



KAZOVA'DA AYÇİÇEĞİ TARIMINDA TOPRAK SIKIŞMASI

İBRAHİM AVCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BIYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ

Ocak - 2019

Her hakkı saklıdır

**T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAZOVA'DA AYÇİÇEĞİ TARIMINDA TOPRAK SIKIŞMASI

İBRAHİM AVCI

**TOKAT
Ocak - 2019**

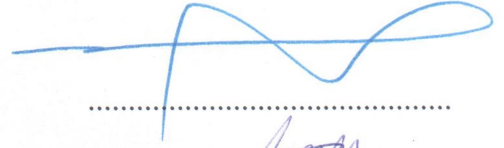
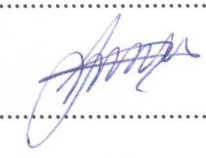
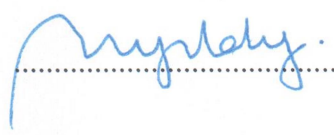
Her hakkı saklıdır

İbrahim AVCI tarafından hazırlanan “**Kazova'da Ayçiçeği Tarımında Toprak Sıkışması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 30 OCAK 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Sezer ŞAHİN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Taner YILDIZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi


.....

.....

.....

ONAY


Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

14/01/2019

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

İBRAHİM AVCI

30 Ocak 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAZOVA'DA AYÇİÇEĞİ TARIMINDA TOPRAK SIKIŞMASI

İBRAHİM AVCI

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ)

Bu çalışmada, Kazova'da ayçiçeği ekili alanlarda TÜBİTAK TOVAG 112O039 nolu proje çalışmaları sırasında tespit edilen yüzeysel sıkışmanın ayçiçeği üretiminde uygulanan amenajmanın bir sonucu olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2012 yılında ayçiçeği ekili 48 arazi (1. Grup) ve 2013 yılında ayçiçeği ekili 20 arazi (2. Grup) toprak nem içeriği, tarla kapasitesi, solma noktası, toplam gözeneklilik, yarayışlı su, organik madde içeriği, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca, üreticilerle görüşerek ayçiçeği tarımındaki amenajman uygulamaları belirlenmiştir. Gravimetrik nem içeriği değerlerinin genel olarak 2013 yılında daha düşük olduğu görülmüştür. Tarla kapasitesi değeri ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazilerde her iki derinlikte de ilk örnekleme yılında daha düşüktür. İlk yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde her iki ölçüm derinliği içinde toplam gözenek hacmi değerleri %41.54 ile %46.03 ve ikinci yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde ise %40.32 ile %44.96 arasında değişmektedir. Toprakların ortalama organik madde içeriği %1.41 ile %1.86 arasında değişmekte ve genel olarak ikinci yılda elde edilen değerler daha yüksektir. İki grup arazide de ayçiçeğinin ekili olduğu ölçüm yıllarında agregat stabilitesi değerleri ayçiçeğinin ekili olmadığı ölçüm yıllarındaki değerlerden daha yüksektir. Örnekleme noktalarının toprak tekstürü dikkate alındığında hacim ağırlığının 1.40 g/cm^3 'den düşük olması gerekmektedir. Ancak, hacim ağırlığı değerleri 1.43 g/cm^3 ile 1.6 g/cm^3 değerleri arasında değişmektedir. Örnekleme noktalarında elde edilen en yüksek penetrasyon direnci değerleri (4.04 MPa ve 4.21 MPa) bazı arazilerde sınır değerlerin aşıldığını yani sıkışma probleminin varlığını göstermektedir. Ayçiçeği tarımı yapan işletmelerin tamamı kulaklı pulluk kullanmakta ve ayçiçeği saplarını parçalamak için 2 ya da 3 kez diskli tırmık kullanmaktadır. Çalışma alanında toprak sıkışmasının önlenmesi, dolayısıyla sürdürülebilir tarımsal üretim için iklim, toprak özellikleri ve ürün rotasyonu dikkate alınarak şartlara uygun toprak işleme sistemleri adapte edilmelidir.

2019, 61 Sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Ayçiçeği tarımı, toprak sıkışması, arazi kullanımı

ABSTRACT

MASTER THESIS

SOIL COMPACTION IN SUNFLOWER CULTIVATION OF KAZOVA

İBRAHİM AVCI

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

SUPERVISOR: Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ

In this study, it was aimed to determine whether the surface compaction in the sunflower cultivated areas in Kazova during the Project studies of TUBITAK TOVAG 112O039 was the result of the management applied in sunflower production. For this purpose, at sunflower planted forty-eight lands (Group 1) in 2012 and at sunflower planted twenty-lands in 2013 (Group 2), soil moisture content, field capacity, wilting point, total porosity, available water, organic matter content, aggregate stability, bulk density and penetration resistance were compared. In addition, management practices in sunflower cultivation were determined in consultation with producers. Gravimetric moisture content values were generally lower in 2013. Field capacity value is lower in the first sampling year at both depths in the fields with and without sunflower cultivation. In the first year, the total pore volume values of the fields in the sunflower cultivated area ranged from 41.54% to 46.03% and in the second year from 40.32% to 44.96% in the fields with sunflower cultivation. The average organic matter content of the soils ranged from 1.41% to 1.86% and generally higher in the second year. In the two years when the sunflower was planted in two groups, the aggregate values of the aggregate were higher than the values of sunflower sown in the measurement years. Considering the soil texture of the sampling points, the bulk density should be less than 1.40 g/cm^3 . However, the bulk density values range from 1.43 g/cm^3 to 1.6 g/cm^3 . The highest penetration resistance values obtained at the sampling points (4.04 MPa and 4.21 MPa) indicate that the boundary values are exceeded in some areas. All sunflower farming enterprises use eared plows and use 2 or 3 disc harrows to shred sunflower stalks. In order to prevent soil compaction in the study area, suitable soil treatment systems should be adapted to the conditions taking into account climate, soil characteristics and crop rotation for sustainable agricultural production.

2019, 61 Page

KEYWORDS: Sunflower cultivation, Soil compaction, Land use management

ÖNSÖZ

Tarım arazilerinin biyolojik üretkenliklerinin sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için toprak ve su kaynaklarının fonksiyon gösterme yeteneklerinin korunması ve iyileştirilmesi oldukça önemlidir. Toprak sıkışması, bitki gelişimini olumsuz etkileyen ve toprak bozunmasına neden olan bir faktördür. Bitkisel üretimde toprak işlemeden hasada kadar yapılan tarımsal uygulamaların tipi ve uygulama zamanları toprak sıkışmasının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir tarımsal üretim için toprak sıkışmasına neden olmayan uygulamalarının belirlenmesi ve uygulanması önemlidir. Çalışma alanı olan Kazova bölgesinde toprak sıkışmasının önlenmesi, dolayısıyla sürdürülebilir tarımsal üretim için iklim, toprak özellikleri ve ürün rotasyonu dikkate alınarak şartlara uygun toprak işleme sistemleri ve toprak işleme aletleri adapte edilmelidir. Bu çalışma, Kazova’da ayçiçeği tarımında toprak sıkışması durumunun ortaya konması ve uygun amenajman uygulamalarının belirlenmesi açısından yararlı olacaktır.

Lisansüstü eğitimim boyunca ve özellikle bu araştırmanın yürütülmesinde bana yardımcı olup, her zaman benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam, Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ’e teşekkür ederim. Tüm eğitim hayatıma yön veren, kişiliğini ve insanlığını örnek aldığım değerli büyüğüm eniştem Prof. Dr. Mithat AYDIN’a teşekkür ederim. Lisans eğitimini yanında tamamladığım ve benden desteklerini esirgemeyen değerli büyüklerim ablam Hicran ÖZYÜKSEL ve eniştem Murat ÖZYÜKSEL’e teşekkür ederim. Hayatımın her döneminde önceliklerini ben yapan, benim için her türlü fedakârlığı yapmaktan hiç sakınmayan ve bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi olan sevgili annem Nuriye AVCI ve babam Hüseyin AVCI’ya minnettarlığımı belirtmek isterim. Gerek lisans ve gerekse yüksek lisans eğitimimin her aşamasında tüm desteğini, arkadaşlığını ve dostluğunu hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Hatice AVCI’ya da sonsuz teşekkür ederim. Bu tez çalışmasında daha önce yapılmış olan ve 2012 yılı verilerinden faydalanmış olduğum TÜBİTAK TOVAG112O039 Nolu projeden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

İBRAHİM AVCI

30 Ocak 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Çalışma alanı	15
3.1.2 Çalışma alanının iklimi.....	16
3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri.....	17
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Toprak örneklemeleeri	17
3.2.2. Üreticilerin ayçiçeği tarımındaki mekanizasyon uygulamaları.....	18
3.2.3. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	20
4.1. Toprak Özellikleri	21
4.1.1. Toprak tekstürü.....	21
4.1.2. Nem içeriği	22
4.1.3. Tarla kapasitesi	24
4.1.4. Solma noktası	25
4.1.5. Yarayışlı su içeriği.....	26
4.1.6. Su dolu gözenek hacmi.....	27
4.1.7. Toplam gözenek hacmi.....	29
4.1.8. Organik madde	30
4.1.9. Agregat stabilitesi.....	32
4.1.10. Hacim ağırlığı.....	33
4.1.11. Penetrasyon direnci	36
4.1.12. İncelenen toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	41
4. 2. Ayçiçeği tarımındaki mekanizasyon uygulamalarının değerlendirilmesi	47
5. SONUÇ	49
6. KAYNAKLAR	53
7. EKLER	59
8. ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Toprak sıkışmasına bağlı olarak bitki kök gelişiminin sınırlanması (Günel ve ark., 2008a)	4
Şekil 1.2. Kazova'da ayçiçeği hasadı yapılan ve yüzeysel sıkışmanın olduğu arazide kök gelişimi (a) ve tavında toprak işlemenin yapılmadığı arazilerde oluşan iri kesekler (b) (Günel ve ark., 2015)	4
Şekil 3.1. Çalışma alanında örnekleme yapılan noktaların 2012 Eylül-Ekim aylarındaki bitkisel üretim türleri (Günel ve ark., 2015).	15
Şekil 4. 1. 2012 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde penetrasyon direncinin derinlikle değişimi	38
Şekil 4. 2. 2013 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde penetrasyon direncinin derinlikle değişimi	39

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3. 1. Tokat ili Uzun Yıllar Ortalama İklim Verileri (1929-2017) (Anonim, 2018b).....	16
Çizelge 3. 2. Toprak özellikleri ile ilgili parametreler ve analizlerde kullanılan metotlar	18
Çizelge 4. 1. Örnekleme noktalarının %kil, %silt ve %kum değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları*	21
Çizelge 4. 2. Gravimetrik nem içeriği (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	22
Çizelge 4. 3. Gravimetrik nem içeriğinin 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	23
Çizelge 4. 4. Tarla Kapasitesi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	24
Çizelge 4. 5. Tarla kapasitesinin 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	24
Çizelge 4. 6. Solma noktası (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	25
Çizelge 4. 7. Solma noktasının 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	26
Çizelge 4. 8. Yarayışlı su içeriği (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	27
Çizelge 4. 9. Yarayışlı su içeriğinin 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	27
Çizelge 4. 10. Su dolu gözenek hacmi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	28
Çizelge 4. 11. Su dolu gözenek hacminin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	29
Çizelge 4. 12. Toplam gözenek hacmi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	29
Çizelge 4. 13. Toplam gözenek hacminin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	30
Çizelge 4. 14. Organik madde (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	31
Çizelge 4. 15. Organik madde içeriğinin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	31
Çizelge 4. 16. Agregat stabilitesi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	32
Çizelge 4. 17. Agregat stabilitesinin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	33
Çizelge 4. 18. Hacim ağırlığı (g/cm^3) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	34
Çizelge 4. 19. Toprak tekstürüne bağlı olarak kök gelişimi ile toprağın hacim ağırlığı (g/cm^3) arasındaki genel ilişki (Pierce ve ark., 1983)	35

Çizelge 4. 20. Hacim ağırlığının (g/cm^3) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	35
Çizelge 4. 21. Penetrasyon direnci (MPa) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	37
Çizelge 4. 22. Penetrasyon direncinin (MPa) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları	37
Çizelge 4. 23. Birinci grup arazilerin, 2012 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	41
Çizelge 4. 24. Birinci grup arazilerin, 2012 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	42
Çizelge 4. 25. Birinci grup arazilerin, 2013 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	42
Çizelge 4. 26. Birinci grup arazilerin, 2013 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	43
Çizelge 4. 27. İkinci grup arazilerin, 2012 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	44
Çizelge 4. 28. İkinci grup arazilerin, 2012 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	45
Çizelge 4. 29. İkinci grup arazilerin, 2013 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	46
Çizelge 4. 30. İkinci grup arazilerin, 2013 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar	46
Çizelge 4. 31. Uygulanan ürün rotasyonu.....	47
Çizelge 4. 32. Ayçiçeği tarımında uygulanan toprak işleme sistemleri.....	48

1. GİRİŞ

Ülkemiz toprakları, yüzyıllardan beri yoğun tarım ve bilinçsiz kullanım nedeniyle üretkenliğini kaybetme riski ile karşı karşıyadır. Yöreye ve toprak koşullarına uygun olmayan toprak işleme gibi problemlerin yanı sıra ülke toprakları özellikle arazilerin yeteneklerine göre kullanılmamaları ile etkisi artan erozyondan toprak kirlenmesine, tarım dışı kullanımlardan çölleşmeye kadar birçok problemle karşı karşıyadır (Günal ve ark., 2008).

Artan nüfusla birlikte, dünyada ve ülkemizde gıda güvenliği en önemli sorun olarak ortaya çıkmaktadır. İnsan beslenmesinde, özellikle bitkisel yağların önemi büyüktür. Ülkemiz bitkisel yağ üretiminde, %50 oranı ile en büyük payı alan ve yağ bitkileri üretiminde başta gelen ayçiçeği; Trakya, Ege Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi olmak üzere birçok bölgemizde yetiştirilmektedir (Sabah, 2010).

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), günümüzün en önemli yağ bitkilerindendir. Ayçiçeği yağı yemeklik kalitesi yönünden tercih edilen bitkisel yağlar arasında ilk sırayı almaktadır. Dolayısıyla, Dünya'da birçok ülkede ekonomik düzeyde tarımı yapılmaktadır (Süzer, 2004).

Ayçiçeğinde üretim alanları hemen hemen en yüksek sınıra dayanmıştır. Bu nedenle, artan nüfusumuzun bitkisel yağ ihtiyacının karşılanması, öncelikle üreticilerimizin yüksek verimli, hastalıklara dayanıklı tohumluk kullanması; uygun toprak işleme, gübreleme, tarımsal mücadele ve ekim nöbeti yanında bilinçli sulama yapmaları ile mümkündür. Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi ayçiçeğinde de dane ve yağ verimini etkileyen en önemli faktörlerden birisi toprakta kök derinliğinde bitkilerin faydalanabileceği nemin ve bitki besin elementlerinin bulunup bulunmamasıdır (Süzer, 2004).

Ülkemizde ayçiçeği ana ürün olarak ekilmek istendiğinde toprak hazırlığına sonbaharda ön bitki hasadını takiben başlanır. Tarla pullukla 20-25 cm derinlikte sürülür. İlk sürümü takiben ilkbaharda toprak tava geldiği zaman yüzeysel olarak pullukla sürüm yapılır ya da toprak otlanmamış ve sert değilse kültivatör, kaba ise diskli tırmık ile yüzeysel olarak 10-15 cm derinlikte işlenebilmektedir. Bazen de toprak, rototiller gibi

kombine aletlerle de yüzeysel olarak işlenmektedir. İkinci ürün olarak yetiştirildiğinde ise kanola (kolza), arpa ve buğday gibi ürünlerin hasadından sonra sap-saman ve yabancı otlar tırmıkla uzaklaştırılarak sulanıp hava sıcaklığına bağlı olarak 4-5 gün içinde tava gelen toprak 18-20 cm derinliğinde sürülerek diskli tırmık çekilir (Sabah, 2010).

Genellikle, bitkisel üretim için iyi bir toprak %25 su ve %25 hava içerir, geri kalan %50 ise toprak partiküllerinden oluşur. Bu por hacminin %50 olduğunu göstermektedir. Örneğin, toprak işleme ve tekerlek trafiği gibi gözenek alanını azaltan herhangi bir şey, iç drenajın yetersiz olduğu ve havalandırmanın azaldığı yoğun bir toprağa neden olur. Son yıllarda tarım traktörlerinin gücündeki artışlar ve yoğun makina kullanımı arazideki ağır makinaların kullanımına neden olmuştur. Ağır makinaların kullanımı birçok problem meydana getirmiştir ve bunlardan birisi de toprak sıkışmasıdır. Sıkışma bir toprağın üretim kapasitesini önemli ölçüde düşürebilmektedir (Bayhan ve ark., 2002).

Ayçiçeği bitkisi kazık kök yapısı ile kurağa toleranslı bir bitki kabul edilse de yöreye ve toprak koşullarına uygun toprak işleme ve ekim yöntemleri uygulanmadığında kök gelişimi yeterli olmamakta ve bitki kökleri derinlere inmemektedir. Bunun bir sonucu olarak dekardan alınan verim düşmektedir. Kök gelişiminde en önemli sorunlardan biri toprak sıkışmasıdır (Hamza ve Anderson, 2001).

Toprak sıkışması; toprak gerilmesi, su, havalanma gibi birkaç anahtar toprak özelliğini etkilemektedir. Toprak sıkışması proseslerini anlamak, sıkışmanın toprak ve bitki gelişimi üzerine etkisi ile sıkışmanın boyutunun minimize edilmesi açısından oldukça önemlidir (Petcu ve Petcu, 2006).

Ayçiçeği bitkisi genel olarak oluşturduğu güçlü kök sistemi nedeniyle kurağa dayanıklı olarak bilinmekte ve kuru koşullarda yetiştirilmektedir (İlbaş ve ark., 1996). Bitkinin yetişme döneminde toprakta belli miktarda suya ihtiyaç vardır. Bu su toprağa genellikle yağışla düşmektedir. Yağışlarla toprağa düşen su yeterli olduğu sürece sulamaya gerek yoktur. Fakat ayçiçeği yetişme döneminde su yetersiz olursa ayçiçeği köklerinin toprak içerisinde hareketi ve gelişimi de sınırlı olmaktadır (Süzer, 2004).

Toprağın sürekli aynı amaç için kullanımı, çoklu trafikle toprak işleme yapılması ve sıklıkla toprağın dağıtılmasından dolayı toprak bozulması süreci hızlanır ve toprak

strüktürü bozulur. Toprağın fiziksel bozulmasını içeren bir süreç; dünya genelinde büyük zararlara neden olan ve üstünden gelmesi zor olan toprak sıkışmasıdır (Birkas, 2000; Gyuricza, 2001). Ratonyi (1999) insan aktivitelerinin yanında doğal faktörlerin de toprağın fiziksel durumunda bozulmaya ve sıkışmaya neden olabildiğini fakat, mekanizasyon ve kötü yapılmış bir toprak işlemenin toprağın fiziksel durumunda bozulma ve sıkışmanın ortaya çıkmasının birincil nedeni olduğunu ifade etmektedir (Földesi ve Gyuricza, 2011).

2016 yılında ülkemizde toplam 720 108 ha alanda 1 670 716 ton yağlık ayçiçeği üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2018). Tokat ilinde ise 2016 yılında 156 778 da alanda üretim yapılmış ve 47 225.81 ton ürün alınmıştır. Verim değeri ise kuru ve sulu tarım alanlarında sırasıyla 219.46 kg/da ve 364.20 kg/da olmuştur (Anonim 2018a). Verimde ve toprak özelliklerinde herhangi bir gerileme olmaması için toprağın uygun amenajman yöntemleri ile kullanımı önemlidir.

Kazova'da farklı zamanlarda yürütülen iki ayrı TÜBİTAK projesinde (TOVAG 105O617 (Günel ve ark., 2008a) ve TOVAG 112O039 (Günel ve ark., 2015)) ayçiçeği yetiştiriciliği yapılan alanlarda toprak sıkışmasının diğer alanlara göre daha yüksek ve oldukça yüzeysel olduğu görülmüştür. Şekil 1.1'de 2006 yılında çalışma alanında yüzeysel sıkışma sonucunda ayçiçeği köklerinde ki yana doğru gelişme görülmektedir (Günel ve ark., 2008a). Kazova topraklarının toprak kalitesinin değerlendirildiği TOVAG 112O039 nolu projenin sonuç raporunda yoğun toprak işlemenin yapıldığı arazilerde toprak sıkışmasının görüldüğü ve bu nedenle de çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığı kalite skorunun düşük olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanında özellikle ayçiçeği ekim alanlarında uygulanan amenajman zincirinin de etkisi ile oluşan yüzeysel toprak sıkışmasının yüzeysel bitki kök gelişimine neden olduğu Şekil 1.2'de gösterilmiştir (Günel ve ark., 2015).



Şekil 1.1. Toprak sıkışmasına bağlı olarak bitki kök gelişiminin sınırlanması (Günel ve ark., 2008a)



(a)



(b)

Şekil 1.2. Kazova'da ayçiçeği hasadı yapılan ve yüzeysel sıkışmanın olduğu arazide kök gelişimi (a) ve tavında toprak işlemenin yapılmadığı arazilerde oluşan iri kesekler (b) (Günel ve ark., 2015)

Arazi bozulması; toprağın doğal veya insan etkisi ile fonksiyon gösterme kapasitesinde meydana gelen azalmaları işaret etmektedir. Hatalı tarımsal uygulamalar sonucunda ortaya çıkan sıkışma ile gözeneklerin azalması, suyun ve havanın hareketinin kötüleşmesi ve bitki köklerinin gelişiminin engellenmesi toprağın üretkenlik fonksiyonunu olumsuz etkileyecektir. Elde edilen düşük hacim ağırlığı kalite değeri de arazi bozulmasının bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Kazova'da yapılan çalışmalar yoğun toprak işlemenin hacim ağırlığı üzerine olumsuz etkisinin olduğunu göstermiştir. Kazova'nın özellikle kil içeriği yüksek olan arazilerinde, toprak işleme zamanında toprağın uygun nem içeriğinde olup olmadığına dikkat edilmemesi durumunda sıkışmanın yanında ortaya çıkan diğer bir sorun ise toprak strüktürünün bozulmasıdır. Bu arazilerin yüksek nem düzeyinde işlenmesi durumunda, büyük ve sert kesekler

oluşmaktadır (Şekil 1.2). Bu durumda üreticiler uygun tohum yatağı hazırlayabilmek için ikinci ve hatta üçüncü kez toprak işleme yapmak zorunda kalmaktadır (Günel ve ark., 2015).

Tarla trafiği ve uygun olmayan nem içeriğinde yapılan işlemler ile toprak sıkışması meydana gelmektedir. Toprak sıkışmasının neden olduğu mekanik dirençin vejetatif ve generatif bitki gelişimi üzerine önemli bir etkisi vardır (Bayhan ve ark., 2002). Bu çalışmada; sürdürülebilir tarımsal üretim için, Kazova'da ayçiçeği ekili alanlarda tespit edilen yüzeysel sıkışmanın ayçiçeği üretiminde uygulanan amenajmanın bir sonucu olup olmadığının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla;

1- 2012 yılında başlayan TÜBİTAK TOVAG 112O039 (Günel ve ark., 2015) nolu proje kapsamında örnekleme yapılan ve coğrafi koordinatları kayıt edilmiş ayçiçeği yetiştirilen arazilerin toprak sıkışması ile ilişkili toprak özellikleri aynı arazilerde 2013 yılında da belirlenerek karşılaştırılmıştır.

2- 2012 yılı üretim sezonu içerisinde ayçiçeği yetiştirilmeyen fakat 2013 yılında ayçiçeği yetiştirilen yaklaşık 20 arazi belirlenerek toprak özellikleri karşılaştırılmıştır.

3- Üreticilerin ayçiçeği tarımında üretim sezonu boyunca toprak işleme, ekim, sulama, bitki koruma ve hasat işlemlerinde yaptıkları uygulamalar belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Andrade ve ark. (1993) toprak sıkışmasına ayçiçeğinin yaprak genişlemesi ve gelişiminin tepkisini; su ilişkileri, azot alımı ve fotosentez üzerine sıkışmanın etkileri ile ilişkili olarak incelemişlerdir. Çalışma; 0-20 cm derinlikte 1.2 den 1.7 g/cm³'e değişen toprak hacim yoğunluğu (penetrometre ile toprak direnci 0.8 ile 2.4 MPa olarak ölçülmüştür) ile 20 cm çapında silindirlerde yetiştirilen bitkilerle bir seri tarla denemesi şeklinde yürütülmüştür. Nispi yaprak genişlemesinin toprak direncindeki artışla doğru orantılı olarak azaldığı ve kök gelişiminin toprak sıkışmadan sürgün gelişimine göre daha az etkilendiği ifade edilmiştir. Ayrıca; sıkışmış toprakta yetiştirilen bitkilerde özgül yaprak ağırlığının genellikle daha yüksek olduğu ve birim yaprak alanı başına yaprak azotu ve fotosentezin ya sıkışma uygulamasından etkilenmediği ya da sıkıştırma uygulamasında önemli bir şekilde yüksek olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar sonuçların; su, azot ve karbon desteği bakımından daha sınırlı olan sıkışmış topraklarda yetişen ayçiçeği bitkilerinin başlangıçta gelişiminin azaldığını gösterdiğini belirtmektedirler.

Bayhan ve ark. (2002) tarla trafiğinin neden olduğu toprak sıkışması ve ayçiçeğinin vejetatif ve generatif gelişmesi arasındaki ilişkiyi çalışmışlardır. Çalışmadaki sıkışma uygulamaları: ekim öncesi tüm parsel (Pre-E), ekim öncesi sıra araları (Pre-INTRA), ekim sonrası sıra üzerleri (Post-INTER), ekim sonrası sıra araları (POst-INTRA), ekim sonrası tüm parsel (Post-E) ve kontrol (C) şeklindedir. Vejetatif gelişme parametreleri olarak çimlenme periyodu süresince; ortalama çimlenme süresi (MED) ve çimlenen tohum yüzdesi (PE) belirlenmiştir. İncelenen generatif gelişme karakteristikleri ise hasat zamanında belirlenen bitki yüksekliği, gövde çapı, tabla çapı ve verim'dir. MED değeri Post-INTER için 12.93 gün olarak belirlenmiş ve Post-E'de 10.93 gün olarak belirlenen MED değerinin diğer uygulamalara göre önemli bir şekilde düşük olduğu belirtilmiştir. En yüksek PE değeri Post-INTER ve C uygulamalarında %96 olarak belirlenirken en düşük PE değeri Post-E uygulamasında %78 olarak belirlenmiştir. Pos-E ve Pre-E'nin uygulamalarında elde edilen ayçiçeği veriminin diğer uygulamalara göre önemli bir şekilde düşük olduğu belirtilmiştir. Ayrıca; en yüksek ortalama ayçiçeği verimi C uygulamasında 3 265.7 kg/ha ve Post-INTER uygulamasında 3 200.3 kg/ha iken en düşük ortalama verimin Pre-E uygulamasında 2 547.3 kg/ha ve Post-E uygulamasında 2

544 kg/ha olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar bu sonuçlara göre; ekimden önce ve sonra sıralar üzerinde ve tüm alanda uygulanan tarla trafiğinin bitkinin vejetatif gelişimini etkileyerek verimde bir azalmaya neden olduğunu, ekimden sonra sıralar arasında uygulanan tarla trafiğı uygulamasının ise verimi olumsuz bir şekilde etkilemediğini belirtmişlerdir.

Coşkun (2002) çalışmasında, Tokat yöresinde ayçiçeğı tarımında farklı mekanizasyon sistemleri ile tohum yatağı hazırlığı uygulamalarını toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkisi ve enerji tüketimi yönünden karşılaştırmıştır. Bu amaçla; A: Kulaklı Pulluk + Diskaro, B: Rototiller, C: Çizel + Diskaro ve D: Kontrol olmak üzere dört farklı tohum yatağı hazırlama yöntemi kullanılmıştır. Denemede kullanılan aletlerin toprak sıkışıklığına etkisini belirlemek için penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, porozite ve toprak nemi değerleri kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; deneme alanında en iyi sonucu 0-15 ve 15-30 cm toprak derinliğinde sırasıyla A ve C yöntemlerinin verdiği belirtilmiştir.

Aboudrare ve ark. (2006) Fas'ta yaptıkları çalışmalarında ayçiçeğı üretimi ve toprak su muhafazası üzerine toprak işlemenin etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla sonbaharda uygulanan 5 toprak işleme (kulaklı pullukla işleme, çizelle işleme, parabolik pulluk ile işleme, diskli tırmık ile işleme, doğrudan ekim) ve 4 nadas metodunu (kimyasal yabancı ot kontrolü, mekanik yabancı ot mücadelesi, yabancı ot ve kendi gelen bitkilerle mücadele yok, arpa ekimi yapmak) karşılaştırmışlardır. Çok kurak bir nadas periyodundan sonra özellikle malç bırakan disk tırmık ve parabolik pulluk ile işlemeden sonra toprakta depolanan su miktarı maksimumdur. Yağışlı bir nadas periyodundan sonra ise kulaklı pulluk ve çizel ile işleme yapıldığında porozitedeki artış ile infiltrasyon daha iyi olduğundan ekim zamanında ki depolanan su miktarının maksimum olması sağlanmıştır. Nadas periyodu başlangıçta yağışlı fakat erken ilkbaharda kurak olduğunda doğrudan ekim ve minimum toprak işleme su depolama bakımından daha iyi sonuç vermektedir. Fakat toprak işleme yöntemleri arasındaki farklılık azdır. Ekim zamanında toprak su içeriğindeki farklılıklara ve köklenme sistemindeki açık farklılıklara rağmen, ayçiçeğı verimi ve mevsimlik su kullanımı toprak işleme sistemiyle önemli bir şekilde etkilenmemiştir. Toprak işleme sistemleri aynı bitki popülasyonu sağlamıştır ve azaltılmış toprak işleme sistemindeki yabancı ot kontrolü

yeterlidir. Çizelle toprak işleme çalışmanın yapıldığı bölgedeki (Mekne-Fas) killi topraklarda ayçiçeği ekiminde depolanan suyu maksimize etmenin iyi bir yoludur. Araştırmacılar, ayçiçeği ekiminde toprak suyu içeriğini maksimize etmenin Mekne'nin yarı kurak koşulları altında ayçiçeği verimini ve su kullanım verimini en üst düzeye çıkarmak için sistematik olarak en iyi çözüm olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca; çimlenme için gerekli olan toprağın en üst tabakasındaki toprak neminin, ekim zamanındaki toplam toprak suyu içeriğine göre ayçiçeği veriminde daha sınırlayıcı bir faktör olduğunu ifade etmişlerdir.

Botta ve ark. (2006) Arjantin'in Batı Rolling Pampas bölgesinde sıkışmış topraklarda dip kazan ve çizelle sırasıyla 450 ve 280 mm derinlikte işleme yaparak, ardışık iki üretim sezonunda; çeki gereksinimi, fiziksel toprak özellikleri, kök gelişimi, ayçiçeği verimi ve trafiğin neden olduğu toprak sıkışmasını ölçmüşlerdir. Derin toprak işleme operasyonlarını takiben penetrasyon direncinin azaldığı ve ayçiçeği veriminin arttığı, alt toprak sıkışmasının ayçiçeğinin kök sisteminde sürgün gelişimini ve ürün verimini etkileyen değişiklikler meydana getirdiği ifade edilmiştir. Dipkazan ve çizelle işleme hemen gevşetme etkisi gösterse de, 95 mg km/ha'dan fazla trafik yoğunluğu olduğunda 300-600 mm derinlik aralığında 2 yıl sonra yeniden sıkışma ve oturma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Petcu and Petcu (2006) çalışmalarını Romanya'da 1980-2004 yılları arasında, kil içeriği %33 ve organik madde içeriği %2.8 olan iyi drenajlı chernozem toprakta yapmışlardır. Kurak alan koşullarında ayçiçeği verimine tohum yatağı hazırlanmadan önce, farklı toprak işleme yöntemlerinin (kulaklı pulluk, çizel, parabolik pulluk, diskle işleme) gübre uygulamaları ve traktörün ardışık geçişlerinin (1'den 3'e kadar) etkilerini ortaya koymuşlardır. Gelişmiş modern bitkisel üretim teknolojileri bitkisel üretimdeki yoğunlaşmayı azaltma ile ilgili olarak tarımın çevresel etkileri hakkındaki endişelere tepkiyi iyileştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda, iyi bir toprak işleme yönteminin seçiminin ürün verimi ve kalitesini artırmak için önemli bir karar olduğunu ve sürekli olarak optimal oranda gübrelerin (farklı tipte kimyasallar ve çiftlik gübresinden) uygulanmasının daha etkili bir ayçiçeği üretim sisteminin elde edilmesinde bize yardım edeceğini belirtmişlerdir. Tekerlek basıncının 40 cm derinliğin altında; hacim ağırlığında bir artış ve normal bitki gelişimi için gerekli olan minimum

seviyenin altında toplam ve hava porozitesinin azalması olarak ifade edilen bir toprak sıkışması meydana getirdiği belirlenmiştir. Kök gelişimi için kötüleşen toprak şartlarının bir sonucu olarak bitki yüksekliği ile yaprak alanının sıkışmayla azaldığı ve kök biyomasının sıkışmamış toprakla karşılaştırıldığında sıkışmış toprakta %16-33 daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Özgöz ve ark. (2007) çalışmalarında; Tokat'ta killi tınlı toprakta ikinci ürün için tohum yatağı hazırlığında geleneksel (S1), koruyucu (S2) ve azaltılmış toprak işleme (S3) sistemlerinin toprak işlemeden kısa süre sonra hacim yoğunluğu (BD), penetrasyon direnci (PR) ve volumetrik nem içeriği (VWC) değerleri üzerine etkilerini iki farklı derinlikte (0-10 cm ve 10-20 cm) değerlendirmişlerdir. 0-10 cm derinlikte üç toprak işleme sisteminin de PR'deki değişkenliği artırdığını; S1 ve S3 sistemlerinin BD'deki değişkenliğini artırdığını ve S2 ve S3 sistemlerinin ise VWC'deki değişkenliği artırırken S1 uygulamasını azalttığını belirtmişlerdir.

Sessiz ve ark. (2008) Türkiye'nin güneydoğusunda geleneksel, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim metotlarının toprak fiziksel özellikleri, ayçiçeği verimi ve verim komponentleri, protein ve yağ içeriği ve yakıt tüketimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, killi tınlı toprakta 2003 ve 2004 yıllarında mercimek hasadından sonra ikinci ürün ayçiçeği için 6 toprak işleme metodu test edilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, birinci yıl hacim ağırlığı 1.29'dan 1.09 g/cm³'e, ikinci yıl 1.41'den 1.23 g/cm³'e düşmüştür. Verim bakımından yıllar ve toprak işleme metotları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Bununla birlikte, doğrudan ekim ve geleneksel toprak işleme arasında fark bulunamamıştır. Aynı zamanda, altı toprak işleme metodu arasında protein, yağ ve kül içeriği bakımından önemli bir farklılık yoktur. En yüksek yakıt tüketimi geleneksel toprak işleme metodunda, en düşük değer ise direk ekim metodunda sırasıyla 33.48 l/ha ve 6.6 l/ha olarak elde edilmiştir.

Heidari Soltanabadi ve ark. (2008) Isfahan-İran'da yürüttükleri çalışmalarında bazı toprak fiziksel özellikleri ve ayçiçeği verimi üzerine şeritsel toprak işlemede dip kazan kullanımının etkisini incelemişlerdir. Toprak işleme uygulamaları; (T1) şeritsel toprak işleme + düz ekim ve (T2) dip kazan + şeritsel toprak işleme + düz ekim şeklindedir. Çalışmada; koni indeksi, hacim ağırlığı, infiltrasyon oranı, kök uzunluğu, bitki

yüksekliği, gövde çapı, ayçiçeği tabla çapı, tane verimi, 1000 tane ağırlığı, bitki kuru ağırlığı ve yağ içeriği ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki; dip kazan kullanılmamış parsellere göre dip kazan kullanılan parsellerde su infiltrasyon oranı önemli bir şekilde yüksek iken hacim ağırlığı ve koni indeksi değerleri istatistiksel olarak farklı değildir. Aynı zamanda dip kazanla işlemenin ayçiçeği verimini etkilemediği belirtilmiştir. Bu yüzden, ekonomik bakımdan çalışma alanındaki sulamalı ayçiçeği üretiminde dip kazanla işleme yapmak önerilmemiştir. Sonuç olarak, toprak tabakasında kök gelişiminin sınırlanmasına neden olan ciddi bir pulluk tabanı veya sert bir tabaka olduğunda dip kazanla işleme yapılabileceği ifade edilmiştir.

Altıkat ve Çelik (2009) toprak sıkışmasının; infiltrasyon oranı, yüzey akışı, nitrojen döngüsü, kök ve bitki gelişimini etkileyen önemli bir toprak kalite kriteri olduğunu ve toprağın sıkışmasına neden olan en önemli faktörlerden birinin de toprak işleme olduğunu belirtmişlerdir. Tarla trafiğindeki artış bitki kök gelişimini sınırlandıran ve bitkinin topraktan besin alımını azaltan toprak sıkışmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, araştırmacılar yoğun toprak işleme ve tarla trafiğinin yapıldığı geleneksel toprak işleme yerine; günümüzde azaltılmış toprak işleme, şeritsel toprak işleme ve anıza ekim gibi uygulamaların kullanılmasının gerekli olduğunu ifade etmişlerdir.

Botta ve ark. (2009) birincil toprak işlemenin asıl amacı toprakların makro porozitesini artırmaktır. Fakat bu işlenmiş toprağın üzerinde yapılan ikincil toprak işleme uygulamaları ve trafiğin önemli bir toprak sıkışmasına neden olduğunu, toprak koruma bakımından direk ekim daha sürdürülebilir bir uygulama olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, yaptıkları çalışmanın sonucunda, trafiğin üst toprak porozitesini doğrudan ekimde ortalama % 7 ve geleneksel toprak işlemede %7.6 ila %14.8 oranında azalttığını, her iki sistemin de hem üst toprak hem de alt toprak sıkışmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Saffif-Hdadi ve ark. (2009)'a göre tarımsal işletmelerin planlanmasında ve yapılmasında toprakların sıkışma hassasiyetinin tanımlanmasının gittikçe önemli bir konu olduğunu bildirmektedir. Toprak sıkışması toprağın su içeriğine, hacim ağırlığına ve tekstürüne bağlı olduğundan, iklim değişikliklerine göre uygun tarım stratejileri tanımlamak için bunlar arasındaki ilişkilerin iyi anlaşılması gerekir. Araştırmacılar

yaptıkları çalışmanın sonucunda; kil içeriği ne kadar yüksek olursa, daha yüksek ilk su içeriğinde toprağın şiddetli bir sıkıştırma olmadan daha fazla gerilmeleri taşıma kapasitesinin o kadar yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, başlangıçtaki su içeriğinin killi ve tınlı topraklarda önemli bir rol oynadığını, kumlu topraklarda ise mekanik parametrelerin ilk su içeriğine daha az bağımlı olduğunu, ancak başlangıçtaki hacim ağırlığı ile daha fazla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Aksakal ve Öztaş (2010), çalışmalarında silaj ekipmanlarının kullanılmasından önce ve sonra, hasattan hemen önce ve hemen sonra yapılan ölçümlerle toprak penetrasyon direncinin mekansal değişimini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda; hasat öncesi 2 097 kPa olan ortalama penetrasyon direncinin hasat sonrasında ise 3 116 kPa olduğunu ve ortalama hacim ağırlığının hasat sonrasında 1.14 g/cm³'den 1.46 g/cm³'e yükseldiğini, ıslak agregat stabilitesi değerinin ise %33.4'den %17.9'a düştüğü belirtilmiştir.

Calonego and Rosolem (2011) Brezilya'da sonbahar-kış sezonunda tritikale ve ayçiçeği, ilkbaharda darı, tane sorgum veya kenevir ile rotasyondaki soya fasulyesi ile deneme yürütmüşlerdir. Denemede, doğrudan ekim altındaki ürün rotasyonu çizelle işleme ile karşılaştırılmıştır. S-indeksi ve toprak su tutma eğrisi (0-0.05, 0.075-0.125, 0.15-0.20, 0.275-0.325 ve 0.475-0.525 m derinliklerdeki tabakalarda) kullanılarak toprak kalitesini tahmin etmişlerdir. Ürün rotasyonu ve çizelle işleme toprak profilinin 20 cm derinliğindeki S-indeks değerini 0.035'in üzerine artırarak toprak kalitesini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar; 3 yılın sonunda doğrudan ekim altındaki ürün rotasyonu ve çizelle işleme altında toprak fiziksel kalitesi benzer olduğundan, S-indeks ile gösterildiği gibi iyileştirilmiş toprak kalitesi mekanik olarak çizelle işlemeyi gereksiz kıldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, toprak sıkışmasının mekanik olarak veya güçlü kök sistemlerine sahip bitkiler kullanılarak biyolojik olarak minimize edilebileceğini belirtmişlerdir.

Földesi and Gyuricza (2011) toprak sıkışmasını da kapsayan çeşitli fiziksel toprak bozulması biçimlerini hem Macaristan'da hem de Macaristan dışında farklı bölgelerde araştırmışlardır. Doğal ve yapay faktörlerin her ikisinin de neden olabildiği toprak sıkışmasının dünya genelinde bir problem olduğunu ve bitkisel üretimi olumsuz etkileyebildiğini vurgulamışlardır. Uzun vadede toprağın fiziksel durumundaki bu uygun olmayan değişimin ekstra giderler, yüksek enerji tüketimi ve aşırı çevresel zarar

meydana getirebildiğini ifade etmişlerdir. Toprağın fiziksel durumu üzerine geleneksel toprak işlemenin etkisi tarla denemeleri çerçevesinde üç yıl için 6 alanda tayin etmişlerdir. Bu çalışmada toprağın fiziksel durumu toprak penetrasyon direnci ve nem içeriği ile ifade edilmiştir. 20-30 cm derinlikteki penetrasyon direnci incelendiğinde önemli farklılıklar olduğu, fakat diğer derinliklerde farklılıkların olmadığı görülmüştür. 2004 yılında A, B ve E denemelerinde ortalama PD 3 MPa'ı aşmıştır. 2005 yılında 30-40 cm derinlikte denemeler arasında penetrasyon direncinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Fakat, denemelerin hiç birinde olumsuz bir sıkışma bulunmamıştır. 2006 yılında 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerde denemeler arasında önemli farklılıklar gözlenmiş ve olumsuz bir sıkışma bulunmamıştır. İlk yıl 10-20, 20-30, 30-40 ve 40-50 cm ve 2005 yılında 20-30 ve 30-40 cm derinliklerde toprak nem içeriğindeki önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. 2006 yılında herhangi bir derinlikte önemli bir farklılık bulunmamıştır. En yüksek toprak nem içeriği tüm denemelerde 30-40 cm derinlikte kaydedilmiştir. Neticede, elde edilen penetrasyon direnci ve nem içeriği sonuçlarının uygun toprak koşullarının göstergesi olduğu bildirilmiştir. İncelenen periyot süresince denemelerin hiçbirinde nem taşınımını engelleyecek olumsuz bir şekilde sıkışmış tabakalar bulunmamıştır.

Özgöz ve ark. (2011) toprak amenajman uygulamalarının toprak kalitesi üzerine negatif ve pozitif etkilere sahip olduğunu belirterek, yaptıkları çalışmanın amacını bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini değerlendirerek uzun süreli tarımsal uygulamaların etkisini belirlemek olarak açıklamışlardır. Çalışmada, üç farklı ürün rotasyonu için kullanılan birbirine sınır olan tarımsal alanlar ve doğal meradan iki farklı derinlikten (0-15 cm ve 15-30 cm) toprak örnekleri almışlardır. Toprak kalitesinin belirlenmesinde; fiziksel toprak özellikleri olarak agregat stabilitesi, hacim yoğunluğu, toprak tekstürü ve yarayışlı su içeriği ve kimyasal toprak özellikleri olarak ta pH, elektriksel iletkenlik, organik madde ve yarayışlı fosfor kullanmışlardır. Tarım alanı topraklarının 0-15 ile 15-30 cm derinliklerde sırasıyla toplam potansiyellerinin %71 ve %70'inde fonksiyon gösterdiği, mera topraklarında ise bu değerlerin sırasıyla %73 ve %69 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu sonucun 50 yıldır tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü alanlarda önemli bir toprak organik karbonu kaybının olduğunu gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, 50 yıldır yürütülen tarımsal faaliyetlerin bu alanların toprak

kalitesini tarımsal alanların sürdürülebilirliğini tehdit eden noktaya düşürmediği belirtmişlerdir.

Hartmann ve ark. (2012) Kuzeybatı Almanya'daki Stagnic Luvisollerin toprak hidrolik özelliklerine tarla trafiği (6.3 MPa dış yüklerle 10 kez) ve toprak işlemenin (geleneksel ve koruyucu toprak işleme) etkilerini belirlemiş ve hem yükleme hem de değişen iklim koşullarına toprak su dengesinin tepkisini modellemişlerdir. Yüklemeyle uygulanan mekanik gerilmeden dolayı, her iki toprak işleme sisteminde üst Ap ve sonraki Eg horizonlarındaki fiziksel özellikler belirgin bir şekilde değişmiştir. Btg horizonlarında yükleme nedeniyle herhangi bir değişim görülmemiştir. Yük uygulanan yerlerde gelişme periyodunda gerçek transpasyon oranında artış bulunmuştur. Güçlü kuruma ve değişen hidrolik özelliklerin bir sonucu olarak, sonbahar ve kışın olan yeniden ıslanma geçmiş ve ortalama olarak daha az olmuştur. Ayrıca, simülasyonlar matrik potansiyellerin değişkenliğinin arttığını göstermiştir. Sonuç olarak sıkışmanın, daha yüksek kuraklık riski ve ilkbaharda su göllenmesi için daha yüksek bir duyarlılık meydana getirebileceği, bununda daha az elverişli toprak koşulları ve bitki büyümesi oluşturabileceği ifade edilmiştir.

Sauwa ve ark. (2013) toprak işleme araştırma çalışmalarında gözlemlenen zıtlıklar nedeniyle dünyanın birçok bölgesinde daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu belirterek Maiduguri, Nijerya'da 9-15 yıl doğrudan ekim (NT), azaltılmış toprak işleme (RT) ve geleneksel toprak işleme (CT) uygulandıktan sonra toprak işleme sistemlerinin kumlu tınlı toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. 2010 yetiştirme sezonu süresince iki farklı toprak derinliğinden (0-15 cm ve 15-30 cm) volumetrik nem içeriği (Θ_v), hacim ağırlığı (HA) ve toplam porozite (TP) ve penetrasyon direncini (PR) belirlemişlerdir. Toprak işleme sistemlerinin dört örnekleme zamanının ikisinde HA ve TP'yi önemli bir şekilde ($p < 0.05$) etkilediğini belirtmişlerdir. RT uygulamasında örnekleme zamanlarının çoğunda 0-15 cm derinlikte en yüksek HA ve en düşük TP değerlerinin elde edildiğini, 15-30 cm toprak derinliğinde CT ve RT uygulamalarının her ikisinde de yüksek HA'nın korunduğunu ifade etmişlerdir. Toprak penetrasyon direnci sadece yüzey toprak derinliğinde (0-15 cm) toprak işleme sistemlerinden önemli bir şekilde etkilenmiştir. En yüksek PR değeri NT uygulamasında elde edilirken, en düşük PR değeri RT uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca, toprak işleme

uygulamalarının Θ_v üzerine etkilerinin her iki derinlikte de önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. NT ve RT uygulamalarında CT uygulamasına göre ortalamadan daha yüksek Θ_v değeri elde edilmiştir. Toprak organik karbonu (OC) ve sudaki agregat stabilitesi, çoğu örnekleme tarihi için özellikle yüzeysel toprak tabakasında toprağın Θ_v içeriği ile iyi bir korelasyon ($p < 0.05$) göstermiştir. Araştırmacılar çalışmanın, NT ve RT uygulamalarında toprağın fiziksel kalitesinin CT uygulamasına göre daha iyi olduğunu ortaya çıkardığını ifade etmişlerdir.

Moraes ve ark. (2014) toprağın fiziksel kalitesinin önemli bir göstergesi olan penetrasyon direncinin, doğrudan ekim ve geleneksel sistemlerde kritik sınırın 2 MPa olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte; bu kritik değerın üretim sistemine bakılmaksızın çizelin kullanıldığı minimum toprak işleme sisteminde 3 MPa ve doğrudan ekim'de 3.5 MPa olduğunu belirtmişlerdir.

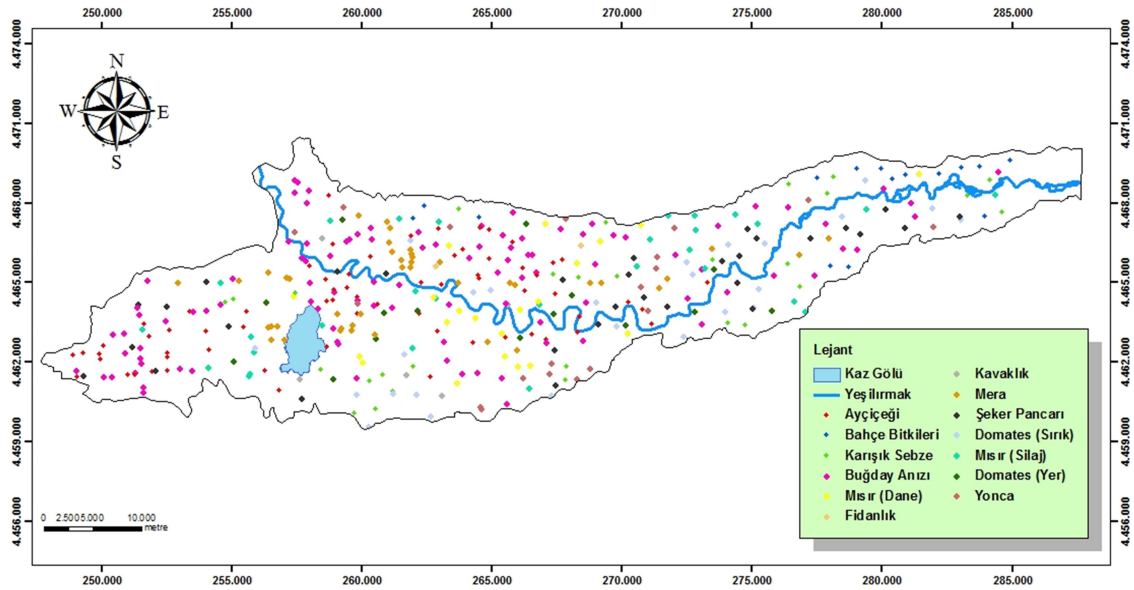
Destain ve ark. (2014) ılıman iklimde bir Luvisol'de iki farklı toprak işleme sisteminin (Geleneksel toprak işleme (CT): 25 cm derinlikte kulaklı pullukla işleme ve Azaltılmış toprak işleme (RT): 10 cm derinlikte yaylı ayaklı k ltivat rle işleme) uzun süreli kullanımının (8 yıl) etkilerini belirlemişlerdir. Çalışmada; mekanik direncin indikatörleri olarak hacim ağırlığı (HA) ve  n sıkıştırma gerilmesi (P_c) ve por boyut dağılımı (PSD)  l c lm şt r. Araştırmacılar, toprak işleme sistemleri, derinlik ve onların interaksiyonlarının HA, P_c ve PSD  zerine önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Geleneksel toprak işlemede, üst toprakta toprak direncinin düşük ve toplam porozitenin yaklaşık %50 olduğu ve alt toprakta toplam porozitenin %43'e düştüğü ifade edilmiştir. Azaltılmış toprak işlemede ise üst toprakta toprak direncinin CT'ye göre daha yüksek olduğu, HA'nın derinliğe göre çok değişmediği ve toplam porozitenin toprak profilinde %40-45 arasında olduğu belirlenmiştir. P_c 'nin yüksek değerlerinin, daha yüzeysel bir yanal kök gelişimine yol açan kök büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerin nedeni olabileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı (Kazova), Tokat şehir merkezi ile Turhal şehir merkezi arasında yer almaktadır. Örnekleme alanı Kazova’da sağ sahil ve sol sahil sulama kanalları arasında kalmakta ve yaklaşık 20 656 ha büyüklüğündedir. Çalışma alanının büyük çoğunluğu Yeşilirmak Nehrinin çok uzun yıllar taşkınlar ile depoladığı birikintilerin yer aldığı düz-düze yakın arazilerden oluşmaktadır. Kazova, Orta Karadeniz Bölgesinde Yeşilirmak’ın bir kolu olan Tozanlı deresinin uzun yıllar getirdiği alüvyonlar ile oluşmuş verimli topraklara sahip tarım arazilerini kapsamaktadır (Çoruk, 2014). Kazova’da; Günel ve ark. (2008a) tarafından “Kazova’da sürdürülebilir tarımsal üretim için güncel veri tabanının oluşturulması” ve Günel ve ark. (2015) tarafından “Kurak ve Yarı Kurak İki Farklı Bölgede Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi ve İzlenebilirliği İçin Minimum Veri Setlerinin Belirlenmesi ve Yeni Skorlama Eğrilerinin Geliştirilmesi” konulu TÜBİTAK tarafından desteklenen iki araştırma projesi yürütülmüştür. Bu projelerde, Kazova’yı temsil edecek şekilde 400 noktadan toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanında örnekleme yapılan noktaların 2012 Eylül-Ekim aylarındaki bitkisel üretim türleri (Günel ve ark., 2015)

Bu tez çalışması, Günal ve ark. (2015) tarafından yürütülen TOVAG 112O039 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında örnekleme yapılan ve bu dönemde ayçiçeği yetiştiriciliğinin yapıldığı çiftçi arazilerinde yürütülmüştür.

3.1.2 Çalışma alanının iklimi

Tokat İli Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle hem Karadeniz iklim özellikleri, hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Bu özelliği ile Tokat iklimi; Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'daki step iklimi arasında geçiş özelliği taşımaktadır. Yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi soğuk ve kar yağışlıdır (Günal ve ark., 2015). Toprak sıcaklık rejimi Mesic ve nem rejimi de Ustic olarak sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 1999).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 89 yıllık verilerine göre, ildeki aylık ve yıllık ortalama yağış miktarı sırasıyla 36 mm ve 431.7 mm'dir. En çok yağış, ilkbahar mevsiminde en az yağış ise yaz mevsiminde düşmektedir. Söz konusu dönemdeki aylık ortalama toplam yağış miktarları göz önüne alındığında en çok yağışın 59.3 mm olarak Mayıs ayında, en az yağışın ise 5.5 mm ile Ağustos ayında olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1) (Anonim, 2018b).

Çizelge 3. 1.Tokat ili Uzun Yıllar Ortalama İklim Verileri (1929-2017) (Anonim, 2018b)

	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Ortalama Yağışlı gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)
Ocak	1.8	6.1	-1.7	2.7	10.7	41.0
Şubat	3.5	8.2	-0.6	3.7	10.4	33.3
Mart	7.5	13.1	2.4	4.8	12.1	40.5
Nisan	12.5	19.0	6.6	6.1	12.5	54.1
Mayıs	16.5	23.5	10.0	7.3	13.6	59.3
Haziran	19.9	26.9	13.0	8.2	8.7	38.9
Temmuz	22.4	29.0	15.4	8.7	2.8	11.0
Ağustos	22.5	29.7	15.6	9.3	2.3	5.5
Eylül	18.9	26.5	12.1	8.4	4.8	17.9
Ekim	13.7	20.6	8.1	5.8	7.9	39.2
Kasım	7.9	13.6	3.3	4.2	9.3	43.9
Aralık	3.8	7.8	0.2	2.5	11.3	47.1
Yıllık	12.6	18.7	7.0	71.7	106.4	431.7

3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri

Kazova Esoen’de meydana gelmiş bir çöküntü alanıdır. Genelde düz olan çalışma alanının denizden yüksekliği 535-650 m arasında değişmektedir. Ova, doğu batı istikametinde uzanmaktadır. Ayrıca ovanın güney ve kuzeyinden Yeşilirmak’a doğru eğimli bir topografya yer almaktadır. Araştırma alanındaki en düşük kot, Kaz Gölü’ndedir (Novinpour, 1993). Çalışma alanında aluvial ve koluviyal olmak üzere, genel anlamda iki grup toprak bulunmaktadır. Bölgede yapılan çalışmalarda (Günel ve ark., 2008b; Durak ve ark., 2006) Ensitol, Inseptisol, Mollisol ve Alfisol ordolarına ait topraklara rastlandığı rapor edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde bugüne kadar işlemeli tarımın yapılmadığı mera alanlarında Mollisol, güney yamaçlarda kireç taşı ana materyali üzerinde oluşmuş Alfisol ve Inseptisol ve Ensitol ordolarına ait toprakların olduğu rapor edilmiştir (Günel ve ark., 2008a).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklemeleri

Kazova’da TÜBİTAK TOVAG 105O617 nolu proje kapsamında belirlenen 400 noktada toprak örneklemeleri yapılmıştır (Günel ve ark., 2008). Daha sonra TÜBİTAK TOVAG 112O039 nolu proje kapsamında aynı noktalardan örnekleme yapılarak ovanın toprak kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır (Günel ve ark., 2015). Örneklemeler sırasında örnek noktalarının bulunduğu arazilerdeki ürün desenleri de kaydedilmiştir (Şekil 3.1).

TOVAG 112O039 Nolu TÜBİTAK projesi kapsamında 2012 yılında yapılan örneklemede ayçiçeği ekili alanlarda sıkışma değerinin diğer alanlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle, sıkışma probleminin ayçiçeği üretiminde yapılan uygulamalardan kaynaklanıp kaynaklanmadığını belirlemek için; 2012 yılında ayçiçeği ekili olan ve 2013 yılında farklı bir ürün ekili olan araziler (1. Grup) ve 2012 yılında farklı bir ürün ekili olan ve 2013 yılında ayçiçeği ekili olan araziler belirlenmiştir (2. Grup). Bu arazilerde 2012 yılında TÜBİTAK projesi kapsamında elde edilen veriler

kullanılırken 2013 yılında tez kapsamında toprak örnekleme yapılmıştır. Belirlenen toprak özelliklerine ait metotlar ve diğer gerekli bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Toprak özellikleri ile ilgili parametreler ve analizlerde kullanılan metotlar

Analiz	Derinlik (cm)	Kullanılan Metot
Tekstür*	0-20 ve 20-40	Bouyoucos hidrometre metodu (Gee and Boudier, 1986)
Nem içeriği	0-20 ve 20-40	Sabit hacimde silindirlerle alınacak bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986)
Hacim ağırlığı	0-20 ve 20-40	Sabit hacimde silindirlerle alınacak bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986)
Penetrasyon direnci	0-20 ve 20-40	Elle itmeli 10 MPa ve 80 cm derinlikte (her 1 cm’de) ölçüm yapabilen dijital penetrometre ile
Agregat dayanıklılığı	0-20 ve 20-40	Islak eleme yöntemine göre (Kemper ve Rosenau, 1986)
Organik madde	0-20 ve 20-40	Kjeldahl Yöntemi (Bremner, 1965)
Tarla Kapasitesi	0-20 ve 20-40	Basınçlı plakalar sistemi ile (Klute, 1986)
Solma Noktası	0-20 ve 20-40	Basınçlı plakalar sistemi ile (Klute, 1986)
Yarayışlı Su İçeriği	0-20 ve 20-40	Tarla kapasitesindeki nem içeriğinden solma noktasındaki nem içeriğinin çıkarılması ile (Klute, 1986)
Su Dolu Gözenek Hacmi	0-20 ve 20-40	Hacimsel su içeriğinin toplam gözenekliğe oranı şeklinde belirlenmiştir.
Toplam Gözeneklilik	0-20 ve 20-40	Toplam gözeneklilik (1-pb/pp) eşitliği ile belirlenmiştir.

* Günel ve ark. (2008)’den alınmıştır.

3.2.2. Üreticilerin ayçiçeği tarımındaki mekanizasyon uygulamaları

Çalışmanın bu bölümünde; Kazova’da belirlenen 28 arazide ayçiçeği tarımında üretim sezonu boyunca yapılan toprak işleme, ekim, sulama, gübreleme, bitki koruma ve hasat gibi işlemlerde yapılan faaliyetler üreticilerle yüz yüze görüşülerek belirlenmiştir. Bu amaçla üreticilere;

1. Ürün rotasyonu,
2. Kullanılan traktörle ilgili bilgiler,
3. Ayçiçeği tarımında toprak işlemeden hasada kadar kullanılan makineler, bu makinelerin genel özellikleri ve işlem zamanları ve
4. Ayçiçeği tarımı için uygulanan toprak işleme ile diğer ürünler için uygulanan toprak işlemede farklılık olup olmadığı ile ilgili sorular yöneltmiştir.

3.2.3. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler

Verilere tanımlayıcı istatistik analizleri uygulanmış ve her bir toprak özelliğinin en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı (%VK), yatıklık ve basıklık değerleri belirlenmiştir. Yatıklık değerlerine göre verinin normal dağılım gösterip göstermediğine karar verilmiştir. Yatıklık değeri -1 ve +1 aralığı dışındaki veri setleri için logaritmik transformasyon uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmışlar ve tanımlayıcı istatistiğinin verildiği tablolarda arazi koşullarının daha net anlaşılabilmesi için dönüşüm yapılmamış veriler kullanılmıştır (Günel ve ark., 2015). Buna göre; normal dağılım göstermeyen veri setleri uygun yöntemler kullanılarak normal dağılıma dönüştürülmüştür. Örneklem büyüklüğünün 35'den büyük olması durumunda Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi (McKillup, 2012), küçük olması durumunda ise Shapiro-Wilk testi (Shapiro ve Wilk, 1965) kullanılmaktadır (Demir ve ark., 2016).

Daha sonra yıllar arasındaki farklılığı görmek için eşleştirilmiş t testi ve parametreler arasındaki ilişkiyi görmek için de korelasyon analizi uygulanmıştır. İstatistik analizler SPSS paket programı (SPSS 21) yardımı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kazova'da Günel ve ark. (2008) tarafından yürütülen TOVAG 105O617 nolu projede örnekleme noktalarının bulunduğu arazilerin düz düze yakın, sağ sahil ve sol sahil olmak üzere konum ve eğimleri ile örnekleme anındaki kullanım durumları (meyvelik, tarla bitkileri, sebze ve mera gibi) tespit edilmiştir. Aynı örnek noktalarının kullanıldığı TOVAG 112O039 nolu projede ise yalnız arazilerin örnekleme zamanındaki kullanım durumları kayıt edilmiştir (Günel ve ark., 2015). Tez çalışmasındaki örnekleme noktaları TOVAG 112O039 nolu proje kapsamında 2012 yılında yapılan örnekleme zamanında ayçiçeği yetiştiriciliği yapıldığı tespit edilen örnekleme noktalardan seçilmiştir. Belirlenen noktalardan 2013 yılında da örnekleme yapılmıştır. 2013 yılında yapılan örneklemede arazilerde ayçiçeğinden farklı bir ürünün yetiştirildiğine dikkat edilmiştir. Ayrıca, 2013 yılında ayçiçeği yetiştirilen örnekleme noktalarından da veri alınmıştır. Bu noktaların 2012 yılına ait verileri ise TOVAG112O039 nolu projeden alınmıştır. Buna göre; 2012 ve 2013 yıllarında yapılan örnekleme zamanında örnekleme noktalarının yer aldığı arazilerin kullanım durumları ve örnek noktaları Ek Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; 2012 yılında ayçiçeği ekili olup 2013 yılında farklı bir ürün yetiştirilen 48 arazi ve 2013 yılında ayçiçeği ekili iken 2012 yılında farklı bir ürün yetiştirilmiş olan 20 arazi çalışmanın örnekleme büyüklüğünü oluşturmuştur.

Elde edilen sonuçlar öncelikli olarak ayçiçeği tarımının toprak sıkışması üzerine etkisini belirleyebilmek için 2012 yılında ayçiçeği ekili araziler ve 2013 yılında ayçiçeği ekili araziler olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu iki gruba ait örnekleme noktalarının toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri yapılmıştır. Daha sonra, 2012 yılında ve 2013 yılında arazi kullanımına bağlı olarak toprak özelliklerindeki değişimi istatistiksel olarak karşılaştırmak için eşleştirilmiş t-testi yapılmıştır. Son olarak ta toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi görmek için korelasyon analizi yapılmıştır.

4.1. Toprak Özellikleri

4.1.1. Toprak tekstürü

Örnek noktalarının toprak tekstürü değerleri (Çizelge 4.1) TOVAG 112O039 nolu projeden alınmıştır. 2012 yılında ayçiçeği ekili arazilerde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde ortalama kil, silt ve kum değerleri sırasıyla %22.06, %47.39, %30.59 ve %24.46, %42.17, %33.37 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre her iki derinlikte de toprak tınlı tekstüre sahiptir. 2013 yılında ayçiçeği ekili arazilerde ise toprak tekstürünün 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde sırasıyla tınlı ve killi tın olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1. Örnekleme noktalarının %kil, %silt ve %kum değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları*

Derinlik		N	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart Sapma	%CV	Yatıklık	Basıklık
2012 yılında ayçiçeği ekili Araziler (1. Grup)									
0-20 cm	Kil (%)	48	7.50	41.25	22.06	10.11	45.84	0.24	-1.07
	Silt (%)	48	19.50	75.00	47.39	13.76	29.04	0.01	-0.59
	Kum (%)	48	12.50	51.25	30.59	8.57	28.02	0.00	-0.34
20-40 cm	Kil (%)	48	5.50	65.63	24.46	14.75	60.31	0.79	-0.02
	Silt (%)	48	8.75	72.50	42.17	16.47	39.06	-0.08	-0.89
	Kum (%)	48	17.50	54.50	33.37	10.82	32.42	0.44	-0.94
2013 yılında ayçiçeği ekili Araziler (2. Grup)									
0-20 cm	Kil (%)	22	6.25	45.00	24.70	11.90	48.16	0.00	-1.00
	Silt (%)	22	27.50	77.50	44.57	13.61	30.54	0.89	0.32
	Kum (%)	22	16.25	45.00	30.73	8.53	27.77	0.03	-1.12
20-40 cm	Kil (%)	22	8.75	61.25	29.14	14.86	50.99	0.42	-0.64
	Silt (%)	22	22.50	75.00	40.24	14.27	35.47	0.72	-0.10
	Kum (%)	22	14.25	51.25	30.63	9.35	30.54	0.20	0.07

* %Kil, %silt ve %kil değerleri Günel ve ark. (2008)'ndan alınmıştır.

Upchurch ve ark. (1988), Wilding ve ark. (1994) ve Mulla ve McBratney (2000) toprak özelliklerindeki değişkenliği; % varyasyon katsayısı (VK)<15 olduğunda az değişken, 16 ile 35 arası olduğunda orta derecede değişken ve >36 olduğunda ise yüksek derecede değişken olarak sınıflandırmışlardır (Akbaş, 2004). Buna göre; kil içeriği her iki arazi grubunda ve her iki derinlikte de yüksek derecede değişkendir. Silt ve kum içeriğinin ise orta derecede değişken olduğu belirlenmiştir. Normal dağılımın göstergesi olarak veri setlerindeki yatıklık değeri kullanılmıştır ve yatıklık değeri -1 ile +1 arasında olduğunda veri setinin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir (Günel ve ark., 2015).

Buna göre; kil, silt ve kum içeriğine ait yatkılık değerleri incelendiğinde verinin normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.1.)

4.1.2. Nem içeriği

Örnekleme noktalarının ortalama gravimetrik nem içeriği değerleri 1. grupta yer alan arazilerde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde 2012 ve 2013 yıllarında sırasıyla; %17.99-%18.11 ve %25.69-%18.24 olarak belirlenmiştir. Bu değerler 2. grupta yer alan arazilerde ise sırasıyla %20.56-%15.38 ve %27.28-%16.30'dur. Gravimetrik nem içeriği değerlerinin genel olarak 2013 yılında daha düşük olduğu görülmektedir. Yalnızca 2012 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerin ortalama gravimetrik nem içeriği değeri 2013 yılında ölçülen değerden daha düşüktür. Bu durum için en büyük değerlere bakıldığında tüm veri setlerine benzer şekilde 2012 yılında ölçülen değer daha büyüktür. 2012 yılında ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazilerde varyasyon katsayısı (VK) değerlerine göre; gravimetrik nem içeriğinin yüksek derecede değişken, diğer durumlarda ise orta derece değişkendir.

Çizelge 4. 2. Gravimetrik nem içeriği (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	47	48	48	48	22	22	22	22
En küçük	6.52	8.76	9.96	11.04	7	4.4	12.18	9.65
En büyük	37.3	28.8	44.55	31.02	40.97	26.33	42.32	29.46
Ortalama	17.99	18.11	25.69	18.24	20.56	15.38	27.28	16.30
Std. Sapma	7.16	4.65	7.4	4.74	8.39	5.24	8.82	4.74
%VK	39.81	25.67	28.8	25.99	40.83	34.04	32.35	29.06
Yatkılık	0.71	0.16	0.23	0.61	0.44	0.16	0.27	0.83
Basıklık	0.49	-0.32	0.44	-0.13	0.31	0.12	-0.51	1.24

* Günal ve ark. (2015).

Birinci ve ikinci ölçüm zamanlarında belirlenen ortalama gravimetrik nem içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t-testi yapılmıştır (Çizelge 4.3). Ayçiçeği ekili alanlarda 2012 yılında belirlenen ortalama gravimetrik nem içeriği değeri ile aynı alanlarda 2013 yılında belirlenen ortalama gravimetrik nem içeriği değerleri arasındaki farklılık 0-20 cm

derinlikte istatistiksel olarak önemli değilken, 20-40 cm derinlikte $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir. İkinci grup olarak isimlendirdiğimiz 2012 yılında ayçiçeği ekili olmayıp 2013 yılında ayçiçeği ekili olan alanlarda ise her iki derinlikte de ortalama gravimetrik nem içeriği değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir. Her iki grup arazide de ortalama gravimetrik nem içeriğinin ayçiçeği ekili olan alanlarda ayçiçeği ekili olmayan alanlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç toprağın gravimetrik nem içeriğinin kullanım durumuna göre, özellikle ölçüm yılındaki iklim şartlarından daha çok etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3). Çoruk (2014)'da Kazova topraklarının tümü dikkate alındığında nem içeriğindeki değişkenliğe iklim ve bitkisel üretimdeki çeşitliliğe göre amenajman uygulamalarının farklılaşmasının etkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, arazi ölçümlerinin yapıldığı dönemin 2006 yılında 2012 yılına göre daha yağışlı olması nedeniyle 2006 yılında toprak gravimetrik nem içeriğinin 2012 yılında ölçülen nem içeriğine göre daha yüksek olduğunu da ifade etmiştir.

Çizelge 4. 3. Gravimetrik nem içeriğinin 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	0.06	7.79**
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	3.25**	6.78**

** $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

Lhotsky ve ark. (1984) ve Badalikova (2010) bitkisel üretim için sınır toprak gravimetrik nem içeriği değerlerinin; killi, killi-tınlı, tınlı, kumlu-tınlı, tınlı-kumlu ve kumlu topraklar için sırasıyla %28-%24, %24-%20, %18-%16, %13-%15, %12 ve %10 olduğunu belirtmişlerdir. Tınlı toprak tekstürüne sahip 2012 yılında ayçiçeği ekili arazilerde nem içeriği değerleri 0-20 cm derinlikte bitkisel üretim için verilen sınır değerlerde iken 20-40 cm derinlikte ise ortalama %25.69 ile sınır değerlerin üzerindedir. Yüzeysel derinlikte tınlı, derin tabakada ise killi-tınlı toprak tekstürüne sahip olan 2. grup arazilerin ortalama nem içeriği değerleri incelendiğinde; arazilerin 2012 yılındaki nem içeriği değerleri her iki derinlikte de bitkisel üretim için gerekli olan sınır değerlerin üzerinde iken, ayçiçeği tarımının yapıldığı 2013 yılında sınır değerlerin altındadır.

4.1.3. Tarla kapasitesi

Arazilerin tarla kapasitesi değerleri %12.7 ile %68.22 arasında değişmektedir. Ortalama değerlere bakıldığında, en düşük tarla kapasitesi değeri ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazilerde her iki derinlikte de ilk örnekleme yılında daha düşüktür. İkinci örnekleme yılında belirlenen tarla kapasitesi değerleri ilk örnekleme yılına göre yaklaşık iki katı daha yüksektir. Örnekleme yapılan arazilerde tarla kapasitesinin değişkenliğinin varyasyon katsayısı (%CV) değerlerine göre düşük olduğu, en yüksek değişkenliğin 2012 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 20-40 cm derinlikte olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4. 4. Tarla Kapasitesi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	45	48	48	48	22	22	22	22
En küçük	19.38	38.74	12.7	39.22	15.52	36.68	15.52	35.44
En büyük	39.3	66.03	45.46	68.22	36.05	61.05	32.9	61.24
Ortalama	26.89	53.02	27.36	52.97	25.62	51.23	25.92	50.71
Std. Sapma	4.04	6.3	6.58	6.78	5.6	6.24	4.48	6.25
%CV	15.04	11.89	24.03	12.8	21.86	12.18	17.3	12.32
Yatıklık	0.63	-0.01	0.95	0.03	0.17	-0.59	-0.5	-0.38
Basıklık	0.8	-0.54	1.55	-0.51	-0.41	-0.11	0.02	0.17

* Günel ve ark. (2015).

Tarla kapasitesi değerlerinin arazi kullanım durumuna göre değişimini görebilmek için eşleştirilmiş t-testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, her iki durumda ve her iki derinlikte ölçüm yılları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$) olduğunu göstermiştir. Her iki grup arazide de ikinci ölçüm yılında ölçülen değerlerin daha yüksek olması, bu değişimin arazi kullanım durumundan kaynaklanmadığını göstermektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4. 5. Tarla kapasitesinin 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	-39.50**	-26.80**
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	-21.67**	-21.57**

** $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, Günal ve ark. (2008)'da toprak tekstürü ve toprağın organik madde içeriklerinin toprakların yarıyışlı su içeriklerini etkileyen en önemli toprak özellikleri olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Kazova'da yüzey toprağının kil ve organik madde içeriğinin nispeten daha yüksek olmasının tarla kapasitesi, solma noktası ve yarıyışlı su içeriklerinin de yüzey toprağında yüksek olmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.4. Solma noktası

İlk yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde solma noktası değeri %7.98 ile %32.98 ve ikinci yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde ise %8.68 ile %27.77 değerleri arasında değişmektedir. Her iki durumda da yüzeysel tabakada (0-20 cm) elde edilen solma noktası değeri alt tabakaya (20-40 cm) göre ve ilk yılda ölçülen değerler ikinci yılda ölçülen değerlere göre daha yüksektir. Ayrıca, %CV değerleri incelendiğinde; solma noktası değerlerindeki değişkenliğin genel olarak orta derece olduğu görülmektedir. Değişkenlik; ilk yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 0-20 cm derinlikte ikinci yıl (2013 Diğer) ve 20-40 cm derinlikte ilk yıl (2012 Ayçiçeği) daha yüksek iken ilk yılında ayçiçeği ekili olmayan arazi grubunda ise 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde ilk yıl (2012 Diğer) daha yüksektir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4. 6. Solma noktası (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	31	48	14	22	16	22	4
En küçük	8.75	8.34	7.98	10.22	9.57	8.68	10.73	9.8
En büyük	27.84	25.85	32.98	25.19	24.56	19.15	27.7	16.96
Ortalama	16.36	15.43	18.16	15.94	15.38	14.07	17.76	12.85
Std. Sapma	4.38	4.28	5.73	4.31	4.19	3.01	4.78	3.01
%CV	26.78	27.77	31.55	27.05	27.24	21.42	26.92	23.41
Yatıklık	0.58	0.64	0.57	0.74	0.77	-0.46	0.57	0.98
Basıklık	-0.03	-0.21	0.34	0.26	0.14	-0.43	-0.01	1.65

* Günal ve ark. (2015).

Eşleştirilmiş t-testi sonuçları solma noktası değerlerinin ölçüm yıllarına göre 2012 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 20-40 cm derinlikte $P < 0.01$ ve 2013 yılında

ayçiçeği ekili olan arazilerde $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir. Bu farklılığın 0-20 cm derinlikte istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Her iki arazi grubunda da (ilk yılında ayçiçeği ekili olan ve olmayan) ilk yıl ölçülen değerlerin daha yüksek olması farklılığın arazi kullanımından kaynaklanmadığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Çizelge 4.7). Çelik ve ark. (2009) solma noktası nem içeriğine toprak işleme yöntemlerinin önemli bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca, Yeşilsoy ve Aydın (1992) solma noktasındaki nem içeriğinin toprak porozitesi ve strüktürden daha çok toprak bünyesi ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir (Çelik ve ark., 2009).

Çizelge 4. 7. Solma noktasının 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	1.69	3.42**
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	1.73	3.99*

* $P < 0.05$ düzeyinde önemlidir. ** $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

4.1.5. Yarayırlı su içeriği

Yarayırlı su içeriği, tarla kapasitesi nem içeriği ile solma noktası nem içeriği arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Günel ve ark., 2008). İlk yılında ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazi gruplarında yarayırlı su içeriği değerleri her iki derinlikte de ikinci yılda daha yüksektir. Yarayırlı su içeriği değerleri; her iki arazi grubunda da 2012 yılında 0-20 cm derinlikte, 2013 yılında ise 20-40 cm derinlikte daha yüksektir. Tüm veri seti dikkate alındığında ortalama yarayırlı su içeriği 2012 yılında %8.16 ile %11.36 ve 2013 yılında ise %36.63 ile %39.93 değerleri arasında değişmektedir. Ayrıca, %CV değerlerine göre; yarayırlı su içeriği değerlerinin değişkenliği 2013 yılında daha düşüktür (Çizelge 4.8).

Yarayırlı su içeriğinin örnekleme yılları arasındaki farklılığını belirlemek için yapılan eşleştirilmiş t-testi sonuçları, iki arazi grubunda ve iki derinlikte de farkın istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.9). Ancak, ilk yıl ayçiçeği ekili olan arazilerde ve ikinci yıl ayçiçeği ekilen arazilerde yarayırlı su

içeriğinin ilk yıl düşük ikinci yıl daha yüksek olması, farklılığın arazi kullanımından kaynaklanmadığını göstermektedir.

Bitki tipi ve çeşidine göre değişecek olmakla birlikte, kök gelişimi ve fonksiyonu; yarayışlı su kapasitesi ≥ 0.20 olduğunda maksimum, 0.15-0.20 arasında iyi, 0.10-0.15 arasında sınırlanmış ve ≤ 0.10 olduğunda ise zayıf olduğu kabul edilmektedir (Corstanje ve ark., 2017). Baran ve ark. (1996) sıkışma düzeyindeki artışla yarayışlı su miktarında azalmalar olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4. 8. Yarayışlı su içeriği (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	32	48	16	22	16	22	3
En küçük	5.38	28.67	4.02	27.04	4.22	28.08	3.95	35.21
En büyük	16.79	44.85	17.69	60.71	16.76	45.24	12.45	39.17
Ortalama	11.36	36.86	9.21	39.93	10.25	36.63	8.16	37.41
Std. Sapma	2.74	4.39	2.93	9.23	3.29	5.1	2.53	2.02
%CV	24.14	11.91	31.81	23.13	32.12	13.92	30.98	5.39
Yatıklık	-0.27	-0.11	0.6	0.88	-0.11	-0.26	-0.21	-0.94
Basıklık	-0.58	-0.96	0.1	0.48	-0.64	-0.88	-1.27	.

* Günel ve ark. (2015).

Çizelge 4. 9. Yarayışlı su içeriğinin 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	-26.44**	-13.29**
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	-17.74**	-22.13**

**P<0.01 düzeyinde önemlidir.

4.1.6. Su dolu gözenek hacmi

İlk örnekleme yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde ortalama su dolu gözenek hacmi değerleri %40.47 ile %62.02 arasında değişmektedir. Yüzeysel derinlikte arazilerde ayçiçeği ekili olduğu 2012 yılı ile ayçiçeği ekili olmadığı 2013 yılında yaklaşık olarak aynı değer elde edilirken, 20-40 cm derinlikte ise 2012 yılında daha yüksek değer elde edilmiştir. İkinci ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan araziler incelendiğinde; ortalama su dolu gözenek hacminin %36.25 ile %64.4 arasında

değiştii görölmektedir. Bu grup arazilerde her iki derinlikte de su dolu gözenek hacmi ayçiçeğinin ekili olduğu 2013 yılında diğer ölçüm yılına göre daha düşüktür (Çizelge 4.10).

Çizelge 4. 10. Su dolu gözenek hacmi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	48	48	48	22	22	22	22
En küçük	14.77	23	20.14	8	16.98	6	29.8	25
En büyük	92.48	64.5	95.1	66	78.55	55	102.01	62
Ortalama	40.47	40.8	62.02	43.48	46.18	36.25	64.4	40.41
Std. Sapma	17.5	8.15	17.66	11.04	18.63	10.75	19.48	9.72
%CV	43.24	19.96	28.48	25.39	40.34	29.66	30.26	24.06
Yatıklık	0.88	0.15	-0.12	-0.23	0.09	-0.74	0.08	0.07
Basıklık	0.49	0.65	-0.28	1.02	-1.08	1.91	-0.39	-0.37

* Günel ve ark. (2015).

İlk ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde belirlenen su dolu gözenek hacmi ile aynı arazilerde bir sonraki yılda ayçiçeği ekili değilken belirlenen su dolu gözenek hacmi değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t-testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.11’de verilmiştir. Buna göre; farklılığın 0-20 cm derinlikte istatistiksel olarak önemli olmadığı ve 20-40 cm derinlikte ise ölçüm yılları arasında $P < 0.01$ seviyesinde önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Benzer değerlendirme 2. grup olarak ifade edilen ikinci yılında ayçiçeği ekili olan araziler için de yapılmıştır. Bu arazi grubunda ise ölçüm yılları arasında 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde sırasıyla $P < 0.05$ ve $P < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmaktadır. İstatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu durumlardaki ortalama değerlere bakıldığında; ilk yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 20-40 cm derinlikte ayçiçeğinin ekili olduğu durumda su dolu gözenek hacminin daha yüksek olduğu görölmektedir. İkinci yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde ise her iki derinlikte de ayçiçeğinin ekili olmadığı durumlarda su dolu gözenek hacmi daha yüksektir. Ancak tüm veri incelendiğinde genel olarak ikinci ölçüm yılında elde edilen değerlerin daha düşük olması farklılığın arazi kullanım durumundan kaynaklanmadığını göstermektedir.

Çizelge 4. 11. Su dolu gözenek hacminin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	-0.14	7.63**
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	2.57*	6.18**

* P<0.05 düzeyinde önemlidir. **P<0.01 düzeyinde önemlidir.

4.1.7. Toplam gözenek hacmi

Arazilerin toplam gözenek hacmi değerlerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Varyasyon katsayısı değerleri genel olarak toplam gözenek hacmi değerlerinin değişkenliğinin az olduğunu göstermektedir. İlk yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde her iki ölçüm derinliği içinde ortalama toplam gözenek hacmi değerleri %41.54 ile %46.03 ve ikinci yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde ise %40.32 ile %44.96 arasında değişmektedir (Çizelge 4.12). Bitkiler toprağın hacim ağırlığı 1.15-1.45 g/cm³ aralığında olduğunda veya gözenek hacim oranı %45-%55 olduğunda iyi gelişirler ve hacim ağırlığının 1.55 g/cm³’den fazla ve gözenek hacminin %40’dan az olması bitki gelişimi için uygun değildir (Birkas ve ark., 2014). Destain ve ark. (2014) geleneksel toprak işlemede, üst toprakta toprak direncinin düşük ve toplam porozitenin yaklaşık %50 olduğunu ve alt toprakta toplam porozitenin %43’e düştüğünü, azaltılmış toprak işlemede ise toplam porozitenin toprak profilinde %40-45 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Porozite değerlerinin her iki grup arazide de bitki gelişimi açısından sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4. 12. Toplam gözenek hacmi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	48	48	48	22	22	22	22
En küçük	35.51	26	32.42	29	32.69	32	31.27	28
En büyük	56.47	70.5	50.98	53	55.59	53	50.65	50
Ortalama	46.03	45.09	41.77	41.54	44.96	42.27	42.39	40.32
Std. Sapma	4.68	7.85	4.89	5.72	6.2	5.39	4.6	5.5
%CV	10.16	17.4	11.71	13.78	13.8	12.75	10.85	13.64
Yatıklık	0.04	0.34	0.06	-0.3	-0.19	0.08	-0.31	-0.16
Basıklık	-0.23	1.44	-0.74	-0.43	-0.76	0.22	0.49	-0.21

* Günel ve ark. (2015).

Ölçüm yılları arasındaki farklılığı görmek için yapılan eşleştirilmiş t-teti sonuçlarına göre; yalnızca ikinci yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 0-20 cm derinlikte farklılığın istatistiksel olarak $P<0.05$ seviyesinde önemli olduğu diğer durumlarda ise istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4. 13. Toplam gözenek hacminin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	0.89	0.29
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	2.09*	2.00

* $P<0.05$ düzeyinde önemlidir.

Pagliai ve ark. (2004), kulaklı pullukla işlenen toprağın 400-500 mm derinlikteki tabakasında meydana gelen porozitedeki azalmanın toprak bozulmasının tehlikeli bir boyutu olarak dikkate alınması gerektiğini ve tarla trafiğinin de porozitede azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, topraktaki bu sıkışmaya toprak işleme aletlerinin kesme etkisinin neden olduğunu ve bu tabakanın (taban taşı) sürekli bir şekilde pullukla işlenen topraklarda kültürasyonun en alt sınırını oluşturduğunu belirtmektedirler.

4.1.8. Organik madde

Tüm veri setinde örnekleme yapılan arazilerdeki toprakların ortalama organik madde içeriği %1.41 ile %1.86 arasında değişmektedir. Her iki arazi grubunda da genel olarak ikinci yılda elde edilen değerler birinci ölçüm yılında elde edilen değerlere göre daha yüksektir. Organik madde içeriği 20-40 cm derinliğe göre 0-20 cm derinlikte daha yüksektir. Ayrıca, varyasyon katsayısı (%) değerleri 2013 yılında ayçiçeği ekili olmayan arazilerde 20-40 cm ve 2013 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde her iki derinlikte organik madde içeriğinin yüksek derecede değişken olduğunu diğer durumlarda ise değişkenliğin orta derecede olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4. 14. Organik madde (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	48	48	48	22	22	21	22
En küçük	0.56	0.65	0.46	0.58	0.48	0.52	0.88	0.59
En büyük	2.98	3.02	2.84	3.43	2.48	3.08	2.17	3.47
Ortalama	1.75	1.86	1.41	1.66	1.66	1.8	1.47	1.5
Std. Sapma	0.5	0.57	0.49	0.76	0.52	0.67	0.36	0.84
%CV	28.63	30.73	35.04	45.65	31.39	37.25	24.37	56.39
Yatıklık	0.04	0.18	0.41	0.4	-0.29	-0.26	0.52	0.96
Basıklık	0.23	-0.48	0.04	-0.82	-0.52	-0.54	-0.78	0.06

* Günel ve ark. (2015).

Ölçüm yılları arasındaki farklılığı görmek için yapılan eşleştirilmiş t-testi sonuçlarına göre; yalnızca ilk yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 20-40 cm derinlikte farklılığın istatistiksel olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli olduğu, diğer durumlarda ise istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4. 15. Organik madde içeriğinin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	-1.26	-2.37*
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	-0.95	0.11

* $P < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

Toprağın organik madde içeriğindeki artış, deformasyona direncini ve/veya elastikiyeti artırarak sıkışabilirliği azaltabilmektedir (Soane, 1990). Yüksek organik karbon içeriği de killi ve siltli killi topraklarda yüksek nem içeriklerinde toprağın sıkışabilirliğini azaltabilmektedir (Smith ve ark., 1997). Organik madde toprakta iyi bir yapı oluşturucu olarak bilinir. Dolaylı olarak, organik madde hem toprak yapısının oluşumunu teşvik eder hem de oluşan yapının kuvvetli ve kararlı olmasını sağlar (Karahana ve ark., 2014). Toprak yüzeyindeki organik madde birikimi anıza doğrudan ekiminde geleneksel toprak işlemeye göre %130 oranında daha fazladır (Feng ve ark., 2003) ve pullukla derin işlenen topraklarda organik madde pulluk tabanı boyunca dağılmaktadır (Altıkat ve Çelik, 2009). Uzun süreli geleneksel toprak işleme uygulamaları, anız yakma ve organik madde uygulamalarının eksikliği organik madde içeriğinin düşük olmasının nedenidir (Budak 2018). Sıkışmanın bitki köklerinin toprak içerisindeki hareketini engelleyen

olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için toprak direncinin azaltılarak kök basıncının artırılması gerekir. Bunun için toprağın organik madde içeriği yükseltilerek sıkışmanın olumsuz etkileri azaltılabilmektedir (Baran ve ark., 1996). Fakat, çalışma alanında da sürekli geleneksel toprak işleme yapılıyor olması toprak bozulması potansiyelinin varlığını göstermektedir. Sürdürülebilir tarımsal üretim için yöredeki üreticilerin toprak ve su kaynaklarını koruyan toprak işleme uygulamalarını tercih etmeleri kaçınılmaz bir gerekliliktir.

4.1.9. Agregat stabilitesi

Agregatların mekanik parçalayıcı ve suyun dispers edici etkisine karşı göstermiş oldukları direnç olarak tanımlanan agregat stabilitesinin yüksek olması, toprakların havalanma, suyun infiltrasyonu ve hidrolik iletkenlik gibi birçok fiziksel özelliklerine olumlu etkide bulunmaktadır (Günel ve ark., 2008). Bitkisel üretim amacıyla toprakların yoğun bir şekilde işlenmesi toprak agregasyonunun bozulmasına neden olmaktadır (Altıkat ve Çelik, 2009). İlk ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan 1. grup ve ikinci ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan 2. grup arazilerde 0-20 ve 20-30 cm derinliklerde ortalama agregat stabilitesi değerleri %72.78 ile %82.3 değerleri arasında değişmektedir. Her iki arazi grubunda da alt tabakada agregat stabilitesi değeri daha düşüktür. Varyasyon katsayısı değerleri agregat stabilitesinin orta derecede değişken olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4. 16. Agregat stabilitesi (%) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	Ayçiçeği*	Diğer	Ayçiçeği*	Diğer	Diğer*	Ayçiçeği	Diğer*	Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	48	47	48	22	22	21	22
En küçük	51.3	45.96	28.42	38.14	39.57	70.12	38.34	54.65
En büyük	98.15	96.19	97.73	97.59	95.48	94.98	92.46	99.78
Ortalama	77.95	76.65	72.96	72.78	75.34	82.3	74.94	78.23
Std. Sapma	11.95	12.77	16.53	16.13	17.9	7.72	16.55	12.61
%CV	15.33	16.66	22.66	22.16	23.76	9.38	22.09	16.12
Yatıklık	-0.09	-0.68	-0.91	-0.47	-0.66	-0.43	-0.95	-0.47
Basıklık	-0.93	-0.18	0.39	-0.76	-1.04	-1.17	0.12	-0.72

* Günel ve ark. (2015).

İlk ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde belirlenen agregat stabilitesi ile aynı arazilerde bir sonraki yılda ayçiçeği ekili değilken belirlenen agregat stabilitesi değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t-testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir. Buna göre; farklılığın her iki arazi grubu ve derinlikte de istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmasa da iki grup arazide de ayçiçeğinin ekili olduğu ölçüm yıllarında agregat satbilitesi değerleri ayçiçeğinin ekili olmadığı ölçüm yıllarındaki değerlerden daha yüksektir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4. 17. Agregat stabilitesinin (%) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	0.68	0.19
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	-1.80	-0.84

Sürekli geleneksel toprak işleme, toprak organik madde içeriği ile agregat stabilitesinde bir azalmaya ve dolayısıyla yüzey kabuklarının oluşumuna neden olmaktadır (Pagliai ve ark., 2004). Agregat stabilitesi değerleri oldukça geniş bir aralıkta değişim göstermektedir (Çizelge 4.16). Bu değişim; çalışma alanı topraklarının kil içeriği, organik madde kapsamı, kireç içeriği, değişebilir katyonların miktarı gibi agregat oluşumunda rol alan çimentolayıcı maddelerinin miktarına bağlıdır (Günel ve ark., 2008). Canpolat (1992), toprağın organik madde miktarı, agregat stabilitesini ve toprak geçirgenliğini arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu, Erdem ve Alagöz (2005) ise organik materyallerin toprakların agregat oluşumu ve stabilitesini geliştirebileceğini ifade etmişlerdir.

4.1.10. Hacim ağırlığı

İlk ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde ortalama hacim ağırlığı değerleri 1.43 g/cm³ ile 1.55 g/cm³ değerleri arasında değişirken, ikinci yılda ayçiçeği ekili olan arazilerde 1.46 g/cm³ ile 1.6 g/cm³ değerleri arasında değişmektedir. Ayrıca tüm veri seti dikkate alındığında varyasyon

katsayısı değerleri %8.03 ile %12.01 arasında değişmektedir. Buna göre hacim ağırlığı değerlerinin değişkenliği düşüktür (Çizelge 4.18). Benzer şekilde, Bayram (2015) iki farklı toprak serisinde yürüttüğü çalışmada her iki toprak serisinde de hacim ağırlığındaki değişkenliğin az olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4. 18. Hacim ağırlığı (g/cm^3) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	48	48	48	22	22	22	22
En küçük	1.15	1.14	1.3	1.24	1.18	1.25	1.31	1.33
En büyük	1.71	1.87	1.79	1.89	1.78	1.8	1.82	1.9
Ortalama	1.43	1.45	1.54	1.55	1.46	1.53	1.53	1.6
Std. Sapma	0.12	0.17	0.13	0.15	0.16	0.14	0.12	0.15
%CV	8.69	12.01	8.38	9.47	11.29	9.34	8.03	9.63
Yatıklık	-0.07	0.1	-0.05	0.19	0.2	-0.02	0.31	-0.02
Basıklık	-0.24	-0.58	-0.73	-0.16	-0.82	0.16	0.44	-0.71

* Günel ve ark. (2015).

Hakansson ve Lipiec (2000)'e göre toprağın tekstürüne göre değişmekle birlikte, bitkisel üretim açısından sınır hacim ağırlığı değerinin 1.60 g/cm^3 olduğunu belirtmektedirler. Lhotsky ve ark. (1984), killi tınlı topraklarda sınır hacim ağırlığı değerinin 1.40 g/cm^3 olduğunu ifade etmişlerdir (Badalikova, 2010). Nasr ve Selles (1995) hacim ağırlığı 1.2 g/cm^3 'den küçük olduğunda hızlı ve tam çıkışın başarılı olduğunu belirtmişlerdir (Atkinson ve ark., 2009). Günel ve ark. (2008) Kazova topraklarının tümü üzerine yaptıkları değerlendirmede; ölçüm zamanında arazilerde çok farklı kullanımların olması ve gravimetrik nem içeriği gibi faktörlerin ova topraklarının hacim ağırlığı değerlerini etkilediğini belirtmektedirler. Ayrıca, araştırmacılar ova topraklarının kil içeriğinin yüksek olduğu göz önünde bulundurulursa örnekleme zamanındaki ortalama hacim ağırlığı değerlerinin; Pierce ve ark., (1983) ve Fulton ve ark., (1996) tarafından verilen toprak tekstürüne bağlı olarak kök gelişimi ile toprağın hacim ağırlığı arasındaki genel ilişkiyi (Çizelge 4.19) dikkate alarak kök gelişimi açısından sınır değerlerde olduğunu ifade etmişlerdir.

Buna göre, örnekleme noktalarının toprak tekstürü (Çizelge 4.1) dikkate alındığında hacim ağırlığının normal şartlarda 1.40 g/cm^3 'den düşük olması (Çizelge 4.19) gerekmektedir. Ölçüm yaptığımız toplam 70 örnekleme noktasında 2012 ve 2013 yıllarında belirlenen ortalama hacim ağırlığı değerleri her iki derinlikte de sınır değer

olarak kabul edilen 1.40 g/cm^3 'den yüksektir yani sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir (Çizelge 4.18). Ayrıca, örnekleme noktalarının bazılarında toprakların kil içeriğinin %40'dan fazla olması problemin büyüklüğünü ortaya koymaktadır.

Çizelge 4. 19. Toprak tekstürüne bağlı olarak kök gelişimi ile toprağın hacim ağırlığı (g/cm^3) arasındaki genel ilişki (Pierce ve ark., 1983)

Tekstür	İdeal hacim ağırlığı	Kök gelişimini etkileyen hacim ağırlığı	Kök gelişimini engelleyen hacim ağırlığı
Kum, tınlı kum	<1.60	1.69	<1.80
Kumlu tın, tın	<1.40	1.63	>1.80
Kumlu killi tın, tın, killi tın	<1,40	1.60	>1.75
Silt, siltli tın	<1.30	1.60	>1.75
Siltli tın, siltli killi tın	<1.40	1.55	>1.65
Kumlu kil, siltli kil, killi tın (%35-45 Kil)	<1.10	1.49	>1.58
Kil (kil içeriği %45'den fazla)	<1.10	1.39	>1.47

Ölçüm yılları dolayısıyla arazi kullanım durumlarına göre hacim ağırlığı değerlerinde meydana gelen değişimi istatistiksel olarak değerlendirmek için uygulanan eşleştirilmiş t-testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Buna göre; ilk yıl ayçiçeği ekili olan arazilerde her iki derinlikte, ikinci yıl ayçiçeği ekili olan arazilerde ise 0-20 cm derinlikte ölçülen hacim ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Yani, her iki arazi grubunda da ayçiçeği ekili iken ölçülen hacim ağırlığı değeri ile ayçiçeğinden farklı bir ürün ekili iken ölçülen hacim ağırlığı değerleri arasında önemli bir farklılık yoktur. Yalnız ikinci yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 20-40 cm derinlikte farklılık istatistiksel olarak $P<0.05$ seviyesinde önemlidir. Genel olarak 2013 yılında ölçülen değerlerin yüksek olması değişimin arazi kullanımından kaynaklanmadığını göstermektedir (Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.20).

Çizelge 4. 20. Hacim ağırlığının (g/cm^3) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	-0.95	-0.38
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	-2.04	-2.15*

* $P<0.05$ düzeyinde önemlidir.

4.1.11. Penetrasyon direnci

Tüm örnekleme noktaları dikkate alındığında, penetrasyon direnci değerleri 0-20 cm derinlikte 1.03 MPa ile 1.14 MPa, 20-40 cm derinlikte ise 1.6 MPa ile 2.57 MPa aralığında değişmektedir. İlk yılda ayçiçeği ekili olan arazilerde 0-20 cm derinlikte ilk yılda ölçülen ortalama penetrasyon direncinin ikinci yılda ölçülenden daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer durumlarda ikinci yılda ölçülen değerler daha yüksektir. Ayrıca, %CV değerlerine göre penetrasyon direnci değerlerindeki değişkenliğin genel olarak yüksek olduğu özellikle de 2013 yılında daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Benzer şekilde; bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarında penetrasyon direncindeki değişkenliğin yüksek derecede olduğunu belirtmişlerdir (Kılıç ve ark., 2004; Veronese Júnior ve ark., 2005; Günal ve ark., 2008; Özgöz ve ark., 2009; Bayram, 2015). Ayrıca, penetrasyon direnci değerlerindeki değişkenlik Da Silva ve ark. (2016)'nın da belirttiği gibi nem içeriği yüksek olduğunda daha düşüktür.

Ortalama penetrasyon direnci değerlerinin Hakansson ve Lipiec (2000) tarafından bitki kök gelişimini engelleyici sınır değer olarak ifade edilen 3 MPa'ı aşmadığı görülmektedir. Ayrıca, Ehlers ve ark. (1983), geleneksel olarak işlenmiş topraklarda penetrasyon direnci değeri 3.6 MPa olduğunda kök gelişiminin sınırlandığını ve bu değer in işlenmemiş topraklarda ise yaklaşık 5 MPa olduğunu belirtmektedirler. Sürekli kök kanallarının ve çatlakların olmadığı durumda kök penetrasyonu için kritik limitin 2 MPa olduğu varsayılır (Bengough ve ark., 2005). Bununla birlikte, Sa ve ark. (2014), farklı toprak işleme sistemlerinde kök gelişimi için 2 MPa sınırının uygulanamayacağını bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre; geleneksel toprak işleme altındaki yüksek killi topraklar için 2 MPa kritik sınır değeri geçerli olabilir, ancak kritik sınır çizelle işleme yapılan topraklar için 3 MPa'a ve doğrudan ekim sistemi altındaki topraklar için 3.5 MPa'a yükseltilmelidir (Çelik ve ark., 2019). Örnekleme noktalarında elde edilen en yüksek penetrasyon direnci değerleri (4.04 MPa ve 4.21 MPa) incelendiğinde bazı arazilerde bu sınırların aşıldığı yani sıkışma probleminin meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4. 21. Penetrasyon direnci (MPa) değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	1. Grup				2. Grup			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Ayçiçeği*	2013 Diğer	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği	2012 Diğer*	2013 Ayçiçeği
Örnek sayısı	48	48	45	45	22	22	21	21
En küçük	0.72	0.27	0.96	0.75	0.38	0.39	0.54	1.16
En büyük	1.58	2.13	2.53	4.04	1.88	1.87	2.48	4.21
Ortalama	1.14	1.03	1.77	2.27	1.09	1.14	1.6	2.57
Std. Sapma	0.23	0.53	0.37	0.85	0.37	0.44	0.48	0.78
%CV	19.85	51.17	20.99	37.3	33.5	38.96	29.94	30.3
Yatıklık	0.1	0.27	0.32	-0.04	0.23	-0.01	-0.33	-0.15
Basıklık	-0.93	-1.04	-0.59	-0.68	-0.15	-0.68	-0.13	-0.06

* Günel ve ark. (2015).

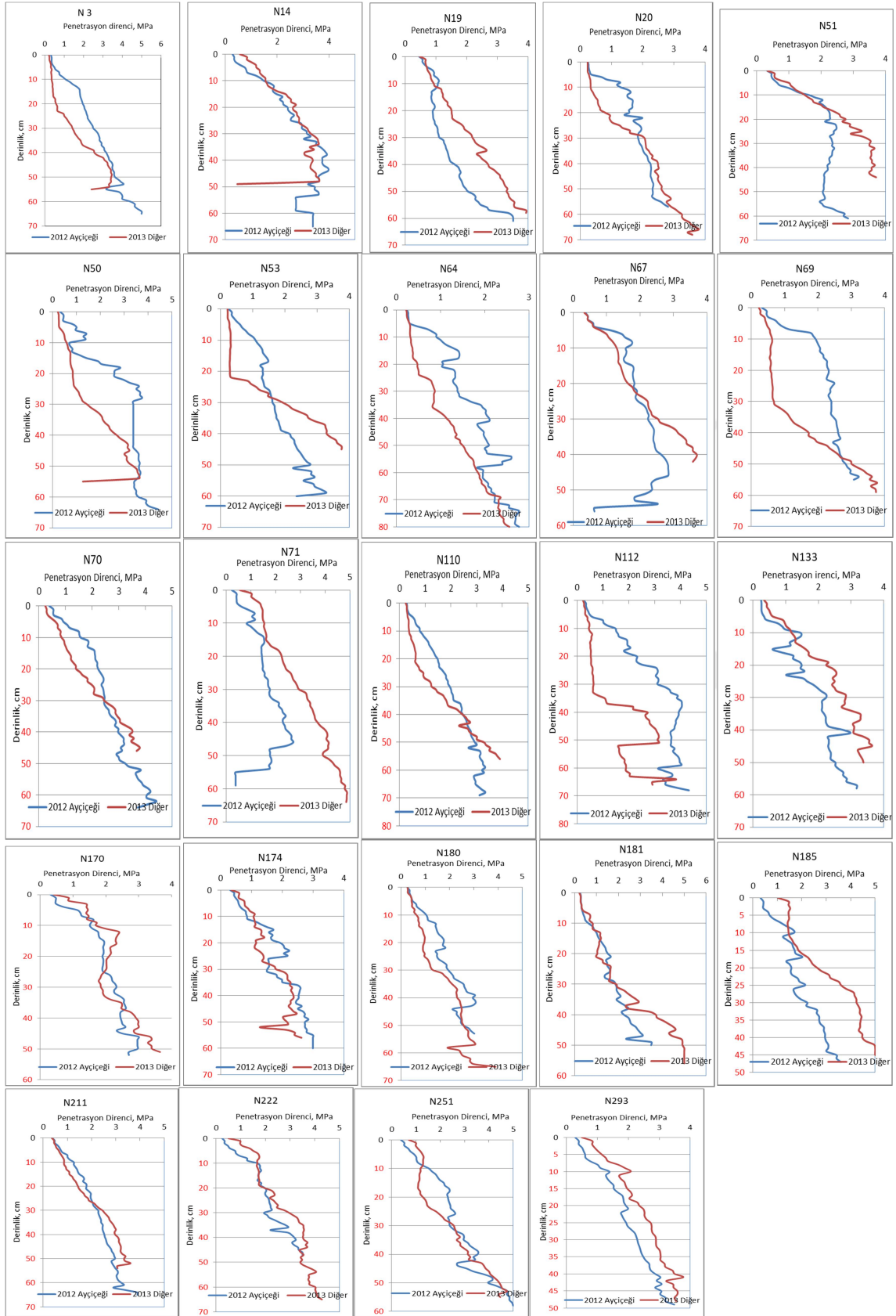
İlk ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde belirlenen penetrasyon direnci ile aynı arazilerde bir sonraki yılda ayçiçeği ekili değilken belirlenen penetrasyon direnci değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t-testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir. Buna göre; farklılığın her iki arazi grubunda 0-20 cm derinlikte istatistiksel olarak önemsiz ve 20-40 cm derinlikte ise istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak, her iki arazi grubunda da bu derinlikte 2013 yılında ölçülen değerlerin yüksek olması, farklılığın arazi kullanımından kaynaklanmadığını göstermektedir (Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22).

Çizelge 4. 22. Penetrasyon direncinin (MPa) 2012 ve 2013 yılları için eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	Derinlik	
	0-20 cm	20-40 cm
2012 yılında ayçiçeği ekili (1. Grup)	1.39	-3.32**
2013 yılında ayçiçeği ekili (2. Grup)	-0.48	-5.09**

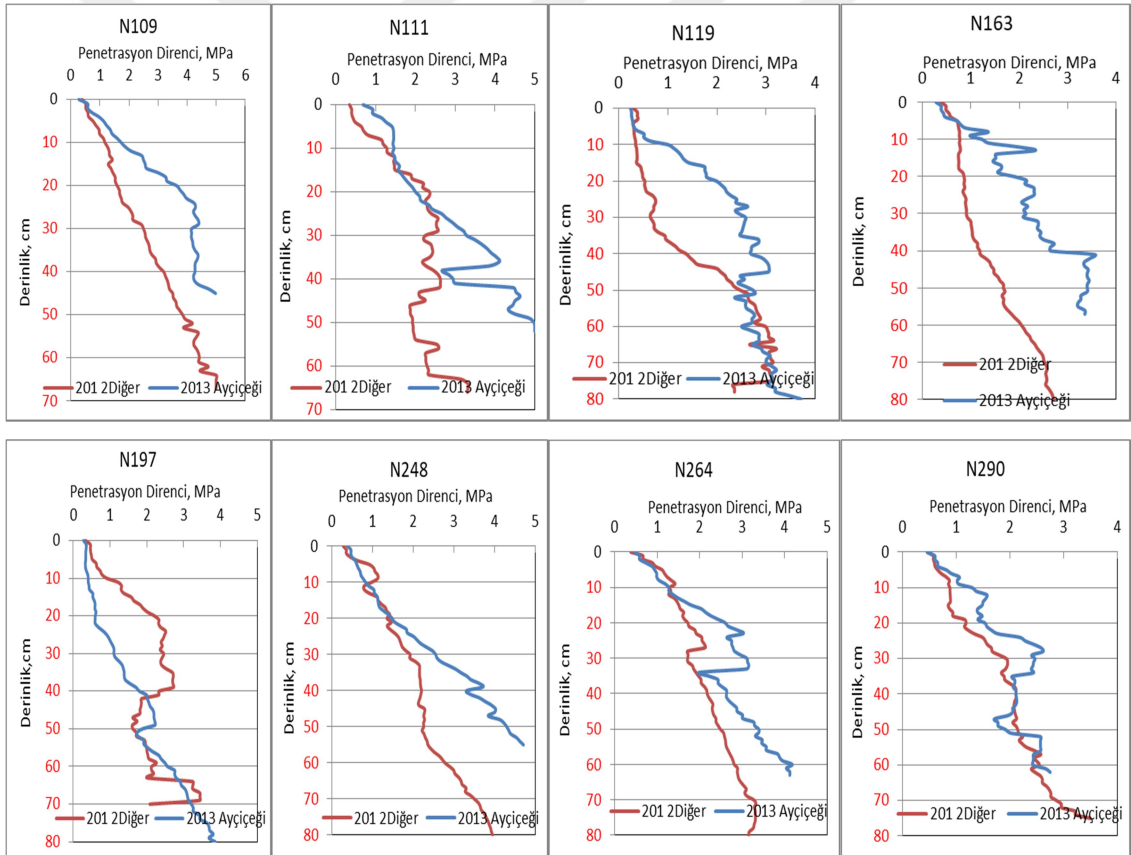
** $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

2012 yılında ve 2013 yılında ayçiçeği ekili arazilerden örnek olarak seçilen bazı noktalardaki penetrasyon direncinin derinlikle değişimini gösteren grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde örnek olarak seçilen bu arazilerde penetrasyon direncinin derinlikle değişimi her iki grup arazide de ayçiçeği ekili olan ve olmayan yıllarda genel olarak birbirine benzemektedir.



Şekil 4. 1. 2012 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde penetrasyon direncinin derinlikle değişimi

Penetrasyon direncinin derinlikle arttığı, genel olarak yüzeysel derinlikte bitki gelişimi açısından kritik değerin altında olduğu, derinlik arttıkça bazı arazilerde her iki arazi kullanım durumunda da kritik/sınır değerin aşıldığı görülmektedir. Örneğin; örnek numarası N20, N50, N53, N64, N69, N112, N174, N180 ve N251 olan arazilerde ayçiçeğinin ekili olduğu 2012 yılında toprak işleme derinliğinde taban taşına benzer şekilde yüksek olan penetrasyon direnci değerlerinin 2013 yılında belirgin bir şekilde düştüğü görülmektedir (Şekil 4.1). 2013 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde ise N9, N119, N163 ve N264 nolu arazilerde ayçiçeğinin ekili olmadığı ilk yılda düşük olan penetrasyon direnci değerleri ayçiçeğinin ekili olduğu ikinci yılda yükselmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 2. 2013 yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde penetrasyon direncinin derinlikle değişimi

Bazı arazilerde de (örneğin; N19, N71, N33, N185, N197 ve N293) penetrasyon direnci değerlerinin ayçiçeğinin ekili olmadığı yılda ayçiçeğinin ekili olduğu yıldaki değerlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu örnek noktalarındaki ölçüm yılına göre

olan değişimlerin arazi kullanımından daha çok toprak işleme derinliği, toprak işleme zamanındaki nem içeriği ve ölçüm zamanındaki nem içeriği gibi faktörlere bağlı olarak değiştii anlaşılmaktadır.

Budak (2018) alt yüzey tabakalarındaki yüksek penetrasyon direnci değerlerinin insan kaynaklı sıkışmanın belirtileri olduğunu ve aynı zamanda geleneksel toprak işleme uygulamalarının tekrarlanan ve/veya zamansız kullanımının sonuçları olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Celik ve ark., (2017)'da uzun süreli geleneksel toprak işleme uygulamaları altında penetrasyon direncinin derinlikle arttığını ifade etmişlerdir (Budak, 2018).

Elde edilen değerler, ova geneli için Günal ve ark. (2015) tarafından yapılan değerlendirmeye benzemektedir. Günal ve ark. (2015) Kazova topraklarında penetrasyon direnci değerlerini 20-30 cm ve 30-40 cm derinliklerde merada 2.81 MPa ve 2.99 MPa, bahçede ise 2.28 MPa ve 2.52 MPa olarak ölçmüşlerdir. Diğer kullanımlar altındaki araziler içinde ise, en yüksek penetrasyon direnci değerinin 30-40 cm derinlikte 2.53 MPa ile ayçiçeği yetiştiriciliği yapılan arazilerde ölçüldüğünü, ayrıca bu derinlikte ovadaki en yüksek penetrasyon direnci değerinin de 4.50 MPa ile ayçiçeği yetiştiriciliği yapılan arazilerde ölçüldüğünü belirtmişlerdir.

Clark ve ark. (2003), Jakobsen ve Dexter (1987) ve Bengough ve Mullins (1990)'e göre; toprak direncinin >0.8 MPa olduğunda sıkışma, çimlenme ve bitki gelişimini azaltabileceğini, sıklıkla anormal gelişme ve köklenmeye neden olabileceğini, >5 MPa olduğunda ise bitki gelişmesinin olmayacağını vurgulamıştır (Atkinson ve ark., 2009). Bu değerler dikkate alındığında, örnekleme yapılan arazilerde gerekli önlemler alınmazsa çimlenme ve bitki gelişimi açısından problemlerin yaşanacağını göstermektedir. Carter (1996)'a göre sürekli kulaklı pullukla toprak işleme yapıldığında işleme derinliğinde (25 cm) sıkışma artabilir ve sıkışma seviyesinde ikincil toprak işleme ile farklılık olabilir (Çay ve Özpınar, 2013).

4.1.12. İncelenen toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Örnekleme yapılan arazilerin kullanım durumuna göre 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde incelenen toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.23 – 4.30’da verilmiştir. Kum ve kil içeriği ile nem içeriği arasındaki ilişki incelendiğinde her iki grup arazide de ayçiçeği ekili olan yıllarda nem içeriği kum içeriği ile negatif, kil içeriği ile pozitif önemli bir ilişkiye sahiptir. Horn ve ark. (1995)’na göre, toprakların sıkışmaya hassasiyeti toprak tekstürüne göre değişmektedir. Örneğin düşük kolloid içeriğine sahip siltli tınlı topraklar düşük nem içeriklerinde tınlı ve killi topraklara göre daha hassas iken kumlu topraklar toprak sıkışmasına çok az hassastır (Nawaz ve ark., 2013). Örnekleme noktalarının toprak tekstürünün tınlı ve kili-tınlı olduğu düşünülürse alanın sıkışmaya hassasiyeti oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4. 23. Birinci grup arazilerin, 2012 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
1													
kil	-0.79**	1											
silt	0.08	-0.68**	1										
ha	0.35*	-0.45**	0.29*	1									
Q	-0.39**	0.56**	-0.44**	-0.16	1								
TG	-0.35*	0.44**	-0.29*	-1.00**	0.15	1							
SG	-0.31*	0.46**	-0.38**	0.12	0.95**	-0.12	1						
OM	-0.27	0.37*	-0.28	-0.23	0.28	0.23	0.30*	1					
TK	-0.62**	0.72**	-0.36*	-0.40**	0.43**	0.40**	0.34**	0.48**	1				
SN	-0.64**	0.88**	-0.66**	-0.52**	0.50**	0.52**	0.37**	0.34*	0.76**	1			
YS	-0.11	0.05	0.05	0.10	-0.07	-0.10	-0.01	-0.12	0.45**	-0.03	1		
AS	-0.326*	0.50**	-0.42**	-0.34*	0.37*	0.34*	0.29*	0.36*	0.55**	0.56**	0.12	1	
PD	0.000	-0.12	0.21	0.15	-0.29*	-0.14	-0.19	0.10	0.04	-0.03	0.00	0.01	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yararlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Birinci grup arazilerde 0-20 cm derinlikte her iki ölçüm yılında da hacim ağırlığı ile kum içeriği arasında pozitif ve kil içeriği ile negatif istatistiksel olarak önemli bir ilişki vardır. İkinci grup arazilerde de istatistiksel olarak önemli olmasa da hacim ağırlığı ile kum ve kil içeriği arasında-ki ilişki benzerdir. Hacim ağırlığı ile nem içeriği arasında her iki derinlik ve ölçüm yılında da negatif bir ilişki vardır. Bu ilişki her iki grup arazide

de arazi kullanım durumuna bağılı olamadan ilk ölçüm yılında istatistiksel olarak önemsizken, ikinci ölçüm yılında istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4. 24. Birinci grup arazilerin, 2012 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.77**	1											
silt	-0.20	-0.48**	1										
ha	0.12	-0.03	-0.12	1									
Q	-0.51**	0.51**	-0.08	-0.11	1								
TG	-0.12	0.03	0.12	-1.00**	0.12	1							
SG	-0.45**	0.49**	-0.14	0.27	0.92**	-0.30	1						
OM	-0.17	0.17	-0.02	-0.15	0.30*	0.15	0.21	1					
TK	-0.58**	0.70**	-0.27	-0.12	0.49**	0.12	0.43**	-0.01	1				
SN	-0.61**	0.81**	-0.40**	-0.12	0.56**	0.12	0.50**	0.18	0.90**	1			
YS	-0.12	-0.02	0.19	-0.04	-0.01	0.04	-0.02	-0.37*	0.49**	0.06	1		
AS	-0.43**	0.65**	-0.41**	-0.13	0.50**	0.13	0.44**	0.18	0.54**	0.74**	-0.27	1	
PD	0.19	-0.19	0.02	-0.23	-0.38**	0.23	-0.46**	0.24	-0.19	-0.09	-0.22	0.07	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarayışlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Çizelge 4. 25. Birinci grup arazilerin, 2013 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.79**	1											
silt	0.08	-0.68**	1										
ha	0.50**	-0.62**	0.39**	1									
Q	-0.41**	0.54**	-0.38**	-0.68**	1								
TG	-0.50**	0.68**	-0.49**	-0.93**	0.66**	1							
SG	-0.07	0.00	0.08	-0.03	0.59**	-0.13	1						
OM	-0.30*	0.32*	-0.16	-0.55**	0.56**	0.47**	0.16	1					
TK	-0.52**	0.68**	-0.49**	-0.79**	0.64**	0.74**	0.15	0.37*	1				
SN	-0.42*	0.66**	-0.48**	-0.68**	0.74**	0.71**	0.24	0.35	0.69**	1			
YS	-0.19	0.07	0.14	-0.34	0.09	0.23	0.00	0.18	0.43*	-0.11	1		
AS	-0.43**	0.54**	-0.36*	-0.51**	0.45**	0.52**	0.05	0.40**	0.49**	0.37*	0.05	1	
PD	0.28	-0.23	0.02	0.54**	-0.5**	-0.40**	-0.32*	-0.46**	-0.44**	-0.11	-0.39*	-0.20	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarayışlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Genel olarak nem içeriği ile gözeneklilik, organik madde içeriği, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su içeriği ve agregat stabilitesi arasında pozitif bir ilişki vardır. Ancak, birinci grup arazilerde ilk ölçüm yılında her iki derinlikte de nem içeriği ile yarayışlı su içeriği arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte negatiftir. Toprak özellikleri arasındaki ilişkiler arazi kullanım durumuna göre önemli bir farklılık göstermemektedir.

Çizelge 4. 26. Birinci grup arazilerin, 2013 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.77**	1											
silt	-0.20	-0.48**	1										
ha	0.37*	-0.50**	0.27	1									
Q	-0.17	0.21	-0.10	-0.44**	1								
TG	-0.38**	0.50**	-0.25	-0.90**	0.49**	1							
SG	0.03	0.04	-0.10	-0.09	0.83**	0.04	1						
OM	-0.22	0.23	-0.06	-0.12	0.29*	0.12	0.25	1					
TK	-0.27	0.43**	-0.28	-0.69**	0.39**	0.70**	0.03	0.30*	1				
SN	-0.06	0.64*	-0.82**	-0.48	0.63*	0.44	0.57*	-0.19	0.38	1			
YS	0.24	-0.28	0.16	-0.43	0.31	0.49	0.07	0.11	0.57*	-0.42	1		
AS	-0.19	0.30*	-0.20	-0.22	0.20	0.23	0.17	0.37**	0.24	0.19	0.24	1	
PD	0.05	0.05	-0.15	-0.00	-0.38*	-0.03	-0.28	-0.26	-0.17	0.51	0.05	0.08	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarıyışlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Kum ve kil içeriği ile su dolu gözeneklilik ve toplam gözeneklilik arasındaki ilişki incelendiğinde, her iki grup arazide ve her iki derinlikte de genel olarak gözeneklilik ile kum içeriği arasında negatif, kil içeriği ile pozitif bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Toplam gözeneklilik ile hacim ağırlığı arasında her iki grup arazi ve derinlikte istatistiksel olarak önemli bir negatif ilişki vardır. Toplam gözeneklilikle penetrasyon direnci arasındaki ilişkide negatiftir. Topraktaki sıkışma ile birlikte toplam gözeneklilik değeri azalmaktadır. Toprağa giren suyun hareketine, tutulmasına ve yani toprak-su ilişkisine doğrudan etki ettiği bilinen toprak porozitesi topraklarda stabil agregatların miktarının artmasıyla artacaktır (Günel ve ark., 2008).

Kum ve kil içeriği ile agregat stabilitesi arasında -ki ilişki tekstür ile hacim ağırlığı arasındaki ilişkiye benzerdir. Agregat stabilitesi değerleri kum içeriği ve hacim ağırlığı ile negatif ve kil içeriği ile pozitif olarak ilişkilidir. Elde edilen sonuçlar, organik madde içeriği arttıkça agregat stabilitesinin- arttığı ve aralarındaki ilişkinin- genellikle istatistiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Günel ve ark. (2008), kil ve organik madde içeriğinin yüksek oluşunun agregat stabilitesinde yüksek çıkmasına neden olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, Chaney ve Swift, (1984) ve Elliot, (1986) agregat stabilitesi ile toprak organik karbonu arasında önemli korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Spaccini ve ark. (2004) ve Tejada ve Gonzales (2006)'e göre de dayanıklı agregatların oluşumu ve toprak partiküllerinin

flokülasyonu için organik madde birleştirici ve bağlayıcı olarak görev almaktadır (Çelik ve ark., 2009).

Toprak organik maddesinin artması, agregat stabilitesini artırarak toprak struktürünü geliştirmektedir (Smith ve Elliot, 1990). Yoğun geleneksel işleme- yapıldığında sıcaklık, havalanma ve biyolojik aktivite artmakta, bitki artıkları fiziksel olarak bölünerek toprakla karıştırılmakta ve toprak agregatları bozulmaktadır., Buna bağlı olarak yoğun geleneksel toprak işleme toprağı en fazla bozan/tahrip eden işleme şekli olmaktadır (Resck ve ark., 1999). Sonuç olarak, toprak işleme toprak organik maddesinin kaybına neden olur (Çelik ve ark., 2009). Çalışma alanında uzun yıllardır geleneksel toprak işlemenin uygulanıyor olması organik madde içeriğı ve agregat stabilitesinin olumsuz bir şekilde etkilenmesine neden olmaktadır.

Kum ve kil içeriğı ile penetrasyon direnci arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki belirlenmemiştir. Genel olarak 1. Grup arazilerde her iki derinlikte penetrasyon direnci ile kum içeriğı arasında pozitif, kil içeriğı ile negatif bir ilişkinin olduğu görülmektedir. İkinci grup arazilerde ise birinci ölçüm yılında kum içeriğı ile pozitif, kil içeriğı ile negatif olan ilişki ayçiçeğinin ekili olduğu ikinci ölçüm yılında kum içeriğı ile negatif, kil içeriğı ile pozitifdir (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

Çizelge 4. 27. İkinci grup arazilerin, 2012 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.78**	1											
silt	-0.14	-0.50*	1										
ha	0.37	-0.41	0.13	1									
Q	-0.16	0.41	-0.44*	-0.23	1								
TG	-0.37	0.41	-0.13	-1.00**	0.22	1							
SG	0.00	0.26	-0.41	0.18	0.91**	-0.19	1						
OM	-0.26	0.29	-0.09	-0.54*	0.39	0.53*	0.18	1					
TK	-0.53*	0.66**	-0.32	-0.73**	0.46*	0.72**	0.16	0.52*	1				
SN	-0.65**	0.88**	-0.49*	-0.48*	0.50*	0.48*	0.30	0.37	0.81**	1			
YS	-0.08	0.02	0.09	-0.63**	0.15	0.62**	-0.12	0.41	0.67**	0.11	1		
AS	-0.51*	0.44*	0.02	-0.56**	0.20	0.56**	-0.05	0.48*	0.78**	0.59**	0.57**	1	
PD	0.29	-0.10	-0.25	0.35	-0.33	-0.35	-0.21	-0.38	-0.12	-0.01	-0.19	0.05	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriğı, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarıyışlı su içeriğı, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Çizelge 4. 28. İkinci grup arazilerin, 2012 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.79**	1											
silt	-0.38	-0.26	1										
ha	0.48*	-0.48*	-0.02	1									
W	-0.58**	0.59**	0.02	-0.52*	0.98**								
TG	-0.48*	0.49*	0.02	-1.00**	0.34	1							
SG	-0.38	0.39	0.01	0.03	0.93**	-0.03	1						
OM	-0.39	0.37	0.06	-0.49*	0.38	0.48*	0.21	1					
TK	-0.66**	0.78**	-0.14	-0.42	0.59**	0.42	0.48*	0.42	1				
SN	-0.45*	0.77**	-0.46*	-0.38	0.36	0.38	0.24	0.39	0.85**	1			
YS	-0.32	-0.07	0.62**	-0.02	0.37	0.03	0.38	0.00	0.16	-0.38	1		
AS	-0.41	0.54*	-0.18	-0.45*	0.28	0.45*	0.09	0.50*	0.82**	0.72**	-0.04	1	
PD	0.10	-0.04	-0.09	0.15	-0.46*	-0.16	-0.44*	0.19	-0.09	0.16	-0.45*	0.21	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarayışlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Topraklarda solma noktası nem içeriği tarla kapasitesi nem içeriğinden farklı olarak toprakların tekstürel bileşimine bağlıdır. Toprak kil miktarı arttıkça, solma noktasında tutulan nem içeriği de yükselmektedir. Toprak tekstürü ve organik madde içerikleri toprakların yarayışlı su içeriklerini etkileyen en önemli toprak özellikleridir (Günel ve ark., 2008). Teorik olarak tarla kapasitesinde killi bir topraktaki su hareketinin kumlu bir toprağa göre çok daha yüksek olduğu bilinmektedir. Organik madde, tarla kapasitesinde su ile dolu gözeneklerin (mezo-gözenekler) oranını artırdığından tarla kapasitesinin daha yüksek değerler almasını teşvik eder. Organik maddenin tarla kapasitesi üzerine olan etkisi kil etkisine benzer. Toprakta organik madde miktarı arttıkça tutulan su miktarı artmaktadır. Organik madde miktarının artması, solma noktasında toprağın su tutma kapasitesini artırır. Toprağın bünyesi kumdan kile doğru değiştiğinde veya kil içeriği giderek arttığında, toprağın tarla kapasitesi de giderek artmaktadır (Karahan ve ark., 2014). Benzer şekilde örnekleme noktalarındaki toprakların kil ve organik madde içeriği arttıkça tarla kapasitesi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30).

Yarayışlı su içeriği ile agregat stabilitesi arasındaki ilişki pozitif, yani toprakların agregat stabilitesi yüksek olduğunda yarayışlı su içeriği de yüksek olmaktadır. Çelik ve ark. (2009)'da agregat stabilitesinin yüksek olduğu toprak işleme uygulamalarında yarayışlı su miktarının da yüksek olduğunun belirtmişlerdir.

Çizelge 4. 29. İkinci grup arazilerin, 2013 yılında 0-20 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.78**	1											
silt	-0.14	-0.50*	1										
ha	0.09	-0.25	0.28	1									
Q	-0.55**	0.51*	-0.03	-0.56**	1								
TG	-0.06	0.24	-0.29	-0.97**	0.52*	1							
SG	-0.62**	0.48*	0.11	-0.21	0.92**	0.15	1						
OM	-0.18	0.30	-0.22	-0.45*	0.59**	0.39	0.49*	1					
TK	-0.49*	0.64**	-0.33	-0.63**	0.56**	0.57**	0.39	0.40	1				
SN	-0.38	0.49	-0.28	-0.66**	0.56*	0.74**	0.21	0.18	0.60*	1			
YS	-0.51*	0.52*	-0.16	-0.23	0.09	0.16	0.01	0.20	0.73**	-0.03	1		
AS	-0.01	0.19	-0.29	-0.425*	0.08	0.46*	-0.13	0.13	0.46*	0.50*	0.24	1	
PD	-0.08	0.10	-0.05	0.39	-0.24	-0.31	-0.12	-0.16	-0.12	-0.07	0.08	-0.21	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarıyışlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Çizelge 4. 30. İkinci grup arazilerin, 2013 yılında 20-40 cm derinlikteki toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar

	kum	kil	silt	ha	Q	TG	SG	OM	TK	SN	YS	AS	PD
kum	1												
kil	-0.79**	1											
silt	-0.38	-0.26	1										
ha	0.32	-0.39	0.08	1									
Q	-0.64**	0.58**	0.14	-0.43*	1								
TG	-0.46*	.471*	0.02	-0.88**	0.48*	1							
SG	-0.52*	0.43*	0.17	-0.01	0.87**	0.00	1						
OM	-0.19	0.16	0.06	-0.45*	0.40	0.39	0.22	1					
TK	-0.52*	0.55**	-0.01	-0.69**	0.63**	0.81**	0.27	0.41	1				
SN	-0.05	0.50	-0.39	-0.70	-0.30	0.73	-0.57	0.26	0.39	1			
YS	-0.86	0.99	0.46	-0.93	0.61	0.92	-0.19	-0.41	0.81	0.58	1		
AS	-0.20	0.23	-0.03	-0.15	0.26	0.19	0.18	0.21	0.19	0.66	0.03	1	
PD	-0.06	0.31	-0.40	-0.17	0.17	0.03	0.23	-0.06	0.18	0.92	0.70	-0.10	1

*: P<0.05 düzeyinde önemlidir, **: P<0.01 düzeyinde önemlidir. ha: hacim ağırlığı, Q: gravimetrik nem içeriği, TG: toplam gözeneklilik, SG: su dolu gözeneklilik, Om: organik madde, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, YS: yarıyışlı su içeriği, AS: agregat stabilitesi, PD: penetrasyon direnci.

Çalışma alanında bazı arazilerde taban taşı oluşmuştur ve özellikle killi tekstüre sahip olan arazilerde sıkışma potansiyeli yüksektir. Sürekli geleneksel toprak işleme yapılan alanda toprak sıkışmasının oluşmaması ve var olan sıkışmanın ortadan kaldırılması için gerekli önlemler alınmalıdır. Toprak bozulmasını önlemek ve bitkisel üretimi optimize etmek için trafik ve toprak işleme uygulamaları iklim, ürün rotasyonu ve toprak kaynaklarına uygun olarak yapılmalıdır (Li ve ark., 2008).

4. 2. Ayçiçeği tarımındaki mekanizasyon uygulamalarının değerlendirilmesi

Ürün rotasyonlarında ayçiçeğine yer veren 28 işletme rotasyonlarında buğday, mısır, şeker pancarı, domates ve arpaya yer vermektedir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4. 31. Uygulanan ürün rotasyonu

Ürün Rotasyonu				Uygulanma sayısı
Buğday	Buğday	Ayçiçeği	Mısır	1
Arpa	Arpa	Ayçiçeği	Arpa	1
Domates	Buğday	Ayçiçeği	Domates	1
Ayçiçeği	Buğday	Ayçiçeği	Sebze	1
Ayçiçeği	Buğday	Ayçiçeği	Buğday	3
Buğday	Şeker Pancarı	Ayçiçeği	Mısır	2
Şeker Pancarı	Sebze	Ayçiçeği	Sebze	1
Şeker Pancarı	Sebze	Ayçiçeği	Buğday	1
Ayçiçeği	Şeker Pancarı	Ayçiçeği	Buğday	1
Şeker Pancarı	Mısır	Ayçiçeği	Şeker Pancarı	1
Şeker Pancarı	Mısır	Ayçiçeği	Mısır	2
Buğday	Ayçiçeği	Buğday	Ayçiçeği	3
Buğday	Ayçiçeği	Buğday	Mısır	1
Buğday	Ayçiçeği	Buğday	Sebze	3
Buğday	Ayçiçeği	Buğday	Mısır	2
Buğday	Ayçiçeği	Buğday	Şeker Pancarı	1
Buğday	Ayçiçeği	Buğday	Sebze	1
Buğday	Arpa	Ayçiçeği	Buğday	1
Ayçiçeği	Mısır	Şeker Pancarı	Ayçiçeği	1

İncelenen işletmelerin tamamı ayçiçeği tarımında ilk toprak işleme uygulaması olarak kulaklı pullukla sürüm yapmaktadır. Benzer şekilde Kasap (2006) Tokat ilinde alternatif toprak işleme sistemlerinin uygulanabilme potansiyelini belirlemek için yaptığı çalışmada incelemeye alınan 245 işletmeden sadece 6 işletmenin toprak işleme uygulamasında kulaklı pulluk kullanmadığını belirlemiştir. İşletmelerden 25'i ikinci toprak işlemede çizel, 2 işletme diskli tırmık ve bir işletme de kültivatör kullanmaktadır. İşletmelerin yaklaşık 1/3'ü kulaklı pulluk+çizel+diskli tırmık kullanırken, yaklaşık 1/3'ü dört farklı işleme yapmaktadır (Çizelge 4.32). Kulaklı pullukla işleme çoğunlukla Kasım ayında olmak üzere Ekim, Kasım ve Aralık aylarında, çizelle işleme Şubat-Mart aylarında, diğer toprak işlemler ise Mart-Nisan aylarında yapılmaktadır.

İşletmelerin toprak işleme uygulamalarının ürüne göre değişip değişmediğini öğrenmek için “Ayçiçeği için yapılan toprak işlemede önceki ürüne göre değişiklik yapılıyor mu?” sorusu sorulmuştur. Bu soruya 22 işletme toprak işlemede ürüne göre değişiklik

yapmadığını belirtirken, ayçiçeği tarımında kulaklı pulluktan sonra diskli tırmık kullanan bir işletme buğday tarımında iki kez sürüm işlemi yaptığını, bir işletme buğday tarımında ekimden sonra merdane kullandığını ve dört işletme de ayçiçeği tarımında tapan kullandığını belirtmiştir. Ayrıca, işletmelere ayçiçeği hasadından sonra sapları parçalamak için herhangi bir işlem yapıp yapmadıklarını sorulduğunda işletmelerin tümünün 2 ya da 3 kez diskli tırmık kullandıkları belirtilmiştir.

Çizelge 4. 32. Ayçiçeği tarımında uygulanan toprak işleme sistemleri

Uygulanan Toprak İşleme Sistemi				Sayı
Kulaklı Pulluk	Kültivatör	Tapan		1
Kulaklı Pulluk	Çizel	Tapan	Diskli Tırmık	1
Kulaklı Pulluk	Çizel			1
Kulaklı Pulluk	Çizel	Tapan		1
Kulaklı Pulluk	Diskli Tırmık	Tapan	Merdane	1
Kulaklı Pulluk	Çizel	Kombikrüm		3
Kulaklı Pulluk	Çizel	Diskli Tırmık		10
Kulaklı Pulluk	Çizel	Kültivatör	Tapan	3
Kulaklı Pulluk	Çizel	Diskli Tırmık	Tapan	5
Kulaklı Pulluk	Çizel	Diskli Tırmık	Merdane	1
Kulaklı Pulluk	Diskli Tırmık	Dişli Tırmık		1

İncelenen işletmelerde ayçiçeği ekim derinliğinin 3 cm ile 8 cm arasında değiştiği, ekim işleminden sonra işletmelerin tamamında santrifüj gübre dağıtma makinası ile gübreleme daha sonra iki kez çapalama yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca tüm işletmelerde hasat işlemi biçerdöverle yapılmaktadır. Değerlendirilen işletmelerin tümünde traktör bulunmakta ve bu traktörlerin çoğunluğu 50-65 BG aralığında olup üç işletmenin sahip olduğu traktörler ise 100-110 BG aralığındadır.

5. SONUÇ

2012 yılında ayçiçeği ekili olup 2013 yılında farklı bir ürün yetiştirilen 48 arazi ve 2012 yılında farklı bir ürün ekili iken 2013 yılında ayçiçeği yetiştirilmiş olan 20 arazi çalışmanın örnekleme büyüklüğünü oluşturmuştur. Ayçiçeği tarımının toprak sıkışması üzerine etkisinin belirleyebilmek için araziler 2012 yılında ayçiçeği ekili araziler ve 2013 yılında ayçiçeği ekili araziler olarak iki gruba ayrılmıştır.

Örnek noktalarının toprak tekstürü değerleri TOVAG 1120039 nolu projeden alınmıştır. 2012 yılında ayçiçeği ekili arazilerde toprak tekstürünün 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde tınlı, 2013 yılında ayçiçeği ekili arazilerde ise toprak tekstürünün 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde sırasıyla tınlı ve killi tınlı olduğu görülmüştür.

Örnekleme noktalarının ortalama gravimetrik nem içeriği değerleri 1. grupta yer alan arazilerde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde 2012 ve 2013 yıllarında sırasıyla; %17.99-%18.11 ve %25.69-%18.24 olarak belirlenmiştir. Bu değerler 2. grupta yer alan arazilerde ise sırasıyla %20.56-%15.38 ve %27.28-%16.30'dur. Gravimetrik nem içeriği değerlerinin genel olarak 2013 yılında daha düşük olduğu belirlenmiştir. 2012 yılında ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazilerde varyasyon katsayısı (VK) değerlerine göre; gravimetrik nem içeriği yüksek derecede değişken diğer durumlarda ise orta derece değişkendir. Her iki grup arazide de ortalama gravimetrik nem içeriğinin ayçiçeği ekili olan alanlarda ayçiçeği ekili olmayan alanlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar toprağın gravimetrik nem içeriğinin özellikle ölçüm yılındaki iklim şartlarından daha çok etkilendiğini göstermektedir.

Arazilerin tarla kapasitesi değerleri %12.7 ile %68.22 arasında değişmektedir. Ortalama değerlere bakıldığında tarla kapasitesi değeri ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazilerde her iki derinlikte de ilk örnekleme yılında daha düşüktür. Her iki durumda ve her iki derinlikte ölçüm yılları arasında ki farklılık istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. Her iki grup arazide de ikinci ölçüm yılında ölçülen değerlerin daha yüksek olması bu değişimin arazi kullanım durumundan kaynaklanmadığını göstermektedir. Her iki durumda da yüzeysel tabakada elde edilen solma noktası değeri alt tabakaya ve ilk yılda ölçülen değerler ikinci yılda ölçülen değerlere göre daha yüksektir.

İlk yılında ayçiçeği ekili olan ve olmayan arazi gruplarında yarayışlı su içeriği değerleri her iki derinlikte de ikinci yılda daha yüksektir. Yarayışlı su içeriği değerleri her iki arazi grubunda da 2012 yılında 0-20 cm derinlikte, 2013 yılında ise 20-40 cm derinlikte daha yüksektir. İlk yıl ayçiçeği ekili olan arazilerde ve ikinci yıl ayçiçeği ekilen arazilerde yarayışlı su içeriğinin ilk yıl düşük ikinci yıl daha yüksek olması, farklılığın arazi kullanımından kaynaklanmadığını göstermektedir.

İkinci ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde ortalama su dolu gözenek hacminin her iki derinlikte de ayçiçeğinin ekili olduğu 2013 yılında diğer ölçüm yılına göre daha düşüktür. Genel olarak ikinci ölçüm yılında elde edilen su dolu gözenek hacmi değerlerin daha düşük olması farklılığın arazi kullanım durumundan kaynaklanmadığını göstermektedir. Toplam gözenek hacmi değerleri, her iki grup arazide de bitki gelişimi açısından sınır değerlerinin üzerindedir.

Tüm veri setinde örnekleme yapılan arazilerdeki toprakların ortalama organik madde içeriği, %1.41 ile %1.86 arasında değişmektedir. Her iki arazi grubunda da genel olarak ikinci yılda elde edilen değerler birinci ölçüm yılında elde edilen değerlere göre daha yüksektir.

Agregat stabilitesi değerlerinin ölçüm yılına göre değişiminin her iki arazi grubu ve derinlikte de istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ancak, genel olarak iki grup arazide de ayçiçeğinin ekili olduğu ölçüm yıllarında agregat stabilitesi değerleri ayçiçeğinin ekili olmadığı ölçüm yıllarındaki değerlerden daha yüksektir.

İlk ölçüm yılında ayçiçeği ekili olan arazilerde 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerde ortalama hacim ağırlığı değerleri 1.43 g/cm^3 ile 1.55 g/cm^3 değerleri arasında değişirken, ikinci yılda ayçiçeği ekili olan arazilerde 1.46 g/cm^3 ile 1.6 g/cm^3 değerleri arasında değişmektedir. Örnekleme noktalarının toprak tekstürü dikkate alındığında, hacim ağırlığının normal şartlarda 1.40 g/cm^3 'den düşük olması gerekmektedir. Fakat, 2012 ve 2013 yıllarında belirlenen ortalama hacim ağırlığı değerleri her iki derinlikte de sınır değerden yüksektir. Örnekleme noktalarının bazılarında toprakların kil içeriğinin yüksek olması problemin büyüklüğünü ortaya koymaktadır. Her iki arazi grubunda da ayçiçeği ekili iken ölçülen hacim ağırlığı değeri ile ayçiçeğinden farklı bir ürün ekili iken ölçülen hacim ağırlığı değerleri arasında

istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur. Genel olarak 2013 yılında ölçülen değerlerin yüksek olması değişimin arazi kullanımından kaynaklanmadığını göstermektedir.

Birinci grup arazilerde 0-20 cm derinlikte ayçiçeği ekili iken ölçülen ortalama penetrasyon direncinin farklı bir ürün ekili iken (ikinci yıl) ölçülenden daha büyük olduğu görülmektedir. Aksine, diğer durumlarda ikinci yılda ölçülen değerler daha yüksektir. Ortalama penetrasyon direnci değerlerinin Hakansson ve Lipiec (2000) tarafından bitki kök gelişimini engelleyici sınır değer olarak ifade edilen 3 MPa'ı aşmadığı görülmektedir. Ancak, örnekleme noktalarında elde edilen en yüksek penetrasyon direnci değerlerine (4.04 MPa ve 4.21 MPa) bakıldığında bazı arazilerde bu sınırların aşıldığı yani sıkışma probleminin var olduğu anlaşılmaktadır. Her iki arazi grubunda da ölçüm yılları arasındaki farklılık 0-20 cm derinlikte istatistiksel olarak önemsiz ve 20-40 cm derinlikte ise istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. Ancak, her iki arazi grubunda da 20-40 cm derinlikte 2013 yılında ölçülen değerlerin yüksek olması, farklılığın arazi kullanımından kaynaklanmadığını göstermektedir.

Her iki grup arazide de ayçiçeği ekili olan yıllarda nem içeriği kum içeriği ile negatif, kil içeriği ile pozitif önemli bir ilişkiye sahiptir. Genel olarak nem içeriği ile gözeneklilik, organik madde içeriği, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su içeriği ve agregat stabilitesi arasında pozitif bir ilişki vardır. Ancak, birinci grup arazilerde ilk ölçüm yılında her iki derinlikte de nem içeriği ile yarayışlı su içeriği arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte negatiftir. Toprak özellikleri arasındaki ilişkiler arazi kullanım durumuna göre önemli bir farklılık göstermemektedir.

Toplam gözeneklilik ile hacim ağırlığı arasında her iki grup arazi ve derinlikte istatistiksel olarak önemli bir negatif ilişki vardır. Toplam gözeneklilikle penetrasyon direnci arasındaki ilişkide negatiftir. Yani topraktaki sıkışma ile birlikte, toplam gözeneklilik değeri azalmaktadır.

Agregat stabilitesi değerleri kum içeriği ve hacim ağırlığı ile negatif ve kil içeriği ile pozitif olarak ilişkilidir. Elde edilen sonuçlar organik madde içeriği arttıkça agregat stabilitesinde arttığını ve aralarındaki ilişkininde genellikle istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli olduğunu göstermiştir.

Kum ve kil içeriği ile penetrasyon direnci arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki belirlenmemiştir.

Örnekleme noktalarındaki toprakların kil ve organik madde içeriği arttıkça tarla kapasitesi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.

Ürün rotasyonlarında ayçiçeğine yer veren 28 işletme rotasyonlarında buğday, mısır, şeker pancarı, domates ve arpaya yer vermektedir.

İşletmelerin tamamı ayçiçeği tarımında ilk toprak işleme uygulaması olarak kulaklı pullukla sürüm yapmaktadır. İşletmelerden 25'i ikinci toprak işlemede çizel, 2 işletme diskli tırmık ve bir işletme de kültivatör kullanmaktadır. Kulaklı pullukla işleme çoğunlukla Kasım ayında olmak üzere Ekim, Kasım ve Aralık aylarında, çizelle işleme Şubat-Mart aylarında, diğ r toprak işlemler ise Mart-Nisan aylarında yapılmaktadır.

İşletmelerin 22'si toprak işlemede ürüne göre değişiklik yapmamaktadır. İşletmeler ayçiçeği hasadından sonra sapları parçalamak 2 ya da 3 kez diskli tırmık kullandıklarını belirtmişlerdir.

Çalışma alanında toprak sıkışmasının oluşmasının önlenmesi, dolayısıyla sürdürülebilir tarımsal üretim için;

1. Tarla çalışmalarında toprak nem içeriğine dikkat edilmeli, uygun nem içeriğinde çalışmalar yapılmalı,
2. Özellikle ayçiçeği tarımında sapların parçalanması amacıyla diskli tırmıkla yapılan ilave işlemler ve toprak işlemede kullanılan makine sayıları dikkate alındığında tarla trafiğinin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun için kombine toprak işleme makinalarının kullanılmalı,
3.  r n rotasyonunda derin köklenen bitkilere yer verilmeli,
4. Toprakların organik madde içeriği artırılmalı ve
5. İklim, toprak özellikleri ve ürün rotasyonunu dikkate alarak şartlara uygun toprak işleme sistemleri adapte edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Aboudrare, A., Debueke, P., Bouaziz, A. ve Chekli, H., 2006. Effects of soil tillage and fallow management on soil water storage and sunflower production in a semi-arid Mediterranean climate. *Agricultural Water Management* 83: 183-196.
- Altıkat, S. ve Çelik, A., 2009. Toprak işleme sistemlerinin önemli bazı toprak kalite kriterlerine olan etkileri. *Alinteri*, 16(B): 33-41.
- Aksakal, L. ve Öztaş, T., 2010. Changes in distribution patterns of soil penetration resistance within a silage-corn field following the use of heavy harvesting equipments. *Turk. J. Agric. For.*, 34: 173-179 .
- Andrade, A., Wolfe, D.W. and Fereres, E., 1993. Leaf expansion, photosynthesis, and water relations of sunflower plants grown on compacted soil. *Plant and Soil*, 149: 175-184.
- Anonim. 2018a. 2017 yılı tarım istatistikleri. Tokat İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü. www.tokattarim.gov.tr
- Anonim, 2018b. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TOKAT> (02.07.2018).
- Atkinson, B.S., Sparkes, D.L. ve Mooney, S.J., 2009. Effect of seedbed cultivation and soil macrostructure on the establishment of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Soil and Tillage Research*, 103: 291-301.
- Badalikova, B., 2010. Chapter 2. Influence of Soil Tillage on Soil Compaction. *Soil Engineering*. Deduosis, A.P., Bartzanas.Th (Ed). pp:19-30.
- Baran, A., Bender, D. ve Özkan, İ., 1996. Organik toprakla karıştırmanın killi tınlı bir toprağın bazı fiziksel özelliklerinde sıkışma ile oluşan değişimlere etkisi. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(4): 81-85.
- Bayhan, Y., Kayisoglu, B. ve Gonulol, E., 2002. Effect of soil compaction on sunflower growth. *Soil and Tillage Research*, 68: 31-38.
- Bayram, M., 2015. Yarı Kurak Bir Bölgede Sürdürülebilir Toprak İşleme Yöntemlerinin Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi Yoluyla Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Bengough, A.G. ve Mullins, C.E., 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *J. Soil Sci.*, 41: 341-358.
- Bengough, A.G., Bransby, M.F., Hans, J., McKenna, S.J., Roberts, T.J. ve Valentine, T.A., 2005. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. *J. Exp. Bot.*, 57(2): 437-447.
- Birkas, M., 2000, Soil compaction occurrence and consequences in Hungary; Possibilities for alleviation. DSc Thesis, Budapest.
- Birkas, M., Jug, D. ve Kisic, I., 2014. Book of Soil Tillage. Published by Szent Istvan University Press. ISBN: 978-963-269-447-4.
- Blake G.R. ve Hartge, K.H., 1986. Bulk Density. In: Klute A ed. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. Agronomy Monograph, No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. pp. 363-375.

- Botta, G.F., Jorajuria, D., Balbuena, R., Ressia, M., Ferrero, C., Rosatto, H. ve Tourn, M., 2006. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields. *Soil and Tillage Research*, 91: 164-172.
- Botta, G.F., Becerra, A.T. ve Melcon, F.B., 2009. Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 105: 128-134.
- Bremner, J.M., 1965. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. Ed. A.C.A. Black, Amer. Soc. Of Argon. Inc. Pub. Argon Series No: 9 Madison, USA.
- Budak, M., 2018. Importance of spatial soil variability for land use planning of a farmland in a semi-arid region. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(7): 5053-5067.
- Calonego, J.C. and Rosolem, C.A., 2011. Soil water retention and S index after crop rotation and chiseling. *R. Bras. Ci. Solo*, 35: 1927-1937.
- Canpolat, M.Y., 1992. Toprağa organik materyal ilavesinin toprağın organik maddesi, agregat stabilitesi ve geçirgenliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 113-123.
- Carter, M.R., 1996. Characterization of soil physical properties and organic matter and under long-term primary tillage in a humid climate. *Soil and Tillage Research*, 38: 251-263.
- Celik, I., Günal, H., Acar, M., Gök, M., Bereket Barut, Z. ve Pamiralan, H., 2017. Long-term tillage and residue management effect on soil compaction and nitrate leaching in a Typic Haploxerert soil. *International Journal of Plant Production*, 11(1): 131-150.
- Chaney, K.ve Swift, R.S., 1984. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *J. Soil. Sci.*, 35: 223-230.
- Clark, L.J., Whalley, W.R. ve Barraclough, P.B., 2003. How do roots penetrate strong soil? *Plant Soil*, 255: 93-104.
- Corstanje, R., Mercer, T.G., Rickson, J.R., Deeks, L.K., Newell-Price, P., Holman, I., Kechavarsi, C. ve Waine T.W., 2017. Physical soil quality indicators for monitoring British soils. *Solid Earth*, 8: 1003-1016.
- Coşkun, M., 2002. Ayçiçeği Üretiminde Farklı Mekanizasyon Sistemlerinin Toprağa Etkileri ve Enerji Açısından Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tokat.
- Çay, A. ve Özpınar, S., 2013. Buğday-fiğ rotasyonunda uzun süre uygulanmış farklı toprak işleme yöntemlerinin bazı toprak fiziksel özellikleri üzerine etkileri: Son iki yıllık sonuçlar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(1): 53-58.
- Çelik, İ., Ortaş, İ., Bereket Barut, Z., Gök, M., Sarıyev, A., Demirbaş, A., Akpınar, Ç. ve Tülün, Y., 2009. Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Toprak Kalitesi Parametrelerine ve Ürün Verimine Etkileri. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 106O023.
- Çelik, İ., Günal, H., Acar, M., Acir, N., Bereket Barut, Z. ve Budak, M., 2019. Strategic tillage may sustain the benefits of long-term no-till in a Vertisol under Mediterranean climate. *Soil and Tillage Research*, 185: 17-28.
- Çoruk, T., 2014. Kazova'da Toprak Sıkışmasının Zamansal Ve Mekansal Değişiminin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.

- Da Silva, W.M., Bianchini, A. ve Da Cunha, C.A., 2016. Modeling and correction of soil penetration resistance for variations in soil moisture and soil bulk density. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, 36(3): 449-459.
- Demir, E., Saatçioğlu, Ö. ve İmrol, F. 2016. Uluslararası Dergilerde Yayımlanan Eğitim Araştırmalarının Normallik Varsayımları Açısından İncelenmesi. *Curr. Res. Educ.*, 2(3): 130-148.
- Destain, M.F., Roisin, C. ve Mercatoris, B.C.N., 2014. Soil compaction resulting from different soil tillage systems. 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting, Paper Number: 1894167, Montreal, Quebec Canada.
- Durak, A., Gunal, H., Akbas, F. ve Kılıc, S., 2006. Long(term cultivation effects on soil properties pastures. *Asian Journal of Chemistry*, 18(3): 1953-1962.
- Ehlers, W., Kopke, V., Hesse, F. ve Böhm, W., 1983. Penetration resistance and growth of oats in tilled and untilled loess. *Soil and Tillage Research*, 3: 261-275.
- Elliot, E.T., 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorous in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50: 627-633.
- Feng, Y., Motta A.C., Reeves D.W., Burmester, C.H., Van, S. ve Osborne, J.A., 2003. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 1693-1703.
- Földesi, P. and Gyuricza, C., 2011. A survey on the soil penetration resistance and soil moisture content in field experiments. *Acta Agronomica Hungarica*, 59(4): 349-359.
- Fulton, J.P., Wells, L.G., Shearer, S.A. ve Barnhisel, R.I., 1996. Spatial Variation of Soil Physical Properties: A Precursor to Precision Tillage, ASAE Paper No. 961002. International Meeting, Phoenix, Arizona. 14-18 July 1996. ASAE, St. Joseph, MI.
- Gee, G.W. ve Boudier, J.W., 1986. Particle Size Analysis. In: A. Clute (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I: Agronomy No: 9 Am Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA.*
- Günel, H., Akbaş, F., Özgöz, E., Ünlükara, A., Yıldız, H., Kurunç, A., Çetin, M. ve Erşahin, S., 2008a. Kazova'da Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Gerekli Güncel Veri Tabanının Oluşturulması, TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Proje No:105O617.
- Günel, H., Erşahin, S., Yetgin, B. ve Kutlu, B., 2008b. Use of chroma-meter measured color parameters in estimating color related soil variables. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(5-6): 726-74.
- Günel, H., Önen, H., Özgöz, E., Sayılı, M., Erdem, H., Acir, N., Akbaş, F. ve Yıldız, H., 2015. Kurak ve Yarı Kurak İki Farklı Bölgede Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi ve İzlenebilirliği İçin Minimum Veri Setlerinin Belirlenmesi ve Yeni Skorlama Eğrilerinin Geliştirilmesi. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 112O039.
- Gyuricza, C., 2001. A szantoföldi talajhasznalat környezetvedelmi vonatkozásai. (Environment protection aspects of field soil use.) pp. 175-18, In: Gyuricza, C., Birkas, M., Percze, A., Schmidt, R., Vincze, M. (eds.), *A szantoföldi talajhasznalat alapjai. (Basis of arable land use.) Akaprint Nyomdaipari Kft., Budapest.*

- Hakansson, I. ve Lipiec, J., 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, 53:71-85.
- Hamza, M.A. ve Anderson, W.K., 2001. Effect of competition between gypsum, potassium, iron and sulphur on lupin. 2nd Australia-New Zealand Conference on Environmental Geotechnics. 28-30 November, 2001. Newcastle, Australia, pp. 95-97.
- Hartmann, P., Zink, A., Fleige, H. ve Horn, R., 2012. Effect of compaction, tillage and climate change on soil water balance of Arable Luvisols in Northwest Germany. *Soil & Tillage Research*, 124: 211-218.
- Heidari Soltanabadi, M., Miranzadeh, M., Karimi, M., Ghasemi Varnamkhashti, M. ve Hemmat, A. (2008). Effect of subsoiling in condition of strip tillage on soil physical properties and sunflower yield. *Journal of Agricultural Technology*, 4(2): 11-19.
- Horn, R., Doma, H., Sowiska-Jurkiewicz, A. ve Van Ouwerkerk, C., 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research*, 35: 23-36.
- İlbaş, A.İ., Yıldırım, B., Arslan, B. ve Günel, E., 1996. Sulama sayısının bazı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinde verim ve önemli bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Y.Y.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 6(4): 9-22.
- Jakobsen, B.F. ve Dexter, A.R., 1987. Effect of soil structure on wheat root growth, water uptake and grain yield. A computer simulated model. *Soil and Tillage Research*, 10: 331-345.
- Karahan, G., Erşahin, S. ve Öztürk, H.S., 2014. Toprak koşullarına bağlı olarak tarla kapasitesi dinamiği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1): 1-11.
- Kasap, A., 2006. Tokat İlinde II. Ürün Silajlık Mısır Üretiminde Geleneksel Toprak İşleme Yöntemlerinin Bazı Toprak Ve Bitki Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tokat.
- Kemper, W. D. ve Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A. (ed), *Methods of soil analysis, part 1*. Agron. Monog. 9. ASA, Madison, WI.
- Kılıç, K., Özgöz, E. ve Akbaş, F., 2004. Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two Fluvents in Turkey, *Soil and Tillage Research* 76: 1-11.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. *Methods of soil analysis. Part 1*. 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., 635-660, Madison.
- Lhotsky, J., Vachal, J. ve Ehrlich, J., 1984. Soustava opatrenik zurodnovani zhutnelych pud. Metodika pro zavadeni vysledku vyzkumu do zemedelske praxec 14-38 s. in: Badalikova, B., 2010. Chapter 2. Influence of Soil Tillage on Soil Compaction. *Soil Engineering. Deduosis, A.P., Bartzanas.Th (Ed)*. P:19-30.
- Li, Y.X., Tullberg, J.N., Freebairn, D.M., McLaughlin, N.B. ve Li, H.W., 2008. Effects of tillage and traffic on crop production in dryland farming systems: II. Long-term simulation of crop production using the PERFECT model. *Soil and Tillage Research*, 100: 25-33.
- McKillup, S., 2012. *Statistics explained: An introductory guide for life scientists (Second edition)*. United States: Cambridge University Press.

- Moraes, M.T., Debiasi, H., Carlesso, R., Franchini, J.C. ve Da Silva, V.R., 2014. Critical Limits of soil penetration resistance in a Rhodic Eutrudox. R. Bras. Ci. Solo, 38, 288-298.
- Mulla, D.J. ve Mc Bratney, A.B., 2000. Soil spatial variability, Handbook of Soil Science, pp: 321-351.
- Nasr, H.M. ve Selles, F., 1995. Seeding emergence as influenced by aggregate size, bulk density and penetration resistance of the seedbed. Soil and Tillage Research, 34: 61-76.
- Nawaz, M., Bourrié, B. ve Trolard, F., 2013. Soil compaction impact and modelling. A review. Agronomy for Sustainable Development, 33(2): 291-309.
- Novinpour, E.A., 1993. Tokat-Kazova'nın Hidrojeoloji İncelemesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Özgöz, E., Akbaş, F., Çetin, M., Erşahin, S. ve Günal, H., 2007. Spatial variability of soil physical properties as affected by different tillage systems. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 35: 1-13.
- Özgöz, E., Akbaş, F., Günal, H., Erşahin, S. ve Çetin, M., 2009. Long term conventional tillage effect on spatial variability of some soil physical properties. Journal of Sustainable Agriculture, 33: 142-160.
- Pagliai, M., Vignozzi, N. ve Pellegrini, S., 2004. Soil structure and the effect of management practices. Soil and Tillage Research, 79: 131-143.
- Petcu, G. ve Petcu, E., 2006. Effect of ultural practices and fertilizers on sunflower yields in long term experiments. Helia, 29 (44): 135-144.
- Pierce, F.J., Larson, W.E., Dowdy, R.H. ve Graham, W.A.P., 1983. Productivity of soils: Assessing long-term changes due to erosion, J. Soil and Water Cons., 38(1): 39-44.
- Ratonyi, T., 1999. A Talaj Fizikai Allapotanak Penotrometeres Vizsgalat Talajművelesi Tartamkiserletben. (Investigations On The Physical Condition Of The Soil In A Long-Term Tillage Experiment Using A Penetrometer.) (Ph.D. Diss), Debrecen.
- Resck, D.V.S., Vasconcellos, C.A., Vilela, L. ve Macedo, M.C.M., 1999. Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pasture land on soil carbon pool and dynamics. In: Lal, R., Kimble, J.M., Stewart, B.A. (Eds.), Global Climate Change and Tropical Ecosystems. Adv. Soil Sci. CRC Press, Boca Raton, FL, Pp: 169-196.
- Sa, J.C.M., Tivet, F., Lal, R., Briedis, C., Hartman, D.C., dos Santos, J.Z. ve dos Santos, J.B., 2014. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. Soil and Tillage Research, 136: 38-50.
- Sabah, M. 2010. Söke ovasında ikinci ürün yağlık ayçiçeği üretiminde enerji kullanımı Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Adana.
- Sauwa, M.M., Waniyo, U.U., Ngala, A.L., Yakubu, M. ve Noma, S.S., 2013. Influence of tillage practices on physical properties of a sandy loam in semi-arid region. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences, 6(2): 76-83.
- Sessiz, A., Sogut, T., Alp, A. ve Esgıcı, R., 2008. Tillage effects on sunflower (*helianthus annuus*, l.) emergence, yield, quality, and fuel consumption in double cropping system. Journal of Central European Agriculture, 9(4): 697-71,
- Saffih-Hdadi, K., De'fossez, P., Richard, G., Cui, Y.J., Tang, A.M. ve Chaplain, V., 2009. A method for predicting soil susceptibility to the compaction of surface

- layers as a function of water content and bulk density. *Soil and Tillage Research*, 105: 96-103.
- Shapiro, S.S. ve Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (Complete samples). *Biometrika*, 52(3/4): 591-611.
- Smith, J.L. ve Elliot, L.F., 1990. Tillage and residue management effects on soil organic matter dynamics in semiarid regions. *Adv. Soil Sci.*, 13: 69-88.
- Smith, C., Johnston, M. ve Lorentz, S., 1997. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I. The effect of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. *Soil and Tillage Research*, 41: 53-73.
- Soane, B., 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research*, 16: 179-201.
- Soil Survey Staff, 1999. —Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd ed.: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Agriculture Handbook Number 436. Pp. 87.
- Spaccini, R., Mbagwu, J.S.C., Igwe, C.A., Conte, P. ve Piccolo, A., 2004. Carbohydrates and aggregation in lowland soil of Nigeria as influenced by organic inputs. *Soil and Tillage Research*, 75: 161-172.
- Süzer, S. 2004. Ayçiçeği tarımı. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi. Çiftçi Broşürü: 48.
- Tejada, M. ve Gonzales, J.L., 2006. Relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. *Soil and Tillage Research*, 91: 186-198.
- TÜİK, 2018. Ayçiçeği Üretimi. <http://www.tuik.gov.tr> 31.01.2019.
- Upchurch, D.R., Wilding, L.P. ve Hatfield, J.L., 1988 Methods To Evaluate Spatial Variability. p: 201-229. In: L.R. Hossner (ed.), Reclamation of Surface-Mined Lands. CRC Press, Baco Raton, FL.
- Wilding, L.P., Bouma, J. ve Goss, D,W., 1994. Impact of spatial variability on interpretative modelling. Soil Science Society of America, Quantitative Modeling of Soil Forming Processes, Special Publication 39.
- Veronese Júnior, V., Carvalho, M.P., Dafonte, J., Freddi, O.S., Vidal Vázques E. ve Ingaramo, O.E., 2005. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian ferrasol. *Soil and Tillage Research*, 85: 166-177.
- Yeşilsoy, M.Ş. ve Aydın, M., 1992. Toprak Fiziği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 124, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z., 2005. Organik materyal uygulamasının toprağın agregat oluşum ve stabilitesi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 131-138.

7. EKLER

Ek Çizelge 1. Örnek noktalarının 2012 ve 2013 yıllarındaki arazi kullanım durumları

	Örnek numarası	Arazi kullanım durumu	
		2012 yılı	2013 yılı
1.Grup	3	Ayçiçeği	Buğday
	7	Ayçiçeği	Buğday
	12	Ayçiçeği	Buğday
	13	Ayçiçeği	Buğday
	14	Ayçiçeği	Buğday
	17	Ayçiçeği	Buğday
	19	Ayçiçeği	Pancar
	20	Ayçiçeği	Buğday
	50	Ayçiçeği	Buğday
	51	Ayçiçeği	Buğday
	53	Ayçiçeği	Buğday
	61	Ayçiçeği	Buğday
	64	Ayçiçeği	Domates
	67	Ayçiçeği	Buğday
	69	Ayçiçeği	Buğday
	70	Ayçiçeği	Buğday
	71	Ayçiçeği	Buğday
	86	Ayçiçeği	Buğday
	88	Ayçiçeği	Buğday
	95	Ayçiçeği	Buğday
	96	Ayçiçeği	Buğday
	98	Ayçiçeği	Buğday
	100	Ayçiçeği	Buğday
	102	Ayçiçeği	Buğday
	103	Ayçiçeği	Buğday
	110	Ayçiçeği	Sebze
	112	Ayçiçeği	Buğday
	116	Ayçiçeği	Buğday
	118	Ayçiçeği	Buğday
	131	Ayçiçeği	Domates
133	Ayçiçeği	Buğday	
161	Ayçiçeği	Buğday	
170	Ayçiçeği	Mısır	
174	Ayçiçeği	Buğday	
180	Ayçiçeği	Buğday	
181	Ayçiçeği	Buğday	

Ek Çizelge 1. (Devam) Örnek noktalarının 2012 ve 2013 yıllarındaki arazi kullanım durumları

	184	Ayçiçeği	Buğday
	185	Ayçiçeği	Buğday
	192	Ayçiçeği	Buğday
	211	Ayçiçeği	Buğday
	218	Ayçiçeği	Buğday
	222	Ayçiçeği	Buğday
	249	Ayçiçeği	Mısır
	251	Ayçiçeği	Fasulye
	272	Ayçiçeği	Mısır
	273	Ayçiçeği	Buğday
	293	Ayçiçeği	Domates
	295	Ayçiçeği	Mısır
2.Grup	2	Buğday	Ayçiçeği
	11	Mısır	Ayçiçeği
	24	Fasulye	Ayçiçeği
	28	Buğday anız	Ayçiçeği
	97	Buğday anız	Ayçiçeği
	104	Buğday anız	Ayçiçeği
	109	Buğday anız	Ayçiçeği
	111	Buğday anız	Ayçiçeği
	119	Buğday anız	Ayçiçeği
	120	Silaj mısır	Ayçiçeği
	124	Silaj mısır	Ayçiçeği
	129	Buğday anız	Ayçiçeği
	156	Silaj mısır	Ayçiçeği
	159	Buğday anız	Ayçiçeği
	163	Silaj mısır	Ayçiçeği
	165	Buğday anız	Ayçiçeği
	197	Buğday anız	Ayçiçeği
	248	Buğday anız	Ayçiçeği
	264	Domates	Ayçiçeği
290	Mısır	Ayçiçeği	
292	Domates	Ayçiçeği	
297	Pancar	Ayçiçeği	

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	İbrahim AVCI
Doğum Tarihi ve Yeri	26.08.1988-Keçiören/Ankara
E-posta	i.hunter06@hotmail.com

Eğitim Bilgileri

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü	2011
Lise	Başkent Lisesi	2006