



Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor beslenmesine etkileri

Nutullah ÖZDEMİR*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Öz

Bu araştırmada asit yapılı toprağa kireç ile organik ve inorganik (atık çamuru-AÇ; zeolit- ZEO; polyacrylamide-PAM) kökenli toprak düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor beslenmesine etkileri incelenmiştir. Sera koşullarında yürütülen araştırmada kireç üç, düzenleyiciler dört farklı dozda uygulanmışlardır. Araştırma toprağı killi tekstüre, başlangıçta kuvvetli asit reaksiyona (pH, 5.2) ve orta seviyede organik madde kapsamına sahiptir. Faktöriyel düzende yapılan çalışmada topraklar 56 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında saksılarda mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Yapılan uygulamaların çeşit, uygulama düzeyi ile toprağın pH değerine bağlı olarak yetiştirilen mısır bitkisinin P beslenmesinde değişime neden olduğu belirlenmiştir. Düzenleyicilerin mısır bitkisinin P beslenmesi üzerindeki etkileri bakımından AÇ>ZEO>PAM şeklinde sıralandıkları saptanmıştır. AÇ'nin farklı pH seviyelerinde, PAM ve Zeolit'in ise sadece nötr pH düzeylerinde etkili oldukları görülmüştür. AÇ'nin % 6.0 dozu hafif asit yapılı toprakta P beslenmesinde en etkili uygulama olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak düzenleyiciler, Kireç, pH, Zeolit, PAM.

Effect of soil conditioner applications on phosphorus of corn plant in acidic soils

Abstract

This research was carried out to determine the effects of lime, organic and inorganic (waste sludge- WS; zeolite- ZEO; polyacrylamide-PAM) based soil conditioner applications on phosphorus nutrition of corn plant. In the research carried out under greenhouse conditions, lime was applied in three different doses and the conditioner were applied in four different doses. The research soil has a clayey texture, initially strongly acidic reaction (pH, 5.2) and moderate organic matter content. Soils were incubated for 56 days in the factorial design study. After incubation, periods corn plants were grown in pots. It has been determined that the applications made caused a change in the P nutrition of the corn plant grown depending on the variety, application level and pH value of the soil. It was determined that the conditioners were ranked as WS>ZEO> PAM in terms of their effects on the P nutrition of the maize plant. WS was found to be effective at different pH levels, whereas PAM and Zeolite were effective only at neutral pH levels. The 6.0% dose of WS was determined as the most effective application for P nutrition in slightly acid soil.

Keywords: Soil conditioners, Lime, pH, Zeolit, PAM.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarımsal sürdürülebilirlikte karşılaşılan temel zorluk üretim üzerinde etkili olan karmaşık bileşenlerin doğru teşhisi ve olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılmasıdır. Bu alanda üzerinde durulması gereken en önemli konulardan birisi bitki besin elementlerinin durumudur (Havlin ve ark., 2014; İbrahim ve ark., 2021). Toprakların pH değerleri ve tamponlama kapasiteleri bu faktörlerin ilk sırasında yer almaktadır (von Tucher, 2018). Bitkilerin beslenmesinde önemli bir yere sahip olan fosfor toprak reaksiyonu ve tamponlama kapasitesinden fazlaca etkilenen elementlerin başında gelmektedir (Sims ve Patrick, 1978; Shuman, 1986).

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 14 Haziran 2022

Kabul Tarihi : 5 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1130555

Fosfor elementinin bitkiler tarafından topraktan alınabilme oranı bu elementin topraktaki toplam miktarı ile zayıf ilişkili olmasına karşılık pH değeri, organik madde içeriği, redoks potansiyeli, kolloid yapısı ve tekstür gibi toprak özellikleri, bitki türü, toprakların su içerikleri, ışık ve sıcaklık gibi çevresel faktörler tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir (Moraghan ve Mascagni, 1991; Gondal, ve ark., 2021). Toprağın söz konusu özelliklerini geliştirmede ve sürekliliğini sağlamada tercih edilen yöntem ise toprağa organik veya inorganik kökenli düzenleyicilerin ilavesidir (Bender ve ark, 1998; Özdemir ve ark., 2005; Candemir ve Gülser 2010; Yang ve ark., 2020). Bu amaçla atık çamurları, zeolit ve PAM tercih edilen düzenleyiciler arasında yer almaktadır.

Atık çamurları bozulmuş arazilerde bitki besin maddeleri ve organik maddenin geri kazandırılmasına imkan tanıdığı için tarım arazilerinde kabul gören bir uygulama olarak değerlendirilebilir (Garcia ve ark., 2005; Torri ve Lavado, 2009; Kowaljaw ve ark., 2010). Bu materyaller arazilere uygun miktarda verildiklerinde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri iyileştirmekte, karbon havuzunu genişletmekte ve sera gazlarının emisyonunu azaltabilmektedir (Walter ve ark., 2000; Binder ve ark., 2002; Ros ve ark., 2003; Demir ve Gülser, 2015; Mossa ve ark., 2020). Toprağa uygulanan zeolit'in de su rejimini etkilediği bildirilmiştir (Kavoosi, 2007; Ippolito ve ark., 2011). Diğer yandan toprakların fiziko-kimyasal özelliklerini düzenlemek, ürün kalite ve miktarını artırmak amacıyla günümüz koşullarında organik polimerler de yaygın olarak kullanılmakta ve bu amaçla polyacrylamide tercih edilmektedir. Birçok araştırmacı toprağa uygun dozlarda ilave edildiğinde polyacrylamide in toprak ve ürün özelliklerini pozitif yönde etkilediğini açıklamışlardır (Wallace ve Wallace 1986; Verplancke ve De Boodt, 1990; Mamedov ve ark., 2006).

Bu çalışmada, asit karakterli toprağa farklı düzeylerde tarım kireci, atık çamuru (AÇ), zeolit (ZEO) ve polyacrylamide (PAM) ilave edilerek inkübasyona bırakılmasının etkileri araştırılmıştır. İnkübasyon sonrasında deneme saksılarında mısır bitkisi yetiştirilmiş ve yapılan uygulamaların toprak özellikleri ve mısır bitkisinin P beslenmesine etkileri değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Samsun ili Terme ilçesi Köybucağı yerleşke sınırları içerisinde tarımsal faaliyetlerin yapılmakta olduğu arazilerin yüzey (0–20 cm) katmanından alınan toprak örnekleri kullanılarak sera koşullarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan toprak düzenleyiciler ve tarım kireci farklı kurum ve kuruluşlardan sağlanmıştır. Çalışmada mısır bitkisi (*Zea Mays Saccharata*) kullanılmıştır.

Faktöriyel düzende ve tesadüf blokları deneme planına göre yapılan çalışmada, toprak örneği 4.75 mm'lik elekten elendikten sonra denemede kullanılmıştır. Elenen örneklerde toprağın kireç ihtiyacı belirlenerek ihtiyacın %0, %50 ve %100'ünü karşılayacak miktarda tarım kireci uygulaması yapılmıştır. Daha sonra üç farklı pH değerine erişen topraklara (Çizelge 2) ağırlık esasına göre % 0, 2, 4 ve 6 oranında AÇ, %0, 0.5, 1.0 ve 2.0, oranında ZEO ve 0, 15.0, 30.0 ve 60.0 ppm oranında PAM ilave edilmiştir. Örnekler 56 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuş ve bu aşamada elverişli nemin %50'si tükenince tekrar sulama suyu ilavesi yapılmıştır. Araştırma yetiştirilen mısır bitkisinde tepe püskülü oluşuncaya kadar sürdürülmüş ve sonrasında bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler önce laboratuvarda açık havada daha sonrada fırında 48 saat süre 65 0C kurutulduktan sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar, 1972).

Topraklarının parçacık boyut dağılımının tespitinde Bouyous hidrometre (Demiralay, 1993); toprak pH'sının tespitinde cam elektrodlu pH-metre (Rowell, 1996); katyon değişim kapasitesinin saptanmasında Bower (Kacar, 1994); organik madde içeriğini ortaya konulmasında Walkley-Black (Kacar, 1994); kireç ihtiyacının ortaya konulmasında SMP (Kacar, 1994); değişebilir sodyum yüzdesinin belirlenmesinde amonyum asetat ile ekstraksiyon metotları takip edilmiştir (Kacar, 1994). Toprağın nem sabitelerinin (0.33 atm ve 15.0 atm) belirlenmesinde basınçlı tabla metodu (Klute, 1986) kullanılmıştır. Kullanılan düzenleyicilerden AÇ'nin kimyasal element içerikleri Kacar (1972)'ye göre saptanmıştır. Bitki örneklerinde P içerikleri asit-florür çözeltisi kullanılarak (Katkat ve Çil, 1996) ortaya konulmuştur.

Elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel olarak (varyans analizi ve ortalamaların karşılaştırılması) değerlendirilmesi ve yorumlanmasında SPSS bilgisayar paket programı kullanılmıştır (SPSS 21).

Çizelge 1. Deneme toprağının ve kullanılan düzenleyicilerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri	Zeolit (Z)		Atık çamuru (AÇ)		
	Değerler	*Parametreler	Değerler	**Parametreler	Değerler
Kil, %	40.20	SiO ₂ (%)	71.89	OC (%)	22.20
Silt, %	36.50	Al ₂ O ₃ (%)	15.16	N (%)	2.40
Kum, %	23.30	CaO (%)	6.51	Fe ₂ O ₃ %)	2.30
Tekstür sınıfı	C	Fe ₂ O ₃ (%)	1.80	CaO (%)	11.50
Tarla kapasitesi, %	33.40	MgO (%)	1.80	MgO (%)	1.34
Solma noktası, %	23.80	Na ₂ O (%)	1.06	P (%)	1.30
Organik madde, %	2.91	SrO (%)	0.59	K (%)	0.23
KDK, meq 100g ⁻¹	24.20	K ₂ O (%)	0.57	NaO (%)	0.22
Değişebilir sodyum, %	6.40	TiO ₂ (%)	0.36	Al ₂ O ₃ (%)	4.40
pH (1:2.5)	5.20	BaO (%)	0.13	Cd (µg g ⁻¹)	6.30
		P ₂ O ₅ (%)	0.08	Cu (µg g ⁻¹)	214.50
		MnO (%)	0.05	Cr (µg g ⁻¹)	135.20
				Pb (µg g ⁻¹)	180.40
				Ni (µg g ⁻¹)	75.80
				Zn (µg g ⁻¹)	435.90

*Etiket bilgisidir, **Bütün elementler total olarak belirlenmiştir, KDK; kanyon değişim kapasitesi.

Bulgular ve Tartışma

Toprak Özellikleri

Çalışma konusu toprakların ortalama kil, silt ve kum içerikleri sırası ile % 40.2, % 36.5 ve % 23.3 olup topraklar killi tekstüre sahiptirler (Çizelge 1). Toprak asidik bir reaksiyona olup toprakta serbest kireç bulunmamaktadır. Toprağın deneme öncesi pH (1:2.5) değeri 5.20 ve kanyon değişim kapasitesi 24.20 me /100 g'dır. Tarla kapasitesi nem içeriği değeri % 33.40 ve solma noktası nem içeriği değeri ise % 23.80'dir. Toprakta değişebilir sodyum yüzdesi 15'in altındadır (6.40). Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin hasadı sonrasında topraklarda tespit edilen bazı kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 2'de sunulmuştur. Bu değerlerin irdelenmesinden de anlaşılacağı üzere kireç ile organik ve inorganik düzenleyici ilaveleri toprakların incelenen kimyasal ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Kireç uygulamasına bağlı olarak hasat dönemi sonunda kontrolde 5.40 olan pH değeri kireç ihtiyacının giderilmediği ancak düzenleyici uygulaması yapılan örneklerde ortalama 5.60'a, kireç ihtiyacının % 50 oranında giderildiği topraklarda, ilave edilen kirece ve düzenleyicilere bağlı olarak ortalama 6.70'e ve kireç ihtiyacının %100 oranında giderildiği örneklerde ise ortalama 7.10'a yükselmiştir. Toprakların kanyon değişim kapasitesi değerlerinin de kireç uygulanma seviyelerine paralel olarak artış gösterdiği görülmüştür. Yine toprak organik maddesinin de kireç uygulama düzeyleri ile düzenleyici çeşit ve uygulama dozundan etkilendiği belirlenmiştir. Diğer taraftan düzenleyici uygulamalarının tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan nem içeriği değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği görülmüştür (Çizelge 2). Meydana gelen değişim kireçleme oranı ile kullanılan materyallerin türüne bağlı olarak değişim göstermiştir.

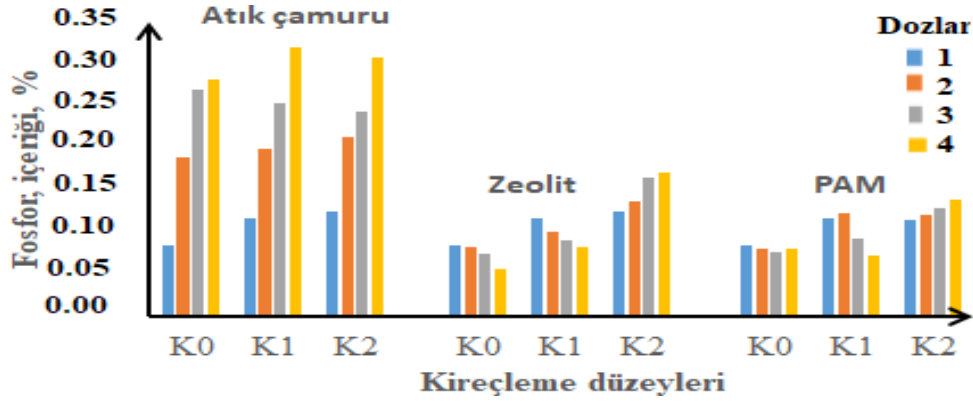
Çizelge 2. Topraklarda deneme öncesi ve sonrasında belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Kireçleme seviyeleri	Düzenleyiciler	Dört uygulama dozunun ortalaması olarak				
		pH (1:2.5)	KDK, me/100g	OM, %	TK, %	SN, %
K0	Denet	5.40	24.20	2.90	33.40	23.80
	Atık çamuru (AÇ)	5.70	26.60	5.80	35.40	26.70
	Zeolit (Z)	5.50	24.70	4.60	35.70	23.90
	PAM	5.60	25.60	5.80	34.80	24.60
K1	Atık çamuru (AÇ)	6.50	27.20	6.00	35.80	27.00
	Zeolit (Z)	6.80	26.70	4.50	34.80	24.80
	PAM	6.80	28.20	4.50	34.70	24.90
K2	Atık çamuru (AÇ)	6.90	27.30	5.10	35.30	27.10
	Zeolit (Z)	7.20	27.20	4.60	34.50	24.90
	PAM	7.20	28.20	4.70	34.40	26.60

*K0, Kireç ihtiyacı giderilmemiş, K1: kireç ihtiyacı %50 giderilmiş, K2: kireç ihtiyacı %100 giderilmiş

Mısır Bitkisinin Fosfor Beslenmesi (P İçerikleri)

Killi tekstüre ve başlangıçta kuvvetli asidik reaksiyona sahip olan toprak örneğinin kireç ihtiyacı farklı düzeyde (%00, %50, %100) giderilerek pH düzenlemesi (5.60, 6.70 ve 7.10) yapıldıktan sonra atık çamuru, zeolit ve PAM karıştırıp sera koşullarında 56 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında saksılarda mısır bitkisi yetiştirilmiş ve bitkiler tepe püskülü oluşumundan sonra hasat edilerek gerekli analizler yapılmıştır. Bitkide belirlenen fosfor içeriklerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3’de, söz konusu analizlere ilişkin ortalama değişimler ise Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu verilerin irdelenmesinden de görüleceği gibi kireç ve kullanılan düzenleyiciler uygulama dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin fosfor beslenmesinde önemli değişimlere neden olmuşlardır. Çizelge 3’deki verilerden, kireç ve kullanılan düzenleyicilerin mısır bitkisinin P beslenmesini etkilediği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli ($P<0.001$) olduğu görülmüştür. Diğer taraftan düzenleyici türü ve kireç uygulama düzeylerinin karşılıklı etkilerinin de (interaksiyonun) önemli olduğu ($P<0.001$) görülmüştür.



Şekil 1. Mısır bitkisinde belirlenen fosfor içeriklerine ilişkin değişimler

Çizelge 3. Düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin P beslenmesine etkilerine ilişkin varyans analizi ve Duncan karşılaştırma testi sonuçları

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	Önem düzeyi
Kireç (A)	2	0.053	0.027	168.560	0.000
Düzenly.(B)	2	0.485	0.243	1539.339	0.000
Dozlar (C)	3	0.073	0.024	154.064	0.000
AxB	4	0.022	0.005	34.550	0.000
AXC	6	0.008	0.001	8.450	0.000
BXC	6	0.218	0.036	230.385	0.000
AXBXC	12	0.020	0.002	10.349	0.000
Hata	72	0.011	.000		
Genel	108	4.281			
Duncan karşılaştırma test sonuçları					
Kireç Dozları		K₀	K₁	K₂	
P içeriği		0.125a*	0.134b	0.272c	
Düzenleyici Çeşitleri		AÇ	ZEO	PAM	
P içeriği		0.207a	0.162b	0.154c	
Düzenleyici Dozları		1	2	3	4
P içeriği		0.140 a	0.170b	0.192c	0.210d

A: kireçleme düzeyleri, B: düzenleyiciler, C: dozlar, K0, Kireç ihtiyacı giderilmemiş, K1: kireç ihtiyacı %50 giderilmiş, K2: kireç ihtiyacı %100 giderilmiş, AÇ: atık çamuru, Z: zeolit, PAM: poliakrilamid.

Denet saksılarında (düzenleyici uygulaması yapılmayan fakat kireç uygulanan) yetiştirilen mısır bitkilerinin fosfor içerikleri incelendiğinde pH artışına paralel olarak (5.60, 6.70, 7.20) mısır bitkisinin P alımının da arttığı belirlenmiştir (Şekil 1). Söz konusu etkinin toprak pH'sının P elementlerinin çözünürlüğü ve bitkiye elverişliliği üzerine olan etkisine bağlı olarak meydana geldiği ifade edilebilir. Bitki gelişimine uygun pH değerlerinin çoğunlukla 5.8–7.3 arasında olduğu bilinmekte olup (Argo, 2003) farklı bitki besin elementlerinin optimum elverişlilikte olduğu bir pH aralığı bulunmaktadır (Mullins ve Hansen, 2009). Kant ve ark. (2006) farklı dozlarda kireç ilavesinin bazı toprak özellikleri ile yetiştirilen mısır bitkisinin P

içeriğine etkilerini inceledikleri bir çalışmada toprak örneklerine uygulanan kireç miktarı arttıkça toprağın pH'sının yükseldiğini, baz doygunluğu, değişebilir Ca, değişebilir Mg, yarayışlı P içeriği ile bitki kuru madde miktarı ve bitkilerin P içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Düzenleyici ilavesi yapılan saksılarda yetiştirilen mısır bitkilerinin ortalama P kapsamının düzenleyici uygulama düzeyine paralel olarak değişime uğradığı görülmüştür. Her üç kireçleme düzeyinde AÇ uygulamasının farklı dozları P alımını kontrole göre önemli ölçüde artırmıştır. Kontrole göre meydana gelen artış 6.70 pH değerine sahip örneklerde %6.0 doz uygulamasında % 122.2 düzeyinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan zeolit ve PAM uygulamalarının artan uygulama dozları kireç ihtiyacının giderilmediği (pH 5.40) ve kireç ihtiyacının % 50 giderildiği (pH 6.70) uygulamadan elde edilen bitkinin P içeriğini kontrole göre önemli ölçüde düşürmüştür (Şekil 1). Bu iki düzenleyicinin artan uygulama dozları kireç ihtiyacının giderildiği (pH 7.20) örneklerde elde edilen bitkinin P kapsamını önemli ölçüde artırmıştır. Oluşan artış zeolit uygulamasında % 25.6 ve PAM uygulamasında ise % 5.07 düzeyinde gerçekleşmiştir.

Mısır bitkisinin P içeriğini artırmada düzenleyici ortalamalarının AÇ > ZEO > PAM sıralaması şeklinde etkili oldukları belirlemiştir (Şekil 1, Çizelge 3). Bu durum muhtemelen ilgili düzenleyiciler ile toprak reaksiyonu arasındaki interaksiyondan kaynaklanmış olabilir. Mısır bitkisinin P içeriği değerleri bu bitki için verilen kritik değerler Laboski (2016) ile (%0.30-0.50) karşılaştırıldığında, yapılan uygulamalardan AÇ'nin %6.0 doz uygulamaları bitkinin P içeriğini yeterli düzeye çıkarırken diğer uygulama dozları ve düzenleyiciler bu açıdan yeterli olamamışlardır. ZEO ve PAM uygulamaları kireç ihtiyacının giderilmediği ve %50 oranında giderildiği örneklerde bitkinin P alımını artan dozlara bağlı olarak düşürürken kireç ihtiyacının giderildiği örneklerde artan doz uygulamalarına paralel fosfor alımının arttığı ancak söz konusu sınır değerlere çıkarma bakımından ZEO ve PAM'ın yetersiz kaldıkları görülmüştür. Bir başka ifade ile ZEO ve PAM'ın topraktaki etkinliğinin pH'ya bağlı olduğu ve bu etkinliğin nötr pH şartlarında olumlu iken asit koşullarda ise P elverişliliğini olumsuz şekilde gerçekleştirdiği ifade edilebilir. Toprağa uygulanan düzenleyici ve polimerlerin topraktan besin elementi alımını artırdığı (El-Hayd ve ark., 1981; Azzam, 1983; Sikka ve Kansal, 1995; Özdemir ve ark., 2004; Tuna ve Girgin 2005) söz konusu etkininin toprak özellikleri ile düzenleyicinin tabiatına bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Asit yapılı toprağa kireç ile organik ve inorganik (atık çamuru-AÇ; zeolit- ZEO; polyacrylamide-PAM) kökenli toprak düzenleyiciler uygulandıktan sonra yetiştirilen mısır bitkisinde ve topraklarda yapılan analizler sonucunda; AÇ, ZEO ve PAM'ın farklı pH düzeyine sahip topraklarda ortam özelliklerini iyileştirdikleri belirlenmiştir. AÇ'nin bütün uygulama dozları pH seviyelerine bağlı olarak bitkinin P alımını artırırken ZEO ve PAM'ın sadece kireç ihtiyacının tamamının giderilmiş olduğu örneklerde mısır bitkisinin P beslenmesini artırırken asidik koşullarda ZEO ve PAM uygulamasının bütün dozlarının bitkinin P beslenmesini negatif olarak etkilediği belirlenmiştir. Bu nedenle söz konusu düzenleyicilerle ilgili bir uygulamada toprak pH'sının dikkate alınmasında yarar vardır.

Kaynaklar

- Agro B. 2003. Understanding pH management and plant nutrition Part I: Introduction. Available from URL: <http://www.mans.edu.eg/projects/heepf/ilppp/cources/12>
- Azzam RA. 1983. Polymeric conditioner gels for desert soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 14: 739- 760.
- Bender D, Erdal İ, Dengiz O, Gürbüz M, Tarakçoğlu C. 1998. Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International Symposium on Arid Region Soil*, 506-510, September, 21-24. Ed.; M. Şefik Yeşiloy, Menemen, İzmir.
- Binder DL, Dobermann A, Sander DH, Cabsman KG. 2002. Biosolids as N source for irrigated maize and rainfed sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 531-543.
- Candemir F, Gülser C. 2010. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), 13-28.
- Demir Z, Gülser C. 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3), 185-190.
- Demiralay İ. 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 143, Erzurum.
- El-Hayd O A, Tayel MY, Lotfy AA. 1981. Super Gel as a soil conditioner. II: Its effects on plant growth, enzymeactivity, water use efficiency and nutrient uptake. *Acta Horticulturae*, 119: 257- 2265.

- Garcia-Orenes F, Guerrero C, Mataix-Solera J, Navarro-Pedreño J, Gómez I, Mataix-Beneyto J. 2005. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil Till Res.* 82: 65–76.
- Gondal AH, Hussain I, Ijaz AB, Zafar A, ChBI, Zafar H, Usama M. 2021. Influence of soil pH and microbes on mineral solubility and plant nutrition: A review. *International Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(1), 71-81.
- Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL, Nelson WL. 2014. *Soil fertility & Fertilizers "An Introduction to Nutrient Management"* 8th Ed Prentice Hall. New J. 514 pp.
- İbrahim HI, Juma SS. 2021. Effect of Mineral Fertilization and Humic Acids on Availability of NPK in Soil and Maize Growth. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 11414-11418.
- Ippolito JA, Tarkalson DD, Lehrs GA. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. *Soil science*, 176(3), 136-142.
- Kacar B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II, Bitki Analizleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 453, Ankara.
- Kacar B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Torak Analizleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Eğitim Araş. ve Geliş. Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Kant C, Barik K, Aydın A. 2006. Asidik topraklara uygulanan farklı kireçleme materyallerinin bazı toprak özellikleri ile mısır bitkisi (*Zea mays L.*)'nin gelişimi ve mineral içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 161-167.
- Katkat AV, Çil N, 1996. Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Yayınları, Uygulama Kılavuzu No: 8, Bursa.
- Kavoosi M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency. *Communications in soil science and plant analysis*, 38(1-2), 69-76.
- Klute A. 1986. Water retention: Laboratory methods. In a Klute (Ed.) *Method of Soil Analysis Part I*, Second edition, Argon. Monog. No 9 ASA Madison WI, 635- 662.
- Kowaljow E, Mazzarino MJ, Satti P, Jim'enez-Rodríguez C. 2010. Organic and inorganic fertilizer effects on a degraded Patagonian rangeland. *Plant Soil*. 332: 135–145.
- Laboski CA. 2016. Posted on June 29, 2016 (<https://ipcm.wisc.edu/blog/2016/06/plant-analysis-are-you-using-it-and-interpreting-the-resultscorrectly/>)
- Mamedov AI, Beckmann S, Huang C, Levy GJ. 2006. Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture, and water quality. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:1909- 1918.
- Moraghan JT, Mascagni HJ, 1991. Environmental and Soil Factors Affecting Micronutrient Deficiencies and Toxicities. In *Micronutrients in Agriculture*, 2nd Ed.;Luxmoore, R.J., Ed.; Soil Science Society of America: Madison, WI, 371-425.
- Mossa AW, Bailey EH, Usman A, Young SD, Crout NM. 2020. The impact of long-term biosolids application (> 100 years) on soil metal dynamics. *Science of the Total Environment*, 720, 137441.
- Mullins G, Hansen DJ. 2009. Chapter 4. Basic Soil fertility. [http://www.mawaterquality.org/ Publications/manmh/chapter4](http://www.mawaterquality.org/Publications/manmh/chapter4).
- Özdemir N, Horuz A, Özkaptan S. 2004. Düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve mısırdaki N kapsamına etkileri. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 19(3) : 24- 30.
- Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Özkaptan S. 2005. Toprak düzenleyicilerinin asit toprakta strüktürel dayanıklılığa etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 151-156.
- Ros M, Hernandez MT, Garcia C, 2003. Bioremediation of degraded soils with sewage sludge: effects on soil properties and erosion losses. *Environ. Manage.* 31: 741-747.
- Rowell DL. 1996. *Soil Science Methods & Applications*. Wesley Longman Limited, Harlow.
- Shuman LM. 1986. Effect of liming on the distribution of manganese, copper, iron and zinc among soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1236-1240.
- Sikka R, Kansal BD. 1995. Effect of fly-ash application on yield and nutrient composition of rice, wheat and on pH and available nutrient status of soils. *Bioresource Technol.* 51(2-3): 199-203.
- Sims JL, Patrick Jr WH. 1978. The distribution of micronutrient cations in soil under conditions of varying redox potential and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 258- 262.
- Torri S, Lavado R. 2009. Fate of cadmium, copper, lead and zinc on soils after the application of different treated sewage sludge in soils of the Pampas region. In Stephens A, Fuller M (eds.) *Sewage Treatment: Uses, Processes and Impact*. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge. pp. 95–123.
- Tuna AL, Girgin AR, 2005. Mısırdaki (*Zea mays L.*) gelişme, mineral beslenme ve ağır metal içeriği üzerine termik santral uçucu küllerinin etkisi. *Ekoloji*, 14(57): 7-15.

- Verplancke H, De Boodt M. 1990. Effect of synthetic polymers on water use efficiency for crop production on sandy soils in Suidi Arabia, *Soil Tech.* 3: 45-55.
- von Tucher S, Hörndl D, Schmidhalter U. 2018. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: Long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet. *Ambio*, 47(1), 41-49.
- Wallace A, Wallace GA. 1986. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedlings. *Soil Sci.* 141: 313-316.
- Walter I, Cuevas G, Garcia S, Martinez F. 2000. Biosolid effects on soil and native plant production in a degraded semiarid ecosystem in central Spain. *Waste Manage. Res.* 18: 259-263.
- Yang X, Feng Y, Zhang X, Sun M, Qiao D, Li J, Li X. 2020. Mineral soil conditioner requirement and ability to adjust soil acidity. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12.