



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKER PANCARI TARIMINDA DÖNEMSEL TOPRAK SIKIŞMASININ BELİRLENMESİ

Hamza NEGİŞ

YÜKSEK LİSANS

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalını

Temmuz-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hamza NEGİŞ

Tarih:18.07.2014

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ŞEKER PANCARI TARIMINDA DÖNEMSEL TOPRAK SIKIŞMASININ BELİRLENMESİ

Hamza NEGİŞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

2014, 72 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Cevdet ŞEKER
Prof. Dr. Refik UYANÖZ
Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

Bu çalışmanın amacı Konya-Çumra ovasında şeker pancarı tarımı yapılan alanlarda yoğun tarla trafiğinden kaynaklanan toprak sıkışmasının dönemsel olarak belirlenmesidir. Bu amaçla 9 farklı şeker pancarı tarımı yapılan arazide, 4 farklı dönemde (ekim öncesi- ekim sonrası- gelişme dönem- hasat sonrası), 5 tekerrürlü olarak 180 penetrasyon okuması yapılmıştır. Penetrasyon okuması yapılan arazilere ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri de belirlenmiştir. Farklı dönemlerde ölçülen penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Ekim öncesi düşük olan penetrasyon direnci değerleri, artarak hasat sonunda en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Ekim öncesi ortalama penetrasyon direnci 0,59 MPa ile 1,95 MPa arasında değişirken, ekim sonrası 0,98 MPa ile 2,67 MPa arasında, gelişme döneminde 0,99 MPa ile 3,70 MPa arasında ve hasat sonrası ise 2,636 MPa ile 4,82 MPa arasında değişmiştir. Penetrasyon direncindeki artışa, tarla trafiğine bağlı yapılan tarımsal faaliyetlerin ve şeker pancarı kök gelişiminin ortak etkide bulunduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, toprak sıkışmasının tarla trafiğine bağlı olarak dönemsel değişimi ortaya konulmuş, toprak sıkışmasının bitki gelişimi ve pancar verimini etkileyebileceği, bu nedenle şeker pancarı tarımında tarla trafiğinin kontrollü ve daha az sıkışmaya neden olacak şekilde yapılmasının gerekliliği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Penetrasyon direnci, Şeker pancarı, Tarla trafiği, Toprak sıkışması

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF TEMPORAL SOIL COMPACTION
IN SUGAR BEET CULTIVATION

Hamza NEGİŞ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN AGRICULTURE ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

2014, 72 Pages

Jury
Prof. Dr. Cevdet ŞEKER
Prof. Dr. Refik UYANÖZ
Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

The aim of this study was to determine effect on soil compaction caused by temporal field traffic under sugar beet cultivation in Konya-Çumra plain. For this purpose, nine different sugar beet cultivated land, four different time periods (before sowing, after sowing, growing period and after harvest), 180 penetration reading with 5 replications is made. In addition, the physical and chemical properties of the soils taken from field measured penetration resistance were also determined. Differences between the penetrations resistances measured in different periods were statistically significant. Before sowing with low penetration resistance values increased and reached the highest level at the end of the harvest. Before sowing, after sowing, growing period and after harvest, average penetration resistance are chanced between 0.59 MPa and 1.95 MPa, 0.98 MPa and 2.67 MPa, 0.99 MPa and 3.70 MPa and 2.64 and 4.82 MPa, respectively. Depending on both the field traffic with agricultural activities and sugar beet root growth, increasing penetration resistance is present in common effect was evaluated. Temporal variation of the soil compaction due to periodic field traffic has been determined. As a result, plant growth and yield of sugar beet can affected by soil compaction, therefore field traffic in sugar beet cultivation is controlled and reduced to causes soil compaction.

Keywords: Sugar beet, field traffic, penetration resistance, soil compaction

ÖNSÖZ

Bu araştırmanın başlangıcından tez haline gelmesine kadar her konuda yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Cevdet ŞEKER'e, çalışmam boyunca benden destek ve teşviklerini esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. H.Hüseyin ÖZAYTEKİN, Arş. Gör. Dr. İlknur GÜMÜŞ ve Arş. Gör. Mert DEDEOĞLU'na, Yüksek Lisans eğitimine beni teşvik edip; maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde maddi destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü yetkililerine teşekkür ederim.

Hamza NEGİŞ
KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

ÖNSÖZ ..... **iii**

İÇİNDEKİLER ..... **iv**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **vi**

Kısaltmalar vi

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **18**

3.1. Materyal 18
3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri 18
3.2. Yöntem 20
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması 20
3.2.2. Penetrasyon Direnç Ölçümleri 20
3.2.3. Laboratuvar analizleri 22

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **24**

4.1 Toprakların Tekstürü 24
4.2. Toprakların Tarla Kapasitesi (TK) 25
4.3. Toprakların Solma Noktası (SN) 26
4.4. Toprakların Faydalı Su (FS) kapsamları 27
4.5. Toprakların Dispersiyon Oranları (DO) 28
4.6. Toprakların Agregat Satabilitesi (AS) 29
4.7. Toprakların Kırılma Değerleri (KD) 30
4.8. Toprakların Hacim Ağırlığı Değerleri (Pb) 31
4.10. Toprakların Elektrik İletkenlik (EC) Değerleri 33
4.11. Toprakların Organik Madde (OM) İçerikleri 34
4.12. Toprakların Kireç İçerikleri 35
4.13. Toprakların Ekim Öncesi (EÖ) Penetrasyon Direnci (PD) Değerleri 36
4.14. Toprakların Ekim Sonrası (ES) Penetrasyon Direnci Değerleri 37
4.15. Toprakların Gelişme Dönemi (GD) Penetrasyon Direnci Değerleri 39
4.16. Toprakların Hasat Sonrası (HS) Penetrasyon Direnci Değerleri 40
4.17. Toprakların Dört Farklı Dönemdeki Ortalama Penetrasyon Direnci Değerleri 41

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **45**

KAYNAKLAR **47**

6.EKLER 52

EK 1..... 52

1. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnci grafiği 52
2. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği 53
3. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği 53
4. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği 53
5 Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği 54
6. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği 54
7 Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği 55

EK 2..... 56

Arazi resimleri..... 56

EK-3 58

Çalışma Alanlarına Ait Penetrasyon Dirençleri 58

Şekil-1 Şeker pancarı tarımı altındaki 1 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 58
Şekil-2 Şeker pancarı tarımı altındaki 2 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 58
Şekil-3 Şeker pancarı tarımı altındaki 3 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 59
Şekil-4 Şeker pancarı tarımı altındaki 4 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 59
Şekil-5 Şeker pancarı tarımı altındaki 5 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 60
Şekil-6 Şeker pancarı tarımı altındaki 6 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 60
Şekil-7 Şeker pancarı tarımı altındaki 7 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 61
Şekil-8 Şeker pancarı tarımı altındaki 8 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 61
Şekil-9 Şeker pancarı tarımı altındaki 9 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri..... 62

ÖZGEÇMİŞ 63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

TK:	Tarla Kapasitesi
SN:	Solma Noktası
FS:	Faydalı Su
DO:	Dispersiyon Oranı
AS:	Agregat Stabilitesi
KD:	Kırılma Değeri
Pb:	Hacim Ağırlığı
EC:	Elektriki İletkenlik
OM:	Organik Madde
EÖ:	Ekim Öncesi
ES:	Ekim Sonrası
GD:	Gelişme Dönemi
HS:	Hasat Sonrası
PD:	Penetrasyon Direnci

1. GİRİŞ

İnsanların dengeli ve yeterli beslenmelerinde kaliteli, verimli ve sürdürülebilir gıda üretimi son derce önemli bir yere sahiptir. Günümüzde gıda üretimi ve temininde farklı kaynaklar bulunsa da, gıda üretimi önemli ölçüde tarıma dolayısıyla da doğal kaynaklarımız olan toprakların kapasitelerinde ve en uygun şekilde kullanımına bağlıdır. Toprak gıda üretiminin en önemli başlangıç yeridir. Burada ortaya çıkan önemli problemlerden bir tanesi toprakların bozulması, yani özelliklerinin istenmeyen ölçüde değişmesidir. Bu genel anlamda toprak degradasyonu olarak ta ifade edilmektedir. Bakir toprakların tarıma açılmasıyla toprak bozulması başlamakta, bozulmanın seyri önemli ölçüde kullanıma bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir. Toprak bozulması farklı şekillerde meydana gelebilmektedir. Toprakların degradasyonu fiziksel bozulma, kimyasal bozulma, biyolojik bozulma ve kirlilik şeklinde olabilmektedir. Bunların tamamı da bitkisel üretimi ve buna bağlı olan unsurları etkileyebilmektedir.

Topraklarda meydana gelen fiziksel bozulmalar daha çok toprak işleme, tohum yatağı hazırlama, ekim, bakım ve hasat faaliyetlerine bağlı olarak değişmektedir. Son yüzyılda sanayi devrimi ile birlikte artan makineleşme daha geniş alanlarda tarımsal üretimi mümkün kılarken, beraberinde bazı problemlere de neden olmuştur. Bunların başında da toprağın fiziksel şartlarının bozulması gelmektedir. Özellikle uygun olmayan şartlarda, uygun olmayan ekipmanlar ile yapılan fazla toprak işleme fiziksel toprak bozulmasının en önemli sebepleridir. Buna ekim nöbeti ve amenajman faaliyetlerindeki eksiklik ve yanlışlıkların eklenmesi bozulmanın etkisini daha da artırmaktadır. Toprak strüktürünün bozulması, agregat stabilitesinin azalması, toprak sıkışmasına bağlı olarak, hacim ağırlığının artması, gözenekliliğin azalması, su ve hava geçirgenliğinin düşmesi, yüzeyde kaymak tabakası oluşumu ve penetrsyon direncinin artması fiziksel bozulmanın en önemli göstergeleridir. Toprakların su içeriği yüksek olduğu zaman yapılan tarımsal faaliyetler sıkışmayı daha da artırmaktadır. Sıkışmaya uğramış topraklarda, sıkışma yüzeyinden başlayarak belli bir profil derinliğine kadar fiziksel ve mekaniksel özelliklerde önemli değişmeler neden olmaktadır. Bu ve benzeri şekilde meydana gelen toprak bozulmaları hem bitkisel üretimi ve hem de buna bağlı olan hayvansal üretimi etkilemekte, ayrıca önemli çevresel etkilere de neden olabilmektedir. Bu etkilerin başında ise toprak erozyonu ve buna bağlı olumsuzluklar gelmektedir. Özellikle toprak sıkışması toprağa su girişini azaltarak, toprakta depolanan suyun

düşürerek kuraklıktan daha fazla etkilenmeye yol açmakta, anı zamanda eğimli alanlarda yüzey akışı artırmaktadır. Sıkışmış alanlarda ekilen tohumların filiz çıkışı düşmekte, bitki kök gelişimi yetersiz havalanmakta, kök gelişimi zayıflayarak su ve besin elementlerinden yararlanma kapasitesi düşmektedir. Buna bağlı olarak toprak bozulması verimliliği azaltarak ve üretim kapasitesini düşürerek, sürdürülebilir üretkenliği tehlikeye atmaktadır. Aynı zamanda toprakların bozulması ürün kalitesini de düşürerek, pahalıya mal olan rekabet gücü düşük üretim ile sonuçlanmaktadır. Diğer taraftan sıkışmış toprakların iyileştirilmesi için fazladan maliyet gerektiren işlemlerin uygulamaya konulması da diğer bir olumsuzluktur. Günümüzde ise üretilen ürünlerin verimliliği, kalitesi, sürekliliği onun rekabet gücünü ve talebini etkilemektedir.

Anonim (2013) TUİK verilerine göre Türkiye'deki şeker pancarı üretim alanı yaklaşık 300.000 hektardır. Gerek tarımsal üretimimizde ve gerekse gıda sanayinde önemli bir şeker pancarı önemli yer tutmaktadır. Şeker pancarının 3.224.428 dekarlık alanda ekimi yapılmakta olup, üretim olarak 17.274.674 ton, verim olarak dekara 5.666 kg/da üretim miktarına erişmiştir.

Toprak; yeryüzünün büyük bir kısmını devamlı bir örtü halinde kaplayan, iklim ve canlıların belli topografyalar altında, zamanla ana materyal üzerinde yaptıkları ortak etkilerle oluşmuş karakteristiklere sahip, dinamik ve çok fazlı bir sitemdir. Aynı zamanda toprak; bitki besin elementlerinin en önemli doğal ve dinamik bir kaynağıdır.

Toprak, mineral ve organik bileşenlerden meydana gelen katı faz ile toprak suyu ve havası tarafından işgal edilen gözeneklerden oluşan karmaşık bir sistemdir. Toprağın mineral fazını oluşturan farklı toprak fraksiyonlarının birim kütle içerisindeki karışım oranları ve paketlenme düzenleri, toplam gözenek hacmi ve gözenek geometrisi ile toprağın organik bileşenleri, o toprağın yapısal davranışları ve verim gücüne önemli ölçüde etki etmektedir.

Sıkışmış topraklarda bitki kök gelişimi mekanik direncin artmasından dolayı engellenmektedir. Buna bağlı olarak toprak içerisindeki bitki kök dağılımı da düzensiz olmaktadır. Toprak sıkışması aynı zamanda gözeneklerin miktarının azalmasına yol açmaktadır. Buna bağlı olarak toprak su ve hava ilişkisi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu temel özellikteki değişimler toprağın su tutması ve hidrolik iletkenlik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuzluklar toprakta suyun infiltrasyonuna ve bitkiler tarafından kullanılan suyun depolanmasına olumsuz etki yapar. Toprağın içindeki büyüklük dağılımının toprak havasının olumsuz yönde etkilenmesine sebep olur. Bu olumsuzluklar toprak havasındaki oksijen miktarının düşmesine neden olacağı

gibi mikrobiyal aktivitenin düşmesi sonucunda besin elementi yaralışlılığıda azalmaktadır.

Söz konusu bölgede önceden yapılan çalışmalarda ve çiftçilerle yapılan görüşmelerde topraklarda fiziksel bir bozulmanın meydana geldiğini bu bozulmanın bitkisel üretimi olumsuz yönde etkilediği vurgulanmıştır. Arazilerde yapılan gözlemlerde toprak sıkışmasına bağlı olarak kabuk veya kaymak tabakasının meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde önemli bir tarımsal faaliyet ve sanayi girdisi olan kullanılan şeker pancarının, Çumra bölgesinde şeker pancarı tarımı yapılan dokuz farklı arazide dönemsel toprak sıkışmanın belirlenmesidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Beckman (1953), bitkilerde kök gelişimi ve dağılımının toprağın makro ve mikro gözenek hacmi ile yakın bağlantısı bulunduğunu, gözenek hacmi normal sınırlar içinde olan topaklarda kök gelişimi ve dağılımının iyi olduğunu belirtmektedir.

Adams ve ark. (1960), şiltli tınlı özelliklere sahip toprakta yüzeyden yapılan 8.4-8.9 kg cm^{-2}'lik basınç ile yapılan sıkıştırma uygulamasının, hacim ağırlığını ortalama 1.04 g cm^{-3}'den 1.17 g cm^{-3}'e yükselttiğini, gözenekliliği azalttığını, bunlara bağlı olarak şeker pancarında %13, mısırda % 5 ve patateste %54 verim azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Meredith ve Patrick (1961), toprağın hacim ağırlığı ile bitki köklerinin derinlere nüfuz etme gücü arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu, toprağın hacim ağırlığı arttıkça bitki köklerinin derinlere inme oranının azaldığını belirlemişlerdir.

Philips ve Kirkham (1962), killi topraklar üzerinde yapılan 3 yıllık bir tarla denemesinde, mısır bitkisinin gelişimi ve verimindeki azalmayla en yüksek ilişkiyi veren fiziksel özelliklerin başında hacim ağırlığı ve penetrometreyle ölçülen mekanik direncin olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmada sıkışmış ile sıkışmamış toprakların hava permeabilitelerinde büyük fark elde edilmiştir.

Webley ve ark. (1963), toprak işlemenin kısa süre için olumlu etki göstermesine karşın, devamlı olarak yapılan toprak işlemesinin toprak agregatlarının kırılmasına ve toprağın sıkışmasına neden olduğu ve nitrifikasyonu olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Akalın (1965), tarım aletlerinin toprağı sıkıştırma etkilerinin büyük olduğunu kullanılan tarım aletlerinin ağırlıkları arttıkça topraktaki makro gözeneklerin azaldığını ve hacim ağırlığının arttığını, bu durumun bitki gelişimini olumsuz etkilediği belirtmiştir.

Tüzüner ve Sunar (1973), tarla trafiğinin hacim ağırlığı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada tarım aletlerinin kullanılmadığı kontrol parselinde 1.25g cm^{-3} olan hacim ağırlığını traktörle sürüm yapılan parsellerde %35 (1.32g $cm^{-3)}$ ve traktörle birlikte patates ilaçlama pülverizatörü kullanılan parsellerde ise %27 (1.46 g $cm^{-}3$) oranında arttırdığını belirtmişlerdir. Pulluk katmanının bitki kök gelişimine ve bitki verimine olan etkisini tespit etmek için yürüttükleri araştırmada toprakta sıkışmasının artması ile makro ve mikro gözeneklerin, hava ve su geçirgenliğinin azaldığını bitki

köklerinin derin ve geniş alanlara yayılmadığını dolayısıyla verimin önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırıcılar, böyle topraklarda 3-5 yılda bir sert tabaka kırmak, sürüm derinliğini değiştirmek ve toprağa organik madde ilave etmek suretiyle toprak verimliliğinin artırılabileceğini bildirmektedir.

Voorhees ve ark. (1976), Minnesota'da siltli killi tın tekstüre sahip bir toprakta normal tarım faaliyetleri altında toprağın 45 cm derinliğe kadar sıkışabildiğini, toprak sıkışma direncinin belirlenmesinde penetrometre değerinin hacim ağırlığından daha duyarlı bir gösterge olduğunu bildirmişlerdir. Sıkışmayla hacim ağırlığı %20 veya daha az artarken penetrometre değeri %400 artış göstermiştir.

Tozan ve Önal (1985), domates tohumunun doğrudan ekiminde, ekim düzeyi derinliği altındaki toprak hacim ağırlığının 1.00 g cm^{-3}'den 1.30 g cm^{-3}'e yükselmesinin, hipokotilin uzamasını ve dolayısıyla çıkışı olumlu etkilediğini belirlemişlerdir. Bu yüzden ekim öncesi toprak işleme ve tohum yatağı hazırlama yöntemlerinin toprağı belirli düzeyde sıkıştıracak şekilde uygulanması yanında ekilen tohumun üzerinin gevşek bir toprak tabakası ile örtülmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Misra ve ark. (1986), bitki köklerinin uzayabilmeleri için köklerin uyguladıkları basıncın, toprağın gösterdiği dirençten büyük olması gerekmektedir. Bunun yanında köklere oksijen, su ve besin elementlerinin de sağlanması zorunludur. Maksimum kök büyümesi durumunda köklerin 0.9-1.3 MPa arasında bir basınç uyguladığını bildirmişlerdir.

Assead ve ark. (1990), kaba kumlu tınlı bir toprakta 3 yıl boyunca yazlık arpa, fasulye, şekerpancarı, mısır, bezelye ve lahana yetiştirmişlerdir. Ekimden sonra traktör tekerlekleriyle toprak sıkıştırması 0-10 cm' lik toprak katında hacim ağırlığı ortalama olarak %10 artmıştır. Araştırmada yetiştirilen bitkilerin verim düzeyleri 3 yıl içerisinde %25 oranında azalmıştır. En fazla verim düşüşü şekerpancarı ve fasulye bitkisinde meydana gelmiştir.

Pabin ve ark. (1991), traktör tekerlekleriyle toprağı sıkıştırmanın, şekerpancarı verimini ve toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada toprak sıkışmasının, toprak nemini istatistiksel olarak etkilemediğini, hacim ağırlığı ve toprak direncinin, şeker pancarı verimini etkilediğini belirlemişlerdir. Maksimum şekerpancarı verimi 0-30 cm derinlikteki toprağın hacim ağırlığının 1.54 gr cm^{-3} olduğu zaman meydana gelmiştir. Verimdeki önemli azalış hacim ağırlığının yine 0-30 cm'lik toprak katmanında hacim ağırlığının 1.70 gr cm^{-3} yükselmesiyle meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Bathke ve ark. (1992), laboratuar ve tarla koşullarında yaptıkları çalışmalarda 0.8-5 MPa'lık kök penetrasyon direncinin kök uzamasını durdurduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin (1992), tınlı tekstüre sahip bir toprakta tarım alet ve ekipmanlarının neden olduğu sıkışmanın şekerpancarında şeker içeriğinde önemli değişimlere neden olmadığını ancak şekerpancarı veriminin azalttığını ve çatallı kök gelişiminde iki kat artış olduğunu vurgulamıştır.

Bengough ve McKenzie (1994), yüksek kök penetrasyon direnci durumunda kök uzama oranının düştüğünü; kök büyüme basıncının kök penetrasyon direncine eşit olduğu ya da küçük olduğu durumlarda ise kök uzamasının durduğunu belirtmişlerdir.

Van Ouwerkerk ve Soane, (1994), tarım topraklarında meydana gelen sıkışma artan bir oranda tüm dünyada bitki gelişimini ve çevreyi etkilemektedir. Toprak sıkışmasına neden olan ana nedenlerden biri toprak işlemedir. Her geçen gün artan traktör ağırlıkları ve toprakta fazla işlem yapma toprağın sıkışma miktarını arttırmaktadır. Aynı zamanda modern tarımda ekim için toprakları çok ısa sürede hazırlamak için toprak ıslak sürülmekte ve sıkışma daha derinlere inmektedir.

Şeker (1995), Konya ovasında kaymak tabakası problemi bulunan alanlardan alınan toprak örneklerinin bazı özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Kaymak tabakası problemi olan toprağın bozuk olan özelliğini düzeltmek için on değişik ıslah maddesi kullanmıştır (kalsiyum hipoklorit, çimento, kum, ponza, ahır gübresi, çöp kompostu, buğday samanı, fosforik, sülfirik, hidroklorik asit). Araştırma sonucunda çimento ve buğday samanının agregat stabilitesini artırmada ve kırılma değerini düşürmede önemli derecede etkili olduklarını saptamıştır. Sera şartlarında buğday bitkisinin sürgün çıkışını çimento uygulamasının önemli artışlar sağladığını tespit etmiştir.

Hartge ve Stewart (1995) sıkışmış topraklarda bitki kök gelişimi mekanik direncin artmasından dolayı engellenmektedir. Buna bağlı olarak toprak içerisindeki biti kök dağılımı da düzensiz olmuştur. Toprak sıkışması aynı zamanda gözenek miktarlarının azalmasına yol açmaktadır. Buna bağlı olarak toprak su ve hava ilişkisi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu temel toprak özelliğindeki değişimler toprağın su tutması ve hidrolik iletkenlik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuzluklar bitkiler tarafından kullanılan suyun depolanmasına olumsuz etki yapar. Toprağın içindeki büyüklük dağılımının toprak havasını olumsuz yönde etkilemesine

sebep olur. Bu nedenlerden dolayı da mikrobiyal aktivitenin düşesi sonucunda besin elementi yarayışlı lığı da azalmıştır.

Torbert ve ark. (1995), killi bünyeye sahip topraklarda farklı toprak işleme metotlarının topraktaki azot hareketine etkilerini araştırdıkları çalışmada, 50 cm derinlikte işlemenin azotun hareketini olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır.

Petersen (1996), yaptığı çalışmada derin toprak işleme uygulaması ve işleme derinliğinin sıkışma problemi görülen tabakanın 5 cm altından uygulanmasının etkin olduğunu bildirmiştir.

Şeker (1997a), toprak su içeriği ile penetrasyon direnci arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak farklı toprakların penetrasyon dirençlerinin birbirleri ile kıyaslanmalarını sağlayacak uygun modeller geliştirmeye çalışmıştır. Arazi çalışması, Konya ovasında yer alan, Entisol ordosuna dâhil, dört farklı toprak üzerinde yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, toprak su içerikleri ile penetrasyon dirençleri arasında önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre regresyon denkleminden penetrasyon dirençleri ile ölçüm sonucu elde edilen penetrasyon dirençlerinin korelasyon katsayılar 0,94 ile 0,99 arasında değişmiştir.

Sojka ve Lentz (1997), yaptıkları çalışmada anionik polyacrylamid (PAM) ve polyvinyl alkol (PVA) gibi sentetik polimerlerin toprak agregatlarını dengelemek için sulama ile birlikte uygulanabildiğini belirtmişlerdir. Bu polimerler agregatlaşmayı sağlamakta, toprak agregatları üzerinde bir bağ etkisi yaparak destek sağlamakta ve dış kuvvetlere karşı daha dayanıklı hale getirmektedir.

Şeker (1997b), dört farklı toprağın penetrasyon direnci ile ölçülen bazı özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koyarak, penetrasyon direncinin tahminini sağlayan regresyon denklemlerini geliştirmeye çalışmıştır. Çalışma sonuçlarına göre penetrasyon direnci ile kütle yoğunluğu ve 0.2 μm'den küçük por yüzdesi arasında önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Penetrasyon direnci ile toplam porozite, 50 μm'den büyük ve 50-8.6 μm arası por yüzdesi ile önemli negatif ilişkiler olduğu bulunmuştur.

Raper ve ark. (1998), sıkışmış topraklarda uygulanan derin toprak işleme uygulamalarının toprağın penetrasyon direncini azalttığını ve bitkinin kök derinliğini arttırdığını, bitkilerin kök derinliğinin artmasının ise kısa süreli kuraklık probleminin yaşandığı zamanlarda bitkinin bu olumsuz koşullara karşı direnmesine yardım ettiğini bildirmişlerdir.

Anonymus (1999), toprak sıkışmasının zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için uygulanan diğer bir yöntem hümik asit uygulamasıdır. Moleküler yapısından dolayı hümik asitler üretimde birçok fayda sağlamaktadırlar. Hümik asitler, sıkışmış toprak katmanlarının parçalanmasına, topraktan bitkiye mikro besin elementlerinin taşınmasına yardım etmekte, toprakta suyun tutulmasını sağlamakta, tohum çimlenme oranını geliştirmekte ve topraktaki mikro flora gelişimini teşvik etmektedirler.

Şeker (1999), killi tın tekstüre sahip bir toprağa karıştırılan pomza, kum ve ahır gübresinin toprağın sıkışma eğilimine etkisini saptamıştır. Karışımlar hacim esasına göre 1:9, 2:8, 4:6 ve 6:4 oranlarında karışım materyali: toprak materyali şeklinde hazırlanmıştır. Toprak ve karışımlarının tarla kapasiteleri ağırlık yüzdesi olarak belirlenerek, 3 kg'lık örneklere ayrılmış ve bu örnekleri tarla kapasitesine getirecek düzeyde su uygulanmıştır. İki gün kendi haline bırakılan örnekler çapı 5.7 cm ve yüksekliği 5 cm olan silindirlerin içerisine doldurularak 3 saniye süreyle 100 MPa'lık yüzey basıncına maruz bırakılmışlardır. Sıkıştırılan silindirlerin yüzeylerinde ve tabanlarında düz uçlu dijital el penetrometresi kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Yüzeyde ve tabanda ölçülen penetrasyon istatistiksel olarak $p<0,01$ olasılıkla farklılıklar göstermiştir. Yüzeyde ölçülen penetrasyon direnci değerleri tüm uygulamalarda tabanda ölçülen penetrasyon direnci değerlerinden yüksek çıkmıştır.

Şeker ve Karakaplan (1999), Konya-Çumra-Karapınar arasında, kaymak tabakası sorununun görüldüğü arazilerden aldıkları toprak örneklerinde toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Toprak örneklerinde şilt yüzdesi, dispersiyon oranı, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireç, suda çözünebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum, sülfat ve klor içerikleri ile kırılma değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli pozitif iliskiler; kum yüzdesi, agregat stabilitesi, değişebilir kalsiyum, potasyum ve suda çözünebilir bikarbonat içerikleri ile kırılma değerleri arasında ise önemli negatif ilişkiler saptamışlardır. Tane yoğunluğu, tarla kapasitesi, solma noktası, kil yüzdesi, pH, katyon değişim kapasitesi, değişebilir magnezyum ve sodyum içerikleri, değişebilir sodyum yüzdesi ve suda çözünebilir potasyum içeriği ile kırılma değerleri arasındaki ilişkinin istatistiksel bakımdan önemli olmadığını bildirmişlerdir.

Dursun ve Dursun (2000) koni indeksi toprağın penetrasyon direncinin bir ölçüsü olup hacim ağırlığı, nem içeriği, toprak tipi, koni taban çapı, koni uç açısı, koninin yüzey pürüzlülüğü ve kohezyon gibi çok sayıda faktör tarafından etkilenmektedir. Standart ölçüde konik uca sahip bir penetrornetre belirli bir oranda

toprağa bastırıldığında toprak tarafından penetrometre üzerine direnç uygulanır. Koni indeksi, penetrometre konisinin standart bir oranda toprak içerisine girmesi için gerekli kuvvetin koninin taban alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Koni indeksi, çeki kuvvetinin tahmini, toprak sıkışmasının değerlendirilmesi, kök penetrasyonuna ve filiz çıkışına toprağın gösterdiği direncin belirlenmesi gibi çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır. Boyut analizi yöntemi kullanılarak orta ağır toprakta koni indeksinin tahmini için R^2'si 0,90 olan bir model geliştirilmiştir. Tarlada ölçülen ve modelden tahmin edilen koni indeksleri arasında istatistiki olarak önemli farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Jorajuria (2000), tarla trafiğinin ve tarım aletlerinin ağırlıklarından dolayı toprak altı sıkışmasının dikey dağılımı üzerine yaptıkları çalışmada ağır ve hafif traktörlerle çoklu sayıda geçiş yapmışlardır. Sonuçlar ağır ve hafif koşularda sığ derinliklerde bir farklılık olmadığını, daha derinlerde ise önemli farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Tekerlek dışında kalan alanda verim kaydı az iken tekerleğin çiğnediği alanlarda verim abı fazladır.

Arvidsson (2001) İsveç'te şeker pancarı hasadında kullanılan, yüksek aks yüküne sahip pancar hasat makinesinin toprak sıkışmasına etkisinin belirlendiği çalışma tın, kumlu tın ve kum tekstürülü arazilerde yürütülmüş, bu amaçla toprak penetrsyon direnci, doymuş hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı ve verim değerleri ölçülmüştür. Çalışmada trafiğin olmadığı uygulama, 18 Mg aks yüküne sahip hasat makinesinin dört defa geçişi, 35 Mg aks yüküne sahip hasat makinesinin dört defa geçiş uygulaması toprak kuru ilen diğer uygulamalar ise toprak neminin tarla kapasitesine yakın olduğu dönemde yapılmış. Buna göre, toprakların 0.5 m derinlikte doygun hidrolik iletkenliği önemli ölçüde düşerken, hacim ağırlığı ise artmıştır. Penetrasyon direnci ölçümü ilkbaharda yapılmış, ancak farklılık önemsiz bulunmuş, verim ise önemli ancak düşük düzeyde etkilenmiştir.

Arvidsson ve ark., (2001) şeker pancarı hasadında kullanılan, yüksek aks yüküne sahip pancar hasat makinesinin toprak sıkışmasına etkisinin belirlendiği çalışmada, yüksek aks yükünün toprak tekstür ve nemine bağlı olarak sıkışmayı nasıl etkilediği incelenmişlerdir. Buna göre, toprakların mekaniki dirençlerinin kuru koşullardaki kumlu killi tın toprakta uygulamaya bağlı olarak 0.3 m derinliğe kadar etkili olurken, daha ıslak şartlarda, tarla kapasitesi nem seviyesinde 0.7 m derinliğe kadar etkilemiştir. Basınç uygulamaları killi tın tekstürde 0.5 m derilikte sıkışmaya neden olurken, kum tekstürde 0,7 m derinliğe kadar etkili olmuştur. Sonuç olarak sonbaharda, şeker pancarı

tarımında ağır hasat makinesinin toprak nem şartlarındaki değişkenliğe bağlı olarak 0.5 m derinliğindeki toprakta sıkışmaya neden olmuştur.

Lu ve Letey (2002), topraklara poliakrilamid (PAM) ilavesinin toprak dispersiyonunu, flokülasyonunu ve agregasyonunu etkilediğini ve PAM'ın topraktaki davranışını belirlemede uygun uygulama dozunun, etkili uygulama derinliğinin, topraktaki hareketliliğinin, toprağın fiziksel koşullarındaki değişimlerin tahmininde oldukça yararlı olduğunu bildirmişlerdir.

Busscher ve ark., (2003), yüzey altın da genetik olarak oluşmuş olana sıkışmış katmanın bulunduğu, mısır, soya, buğday üretimi alında, yıllık veya çok yıllık derin toprak işleme sistemi altında bulunan alanda, 90 cm sıra arasına sahip pamuk yetiştiriciliğinde, pamuk kök gelişimi ve kütlü verimindeki artışa, yıllık derin toprak işleme veya örtü bitkileri ile birlikte toprak direncindeki düşüşün etkisini belirlemek için arazi çalışması yapmışlardır. Yüzey toprak işlemeli veya işlemesiz, derin toprak işlemeli veya işlemesiz, çavdarın örtü bitkisi olara yetiştirildiği veya yetiştirilmediği muamelelerin kombinasyonunun, kök gelişimi ve verimi etkileri değerlendirilmiştir. Buna göre, toprak direncindeki ortalama ve maksimum düşüş ile kök gelişimi arasında r' si 0,66-0,68 arasında değişen ilişki belirlenmiştir. Pamuk tiftik verimi önemli ölçüde etkilememiştir edildi. Pamuk kütlü verimi uygulamalardan önemsiz ölçüde etkilenmiştir. Toprak işleme uygulamalarının verimde beklenen etkiyi oluşturmamasının neden olarak, yüzey işlemede kullanılan 3m genişliğindeki mini disklerin kullanımına ve şeritsel trafik uygulamalarına bağlanmıştır.

Şeker (2003), kabuk oluşumunun önlenmesi üzerine 10 değişik maddesini etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada, çimento ve buğday samanını diğer ıslah maddelerine göre agregat stabilitesini arttırmada ve kırılma değerini düşürmede daha etkili olduğunu saptamıştır. Ayrıca yine aynı çalışmada sera şartlarında buğday bitkisinin sürgün çıkışlarına iki ıslah maddesinin etkilerini incelemiş, çimentonun sürgün çıkışlarını önemli ölçüde arttırdığını tespit ederken, buğday samanı uygulamalarının önemli seviyede etkili olmadığını bildirmiştir.

Şeker (2004), kaymak tabakası problemi bulunan bir toprağa ilave edilen portland çimentosunun oluşturduğu agregatların stabilitesine, donma-çözülmenin etkisini laboratuar şartlarında araştırmıştır. Buna göre, saksılardaki topraklar tarla kapasitesine gelinceye kadar saf su ile ıslatılmış ve 100 günlük inkübasyona bırakılmıştır, inkübasyonun 25. ve 100. günlerinde 1-2 mm arası agregatların stabiliteleri hem donma-çözülme öncesi ve hem de donma-çözülme sonrası yapılmıştır.

Tarla kapasitesinde ıslatılan agregatlar beş defa -12 °C'de donma-çözülme çevrimine tabi tutulmuştur. Sonuçta, sırasıyla 25 ve 100 günlük inkübasyon sonunda portland çimentosu ilavesiyle oluşan agregatların ortalama % 59.19 ve % 54.26'sı bozulurken, bu oran kontrol örneğinde % 29.91 ve % 53,68 olmuştur. Ayrıca % 0 ve % 4 oranında portland çimentosu ilave edilen örnekler oda şartlarında, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 °C sıcaklıklarda bekletilmiştir. En yüksek agregat stabilitesi (%42.47) 30 °C sıcaklık uygulamasında ölçüldüğü belirtilmiştir.

Aksakal ve Öztaş (2006) yoğun tarla trafiği kaynaklı toprak sıkışması, infiltrasyonu, kök gelişimini ve ürün verimini azaltırken toprak hacim ağırlığını arttırmıştır. Atatürk üniversitesinde yapılan çalışmada mısır bitkisi yetiştirilen tarlada slaj ekipmanlarının kullanımından önce ve sonra toprak penetrasyon direncinin değişimleri gözlenmiştir. Mısır haşatından önce ve sonra ölçülen sıkışma değerleri sırasıyla 2097kPa ve 3116 kPa'dır. Hasat sonrasında hacim ağırlığının da arttığı gözlemlenirken, agregat stabilitesi % 33,4 den % 17,9'a düşmüştür.

Aksakal ve Öztaş (2006), mısır yetiştirilen bir tarlada silaj ekipmanlarının kullanılmasından önce ve sonra toprak penetrasyon direncinin yersel değişim paternlerindeki değişimleri belirlemişlerdir. Toprak penetrasyon direnci 100×400 m'lik tarlada hasattan hemen önce ve sonra 10 m'lik aralıklarla ölçülmüştür. Hasattan önce ve sonra 1353 adet ölçümün ortalama penetrasyon direnci sırasıyla 2097 kPa ve 3116 kPa'dır. Hasat sonrası çalışma alanının ortalama hacim ağırlığı 1.14 g cm^{-3}'den 1.46 g cm^{-3}'e yükselirken, ıslak agregat stabilitesi %33.4'den %17.9'a düşmüştür. Hasat sonrasında toprak penetrasyon direnci değişim paternleri hasat öncesi değişim paternlerinden önemli ölçüde farklılıklar göstermiştir.

Arslan (2006) yaptığı derlemede, kontrollü tarla trafiğini, tarlada trafik şeritleri oluşturulması ve traktör-biçerdöver-kendi yürür ilaçlama makineleri gibi tekerlekli araçların her yıl önceden belirlenmiş olan trafik şeritleri üzerinde çalıştırılmak, kendi yürür araçların iz genişliğinin birbirinin aynı ya da katları ve tarım iş makinelerinin iş genişlikleri de birbirlerinin katları olacak şekilde ayarlanmak olarak tanımlamıştır. Kontrollü trafik yönteminde, trafik şeritleri üzerinde sert bir zemin oluşmakta, ekim ve hasat işlemlerinde zamanlılık oranı ve çeki etkinliği artırılmakta, yakıt tüketimi azalmakta, bitki yetişen alanlarda ise tekerleklerin sıkıştırma etkisinin yok edilmesi nedeniyle infiltrasyon artmakta, kök gelişimi olumlu etkilenmekte ve bitkilerin besin maddelerinden yararlanma oranı ve verimini artırdığını belirtmiştir.

Zhang ve Fang (2007), derin toprak işleme uygulamasının toprağın kütle yoğunluğunu düşürmesinin yanında infiltrasyon oranını da yükselttiğini belirtmişlerdir. Ayrıca toprağa organik gübre uygulamalarının C ve N seviyesini artırarak suya daha fazla dayanıklı agregat oluşumuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak toprak kalitesinin yükseltilmesinde en etkili sonuç olarak organik gübre ve derin toprak işlemenin önemi vurgulanmıştır.

Heuer ve ark. (2008) Göttingen, Aşağı Saxony, Almanya'da lös materyal üzerinde oluşmuş topraklar üzerinde yaptıkları çalışmada 30 cm derinlikte sürekli kulaklı pullukla toprak işleme (MP) ve 10 cm derinlikte yüzeysel toprak işleme (SM) şeklindeki iki farklı toprak işlem sistemini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, 34-36 Mg araç ağırlığı, 8-11 Mg tekerlek yükü, 92-143 kPa temas yüzey basıncı olan altı sıralı şeker pancarı hasat makinesinin tek geçişi ile oluşan sıkışmayı denemişlerdir. Şeker pancarı-tahıl-tahıl rotasyonunda her bitkinin, yan yana ekildiği üç komşu parsel üzerinde hafif deneme makineleri kullanılarak çalışma yürütülmüştür. Üç yıllık çalışmada, altı sıralı şeker pancarı hasat makinesi, önceki şeker pancarı hasadından sonra tarla kapasitesinin %70-100 nemindeki her toprak işleme parselinin yarısından sürülerek geçirilmiştir. Sonradan, her bir parsel kendi uygulamalarına göre işlenmiştir ve sırasıyla 2, 1 ve 3 nolu tarlalarda kışlık buğday, yazlık buğday ve yazlık arpa yetiştirilmiştir. İzleyen bahar ve yaz süresince toprak ve bitki ölçümleri yapılmıştır. Buna göre, SM toprak işlemesi MP toprak işlemesi ile kıyaslandığında, yüzeysel toprak işlemede toprak penetrasyon direnci 10-25 cm de artmış, yazlık buğdayın kök dağılım yoğunluğu azalmıştır. 40-45 cm derinlikte, iki arazide, 6.2 kPa tansiyonda ölçülen hava dolu gözeneklilik, hava geçirgenliği ve toplam gözeneklilik (bir arazide) sırasıyla; derin işlemede (MP) yüzeysel işlemeden (SM) daha yüksek çıkmıştır. Yüzey geçişleri, 15-25 cm derinlikteki penetrasyon direncini düşük düzeyde artırırken, 40-45 cm derinlikte ölçülen parametreleri önemli ölçüde etkilememiştir. Genellikle, uygulamaların tahılların tane verimi üzerine etkileri küçük ve önemli çıkmıştır. Çalışma sonucunda, altı sıralı şeker pancarı hasat makinesinin tek geçişinin ılıman iklim şartları altında, lös kaynaklı bir toprak üzerinde, alt toprak strüktüründe kayda değer bir bozulma oluşturmayacağı belirtilmiştir.

Kırnak ve ark, (2008), Harran Ovası koşullarında yetiştirilen ikinci ürün soyada sabit alternatif (A) ve sürekli karık (S) işletim biçimine göre sulanan, üç farklı sıkışma düzeyinde (K, kontrol; D:düşük sıkışma; Y:yüksek sıkışma) ve üç farklı azot seviyesinde (N_1:6; N_2:9 kg/da; N_3:12 kg/da) toprak özellikleri (hacim ağırlığı,

penetrasyon direnci ve toprak sıcaklığı), dane verimi ve verim unsurları (1000 dane ağırlığı, bakla sayısı, bakladaki dane sayısı, hasat indeksi), vejetatif özellikler (bitki boyu, yaprak alan indeksi, bitki gövde çapı), fizyolojik özellikler (yaprak oransal su kapsamı, klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı), ve toprak/yaprakta bitki besin elementi (N, P, K) alımına etkisi araştırmışlardır. En yüksek ET değeri 568 mm ile kontrol konusundan, en düşük ET ise 240 mm ile yüksek sıkışma konusundan elde edilmişlerdir. En yüksek tohum verimi 2006 yılında K konusunda 94.78 kg/da, 2007 yılında ise 209.93 kg/da ile S konusundan elde edilmişlerdir. Özellikle yüksek sıkışmanın uygulandığı hem sürekli hem de alternatif karık sulama konularındaki toprak penetrasyon direnci diğer konulara göre belirgin bir artış göstermiştir. En yüksek penetrasyon direnci hasat sonunda 40- 60 cm toprak derinliğinde Y-A konusundan en düşük ise 0-20 cm toprak derinliğinde K-S konusundan sırasıyla ortalama 4.76 ve 1.51 MPa olarak ölçülmüşlerdir. Toprak üst katmanlar (0-30 cm) için ortalama hacim ağırlığı, 2006 ve 2007 yılında sırasıyla 1.25 ve 1.23 gr cm^{-3} olarak bulmuşlardır. Çalışma sonucunda tarım topraklarında trafikten veya başka sebeplerle meydana gelebilecek olan toprak sıkışmasının etkilerinin iyi bir gübreleme ve sulama programı ile azaltılabileceğini, ancak yüksek sıkışma oranlarında verim kaybının %45 seviyelerine kadar çıktığını ifade etmişlerdir.

Öztaş ve ark., (2008) hububat üretim alanlarında karşılaşılan toprak sıkışması probleminin penetrasyon ölçümleriyle belirlenmesi ve penetrasyon direnç değerlerine etki edebilecek toprak özelliklerinin saptanması ve dağılım paterninin ortaya konulması amacıyla yaptıkları çalışmada, arazide ortalama penetrasyon direnç değerleri, üst toprak katmanı ve sıkışmış toprak katmanı penetrasyon direnç değerlerini penetrologger yardımıyla ölçülmüşler ve bu değerlere ait değişim paterni haritalarını oluşturulmuşlardır. Ayrıca, toprak sıkışmasına etki edebilecek toprak özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla bu noktalardaki üst toprak katmanından ve sıkışmış toprak katmanından toprak örnekleri alınmışlardır. Uygulanan çoklu regresyon analizinde toprakların ortalama penetrasyon dirençlerinde etkili olan toprak özelliklerinin üst ve sıkışmış toprak katmanı nem içerikleri, sıkışmış toprak katmanı kütle yoğunluğu, sıkışmış toprak katmanı organik madde içerikleri ve üst toprak katmanı silt içeriği olduğunu belirlenmişlerdir. Üst toprak katmanına ait penetrasyon direnç değerlerinde etkili olan toprak özelliklerinin ise üst toprak katmanı agregat stabilitesi, nem içeriği, elektriki iletkenlik değeri ve kireç içeriği olarak saptanmıştır. Sıkışmış toprak katmanı

penetrasyon direncinde etkili olan toprak özellikleri ise bu katmana ait kütle yoğunluğu ve nem içeriği olduğu belirlenmiştir.

Turgut, (2008) hububat üretim ve deneme alanlarında karşılaşılan toprak sıkışması probleminin profil derinlik penetrasyon ölçümleriyle belirlenmesi ve penetrasyon direnç değerlerine etki edebilecek toprak özelliklerinin saptanması ve dağılım paterninin ortaya konulması amacıyla yürütülen çalışmada, penetrasyon dirençlerinde etkili olan toprak özelliklerinin üst ve sıkışmış toprak katmanı nem içerikleri, sıkışmış toprak katmanı kütle yoğunluğu, sıkışmış toprak katmanı organik madde içerikleri ve üst toprak katmanı silt içeriği olduğu belirlenmiştir. Üst toprak katmanına ait penetrasyon direnç değerlerinde etkili olan toprak özellikleri ise üst toprak katmanı agregat stabilitesi, nem içeriği, elektriki iletkenlik değeri ve kireç içeriği olarak saptanmıştır. Sıkışmış toprak katmanı penetrasyon direncinde etkili olan toprak özellikleri ise bu katmana ait kütle yoğunluğu ve nem içeriği olduğu belirlenmiştir.

Guihua ve Weil (2009), kazık köklü bitkilerin saçak köklü bitkilere göre sıkışmış toprağa daha iyi nüfuz ederek biyolojik kullanıma daha uygun olduğu belirtilmiş, bunun test emek için farklı kök yapısına sahip üç farklı örtü bitkisi; yem turpu, kolza ve çavdarın sıkışmış toprağa girişi değerlendirilmiştir. Yüksek, orta ve sıkıştırmanın uygulanmadığı konular olmak üzere üç sıkıştırma düzeyleri tarla trafiği ile oluşturulmuştur. Kor örneklerde gelişen kökler sayılmıştır. Birinci denemede 15-50 cm derinlikte, yem turpu kolzadan iki kat, kolza da çavdarın yaklaşık iki kat daha fazla kök gelişimi, İkinci deneyde yem turpu çavdardan 1.5 kat daha fazla göstermiştir. Yem turpu ile toprak direnci arasında ilişki bulunmazken, kolza ve çavdarın kök gelişimi ile toprak direnci arasında sırasıyla; doğrusal ve üssel fonksiyonlarla ifade edilen negatif regresyonlar bulunmuştur. Üç bitkini köklerinin toprağa penetrasyon yeteneklerinin yem turpu > kolza> çavdar sırasında olduğu belirtilmiştir.

Aksakal ve Öztaş (2010) yoğun tarla trafiği kaynaklı toprak sıkışması, suyun infiltrasyonunu, kok gelişimini ve ürün verimini azaltırken, toprağın hacim ağırlığı ve toprağa giriş direncini artırdığını belirtmişlerdir. Mısır yetiştirilen bir tarlada silaj ekipmanlarının kullanılmasından önce ve sonra toprak penetrasyon direncinin yersel değişim paternlerindeki değişimleri belirledikleri çalışmada, hasattan önce ve sonra 1353 ölçümde ortalama penetrasyon direnci sırasıyla 2097 kPa ve 3116 kPa bulmuşlardır. Hasat sonrası çalışma alanının ortalama hacim ağırlığını 1.14 g cm^{-3}'den 1.46 g cm^{-3}'e yükseldiğini, ıslak agregat stabilitesinin % 33.4'den % 17.9'a düştüğünü bulmuşlardır. Ayrıca, çalışma alanında 1'er m aralıklarla toprak penetrasyon direnci

dağılım haritalarını hazırlamışlar, hasat sonrasında toprak penetrasyon direnci değişim paternlerinin hasat öncesi değişim paternlerinden önemli ölçüde farklılıklar gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Dec ve ark., (2010) iklim, insan aktiviteleri ve farklı toprak amenajman yöntemleri toprakların fiziksel özelliklerindeki konumsal ve zamansal değişimlere neden olan faktörler olduğundan, Güney Şili'de Andisol bir toprağın zamana- konuma bağlı olarak bazı fiziksel özelliklere otlatma ve ıslanma-kuruma döngüsünün etkisini araştırmışlardır. Toprak su içeriğindeki zamansal değişimler agregat satabilitesini ve ilk sıkıştırma basıncına bağlı olarak penetrasyon direncini etkilemiştir. Sadece merada otlayan hayvanların sebep olduğu toprak sıkışması penetrasyon direncini etkilememiş, aynı zamanda por devamlılığının dağılımını ve böylece de toprağın hava geçirgenliğini de etkilemiştir.

Jabro ve ark., (2010) toprak-su ve bitki ekosisteminde, toprak işleme derinliğinin bitki verim ve kalitesini etkilemesinden dolayı, derin toprak işlemenin toprak fiziksel özellikleri ile şeker pancarının verim ve kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Bunun için, North Dakota'da kumlu tın bir toprakta, 10 cm derinliğinde yüzeysel (ST) ve 20 cm derinliğinde derin (DT) toprak işleme olmak üzere iki farklı toprak işleme sistemini içine alan bir arazi çalışması yapmışlardır. Bunun için 40 cm derinliğe kadar arta dört derinlikte yetiştirme sezonu esnasında üç defe toprak hacim ağırlığını, gravimetrik su içeriğini ve doymuş hidrolik iletkenliği ölçmüşlerdir. Toprak örneklerini sulanan şeker pancarı bitki sıralarını 0.5 m kenarından alınmıştır. Toprak hava dolu gözenekliliği toprak hacim ağırlığı ve su içeriği verilerinden hesaplanmış, toprak penetrasyon direnci 35 cm derinliğe kadar 2.5 cm katmanlar halinde ölçülmüştür. Her bir parselden kökler el ile hasat edilmiş, toprak örnekleri kökün mevcut olduğu alanının 1.5 m uzunluğundaki komşu iki sıra alanından toplanmıştır. Toprak hacim ağırlığı değerleri ST de DT den daha büyük, tersine olarak doymuş hidrolik iletkenlik DT de ST den daha büyük bulunmuştur. Toprak penetrasyon direnci ise 0-20 cm de ST de DT den önemli ölçüde daha büyük, gravimetrik su içeriği ve hava dolu gözeneklilik ise DT de ST den bir miktar daha büyük olmuştur. Toprak işleme derinliğinin bitki popülasyonu, kök verimi ve şeker içeriğine etkisinin önemsiz olmasına rağmen, şeker veriminde küçük bir farklılık çıkmıştır. Bunun nedeni olarak ta, DT de ST ye göre, düşen hacim ağırlığı, artan su alımı, yükseltilen havalanma ve azot alımının artırılması gösterilmiştir. Sonuç olarak toprak işleme derinliğinin toprağın fiziksel kalitesini geliştirdiği ve böylece seker pancarının verim ve kalitesi üzerinde olumlu etki oluşturduğu ifade edilmiştir.

Turgut ve ark (2010), İl tekstür sınıfına dahi olan ve buğday tarımı yapılan arazilerdeki yapılan çalışmalarda arazilerin her yıl 30 cm derinlikte işlendiği ve aynı derinlikte işleme sonucunda taban taşı oluşumu ortaya çıkmaktadır. Toprağın üt yüzeyinde herhangi bir sıkışma belirtisi gözlemlendiğinde bu taban taşının toprağa getirdiği olumsuzluklar penetrasyon direnci ile ölçülüp toprak nemi, hacim ağırlığı, organik madde, kireç içeriği gibi özelliklerin sıkışmış katmanda daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Aksakal ve ark., (2011) yüksek toprak hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci, toprak sıkışmasının birer göstergesi olarak infiltrasyon ve yüzey akışı etkilemekte, aşırı otlatılan meraların toprak sıkışmasından dolayı şiddetli derecede erozyon riskinin altında olduğunu belirtmişlerdir. Bunu teste etmek için, üç aylık otlatma periyodu içerisinde toprak hacim ağırlığı ve penetrasyon direncindeki değişimleri belirlemişlerdir. Beş hektarlık (200 × 250 m) merayı 25 × 5 m'lik gridlere ayrılmışlar ve toprak penetrasyon direncini üç farklı zamanda (15 Temmuz, 15 Ağustos ve 15 Eylul) 20 cm'lik yüzey toprağında 459 noktada ölçülmüşlerdir. Araştırma sonucunda, hacim ağırlığının zamansal değişiminin otlatma zamanına bağlı olarak belirgin bir değişkenlik göstermediğini, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri için sırasıyla 0.88, 0.93 ve 0.82 g cm^{-3} ortalama değerde olduğunu belirtmişlerdir. Toprak penetrasyon direncinin tüm olçum noktalarında kok gelişimi için kritik penetrasyon direnci olarak kabul edilen 3 MPa'dan daha yüksek olduğu belirtilmiş, ortalama toprak penetrasyon direncinin Temmuz ayına göre Ağustos ayında yaklaşık % 8.5 arttığı ve takibeden ayda hemen hemen sabit kaldığını saptanmışlardır.

Dec ve ark., (2011) toprak strüktürel özelliklerinin konum ve zaman değişkenliğine bağlı olarak otlatmanın ve doğal ıslanma-kuruma döngüsünün nasıl etkileyeceğini araştırdıkları çalışmada, toprak penetrasyon direncini ve hacimsel su içeriğini arazi şartlarında ölçmüşlerdir. Buna göre toprak penetrasyon direnci 1383 kPa ile 3047 kPa arasında, hacimsel su içeriği ise % 16 ile % 46 arasında değiştiğini, penetrasyon direncindeki değişimin fazla olmasının otlatmaya bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Otlatma ve ıslanma kuruma döngüsünün toprağın mekaniksel stabilitesi ve gözeneklerdeki değişkenlikte etkili olduğu, hava permabilitesinin 0.3 ile 0.9 log μm^2 arasında, havalanma kapasitesinin ise %5-18 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Genellikle otlatmadan sonra havalanma kapasitesi ve permabilite azalırken, ıslanma kuruma döngüsünden sonra ise toprak gözenekliliğinin fonksiyonlarını yerine getirecek şekilde değişkenliği uğradığı belirtilmiştir.

Anonim (2013), önemli bir endüstri bitkisi olan şeker pancarı insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yer tutar. Türkiye'de şeker pancarı üretimi yıllık 16.483.306 ton ve 2.913.282 dekara yapılmaktadır. Dünyada artan nüfus ve gelişen sanayi için şeker pancarı ile ilgili sorunların çözümü ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde şeker pancarı üretiminde en çok karşılaşılan sorunlar verim ve kalitede düşüklüktür. Ekimden sonra ortaya çıkan sorunlar şeker pancarı üretiminde üretimi ve kazançları önemli ölçüde etkilemektedir. Tarım arazilerde şeker pancarı üretiminde sürgün çıkışını ve pancarın yetişmesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar kimyasal faktörler (N, P, K, pH) biyolojik çevre faktörleri (mikroorganizmalar) ve fiziksel faktörlerde (sıcaklık, toprak nemi, toprak havalanması, kaymak tabakası, alt ve üst toprak sıkışması) gibi birçok faktör şeker pancarı üretiminde karşılaşılan sorulardır. Sağlıklı bir sürgün çıkışı ve gelişimi için toprağın fiziksel şartlarının uygun olması en önemi yere sahiptir.

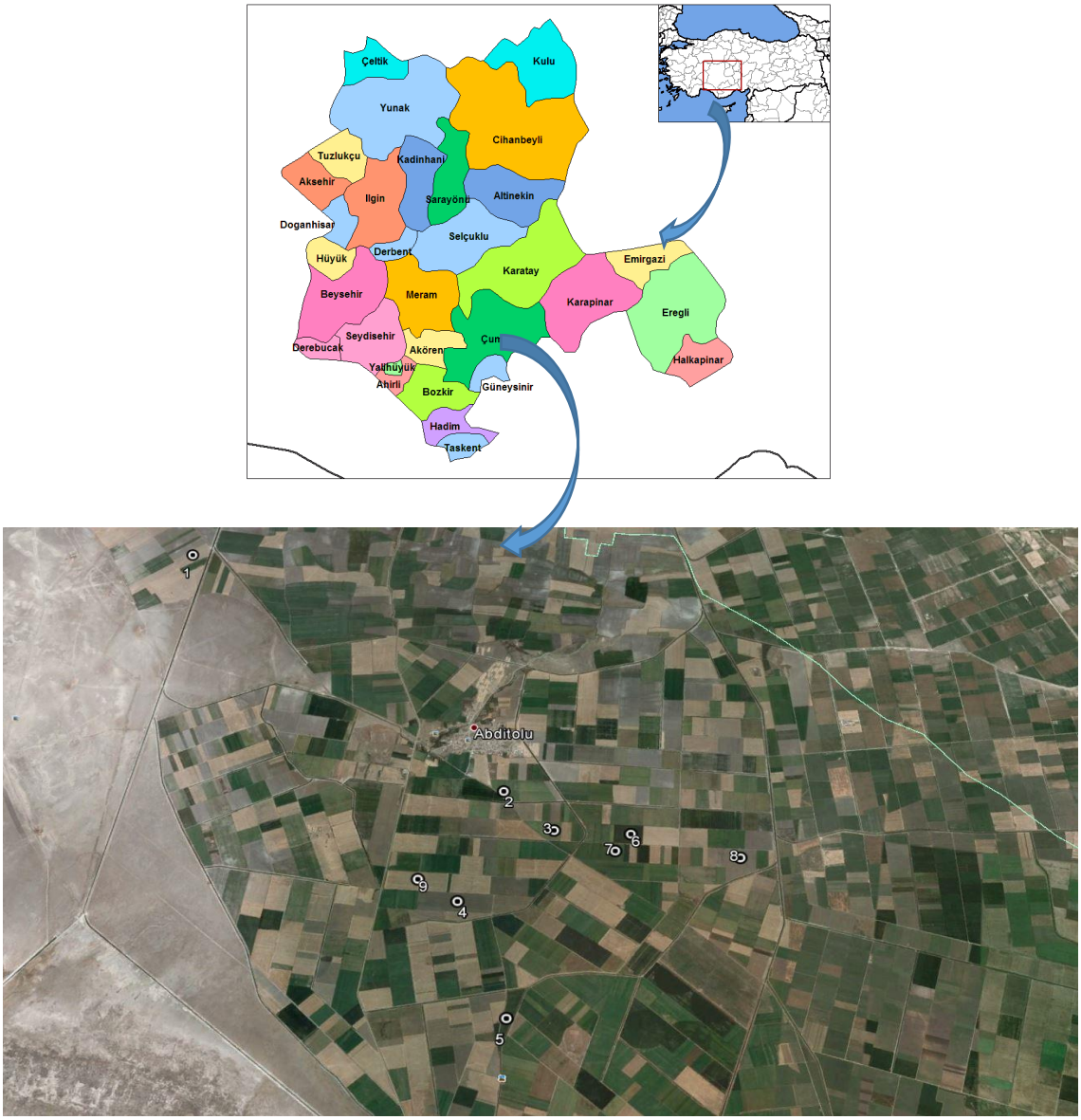
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Konya ilinde Çumra ilçesinde Abditolu köyünden farklı 9 şeker pancarı tarımı yapılan arazilerden alınıştır. Örnek noktalarının belirlenmesinde uzun süreli şekerpancarı tarımı yapılan alanlar dikkate alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı yerler şekilde gösterilmiştir (Şekil 3.1.). Çalışma alanının koordinatları aşağıda verilmiştir,

1. 37°45'36.54”K -- 32°42'18.16"D
2. 37°43'54.46"K -- 32°45'22.74"D
3. 37°43'39.00"K -- 32°45'50.00"D
4. 37°43'3.11"K -- 32°45'9.85"D
5. 37°42'16.65"K -- 32°45'41.51"D
6. 37°43'41.00"K -- 32°46'27.00"D
7. 37°43'32.69"K -- 32°46'20.61"D
8. 37°43'35.57"K -- 32°47'20.50"D
9. 37°43'10.88"K -- 32°44'49.32"D



Şekil. 3.1. Çalışma alanına ait yer buldur haritası.

3.1.1.1. İklim

Çumra'da yıllık ortalama yağış 317,7 mm olup, 42,3 mm ile Aralık ayı başta gelir. Yıllık yağış 4,6 mm ile 42,3 mm arasında değişir. İç Anadolu bölgesinin güney kısmında yer alan Çumra'da kışlar sert, soğuk ve kar yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 11,2°C'dir. Rastlanan en yüksek sıcaklık 39,3°C, en düşük ise -26,8°C'dir. Yılın ortalama buharlaşma 1005,9 mm, ortalama rüzgar hızı 0,9 m s^{-1} olarak ölçülmüştür (Anonim, 2004)

Konya kapalı havzasında bulunan Çumra, farklı ürünlerin bir arada yetiştirildiği geniş ürün desenine sahip önemli bir tarımsal merkezdir. Çumra ve çevresinde iklim kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Sonbahar ve ilkbahar ayları yağışların olduğu devrelerdir. Yaz sıcaklığı çoğu tarımsal ürünün yetiştirilmesine elverişlidir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Bu araştırmada toprak sıkışmasının yüzeysel ve toprağın alt katmanlarına yaptığı etkiyi araştırmak için 0-20 ve 20-40 cm olmak üzere 2 farklı derinlikten bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri toprak küreği yardımıyla 0-20 ve 20-40 cm farklı olmak üzere dokuz farklı araziden örnek noktaları araziyi en iyi temsil edecek şekilde alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri ise yine 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden 4 tekerrürlü olacak şekilde bozulmamış örnek alma silindirleri yardımıyla alınmıştır. Toplamda farklı derinlikte 18 bozulmuş örnek ile farklı derinlikte 72 adet ise bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri ise 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerden arazilerin farklı noktalarından alınarak harmanlanmıştır. Laboratuvar analizlerinde kullanılacak örnekler ilk olarak kuruması sağlandıktan sonra 2 mm' lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. Penetrasyon Direnç Ölçümleri

Penetrasyon direnç ölçümleri Eijkelkamp firması tarafından üretilen penetrologger yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.2). Penetrologger özellikle toprakların penetrasyon dirençlerini ölçmek ve bu değerleri dijital ortama aktarmak için geliştirilmiş bir alettir. Penetrometre toprağın 0-80 cm'lik profili boyunca her 1cm de penetrasyon direncini belirler. Penetrometre okumaları 4 farklı dönemde yapılmıştır. Ekim öncesi, ekim sonrası, gelişme dönemi ve hasat sonrası olmak üzere 4 farklı zamanda yapılmıştır. Penetrasyon direnç değerleri düşey doğrultuda 80 cm derinliğe kadar her 1 cm'de dijital olarak kaydedilmiş ve veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.3). Ölçümlerde taban alanı 1 cm^2 olan koni şeklinde uç kullanılmıştır. Bu ölçümler araziden 5 tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Arazinin traktör dönüş noktalarına ve traktör lastik izlerine dikkat edilmiş ve bu yerlerden ölçüm yapılmamıştır.



Şekil 3.2.Arazide penetrasyon çalışması



Şekil 3.3. Arazide penetrasyon ölçümü

3.2.3. Laboratuvar analizleri

3.2.3.1. Fiziksel analizler

Tekstür: Toprak tekstürünün belirlenmesinde Bouyoucos hidrometre yöntemi kullanılmıştır (Demiralay,1993).

Tarla Kapasitesi: Basınç tablası kullanılarak, 1/3 bar basınçta toprakta tutulan nem yüzdesi olarak belirlenmiştir (Demiralay,1993).

Solma Noktası: Basınç membranı aleti kullanılarak, 15 bar basınçta toprakta tutulan nem yüzdesi olarak hesaplanmıştır (Demiralay,1993).

Faydalı Su Kapasitesi: Tarla kapasitesi değerinden devamlı solma yüzdesi değeri çıkarılarak bulunmuştur (Demiralay,1993).

Dispersiyon Oranı: Dispers edilmeden önce ve sonra topraktaki silt+kil fraksiyonlarının hidrometre okumalarında elde edilen veriler kullanılarak tespit edilmiştir (Ngatunga ve ark. 1984).

Agregat Stabilitesi: Toprak örneklerinin agregat stabilitesi değerinin belirlenmesinde "ıslak eleme yöntemi" kullanılmıştır. Çapları 1-2 mm olan toprak agregatları 0.25 mm'lik elek üzerine aktarılmış, beş dakika su içerisinde ıslatılmış ve yine beş dakika su içerisinde elenmiştir. Eleklerin dalış uzunluğu 5.5 cm ve dalış sıklığı 30 devir/dak olarak seçilmiştir (Kemper, 1965).

Kırılma Değeri: Toprak örneklerinin kırılma değerini belirlemede kırılma modülü metodu kullanılmıştır (Richards, 1954).

Hacim Ağırlığı: Bozulmamış örneklerde silindir metoduna göre yapılmıştır (Demiralay, 1993).

3.2.3.2. Kimyasal analizler

pH: Toprakların pH değerlerinin ölçümü 1:1'lik toprak-su karışımında cam elektrodlu pH metre kullanılarak yapılmıştır (Kacar, 2009).

Elektriki İletkenlik (EC): Toprakların EC ölçümleri 1:1'lik toprak-su karışımında iletkenlik aleti kullanılarak yapılmıştır (Kacar, 2009).

Kireç ($CaCO_3$) : Örneklerin kireç içerikleri "Scheibler Kalsimetresi" ile hacimsel olarak belirlenmiştir (Kacar, 2009).

Organik Madde: Organik maddenin oksidasyonu esasına dayanan "Smith Weldon" yöntemi uygulanarak tayin edilmiştir (Kacar, 2009).

3.3. İstatistiki analizler

Araştırmada elde edilen sayısal değerler varyans analizine tabi tutularak, önemli çıkanlara LSD testi uygulanmıştır (Yurtseven, 1984).

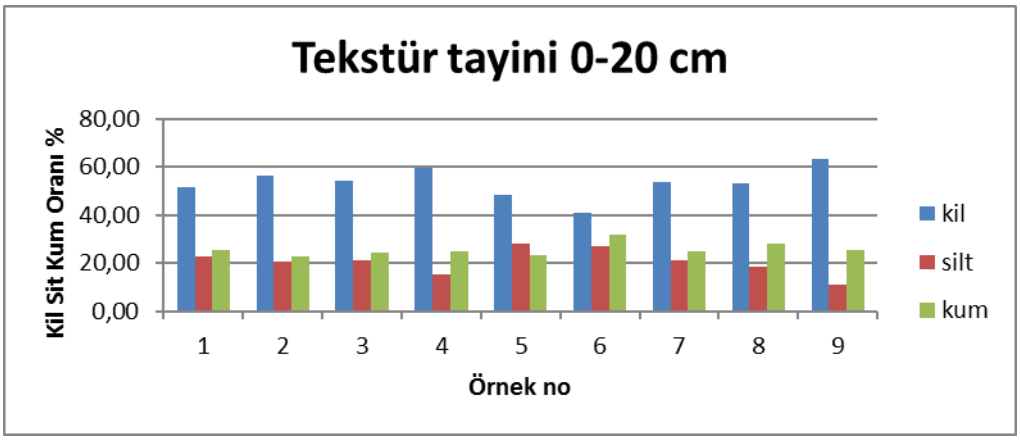
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

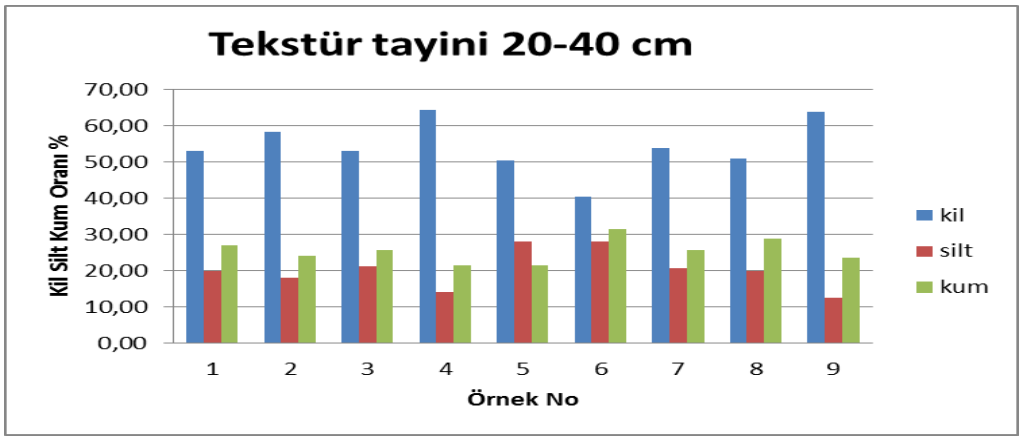
4.1 Toprakların Tekstürü

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerinden alınan örneklerde yapılan tekstür tayini sonuçları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Buna göre, kil içeriği %41,06 ile %63,06 arasında, silt içeriği %11,33 ile %28,00 arasında, kum içeriği %22,90 ile %31,60 arasında değişmiştir. İkinci derinlikten 20-40 cm'de alınan örneklerin kil içerikleri %40,40 ile 64,40 arasında, silt içerikleri %12,66 ile %28,00 arasında, kum içerikleri %21,60 ile % 31,60 arasında bulunmuştur. Alınan bütün topraklar tekstür sınıfı kil çıkmıştır.

Çizelge 4.1. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki tekstür tayin sonuçları

	Tekstür tayini							
	0-20 cm				20-40 cm			
Örn no	Kil	Silt	Kum	Tekstür sınıfı	Kil	Silt	Kum	Tekstür sınıfı
1	51,73	22,66	25,60	C	53,06	20,00	26,90	C
2	56,40	20,66	22,90	C	58,40	18,00	24,20	C
3	54,40	21,30	24,26	C	53,00	21,30	25,60	C
4	59,73	15,30	24,93	C	64,40	14,00	21,60	C
5	48,40	28,00	23,60	C	50,40	28,00	21,60	C
6	41,06	27,30	31,60	C	40,40	28,00	31,60	C
7	53,73	21,33	24,93	C	53,73	20,66	25,60	C
8	53,06	18,66	28,26	C	51,06	20,00	28,93	C
9	63,06	11,33	25,60	C	63,73	12,66	23,60	C





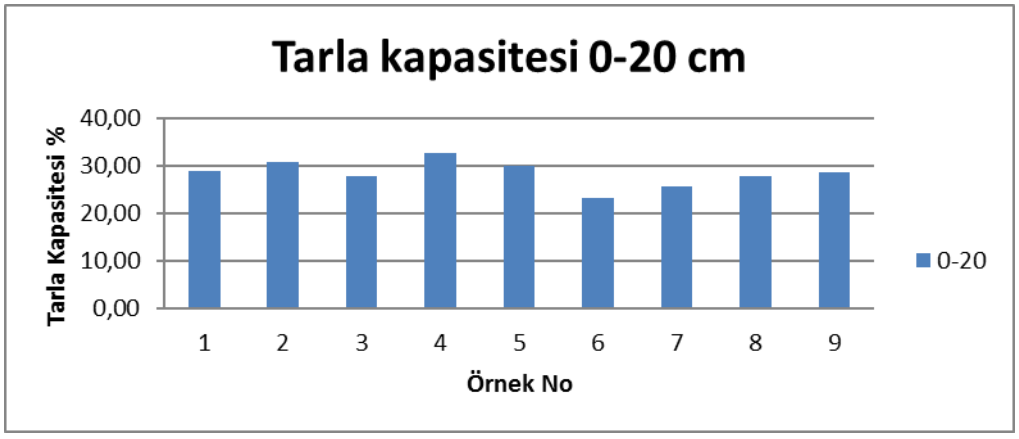
Şekil 4.1. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki kil, silt ve kum grafikleri

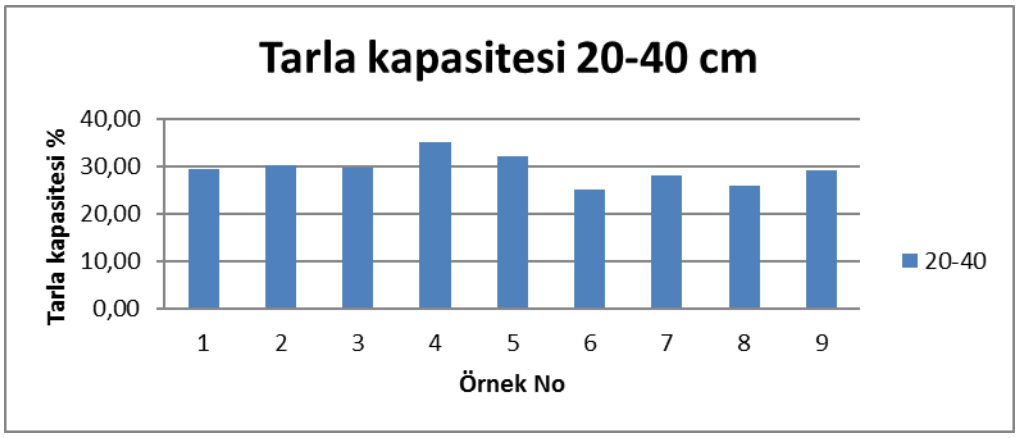
4.2. Toprakların Tarla Kapasitesi (TK)

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin TK sonuçları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Araştırma konusu topraklarda ağırlık esasına göre TK değerleri 0-20 cm derinlikte tarla kapasitesi içeriği % 23,10 ile % 32,67 arasında 20-40 cm derinlikte ise % 24,20 ile %36,67 arasında değişim göstermiştir. En düşük TK değeri % 23,10 ile 6 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek tarla kapasitesi değeri de % 32,67 ile 4 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.2. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki TK değerleri

	TK (%)								
Örn no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-20	28,85	30,84	27,74	32,67	29,91	23,10	25,60	27,85	28,64
20-40	29,29	30,31	29,79	36,67	34,12	24,20	28,04	25,76	29,26





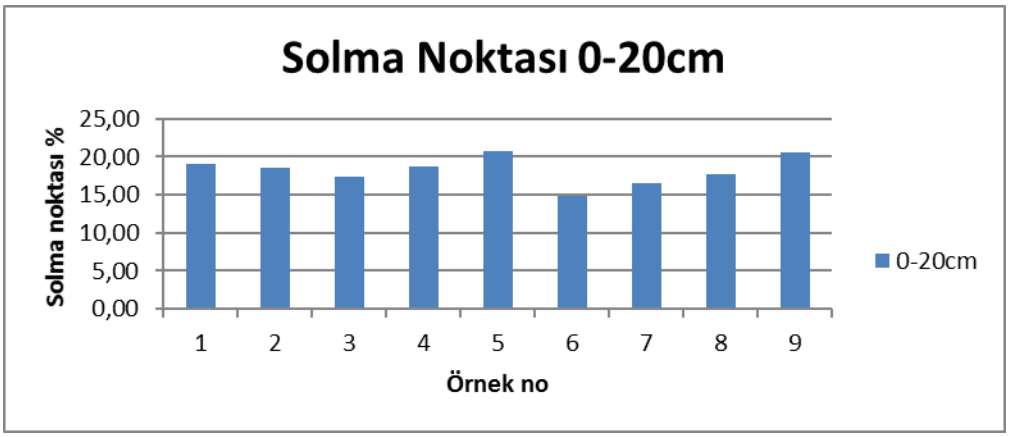
Şekil 4.2. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki TK grafikleri

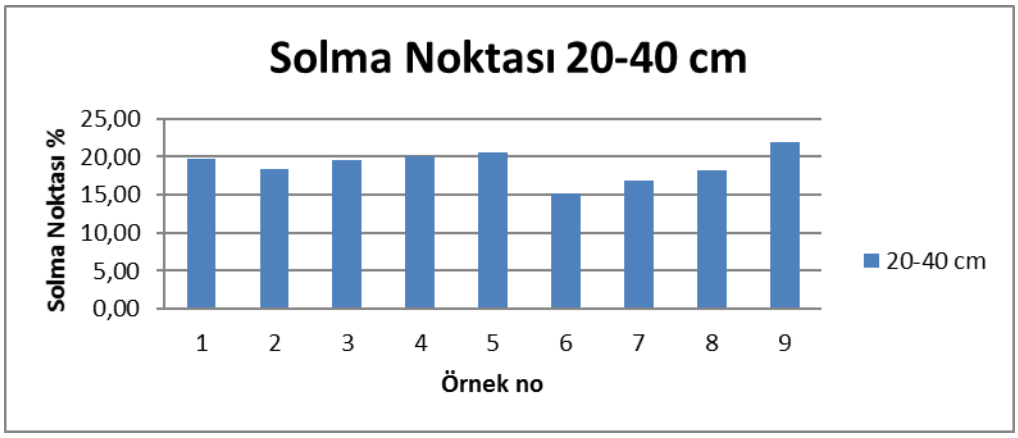
4.3. Toprakların Solma Noktası (SN)

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin SN sonuçları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3'de verilmiştir. Ağırlık esasına göre solma noktası içeriği 0-20 cm derinlikte % 14,86 ile % 20,74 arasında, 20-40 cm derinlikte ise % 15,23 ile %21,89 arasında değişim göstermiştir. En düşük solma noktası değeri % 14.86 ile 6 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek solma noktası değeri ise % 20,74 ile 5 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki SN değerleri

	SN (%)								
Örn no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-20	19,03	18,60	17,44	18,77	20,74	14,86	16,51	17,78	20,54
20-40	19,64	18,32	19,60	20,13	20,54	15,23	16,78	18,16	21,89





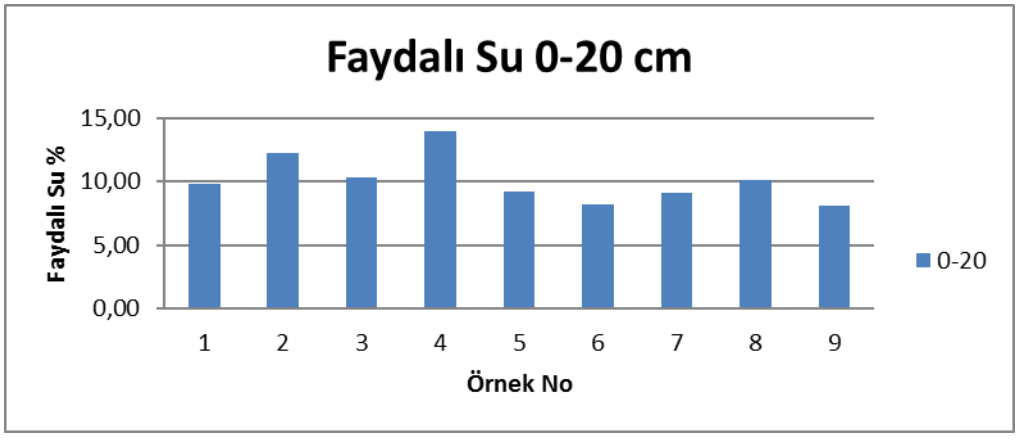
Şekil 4.3. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki SN grafikleri

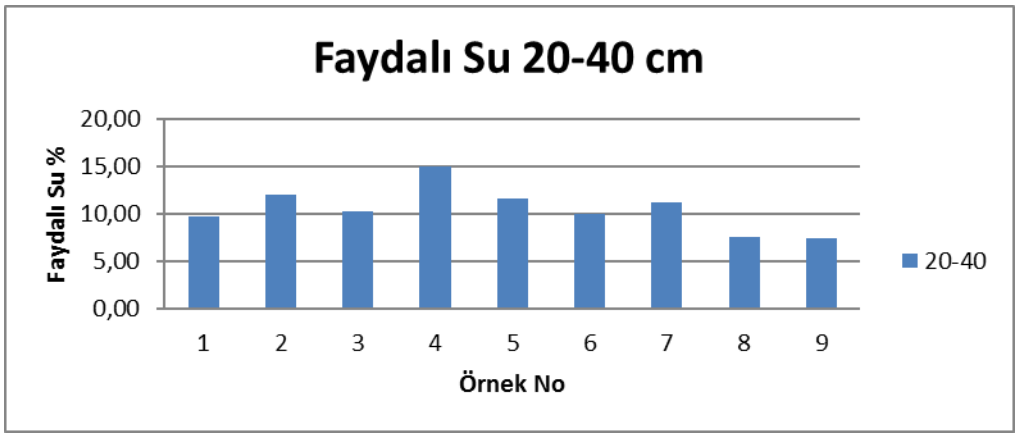
4.4. Toprakların Faydalı Su (FS) kapsamları

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin FS sonuçları Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'de verilmiştir. Ağırlık esasına göre faydalı su içeriği 0-20 cm derinlikte % 8,10 ile % 13,91 arasında, 20-40 cm derinlikte ise % 7,37 ile % 15,03 arasında değişim göstermiştir. En düşük faydalı su içeriği % 8,10 ile 9 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek faydalı su içeriği ise % 13,91 ile 4 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.4. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki FS değerleri

	FS (%)								
Örn no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-20	9,82	12,24	10,30	13,91	9,16	8,24	9,09	10,07	8,10
20-40	9,66	12,01	10,18	15,03	11,66	9,97	11,26	7,60	7,37





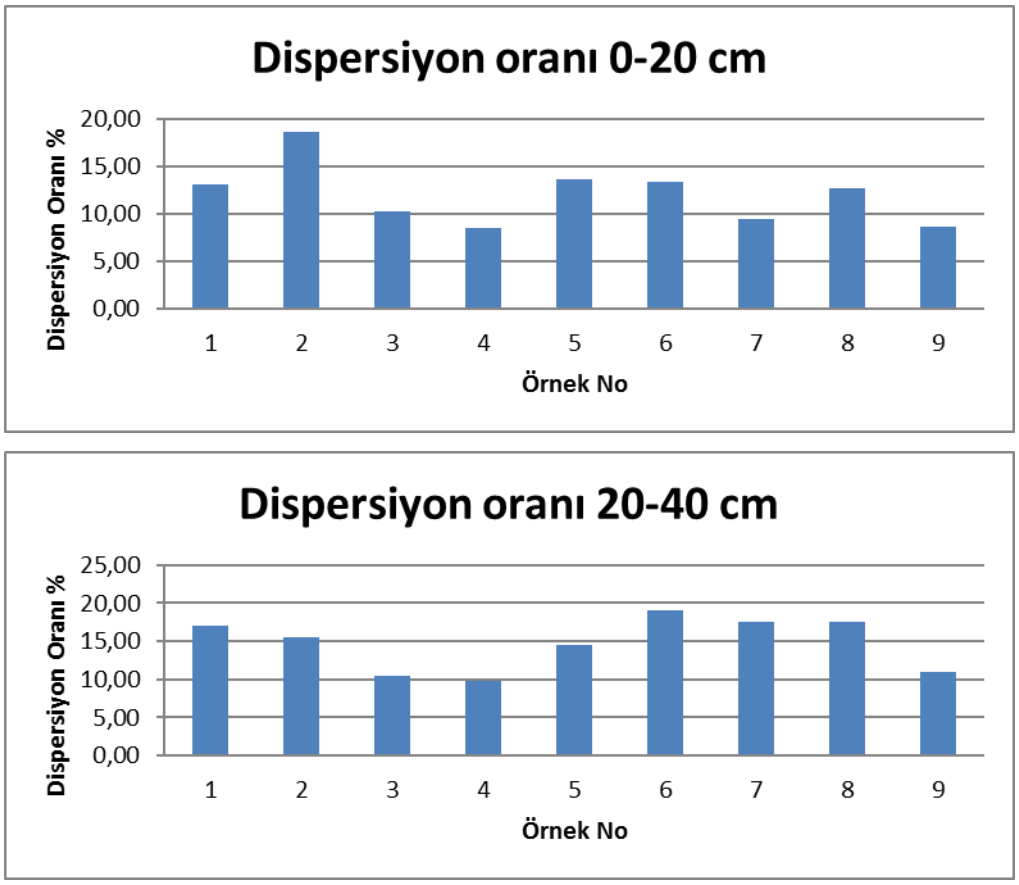
Şekil 4.4. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki FS grafikleri

4.5. Toprakların Dispersiyon Oranları (DO)

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin DO sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'de verilmiştir. Topraklarda dispersiyon oranı değerleri 0-20 cm derinlikte % 8,53 ile % 18,67 arasında, 20-40 cm derinlikte ise % 9,85 ile % 19,10 arasında değişmektedir. 0-20 cm derinlikte en düşük dispersiyon oranı 4 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek dispersiyon oranı 2 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.5. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki DO değerleri

	DO (%)	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	13,06	16,98
2	18,67	15,50
3	10,20	10,39
4	8,53	9,85
5	13,61	14,49
6	13,29	19,10
7	9,40	17,56
8	12,63	17,48
9	8,60	11,00



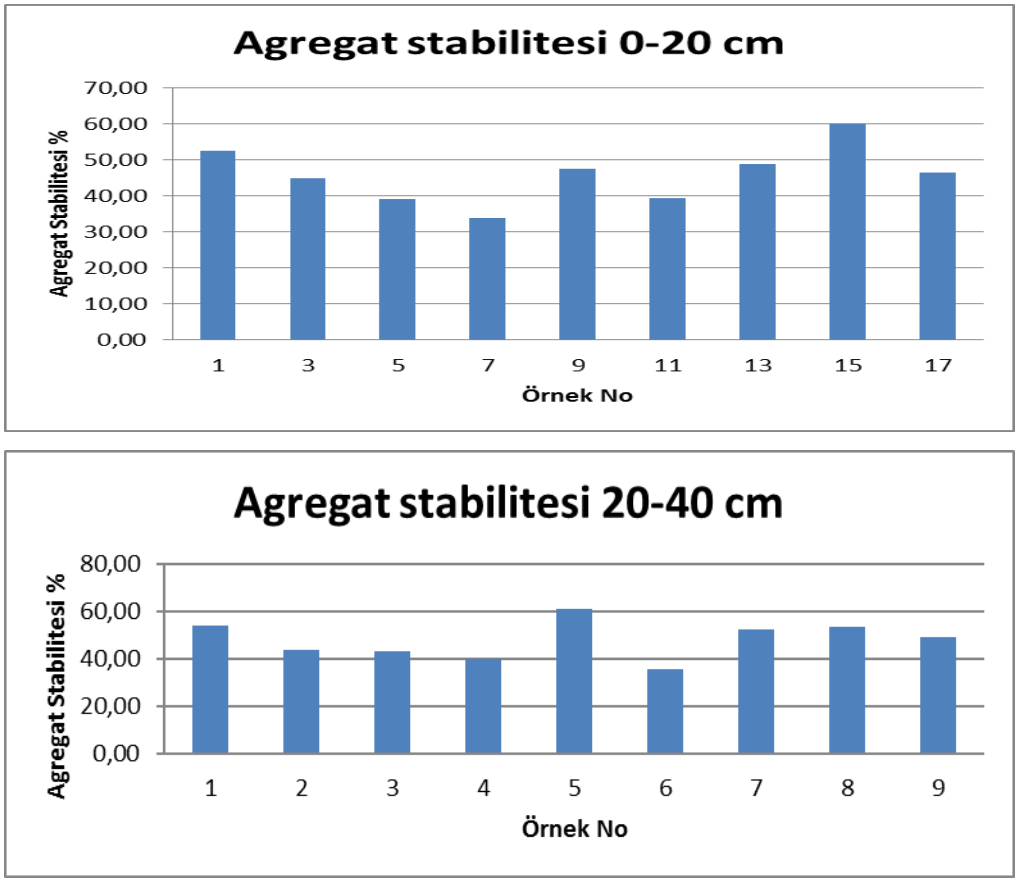
Şekil 4.5. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki DO grafikleri

4.6. Toprakların Agregat Satabilitesi (AS)

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin AS sonuçları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'de verilmiştir. Toprakların agregat stabilitesi değerleri 0-20 cm derinlikte % 33,93 ile % 60,05 arasında, 20-40 cm derinlikte ise % 35,76 ile 60,95 arasında değişmektedir. 0-20 cm derinlikte en düşük agregat stabilitesi değeri 4 numaralı toprakta, en yüksek agregat stabilitesi değeri 8 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.6. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki AS değerleri

	AS (%)	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	52,41	54,16
2	44, 82	43,87
3	39,04	43,11
4	33,93	39,86
5	47,44	60,95
6	39,33	35,76
7	48,86	52,44
8	60,05	53,63
9	46,61	48,90



Şekil 4.6. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki AS grafikleri

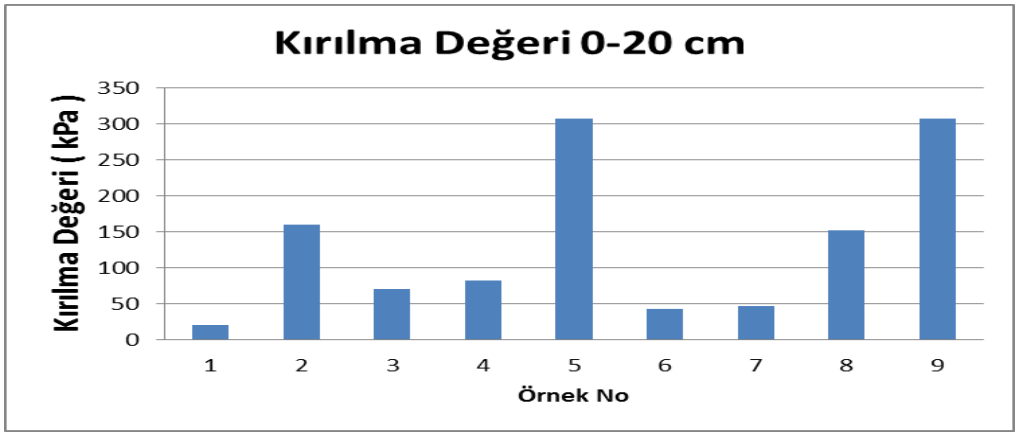
4.7. Toprakların Kırılma Değerleri (KD)

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 cm derinlikten alınan örneklerin KD sonuçları Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Toprakların kırılma değerleri 19,94 MPa ile 308,07 MPa arasında değişmektedir. En düşük kırılma değeri 1 numaralı tarladan alınan örnekten ölçülürken, en yüksek kırılma değeri 9 numaralı tarladan alınan örneklerde ölçülmüştür. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi, özellikle 2, 5, 8 ve 9 numaralı arazilerde, yağışlı bir dönemi takip eden kurak ve sıcak bir dönem sonucunda

yüzeyinde sıkı bir kaymak tabakası oluşacağı ve sürgün çıkışı için problem yaratabileceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.7. Araştırma topraklarının 0-20 cm derinlikteki kırılma değerleri

KD (MPa)	
Örnek no	0-20 cm derinlik
1	19,94
2	159,57
3	70,78
4	82,03
5	307,42
6	43,23
7	46,26
8	152,47
9	308,07



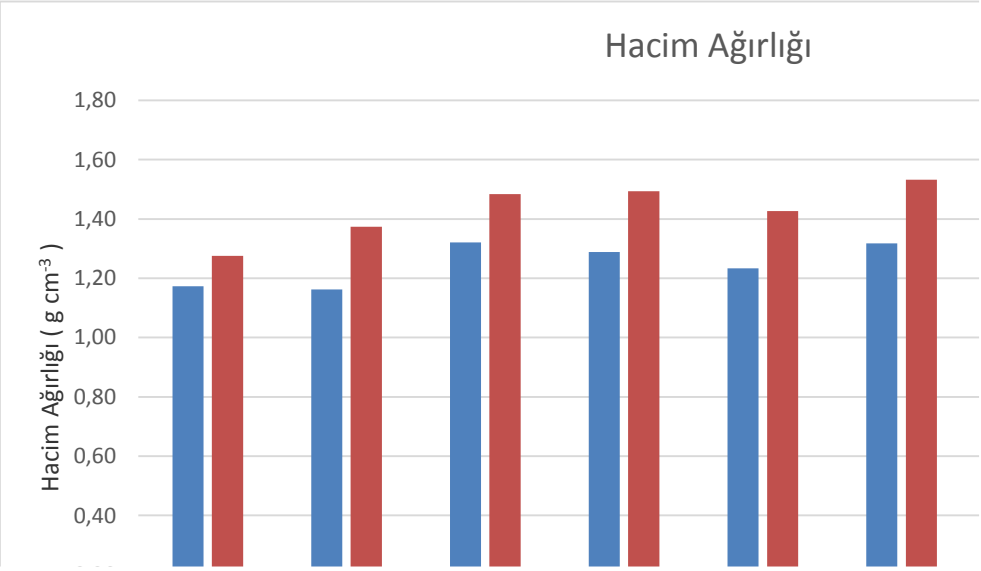
Şekil 4.7. Araştırma topraklarının 0-20 cm derinlikteki KD grafikleri

4.8. Toprakların Hacim Ağırlığı Değerleri (Pb)

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden ekim öncesi dönemde alınan örneklerin hacim ağırlıkları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8'da verilmiştir. Toprakların hacim ağırlığı 0-20 cm derinlikte 1,16 g cm^{-3} ile 1,32 g cm^{-3} arasında değişmekte, 20-40 cm derinlikte ise 1,28 g cm^{-3} ile 1,53 g cm^{-3} arasında değişmektedir. 0-20 cm derinlikte en düşük hacim ağırlığı 2 numaralı toprakta, en yüksek hacim ağırlığı 6 numaralı toprakta, 20-40 cm derinlikte ise en düşük hacim ağırlığı 1 numaralı toprakta, en yüksek hacim ağırlığı ise 6 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.8. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki hacim ağırlığı

	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	1,17	1,28
2	1,16	1,37
3	1,32	1,48
4	1,29	1,49
5	1,23	1,43
6	1,32	1,53
7	1,30	1,48
8	1,29	1,36
9	1,23	1,43



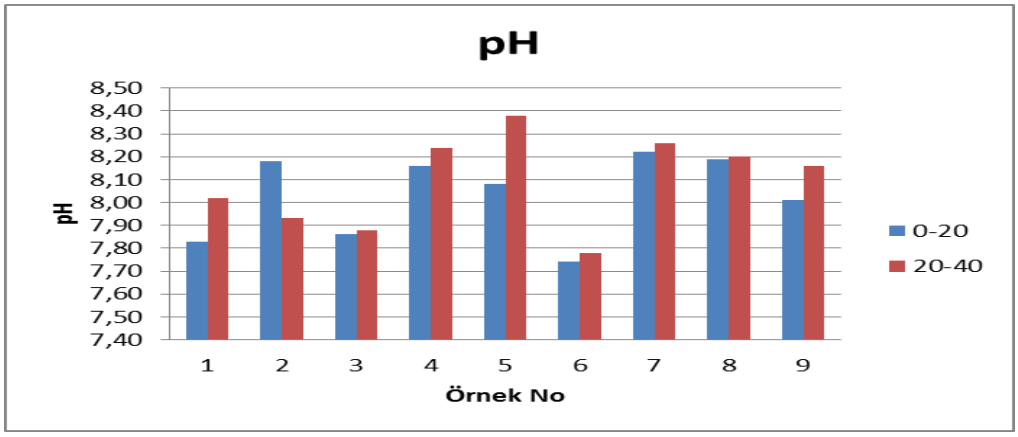
Şekil 4.8. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki hacim ağırlığı grafikleri

4.9. Toprakların pH Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin pH sonuçları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9'de verilmiştir. Topraklarda pH değerleri 0-20 cm derinlikte 7,74 ile 8,22 arasında, 20-40 cm derinlikteki 7,78 ile 8,38 arasında değişmektedir. En düşük pH değeri 0-20 cm derinlikte 6 numaralı toprakta, en yüksek pH değeri 0-20 cm derinlikte 8 numaralı toprakta ölçülmüştür. Buna göre araştırma konusu topraklarda orta ve kuvvetli derecede alkalin bir reaksiyon göstermektedir.

Çizelge 4.9. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki pH değerleri

	pH	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	7,83	8,02
2	8,18	7,93
3	7,86	7,88
4	8,16	8,24
5	8,08	8,38
6	7,74	7,78
7	8,22	8,26
8	8,19	8,20
9	8,01	8,16



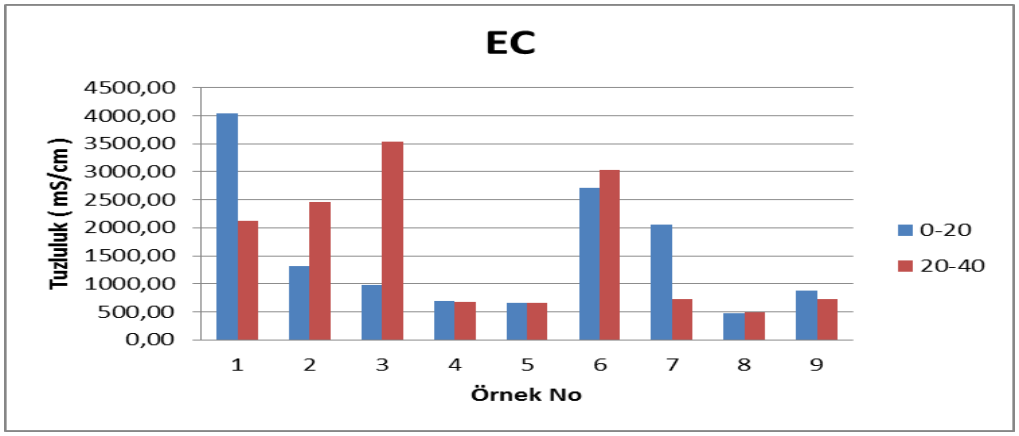
Şekil 4.9. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki pH grafikleri

4.10. Toprakların Elektrik İletkenlik (EC) Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin EC sonuçları Çizelge 4.10 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Toprakların EC değerleri 0-20 cm derinlikte 479 mS/cm ile 4041 mS/cm arasında, 20-40 cm derinlikte ise 484 mS/cm ile 3540 mS/cm arasında değişmektedir. En düşük EC değeri 8 numaralı toprakta, en yüksek EC değeri 1 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.10. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki EC değerleri

	EC (mS/cm)	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	4041	2117
2	1309	2460
3	974	3540
4	701	680
5	659	657
6	2717	3030
7	2051	720
8	479	484
9	886	722



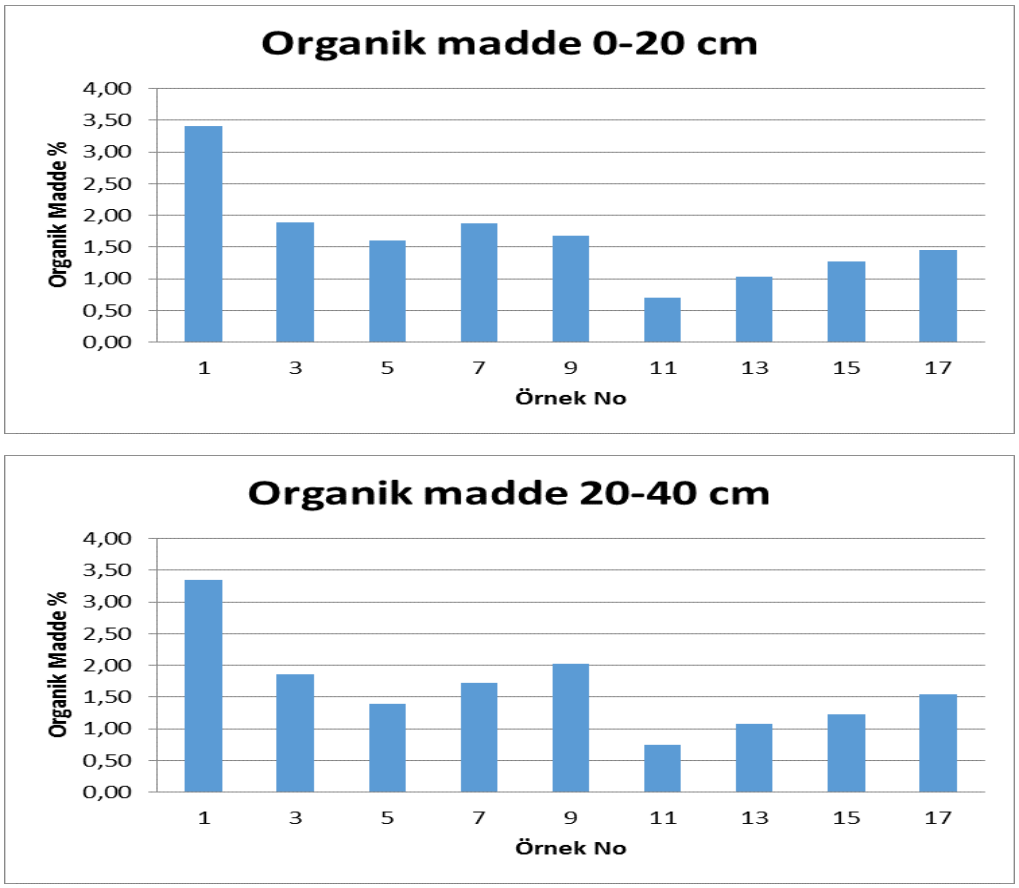
Şekil 4.10. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki EC grafikleri

4.11. Toprakların Organik Madde (OM) İçerikleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin OM sonuçları Çizelge 4.11 ve Şekil 4.11'da verilmiştir. Araştırma konusu topraklarda organik madde içeriği 0-20 cm derinlikte % 0,70 ile % 3,40 arasında, 20-40 cm derinlikte ise % 0,75 ile % 3,35 arasında değişmektedir. En düşük organik madde içeriği % 0,70 ile 6 numaralı toprakta, en yüksek organik madde içeriği %3,40 ile 1 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.11. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki OM değerleri

	Organik madde (%)	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	3,40	3,35
2	1,89	1,86
3	1,61	1,39
4	1,88	1,72
5	1,68	2,03
6	0,70	0,75
7	1,03	1,07
8	1,27	1,23
9	1,46	1,54



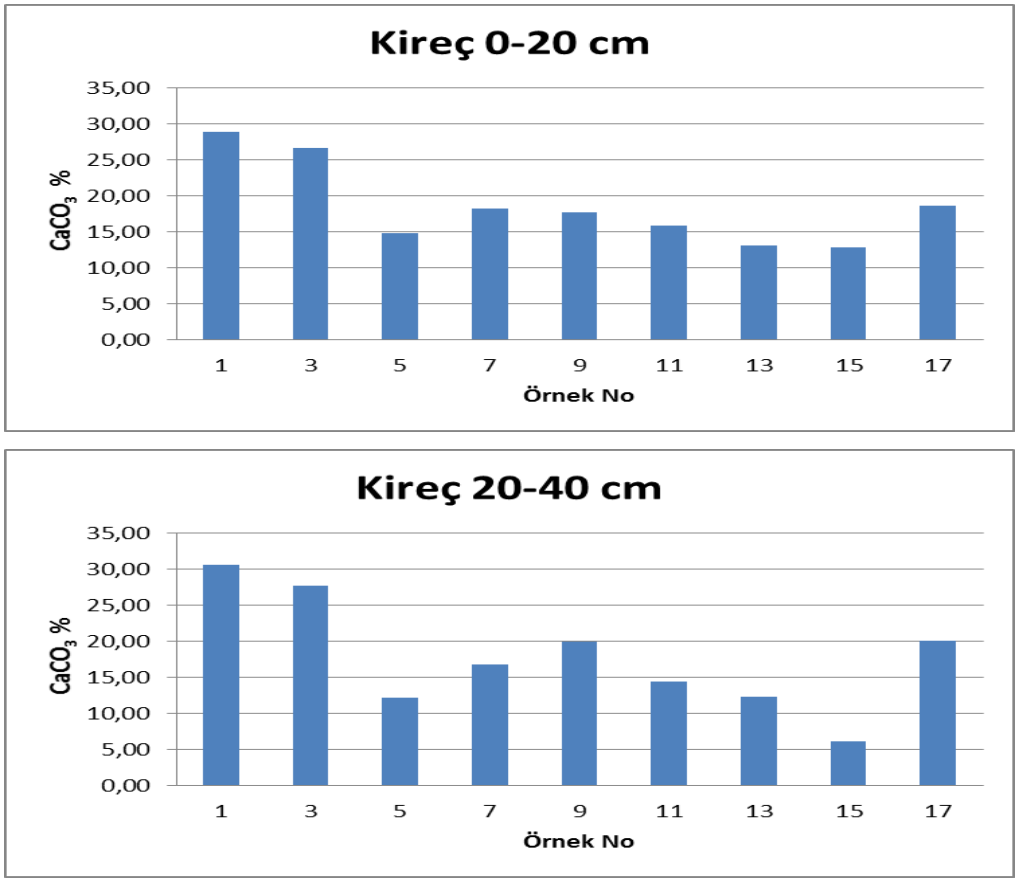
Şekil 4.11. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki OM grafikleri

4.12. Toprakların Kireç İçerikleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan örneklerin kireç içerikleri Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12'da verilmiştir. Toprakların kireç içeriği 0-20 cm derinlikte % 12,81 ile % 28,92 arasında değişmekte, 20-40 cm derinlikte ise % 6,19 ile % 30,55 arasında değişmektedir. En düşük kireç 0- 20 cm derinlikte içeriği % 12,81 ile 8 numaralı toprakta, en yüksek kireç içeriği 0-20 cm derinlikte 28,92 ile 1 numaralı toprakta ölçülmüştür.

Çizelge 4.12. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki kireç içerikleri

	Kireç (%)	
Örnek no	0-20 cm derinlik	20-40 cm derinlik
1	28,92	30,55
2	26,62	27,77
3	14,80	12,24
4	18,30	16,75
5	17,66	19,91
6	15,87	14,39
7	13,05	12,36
8	12,81	6,19
9	18,70	20,11



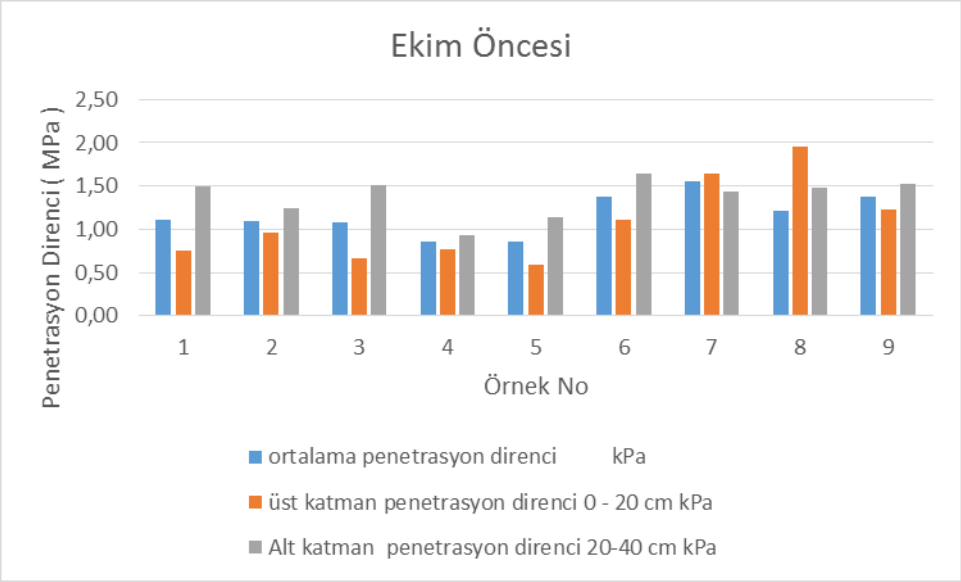
Şekil 4.12. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki kireç grafikleri

4.13. Toprakların Ekim Öncesi (EÖ) Penetrasyon Direnci (PD) Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, şeker pancarı ekimi öncesi 0-20 ve 20-40 cm derinliklerde ölçülen ortalama penetrsyon dirençleri Çizelge 4.13 ve Şekil 4.13'de verilmiştir. Toprakların 0-20 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri 0,59 MPa ile 1,95 MPa arasında değişirken, 20-40 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri ise 0,93 MPa ile 1,64 MPa arasında değişmiştir. En düşük ortalama penetrasyon direnci 4 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek ortalama penetrasyon direnci 7 numaralı toprakta ölçülmüştür. Yedi toprak örneğinde alt katman penetrsyon direnci üst katmam penetrasyon direncinden daha yüksek çıkarken, iki toprak örneğinde üst katman penetrsyon direnci daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedenin olarak tarla trafiğine bağlı yüzeysel sıkışma gösterilebilir. Alt ve üst katman dikte alındığında ise iki toprağın ortalamam penetrasyon direnci 1 MPa altında iken, diğer yedi örneğin ortalamam penetrasyon direnci 1 MPa'ın üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 4.13. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki ekim öncesi penetrasyon dirençleri

Ölçüm noktası	Üst katman penetrasyon direnci 0 – 20 cm MPa	Alt katman penetrasyon direnci 20 - 40 cm MPa	Ortalama penetrasyon direnci MPa
1	0,75	1,50	1,11
2	0,96	1,25	1,10
3	0,66	1,51	1,08
4	0,77	0,93	0,85
5	0,59	1,14	0,85
6	1,11	1,64	1,37
7	1,65	1,44	1,55
8	1,95	1,48	1,21
9	1,23	1,52	1,37
Ortalama	**1,07**	**1,38**	**1,17**



Şekil 4.13. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki ekim öncesi penetrasyon grafikleri

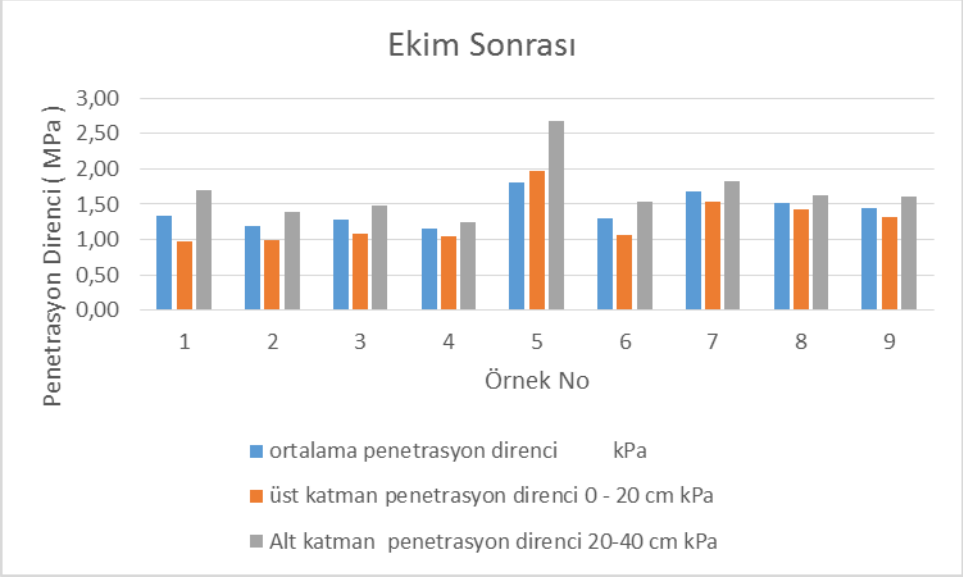
4.14. Toprakların Ekim Sonrası (ES) Penetrasyon Direnci Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, şeker pancarı ekimi sonrası 0-20 ve 20-40 cm derinliklerde ölçülen ortalama penetrsyon dirençleri Çizelge 4.14 ve Şekil 4.14'de verilmiştir. Toprakların 0-20 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri 0,98 MPa ile 1,97 MPa arasında değişirken, 20-40 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri ise 1,24 MPa ile 2,67 MPa arasında değişmiştir. En düşük ortalama penetrasyon direnci 1 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek ortalama penetrasyon direnci 5 numaralı

toprakta ölçülmüştür. Tüm toprak örneklerinde alt katman penetrsyon direnci üst katmam penetrasyon direncinden daha yüksek çıkmıştır. Alt ve üst katman dikte alındığında ise dokuz toprağın da ortalama penetrsyon direnci 1 MPa'ın üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 4.14. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki ekim sonrası penetrasyon dirençleri

Ölçüm noktası	Üst katman penetrasyon direnci 0 – 20 cm MPa	Alt katman penetrasyon direnci 20 - 40 cm MPa	Ortalama penetrasyon direnci MPa
1	0,98	1,70	1,33
2	1,00	1,39	1,19
3	1,08	1,48	1,28
4	1,05	1,24	1,15
5	1,97	2,67	1,80
6	1,07	1,54	1,30
7	1,54	1,82	1,68
8	1,43	1,62	1,52
9	1,31	1,60	1,45
Ortalama	**1,27**	**1,67**	**1,41**



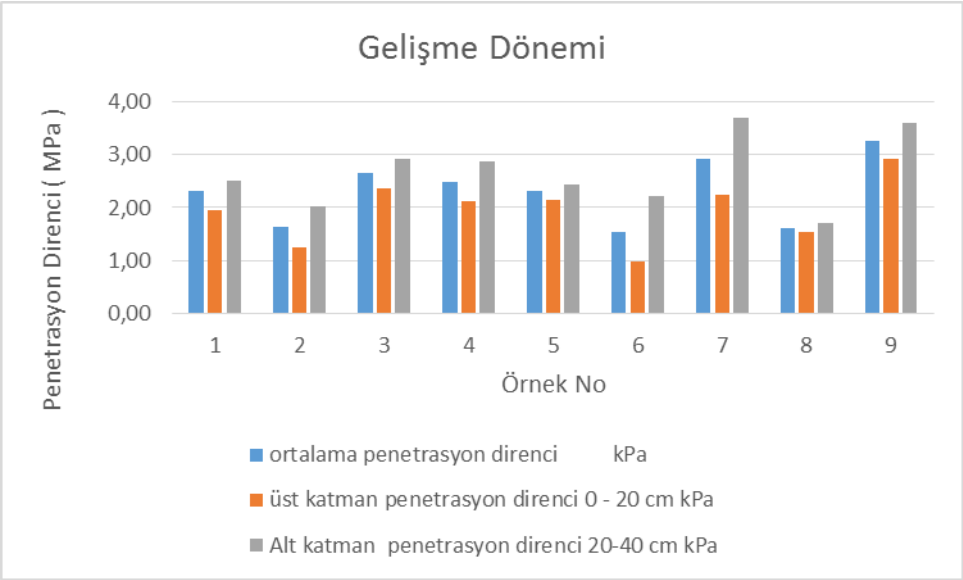
Şekil 4.14. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki ekim sonrası penetrasyon grafikleri

4.15. Toprakların Gelişme Dönemi (GD) Penetrasyon Direnci Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, şeker pancarı gelişme dönemi 0-20 ve 20-40 cm derinliklerde ölçülen ortalama penetrsyon dirençleri Çizelge 4.15 ve Şekil 4.15'da verilmiştir. Toprakların 0-20 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri 0,99 MPa ile 2,93 MPa arasında değişirken, 20-40 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri ise 1,70 MPa ile 3,70 MPa arasında değişmiştir. En düşük ortalama penetrasyon direnci 6 numaralı toprakta ölçülürken, en yüksek ortalama penetrasyon direnci 9 numaralı toprakta ölçülmüştür. Dokuz toprak örneğinde alt katman penetrsyon direnci üst katmam penetrasyon direncinden daha yüksek çıkmıştır. Alt ve üst katman dikte alındığında ise dokuz toprağın da ortalama penetrasyon direnci 1 MPa'ın üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 4.15. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki gelişme dönemi penetrasyon dirençleri

Ölçüm noktası	Üst katman penetrasyon direnci 0 – 20 cm MPa	Alt katman penetrasyon direnci 20 - 40 cm MPa	Ortalama penetrasyon direnci MPa
1	1,96	2,50	2,31
2	1,26	2,03	1,63
3	2,37	2,91	2,64
4	2,13	2,87	2,49
5	2,15	2,43	2,31
6	0,99	2,21	1,54
7	2,23	3,70	2,92
8	1,54	1,70	1,62
9	2,93	3,60	3,26
Ortalama	**1,95**	**2,66**	**2,30**



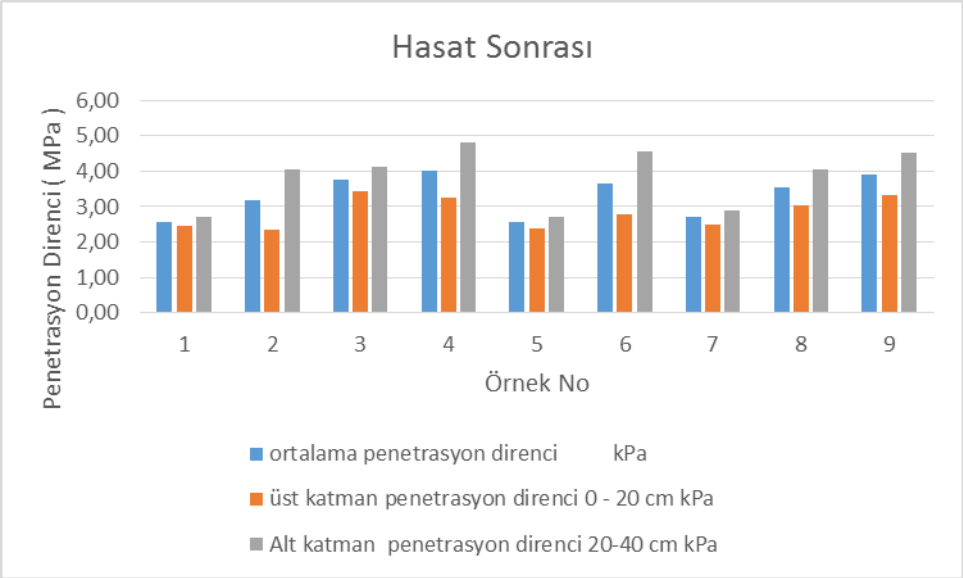
Şekil 4.15. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki gelişme dönemi penetrasyon grafikleri

4.16. Toprakların Hasat Sonrası (HS) Penetrasyon Direnci Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, şeker pancarı hasat sonrası 0-20 ve 20-40 cm derinliklerde ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri Çizelge 4.16 ve Şekil 4.16'da verilmiştir. Toprakların 0-20 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri 2,36 MPa ile 3,42 MPa arasında değişirken, 20-40 cm derinlikteki ortalama penetrasyon dirençleri ise 2,70 MPa ile 4,82 MPa arasında değişmiştir. En düşük ortalama penetrasyon direnci 1 ve 5 numaralı topraklarda ölçülürken, en yüksek ortalama penetrasyon direnci 4 numaralı toprakta ölçülmüştür. Dokuz toprak örneğinde alt katman penetrasyon direnci üst katmam penetrasyon direncinden daha yüksek çıkmıştır. Alt ve üst katman dikte alındığında ise dokuz toprağın da ortalama penetrasyon direnci 1 MPa'ın üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 4.16. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki hasat sonrası penetrasyon dirençleri

Ölçüm noktası	Üst katman penetrasyon direnci 0 – 20 cm MPa	Alt katman penetrasyon direnci 20 - 40 cm MPa	Ortalama penetrasyon direnci MPa
1	2,44	2,70	2,57
2	2,36	4,06	3,19
3	3,42	4,14	3,77
4	3,24	4,82	4,01
5	2,37	2,72	2,57
6	2,79	4,56	3,65
7	2,50	2,90	2,70
8	3,04	4,05	3,53
9	3,34	4,52	3,91
Ortalama	**2,83**	**3,83**	**3,32**



Şekil 4.16. Araştırma topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerdeki hasat sonrası penetrasyon dirençleri grafikleri

4.17. Toprakların Dört Farklı Dönemdeki Ortalama Penetrasyon Direnci Değerleri

Araştırma konusu 9 adet toprakta, farklı dönemlerde, 0-20 cm derinlikte, ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri değerleri ile LSD testine göre gruplandırılmaları Çizelge 4.17'da, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çalışma topraklarında 0-20 cm derinlikte farklı dönemlerde ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p<0,000$ seviyesinde önemli çıkmıştır. En yüksek ortalama penetrasyon direnci 2,83 MPa ile hasat sonu ölçülürken, bunun 1,95

MPa ortalama penetrasyon direnci ile gelişme dönemi takip etmiştir. Ekim öncesi ve ekim sonrası ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık önemsiz çıkmış ve sırasıyla; 1,07 MPa ve 1,27 MPa olarak bulunmuştur

Çizelge 4.17. Araştırma topraklarının farklı dönemlerde 0-20 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri değerleri ve LSD gurupları

Dönem	Tekerrür	Ortalama	Standart Sapma
Ekim Öncesi	9	1,07c	0,4665
Ekim Sonrası	9	1,27c	0,3301
Gelişme Dönemi	9	1,95b	0,5972
Hasat Sonrası	9	2,83a	0,4352

Çizelge 4.18. Araştırma topraklarının farklı dönemlerde 0-20 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri varyan analizi sonucu

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Dönem	3	17,070	5,690	26,08	0,000
Hata	32	6,981	0,218		
Toplam	35	24,051			

Araştırma konusu 9 adet toprakta, farklı dönemlerde, 20-40 cm derinlikte, ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri değerleri ile LSD testine göre gruplandırılmaları Çizelge 4.19'da, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çalışma topraklarında 20-40 cm derinlikte farklı dönemlerde ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p<0,000$ seviyesinde önemli çıkmıştır. En yüksek ortalama penetrasyon direnci 3,83 MPa ile hasat sonu ölçülürken, bunun 2,66 MPa ortalama penetrasyon direnci ile gelişme dönemi takip etmiştir. Ekim öncesi ve ekim sonrası ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık önemsiz çıkmış ve sırasıyla; 1,38 MPa ve 1,67 MPa olarak bulunmuştur

Çizelge 4.19. Araştırma topraklarının farklı dönemlerde 20-40 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri değerleri ve LSD gurupları

Dönem	Tekerrür	Ortalama	Standart Sapma
Ekim Öncesi	9	1,38c	0,2261
Ekim Sonrası	9	1,67c	0,4103
Gelişme Dönemi	9	2,66b	0,6774
Hasat Sonrası	9	3,83a	0,8337

Çizelge 4.20. Araştırma topraklarının farklı dönemlerde 20-40 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri varyan analizi sonucu

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Dönem	3	33,147	11,049	32,18	0,000
Hata	33	10,988	0,343		
Toplam	35	44,135			

Araştırma konusu 9 adet toprakta, farklı dönemlerde, 0-40 cm derinlikte, ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri değerleri ile LSD testine göre gruplandırılmaları Çizelge 4.21'da, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.22'de verilmiştir. Çalışma topraklarında 0-40 cm derinlikte farklı dönemlerde ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p<0,000$ seviyesinde önemli çıkmıştır. En yüksek ortalama penetrasyon direnci 3,32 MPa ile hasat sonu ölçülürken, bunun 2,30 MPa ortalama penetrasyon direnci ile gelişme dönemi takip etmiştir. Ekim öncesi ve ekim sonrası ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık önemsiz çıkmış ve sırasıyla; 1,16 MPa ve 1,41 MPa olarak bulunmuştur

Çizelge 4.21. Araştırma topraklarının farklı dönemlerde 0-40 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri değerleri ve LSD gurupları

Dönem	Tekerrür	Ortalama	Standart Sapma
Ekim Öncesi	9	1,1656	0,2364
Ekim Sonrası	9	1,4111	0,2208
Gelişme Dönemi	9	2,3022	0,6069
Hasat Sonrası	9	3,3222	0,5816

Çizelge 4.22. Araştırma topraklarının farklı dönemlerde 0-40 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon dirençleri varyan analizi sonucu

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Dönem	3	25,853	8,618	42,49	0,000
Hata	32	6,490	0,203		
Toplam	35	32,343			

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çumra ovasında 9 farklı şeker pancarı tarımı yapılan arazilerde dönemsel toprak sıkışması belirlenmiş ve ayrıca bu toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de analiz edilmiştir. Dokuz adet toprağın tamamının tekstürü kil olup, hepsi alkali sınıfta yer almıştır. Çalışma toprakları yüksek kireç içeriğine sahip olup, dispersiyon oranları düşük (<%15) agregat stabiliteleri ise orta düzeyde çıkmıştır. Diğer taraftan topraklarda kabuk oluşumu ve büyük çatlamalar gözlemlenmiş, bu durum bazı örneklerin kırılma değerleri ölçümünde tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak toprakların yüksek kil içerikleri gösterilebilir. Organik madde içerikleri 1 numaralı örnek hariç düşük seviyede çıkmıştır.

Yapılan penetrasyon ölçümlerinde farklı özelliklere sahip arazilerde ekim öncesi ve sonrasında bitki gelişimini olumsuz etkileyebilecek seviyede sıkışmaya rastlanmamıştır. Bu iki dönem arasında istatistiksel olarak da bir fark çıkmamıştır. Gelişme döneminde ise çapalama, sulama, ilaçlama ve gübreleme gibi tarla trafiğine maruz kalan bazı arazilerde toprak sıkışmasının şeker pancarının verim ve kalitesini etkileyebilecek seviyede (>3 MPa) olduğu görülmüştür (Turgut ve ark., 2010). Diğer taftan hasat sonu ölçümler de şeker pancarında hasat işlemlerinin önemli ölçüde toprak sıkışmasına neden olduğunu göstermiş, 4 MPa'ın üzerinde ölçümler kaydedilmiştir. Ayrıca gelişme döneminde ölçülen penetrasyon direncine gelişen şeker pancarı köklerinin katıksının da olduğu değerlendirilmektedir. Toprak sıkışmasının kontrolü ve azaltılmasında iki temel nokta mevcuttur. Bunlardan birsi toprağa uygulanan ağırlığın miktarı, diğeri ise toprak nemidir. Özellikle bitki gelişim döneminde toprak neminin sıkışmaya müsait olması penetrasyon direnci artışlarına neden olmaktadır. Bu dönemde tarla trafiğinin mümkün olduğu kadar toprak neminin daha düşük olduğu zamanlarda yapılması, tek geçişte birden çok işlemin gerçekleştirilmesi, birim alana dana az basınç uygulayacak şekilde traktör ve ekipman düzenlemelerinin yapılması gerekliliği bu çalışma ile de desteklenmiştir. Özellikle bitki gelişme dönemindeki toprak sıkışması şeker pancarı köklerinin derinlere inememesine, kökün yüzeyde gelişmesine yol açarak verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Bu durum yapılan çalışma ile de ortaya konmuştur.

Hasat sonrası yapılan ölçümlerde ise arazilerde hasat makinalarının arazileri çok fazla yük altında bıraktığı ölçülmüştür. Burada da toprak nemi ve birim alana uygulanan kuvvet dikkate alınarak işlemler gerçekleştirilmelidir. Pancarların toprak dışında oluşumu, toprak yüzeylerinde büyük çatlamalar, gelişim geriliği, kök çatallanması gibi

nedenler sıkışmanın başlıca göstergeleridir. Sonuç olarak şeker pancarı tarımında özellikle gelişme dönemi ve daha çok ta hasat sonu önemli seviyelerde toprak sıkışmasının meydana geldiği belirlenmiştir. Bu dönemlerde toprak sıkışmasını azaltıcı tedbirlerin alınmasının gerekli olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Adams, E.P., Blake, G.R., Martin, W.P.ve Boelter, D.H., 1960, Influence of soil compaction on crop growth and development / The Int. Congress of Soil Science, Mad., Wisc., USA.

Akalın, İ., 1965,Toprak özellikleri A.Ü. Ziraat fakültesi yayınları No: 241.

Aksakal, E.L, 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.

Aksakal, E.L. and Öztaş, T., 2006, Changes in spatial variability patterns of soil penetration resistance following use of heavy harvesting equipments in a silage maize field. 18 th International Soill Meeting, Volume 1 p:114.

Aksakal, E.L., Öztaş, T. ve Özgül, M., 2011, Time-dependent changes in distribution patterns of soil bulk density and penetration resistance in a rangeland under overgrazing, Turk J Agric For., 35;1-10,doi:10.3906/tar-0909-383.

Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2006, Changes in Spatial Variability Patterns of Soil Penetration Resistance Following Use of Heavy Harvesting Equipments in a Silage Maize Field. 18 th International Soill Meeting, Volume 1 p:114.

Anonim, 2004, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü Uzun Yıllar İklim Verileri Bülteni.

Anonim, 2013, Türkiye İstatislik Kurumu Genel Müdürlüğü http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist

Anonymus, 1999**,** Humic acid for soil compaction http://biolynceus.com/Humic-Acid-Benefits.htm

Arslan, S., 2006, Toprak sıkışmasının azaltılması için alternatif bir yöntem: kontrollü tarla trafiği, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(1), 135-141.

Arvidsson, J., 2001, Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden. I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments, Soil Till. Res., 60 (2001), 65–76.

Arvidsson, J., Trautner, A., Van Den Akker, J.J. H. ve Schjønning, P., 2001, Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden: II. Soil

displacement during wheeling and model computations of compaction, Soil and Tillage Research, 60, 1-2, 79–89.

Assaeed, A. M., McGowan, M., Hebblethwaite, P. D. and Brereton, J. C.. 1990. Effect of soil compaction on growth, yield and light interception of selected crops. Annals of Applied Biology, 117:3, 653 – 666.

Bathke, G.R., Cassel, D.K., Hargrove, W.L. and Porter, P.M., 1992, Modification of soil physical properties and root growth response. Soil Sci. 154:316–328.

Beckman,W., 1953. Wurzelwachstum and ernteertrag pflanzenbau 97, Germany.

Bengough, A.G., and McKenzie, C.J., 1994, Simultaneous measurement of root force and elongation of seedling pea roots. J. Exp. Bot. 45:95–102.

Busscher, W.J. ve Bauer, P.J., 2003, Soil strength, cotton root growth and lint yield in a southeastern USA coastal loamy sand, Soil & Tillage Research 74; 151–159.

Dec, D., Dörner, J. ve Balocchi, O., 2010, Spatial and temporal changes of soil physical properties of an Andisol insouthern Chile as a consequence of grazing and wetting and drying cycles, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.

Dec, D., Dörner, J. ve Balocchi, O., 2011, Temporal and spatial variability of structure dependent properties of a volcanic ash soil under pasture in southern Chile, Chilean Journal of Agrıcultural Research, 72;2, 293-303.

Demiralay İ., 1993, Toprak fiziksel analizleri. A. Ü. Ziraat Fak. Yay. No, 143, Erzurum.

Dursun, İ.G. ve Dursun, E.. 2000, Orta Ağır Toprak Koşulunda Koni İndeksi Tahmin Modelinin Boyut Analizi ile Geliştirilmesi, Tarım Bilimleri Dergisi 6 (3), 37-41.

Guihua, C. ve Ray R. Weil., 2009, Penetration of cover crop roots through compacted soils, Plant Soil, DOI 10.1007/s11104-009-0223-7.

Hartge, K.H., Stewart, B.A., 1995, Soil structure, ıts development and function, p:393. Lewis Publisher, New York.

Heuer, H., Tomanová, O., Koch, H.J, ve Märländer, B., 2008, Subsoil properties and cereal growth as affected by a single pass of heavy machinery and two tillage systems on a Luvisol, *J. Plant Nutr. Soil Sci., 171,* 580–590, DOI: 10.1002/jpln.200700073.

Jabro, J. D., Stevens, W. B., Iversen, W. M., ve Evans, R. G., 2010, Tillage depth effects on soil physical properties, sugarbeet yield, and sugarbeet quality,

Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41:908–916, 2010, DOI: 10.1080/00103621003594677.

Jorajuria, D., Draghi, L., Aragon, A., 2000, The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of lolium/trifolium grassland. soil till. res. 41, 1–12.

Kacar, B. 2009. Toprak Analizleri. Genişletilmiş 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., ISBN 978-605-395-184-1.

Kemper, W.D., 1965, Aggregate stability. ın : methodsof soil analysis part I (Black, C.A., ed.), American society of agronomy, ınc. madison, wisconsin, USA, 511-519 pp.

Kırnak, H., Doğan, E., Aydemir, S., Çopur, O., Bahçeci, İ. ve Sürücü, A., 2008, Toprak Sıkışması ile Farklı Azot Dozlarının Sürekli ve Alternatif Yüzey Sulama Yöntemlerine Göre Sulanan II. Ürün Soya Bitkisinde Gelişime ve Verime Etkisi, TÜBİTAK Proje No: 104 O 389.

Lu, J.H. and Letey, J., 2002, Effects of Soil and water properties on anionic polyacrylamide sorption, Soil Sci. Am. J. 66:578-584.

Meredith, H., Patrick, W.H.,1961, Effect of soil compaction on soil root penetrotion and physcal properties of three soils in louisiana. agronomy journey volum: 53, No: 3.

Misra, R.K., Dexter, A.R. and Alston, A.M., 1986, Penetration of soil aggregates of finite size: ıı. plant roots. plant soil (95:59).

Ngatunga, E.L.Nal. ve Singer, M.J., 1984, Effect of surface management on runoff and soil erosion from some plot at milangano, tanzania. Geoderma, 33, 1-12.

Öztaş, T., Turgut, B. ve Aksakal, E.L., 2008, Toprak sıkışması ve sıkışmaya etki eden toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi, TÜBİTAK Proje No: 107 O 640.

Pabin,J., Sienkiewicz, J. And Wlodek, S., 1991, Effect of loosening and compacting on soil physical properties and sugarbeet yield, soil tillage research, 19:2-3,345-350 (Cab Abst No : 054,09719,1991).

Petersen, M., Ayers, P. and Westfall, D., 1996, Managing Soil Compaction. www.ext.colostate.edu/PUBS/crops/00519

Philips,R.E. and Kirkham, D., 1962, Soil compaction in the field and corn growth agron. J. 54:29 – 34.

Raper, R.L., Reeves, D.W. and Burt, E.C., 1998, Using in-row subsoiling to minimize soil compaction caused by traffic. j. cotton sci. 2, 130–135.

Richards, L.A., 1954, Diagnosis and ımprovement of salina and alkaline soils, USA handbook, No:60.

Sojka, R. E., and Lentz, R. D., 1997, Reducing furrow irrigation erosion with polyacrylamide (PAM). Journal of Production Agriculture 10:47–52.

Şahin, M., 1992, Toprak kompaktlasmasının bitkilerin verim ve kalitesine etkileri şeker pancarının verim ve kalitesine etki eden faktörler. Türkiye şeker fabrikaları a.ş şeker enstitüsü 22 -26 haziran etimesgut.

Şeker, C. ve Karakaplan, S., 1999, Konya ovasında toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 29: 183-190.

Şeker, C., 1995, Konya ovası topraklarında kaymak tabakası oluşumunun önlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, S. Ü. Fen Bilimleri Ens., KONYA.

Şeker, C., 1997(a) , Farklı toprakların penetrasyon dirençleri üzerine su içeriklerinin etkisi ve regresyon modelleri. Tr. J. of Agriculture and Forestry 23, Ek Sayı 2, 467-471.

Şeker, C., 1997(b), Penetrasyon direnci ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. Tr. J. of Agriculture and Forestry 23, Ek Sayı 3, 583-588.

Şeker, C., 1999, Penetrasyon direnci ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. Tr. J. Agricultural and Forestry 23 Ek Sayı 3, 583-588.

Şeker, C., 2003, Effects of selected amendments on soil properties and emergence of wheat seedlings. Canadian Journal of Soil Science. 83(5) 615-621.

Şeker, C., 2004, Portland çimentosunun oluşturduğu toprak agregat stabilitesine donma-çözülme ve sıcaklığın etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(34) : 51-55.

Şeker, C., Işıldar, A., 2000, Tarla trafiğinin toprak profilindeki gözenekliliğe ve sıkışmaya etkisi. Türk J. Agric. For. 24, 71-77.

Torbert, H.A., Reeves, D. W., 1995, Intereactions of traffic and tillage applied to cotton on n movement below the root zone of a subsequent wheat crop. Soil and Tillage - Reseach, 33:1, 3-16.

Tozan, M. ve Önal, İ., 1985, Domates ekiminde mekanik esaslar ve makine ile ekim olanakları üzerine bir araştırma ege üniversitesi ziraat fakültesi dergisi 22: 3, 83 - 93.

Turgut, B., 2008, Toprak penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak anabilim Dalı, Erzurum.

Turgut, B., Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2010, Toprak sıkışmasına bağlı fiziksel ortam özelliklerindeki etkileşimler. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs 2010, Cilt: IV Sayfa: 1439-1446.

Tüzüner,A., ve Sunar, U., 1973, Toprakta değişik yoğunluktaki sıkışmış tabakanın bitki kök gelişimi ve verime etkisi. T.B.T.A.K Tarım ve ormancılık grubu Sayı No: 20, Ankara.

Van Ouwerkerk, C. and Soane, B.D., 1994, Conclusions and recommendations for further research on soil compaction in crop production. In: Soane, B.D., Van Ouwerkerk, C. (Eds.), Soil Compaction in Crop Production. Dev. Agric. Eng., vol. 11. Elsevier, Amsterdam, pp. 627–642.

Voorhees,W.B., Carlson, V. D. and Senst, C.G., 1976, Soybean modulation as affected by wheel traffic. Agron J. 68:976-978.

Webley, D.M., Menderson, M.N. and Taylor,S.C., 1963, The microbiyoloji of rooks and wheattreat Stones J.soil Sci.

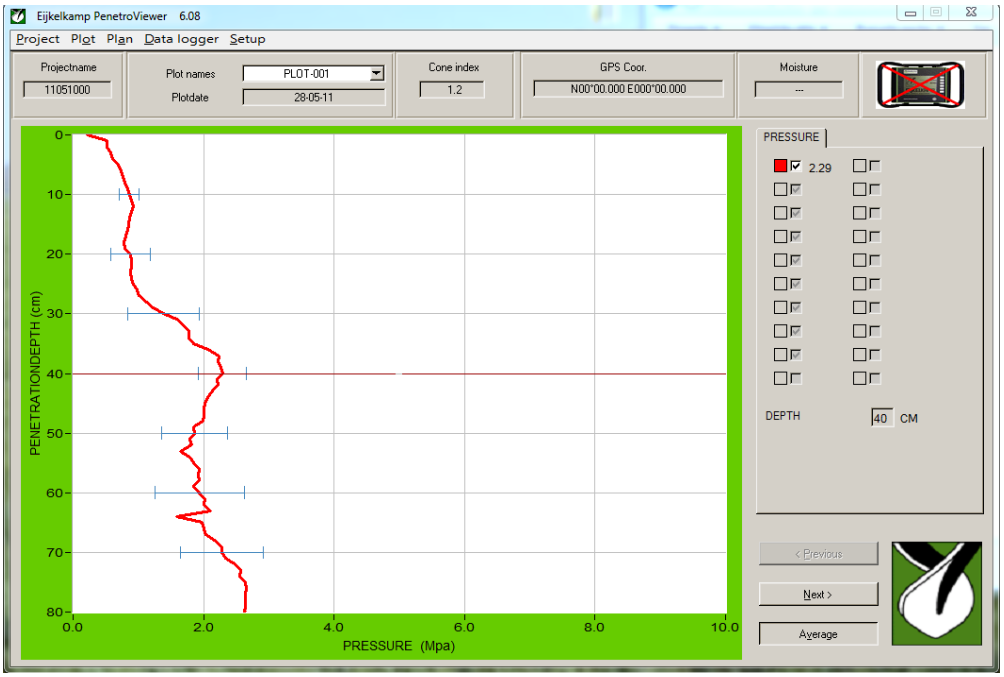
Yutrseven, N., 1984, Deneysel İstatistik Metotları, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınlar, Yayın No:121, Teknik Yayın No:56, Ankara.

Zhang, M.K. and L.P. Fang, 2007, Effect of tillage, fertilizer and green manure cropping on soil quality at an abandoned brick making site. soil and tillage research, 93: 87-93.

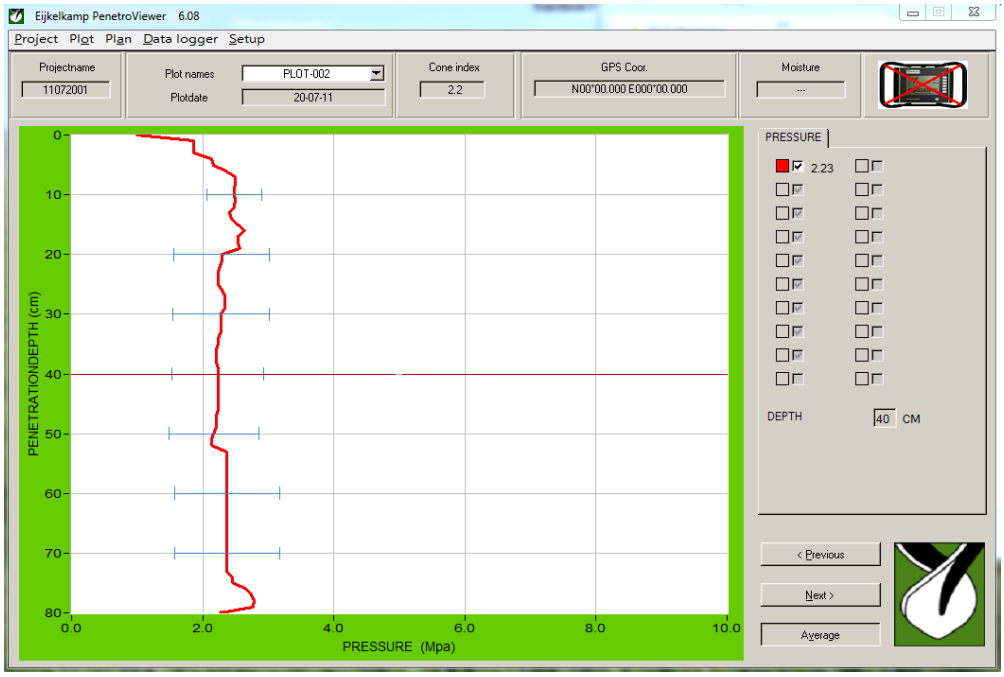
6.EKLER

EK 1

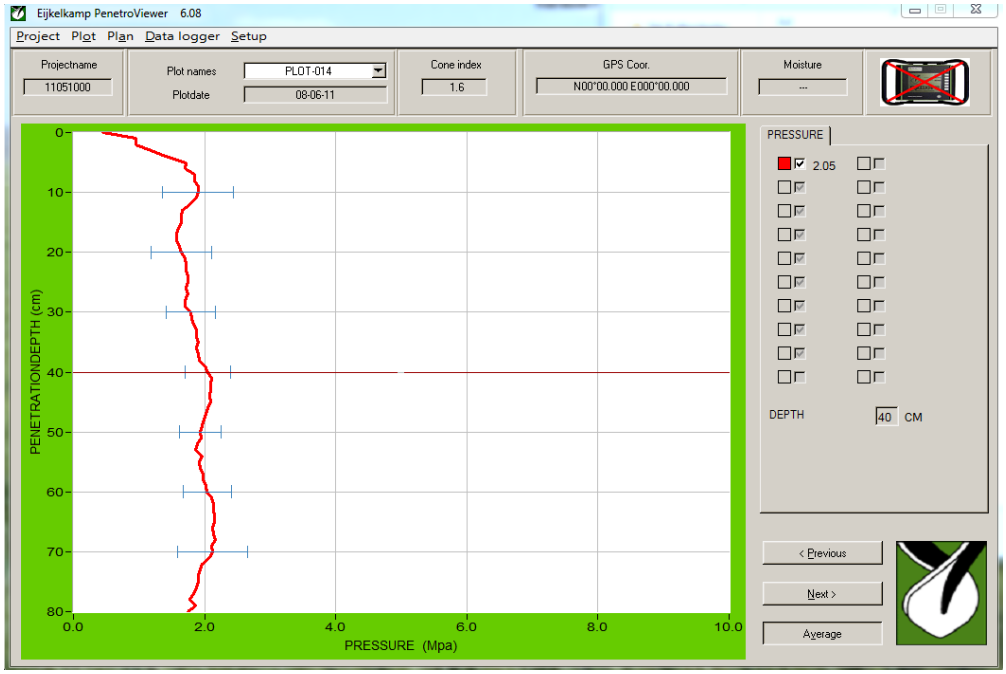
Bu bölümde penetrologger yardımıyla elde edilen penetrasyon direnci- profil derinliği grafikleri yer almaktadır.



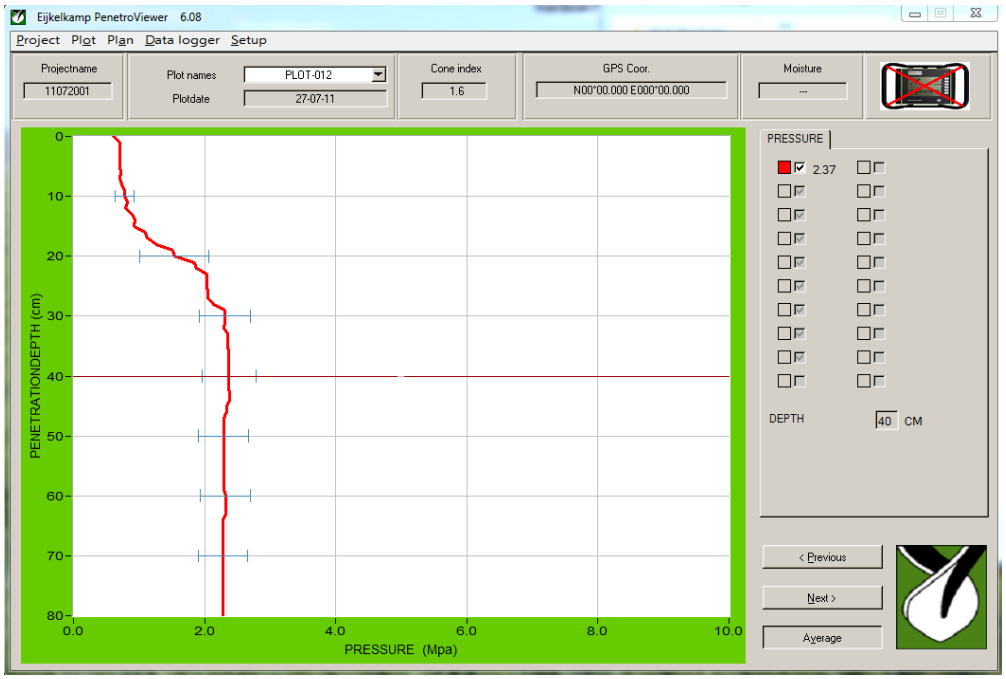
1. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnci grafiği



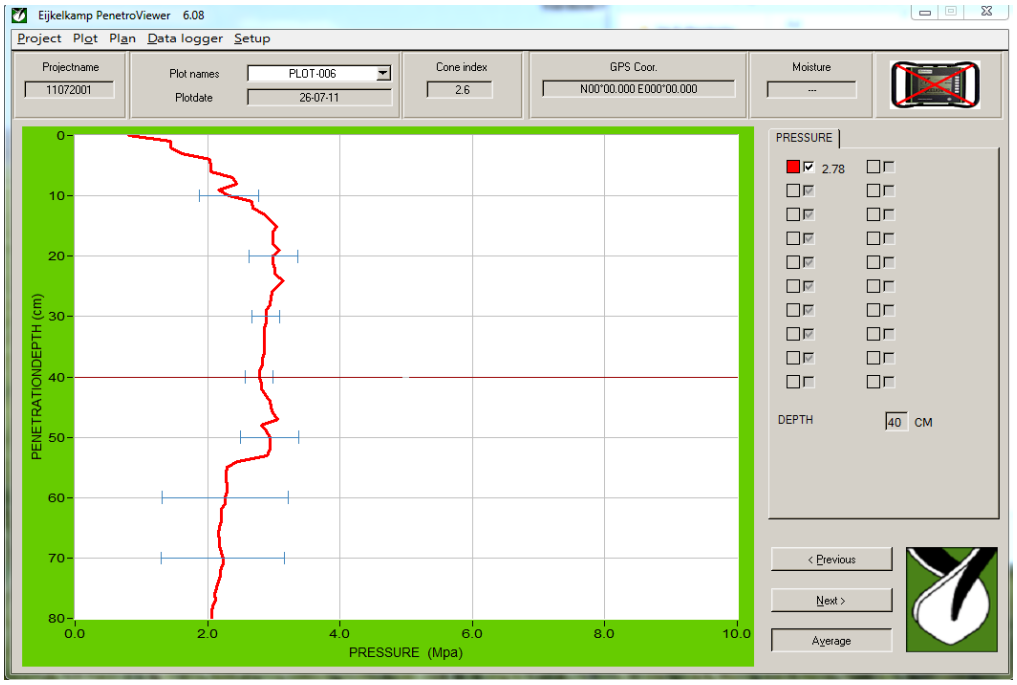
2. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği



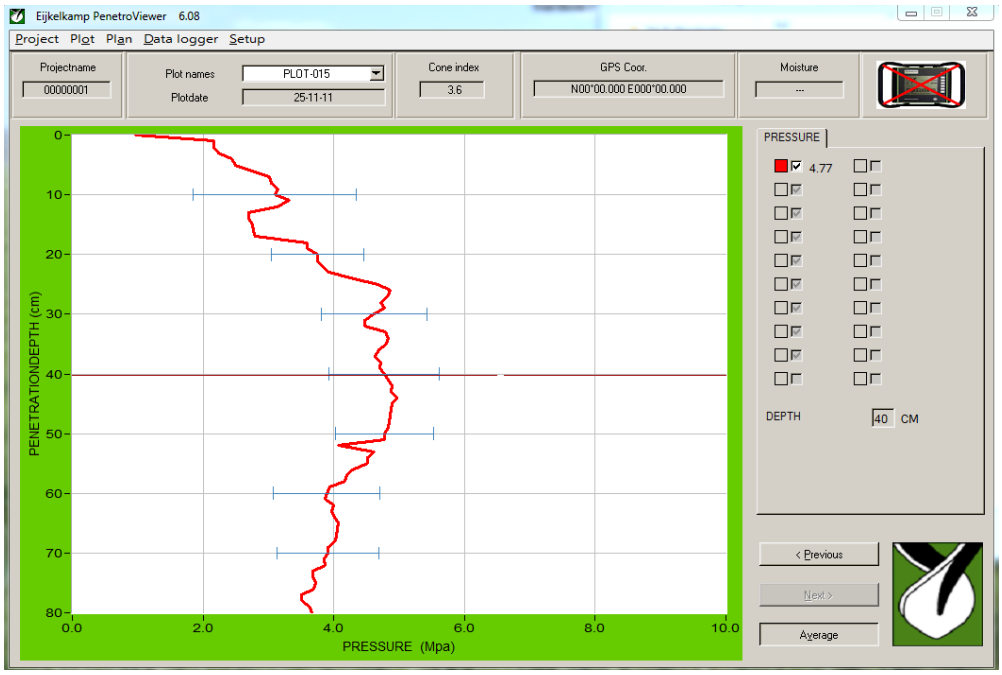
3. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği



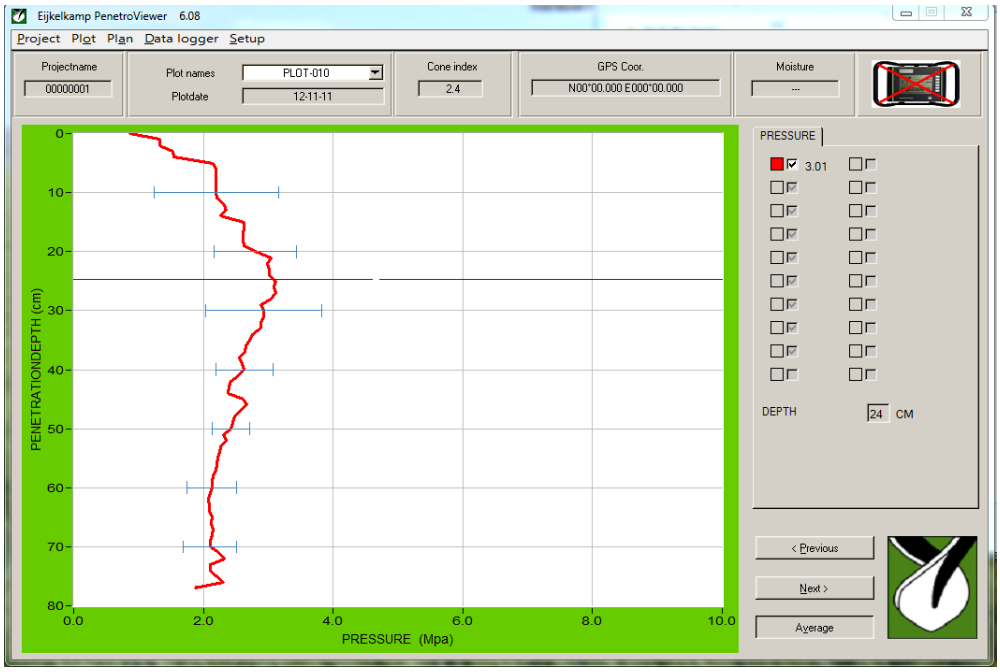
4. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği



5 Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği



6. Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği



7 Noktaya ait derinlik penetrasyon direnç grafiği

EK 2
Arazi resimleri



Sıkışmış toprakta yetişen şeker pancarının kök çatallanması



Sıkışmış toprakta yüzeysel olarak yetişen şeker pancarı



Sıkışmış toprakta yüzeysel olarak yetişem şeker pancarı ve toprak çatlaması

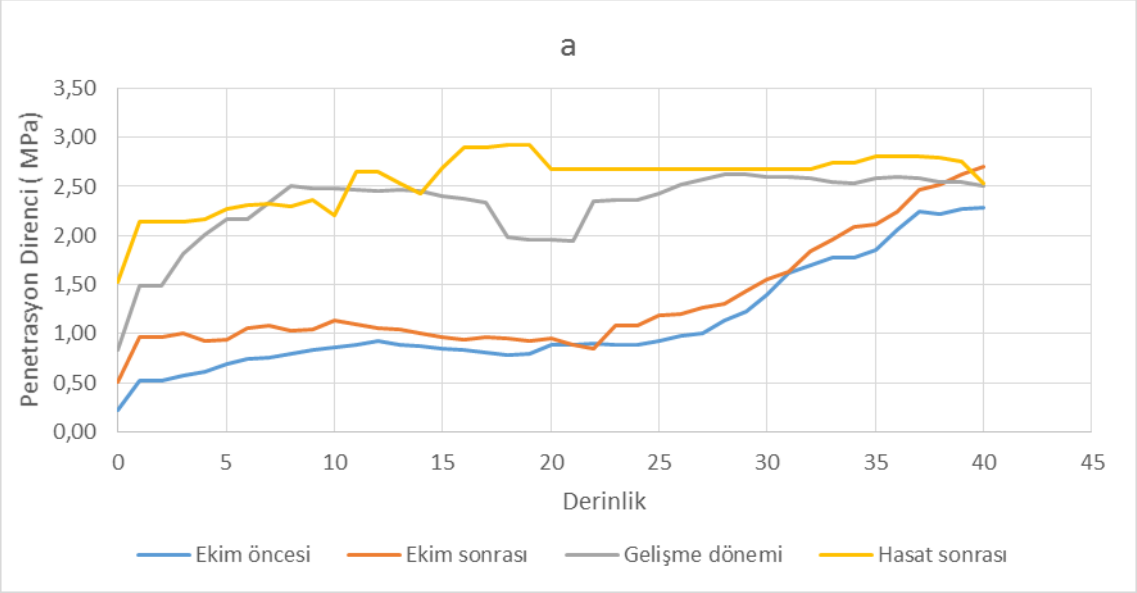


Sıkışmış toprakta yüzeysel olarak yetişen şeker pancarı

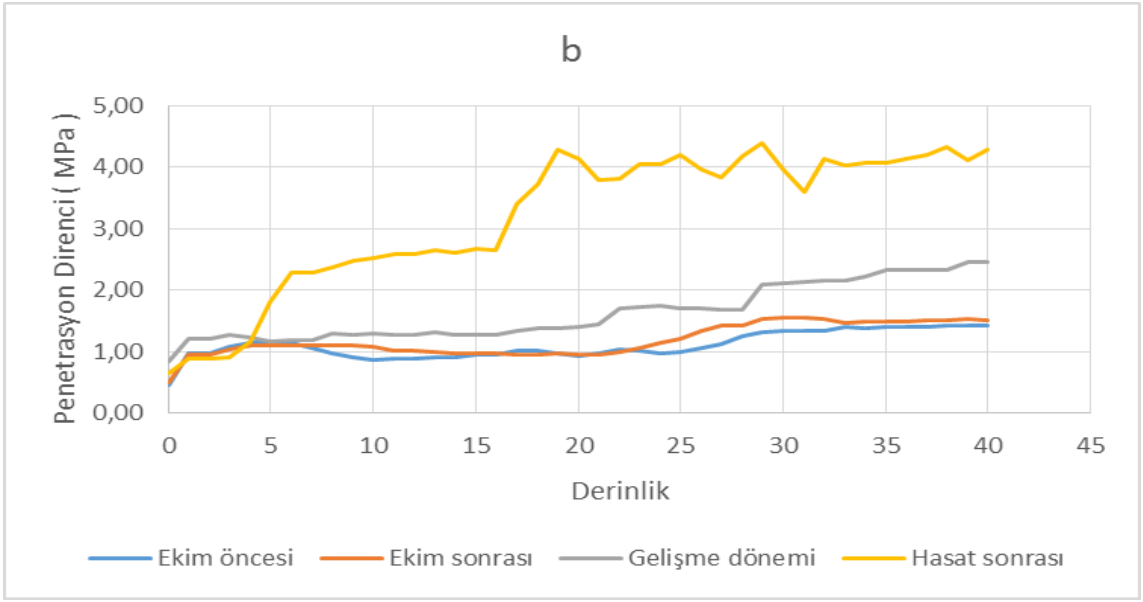
EK-3

Çalışma Alanlarına Ait Penetrasyon Dirençleri

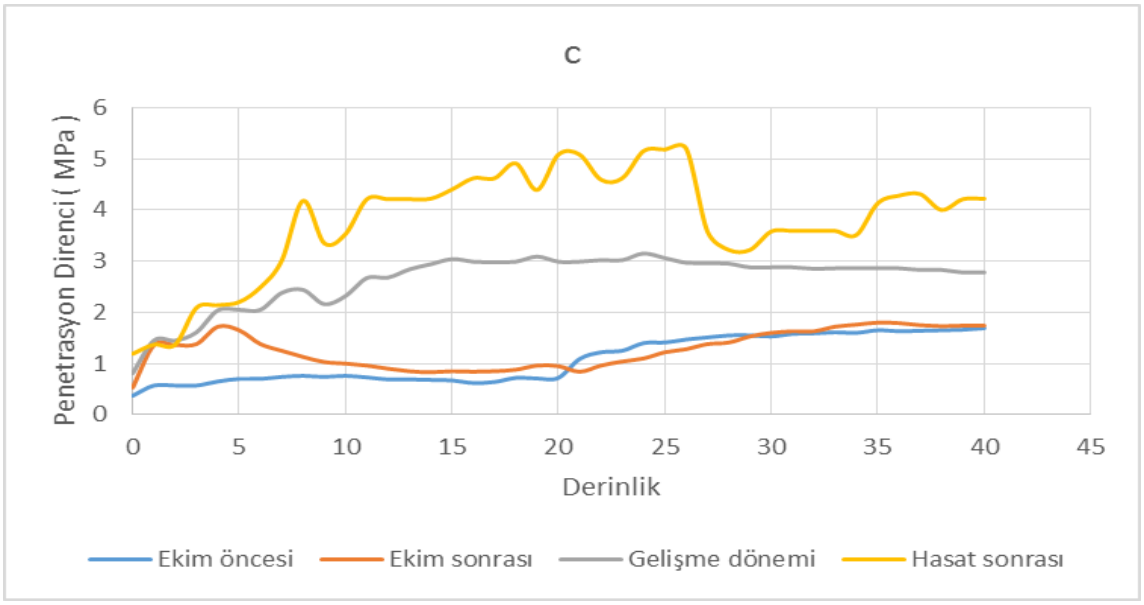
Şekil-1 Şeker pancarı tarımı altındaki 1 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



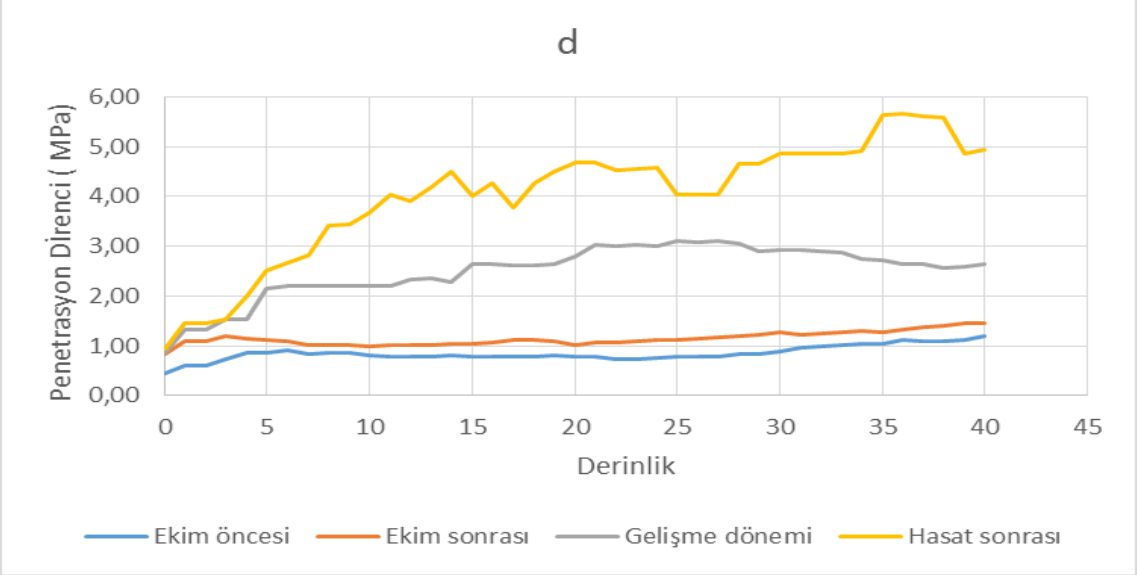
Şekil-2 Şeker pancarı tarımı altındaki 2 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



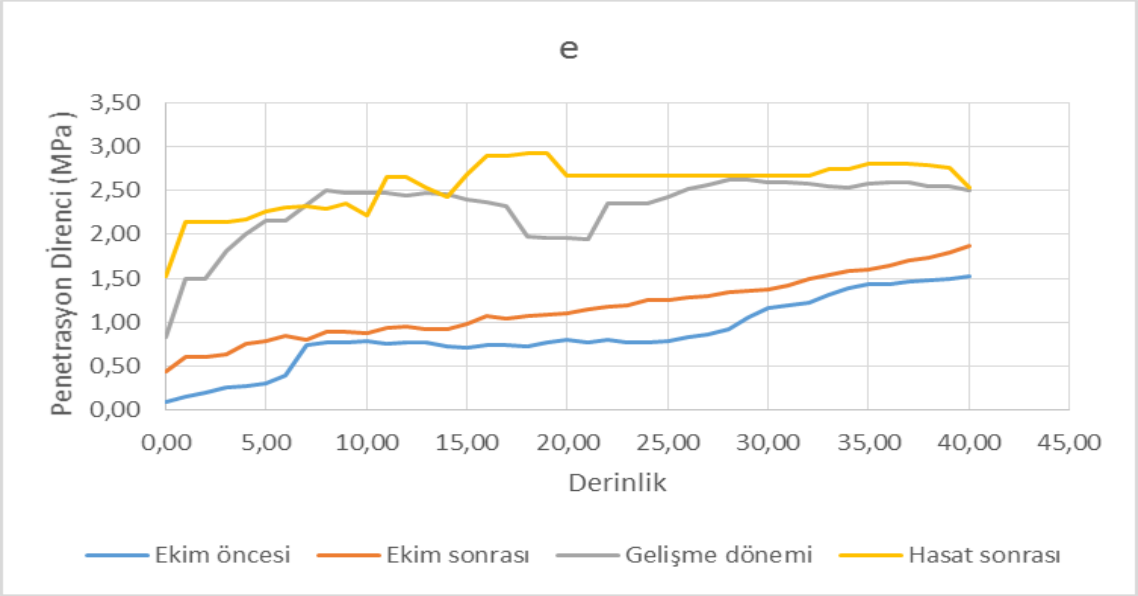
Şekil-3 Şeker pancarı tarımı altındaki 3 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



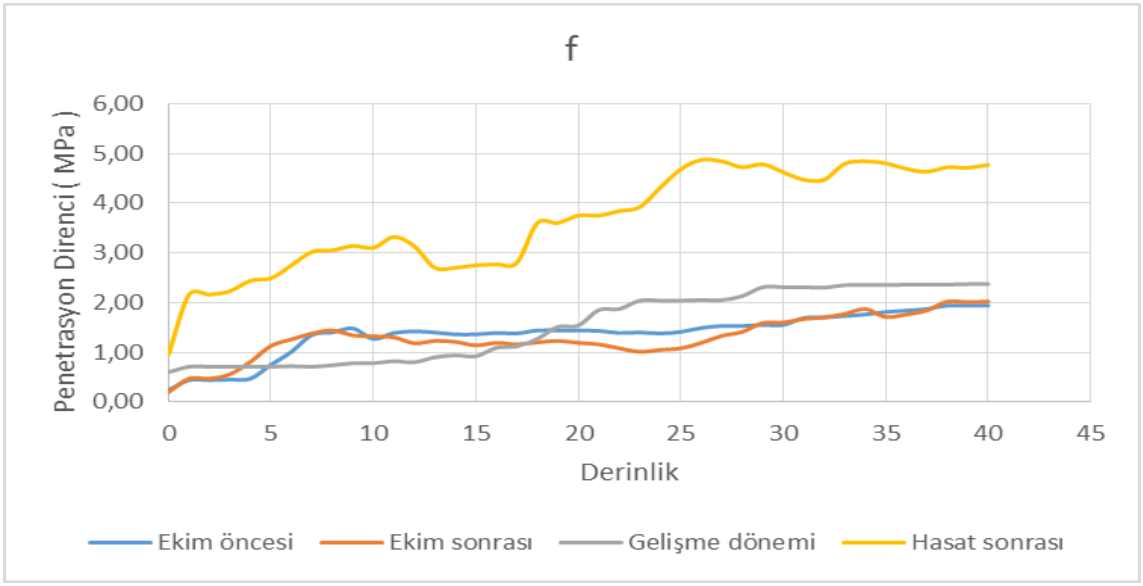
Şekil-4 Şeker pancarı tarımı altındaki 4 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



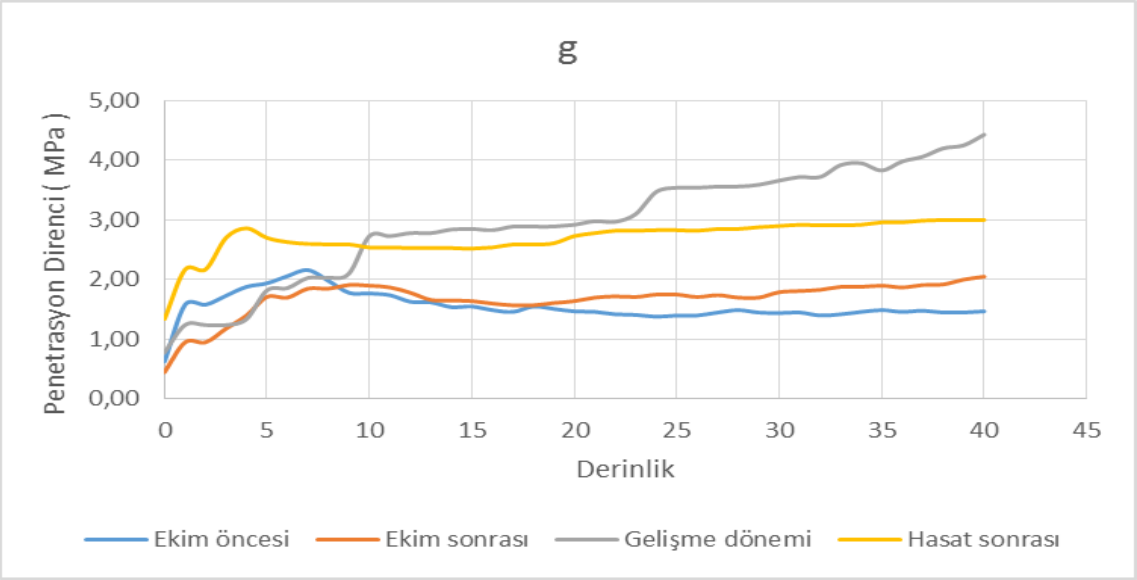
Şekil-5 Şeker pancarı tarımı altındaki 5 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



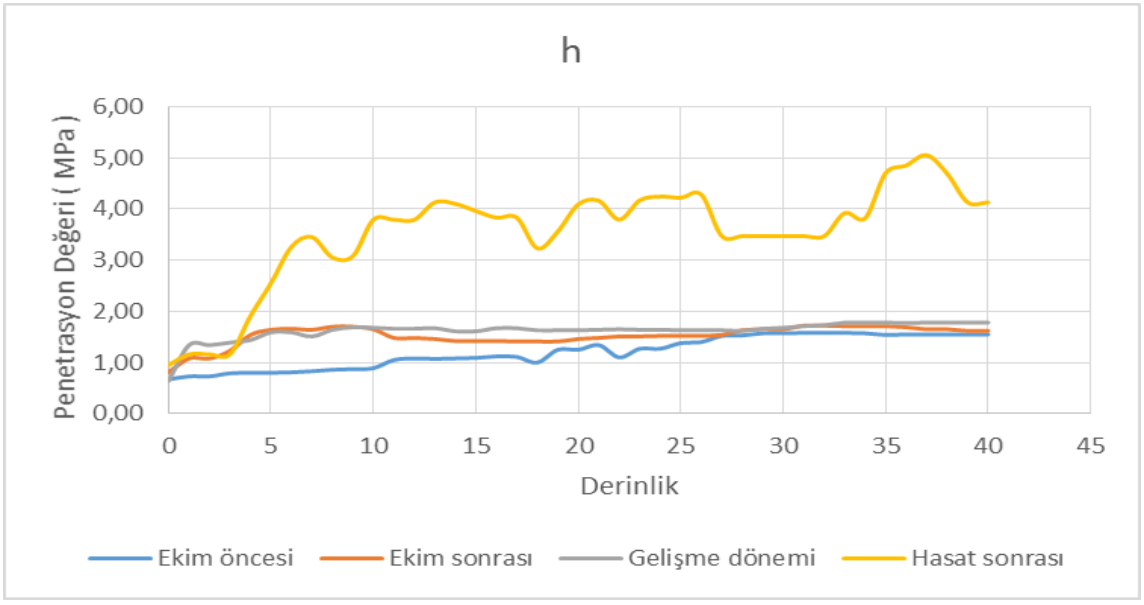
Şekil-6 Şeker pancarı tarımı altındaki 6 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



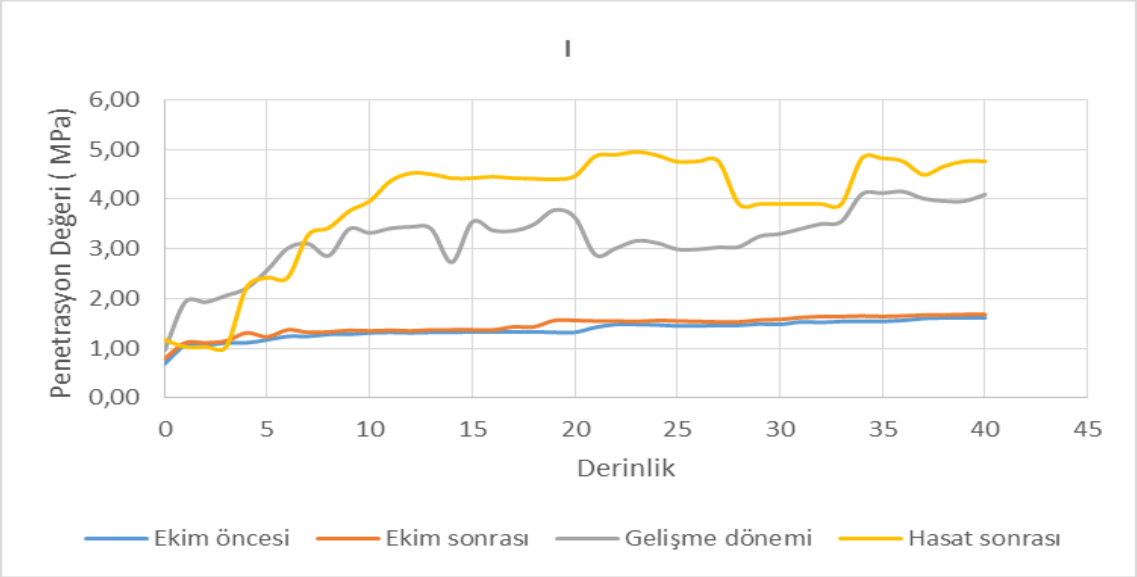
Şekil-7 Şeker pancarı tarımı altındaki 7 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



Şekil-8 Şeker pancarı tarımı altındaki 8 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



Şekil-9 Şeker pancarı tarımı altındaki 9 nolu arazinin 0-40 cm derinlikteki farklı dönemlerdeki ortalama penetrasyon dirençleri



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : HAMZA NEGİŞ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA/1985
Telefon : 05336591181
Faks :
e-mail : hamzanegis@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	**A.Ö.L. Selçuklu KONYA**	**2003**
Üniversite	:	**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ Selçuklu KONYA**	**2009**
Yüksek Lisans	:	**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ Selçuklu KONYA**	**2009-Devam**
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi

UZMANLIK ALANI
Toprak Fiziği, Toprak Kalitesi
YABANCI DİLLER
İngilizce
BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR