



Effect of Manure Addition After Reclamation of Saline-Sodic Soils on Soil Properties and Barley Yield

Serap Diler^{1,a,*}

¹Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 24.10.2024 Accepted : 18.11.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Saline-sodic soil Farm manure Soil hydraulic conductivity Porosity Sodium exchange capacity</p>	<p>This study was conducted to determine the effect of farm manure applied after reclamation to saline-sodic soils on some important soil properties of the soil and barley yield. In the analyzes made after the plant harvest, it was determined a decrease in the pH, CaCO₃, exchangeable Ca, and Na, CEC, ESP, bulk and particle densities of the soils farm manure applied and barley grown. There was an increase in organic matter, porosity (%), aggregate stability, hydraulic conductivity, field capacity, wilting point and available water content values were detected. It has been determined that manure addition to soils cause a decrease in pH values, a significant increase in the amount of organic matter and a slight increase in EC values. ESP values in the soil also decreased significantly by the increase in the amount of manure applied. It was seen that high doses of manure application, in both types of manure, cause a decrease in the cation exchange capacity, while an increase in hydraulic conductivity, porosity, aggregate stability and water holding capacity. It was determined that an improvement of barley plant grown in soils farm manure applied at high doses after soil reclamation, the plant height, number of grains and weight per spike, spike number per m² and the rate of crude protein.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13(2): 413-422, 2025

Tuzlu-Sodyumlu Toprakların Islahı Sonrasında Çiftlik Gübresi İlavesinin Toprak Özellikleri ile Arpa Verimine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 24.10.2024 Kabul : 18.11.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Tuzlu-sodyumlu toprak Çiftlik gübresi Hidrolik iletkenlik Porozite Değişebilir sodyum yüzdesi</p>	<p>Bu çalışma; ıslah sonrasında tuzlu - sodyumlu topraklara çiftlik gübresi uygulanmasının toprakların bazı önemli özellikleri ile arpa verimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Hasat sonrası yapılan analizlerde çiftlik gübresi uygulanmış ve arpa yetiştirilmiş toprakların pH, CaCO₃, değişebilir Na ve Ca, KDK, ESP, kütle ve tane yoğunluğunda azalma olduğu görülmüştür. Organik madde, porozite; agregat stabilitesi, hidrolik iletkenlik, tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı nem değerleri artmıştır. Gübre uygulamalarının pH değerinde düşüşe, organik madde miktarında önemli bir artışa ve EC değeri ise çok az bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan gübre dozunun artışıyla topraklardaki ESP değerlerinin önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Her iki gübre türünde de yüksek dozda gübre uygulamasının toprakların katyon değişim kapasitesi değerlerinde azalmaya, buna karşılık hidrolik iletkenlik, porozite, agregat stabilitesi ve toprağın su tutma kapasitesi değerlerinde artış görülmüştür. İslahtan sonrası gübre uygulanmış topraklarda yetiştirilen arpa bitkisinin 1000 dane ağırlığı, birim alan başına çıkış yapan bitki sayısı ve boyu, başaktaki dane sayısı ve ham protein miktarlarında özellikle yüksek gübre dozlarında iyileşme olmuştur.</p>

^a serdiler@atauni.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-6394-6253>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Tarım topraklarından kaynaklı tuzluluk - sodyumluluk sorunu bitkisel üretim açısından verimsizliğe ve çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ülkemizde de tarımsal üretimi kısıtlayan, ürün verim ve kalitesini düşürerek gıda güvenliği üzerine olumsuz etkisi olan bu sorun büyük alanlarda kendisini göstermektedir. FAO (2000) verilerine göre ülkemizde topraklarının 2,8 milyon hektarlık kısmında drenaj, 1,5 milyon hektarlık kısmında tuzluluk ve sodyumluluk, 0,8 milyon hektarlık kısmında ise tuzluluk ve drenaj sorunu bulunmaktadır. Yani 8,5 milyon hektar olan sulamaya uygun arazi varlığımızın %30'dan fazlasında tuzluluk, alkalilik ve drenaj sorunları yaşanmaktadır.

Verimsizliğe neden olan çözünebilir tuzların yıkanarak topraktan uzaklaştırılması, yani topraktaki tuz yükünün azaltılarak eşik değerlerin altına getirilmesi toprakların verimliliğini korumak ve geliştirmek bakımından önemlidir. Sulamada kalitesi iyi suların kullanımı, doğru yöntem kullanılarak sulama yapılması, sulama sahalarına etkin çalışan drenaj sistemi kurulması ile toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirilmesi için organik gübre kullanımı toprakların iyileştirilmesi konuları başlıkları arasındadır (Abrol ve ark., 1988).

Toprakta çözünebilir tuzlar, ozmotik basıncı artırarak bitkilerin su alımını güçleştirmekte, yani fizyolojik kuraklığa neden olmaktadır. Toprakta mevcut çözünebilir tuzlar ile değişebilir sodyum bitkiler üzerinde özel iyon etkisi yapmaktadır (Marcelis and Hooijdonk 1999). Öte yandan NaCl ve B gibi diğer iyonlar da bitkilere toksik etki yapmakta olup tuzlu topraklarda bitki yetiştirilmesi güçleşmektedir (Konukcu ve Akbuğa 2006). Tuz stresindeki mısır bitkisinde bitki boyu, bitkilerin toplam yaş ve kuru ağırlıkları ve su içeriğinde düşüş olurken Na, Na/K ve prolin oranı değerleri yükselmiştir (Çiçek ve Çakırlar; 2002),

Ünlükara ve ark. (2010); toprakta tuzluluk oranının bir birim artışıyla patlıcan bitkisinin su tüketiminin %2,1 azaldığı ve bitki veriminin %4,4 düştüğünü belirlemişlerdir. Yine Ünlükara ve ark. (2008) toprakta eşik değeri sayılan 3,48 dS/m üzerindeki tuzluluğun bamyada veriminde %4,2 düşüşe neden olduğunu, Kurunc ve ark. (2011) toprak tuzluluğunun eşik değeri olan 1,2 dS/m'nin üstünde olması durumunda dolmalık biberin veriminde %10,9 azalma olacağını söylemektedirler.

Malkoç ve Aydın (2003), fasulye bitkisinin tuza karşı tepkisini araştırmışlar, uygulanan tuz oranının yükselişiyle bitki gelişiminde yavaşlama olduğunu, ayrıca Cl⁻ tuzlarının SO₄⁻ tuzlarının verim kaybına etkisinin daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Toprak profilinde biriken tuzun bitkilerin tuzluluğa karşı tolerans seviyesinin altına düşünceye kadar yıkanması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Yüksek miktarlarda tuz ve sodyum varlığı toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerine olumsuz etki yaparak toprakların verim kabiliyetini azaltmaktadır. Değiştirilebilir sodyum toprağı dispers ederek hidrolik iletkenliğini düşürmektedir (Abrol ve ark. 1988). Sodyumun artışı ise fiziksel yapıyı bozmakta, özellikle ağır bünyeli toprakların infiltrasyon hızını düşürerek bitki gelişimini yavaşlatmaktadır. Tuzluluktaki artışla paralel olarak, sodyumlu toprakların sodyum karbonat ve

bikarbonat düzeyindeki artışla pH değerleri yükselmektedir (Gupta ve ark. 1989).

Sodyumlu toprakların ıslahı; tuzlu toprakların ıslahından daha farklı yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemlerde değişebilir sodyum ile kalsiyum iyonlarının yer değiştirme esasına yönelik kimyasal ıslah yöntemlerinden yararlanılmakta olup bunların başında ise sodyumlu topraklara jips uygulamak gelmektedir. Jips (CaSO₄ • 2H₂O) doğadan daha kolay sağlanabilen bir materyal olup çözülebilir kalsiyum kaynağı (Dorivar ve DeAnn, 2017) olup sodyumlu toprakların yeniden tarıma kazandırılması ve ıslah edilmesi için yaygın olarak kullanılan bir materyaldir.

Üretimde başarılı bitkisel gelişimini sağlayabilmek topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi ile mümkündür. Toprağın fiziksel özellikleri iyileştirilerek yetiştirme ortamının gelişimi ve bitkisel üretimin sağlanabilir (Bender ve ark. 1998). Toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi organik madde içeriğinin iyileştirilmesi ile sağlanabilir. Bir toprak düzenleyici organik madde ilave edilerek toprakların havalanma, agregat stabilitesi, su tutma kapasiteleri, toplam gözenek miktarları ve hidrolik iletkenlikleri gibi fiziksel özelliklerin geliştirilmesi amaçlanır (Sort ve Alcaniz, 1999; Aggelides ve Londra, 2000).

Angın ve Yağanoğlu (2009) yürüttükleri bir araştırmada; tuzlu-sodyumlu toprakların ıslahında kent çamuru kullanmışlar ve sonuçta toprakların fiziksel ve kimyasal yapısının iyileştiği ve organik materyal ilavesinin ıslahın etkinliğini artırdığını belirlemişlerdir.

Anaç ve Aksoy (2000), toprakları fiziksel özellik bakımından yaptıkları bir ıslah çalışmasında; topraktaki organik madde miktarını artıran çiftlik gübresi uygulaması yaygın olmakla beraber, bu materyalin sınırlı olması nedeniyle yüksek organik madde içeriğine sahip çöp kompostunun da kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Leonardit, çiftlik gübresi, kent çamuru ve kentsel atıklar gibi organik materyaller tarımsal üretimde toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Çiftlik gübresinin toprak verimliliğine katkısı; gübrenin mineralizasyon süresi ve olgunlaşma ortamı türüne, gübre türü ve yaşına, hayvaların beslendikleri rasyona, barınaklarda kullanılan yataklık materyal özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Organik madde ilavesiyle toprağın strüktürel yapısının iyileşmesini, su tutma kapasitesini artırması, toprağın katı, sıvı ve gaz faz oranlarında dengeleme sağlayarak fiziksel özellikleri sağlanabilmektedir (Canbolat, 1992). Organik materyaller ve organik kökenli gübrelerin kullanımı yaygınlaşma, kimyasal gübrelerin kullanımında düşüşler başlamıştır (Hanay ve ark 2004). Bu durum iyi tarım uygulamalarının başarı ile uygulanması açısından uygun bir gelişmedir.

Toprak ıslahını müteakip diğer kültür bitkileri üretimine geçilmeden önce tuza toleransı yüksek olan buğday gibi bitkiler kullanılmaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de arpa; buğday, mısır ve çeltik büyük alanlarda üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2000). Özellikle hayvancılıkta kesif yem hammaddesi olarak kullanılan arpa günümüzde bira sanayisinde ve insan beslenmesinde de kullanılmaktadır (Sarı ve İmamoğlu, 2009). Ülkemizin arpa alanı ve üretim miktarı incelendiğinde; buğdayı takip

etmekte olup ikinci sıradadır (Anonim, 2000). Arpa bitkisinin tuza karşı toleransları çeşitlere göre farklılık gösterse de genelde yüksektir (Özkan ve Topçu, 2017).

Toprak ıslahı organik madde eksikliğinin giderilmesine yönelik yürütülen bu çalışmada; tuzun yıkanması ve jips uygulaması ile tuzlu-sodyumlu toprakların ıslahı sonrası çiftlik gübresi ilave edilerek arpa ekimi yapılmış toprakların verimliliği ile fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiklikler araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Deneme toprakları; tuzlu sodyumlu alanların büyük olduğu Iğdır Ovasının doğusundan alınmıştır, Aras havzasında yer alan ovanın denizden ortalama yüksekliği 850 m ve alanı 83211 hektardır. Bölgede yıllık ortalama yağış toplamı 260 mm, sıcaklık 12,1°C ve buharlaşma miktarı 1116,3 mm'dir (Temel ve Şimşek, 2011),

Laboratuvarda hava kurusu duruma getirilinceye kadar kurutulmuş ve 2 mm açıklığa sahip elekten elenmiş tuzlu sodyumlu toprak örneklerinin bazı önemli özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

Organik madde olarak kullanılan küçükbaş ve büyükbaş hayvan gübreleri Atatürk Üniversitesi Hayvancılık Araştırma Merkezinden alınmıştır. Bu çiftlik gübrelerine ilişkin çalışılmış bazı özellikleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Araştırmada T2A1 sınıfı sulama suyu kullanılmıştır.

Tuzlu-sodyumlu toprakların ıslahında; doğadan temini daha kolay ve kullanımı yaygınlaşmış etkin bir kimyasal ıslah maddesi olan ve araştırmacılar tarafından da önerilen çözünebilir kalsiyum kaynağı özelliğindeki jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kullanılmıştır (Seenivasan et al., 2016; Dorivar ve DeAnn, 2017), Safiyeti %100'e yakın olan bu materyal öğütülerek toz haline getirilmiş, daha sonra ölçülü olarak topraklara ilave edilmiştir (Hanay vd., 1990), Denemede kullanılan Tokak 157/37 arpa çeşidinin denemenin yürütüldüğü Erzurum'da yaygın üretimi yapılmaktadır (Öztürk ve Akkuş, 2015).

Yöntem

Deneme; tam şansa bağlı desende 3 tekerrürlü kurulmuş ve yürütülmüştür. Tuzlu sodyumlu topraklar laboratuvarda kurutulup 2,00 mm'lik elekten elenerek elek altında geçen kısım denemede kullanılmıştır. Daha sonra bu topraklar tabanına drenajı ağılayabilecek zarf malzemesi serilmiş 30 cm çaplı plastik deneme kaplarına 20 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Uygulanacak jips miktarı Kovda eşitliği kullanılarak 15 cm derinliğindeki toprakların değişebilir sodyum yüzdesini 15'e indirgeyebilecek miktar hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010). Jips uygulanmış topraklar 21 adet drenaj tipi deneme kabına doldurulmuş ve bu kaplar 2,50 cm yüksekten 20 kez düşülerek homojen karışımı sağlanmıştır. Bu işlemi müteakip deneme saksılarına eşit aralıklarla, eşit miktarda su uygulanarak yıkama yapılmıştır. Deneme kaplarının alt kısmına sızan suların EC değeri 4 dS/m düzeyinin altına düşüncüye kadar yıkama yapılmıştır. Toplam 60 günlük sürede deney kaplarına 420 cm yıkama suyu uygulanmıştır (Anapalı, 1994; Hanay, 1990). Bu işlemden sonra deneme kapların yüzeyinden 5 cm derinliğine homojen olarak 20, 40 ve 60 ton/ha düzeyinde gübre ilave edilerek olgunlaşmaya bırakılmıştır. Jips uygulanmış bir deneme kabı (a), yıkama uygulaması yapılmış denem kapları (b) ve gübre ilave edilmiş deneme kapları (c) Şekil 1' de görülmektedir.

Islah işlemi tamamlanan sonra seraya taşınan deneme kaplarına; yazlık olarak sulu koşullarda yetiştirilen arpa çeşidi olan Tokak 157/37 ekilmiştir. Arpa ekimi 20 Şubat, hasadı 20 Temmuzda yapılmıştır. Bitki ekim yapılırken 575 adet / m² bitki sıklığı hesabıyla her deneme kabına 44 tohum ekilmiştir (Öztürk ve Akkuş, 2015).

Bitki su tüketimleri, ağırlık esasına göre hesaplanmış, 4-5 gün aralıklarla deneme kapları tartımı yapılmış, eksilen toprak nemli tarla kapasitesine ulaşınca kadar sulama yapılmıştır (Safi, 2012).

Hasat işlemi manuel olarak yapılarak, bitkilerin boyu (cm), çıkış yapan bitki sayısı, ortalama başak dane sayısı, arpanın bin tane ağırlığı (gr) ile ham protein oranı (%) Akkaya ve Akten (1990)'in kullandıkları yöntemlerle belirlenmiştir.

Çizelge 1. Deneme topraklarının ıslah öncesi bazı özellikleri

Table 1. Some characteristics of trial soils before reclamation

Parametre	Değer	Parametre	Değer
pH (1:2,5)	9,09	Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), (%)	81,77
Elektrik iletkenlik (dS/m)	14,26	Bünye	Kumlu Killi Tın
Organik madde (%)	1,53	Tarla kapasitesi, %	29,60
Kireç, CaCO ₃ (%)	8,90	Solma noktası, %	17,40
Kasyon değ. kap,(KDK) (me/100 gr)	51,18	Tane Yoğunluğu (g/cm ³)	2,68
Değişebilir Na (me/100 gr)	41,85	Kütle Yoğunluğu (g/cm ³)	1,22
Değişebilir Ca+Mg (me/100 gr)	8,83	Porozite (%)	54,47
Değişebilir K (me/100 gr)	0,50	Agregat stabilitesi, (%)	58,77

Çizelge 2. Deneme materyali olan çiftlik gübrelerinin bazı özellikleri

Table 2. Some properties of farm manure used in the study

Türü	pH	EC	OM	N, %	C/N	P, %	K, %
Sığır gübresi	7,54	3,27	46,10	1,57	17,03	1,0	2,0
Koyun gübresi	7,15	3,65	48,3	1,95	14,37	0,60	2,9



Jips uygulanması (a)

Yıkama işlemi (b)

Gübre uygulanması (c)

Şekil 1. Jips uygulama, yıkama ve gübre ilavesi aşamaları

Figure 1. Gypsum application, washing and fertilizer addition stages

Çizelge 3. Çiftlik gübresi uygulanmış toprakların organik madde, pH, EC ve CaCO₃ (%) değerleriTable 3. Organic matter, pH, EC, and CaCO₃ values of farm manure applied soils

Gübre türü	Gübre dozu (ton/da)	pH	EC (dS/m)	Organik madde (%)	CaCO ₃ (%)
Koyun	20	8,25	3,44	2,19	8,49
	40	7,81	3,58	2,72	8,20
	60	7,06	3,72	3,23	7,70
	Ortalama	8,11	3,58	2,71	8,13
Sığır	20	8,21	3,43	2,18	8,29
	40	7,54	3,54	2,64	8,13
	60	7,04	3,74	3,35	7,57
	Ortalama	7,60	3,57	2,72	8,06
Kontrol		8,42	3,37	1,54	9,92

Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle toprak tekstürü, bünye sınıfı da tekstür üçgeni kullanılarak (Gee ve Bauder, 1986) belirlenmiş, saturasyon ekstraktından pH-metre ile toprak reaksiyonu (McLean, 1982), EC metre ile elektriksel iletkenliği ölçülmüştür (FAO 2000). Toprakların kation değişim kapasiteleri Rhoades (1982), değişebilir sodyum (ESP) yüzdesi Kanber ve Ünlü (2010)'ye göre, organik madde içeriği ise Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1982). Örneklerin kireç içeriği Scheibler kalsimetresiyle ölçülmüş (Nelson, 1982), değişebilir kation (Ca, Mg, Na, K) miktarları, amonyum asetat ile Flame Fotometrede okunmuştur (Rhoades 1982).

Tarla kapasitesi ve solma noktası; basınçlı membranda 1/3 atm ve 15 atm basınç uygulanarak belirlenmiştir (Cassel ve Nielsen, 1986). Örneklerin tane yoğunluğu Piknometre, toprak örneklerinin etüvde 105°C'de 24 saat kurutulduktan sonraki ağırlığının toplam hacme oranlanmasıyla (Blake and Hartge, 1986), porozite ise kütle ve tane yoğunlukları değerleri kullanılarak (Danielson and Sutherland, 1986)'a göre hesaplanmıştır.

Yarayışlı nem miktarı, tarla kapasitesi ile solma noktası farkından (Cassel and Nielsen, 1986) hesaplanmış, agregat stabilitesi ise ıslak eleme yöntemi (Kemper and Rosenau, 1986) ile belirlenmiştir. Toprakların hidrolik iletkenlikleri sabit seviyeli su yükü altında 2 saatlik süreyle satüre durumda ölçülmüş ve Darcy metodu ile hesaplanmıştır (Sahin ve ark. 2020).

Bitkilerdeki ham protein (%) oranı Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş olan azot miktarının 6,25 ile çarpılmasıyla, bitki boyu toprak yüzeyi ile kılçıklara kadar yüksekliğin

ölçülmesiyle, bin dane ağırlığı numune ağırlığının sayılan dane sayısına bölümünün 100 ile çarpılması ve bitki sayısı sayılarak tespit edilmiştir (Öztürk ve Akkuş, 2015).

Sulama sularının pH değeri pH-metre, EC değeri de EC-metre ile ölçülmüştür (Tüzüner 1990). Ca ve Mg miktarları EDTA titrasyon yöntemi, Na ve K fleymfotometrik yöntem CO₃ ve HCO₃ sülfirik asitle titrasyon yöntemi, Cl gümüş nitrat yöntemi belirlenmiştir. SO₄ baryum klorür çözeltisi ile spektrofotometrede, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sodyum miktarı kalsiyum ve magnezyum toplamının yarısının karekökünü alınmasıyla bulunmuştur (Richards, 1954).

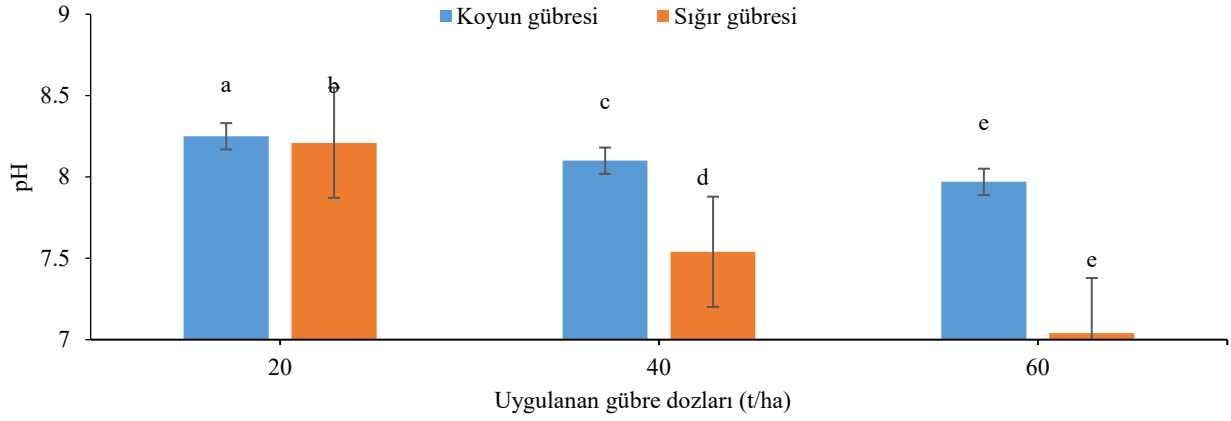
İstatistiksel Analizler

Araştırma sonuçlarına ilişkin varyans analizleri SPSS paket programında yapılmış, daha sonra ortalamaların farklılıkları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Yurtsever, 1984).

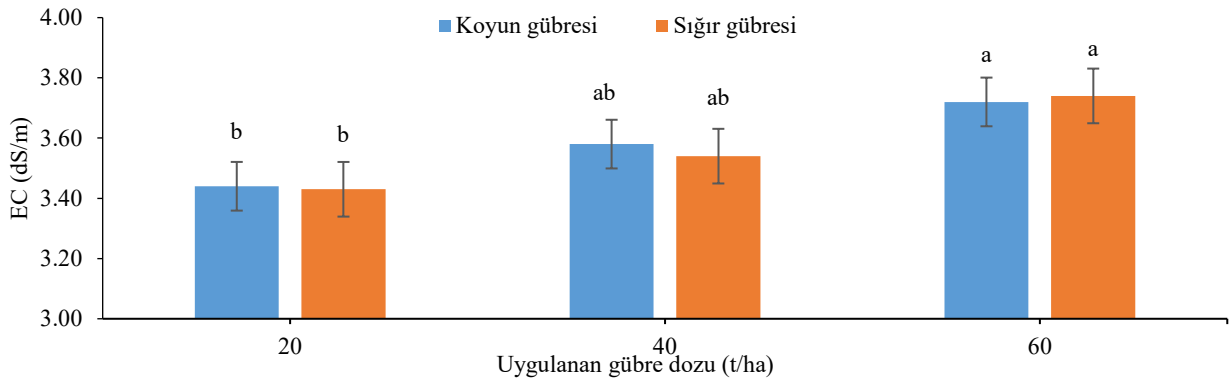
Araştırma Bulguları

Toprakların çiftlik gübresi ilavesi sonrasında pH, EC, organik madde (%) ve CaCO₃ (%) değerlerindeki değişimler Çizelge 3'ten izlenebilmektedir.

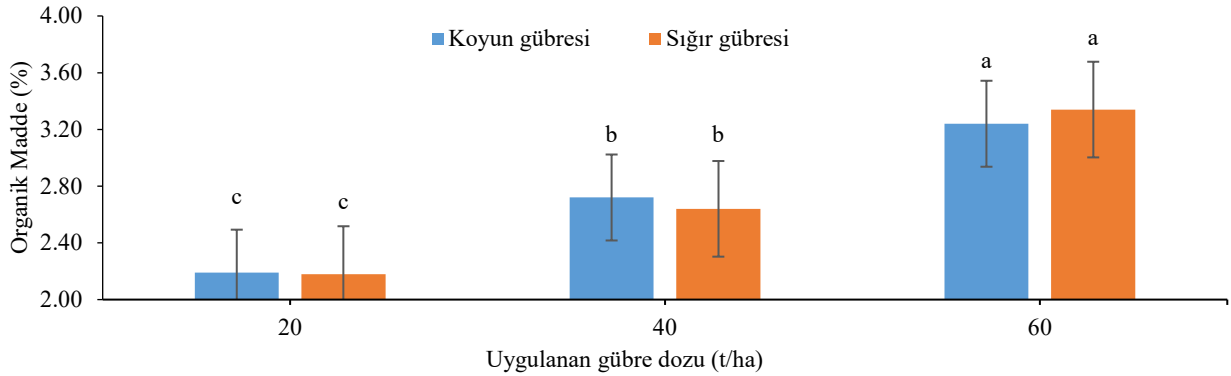
Çizelge 3'te de görülebileceği gibi gübre türlerinde uygulanan gübre miktarının artışıyla toprakların pH değerlerinde düşüş (Şekil 2), EC değerlerinde ise az bir yükseliş görülmüştür (Şekil 3). pH ve EC değerlerindeki değişim bakımından sığır ve koyun gübresi arasındaki fark çok önemli (p<0,01) çıkmıştır.



Şekil 2. Uygulanan gübre türü ve dozunda pH değerlerindeki değişim
Figure 2. Changes in pH values depending on the type and dose of manure applied



Şekil 3. Uygulanan gübre türleri ve dozlarına göre EC değerlerindeki değişim
Figure 3. Changes in EC values depend on the type and dose of manure applied



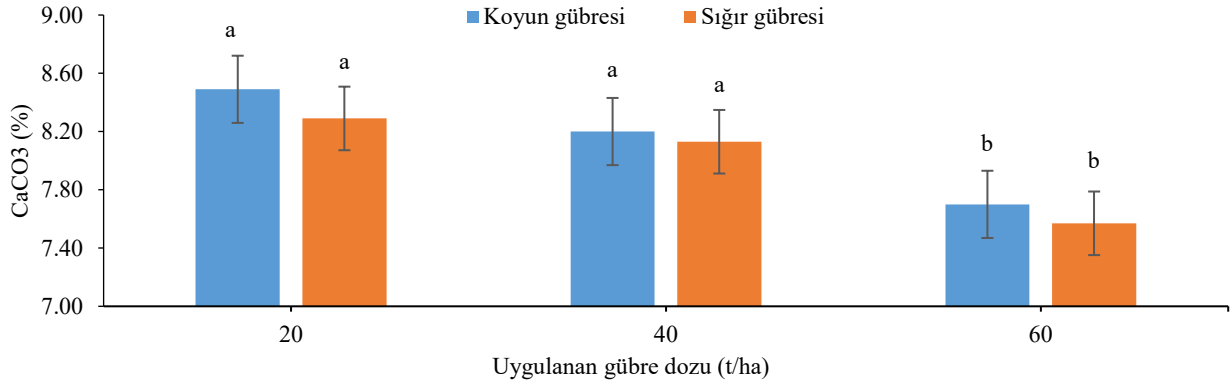
Şekil 4. Uygulanan gübre dozlarının toprak organik madde içeriğine etkisi
Figure 4. Effect of applied manure doses on soil organic matter content

EC değerlerindeki bu yükselişin toprak organik maddesinin içeriği ile değiştiğini birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuş topraklara uygulanan organik maddelerin EC değerini artırdığını belirtmişlerdir (Ferreira ve ark., 2011).

Organik madde miktarı kontrol grubunda %1,54 olup gübre dozu artışlarıyla yükselerek ortalama %2,72 değerine ulaşmıştır. Denemeye başlamadan önce ve sonra koyun gübresinin uygulanmış topraklarının organik madde miktarları 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60 ton/ha dozlarında sırasıyla %42,2; %76,6 ve %109,7 artış, sığır gübresinin aynı dozlarda uygulanması bu artışların % 41,6; % 71,4 ve % 117,5 yükseliş olduğu belirlenmiştir. Gübre dozlarındaki değişimin organik madde artışına etkisinin

çok önemli ($p < 0,01$), gübre türleri arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Toprakların % CaCO_3 içerikleri; her iki gübre türlerinde doz artışıyla azalış göstermiştir. Topraklara 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60 ton/ha dozundaki koyun gübresi % CaCO_3 değerlerini sırasıyla %7,92; %11,06 ve %16,49; sığır gübresi de %10,09; %11,82 ve %17,90 oranında düşürmüştür. İstatistiksel olarak gübre dozlarının % CaCO_3 değerlerindeki düşüşe etkisi çok önemli ($p < 0,01$) iken gübre türleri arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Toprakların CaCO_3 ile pH değerleri arasında doğrusal ilişki varken gübre dozundaki artışıyla pH ve CaCO_3 değerlerindeki azalış ilişkileri uyumlu bulunmuştur.



Şekil 5. Gübre tür ve dozlarına göre toprakların CaCO₃ içerikleri
Figure 5 CaCO₃ contents of soils according to manure type and dose

Çizelge 4. Gübre uygulamalarının toprak Ca, Na, K, Mg, KDK ve ESP içeriğine etkisi
Table 4. Effects of manure applications on soil Ca, Na, K, Mg, KDK and ESP contents

Gübre türü	Dozu (ton/da)	Ca	Na	K (me/100 g)	Mg	KDK	ESP (%)
Koyun	20	37,39	6,87	2,36	3,09	49,71	13,82
	40	37,33	5,16	2,43	4,87	49,38	10,46
	60	36,99	4,05	2,57	5,41	48,84	8,30
	Ortalama	37,24	5,36	2,45	4,46	49,31	10,86
Sığır	20	37,65	6,76	2,37	2,98	49,76	13,58
	40	36,83	5,00	2,45	5,08	49,36	10,12
	60	36,69	3,86	2,65	5,60	48,81	7,91
	Ortalama	37,06	5,21	2,47	4,55	49,31	10,54
Kontrol		38,47	7,48	2,22	1,76	49,93	14,97

Torakların CaCO₃ ve pH değerlerinin değişimler arasında doğrusal ilişki görülmüştür. Sabtow (2019) tuzlu sodyumlu topraklara stabilize kent çamuru uygulamasıyla inkubasyon süresi sonunda organik fraksiyonunun biyo-bozunmasıyla pH değerinin yükseldiğini, bu esnada organik asitlerin etkisiyle asitleşmeye olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı uygulanan gübre dozundaki artışla pH ve CaCO₃ azalışının uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Gübre Uygulamalarının Ca, Na, K, Mg, KDK ve ESP Üzerine Etkisi

Gübre uygulaması sonrası toprakların her iki gübre türü ve dozlarının artışıyla paralel olarak Ca ve Na içeriklerinde düşüşler gözlenirken Mg ve K içeriğinde artışlar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Her iki gübre çeşidinde de uygulama dozu artışıyla toprakların değişebilir Ca ve Na içeriklerinde çok önemli (p<0,01) azalışlar olmuştur. Koyun gübresi uygulanan toprakların 60 ton/ha dozlarında kontrol konusuna mukayese yapıldığında sodyumun %45,86, aynı dozda uygulanan sığır gübresinin de %48,40 azalışa neden olduğu belirlenmiştir. Her iki çeşit gübrenin 60 ton/ha dozlarının uygulanmasıyla değişebilir kalsiyum miktarının kontrol konusuna göre sırasıyla %3,85 ve %4,63 düzeyinde azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan her iki gübre çeşidinde de doz artışına karşılık toprakların değişebilir Mg ve K içeriklerindeki artış farkı çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Değişebilir K miktarındaki artışlar koyun gübresinin 60 ton/ha düzeyinde uygulandığı konularda %15,77 iken aynı doz düzeyinde sığır gübresi uygulanan konularda %19,37 olarak gerçekleşmiştir. Kontrol konusuna karşılaştırıldığında, koyun ve sığır gübresi uygulanmış toprakların değişebilir magnezyum

içeriklerinde 60 ton/ha düzeylerinde sırasıyla 3,07 ve 3,18 kat artış olduğu saptanmıştır. Değişebilir Ca ve Na düzeylerindeki düşüş bakımından gübre dozları arasındaki farklar istatistiksel olarak (p<0,05) önemli, K içeriğindeki azalma önemsiz, Mg miktarındaki azalma çok önemli (p<0,01) bulunmuştur.

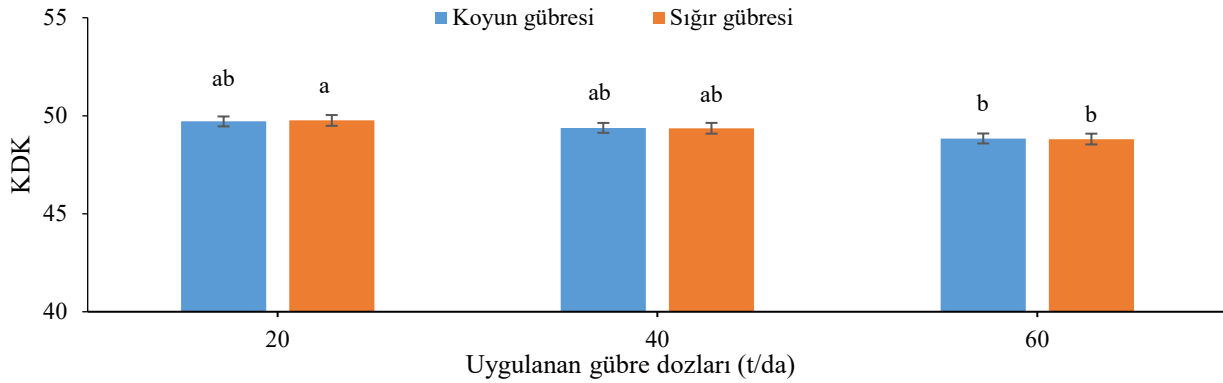
Deneme Sonrası Topraklarının Fiziksel Özellikleri

Deneme topraklarının uygulanan gübre sonrasında gübre türü ve dozları bakımından toprak fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişim Çizelge 5'te sunulmuştur. Buradan görülebileceği gibi gübre uygulanması sonucunda toprakların kütle yoğunluğu değerlerinde azalma olmuştur. Kütle yoğunluğundaki düşüş açısından bakıldığında gübre çeşidi ve uygulama dozları arasındaki farklılık çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Uygulanan gübrenin toprak parçacıklarının birleştirici etkisi kütle yoğunluklarında azalmalara neden olmuştur (Outhman 2016). Uygulanan 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60ton/ha dozlarındaki koyun ve sığır gübrelere kontrol konusuna kıyasla kütle yoğunluğunda sırasıyla %0,82; %1,64 ve %2,46 düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Önceki çalışmaların birçoğunda da organik madde ilavesiyle toprakların kütle yoğunluklarında azalmalar gözlemlenmiştir (Mondal ve ark. 2015). Yine gübrenin 20 ton /ha düzeyinde bir değişim olmamışken, gübre dozu artışıyla tane yoğunluğu değerlerinde de azalmalar olmuştur (Çizelge 5). Koyun ve sığır gübrelere 40 ton/ha ile 60 ton/ha dozlarında uygulamaları tane yoğunluğunu % 0,37 düşürmüştür. Gübre miktarlarının tane yoğunluğundaki düşüşe etkisi p<0,05 önemli çıkmıştır.

Çizelge 5. Gübre uygulaması sonrası toprakların fiziksel özellikleri

Table 5. Physical properties of soils after fertilizer application

Gübre türü	Gübre dozu (ton/da)	Kütle yoğunluğu (g/cm ³)	Tane yoğunluğu (g/cm ³)	Porozite (%)	Agregat stabilitesi (%)
Koyun	20	1,21	2,68	54,84	62,99
	40	1,20	2,67	55,02	65,08
	60	1,19	2,67	55,40	68,03
	Ortalama	1,20	2,67	55,09	65,37
Sığır	20	1,21	2,68	54,79	63,59
	40	1,20	2,67	55,11	68,78
	60	1,19	2,67	55,31	70,10
	Ortalama	1,20	2,67	55,08	66,43
	Kontrol	1,22	2,68	54,47	58,84
Gübre türü	Gübre dozu (ton/da)	Kütle yoğunluğu (g/cm ³)	Tane yoğunluğu (g/cm ³)	Porozite (%)	Agregat stabilitesi (%)
Koyun	20	0,015	30,41	17,64	12,77
	40	0,019	30,90	17,85	13,05
	60	0,028	31,48	18,24	13,24
	Ortalama	0,021	30,93	17,91	13,02
Sığır	20	0,016	30,23	17,46	12,78
	40	0,021	30,78	17,86	12,92
	60	0,029	31,24	18,03	13,21
	Ortalama	0,022	30,75	17,78	12,97
	Kontrol	0,015	29,69	17,37	12,32

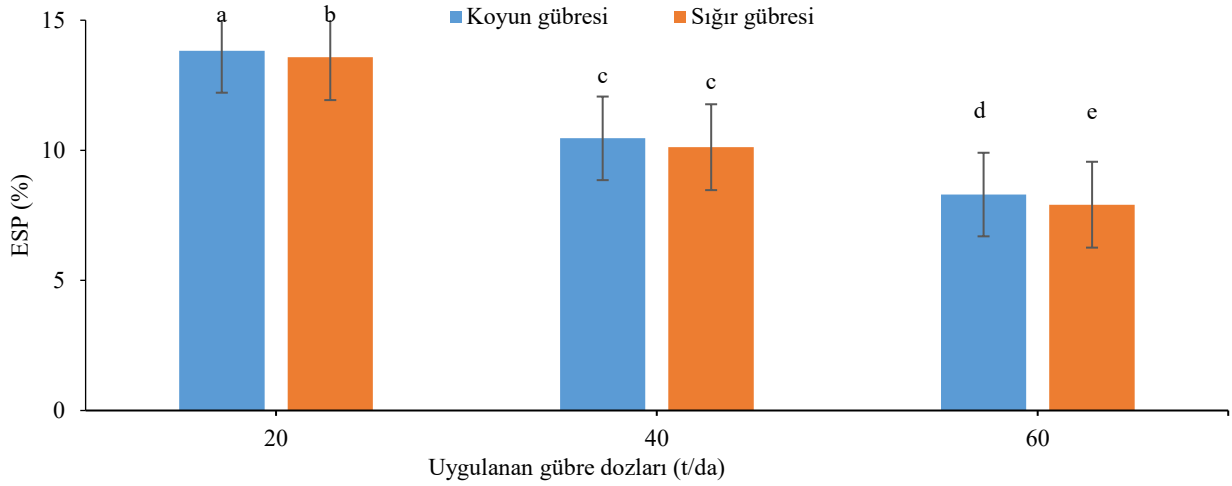
Şekil 6. Gübre tür ve uygulama dozuna bağlı olarak toprakların KDK değerleri
Figure 6. Changes in the CEC of soils depend on fertilizer type and applied doses

Gübre uygulamaları toprakların porozite değerlerinde artışlara neden olmuştur. Bu artış miktarları 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60 ton/ha dozlu koyun gübresi uygulanan konularda sırasıyla %0,31; %0,64 ve %1,34 iken sığır gübresi uygulananlarda sırasıyla %0,22; %0,81 ve %1,17 olarak gerçekleşmiştir. Uygulanan gübre miktarları ile toprak porozitesi değerleri arasındaki fark çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Gübre dozlarındaki artışla toprakların KDK değerlerinde azalmalar olmuş; bu azalma koyun gübresinin en düşük dozunda %0,44 en yüksek dozda ise %2,18 iken sığır gübresi için bu değerler %0,34 ve %2,24 olarak gerçekleşmiştir. Her iki gübre çeşidinde de KDK değerindeki azalmaları, aslında artan dozlarda düşen pH değerlerini de doğrulamaktadır (Çizelge 3 ve Şekil 6). Gübre uygulama dolarına bağlı toprakların pH ve KDK değerleri arasında pozitif korelasyon oluşmuş, yani toprak pH'sı ile KDK değerlerindeki değişimin benzer olduğu belirlenmiştir (Jaramillo and Restrepo, 2017; Sabtow 2019).

Organik madde düzeyinin iyileşmesi sonucunda gelişen agregasyonun bir sonucu porozite değerlerinde de

iyileşme olmuştur. Gübre uygulamaları toprakların ıslak agregat stabilitesini artırmıştır. Koyun gübresi uygulanan topraklarda agregat stabilitesindeki artış oranları 20, 40 ve 60 ton/ha seviyelerinde sırasıyla %7,05; %10,61 ve %15,62 iken sığır gübresi uygulananlarda %8,07; %16,90 ve %19,13 olmuştur. Uygulanan gübre miktarları ile agregat stabilitesindeki artışa etkisi ($p < 0,01$) düzeyinde çok önemli olup gübre türleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Gübre çeşidi ve dozlarındaki değişimin ESP üzerine etkisi çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Gübre dozu artışıyla ESP değerlerinde genel bir azalma görülmüştür. Her iki gübre türünde de ESP 60,0 ton/ha uygulama dozunda en düşük değerine ulaşmıştır. Azalma miktarları uygulanan 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60 ton/ha dozlarında koyun gübresi için sırasıyla %7,68, %30,13 ve %44,56 oranlarında iken sığır gübresi sırasıyla %9,29, %32,40 ve %47,16 oranlarında olmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Uygulanan gübre dozlarına göre ESP değerlerindeki değişim
Figure 7. Changes in ESP values depending on the type and dose of fertilizer applied

Uygulanan gübre toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde iyileşmeyi sağlamıştır. Ancak hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim ile gübre dozu ve çeşidi arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Tuzlu-sodyumlu, özellikle sodyumlu toprakların en önemli sorunu serbest drenaj koşullarının iyi olmamasıdır. Bu durumda hidrolik iletkenlikleri düştüğünden toprakların üretim kapasiteleri de düşmektedir (Sabtow, 2019). Tuzlu-sodyumlu toprakların hidrolik iletkenlik değerleri şişme ve dağılma nedeniyle azalmaktadır. Organik maddeler toprak agregasyonunu geliştirerek hidrolik iletkenliğini yükseltmektedir (Armstrong ve Tanton, 1992).

Gübre uygulamaları toprakların; tarla kapasitesini, solma noktasını ve dolayısıyla yarayışlı nem kapasitelerini yükseltmiştir. Koyun gübresinin 20 ton/da, 40 ton/da ve 60 ton/ha uygulama düzeyleri tarla kapasitesini sırasıyla % 2,43; %4,08; %6,03 artırmıştır. Sığır gübresinin aynı uygulama düzeyinde uygulanmasıyla bu artış değerleri sırasıyla %1,82; %3,67; %5,22 olmuştur. Tarla kapasitesindeki yükseliş ile gübre dozları arasındaki fark çok önemli ($p<0,01$) iken gübre türleri farkı önemsiz bulunmuştur (Şekil 7).

Toprakların solma noktası değerlerinde de yükseliş olmuş, 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60 ton/da düzeyinde uygulanan koyun gübresi toprakların solma noktası değerlerini sırasıyla %1,55; %2,76; ve %5,04 artırmıştır. Aynı dozda uygulanan sığır gübresi için bu artış değerleri sırasıyla %0,52; %2,82; %3,80 olmuştur. Kontrol konusu ile karşılaştırıldığında; istatistiksel olarak solma noktası değerlerindeki yükseliş ile gübre dozu arasındaki farklılıklar çok önemli ($p<0,01$), gübre çeşitleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Fiziksel ıslah amaçlı kullanılan toprak düzenleyiciler yani organik maddeler, topraklarda su hava ve katı madde miktarlarının hacimsel olarak dengelenmesini, ıslak agregat stabilitesinin iyileşerek toprağın su tutma kapasitesinin artmasını sağlamakta, ayrıca porozite ve hidrolik iletkenlik gibi özellikleri de geliştirmektedir (Aggelides ve Londra, 2000; Demir ve ark., 2022). Yarayışlı su tutma kapasitelerindeki artış 20 ton/ha, 40 ton/ha ve 60 ton/ha koyun gübresi uygulanan topraklarda sırasıyla %3,65; %5,93 ve %7,47 iken aynı dozlardaki sığır gübresi için bu değerler sırasıyla %3,73; %4,87 ve %7,22

düzeylerindedir. İstatistiksel olarak yarayışlı nem artışı bakımından gübre türleri ve dozları arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ahır gübresi uygulanmış toprakların su tutma kapasitesindeki değişimi araştıran Er ve ark., (2020), ağırlık olarak %1, %2, %4 oranında uygulanan çiftlik gübresi yüksek dozunun yarayışlı su tutma kapasitesini %9,47 artırdığını belirlemişlerdir.

Hasat sonrası yapılan ölçümlerde uygulanan gübre türlerinin; artan dozlarının saksıdaki bitki sayısına, ortalama bitki boyuna, başaktaki dane sayısı, bin dane ağırlığına ve ham protein oranına yükseliş yönünde etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Araştırmadan sonucunda; tuzlu sodyumlu topraklara çiftlik gübresi uygulamakla toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilebileceğini göstermiştir. Özellikle yüksek dozda çiftlik gübresi uygulaması ile toprak özelliklerinin iyileştirilmesi akabinde arpa yetiştiriciliğinin ıslah sürecine katkı sağlayabileceğini de göstermiştir. Yönetimi açısından önemli sorunların yaşandığı tuzlu sodyumlu topraklara çiftlik gübresi uygulanmasının atık yönetimi ve bertrafi bakımından uygun bir yöntem olabileceği görülmüştür.

Kaynaklar

- Abrol, I.P, J.S.P Yadav, F.I Massoud, (1988). Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin, Soil Resources, Management and Conservation Service, FAO Land and Water Development Division, 39: pp.131
- Aggelides, S. M., P.A. Londra, (2000). Effects of compost produced from own wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. Bioresource Technology 71: 253–259.
- Akkaya, A., Ş. Akten, (1990). Erzurum Yöresinde Yetiştirilebilecek Yazlık Arpa Çeşitlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg. 21 (I): 9-27.
- Anaç, S., Aksoy, U., (2000). Foreword International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity, 30 March 2002, Antalya, Turkey
- Anapalı, Ö., (1994). Iğdır Ovası Tuzlu-Sodyumlu Topraklarında Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Agregasyon Üzerine Etkileri, Atatürk O .Zir .Fak.Der. 25 (3), 436-444.

- Angın, İ., Yağanoğlu, A.V., (2009). Arıtma Çamurlarının Fiziksel ve Kimyasal Toprak Düzenleyicisi Olarak Kullanımı. *Ekoloji* 19, 73, 39-47.
- Anonim, (2000). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü Resmi internet sitesi verileri, (son ulaşım: 15.10.2024)
- Armstrong, A.S.B. and T.W. Tanton, (1992). Gypsum applications to aggregated salinesodic clay topsoil. *J. Soil Sci.* 43:249-260
- Aydın, A. Y. Sezen, (1995). Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:174, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum
- Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M., Tarakçıoğlu, C., (1998). Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International Symposium On Arid Region Soil.* 21-24 September, Menemen-İzmir-Turkey
- Blake, G.R., Hartge K.H. (1986). Particle density. In 'Methods of soil analysis, Part 1- Physical and mineralogical methods (2nd edn.)' (Ed. A Klute) *Agronomy Monograph No. 9*, (American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison.
- Canbolat, M. Y., (1992). Toprağa organik materyal ilavesinin toprağın organik maddesi, agregat stabilitesi ve geçirgenliği üzerine etkileri. *Ata. Üni. Zir. Fak. Der.* 23(2): 113-123.
- Cassel, D.K. ve Nielsen, D.R., (1986). Field Capacity and Available Water Capacity. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods*, *Agronomy Monograph No. 9*, Soil Science Society of America, Madison, 901-926.
- Çiçek, N. and Çakırlar, H., (2002). The Effect of Salinity on Some Physiol. Parameters in two Maize Cult..*Bulg. J.Plant Physiol.*,28(1-2),66- 74.
- Danielson, R.E.ve Sutherland, P.L. (1986). Porosity. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and mineralogical Methods*, 2nd Ed. *Soil Sci. Soc. Of America*, Madison, USA, 443-460.
- Demir, A. D., Kökten, K., Sahin, U., & Canbolat, M. (2022). Farklı özellikteki gübrelerin mera topraklarının bazı özellikleri ile *Poa bulbosa* var. *Vivipara* bitkisinin besin elementi içeriğine etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2), 327-341.
- Dorivar Ruiz Diaz and DeAnn Presley. (2017). Management of Saline and Sodic Soils. *Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.* www.bookstore.ksre.ksu.edu
- Er, H., Demir, Y., Meral, R., (2020). Farklı Özellikteki Toprak İyileştiricilerinin Hafif Bünyeli Toprakların Su Tutma Kapasitesi Üzerine Etkisi, *Uluslararası Biyosistem Müh Derg* 1(2):55-65.
- FAO, (2000). Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils, Available from: www.fao.org/agl. Accessed on 08/01/2019.
- Ferreira, S.R.D.M., Oliveira, J.T.R.D., Messias, A.S., Silva, H.A., Nascimento, A.E.D., Feitosa, M.C.A., (2011). Hydraulic conductivity and soil-sewage sludge interactions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35 (5), 1569-1577.
- Gee, G.W. ve Bauder, J.W. (1986). Particle Size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part A. Klute (ed.)*. 2 Ed., Vol. 9 nd., *Am. Soc. Agron.*, Madison, WI, 383-411.
- Grant, C. A., C.: 'er, D, T. Gehl. L. D. Bailey. (1991). Protein Productio T. jogen Utilization by Barley Cultivars in Response ic- FVûgeri Fertilizer Under Varying Moisture Condiitans. *Ca i Piant Sci.* 71: 997-1009.
- Gupta, R.K., Singh, R.R., Abrol, I.P., (1989). Influence of Simultaneous Changes in Sodicity and pH on the Hydraulic Conductivity of an Alkali Soil Under Rice Culture. *Soil Science* 147(1):28-33
- Hanay A., Büyüksönmez F., Kızıloğlu F. M. and Canbolat M. Y., (2004). Reclamation of Saline-Sodic Soils with Gypsum and MSW Compost. *Compost Science & Utilization*, (2004), Vol. 12, No. 2, 175-179.
- Hanay, A., (1990). Çöp Kompostunun Toprakların Bazı Yapısal Özellikleri ve Toprak-Su İlişkilerine Olan Etkilerinin Ahır Gübresiyle Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. (Basılmamış Doktora Tezi) Atatürk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Jaramillo, M., Restrepo, I., (2017). Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about its Limitations and Benefits. *Sustainability*, 9 (10), 1734.
- Kanber, R., Ünlü, M., (2010). Tarımda su ve toprak tuzluluğu. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281*, Adana.
- Kemper, D.W. ve Rosenau, R.C. (1986). Aggregate Stability and Size Distribution, In: A. Klute, Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1*, American Society of Agronomy, Madison, 425-442.
- Konukcu, F., Akbuğa, R., (2006). Konya-Çumra Yöresinde Yüzeysel ve Tuzlu Taban Suyunun Sulanan Alanlardaki Toprak-Su ve Tuz Dengesi Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 3sayı (2), Tekirdağ.
- Kurunc A., Unlukara A., Cemek B., (2011). Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant and Soil Science* 61: 514-522.
- Lindsay, B., and T. J. Logan. (1998). Field response of soil physical properties to sewage sludge. *Journal of Environmental Quality* 27: 534-542.
- Logan, T. J., and B. J. Harrison., (1995). Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N-Viro soil) and their effects on soil physical properties. *Journal of Environmental Quality* 24: 153-164.
- Malkoç, M., Aydın, A., (2003). Mısır (*Zea mays* L.) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)' nin gelişimi ve bitki besin maddeleri içeriğine farklı tuz uygulamalarının etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Der.* 34 (3): 211-216.
- Marcelis L F M, Hooijdook J. Van ., (1999). Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (*Raphanus sativus* L.). *Kluwer Academic Publishers*. 215: 57-64.
- Mclean, E.O., (1982). Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 199-224.
- Metzger, D, D.. S. 1 Czaplowski, D. C. Rasmusson., (1984). GrainFilling DuuHiori and Yield in Spring Barley. *Crop Sci.* 24 : 1101-1105.
- Mondal, S., Singhb, R.D., Patrab, A.K., Dwivedi, B.S., (2015). Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typic haplustept under cowpea-wheatcropping system. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management* 4, 37-41.
- Moreira, R.S., Mincato, R.L., Santos, B.R., (2013). Heavy metals availability and soil fertility after land application of sewage sludge on Dystroferic Red Latosol. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 37(6), 512-520.
- Nelson, R.E., (1982). Carbonate and gypsum. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* *Agronomy*, 181-197.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., (1982). Total Carbon, Organic Carbon, Organic Matter. In: AL Madison, Editor. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties* Second Edition. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Inc. pp. 539-579.
- Outhman, A.M., (2016). Impact of use sewage sludge in agriculture on physical properties of soil. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 10 (1), 78-86.

- Özkan, Ş.S., Topçu, G.D., (2017). Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarının Bazı Arpa (*Hordeum Vulgare L.*) Çeşitlerinin Çimlenme Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (ÇOMÜ) Agric. Fac) 2017: 5 (2): 37-43. ISSN: 2147-8384.
- Öztürk A., Akkuş S., (2015). Erzurum ilinde arpa tarımı, verimlilik sorunları ve çözüm önerileri. Türkiye 11. Tarla Bitkileri Kongresi, 7-10 Eylül 2015, Çanakkale, 146-150.
- Rhoades, J.D., (1982). Cation exchange capacity. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties (A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney), (Eds.) American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin, pp: 149-157.
- Richards, L.A., (1954). Diagnosis And Improvement Of Salin And Alkali Soils. US Dept. Agric., Agric Handb. No. 60.
- Sabtow, H.A., (2019). Atık Suyla Islanma-Kuruma Süreçlerine Tabi Tutulmuş Ve Stabilize Atık Çamur Karıştırılmış Tuzlu Sodyumlu Toprakların Hidrolik İletkenliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Atatürk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum
- Safi, S., (2012). Su ve Tuzluluk Stresinin Mürdümük'te (*Lathyrus Sativus L.*) Bitki Büyüme, Gelişme, Verim ve Su Tüketimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Sahin, U., F.M. Kiziloglu, A.H.M. Abdallh, A. N. A. Dan Badaou, H.A. Sabtow, Cabolat M.Y., (2020). Use of a stabilized sewage sludge in combination with gypsum to improve saline-sodic soil properties leached by recycled wastewater under freeze-thaw conditions. Journal of Environmental Management 274 (2020) 111171
- Sarı, N., A. İmamoğlu, (2009). Menemen Ekolojik Koşullarına Uygun İleri Arpa Hat ve Çeşitlerinin Belirlenmesi. Anadolu Journal of AARI. 19(1): 24-33.
- Seenivasan, R., Prasath V., Mohanraj R., (2016). Sodic Soil Reclamation in a Semi-Arid Region Involving Organic Amendments and Vegetative Remediation by *Casuarina equisetifolia* and *Erianthus arundinaceus*. Environ. Process. (2016) 3:431–449 DOI 10.1007/s40710-016-0155-1.
- Sort, X., and J. M. Alcaniz., (1999). Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. Land Degradation and Development 10: 3–12.
- Temel, S., U. Şimşek, (2011). Iğdır ovası toprakların çoraklaşma süreci ve çözüm önerileri. Alınteri D., 21(B), 53-59.
- Tüzüner, A., (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, s: 61- 73, Ankara.
- Ünlükara A., Kurunç A., Kesmez G. D., Yurtseven E., (2008). Growth and evapotranspiration of okra (*Abelmoschus esculentus L.*) as influenced by salinity of irrigation water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE, 134 (2): 160-166.
- Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G.D., Yurtseven, E., (2010). Effects of Salinity on Eggplant (*Solanum Melongena L.*) Growth and Evapotranspiration. Irrigation and Drainage 59(2) 203-214.
- White, C. S., S. R. Loftin, and R. Aguilar. (1997). Application of biosolid to degraded semiarid rangeland: Nine-year responses. Journal of Environmental Quality 26: 1663–1671.
- Yurtsever, N., (1984). Deneysel İstatistik Metotları. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Genel Yayın No: 121, Teknik Yayın No: 56, Ankara.