmiştir. Nitekim Dahlen (2021) tarafından yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda (Fernández, 2009; Cordell ve White, 2013; Yılmaz ve ark., 2020) bitkilerin fosfor alım etkinliği % 10-30 arasında değiştiği bildirilmiştir ki çalışmamızda dekara hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile 11 kg P_2O_5 uygulaması dışındaki tüm uygulamalar belirtilen aralığın içerisinde hatta daha fazla olabileceğini göstermektedir.

Sonuç

Tarla koşullarında fosfor içeriği düşük olan bir alanda silaj mısırın verimi, besin element içeriği ve fosforun alım etkinliği (FAE) üzerine kimyasal ve organomineral (leonardit ve hayvansal kaynaklı) gübre ile farklı miktarlarda fosfor uygulamalarının etkileri karşılaştırılmış ve uygulanan gübre yanında fosfor miktarına bağlı olarak bu parametrelerin değiştiği belirlenmiştir. Tarımsal üretimde önemli bir kaba yem kaynağı olan silaj mısırın verimi, besin element içeriği yanında fosfor alım etkinliği bakımından hayvansal kaynaklı organomineral gübre ile uygulanması gereken fosforun % 60'ının yani; dekara 6.6 kg P₂O₅ uygulamasının diğer uygulamalara göre daha uygun olduğu bulunmuştur. Ayrıca organik madde içeriği bakımından fakir olan tarım topraklarımızda, bünyesinde organik madde olan organomineral gübre kullanımı ile gerek toprağın organik madde içeriğine katkısı gerekse silaj mısırın gelişimi ve beslenmesini artırması bakımından kimyasal gübreyle alternatif bir kaynak olabileceği söylenebilir. Ancak bu konuda daha geniş kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Teşekkür

Ülkemizde, organomineral gübrelerin bitki gelişimi ve beslenmesine etkisi ile ilgili bilgi eksikliğinin giderilmesine katkı sağlamak için bu çalışmanın yürütülmesini sağlayan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğüne (TİGEM), aynı kurumun Bitkisel Üretim Daire Başkanlığına, Gözlü işletmesinde emeği geçenlere teşekkür ediyoruz. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamakta olup bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

Kaynakça

- AACC, I., 2000. Approved Methods of the AACC, *Association of Cereal Chemists*, St. Paul.
- Adeoye, G. O., Adeoluwa, O. O., Oyekunle, M., Sridhar, M. K. C., Makinde, E. A. and Olowoake, A. A. 2008. Comparative evaluation of organo-mineral fertilizer (OMF) and mineral fertilizer (NPK) on yield and quality of maize (*Zea mays* (L)) Moench. *Nigerian Journal of Soil Science*, 18, 141-147.
- Adiloğlu, A. ve Adiloğlu, S. 2017. Artan Miktarlarda Leonardit ve Çiftlik Gübresi Uygulamalarının Çavdar (*Secale cereale* L.) Bitkisinin Gelişimi ve Bazı Bitki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi.
- Ahmad, N. and Rashid, M. 2004. Fertilizer and their use in Pakistan. *Govt. of Pakistan Planning and Development Div.* NFDC. Islamabad.
- Akande, M. O., Makinde, E. A., and Otuwe, M. O. 2011. Dry matter partitioning of sesame and nutrient dynamics with organic and inorganic fertilizers. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 1063-1069.

- Akanni, D. I., Ojeniyi, S. O. and Awodun, M. A. 2011. Soil properties, growth, yield and nutrient content of maize, pepper and amaranthus as influenced by organic and organomineral fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11, 1074-1078.
- Arslan, M., Erdurmuş, C., Mehmet, Ö. T. E. N., Aydınoglu, B. ve Çakmakçı, S. 2017. Mısır (*Zea mays* L.) ile *Leucaena leucocephala* L. bitkisinin karıştırılmasıyla hazırlanan silajların besin değerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(1), 101-106.
- Bagg, J., Stewart, G. and Wright, T. 2007. *Harvesting corn silage at the right moisture*. OMAFRA.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayın no: 17, s: 7.
- Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy journal*, 43(9), 434-438.
- Cartwright, B., Tiller, K. G., Zarcinas, B. A. and Spouncer, L. R. 1983. The chemical assessment of the boron status of soils. *Soil Research*, 21(3), 321-332.
- Cordell, D. and White, S. 2013. Sustainable phosphorus measures: strategies and technologies for achieving phosphorus security. *Agronomy*, 3(1), 86-116.
- Corrêa, J. C., Grohskopf, M. A., Nicoloso, R. D. S., Lourenço, K. S., and Martini, R. 2016. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 51, 916-924.
- Dahlen, L. 2021. *Impacts of Breeding on Maize Hybrid Phosphorus Efficiency and Root Responses to Phosphorus Stress*. Doctoral dissertation, University of California, Davis.
- Erdal, İ., Küçükyumuk, Z., Taplamacıoğlu, D. ve Toftar, B. 2014. Kireçli bir toprakta humik ve fulvik asit uygulamalarının domatesin gelişimi ve beslenmesine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(2), 70-74.
- Fernández, M. C., Belinque, H., Boem, F. G. and Rubio, G. 2009. Compared phosphorus efficiency in soybean, sunflower and maize. *Journal of plant nutrition*, 32(12), 2027-2043.
- Fransson, A. M., van Aarle, I. M., Olsson, P. A. and Tyler, G. 2003. *Plantago lanceolata* L. and *Rumex acetosella* L. differ in their utilisation of soil phosphorus fractions. *Plant and Soil*, 248(1), 285-295.
- Gallet, A., Flisch, R., Ryser, J. P., Frossard, E. and Sinaj, S. 2003. Effect of phosphate fertilization on crop yield and soil phosphorus status. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166(5), 568-578.
- Güçdemir, İ. H. 2006. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Güncelleştirilmiş ve genişletilmiş 5. Baskı. *Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*.
- Gong, W., Yan, X., Wang, J., Hu, T. and Gong, Y. 2009. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat–maize cropping system in northern China. *Geoderma*, 149(3-4), 318-324.

- Grohskopf, M. A., Corrêa, J. C., Fernandes, D. M., de Melo Benites, V., Teixeira, P. C., and Cruz, C. V. 2019. Adubação fosfatada com fertilizante organomineral em cultivo de milho em Nitossolo Vermelho com elevado teor de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54(X), 00434.
- Hızalan, E. ve Ünal, H. 1966. Topraklarda Önemli Analizler. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 278, 5-7.
- Jackson, M. L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New York, USA.
- Karaçal, İ. and Tüfenkçi, Ş. 2010. Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre-Çevre İlişkisi.
- Kominko, H., Gorazda, K. and Wzorek, Z. 2017. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1781-1791.
- Kravchenko, A. G. and Thelen, K. D. 2007. Effect of winter wheat crop residue on no-till corn growth and development. *Agronomy Journal*, 99(2), 549-555.
- Lindsay, W. L., and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- Makinde, E. A., Akande, M. O. and Agboola, A. A. 2001. Effects of Fertilizer type on Performance of melon in a Maize-melon Intercrop. *ASSET series*, 1, 151-158.
- Merrill, A. L. and Watt, B. K. 1955. *Energy value of foods: basis and derivation* (No. 74). Human Nutrition Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Moll, R. H., Kamprath, E. J. and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization 1. *Agronomy journal*, 74(3), 562-564.
- Nottfige, D. O., Ojeniyi, S. O. and Asawalam, D. O. 2005. Comparative effect of plant residues and NPK fertilizer on nutrient status and yield of maize (*Zea mays* L.) in a humid ultisol. *Nigerian Journal of Soil Science*, 15, 1-8.
- Noor, S., Yaseen, M., Naveed, M. and Ahmad, R. 2017. Use of controlled release phosphatic fertilizer to improve growth, yield and phosphorus use efficiency of wheat crop. *Pak. J. Agri. Sci*, 54(4), 541-547.
- Ogazi, J. N. and Omuetti, J. A. I. 2000. Waste utilization through organo-mineral fertilizer production in south western Nigeria. In *Animal, Agricultural and Food Processing Wastes. Proceedings of the Eighth International Symposium, Des Moines, Iowa, USA, 9-11 October, 2000* (pp. 640-647). American Society of Agricultural Engineers.
- Ordu, D. ve Aşık, B. B. 2021. Mısır tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/Bursa Örneği). *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(1), 145-161.
- Schmidt Filho, E. D. I. S. O. N., Gonçalves, J. C., Matos, N. C. D. S. and De Azevedo, R. E. C. 2016. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. *Revista Uningá Review*, 27(3).
- Schoebitz, M. and Vidal, G. 2016. Microbial consortium and pig slurry to improve chemical properties of degraded soil and nutrient plant uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(1), 226-236.

- Sillanpaa, M. 1990. *Micronutrient assessment at the country level: an international study*.
- Silva, R., Lana, R. M. Q., Mageste, J., Oliveira, G. N. and Magela, M. L. M. J. J. o. A. S., 2020. Phosphate Organomineral Fertilizer Usage Compared to Mineral Phosphate in Corn Cultivation. 12 (7).
- Smith, H. W. and Weldon, M. D. 1941. A comparison of some methods for the determination of soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 5(C), 177-182.
- Süzer, S. ve Çulhacı, E. 2016. Effects of Different Organomineral and Inorganic Compound Fertilizers on Seed Yield and Some Yield Components of Sunflower (*Helianthus Annuus L.*), 19th International Sunflower Conference, Edirne, Turkey, 881-885.
- Tamer, N., Başalma, D., Türkmen, C. ve Namlı, A. 2016. Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 11-20.
- Teixeira, W. G. 2011. *Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes em plantas de milho submetidas à adubação mineral e organomineral*. In Congresso brasileiro de ciências do solo.
- Trenkel, M. E. 2010. *Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture*. IFA, International fertilizer industry association.
- TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri, www.tuik.gov.tr. (Erişim tarihi: 16.05.2021)
- Usda, N. 2004. The Plant Database, Version 3.5. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.
- Yılmaz, F., Gezgin, S. ve Korkmaz, A. 2020. Organomineral ve kimyasal gübre ile farklı fosfor uygulamalarının silaj mısırın verimi ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2), 268-275.

