Çukurova Tarım Gıda Bil. Der. *Çukurova J. Agric. Food Sci.*
41(1): 81-91
doi: 10.36846/CJAFS.2026.222

Araştırma Makalesi

Dinamik Toprak Özellikleri ve Taban Suyu Seviyesinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Değerlendirilmesi*

Yavuz Şahin TURGUT[1**], Cana Bilge YUMUŞAK[2], Yakup Kenan KOCA[1]

ÖZ

Tarımsal üretimde sulama temel unsurlardan biri olup, suyun yeterli düzeyde toprakta bulunmasının yanı sıra fazlasının bitki kök bölgesinden uzaklaştırılması da önemlidir. Bu nedenle kimi alanlarda taban suyunun kök bölgesine yükselerek bitkiye zarar vermesini önlemek amacıyla drenaj sistemleri kurulmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'nin önemli tarım bölgelerinden Çukurova'da yer alan Aşağı Seyhan Ovası (ASO) sulama uygulamaları, taban suyu seviyesi ve toprak tuzluluğu arasındaki ilişkileri incelemektedir. Araştırmada, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından açılan drenaj kanallarının etkileri değerlendirilmiş; drenaj öncesi ve sonrası dönemlerde taban suyu seviyesi, pH ve tuzluluk değişimleri karşılaştırılmıştır. Yıllara ait noktasal verilerden elde edilen toprak analizleri CBS ortamına aktarılarak zamansal değişimler belirlenmiştir. Bulgular, drenaj kanallarının açılmasıyla birlikte taban suyu seviyesinin düşüş gösterdiğini ve toprak tuzluluğunda belirgin azalmalar meydana geldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, drenajın toprak yıkanmasını destekleyerek üretim koşullarını iyileştirdiği saptanmıştır. Sonuç olarak, sürdürülebilir tarımsal üretim için etkili drenaj sistemlerinin zorunluluğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Drenaj kanalı, toprak pH, tuzluluk, ArcGIS, Çukurova

Evaluation of Temporal Changes in Dynamic Soil Properties and Groundwater Levels Using GIS

ABSTRACT

Irrigation is a fundamental component of agricultural production and beyond ensuring sufficient soil moisture, the removal of excess water from the root zone is equally crucial. For this reason, drainage systems are often established to prevent groundwater from rising into the root zone and harming crops. This study examines the relationships between irrigation practices, groundwater level, and soil salinity in the Lower Seyhan Plain, part of the Çukurova Plain- one of Turkey's most important agricultural regions. The effects of drainage channels constructed by the State Hydraulic Works were evaluated by comparing pre- and post-drainage conditions in terms of groundwater level, pH, and salinity. Soil analyses based on multi-year point data were processed in a GIS to identify temporal changes. Findings indicate that the construction of drainage channels led to a decline in groundwater levels and a significant reduction in soil salinity. Furthermore, drainage was found to enhance soil leaching, thereby improving production conditions. In conclusion, the study highlights the necessity of effective drainage systems to ensure continuous and sustainable agricultural production.

Keywords: Drainage channel, soil pH, salinity, ArcGIS, Çukurova

ORCID ID (yazar sırasına göre)
0000-0002-8566-6375, 0000-0003-4764-4404, 0000-0001-9285-1416

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 22.09.2025
Kabul Tarihi: 02.06.2026
[1] Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01170, Adana
[2]Devlet Su İşleri (DSİ) 6. Bölge Müdürlüğü, 01120, Adana
**E-posta: ysturgut@cu.edu.tr
*Bu çalışma lisansüstü tezden üretilmiştir.

Dinamik Toprak Özellikleri ve Taban Suyu Seviyesinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Değerlendirilmesi

Giriş

Toprak, insan yaşamının sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez bir doğal kaynak olup, ekosistemin temel bileşenlerinden biridir. Yerkürede meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler, toprağın yapısal özelliklerini ve işlevsel dinamiklerini doğrudan etkilemektedir. Mikroorganizmalar da dahil olmak üzere çok sayıda canlıya yaşam ortamı sağlayan toprak; mineral parçacıklar, organik maddeler ve humus içeriği bakımından oldukça karmaşık ve zengin bir yapıya sahiptir (Özbek ve ark., 2019).

Toprak, ekosistem içerisinde özellikle su ve madde döngülerinin düzenlenmesinde kritik görevler üstlenmektedir. Hidrolojik sistem ile toprak özellikleri arasındaki etkileşim, suyun depolanması ve hareketi açısından büyük önem taşımaktadır. Bitkilerin gelişimi için gerekli olan su ve besin elementleri, kök sistemi aracılığıyla topraktan alınmaktadır ve bu maddeler çoğunlukla toprak çözeltisi içerisinde çözünmüş halde bulunmaktadır. Bitkiler, bu çözünmüş besinleri kökleri aracılığıyla alırken enerji gereksinimini kök hücrelerinde gerçekleşen metabolik süreçlerden sağlamaktadır (Brady ve Weil, 1999). Bu nedenle su ve oksijen, bitkisel yaşamın devamı için temel iki unsur olarak kabul edilmektedir. Yağışlarla birlikte toprağa giren su, toprak yapısı ve iklim koşullarına bağlı olarak belirli oranda depolanabilmekte ve bitkilerin kullanımına sunulmaktadır. Aynı zamanda yer altı suyu sistemine veya yüzey akışlarıyla akarsulara taşınabilmektedir. Bununla birlikte, toprağın filtreleme özelliği sayesinde bazı kirleticiler suyun toprak içerisindeki hareketi sırasında tutulabilmekte veya azaltılabilmektedir. Ancak geçirimsiz veya zayıf yapıdaki topraklarda yağış suları yeterince infiltre olamamakta ve yüzey akışı artarak erozyon riskini beraberinde getirmektedir (Güzel ve Gülüt, 2010).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından sulama uygulamaları kritik bir öneme sahiptir. Bununla birlikte drenaj sistemleri, sulamalı tarımın ayrılmaz bir unsuru olarak değerlendirilmelidir. Plansız ve kontrolsüz sulama uygulamaları, uzun vadede verim artışı sağlasa da, taban suyu seviyesinin yükselmesine yol açar. Taban suyundaki bu yükselme, zamanla toprak verimliliğinde düşüşe, tuzluluk ve sodyum problemlerinin artmasına yol açmaktadır. Drenajın önemi bilinse de uygulamadaki eksiklikler nedeniyle sulama ile drenaj arasındaki ilişki çoğu zaman yeterince dikkate alınmamaktadır. Bu durum, drenaj problemlerinin ortaya çıkmasına ve tarımsal sürdürülebilirliğin zarar görmesine neden olmaktadır. Drenaj sistemlerinin ihmal edilmesi halinde, sulamadan elde edilen faydalar azalmakta; buna ek olarak salinizasyon ve solonizasyon gibi toprak bozulma süreçleri hızlanarak tarım arazilerinin kullanım dışı kalma riski ortaya çıkmaktadır. Tarımsal üretim alanlarında taban suyunun kontrol altında tutulması bu nedenle büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda uygun drenaj sistemlerinin kurulması ve arazi özelliklerinin detaylı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Akgül (2003) tarafından da ifade edildiği üzere, tuzluluk problemi dünya genelinde tarımsal verim kayıplarının önemli nedenlerinden biridir ve her yıl milyonlarca hektar tarım arazisi bu nedenle üretim dışı kalmaktadır. Topraklarda salinizasyonun tehlikeli ve fark edilmesi zor bir kimyasal olay olmasına rağmen, Çukurova'da tuzlulaşmanın boyutlarını ve zamansal değişikliğini değerlendiren literatür eksikliği bulunmaktadır.

Türkiye'de Devlet Su İşleri (DSİ), drenaj problemi bulunan bölgelerde farklı hidrolojik ve tarımsal koşullara uygun olarak yüzey drenajı, yer altı drenajı ve çiftlik drenajı gibi sistemleri uygulamaktadır. Bu uygulamalar, toprakta fazla suyun uzaklaştırılması ve taban suyu seviyesinin kontrol altına alınması açısından önemli rol oynamaktadır. DSİ tarafından gerçekleştirilen en önemli projelerden birisi de Çukurova'nın tümüyle sulanmasını sağlayan sulama kanallarının inşası olmuştur. Bununla birlikte yine aynı kurum tarafından hem taban suyunun bitkisel üretime zarar vermemesi hem de zamanla oluşan tuzluluğun giderilmesi amacıyla çeşitli drenaj çalışmaları da yapılmaktadır. Ovaya yönelik gelecekte yapılması planlanan en önemli proje ise su kaynaklarının korunması adına sulama kanallarının toprak altına alınmasıdır. Türkiye'nin en önemli tarım

havzalarından biri olan Çukurova Bölgesi'nde geniş alanlarda sulama faaliyetleri yürütülmektedir. DSİ tarafından inşa edilen sulama kanalları sayesinde yaklaşık 40 yıldır bölgedeki tarım alanlarının büyük bir kısmı sulanabilmektedir. 1990 öncesine ait verilere göre (Tekinel, 1989), ASO sulama tesislerinde yer alan alanların %87.8'inde aktif sulama gerçekleştirildiği rapor edilmiştir. Ancak özellikle geleneksel sulama yöntemlerinin (vahşi sulama) yaygın kullanımı, suyun etkin yönetilememesine ve çeşitli toprak sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

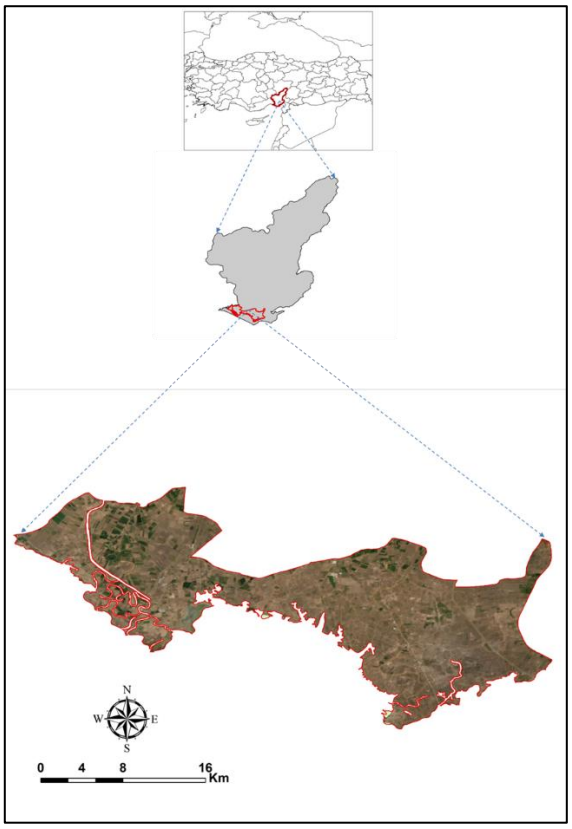
Bu çalışma kapsamında, Çukurova Bölgesi'nde DSİ tarafından inşa edilen drenaj kanallarının toprak özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnceleme alanı olarak, drenaj kanallarının yoğun olarak bulunduğu ve yeraltı suyu yüksekliği, tuzluluk ve yüksek pH gibi problemlerin yaygın olduğu ASO Sol Sahil Sulama Alanı'nın güney kesimi seçilmiştir. Çalışmada, drenaj kanallarının tesis edilmesinden önceki toprak özellikleri ile güncel durum karşılaştırılarak zamansal değişimler değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma alanı, Adana ili sınırları içerisinde bulunan Çukurova içerisinde yer alan ASO Sol Sahil Sulama Alanı'nın güneyinde bulunmaktadır. Çalışma alanı doğuda, Ceyhan Nehri taşkın seddesi, batıda Seyhan Nehri taşkın seddesi, kuzeyde Kızıltahta ve Sirkenli köyleri, kuzeybatısında Gümüşyazı Köyü; güneyde ise Akyatan Gölü ve Tuz Gölü ile sınırlandırılmıştır (Şekil 1). Çalışma alanı 36°37'- 36°47'K ve 35°01'- 35°28'D (WGS84) arasında değişmekte olup yaklaşık 40000 ha alan kaplamaktadır.

Türkiye'nin önemli su kaynaklarından biri olan Seyhan Nehri, çalışma alanı açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu nehir, bölgedeki taban suyu seviyeleri ve tuzluluğun zamansal değişiminde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bölgeye düşen yağışlar ve sulama faaliyetleri, taban suyu seviyelerinde dalgalanmalara, tuzluluk oranında değişimlere ve drenaj problemlerine sebep olmaktadır. Önceki yıllarda, bölgede toprak tuzlanması, taban suyu seviyelerinde düzensizlikler ve bazı alanlarda drenaj sorunları gözlemlenmiştir. Bu drenaj sorunları, çoğu zaman çalışma bölgesinde tarımsal üretimde ciddi kayıplara hatta kimi yerlerde üretimin tamamen durmasına yol açmıştır. Sorunların çözümüne yönelik olarak, DSİ tarafından inşa edilen drenaj kanalları bu çalışmanın en önemli dayanaklarından birini oluşturmaktadır. Ayrıca, DSİ'nin 1982 yılına ait toprak analizi bulgularının yanı sıra, çalışma kapsamında son dönemde toplanan toprak örnekleri üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı coğrafi konumu

Çalışma Alanı İklimi

Çukurova Ovası'nda Akdeniz iklim tipi hâkim olup, kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçmektedir. Yağışlar yağmur olarak düşmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre, Adana ili, 1929-2022 yılları ölçüm periyotları arası yıllık ortalama sıcaklık 19.2 ^{0}C, ortalama en yüksek sıcaklık 25.4 ^{0}C, ortalama en düşük sıcaklık 13.9 ^{0}C, ortalama güneşli gün süresi 7.5 saat, ortalama yağışlı gün sayısı 74.7 ve yıllık toplam yağış miktarı ise

668.8 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek sıcaklık değeri, 1929-2022 yıllık ölçüm periyodu için 45.6 ^{0}C, en düşük sıcaklık değeri ise yıllık -8.1 ^{0}C olarak belirlenmiştir (MGM, 2023).

Köppen sınıflamasına göre çalışma alanı Csa (Kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi)) şeklinde tanımlanmıştır. İklimsel veriler değerlendirildiğinde, Soil Survey Staff'a (2017) göre, çalışma alanının sıcaklık rejimi Thermic; nem rejimi ise Xeric'tir.

Çalışma Alanı Jeolojisi ve Toprak Serileri

Çalışma alanı, kuzeyden Alpin Orojenik kuşağın Anadolu'daki güney uzantısını oluşturan Toros Dağları ile çevrilidir. Ovanın kuzey kesiminde ise ince bir şerit halinde gözlenen, kırmızı, kırmızı-kahverengi ve yer yer pembe renkli Kuaterner yaşlı traverten oluşumları yer almaktadır. Bu travertenlerin, ovanın kuzeyindeki sırtları morfolojik yapıya uyumlu biçimde örttüğü belirtilmiştir (Anonim, 1978). Çalışma alanı genel olarak Çukurova Bölgesi içerisinde yer almakta olup, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin taşıdığı alüvyonlar ile delta birikintilerinden oluşmuş geniş bir ova karakteri göstermektedir.

Bölgedeki topraklar genç alüvyal özellikte olup, oldukça heterojen bir yapı sergilemektedir. Akarsu süreçlerinin etkisiyle tekstürel farklılaşma belirgin şekilde gözlenmektedir. Nehir yataklarına yakın alanlarda daha çok kaba tekstürlü (kumlu) topraklar hâkimken, uzaklaştıkça kil içeriği yüksek ağır bünyeli topraklara rastlanmaktadır. Toprak renkleri açık kahverengiden koyu kahverengiye kadar değişmekle birlikte genel olarak kahverengi tonları baskındır. Çalışma alanına ilişkin en kapsamlı çalışmalardan biri Dinç ve ark. (1989) tarafından gerçekleştirilmiş olup, bu veriler doğrultusunda bölgede en yaygın toprak serilerinin Arpacı, Helvacı, Oymaklı ve Çanakçı olduğu belirlenmiştir. Söz konusu seriler sırasıyla alanın % 34, % 19, % 17 ve % 15'ini kaplamaktadır.

Genel olarak alüvyal karakterdeki topraklarda pH değerleri hafif alkalin özellik göstermektedir. Arpacı serisinde taban suyu problemi belirgin olup, Toprak Taksonomisi sınıflamasına göre Aquic Xerofluvent olarak tanımlanmıştır. Helvacı serisi ise tuzluluk problemi içermekte ve Vertic Haloquept olarak sınıflandırılmaktadır. Buna karşılık Oymaklı ve Çanakçı serilerinde hem taban suyu hem de tuzluluk problemi bulunmamakta olup Typic Xerofluvent sınıfında yer almaktadır (Soil Survey Staff, 1999).

Çukurova, Türkiye'nin en verimli tarım alanlarından biri olup, ürün deseni yıllara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bölgede özellikle mısır, buğday ve narenciye üretimi öne çıkarken; pamuk, ikinci ürün mısır, soya, karpuz ve yerfıstığı da önemli tarımsal ürünler arasında yer almaktadır (Karnez, 2010). Türkiye genelinde hektar başına kullanılan kimyasal gübre miktarı yaklaşık 100.4 kg (N+P+K) düzeyindeyken (FAO, 2009; Cüre, 2022), Çukurova Bölgesi'nde bu değer 250 kg'ın üzerine çıkmaktadır (Karnez, 2010). Tarımsal üretimin yanı sıra bölgede hayvancılık faaliyetleri de yürütülmekte olup; büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığı yapılmaktadır. Bu faaliyetler çoğunlukla aile tüketimine yönelik olmakla birlikte, belirli ölçüde ticari besi ve süt sığırcılığı ile sınırlı sayıda kümes hayvancılığı şeklinde de gerçekleştirilmektedir.

Yöntem

Çalışma alanına ait önceki yıllara ait veriler DSİ tarafından gerçekleştirilen arazi gözlemleri ve toprak analizlerine dayanmaktadır. Bu kapsamda, 1982 yılında DSİ tarafından yürütülen toprak örnekleme çalışmalarını içeren Arazi Tasnif Raporu'nda yer alan örnekleme ve kontrol noktaları ArcGIS ortamına aktarılarak sayısallaştırılmıştır. Noktalara ait koordinat bilgileri dijital veri tabanına işlenmiş ve her bir örneğe ait analiz sonuçları sistematik biçimde veri tabanında düzenlenmiştir. Buna paralel olarak, güncel dönemde (2020 yılı) alınan toprak örnekleri de dijital ortama aktarılmış ve böylece iki farklı zamana ait karşılaştırılabilir veri setleri oluşturulmuştur. 1982 yılında 456 olan örnek sayısı, 2020 yılında yapılan çalışmalarla birlikte 5408'e yükselmiştir.

Drenaj problemlerinin gözlendiği ve drenaj kuyularının tesis edildiği alanlarda düzenli izleme yapılması kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, kurulan drenaj kuyularında her yıl aynı dönemde taban suyu seviyeleri periyodik

olarak ölçülmüştür. Arazi çalışmalarında sistematik rasat ölçümleri gerçekleştirilmiş, taban suyu seviyesinin belirlenmesinde şerit metre ve probometre kullanılmıştır. Ölçüm sürecinde, şerit metre ile elde edilen değerlerden referans yüzey mesafesi çıkarılarak taban suyu derinliği hesaplanmış ve sonuçlar "Taban Suyu Aylık Ölçüm Formu"na kaydedilmiştir.

Arazi aşamasında alınan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra laboratuvar analizlerine tabi tutulmuştur. Tuzluluk ve pH analizleri, saturasyon çamuru yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, toprak-su karışımından elde edilen saturasyon ekstraktı üzerinden pH değerleri belirlenmiş ve toprakların asidik, nötr veya alkalin özellikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca saturasyon çözeltisi kullanılarak tuz konsantrasyonu yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerleri de ölçülmüştür.

Toprak pH sınıflandırmasında referans aralık olarak 8.5 değeri esas alınmış ve pH değerleri farklı sınıflara ayrılarak değerlendirilmiştir. Buna göre 6.6–7.3 arası nötr, 7.4–7.8 arası hafif alkalin, 7.9–8.4 arası orta alkalin, 8.5–9.0 arası güçlü alkalin ve 9'un üzeri çok güçlü alkalin olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar doğrultusunda haritalar oluşturulmuştur.

Toprak tuzluluğunun değerlendirilmesinde ise DSİ sınıflandırma kriterleri esas alınmıştır. Buna göre % 0.1'in altındaki değerler düşük tuzluluk, % 0.1–0.2 arası 1. sınıf, % 0.2–0.4 arası 2. sınıf, % 0.4–0.6 arası 3. sınıf ve % 0.6'nın üzerindeki değerler 5. sınıf tuzluluk olarak değerlendirilmiştir. Bu sınıflara göre karşılaştırmalı dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamına aktarılması ve analiz edilmesi sürecinde ArcGIS 10.5 ve Google Earth Pro yazılımlarından yararlanılmıştır. 1982 yılına ait basılı veriler öncelikle manuel olarak sayısallaştırılmış, ardından CBS ortamına entegre edilmiştir. Tüm veri setleri ArcGIS 10.5 kullanılarak işlenmiş ve haritalandırılmıştır. Çalışma kapsamında 1982 ve 2020 yıllarına ait taban suyu seviyeleri, tuzluluk ve pH değerlerindeki zamansal değişimler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

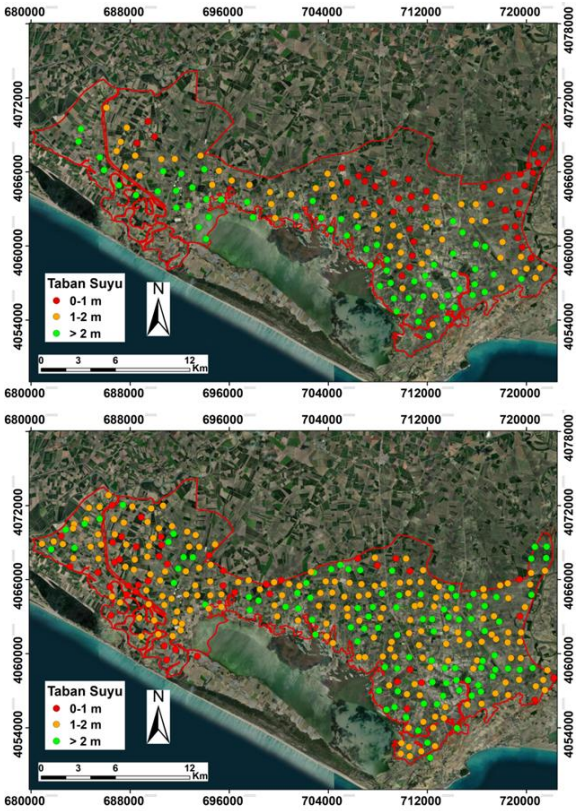
Araştırma Bulguları

Taban Suyu Seviyesi ve Değişimleri

Bitkisel üretimde verimliliği etkileyen temel unsurlardan biri, taban suyu seviyesinin bitki kök bölgesinin altında bulunmasıdır. İdeal özelliklere sahip bir toprakta gözenek hacminin yaklaşık % 50'sinin hava, kalan gözeneklerin ise su ile dolu olması beklenmektedir. Ancak taban suyunun kök bölgesine kadar yükselmesi, hem bitki köklerinin hem de toprakta yaşayan mikroorganizmaların yeterli düzeyde havalanmasını engelleyebilmektedir. Bu nedenle sağlıklı bir yetiştiricilik açısından, taban suyu seviyesinin bitki kök derinliğinin altında tutulması temel koşullardan biri olarak kabul edilmektedir.

DSİ tarafından hazırlanan Drenaj Raporu kapsamında; taban suyu kontrolü, toprak profil özellikleri ve taban suyunun bulunduğu katmanlardaki yatay hidrolik geçirgenlik durumları incelenmiştir. 1982 yılında açılan 161 gözlem kuyusunda, temmuz ayında gerçekleştirilen ölçümler sonucunda; kuyuların % 26'sını oluşturan 42 kuyuda taban suyu seviyesinin 0-1 metre arasında bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, gözlem kuyularının % 68'ini oluşturan 110 kuyuda taban suyunun 1-2 metre aralığında olduğu, % 6'lık kısmını oluşturan 9 kuyuda ise 2 metreden daha derinde yer aldığı tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında koordinat bilgileri belirlenen tüm gözlem noktaları CBS ortamına aktarılmış ve her kuyuya ait ölçüm aralıkları veri tabanına işlenmiştir.

2020 yılı Temmuz ayında ise DSİ tarafından açılmış drenaj gözlem kuyularına ait veriler değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, toplam 320 gözlem kuyusunun % 29'unu oluşturan 96 kuyuda taban suyu seviyesinin 0-1 metre arasında olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, kuyuların % 57'sini oluşturan 180 noktada taban suyunun 1-2 metre aralığında bulunduğu, kalan % 14'lük bölümde yer alan 44 kuyuda ise seviyenin 2 metreden daha derinde olduğu tespit edilmiştir. 1982 ve 2020 yıllarına ait gözlem kuyularının konumları ile taban suyu ölçüm sonuçlarının ayrıntılı dağılımı Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. 1982 yılı ve 2020 yıllarına ait taban suyu seviyesi noktasal değişim haritaları

Drenaj kanallarının bulunduğu alanlarda, taban suyu seviyesinin daha derin seviyelerde olması beklenmektedir. 1977 yılına ait veriler incelendiğinde, taban suyu derinliği 2 metrenin üzerinde bulunan istasyonların toplam gözlem noktalarının yalnızca % 6'sını oluşturduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, bu oran 2020 yılında % 16 seviyesine yükselmiştir. Elde edilen sonuçlar, drenaj kanallarının taban suyu kontrolü açısından etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, 1982-2020 döneminde taban suyu seviyesinin 1-2 metre arasında bulunduğu alanların genişlediği tespit edilmiştir. Taban suyu seviyesindeki bu değişimin temel nedenlerinden biri olarak yağış faktörü değerlendirilmiş olsa da, çalışma alanına ait aylık ortalama yağış analizleri önemli bir artışın gerçekleşmediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, taban suyu seviyesindeki yükselmede sulama uygulamalarının daha etkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle geçmiş dönemlere kıyasla yüzey sulama yöntemlerinin yaygınlaşmasının, ürün desenindeki değişimle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Bölgede su tüketimi yüksek ürünlere, özellikle mısır üretimine yönelimin artması bu durumun temel nedenlerinden biri olarak görülmektedir. Nitekim 2020 yılında drenaj kuyularında gerçekleştirilen gözlemler, mısır sulama dönemlerinden sonra taban suyu seviyelerinde belirgin değişimler meydana geldiğini göstermiştir. Örneğin, taban suyu seviyesi 0-1 metre aralığında bulunan gözlem kuyusu sayısının bu süreçte 96'dan 17'ye düştüğü belirlenmiştir.

Yeler ve ark. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ASO'na ait 2013 yılı yazlık ve kışlık ürün desenleri Landsat uydu görüntüleri kullanılarak ayrıntılı biçimde analiz edilmiş ve ürünlerin alansal dağılımları haritalandırılmıştır. Araştırma sonuçları, yazlık ürünler içerisinde en geniş ekim alanına sahip ürünün mısır olduğunu göstermiştir. Özellikle temmuz ayında birinci ve ikinci ürün mısır üretiminin yoğunluk kazandığı belirlenmiştir. Çalışmada, yaklaşık 49758 hektarlık alan ile birinci ürün mısırın bölgede en yaygın yetiştirilen ürün olduğu ifade edilirken, ikinci ürün mısır ekim alanının ise 22606 hektar olduğu bildirilmiştir.

Mısır üretimindeki bu yüksek oran, özellikle yaz döneminde artan sıcaklık koşullarına bağlı olarak bitkinin su ihtiyacını artırmakta ve yoğun sulama uygulamalarını gerekli kılmaktadır. Bu durumun ise yeraltı su seviyeleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu düşünülmektedir. Benzer sonuçlar Karnez (2010) ile Koca (2013) tarafından yürütülen çalışmalarda da ortaya konulmuş ve bölgede mısır üretim alanlarının önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Bölgedeki ürün desenine ilişkin verilere göre, toplam ekim alanlarının yaklaşık % 35'ini mısır oluştururken, narenciye üretimi % 18'lik oran ile ikinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2021). Ancak su tüketimi yüksek bir ürün olan mısırın geniş alanlarda yetiştirilmesi, yeraltı su kaynakları üzerindeki baskının artmasına neden olmaktadır.

Toprak Tuzluluk Düzeyleri ve Zamansal Değişimleri

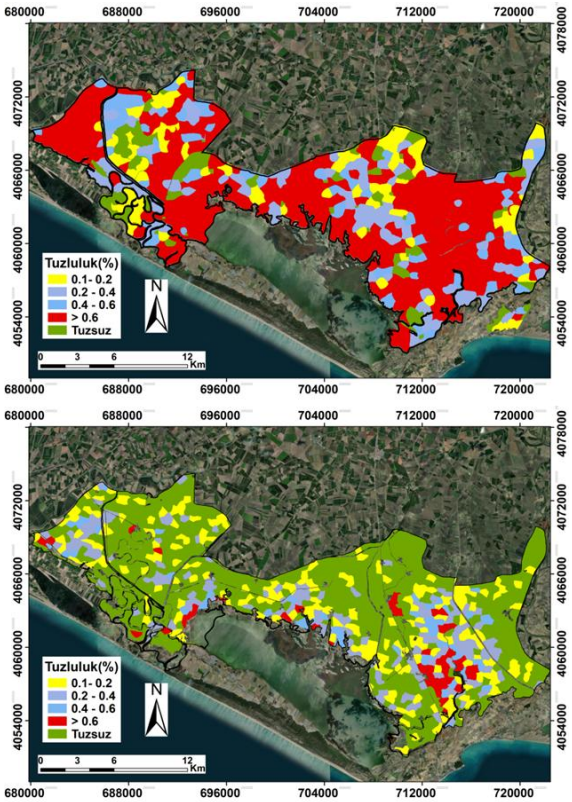
Topraklardaki tuzluluk düzeyi, yalnızca sulama uygulamalarına bağlı olarak değil, aynı zamanda toprağın oluştuğu ana materyalin özelliklerine bağlı olarak da yüksek seviyelere

ulaşabilmektedir. Tarımsal üretim açısından önemli bir sorun olarak kabul edilen yüksek tuzluluk, bitkilerin su alımını sınırlandırmakta ve besin elementlerinden yararlanma düzeyini azaltmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, drenaj koşullarının yetersiz olduğu alanlarda tuzluluk problemi daha yaygın şekilde görülmektedir. Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda, uzun süreli sulama faaliyetleri toprakta tuz birikimini hızlandırabilmektedir. DSİ tarafından yürütülen çalışmalar, Çukurova'da tuzluluk sorununun bulunduğunu ortaya koymuş; gerekli tedbirlerin uygulanmaması halinde tuzluluk seviyelerinin daha da artabileceği belirtilmiştir. Benzer şekilde, Dinç ve ark. (1990) tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda da ova topraklarında önemli düzeyde tuzluluk problemlerinin bulunduğu ifade edilmiştir.

Toprak tuzluluğu, özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde daha yaygın olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, drenaj yetersizliği görülen alanlarda da farklı düzeylerde tuz birikimi meydana gelebilmektedir. Kurak bölgelerde bitkisel üretim için sulama ihtiyacının artması, toprak tuzluluğunun yükselmesinde etkili olan temel faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlarda hem sulama uygulamaları hem de kapilar yükselme etkisi nedeniyle tuzların üst toprak katmanlarında biriktiği bildirilmektedir (Richards, 1954). Tuzluluk probleminin azaltılabilmesi için kaliteli sulama suyunun kullanılması, uygun sulama yöntemlerinin tercih edilmesi ve yeterli drenaj altyapısının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Ancak bu koşulların sağlanmadığı durumlarda, toprakta önemli ölçüde tuz birikimi oluşabileceği Deliboran ve Savran (2015) tarafından vurgulanmıştır. Çukurova'da gerçekleştirilen çalışmalar da benzer sonuçlar ortaya koymuş ve bölgedeki tuzluluk problemlerine dikkat çekmiştir (Donma, 2008).

Geçmiş yıllara ait veriler değerlendirildiğinde, ovanın belirli kesimlerinde yüksek düzeyde tuzluluk bulunduğu anlaşılmaktadır. DSİ tarafından 1978 yılında hazırlanan Arazi Sınıflandırma Raporu kapsamında incelenen 456 adet toprak örneğine ait analiz sonuçları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında değerlendirilmiş ve alansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen model sonuçlarına göre, çalışma alanının 1982 yılında yaklaşık % 79.62'sinin tuzlu toprak özelliği gösterdiği belirlenirken, bu oranın 2020 yılında % 18.21 seviyesine düştüğü tespit edilmiştir. İki dönem arasındaki karşılaştırmalar, tuzlu toprak alanlarında % 61.41 oranında azalma meydana geldiğini göstermiştir (Şekil 3). Bu durum, bölgede gerçekleştirilen drenaj uygulamaları ile alınan önlemlerin toprak tuzluluğunun azaltılmasında önemli ölçüde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Donma (2008) tarafından yürütülen araştırmalarda da Çukurova Bölgesi topraklarında tuzluluk seviyelerinde düşüş eğilimi olduğu bildirilmiştir. Akdeniz gibi yarı kurak iklim bölgelerinde toprak tuzluluğundaki yıllar içinde meydana gelen azalmalar, DSİ tarafından yapılan drenaj kanallarının önemini açıkça göstermektedir. Çalışma alanındaki bu drenaj kanalları sayesinde, geçmişte oldukça yüksek seviyelerde olan toprak tuzluluğunun son yıllarda belirgin bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

Karaoğlu ve Yalçın (2018) tarafından ifade edildiği üzere, topraklardaki tuzluluk, iklim, topoğrafya ve ana materyal gibi doğal etkenlerin yanı sıra yanlış sulama ve aşırı gübreleme uygulamaları nedeniyle de artış gösterebilmektedir. Bununla birlikte, yoğun tarımsal faaliyetlerin sürdüğü çalışma alanında, normal koşullarda yükselmesi beklenen toprak tuzluluğunun drenaj kanallarının olumlu etkisi sayesinde artmadığı, hatta azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. 1982 yılı (üstte) ve 2020 yılı (altta) toprak tuzluluk dağılım haritaları

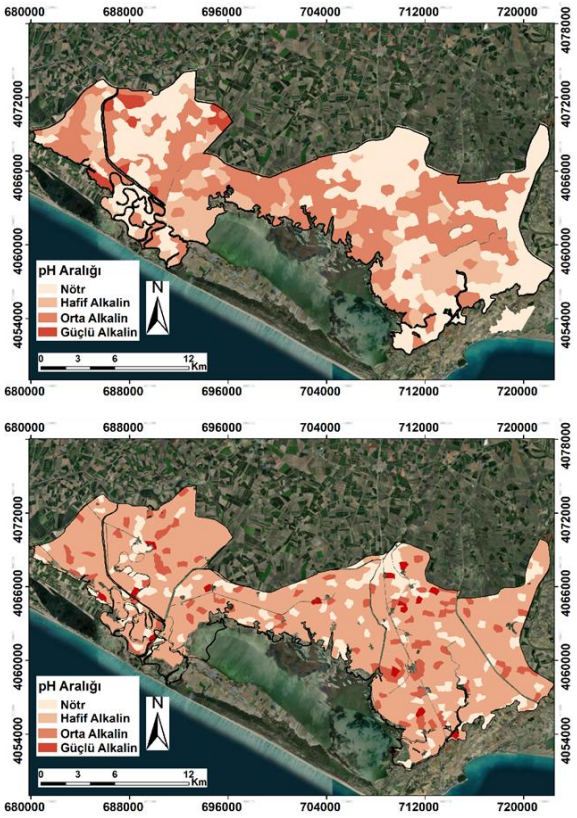
Drenaj kanalları yapılmış olmasına rağmen, bazı bölgelerde tuzluluk oranı hâlâ yüksek seviyelerde kalmaktadır. Özellikle çalışma alanının doğu kesiminde yer alan ve 2020 tuzluluk dağılım haritasında kırmızı renk ile belirtilen alanlarda tuzluluğun yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölgelerde, çevresine kıyasla lokal çukur bir topoğrafya olduğu ve bu nedenle tuzluluk azalmasının diğer alanlara göre daha sınırlı seviyelerde gerçekleştiği değerlendirilmiştir.

Toprakların pH Düzeyleri ve Değişimleri

Toprak reaksiyonu (pH), toprağın asidik ya da bazik karakterini ortaya koyan temel kimyasal özelliklerden biri olarak kabul edilmektedir. pH değeri; bitki besin elementlerinin yarayışlılığı, toksik bileşiklerin oluşumu ve toprak biyolojik faaliyetleri üzerinde doğrudan etkili olduğundan, bitki gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2004). Tarımsal üretim için uygun kabul edilen pH aralığı çoğunlukla 6.5-7.5 arasında değişmekte olup bu değerler nötr reaksiyon sınırları içerisinde değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, pH seviyesinin yükselmesi bazı besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilirliğini sınırlandırmakta; özellikle alkali koşullarda toprakların fiziksel yapısı ve yapısal stabilitesi olumsuz yönde etkilenebilmektedir.

DSİ tarafından hazırlanan Arazi Sınıflandırma Raporu (Anonim, 1978) kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda, toplam 456 adet toprak örneğine ait pH analiz sonuçları CBS ortamına aktarılmıştır. Bu veriler kullanılarak çalışma alanına ilişkin alansal analizler yapılmış ve dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4). Ancak 1982 yılı verileri incelendiğinde bazı örnek noktalarına ait pH analiz bilgilerinin eksik olduğu belirlenmiştir. Söz konusu eksikliklerin oluşturabileceği hata payını azaltmak amacıyla bazı bölgeler haritalarda "veri yok" şeklinde gösterilmiştir. Ayrıca verilerin sürekliliğinin sağlanması ve zamansal değişimin daha doğru değerlendirilebilmesi amacıyla eksik bilgilerin bir kısmı Dinç ve ark. (1989) tarafından bildirilen sonuçlardan yararlanılarak tamamlanmıştır. Elde edilen geçmiş dönem verilerine göre çalışma alanındaki toprakların pH değerlerinin genel olarak 7.4-8.8 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

2020 yılına ait toprak pH verileri de aynı yöntem doğrultusunda CBS ortamında değerlendirilmiş ve haritalandırılmıştır. Analiz sonuçları, çalışma alanındaki toprakların büyük bölümünde pH değerlerinin 7.9 ile 8.4 arasında değiştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, bazı alanlarda pH seviyelerinin 8.5'in üzerine çıktığı, hatta yer yer 9 değerini aştığı belirlenmiştir. İki farklı döneme ait sonuçların birlikte değerlendirilmesi, çalışma alanındaki topraklarda zaman içerisinde pH artışı meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu durum, tarımsal üretim açısından dikkate alınması gereken önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4. 1982 yılı (üstte) ve 2020 yılı (altta) toprak pH dağılım haritaları

Toprak pH değerinin 9'un üzerine çıkması, kuvvetli alkalilik koşullarının göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu seviyelerde bitkisel üretimde önemli gelişim ve verim kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Yüksek pH koşulları, özellikle mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilirliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bunun yanında, yüksek kireç içeriği ile birlikte artan alkalilik düzeyi, mikro elementlerin büyük kısmının yarayışlılığını sınırlandırmaktadır. Ayrıca yüksek pH değerleri; kil minerallerinin dispersiyonuna, toprak yapısının bozulmasına ve hidrolik iletkenliğin azalmasına neden olabilmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, ülkemizin en önemli tarımsal üretim alanlarından biri olan Çukurova Ovası'nın belirli bir bölümünde yürütülmüş olup, DSİ tarafından tesis edilen drenaj kanallarının taban suyu düzeyi, toprak reaksiyonu (pH) ve toprak tuzluluğu üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bölgede uzun yıllardır yoğun biçimde sulu tarım uygulanmakta, ancak plansız ve bilinçsiz sulama uygulamaları zaman içerisinde çeşitli toprak ve su yönetimi problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda araştırmada, drenaj kanallarının inşa edilmesinden önceki dönemlere ait veriler ile güncel toprak analiz sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışma alanında öne çıkan temel sorunlardan biri, özellikle ovanın güney kesimlerinde bitki kök bölgesine kadar yükselen taban suyu seviyesidir. Bu sorunun giderilmesine yönelik olarak DSİ tarafından 1970'li yıllarda drenaj kanalları oluşturulmuş, söz konusu çalışmalar öncesinde bazı bölgelerde taban suyunun yüzeye yaklaşık 1 metreye kadar yaklaştığı belirlenmiştir. Güncel veriler genel anlamda taban suyu seviyelerinde düşüş yaşandığını ortaya koysa da bazı alanlarda yüksek taban suyu probleminin devam ettiği görülmektedir. Özellikle 2020 yılı verileri değerlendirildiğinde, mevsimsel yağış miktarındaki değişimler ile su tüketimi yüksek ürünlerin ekim alanlarındaki artışın bu durum üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizin en verimli tarım alanlarından biri konumundaki Çukurova Ovası'nda, halen sınırlı düzeyde kullanılan basınçlı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, taban suyu kaynaklı problemlerin azaltılmasına katkı sağlayabilecek önemli uygulamalardan biri olarak değerlendirilmektedir.

Araştırma sonucunda elde edilen haritalar ve değerlendirmeler, 1982-2020 yılları arasında çalışma alanındaki toprak tuzluluğunda önemli düzeyde azalma meydana geldiğini göstermiştir. Bu iyileşmede en etkili faktörün, DSİ tarafından inşa edilen drenaj kanallarının etkin biçimde çalışması olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında, üreticilerin bilinç düzeyindeki artış ve sürdürülebilir tarımsal üretim kapsamında gerçekleştirilen eğitim faaliyetlerinin de olumlu katkı sağladığı değerlendirilmektedir. Buna karşın, bazı bölgelerde tuzluluk sorununun halen devam ettiği belirlenmiştir. Bu alanlarda öncelikle tuzluluğa dayanıklı bitki türleri ve çeşitlerinin tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, problemli bölgelerde ayrıntılı araştırmalar yürütülerek tuzluluğun oluşum nedenleri ve olası çözüm yolları kapsamlı şekilde incelenmelidir. Benzer sorunların

görüldüğü diğer tarım alanlarında da mevcut drenaj sistemlerinin etkinliği değerlendirilmelidir. Drenaj altyapısının bulunmadığı ya da yetersiz kaldığı alanlarda ise gerekli iyileştirme çalışmalarının gecikmeden uygulanması büyük önem taşımaktadır.

1982-2020 dönemine ait bulgular, çalışma alanındaki toprakların pH değerlerinde artış eğilimi olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle pH değeri 8.5'in üzerinde bulunan alanların dikkatle izlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Çünkü bu özellikteki topraklar zaman içerisinde tarımsal verimliliklerini kaybederek üretim dışı kalabilmektedir. Bu nedenle, söz konusu alanlara yönelik detaylı ve hedef odaklı araştırmaların yapılması önerilmektedir. Tarımsal uygulamalar açısından değerlendirildiğinde, pH düzeyinin düşürülmesine katkı sağlayabilecek jips ($CaSO4{\cdot}2H2O$) uygulamalarının yaygınlaştırılması önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, yüksek pH değerine sahip alanlarda gerçekleştirilecek tarla denemeleri, ayrıntılı toprak analizleri ve düzenli gözlemler, sorunun çözümüne yönelik çalışmalara önemli katkılar sunacaktır. Öte yandan, bazı bölgelerde sulamadan kaynaklanan düşük kaliteli suların yeniden kullanılması mevcut problemlerin şiddetini artırabilmektedir. Bu nedenle sulama suyu kalitesinin dikkatle kontrol edilmesi ve drenaj sularının yeniden kullanımının planlı ve kontrollü biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. ve Massoud, F.I., (1988). Salt-affected soils and their management (Vol. 39). Food & Agriculture Org.

Akgül, H., 2003. Tuzluluk. Ziraat Mühendisliği Dergisi. Sayı 340. Ankara.

Anonim, 1978. Devlet Su İşleri. Aşağı Seyhan Ovası 4. Merhale Projesi, 7YP-8YP Sahaları Planlama Arazi Tasnif Raporu, DSİ Basım ve Foto Film, İşletme Müdürlüğü Matbaası. Ankara.

Anonim, 2004. Devlet Su İşleri Toprak ve Drenaj Semineri 16-20 Eylül. Gümüldür, İzmir. DSİ Genel., S.17-25.

Anonim, 2021. Devlet Su İşleri. Aşağı Seyhan Ovası Sulamaları Yenileme Planlama Revize ve Ek Alan Arazi Sınıflandırma Raporu. Ankara.

Brady, N.C and Weil, R.R., (1999). The Nature and Properties of Soils, 12th edition. Prentice Hall, New Jersey, USA

Bolat, İ. ve Kara, Ö., (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 218-228.

Cüre, B., (2022). Kimyasal ve organik gübrelerin çevre üzerine etkisi. Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi, 3(2), 98-107.

Deliboran, A. ve Savran, Ş., (2015). Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (1), 57-61.

Donma, S., (2008). İklim değişimi sürecinde Aşağı Seyhan Ovasında sürdürülebilir arazi ve su yönetimi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Adana.

Dölarslan, M. ve Gül, E., (2012). Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (2), 56-59.

FAO, 2009. ResourceSTAT-Fertilizer. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org/site, 12.03.2009.

Güzel, N. ve Gülüt K.Y., (2010). Toprağın Oluşumu ve Özellikleri, Ders Kitabı. No:289. Yayın No: A-91.Adana. S.3-10.

Karaoğlu, M. ve Yalçın, A.M., (2018). Toprak Tuzluluğu ve Iğdır Ovası Örneği. Journal of Agriculture, 1(1), 27-41.

Karnez, E., (2010). Aşağı Seyhan ovasında buğday ve mısır üretim alanlarında azot bütçesine ilişkin girdi ve çıktıların irdelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Adana.

Koca, G., (2013). Çukurova koşullarında ekim öncesi topraktaki mineral azotun birinci ürün mısır gübreleme programında kullanım potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana).

MGM, 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllere ait mevsim normalleri. Adana ili

iklim verileri. https://www.mgm.gov.tr/Veridegerlendirme/il-ve-ilceler istatistik.aspx?m=ADANA

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan H., 2019. Toprak Bilimi. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı. No: 73. Yayın No: A-16. Adana. S.1, P.2

Richards, I.A., (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA. Agric. Handbook, 60.

Soil Taxonomy, 1999. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, USA.

Tekinel, O., (1989). Aşağı Seyhan Ovası sulaması sorunları ve çözüm önerileri. Adana'nın Türk ekonomisine katkıları sorunları ve çözüm önerileri sempozyumu.

Yeler, O., Şatır, O. ve Berberoğlu, S., (2017). Object based classification of crop pattern using multi-temporal satellite dataset in multi-cropped agricultural areas: lower seyhan plane case study. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 27(1), 1-9.