**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**Murad Abdullah Abdulkadir ALSHAHEED**

# DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA DİSKLİ ÇİZİ AÇICI AYAKLARIN ÇEKİ KUVVETİ GEREKSİNİMİNİN FARKLI KAPLAMA UYGULAMALARI İLE İYİLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ**
**MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2019**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA DİSKLİ ÇİZİ AÇICI AYAKLARIN ÇEKİ KUVVETİ GEREKSİNİMİNİN FARKLI KAPLAMA UYGULAMALARI İLE İYİLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**Murad Abdullah Abdulkadir ALSHAHEED**

**DOKTORA TEZİ**

**TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ**
**ANABİLİM DALI**

Bu Tez 15 / 02 / 2019 Tarihinde Aşağıdaki Juri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

| | |
|---|---|
| ……..……..…….. | ..…….. |
| Prof. Dr. Zeliha BEREKET BARUT<br>DANIŞMAN | Prof. Dr. Kubilay Kazım VURSAVUŞ<br>ÜYE |
| ……..…….. | ……..…… |
| Prof. Dr. Abdullah SESSİZ<br>ÜYE | Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN<br>ÜYE |

……..……..
Doç. Dr. Sait Muharrem SAY
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarım Makinaları Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK**
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**
**Proje No**: FDK-2016-7667

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# ÖZ

## DOKTORA TEZİ

**DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA DİSKLİ ÇİZİ AÇICI AYAKLARIN ÇEKİ KUVVETİ GEREKSİNİMİNİN FARKLI KAPLAMA UYGULAMALARI İLE İYİLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Murad Abdullah Abdulkadir ALSHAHEED**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ**
**ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Zeliha BEREKET BARUT
: Yıl: 2019, Sayfa: 116
Jüri : Prof. Dr. Abdullah SESSİZ
: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN
: Prof. Dr. Kubilay Kazım VURSAVUŞ
: Doç. Dr. Sait Muharrem SAY

Bu çalışmada, doğrudan ekim makinalarında kullanılan diskli ayakların çeki kuvveti gereksiniminin kaplama yapılarak azaltılması ve ayak kaplamanın ekim düzgünlüğüne etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Birinci aşamada, toprak kanalında bir raylı sistem üzerine monte edilmiş çeki düzeninde düz, dıştan ondüleli ve içten ondüleli diskli ayaklar denemeye alınmıştır. Bu aşamada, titanyum nitrür kaplama, grafit kaplama ve kaplamasız orjinal olmak üzere toplam 8 farklı diskli ayağın, dört farklı disk yön açısında (0°, 5°,10° ve 15°) ve dört farklı bası yükünde (0, 30, 60 ve 90 kg) en düşük ortalama çeki kuvveti belirlenmeye çalışılmıştır. İkinci aşama olan tarla denemelerinde ise doğrudan ekim makinasına kaplamalı ve kaplamasız disk ayaklar monte edilerek dik ve parçalanmış anız koşullarında ekim makinasının performansı bitki çıkış parametreleri üzerinden belirlenmesine çalışılmıştır. Araştırma sonucunda, farklı kaplama uygulamaları disk ayakların çeki kuvvetini istatistiksel olarak ($p \leq 0.01$) etkilemiştir. %25 grafit kaplama düz diskli ayak 67,3 N ile en düşük ortalama çeki kuvveti değerlerini vermiştir. Ayrıca disk yön açıları bakımından ortalama çeki kuvveti denemelerinde en düşük sonuç 0°'de elde edilirken bası yükü bakımından ise en düşük sonuçlar 0 kg'da elde edilmiştir. Tarla denemelerinde ayakların bitki dağılım düzgünlüğü üzerinde önemli bir etkisi saptanmamakla birlikte orjinal içten ondüleli disk ayak dik anız koşulunda en düşük ortalama bitki çıkış zamanını (4,61 gün) vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrudan ekim, diskli ayak, kompozit kaplama, çeki kuvveti.

## ABSTRACT

## PhD THESIS

**Murad Abdullah Abdulkadir ALSHAHEED**

**INVESTIGATION OF IMPROVEMENT POSSIBILITIES OF DRAW FORCE REQUIREMENT OF THE DISC COULTER IN NO TILLAGE MACHINES BY DIFFERENT COATING APPLICATIONS**

**UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**
**DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES ENGINEERING**

Supervisor : Prof. Dr. Zeliha BEREKET BARUT
: Yıl: 2019, Sayfa: 116
Jury : Prof. Dr. Kubilay Kazım VURSAVUŞ
: Prof. Dr. Abdullah SESSİZ
: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN
: Doç. Dr. Sait Muharrem SAY

In this study, it is aimed to reduce the draw force requirement of the disc coulter used in no-tillage machines by coating and to determine the effect of this coating on the plant stand. The research was carried out in two stages as a soil bin and field trial. In the soil bin, flat disc, fluted disc and bublle disc coulters were put into the test. At this stage, titanium nitride coating, graphite coating and original without coating, a total of 8 different coulters was tried to determine the average draw force requirement for four different disk direction angles (0°, 5°,10° ve 15°) and four different loads (0, 30, 60 ve 90 kg). In the field trials, it was tried to determine the performance of the notill planter in standing stubble and shredded stubble conditions by means of coated and uncoated disc coulters mounted directly on the planter. At the end of the research, different coating applications affected statistically ($p \leq 0.01$) the draw force of the disc coulters. 25% graphite coated flat disc coulter (%25GKDD) gave the lowest average draw force values with 67.3 N. In addition, in terms of direction angle of the disc, the lowest result was obtained at 0 ° disc direction angle while the lowest result was obtained at 0 kg weight. Although there was no significant effect of the coulter coating on the distribution accuracy of the plant in the field trials, the original bubble disc coulter gave the lowest mean emergence date (4.61 days) in the standing stubble condition.



**Keywords:** Direct seeding, disc coulter, composite coating, draw force.

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Doğrudan ekim makinalarının işlenmemiş ve anızlı toprak koşullarında kullanılması nedeniyle enerji tüketimleri yüksektir. Sert topraklarda karşılaşılan yüksek adezyon kuvvetleri doğrudan ekim makinalarının çeki kuvveti gereksinimini arttırmaktadır. Bu çalışmada, doğrudan ekim makinalarının enerji tüketimlerinin azaltılması için diskli ayaklara kaplama yapılarak ayak ve toprak arasındaki sürtünme direncinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda disk ayaklara farklı kaplama uygulanarak farklı yön açısı ve farklı bası yüklerinde toprak kanalında denemeler yürütülmüştür. Diğer yandan kaplama yapılan disk ayakların doğrudan ekim makinasının performansına etkisini belirlemek için de tarla denemeleri yapılmıştır.

Araştırmanın ilk aşaması Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Atölyesinde bulunan 20 m uzunluğunda 2.10 m genişliğinde bir toprak kanalı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Diskli ayaklara etki eden çeki kuvvetini belirlemek için kanal üzerinde hareket eden mobil aracın 3 nokta askı sistemine bir çeki kuvveti ölçüm düzeneği tasarlanarak monte edilmiştir. Araştırmada kaplamalı ve kaplamasız düz (titanyum kaplama, grafit kaplama ve kaplamasız orjinal) disk, dıştan ondüleli (titanyum kaplama ve kaplamasız orjinal) disk ve içten ondüleli (titanyum kaplama ve kaplamasız orjinal) disk olmak üzere toplam 8 disk ayak, dört farklı disk yön açısında (0°, 5°,10°, 15°) ve dört farklı bası yükünde (0 kg, 30 kg, 60 kg, 90 kg) denemeye alınmıştır. Toprak kanalı denemelerinde her bir etkileşim için her bir ayağın gereksinim duyduğu en düşük çeki kuvveti değeri belirlenmeye çalışılmıştır. Tarla denemeleri ise, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'ne ait üretim alanında yürütülmüştür. Çalışmada, 4 sıralı pnomatik hassas doğrudan ekim makinası kullanılmıştır. Kaplamalı ve kaplamasız diskli ayaklar ekim makinasına monte edilerek dik ve parçalanmış anız

koşullarında ayakların bitki çıkışı ve bitki dağılım düzgünlüğüne olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için her parselde bitki sayımları ve sıra üzeri bitki aralığı ölçümleri yapılmıştır. Bu sayım ve ölçümlerden ortalama bitki çıkış zamanı, çıkış oranı indeksi, bitki çıkış yüzdesi, ikizlenme oranı, boşluk oranı, kabuledilebilir bitki aralığı ve ortalama bitki aralığı değerleri hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, diskli ayaklara uygulanan farklı kaplamalar, çeki kuvvetini istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde etkilemiştir. Farklı ayak uygulamalarının çeki kuvveti ortalamaları arasında %5 önem seviyesinde farklılık saptanmış olup, en düşük ortalama çeki kuvveti değeri 67,3 N ile %25 grafit kaplama düz diskli ayakta bulunmuştur. Aynı tip kaplamalı ve kaplamasız diskli ayakları karşılaştırdığımızda çeki kuvveti değerleri, kaplamalı ayaklarda daha düşük olduğu ölçülmüştür. En yüksek değer ise orjinal içten öndüleli disk ayakta 152,5 N ile elde edilmiştir

Farklı disk yön açıları bakımından çeki kuvveti ortalamaları arasında %5 önem seviyesinde farklılık saptanmıştır. En düşük sonuç 0° disk yön açısında 70,9 N ile elde edilmiştir, en yüksek değeri ise 137,8 N ile 15° disk yön açısında belirlenmiştir. Bası yükü açısından ise disk yön açılarında olduğu gibi %5 önem seviyesinde farklılık saptanmıştır. En düşük ortalama çeki kuvveti değeri 0 kg'da 92,8 N, en yüksek değer ise 90 kg'da 115,7 N ile elde edilmiştir, Toprak kanalı denemesinde elde edilen ortalama çeki kuvveti değerlerine genel olarak bakıldığında, kaplamalı ayak tiplerinin ortalama çeki kuvveti değerleri aynı tipteki kaplamasız ayak tiplerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Disk yön açıları ile bası yüklerindeki artışlar, tüm ayak tiplerinde ortalama çeki kuvveti değerlerinde yükselmelere yol açmıştır.

Tarla denemelerinde kaplamalı ve kaplamasız diskli ayakların farklı anız koşullarında sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü ve bitki çıkış parametreleri üzerinde istatistiksel etkisi olmamıştır. Sadece orjinal içten ondüleli disk ayağın dik anız koşulunda ortalama bitki çıkış zamanı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmuştur. Dik anıza yapılan ekim işleminde, orjinal içten ondüleli diskli

ayakta elde edilen ortalama bitki çıkış zamanı, parçalanmış anızda elde edilen değerden düşük olduğu görülmüştür. Dik anızda OİOD ayakta elde edilen OÇZ değeri 4.62 gün iken, parçalanmış anızda aynı ayak tipinde 5.11 gün olarak bulunmuştur.

**TEŞEKKÜR**

Doktora tez çalışmamın seçiminden, araştırmanın yürütülmesi ve tamamlanmasına kadar her türlü desteğini gördüğüm ve yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam sayın Prof.Dr. Zeliha BEREKET BARUT'a, doktora tez izleme jürisinde bulunan ve katkılarını esirgemeyen değerli hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Doktora çalışmam esnasında, bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Başkanlığı'na, tüm akademik ve idari personel ile Bölüm Atölyesi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. İstatistik hesapları konusunda destek veren Ar.Gör. Hasan YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım, Tezimin her adımında destek ve moral aldığım Dr. Barış ÖZLÜOYMAK, Ar.Gör. Mustafa ŞEHRİ, Ar. Gör. Medet İTMEÇ ve Makina Mühendisi Cem KORKMAZ'a teşekkür ederim. Çalışmama maddi destek veren Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, toprak kanalı deneme düzeneğinin kurulmasında ve çalıştırılmasında bana destek olan Çukurova Arge'den Barış DERİCİ ve ekibine teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmam boyunca desteğini üzerimden eksik etmeyen, bana rahat bir çalışma ortamı sağlamak adına sabır ve fedakarlık gösteren hayat arkadaşım sevgili Eşime ve Kızıma teşekkürlerimi sunarım.

Murad Abdullah Abdulkadir ALSHAHEED

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ ..... II
ABSTRACT ..... III
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET ..... IV
TEŞEKKÜR ..... VIII
İÇİNDEKİLER ..... IX
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... XIII
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XV
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... XVII
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Koruyucu Toprak İşleme Yöntemleri ..... 2
1.1.1. Doğrudan Ekim ..... 2
1.1.2. Dünyada Ve Türkiyede Toprak İşlemesiz Tarimin Durumu ..... 4
1.1.3. Doğrudan Ekim Makinasi ..... 8
1.1.3.1. Toprak Gevşetme ve Aniz Kesme Ayaklari (Sap Parçalayici) . 9
1.1.3.2. Sira Üzeri Aniz Temizleme Ünitesi (Sira Temizleyici) ..... 11
1.1.3.3. Çizi Açma Ünitesi Ünitesi (Çizi Açici Ayak) ..... 11
1.1.3.4. Tohumun Toprak Ile Temasi Ünitesi (Tohum Baski Tekeri) . 12
1.1.3.5. Çiziyi Kapatma Ve Bastirma Ünitesi (Baski Tekeri) ..... 12
1.2. Toprak Adezyonu Ve Çeki Kuvveti ..... 13
1.3. Metal Ayak Kaplama Uygulamalari ..... 16
1.3.1. Sert Seramik Kaplamada Pvd (Fiziksel Buhar Biriktirme) Yöntemi . 16
1.3.2. Grafit Elyaf / Epoksi Reçine Kaplamalar ..... 19
1.3.2.1. Karbon (Grafit) Elyaf ..... 21
1.3.2.2. Epoksi Reçine ..... 22
1.4. Çalişmanin Önemi Ve Amaci ..... 24
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 27
2.1. Çeki Kuvveti Çalişmalari ..... 27

2.2. Ekim Makinasi Çalişmalari ..... 32
3. MATERYAL VE METOD ..... 37
3.1. Materyal ..... 37
3.1.1. Toprak Kanali Denemeleri ..... 37
3.1.1.1. Toprak Kanali Ve Mobil Araç ..... 37
3.1.1.2. Çeki Kuvveti Ölçüm Düzeneği ..... 38
3.1.1.3. Diskli Ayaklar ..... 43
3.1.1.4. Kaplama Çeşitleri ..... 44
3.1.2. Tarla Denemeleri ..... 46
3.1.2.1. Ekim Makinasi Ve Diskli Ayaklar ..... 46
3.1.2.2. Deneme Alaninin Toprak Özellikleri ..... 49
3.1.2.3. Toprak Penetrasyon Direnci ..... 49
3.1.2.4. Toprak Nem İçerikleri ..... 51
3.2. Metod ..... 51
3.2.1. Toprak Kanali Denemeleri ..... 51
3.2.2. Tarla Deneme Plani ..... 52
3.2.3. Parsel Aniz Yoğunluklarilari Ve Aniz Nem Orani ..... 53
3.2.4. Bitki Çikişi Ve Bitki Dağilim Düzgünlüğü İle İlgili Ölçümler ..... 56
3.2.5. Verilerin İstatistiksel Analizi ..... 58
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 61
4.1. Toprak Kanali Denemesinde Ortalama Çeki Kuvveti (N) ..... 61
4.1.1. Kaplamali, Kaplamasiz Farkli Diskli Ayaklarin Çeki Kuvvetine Etkisi ..... 62
4.1.2. Disk Yön Açisinin Ortalama Çeki Kuvvetine Etkisi ..... 65
4.1.3. Basi Yükü Değişkeninin Ortalama Çeki Kuvvetine Etkisi ..... 67
4.1.4. Farkli Disk Ayak Ve Disk Yön Açilasinin İkili İnteraksiyon Halinde Çeki Kuvvetine Etkisi ..... 69
4.1.5. Farklı Tip Disk Ayak Ve Farklı Bası Yüklerinin İkili İnteraksiyon Halinde Çeki Kuvvetine Etkisi ..... 71

4.1.6. Disk Ayak, Disk Yön Açisi Ve Disk Basi Yükünün Üçlü Etkileşim Halinde Çeki Kuvvetine Etkisi ..... 73
4.2. Tarla Denemeleri: Bitki Çikiş Parametreleri ..... 77
4.2.1. Ortalama Bitki Çikiş Zamani (Gün) ..... 78
4.2.2. Çıkış Yüzdesi ..... 83
4.2.3. İkizlenme Oranı ..... 83
4.2.4. Boşluk Oranı ..... 84
4.2.5. Kabul Edilebilir Bitki Aralığı ..... 84
5. SONUÇLAR VE ÖNERILER ..... 85
6. KAYNAKLAR ..... 89
ÖZGEÇMIŞ ..... 97
EKLER ..... 99

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**

Çizelge 1.1. Dünya genelinde toprak işlemesiz tarım alanlarının ülkelere ve Kitalara göre dağılımı ..... 5
Çizelge 1.2. PVD ile üretilen bazı sert kaplamaların özellikleri ..... 18
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan loadcell özellikleri ..... 41
Çizelge 3.2. TiN kaplamaya ait bazı fiziksel özellikler ..... 45
Çizelge 3.3. Grafit (karbon) elyafın bazı mekanik özellikleri ..... 46
Çizelge 3.4. Tarla denemesinde kullanılan 4 sıralı pnömatik hassas doğrudan ekim makinasına ait teknik ölçüler. ..... 47
Çizelge 3.5. Tarla denemesi çalışma alanı toprak tekstürü ..... 49
Çizelge 3.6. Ekimden önce dik anız ve parçalanmış anız toprak penetrasyon direnci ortalamaları ..... 49
Çizelge 3.7. Tarla deneme alanının nem değrleri ..... 51
Çizelge 4.1. Toprak kanalında ortalama çeki kuvveti değerlerinin (N) 3-yönlü faktöriyel varyans analiz sonuçları ..... 61
Çizelge 4.2. Farklı disk ayak yapılarının çeki kuvetine (N) etkisi ..... 63
Çizelge 4.3. Toprak kanal koşullarında disk yön açısının ortalama çeki kuvveti değerleri (N) ..... 66
Çizelge 4.4. Toprak kanal koşullarında bası yükünün ortalama çeki kuvveti değerleri (N) ..... 68
Çizelge 4.5. Toprak kanalı koşullarında disk ayak X disk yön açısı etkileşiminin ortalama çeki kuvveti değerleri ve analizi ..... 70
Çizelge 4.6. Toprak kanalı koşullarında farklı tip disk ayak x farklı bası yükleri etkileşiminin çeki kuvveti değerleri (N) ..... 72
Çizelge 4.7. Toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların, farklı disk yön açılarının ve farklı bası yüklerin ikili etkileşimine ait ortalama çeki kuvveti değerleri (N) ..... 75
Çizelge 4.8. Ortalama bitki çıkış zamanı (gün) değerleri ve standart sapma ..... 78

Çizelge 4.9. Tarla denemesi ortalama bitki çıkış zamanı varyans analizi sonuçları ..... 79
Çizelge 4.10. Anız durumunun her bir düzeyinde farklı ayak türlerinin varyans analizi sonuçları ..... 79
Çizelge 4.11. AnızxDisk ayak ikili etkileşiminin ortalama bitki çıkış zamanına etkisi ..... 80
Çizelge 4.12. Farklı ayak çeşitlerinin bitki çıkış süresine etkisi ..... 81
Çizelge 4.13. Tarla denemesinde çıkış yüzdesine ait varyans analizi sonuçları ... 83
Çizelge 4.14. Tarla denemesinde ikizlenme oranı ait varyans analizi sonuçları... 83
Çizelge 4.15. Tarla denemesinde boşluk oranına ait varyans analizi sonuçları ..... 84
Çizelge 4.16. Tarla denemesinde kabul edilebilir bitki aralığına ait varyans analizi sonuçları ..... 84

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**


Şekil 1.1. Dalgalı yüzeye sahip bazı diskli ayaklar.....4
Şekil 1.2. Doğrudan ekim makinası üniteleri.....9
Şekil 1.3. Bazı diskli toprak ve anız kesme üniteleri tipi; a. Düz disk keski, .....10
Şekil 1.4. Bazı diskli çizi açıcı çeşitleri .....12
Şekil 1.5. Sürtünme ve çeki kuvveti ilişkisi.....13
Şekil 1.6. PVD yöntemi ile titanyum kaplama yapılan düzenek.....19
Şekil 1.7. Çeşitli makina elemanlarına uygulanan titanyum kaplama .....19
Şekil 1.8. Karbon elyaf tozu 100 – 400 mikron .....21
Şekil 1.9. Epoksi reçine ve sertleştirici.....23
Şekil 3.1. Denemelerinin yürütüldüğü toprak kanalı .....38
Şekil 3.2. Toprak kanalının hazırlanması.....39
Şekil 3.3. Üç nokta askı sistemine bağlanan çeki kuvveti ölçüm düzeneği .....39
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan çeki kuvveti ölçüm düzeneğinin görünüşü ve teknik ölçüleri .....40
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan loadcell ve veri kayıt cihazı .....40
Şekil 3.6. Denemede kullanılan diskli ayak yön açısı değiştirme mekanizması...41
Şekil 3.7. Çalışmalarda kullanılan ağırlık değiştirme sistemi.....42
Şekil 3.8. Ayakların bağlanma şekli .....42
Şekil 3.9. Toprak kanalında çeki düzeneğinin monte ediliş şekilleri ve montaj resimleri: (A) Loadcell'in yerleştirilmesi, (B) Serbest hareket eden ayak bağlantı düzeneği, (C) Disk yön açısı değiştirme sistemi, (D) Disk ayak değiştirme aparatı.....43
Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan diskli ayak tipleri; (a) düz disk, (b) dıştan ondüleli disk, (c) dıştan ondüleli disk .....44
Şekil 3.11. TiN kaplama uygulanmış (a) düz disk (b) içten öndüleli ve (c) dıştan öndüleli diskli ayaklar.....45

Şekil 3.12. Çalışmada kullanılan komposit kaplama boyası ve kaplama şekli; (a)%12.5 grafit, (b)% 25 grafit ve (c) vakumlu boya kaplama ..... 46
Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan dört sıralı pnomatik hassas doğrudan ekim makinası ..... 47
Şekil 3.14. Denemede kullanılan sap parçalama makinesi ..... 48
Şekil 3.15. Kaplamalı ve kaplamasız diskli ayak monte edilmiş ekim makinası .... 48
Şekil 3.16. Deneme alanının ekim öncesi toprak penetrasyon direnci ..... 50
Şekil 3.17. Deneme deseni planı ..... 53
Şekil 3.18. Deneme parsellerinin anız yoğunlukları ..... 54
Şekil 3.19. Hat kesit alma yöntemi (line trasect method) ..... 55
Şekil 3.20. Anız ları ve anız nemi örnek alma şekilleri ..... 56
Şekil 4.1. Toprak kanalı denemesinde diskli ayakların ortalama çeki kuvveti değerleri (N) ..... 64
Şekil 4.2. Toprak kanalı denemelerinde farklı yön açılarının çeki kuvvetine etkisi ..... 66
Şekil 4.3. Toprak kanalı denemesinde farklı bası yüklerinin çeki kuvvetine etkisi ..... 68
Şekil 4.4. Toprak kanalı denemesinde farklı disk ayakların ve disk yön açılarının ortalama çeki kuvvetine etkisi ..... 70
Şekil 4.5. Toprak kanalı denemesinde farklı tip diskli ayak ve farklı bası yüklerinin çeki kuvvetine etkisi ..... 72
Şekil 4.6. Toprak kanalı denemesinde kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların, farklı disk yön açıların ve farklı bası yüklerinin ortalama çeki kuvveti değerleri: (A) 0° yön açısı, (B) 5° yön açısı, (C) 10° yön açısı, (D) 15° yön açısı ..... 76
Şekil 4.7. Farklı diskli ayak x anız durumu ikili etkileşiminin bitki çıkış zamanına etkisi ..... 82

## SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| A | Diskli Ayak |
| DA | Dik anız |
| PA | Parçalanmış anız |
| ODD | Orjinal düz disk |
| TKDD | Titanyum nitrür kaplama düz disk |
| GKDD | Grafit kaplama düz disk |
| OİOD | Orjinal içten ondüleli disk |
| TKİOD | Titanyum kaplama içten ondüleli disk |
| ODOD | Orjinal dıştan ondüleli disk |
| TKDOD | Titanyum kaplama dıştan ondüleli disk |
| OÇZ | Ortalama bitki çıkış zamanı |
| ÇOİ | Çıkış oranı indeksi |
| ÇY | Çıkış yüzdesi |
| İO | İkizlenme oranı |
| BO | Boşluk oranı |
| KBAO | Kabul edilebilir bitki aralığı oranı |

# 1. GİRİŞ

Tarımsal kayıpların zamanı geçti mi? Belki de tarım sektörünün "koruyucu tarım" projesinin yayılmasıyla, bu sorunun cevabı yanıtlanmıştır. Koruyucu tarım, sürdürülebilir tarım veya alternatif tarım gibi çeşitli isimler altında anılan bu projeler, tarımsal teknoloji açısından niteliksel bir değişimi temsil eder.

Koruyucu tarım, günümüz ve gelecek nesillerin yaşamsal gereksinimlerini karşılayacak olan toprak, su, hava ve bioçeşitlilik gibi doğal kaynakları koruyarak tarımsal uygulamaların doğru ve karlı bir şekilde yapılmasını ifade etmektedir. Bu üretim faaliyeti içinde özellikle yenilenemeyen veya yenilenmesi çok uzun yıllar alan doğal kaynakları korumak, geliştirmek, çevreyi bozulmaktan ve kirlenmekten koruyan ekonomik yöntemleri uygulamak önemli düşünce olarak karşımıza çıkar. Koruyucu tarım, koruyucu toprak işleme, IPM uygulamaları, organic tarım, düşük girdili tarımsal üretim, ekim nöbeti, örtü bitkisi, azaltılmış tarla trafiği gibi bir çok tarımsal uygulamayı içermektedir. Koruyucu tarımın olmazsa olmazları; toprağın daha az işlenmesi, toprak yüzeyinde bitki artığı ve ekim nöbetidir. Günümüzde tarımsal üretim uygulamalarında sadece karlılığa odaklanmayıp çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarını da ele almak gerekmektedir. Bu bağlamda özellikle tarımsal işletmelerin önemli gider yükünü oluşturan toprak işleme uygulamalarında koruyucu toprak işleme yöntemlerinin kullanılması işletmelerin hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği açısından büyük önem kazanmaktadır.

Koruyucu toprak işleme; bir önceki ürünün kalıntıları veya yeşil yabancı bitkileri olan toprakta devirme yapmaksızın bitki artıklarını toprağa karıştırarak toprağın işlenmesi ya da ekim öncesi toprağı işlemeden dar çizi açarak tohumların bırakılması ve üstünün kapatılmasının yöntemidir. Aynı zamanda toprağın ekimden önce işlenmemesi ya da sadece tohumun bırakılacağı dar bir hattın işlenmesi ve anızın yakılmaması, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının bozulmasını önlemektedir. Tarımda bu teknolojinin hızla yayılmasının nedenleri; toprağın su ve

rüzgar erozyonuna karşı korunması, toprak neminin korunması, toprak yüzeyindeki canlıların korunması, güneşin direk etkisinin azaltılması sonucu canlıların daha aktif olması, bitki kalıntıları nedeni ile yabancı ot probleminin giderilmesi, toprak organik maddesinin artırılması, tarla trafiğinin azaltılması sonucu toprak sıkışıklığının azaltılması ve iş gücü gereksiniminin, enerji ve zaman tüketiminin azaltılması şeklinde özetlenebilir (Baker ve ark., 2006).

### 1.1. Koruyucu Toprak İşleme Yöntemleri

Koruyucu toprak işleme (conservation tillage) uygulamalarında toprağı devirmesi nedeniyle pulluk kullanılmaz. Bu uygulamada ön bitki veya ürün artıkları yakılmadan tarla yüzeyinde bırakılır. Koruyucu toprak işleme sisteminde toprak işleme ve ekim sonrasında tarla yüzeyinin en az %30 oranında bitki artığı ile kaplı halde bulunması ön koşuldur (Köller, 2003; ASABE, 2013). Yüzeyde çok az miktarda bitki örtüsü bulunmasının bile erozyonu büyük ölçüde önlediği yapılan araştırmalar ile saptanmıştır. Ayrıca geleneksel toprak işleme uygulamalarına göre koruyucu toprak işlemede tarla trafiğinin daha az olması toprak sıkışıklığının düşürülmesini sağladığı ve su geçirgenliğini iyileştirdiği bir çok araştırmada ortaya konmuştur (Aykas ve ark., 2010a).

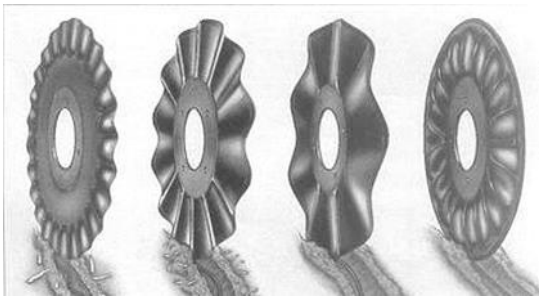
Koruyucu toprak işleme; yabancı ot kontrolü ve tohum yatağı hazırlığı için yapılan ve geleneksel toprak işlemeye göre tarlada geçiş sayısını önemli ölçüde azaltan bir sistemdir. Bu sistem, prensip olarak toprağı devirmeden işlemeye yönelik uygulamaları içerir (Barut ve Çelik, 2009). Koruyucu toprak işlemede geleneksel toprak işlemede olduğu gibi temel toprak işleme, tohum yatağı hazırlama ve ekim işlemleri ayrı ayrı veya birleştirilerek yapılabilir.

#### 1.1.1. Doğrudan Ekim

Koruyucu toprak işleme yöntemleri içerisinde yer alan doğrudan ekim yöntemi, önceki ürün hasadından sonra toprağı işlemeksizin diğer bir deyişle

tohum yatağı hazırlığı yapmaksızın tohumun toprağa yerleştirilmesi işlemidir. Doğrudan ekim makinaları ile anızda çalışabilen gömücü ayakların açtığı çizilere tohumlar yerleştirilir, üzeri toprak ve bitki anızları ile örtülür ve özel baskı elemanları ile bastırılarak ekim tamamlanır. Doğrudan ekimin başarısı iklim ve toprak koşullarına, ekim makinasının performansına ve yabancı ot mücadelesine bağlıdır. Daha yoğun herbisit kullanılarak ot mücadelesi yapılmaktadır. Doğrudan ekim yapılan tarlalarda ciddi yabancı ot sorunu oluşması halinde, 4-5 yılda bir ekim öncesi azaltılmış toprak işleme uygulanabilir. Doğrudan ekim yöntemi uygulanarak ekilen çapa bitkilerinin gelişme döneminde, ikinci gübrenin verilmesi, sulama için karıkların açılması ve boğaz doldurma işlemlerinde ikincil toprak işleme aletleri kullanılabilir. Böylece yabancı ot kontrolü de bir ölçüde sağlanmış olur.

Doğrudan ekim uygulamasına, bazı durumlarda azaltılmış toprak işleme uygulamasının ardından geçmek gerekebilir. Ağır yapılı ve drenaj sorunu olan topralarda ıslah çalışmaları sonrası doğrudan ekime geçilmesi daha doğru bir uygulama olacaktır. Koruyucu toprak işlemenin alt grubunu oluşturan doğrudan ekim, toprak yapısını iyileştirmenin ve erozyonu önlemenin yanında, üretim maliyetinin de önemli ölçüde düşmesine neden olmaktadır. Doğrudan ekimde en önemli sorun olarak görülen yabancı ot mücadelesi için, ekim nöbeti ve örtü bitkisi uygulaması gibi alternatif mücadele yöntemlerini devreye sokarak, bu uygulamayı sabırla sürdürmek gerekir (Aykas ve ark., 2010a). Şekil 1.1'de doğrudan ekim makinalarında yaygın kullanılan bazı diskli ayak örnekleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Dalgalı yüzeye sahip bazı diskli ayaklar.

### 1.1.2. Dünyada ve Türkiyede Toprak İşlemesiz Tarımın Durumu

Dünya genelinde yaklaşık 160 milyon ha seviyesine ulaşan toprak işlemesiz tarımın kıtalar ve ülkeler düzeyinde dağılımı Çizelge 1.1'de verilmiştir (Tekin ve ark., 2017).

Çizelge 1.1. Dünya genelinde toprak işlemesiz tarım alanlarının ülkelere ve Kitalara göre dağılımı

| Ülkeler | KTA* (ha) | KTO** (%) | Ülkeler | KTA (ha) | KTO (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Amerika** | **120 344 000** | **76.77** | **Asya** | **10 193 000** | **6.5** |
| Amerika | 35 613 000 | 22.72 | Çin | 6 670 000 | 4.25 |
| Brezilya | 31 811 000 | 20.29 | Kazakistan | 2 000 000 | 1.28 |
| Arjantin | 29 181 000 | 18.62 | Hindistan | 1 500 000 | 0.96 |
| Kanada | 18 313 000 | 11.68 | Kuzey Kore | 23 000 | 0.01 |
| Paraguay | 3 000 000 | **1.91** | **Batı Asya ve Kuzey Afrika** | **88 200** | **0.06** |
| Uruguay | 1 072 000 | 0.68 | Türkiye | 45 000 | 0.03 |
| Bolivya | 706 000 | 0.45 | Suriye | 30 000 | 0.02 |
| Venezüella | 300 000 | 0.19 | Tunus | 8 000 | - |
| Şili | 180 000 | 0.11 | Fas | 4 000 | - |
| Kolombiya | 127 000 | 0.08 | Lübnan | 1 200 | - |
| Meksika | 41 000 | **0.03** | **Güney ve Orta Afrika** | **1 223 440** | **0.78** |
| **Avrupa** | **7 091 768** | **4.52** | Güney Afrika | 368 000 | 0.23 |
| Rusya | 4 500 000 | 2.87 | Zimbabve | 332 000 | 0.21 |
| Ukrayna | 700 000 | 0.45 | Zambiya | 200 000 | 0.13 |
| İspanya | 672 000 | 0.43 | Mozambik | 152 000 | 0.1 |
| İtalya | 380 000 | 0.24 | Malavi | 65 000 | 0.04 |
| Fransa | 200 000 | 0.13 | Kenya | 33 100 | 0.02 |
| Almanya | 200 000 | 0.13 | Gana | 30 000 | 0.02 |
| Finlandiya | 200 000 | 0.13 | Tanzanya | 25 000 | 0.02 |
| İngiltere | 150 000 | 0.09 | Sudan | 10 000 | - |
| Slovakya | 35 000 | 0.02 | Madagaskar | 6 000 | - |
| Portekiz | 32 000 | 0.02 | Lesotho | 2 000 | - |
| İsviçre | 17 000 | 0.01 | Namibya | 340 | - |
| Macaristan | 5 000 | - | **Avustralya ve Yeni Zelanda** | **17 857 000** | **11.39** |
| Hollanda | 500 | - | Avustralya | 17 695 000 | 11.29 |
| Belçika | 268 | - | Yeni Zelanda | 162 000 | 0.1 |
| **Dünyada Korumalı Tarım Yapılan Toplam Alan ( ha )** | | | | **156 752 408** | |

*KTA: Korumalı tarım alanı

**KTO: Korumalı tarım alanının toplam tarım alanına oranı

Kıtalar düzeyinde doğrudan ekim alanları incelenecek olursa Amerika kıtası %76.77'lik payla ilk sırada gelmektedir. Bu payda başta; Amerika, Brezilya, Arjantin ve Kanada olmak üzere neredeyse tüm kıta ülkelerinin sahip olduğu toprak varlığı ile orantılı olarak katkısı vardır (Çizelge 1.1). Bu kıtada ilginç bir biçimde toprak işlemesiz tarım oranı en düşük ülke olan Meksika'da da CIMMYT

destekli çok büyük bir araştırma, eğitim ve yayım çalışması sürdürülmektedir. Gelecek 10 yılda bu ülkeden de önemli katkılar beklenmektedir. Avustralya/Yeni Zelanda ise kıta düzeyinde sulu ve kuru koşullarda tarla tarımında bu sistemi en çok yaygınlaştıran diğer kıtadır. Bu iki kıtanın oranı %88.16 olup bunları %6.50 ile Asya ve %4.52 ile de Avrupa kıtaları izlemektedir. Önümüzdeki 10 yılda, en büyük artışların Asya ve Avrupa kıtasında gerçekleşmesi beklenmektedir. Özellikle Rusya ve Kazakistan'daki artışlarla birlikte nüfus azlığı, erken kış koşullarının bastırması ve don zararlarından dolayı ekilemeyen alanların toprak işlemesiz tarım sayesinde tarla tarımına kazandırılabileceği düşünülmektedir.

Ülkeler düzeyinde toprak işlemesiz tarım irdelendiğinde ise bu konuda öncülük yapan ilk üç ülke olan ABD, Brezilya ve Arjantin 96.6 milyon ha alan ile dünya toprak işlemesiz tarım alanlarının %61.63'ünü oluşturmaktadır. Bu ülkelere Kanada ve Avustralya/Yeni Zelanda da dâhil edildiğinde dünya toprak işlemesiz tarım alanlarının %84.70'ini ilk 6 ülke oluşturmaktadır. Bu ülkeleri son 5 yıldaki atılımı ile başta Çin, Rusya, Paraguay, Kazakistan ve Hindistan takip etmektedir. Dünya sıralamasında toprak işlemesiz tarım ekilişi itibariyle Rusya ve Ukrayna'yı 3.sırada takip eden en önemli Avrupa ülkesi 672000 ha ile İspanya gelirken, bu ülkeyi 380000 ha ile İtalya, 200000 ha ile Fransa, Almanya ve Finlandiya izlemektedir. Avrupa'da son 5 yılda en fazla dikkat çeken ülkeler Rusya, Ukrayna, İtalya ve Fransa'dır. Önümüzdeki 10 yıllık dönemde Asya ve Avrupa ülkelerinde daha fazla gelişme beklenmektedir. Afrika'dan dünya sıralamasında en çok dikkat çeken ülke ise 368000 ha ile Güney Afrika olup, bu ülkeyi Zimbabwe, Zambiya ve Mozambik ülkeleri takip etmektedir.

Batı Asya ve Kuzey Afrika (WANA) bölgesinde yapılan çalışmaların çoğunda, verim ve verim unsurlarının sıfır işleme ile artırıldığı ortaya konulmuştur. 1980'lerden beri Fas, Tunus, Suriye, Lübnan, Ürdün ve Türkiye'de çok yoğun araştırma ve kalkınma projeleri yürütülmüştür. Bu bölgede en önemli ilerleme, kuru koşullarda Suriye'de 30000 ha ile gerçekleşmiştir. Bu gelişmenin altında yakıt

kısıtı, yerli ekim makinalarının üretilmesi ve ihracat yapılabilecek duruma gelmesi, tarımsal kalkınma ve teşvik için bazı kuruluşların (GIZ, ICARDA, ASCAD ve Aga Khan Vakfı) destekleri sayılabilir (Suleimenov ve ark., 2003; Freidrich ve ark., 2012).

Özelde toprak işlemesiz tarım sistemi ve genelde koruyucu tarım, verimliliği gün geçtikçe azalan ve her geçen gün erozyona daha açık hale gelen ülkemiz tarım alanları için ekolojik ve ekonomik olarak büyük bir potansiyel olarak karşımızda durmaktadır. Bize emanet olarak bırakılan bu toprakların yarınlarımıza verimliliğini koruyarak devredilebilmesi, sürdürülebilir bir buğday, arpa ve mısır üretimi için vakit geçirilmeden bu konunun daha çok araştırılması, ortak akıl bilinci ve elbirliği ile çalışılması artık kaçınılmazdır. Kısacası, Tarım ve Ormancılık Bakanlığı girdi ve ürün ile analizlere dönük verdiği tarımsal desteklerin bir kısmını belli bir pilot proje dâhilinde doğrudan ekime (anız yakmadan ve ekim nöbeti uygulayarak kışlık/yazlık baklagilleri kullanmak koşuluyla) ayırması durumunda hem nadas alanlarının daraltılması ve hem toprak işlemesiz tarımın yaygınlaştırılması sağlanabilecektir (Tekin ve ark., 2017).

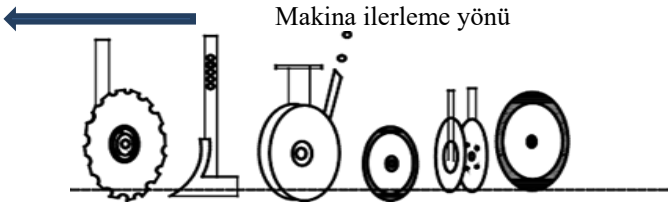
Koruyucu toprak işleme uygulamaları maalesef Türkiye'de kayıtlara geçen düzeyde üretici bazında önemli bir uygulama alanı bulamamıştır. Bazı üniversitelerin Ziraat Fakülteleri, Tarım Bakanlığına bağlı TAGEM ve TİGEMlerde araştırma ve dar ölçekli üretim alanları ile sınırlı kalmıştır. Oysa ki gelişen çevre bilinci ile tarımsal kaynakların sürdürülebilirliği ve enerji kullanımında tasarrufa gitme zorunluluğu tarımsal üretimde sürdürülebilir tarım uygulamalarının öncelik kazanmasını sağlamış ve gelişmiş birçok ülke bu bağlamda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması adına devlet destekli tarımsal politikalar geliştirmişlerdir. Türkiye'de doğrudan ekim makinaları farklı bölgelerde, farklı firmalar tarafından imal edilmekte olup ve 2015 yılına kadar %50 devlet desteğiyle üreticilere pazarlanmasına rağmen istenen düzeyde yaygınlaşmamıştır. Ülkemizde, doğrudan ekim makinalarının satın alma

bedellerinin yüksek olması, doğrudan ekimin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden birisidir. Üreticiler bu nedenle, daha çok yerli imalatçılar tarafından imal edilen ekim makinalarını, her ekici ünitenin ön kısmına sap parçalayıcı üniteler ekleyerek doğrudan ekim makinalarına dönüştürmeye çalışmaktadır. Yapısal olarak değiştirilmiş (modifiye) bu makinalar ise, eksik donanım yada yetersiz gibi sebeplerden dolayı tek düze tohum dağılımını ve ekim derinliği düzgünlüğünü sağlayamamaktadır. Hatta bu tip makineler üzerinde arazi koşullarına uygun olmayan diskli ayak bulunuyorsa ve gereğinden düşük ta bir ekim makinası kullanılıyorsa tohumun gömülmeyip toprak yüzeyinde kalması gibi yaygın bir sorunla karşılaşılmaktadır (Turgut, 2014).

### 1.1.3. Doğrudan Ekim Makinası

Genel olarak, doğrudan ekim makinaları alışılagelmış normal ekim makinalarından toprak ile aktif etkileşim içinde oldukları üniteleri ile ayırt edilmektedirler. Beklenen performansın gerçekleşebilmesi için, ünitelerin karşılıklı olarak birbiriyle uyumlu olması gerekir. Toprak ile etkileşim içinde olan farklı tipteki makina üniteleri çok sayıda değişik kombinasyonlar meydana getirmektedir. Belirli bir alanın ekimi için yüzlerce kombinasyondan ancak birisi ideal olabilmektedir (Baker ve ark., 2006). Genel olarak doğrudan ekim makinalarının toprakla temas eden elemanları aşağıdakilerden oluşmaktadır (Şekil 1.2);

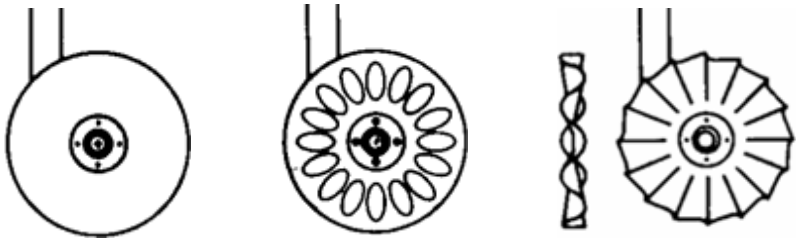
a. Toprak gevşetme ve anız kesme ünitesi (sap parçalayıcı).
b. Sıra üzeri anız temizleme ünitesi (sıra temizleyici).
c. Çizi açma ünitesi ünitesi (çizi açıcı ayak).
d. Tohumun toprak ile temas ünitesi (tohum baskı tekeri).
e. Çiziyi kapatma ve bastırma ünitesi (baskı tekeri).




Şekil 1.2. Doğrudan ekim makinası üniteleri

### 1.1.3.1. Toprak Gevşetme ve Anız Kesme Ayakları (Sap Parçalayıcı)

Dönerek çalışan kesici diskler ekim makinaları üzerinde genellikle toprak ve anızı kesmek için kullanılırlar. Tip bakımından uygulamada çok geniş disk seçenekleri bulunmaktadır. Düz diskler toprağı genelde daha iyi keserler ve ihtiyaç duyulduğunda bilenebilirler. Dalgalı diskler kendi kendine bilenirler ancak, bunlara toprak yapışma riski vardır. Dar yivli diskler ile kabarık delikli diskler her ne kadar yapışkan topraklarda sınırlı kullanıma sahip olsalar da, sıra üzerindeki toprağı kısmen gevşetirler. Geniş yivli diskler kolayca dağılabilir topraklarda şerit şeklinde iz açarlar. Ancak, 6.4 km/h üzerindeki hızlarda çizi yanlarına çok fazla toprak sıçratırlar. Temiz bir çizi bırakmamaları ile birlikte, geniş yivli disklerin bir diğer problemi de bazı topraklarda tohum üzerinin uygun bir şekilde kapatılmasını engelleyecek büyüklükte kesek oluşumuna neden olmalarıdır. Eğer toprak yüzeyi yeterince sert ise diskler anızı keserler, yumuşak ise anızı toprağın içine doğru gömerler. Büyük çaplı diskler anızı daha kolay kesmelerine karşın, bu işlem için daha yüksek baskı kuvvetine ihtiyaç duyarlar. Nemli anızda disk tipi kesici ünite anızı toprağa bükerek gömmeye çalışır. Birçok toprak ve anız koşulu için yaklaşık 637.43 - 1716.16 N arasında değişen disk baskı kuvvetine ihtiyaç duyulur (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999; ASABE, 2013). Herhangi bir tarla koşulu ile ekim makinası konfigürasyonunda kullanılan büyük tip disk kesiciler, anızı toprağa gömmeden keserler. Ancak, nemli topraklarda baskı tekeri bir miktar anızı toprağa gömmektedir (Choudhary, 1988; Chen ve ark., 2004). Şekil 1.3'de diskli tip toprak ve anız kesme ayaklarına ait bazı şekiller görülmektedir.



( a ) ( b ) ( c )

Şekil 1.3. Bazı diskli toprak ve anız kesme üniteleri tipi; a. Düz disk keski, b. Kertikli disk keski (içten ondüleli), c. Oluklu disk keski (dıştan ondüleli)

Doğrudan ekim makinalarında kullanılan sap parçalayıcı kesici disklere ilişkin bazı özellikler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

a. Dönü hareketi yapan kesici diskler sapları ve toprağı keserek ilerlemelidir.
b. Kesici disklerinin kolay bilenebilir olması veya kendi kendini bilemesi gerekir.
c. Yapışkan ve ağır topraklarda dalgalı yüzeyli disk kullanılmalıdır.
d. Tohumun yerleştirildiği çizilerin ve etrafındaki toprağın gevşetilmesi için dar dalgalı kesici diskler kullanılmalıdır. Bu kesicilerin yapışkan ve ıslak topraklarda iyi sonuç vermediği gözlenmiştir.
e. Geniş dalgalı kesici diskler kolay ufalanabilen topraklarda şeritler halinde işlemeye uygundur.
f. Efektif olarak sap ve anızın kesilmesi ve toprağın bir ölçüde karıştırılabilmesi için 450 mm çapında ve 4.5 mm kalınlığında kesici disklerle iyi sonuç alınmıştır.

### 1.1.3.2. Sıra Üzeri Anız Temizleme Ünitesi (Sıra Temizleyici)

Doğrudan ekimde ekici ünitelerin önünde bulunan kesici ve çizi temizleyiciler bir anlamda bu bölgede dar şeritler halinde tohum yatağı hazırlamaktadır. Bu amaçla kullanılan kesici ekipmanlar ekim ünitesi önünde toprağı belli derinlikte gevşetme işlevi görürler. Kullanılan temizleme ekipmanları, yüzeydeki kuru toprak ile sapları bölgeden uzaklaştırıp, gömücü ayakların üst tabaka altındaki nemli toprakla temas etmesini sağlar. Bu amaçla süpürme işlevi yapan temizleyiciler, çift diskli temizleyiciler, kesici çizel, lastik merdane gibi temizleyiciler kullanılmaktadır (ASABE, 2013).

### 1.1.3.3. Çizi Açma Ünitesi Ünitesi (Çizi Açıcı Ayak)

Diğer ayaklara kıyasla kesekli, kuru veya nemli toprak koşullarında daha rahat çalışabilirler. Diskli ayaklar dönerek çalıştıklarından kesek ve bitki artıklarından tıkanmazlar çalışırken kendi kendilerini temizlerler. Diskli ayaklarla yüzlek ekim yapılamaz. Bu nedenle küçük tohumların ekiminde kullanım alanı sınırlıdır. Tek diskli ayak, yön açısı 3°-8° arasında değişen bir iç bükey çelik bir disk ve tohum borusunun sokulduğu bir huniden oluşur (ASABE, 2013).. Ekim derinliği tek düze değildir. Kuru ve nemli toprağı birbirine karıştırdığı için özellikle kuru tarım bölgelerinde çimlenme için uygun olmayan bir ortam yaratır. Tek diskli ayaklar ülkemizde yapılan tahıl ekim makinalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Çift diskli ayaklar, aralarında belirli bir açı (9°-11°) bulunan iki düz veya konkav disk ve diskler arasındaki boşluğa yerleştirilmiş bir tohum borusu hunisinden oluşur. Ayaklar toprağı iki yana iterek toprağın alt ve üst katmanlarını karıştırmadan çizi açar. Açılan çizi geniş olduğu için tohumların kapatılması, ayakların arkasına bağlanan kapatıcı zincirlerle sağlanır. Çift diskli ayaklar her türlü iklim ve toprak koşulu için kullanılabilirler (Şekil 1.4).




Şekil 1.4. Bazı diskli çizi açıcı çeşitleri

### 1.1.3.4. Tohumun Toprak ile Teması Ünitesi (Tohum Baskı Tekeri)

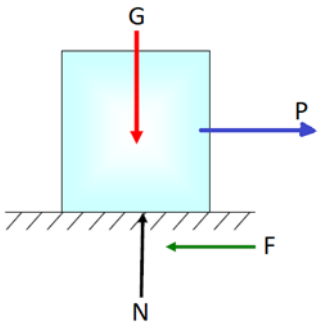
Ekici düzenden iletilen tohumun, açılan çizinin dibine bırakılması ve bastırılması gerekir. Tohum çiziye yerleştirildikten sonra bastırılması genellikle lastik tekerlekler veya saç tekerleklerle yapılır. Ekim esnasında tohum ile toprağın teması çeşitli nedenlerle tam olarak sağlanamayabilir. Bunun için, ekim makinası üzerinde tohumu çizi tabanına doğru bastırmak amacıyla ayrı bir ünite kullanılır. Bu ünite, ya yarı pnömatik bir kauçuk tekerlek ya da içi dolu bir tekerlekten oluşmaktadır. Tekerlek üzerine uygulanan baskı kuvveti, değişik tipteki yaylar veya hidrolik sistem ile elde edilir. Tohum baskı tekerleri ana baskı tekerlerinden daha ince yapılıdır (ASABE, 2013).

### 1.1.3.5. Çiziyi Kapatma ve Bastırma Ünitesi (Baskı Tekeri)

Hemen hemen bütün ekim makinalarında çiziyi kapatma ve bastırma için baskı tekeri kullanılır. Sadece kapatma için zincir kullanılan makinalar bu konuda bir istisna teşkil eder. Baskı tekerleri çok değişik tip ve yapıya sahip olabilmektedir. Baskı tekeri, toprağın kalıcı sıkışmasını önlemek için yarı pnömatik kauçuk olarak imal edilmektedir. Bazı imalatçılar, kuru topraklar ve çim ekimi için çelik tekerlek önermektedirler. Çizi kapatma ünitesi öndeki ünite tarafından gevşetilen toprak miktarı ile uyumlu olmalıdır. V şeklindeki baskı tekerleri, tohumu toprak içinde tutmak amacıyla uygulanan basıncı toprağa iletmede kullanılırlar. İkiz tekerler bazı topraklarda kaymak bağlamaya neden olan yüzey basıncını azaltmak için kullanılır (ASABE, 2013)..

### 1.2. Toprak Adezyonu ve Çeki Kuvveti

Temas halindeki nesnelerin biri diğerine göre bağıl harekete zorlandığı zaman nesneler arasında teğetsel yönde kuvvetler ortaya çıkar. Bu kuvvetlere sürtünme kuvvetleri denir. Sürtünme, kesme direncinin kayma yüzeyindeki dik basıncına bağlı olduğu bir işlemdir (Mckyes, 1989). Sürtünme kuvveti karakteristiği incelendiğinde zemin üzerende duran G kütleli bir cisme P yatay çeki kuvveti uygulandığı zaman yüzeyin normali doğrultusunda bir tepki kuvveti (N) ve yüzeyin teğeti doğrultusunda sürtünme kuvveti (F) oluşur (Şekil 1.5). P kuvveti cismin hareketini belirleyen çeki kuvveti olduğundan sürtünme kuvveti her zaman buna terstir.




Şekil 1.5. Sürtünme ve çeki kuvveti ilişkisi

Yüzeylerin birbiri üzerinde hareketi (kayma) başlayınca sürtünme kuvveti en yüksek değere ulaşır:

$$Fmax = \mu \cdot N \tag{1.1}$$

Burada:

F: En yüksek sürtünme kuvveti (N)

μ: Sürtünme katsayısı

N: Teğetsel tepki kuvveti (N)

Toprağın önemli özelliklerinden biri olan adezyon (dış sürtünme kuvveti) en basit haliyle toprağın toprak işleme aletlerinin yüzeyine yapışması olarak tanımlanabilir. Toprağın, içinde hareket eden bir yüzeye yapışması, topraktan toprağa değişir. Adezyon kuvveti matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir (Zhang, 1985; Khan ve ark., 2010):

$$P = F/A \tag{1.2}$$

Burada:

P : Toprak reaksiyon direnci normal bileşeni, N/cm$^2$

F : Aletin yüzeyine dik etki eden kuvvet, N

A : Aletin toprakla temas eden enine kesit alanı, cm$^2$

Toprak işleme ve ekim makinaları toprakta çalışırken adezyon kuvvetinin etkisinde kalır ve toprak çoğu zaman temas halindaki alet ve makinanın aktif yüzeyine yapışma eğilimi gösterir. Toprak ve aktif yüzey arasında yapışmaya neden olan bu direnç kuvvet sadece makinanın performansını ve işin kalitesini etkilemez aynı zaman da enerji tüketimini de arttırır.

Toprak işleme aletleri hareket ederken, toprak ile alet yüzeyi arasında bir kayma direnci oluşur. Bu kayma direnci, adezyon kuvvetin teğetsel bileşeni olarak adlandırılır. Bu matematiksel olarak en basit şekilde şu şekilde ifade edilebilir (Khan ve ark. 2010):

$$\tau = C + N \tan \alpha \tag{1.3}$$

Burada:

$\tau$ = Adezyon kuvvetin teğetsel bileşeni (kayma gerilmesi), N

C = Adezyon katsayısı, N/cm$^2$

N = Normal basınç, $N/cm^2$

$\alpha$ = Toprak metal sürtünme açısı, $^o$

Normal basınç sıfıra eşit olduğu zaman $\tau$ = C'dir. Toprakta çalışan toprak işleme aletlerinin çoğu bu kategoriye girer.

Toprakta içinde çalıştırılacak alet ve makinaların hareket edebilmesi için toprak reaksiyon direncini yenmesi gerekmektedir (Rashidi ve ark., 2013). Sürtünme kuvvetinin azalması oranında da ayağı hareketlendirecek çeki kuvvetinin düşmesi beklenen bir durumdur. Tarım iş makinalarının düşük çeki kuvveti gereksinimi işletmelerin daha az enerji tüketimine yol açacaktır.

Toprak işleme için tüketilen enerjinin yaklaşık olarak %50'si adezyon ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sürtünmenin yenilmesi için harcanmaktadır (Qaisrani ve ark., 2010). Dolayısıyla işin kalitesinden ödün vermeden toprak ve toprakta çalışan aletlerin yüzeyleri arasıdaki adezyon kuvvetini azaltmanın bir yolunu bulmak enerji korunumu açısından önem taşımaktadır. Toprak ve alet arasındaki adezyon yağlama (Tong ve ark., 1999), elektro-ozmos (Cong ve ark., 1995), mekaniksel titreşim (Wang ve ark., 1998), ultrasonik titreşim (Sharma ve ark., 1977), hidrofobik uygulamalar (Zhang ve ark., 1986) ve çeşitli kaplama uygulamaları (Salokhe ve ark., 1989) ile azaltılabilmektedir. Salokhe ve Gee-Clough (1989) toprak adezyonunu azaltmak için silicon yağ, kurşun oksit boyası, cila, parlak boya, krom boyası, teflon,emaye kaplama gibi farklı malzemeler kullanmışlardır. Araştırmacılar özellikle silikon yağlama yağı, Teflon bant seramik ve emaye kaplama uygulamalarında düşük dayanıklılık ve yüksek maliyet gibi sorunlarla karşılaşmışlardır. Toprakta 1.5 km/h hızla çalışan bir makinanın aktif temas yüzeyinin emaye ile kaplanması, kaplama yapılmayana göre %22'ye kadar güç korunumu sağlamıştır (Salokhe ve ark., 1999).

### 1.3. Metal Ayak Kaplama Uygulamaları

Yakıt fiyatlarının sürekli artış göstermesinden dolayı, tarımda kullanılan enerjinin korunması önemli bir konu haline gelmiştir. Çeki kuvveti, bir tarım makinesinin çekilmesi için gereksinim duyulan toprak-bitki direnci ile traktör ve tarım makinası ağırlığının yenilmesi için gerekli yuvarlanma direncinden oluşan yatay yönlü kuvvettir (Akıncı, 1994). Doğrudan ekim makinalarının çeki gücü ve yakıt tüketimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda genellikle; disk ve batma açıları, çalışma derinliği, ilerleme hızı ve gömücü ayak genişlikleri gibi ekim makinalarının toprakla temas eden elemanları üzerinde durulmaktadır. Diğer yandan kaplama malzemelerindeki yenilikler sert kaplamaların kullanım alanlarını hızla yaygınlaştırmaktadır. Bunun yanında sert kaplamalar ve kaplama teknikleri hakkındaki bilgi birikimi arttıkça ve yayıldıkça yeni uygulama sahalarının ortaya çıkması kaplama kullanımındaki hızlı artışın bir sebebidir. Teknoloji ile birlikte çok çeşitli kaplama malzemeleri ve yöntemleri geliştirilmiştir.

#### 1.3.1. Sert Seramik Kaplamada PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) Yöntemi

Fiziksel buhar biriktirme PVD, katı bir kaynağın vakum altında atomizasyonu veya buharlaştırılması ve bu maddenin kaplama oluşturmak için altlık üzerine biriktirilmesidir. PVD prosesinin tribolojik amaçlı kaplamaların üretiminde kullanılması son 10 yılda yaygınlaşmıştır. PVD tekniği, yüksek güç elektrik ve elektroniğinde, vakum teknolojisinin gelişmesinden sonra büyük bir gelişme göstermiştir. PVD'nin gelişmesinde en büyük rolü plazma destekli (iyon kaplama ve reaktif) PVD türlerinin geliştirilmesi oynamıştır. Plazma destekli PVD tekniklerinin gelişmesi ile, PVD yöntemi bir çok alt gruba ayrılmış olmakla birlikte, buharlaştırmaya ve sıçratmaya dayalı olmak üzere iki temel grup altında toplanabilir . Bu teknikler aracılığıyla üretilen metal buharı yüksek hıza sahip, yüksek enerjili parçacıklardan (plazma) oluşur. Yüksek enerjili parçacıkların elde edilmesi için, bu metal buharına pozitif potansiyel (iyonizasyon) ve aynı zamanda

altlığa da negatif bir gerilim (bias voltajı) uygulanır. Böylece iyonların enerjisi ve dolayısıyla hızları daha da artırılmış olur. Belirli bias voltajı altında kısmen iyonize olmuş metal buharı kullanımı yoluyla yapılan bu kaplama işlemleri genel olarak iyon kaplaması (ion-plating) olarak tanımlanır. İyon kaplama işlemi için geliştirilen üç ana buharlaştırma yöntemi vardır: Elektron ışını kullanarak plazma oluşturma, sıçratma ve katodik ark-buharlaştırma yöntemi. Bunların arasında en yüksek iyonlaştırma derecesinin, en yüksek ortalama iyon enerjisinin ve altlık üzerinde yeterince yüksek iyon akımı yoğunluğunun sağlandığı yöntem katodik ark-buharlaştırma yöntemidir. Bu yöntem, düşük kaplama sıcaklıklarında bile yüksek yapışma mukavemetine sahip, homojen ve üstün tribolojik özellikler gösteren ince sert kaplamaların üretimine imkan sağlar. PVD yöntemi ile üretilen kaplamalar altlığın yüzey özelliklerini geliştirir. Kesme uygulamalarında sertlik, sürtünme ve aşınma gibi mekanik özelliklerin geliştirilmesinde PVD kaplamaları son derece başarılı olmuştur. Bu yöntemle; dekoratif, optik, elektriksel, mekanik ve kimyasal amaçlı kaplamalar üretilmektedir.

PVD Kaplama Prensibi, PVD kaplama tabakaları birden fazla teknik (alt prosesler) ile üretilebilmektedir. Kaplama işlemleri, basıncı 10-6 mbar seviyesine düşürülmüş kamara içerisinde gerçekleşir. Kaplama tabakalarının istenilen kalitede olması seçilen kaplama prosesine, ön temizlik yöntemlerine, altlığın yüzey durumuna, kaplama prosesi parametrelerine ve kaplanacak parçanın geometrisine bağlıdır. Elde edilen kaplama tabakasının kalitesi ise tabaka özelliklerine (tabaka kalınlığına, tabakanın morfolojisine, kimyasal bileşim dağılımına ve iç gerilmelere) göre değişir. Kaplama prosesinde kaplanacak malzemeler ve iş parçaları özel tutuculara monte edilir. Bu özel tutucular hem kendi ekseni hem de vakum kabini içerisinde dönmektedir. Böylece iş parçaları yüzeylerinin homojen şekilde kaplanması sağlanır.

PVD kaplamaları genellikle 1-5 mikron tabaka kalınlıklarında üretilir. Kaplamalar altlık malzemesinin üst yüzey zonuna itinalı bir uyum gösterir. Diğer

bir ifadeyle, iş parçası yüzeyine tabaka birikmesi topografik kopya şeklinde olmaktadır. Kaplama işlemi sonrasında altlığın yüzey pürüzlülüğü hemen hemen hiç değişmez. Böylece kaplanmış fonksiyonel yüzeyler için ayrıca son işlemlere gerek kalmaz. Bu özellik, özellikle kesici takımların kaplanmasında çok önemlidir. Kaplama sonrası takımın keskin kenar ve yüzeyleri tıpkı kaplanmamış durumdaki gibi keskin kalmaktadır (Mattox, 1998).

PVD yöntemi ile yapılan kaplama türleri (TiN: Titanyum Nitrür Kaplamalar, NbN: Niyobyum Nitrür Kaplamalar, CrN: Krom Nitrür Kaplamalar, TiAlN:Titanyum-Aliminyum Nitrür Kaplamalar) ve özellikleri çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. PVD ile üretilen bazı sert kaplamaların özellikleri

| **Özellikler** | **TiN** | **CrN** | **TiAlN** |
|---|---|---|---|
| Renk | Altın renkli | Gümüş/metal | Antrasit mavi |
| Sertlik Hv0.05 | >2400 | 2000 | 3300 |
| Maksimum sıcaklık °C | 500 | 600 | 700 |
| Max. tabaka kalınlığı (mm) | 3 | 15 | 3 |
| Sürtünme katsayısı | 0.4 | 0.3 | 0.3 |
| Yoğunluk g.cm-3 | 5.2 | 6.1 | 5.1 |

Günümüzde bir yandan kaplama tekniklerindeki gelişmeler, diğer yandan kaplama malzemelerindeki yenilikler sert kaplamaların kullanım alanlarını hızla yaygınlaştırmaktadır. Bunun yanında sert kaplamalar ve kaplama teknikleri hakkındaki bilgi birikimi arttıkça ve yayıldıkça yeni uygulama sahalarının ortaya çıkması kaplama kullanımındaki hızlı artışın bir sebebidir. Şekil 1.6'te TİN seramik kaplama düzeneğine ait bir örnek görülmektedir.



Şekil 1.6. PVD yöntemi ile titanyum kaplama yapılan düzenek

Şekil 1.7'te ise çeşitli iş elemanları malzemelere uygulanan TİN kaplamnın bir örneği görülmektedir.



Şekil 1.7. Çeşitli makina elemanlarına uygulanan titanyum kaplama

### 1.3.2. Grafit Elyaf / Epoksi Reçine Kaplamalar

Kompozit malzeme; iki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin mikro ve makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelerdir. Kompozit malzemeler aslında binlerce yıldan beri mevcuttur. Mısır'da M.Ö. 2800 yıllarında arkeologlar lamine edilmiş tahta

tabakalar bulmuşlardır. Bina yapımı içinde çamur içine karıştırılan saman çöpleri ile yapılan kerpiç de bir kompozit malzemedir.

Kompozit malzeme, temel olarak birbiri içerisinde çözünmeyen ve birbirinden farklı şekil ve/veya malzeme kompozisyonuna sahip iki veya daha fazla bileşenin karışımından veya birleşmesinden oluşan bir malzeme sistemidir. Kompozit malzemeler, doğrudan doğruya istenilen maksatta kullanılmayan en az iki ayrı malzemeden belli olan bir özelliği elde edebilmek için, bu malzemelerin belli şartlar altında ve belli bir oranda fiziksel olarak birleştirilmesiyle elde edilirler. Bir kompozit malzeme genelde düşük modül ve dayanıma sahip reçine veya metalik matris ana fazı ile bunun içinde dağılmış daha az oranda kullanılan tali fazı olan takviye elemanından oluşmaktadır (Şahin, 2000).

Kompozit malzemeler kendilerini oluşturan malzemelerin sahip olduğu özellikleri sunmasının yanı sıra; yüksek mukavemet, hafiflik, tasarım esnekliği, boyutsal stabilite, yüksek dielektrik direnimi, korozyon dayanımı, kalıplama kolaylığı, yüzey uygulamaları, yüksek ısıl dayanım, şeffaflık özelliği, yüksek kimyasal direnç, titreşim sönümlendirme, akustik iletkenlik, ses tutuculuğu veya ses yutuculuğu gibi avantajları sağlar. Aynı taki mukavemetleri metallere oranla çok yüksektir. Aynı yönlü aramid ve karbon fiber takviyeli epoksi kompozit malzemeler, çelik ve alüminyumdan yaklaşık 4-6 kat daha yüksek spesifik çekme dayanımına sahiptir. Aynı yönlü grafit takviyeli epoksi, çelik ve alüminyumdan yaklaşık 3,5-5 kat daha yüksek spesifik çekme dayanımına sahiptir. Kullanım yerine ve özelliklerine bağlı olarak gereksinim duyulan özellikler arttırılır, kontrol edilir. Karmaşık parçaların tek olarak üretilebilmesinden dolayı parça sayısının azalmasını sağlarlar. Böylece ara birleştirme detay ve parçalarının azalmasıyla üretim süresi kısalmaktadır. Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır, standartlaşmış bir kalite yoktur (Şahin, 2000; Ersoy, 2001).

### 1.3.2.1. Karbon (Grafit) Elyaf

Cam elyafı günümüzde en çok kullanılan ve geçerli takviye malzemesi olmasına rağmen gelişmiş kompozit malzemelerde genellikle saf karbon elyafı kullanılmaktadır. Karbon elyafı cam elyafına oranla daha güçlü ve hafif olmasına rağmen üretim maliyeti daha fazladır. Hava araçlarının iskeletlerinde ve spor araçlarında metallerin yerine kullanılmaktadır. Cam elyafının metale göre sertliğinin çok düşük olmasından dolayı sertliğin 3-5 kat artırılması çok belirgin bir amaçtı. Karbon elyafları çok yüksek ısıl işlem uygulandığında elyaflar tam anlamıyla karbonlaşırlar ve bu elyaflara grafit elyafı denir. Günümüzde ise bu fark ortadan kalkmaktadır. Artık karbon elyafıda grafit elyafı da aynı malzemeyi tanımlamaktadır. Karbon elyafı epoksi matrisler ile birleştirildiğinde olağanüstü dayanıklılık ve sertlik özellikleri gösterir. Karbon elyaf üreticileri devamlı bir gelişim içerisinde çalışmalarından dolayı karbon elyaflarının çeşitleri sürekli değişmektedir. Karbon elyafının üretimi çok pahalı olduğu için ancak uçak sanayinde, spor gereçlerinde veya tıbbi malzemelerin yüksek değerli uygulamalarında kullanılmaktadır (Anonim, 2006). Şekil 1.8'da öğütülmüş karbon elyaf tozunun örneği görülmektedir.



Şekil 1.8. Karbon elyaf tozu 100 – 400 mikron

Karbon, yoğunluğu 2.268 g/cm$^3$ olan kristal yapıda bir malzemedir. Karbon elyaflar cam elyaflardan daha sonra gelişen ve çok yaygın olarak kullanılan bir elyaf grubudur. Karbon ve grafit elyaflar organik maddelerden üretildikleri için organik fiber olarak da adlandırılırlar. Ham madde olarak PAN (Poliakrilonitril), Selüloz (Rayon) ve Zift (Pitch) olarak kullanılır. Dolayısı ile de üretildikleri maddelere göre isim alırlar. Günümüzde rayon sadece çok düşük modüllü elyaflar için kullanılır. Bu hammadde inert bir atmosferde 1000-3000°C civarına ısıtılır ve aynı zamanda çekme kuvveti uygulanır. Bu işlem mukavemet ve tokluk sağlar. Ancak yüksek maliyet nedeniyle rayon elyaflar uygun değildirler. Elyaf imalatında genellikle rayonun yerine poliakrilonitril (PAN) kullanılır. PAN bazlı elyaflar 2413 ile 3102 MPa değerinde çekme mukavemetine sahiptirler ve maliyetleri düşüktür. Petrolün rafinesi ile elde edilen zift bazlı elyaflar ise 2069 MPa değerinde çekme mukavemetine sahiptirler. Mekanik özellikleri PAN bazlı elyaflar kadar iyi değildir ancak maliyetleri düşüktür (Şahin, 2000).

Karbon elyafının tüm diğer elyaflara göre en önemli avantajı yüksek modülüs özelliğidir. Karbon elyafı bilinen tüm malzemelerle eşit lı olarak karşılaştırıldığında en sert malzemedir (Anonim, 2006).

Karbon elyaflar pahalı olması nedeniyle, bu nedenle ileri kompozitleri hazırlanarak fiyatın önemli olmadığı uzay araçları, uçaklar, ileri teknoloji vb alanlarda kullanılırlar. Otomobil endüstrisi açısından karbon takviyeli kompozitlerin fiyatları henüz çelikle rekabet edecek düzeyde değildir. Karbon lifler de, cam lifler gibi yüzeyleri uygun bir polimerle (genelde epoksi ile) kaplanarak kompozit yapımına kadar korunurlar (Saçak, 2002).

### 1.3.2.2. Epoksi Reçine

Epoksi reçine karışımının sert plastik benzeri bir malzemeye dönüşebilmesi için iki bileşenin karıştırılmasıyla başlayan kimyasal reaksiyon sonucu oluşan ürünlerdir. Birinci bileşen bir epoksi reçinedir. Birkaç farklı epoksi

reçinesi olmasına karşın en yaygın olanı Bisfenol A'dır. İkinci bileşen, sertleştirici ajan olarak adlandırılır. Düzinelerce farklı sertleştirici madde vardır ve çoğu epoksi ürünü farklı sertleştirici ajanların birleşimidir. Ayrıca bazı dolgu maddeleri, katkı maddeleri ve bazı kimyasalları ayarlamak, belirli özellikleri eklemek, maliyetleri düşürmek için 1. ve 2. bileşenlere eklenebilen diğer kimyasallar da vardır. Şekil 1.9'de epoksi reçine ve sertleştirici örnekleri görülmektedir.




Şekil 1.9. Epoksi reçine ve sertleştirici

Tüm kürlenmiş epoksiler güneş ışığında deformasyona uğrar, sararır ve bozulabilir. Güneş ışığında (UV) ve hatta zamanla karanlıkta sararan olan ikinci bileşendir. Bazı epoksiler (epoksi kürleme sistemleri) diğerlerine oranla daha hızlı sararır, ancak hepsi sarı renkte olur ve orijinal epoksinin rengini değiştirir. Bu sebeple şeffaf epoksi ürünlerde sararmayı önlemek için UV dayanımlı sertleştirici kullanabilir veya akrilik vernik tarzı ürünler kullanabilir. Dolayısıyla çoğu durumda, şeffaf epoksi 'iş' yapar, üst kat ise 'görünüşü' sağlar. Karbon fiber, aramid dahil olmak üzere tüm ortak takviye lifleri ile uyumludur.

### 1.4. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Sürdürülebilir üretim modellerinin önem kazandığı günümüz tarımsal uygulamalarında ekolojik ve sosyal sürdürülebilirliğin yanı sıra ekonomik sürdürülebilirlik, işletmelerin olmazsa olmazıdır. Tarımsal işletmelerin ekonomisi de sadece yüksek verimle değil aynı zamanda düşük girdi kullanımı ile de sağlanabilmektedir. Dolayısıyla en büyük gider yükünü oluşturan toprak işleme ve ekim uygulamalarında daha az enerji tüketmek, tarımsal işletmelerin karlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Geleneksel toprak işleme çalışmalarında olduğu gibi, doğrudan ekim makinalarında da çeki kuvvetinin belirlenmesi, güç gereksinimi hesaplamaları için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Hem traktörün hem de tarım iş makinasının işletme masrafları çeki kuvveti ile doğrudan ilişkilidir. Doğrudan ekim makinalarında kullanılan çizi açıcı ayakların düşük çeki kuvveti için, yüksek nem ve yapışkan özelliğe sahip toprak koşullarında düşük adezyon kuvveti ile toprakta sıkışma meydana getirmeden çalışması beklenir.

Yapılan kaynak taramasında, dünyada ve ülkemizde doğrudan ekim makinalarında kullanılan çizi açıcı ayaklara farklı kaplama uygulayarak sürtünme direncinin düşürülmesine ilişkin yeterli araştırmaya rastlanmamıştır. Çalışmalarda kaplama uygulamaları daha çok pulluk, çizel, diskli tırmıklar gibi toprak işleme makinalarının işleyici organlarına yapılmıştır. Bu çalışmanın önceki çalışmalardan en belirgin farkı, diskli ayaklara uygulanan farklı kaplama çeşitleri olmuştur. Araştırmanın başarılı olması durumunda, bu kaplama türlerinin sertlik derecesi ve düşük sürtünme katsayısı gibi özelliklerinden faydalanarak çizi açıcı ayakların işlenmemiş sert topraklarda daha düşük yükler altında daha az enerji tüketerek daha verimli bir şekilde çalışması sağlanacaktır. Ayrıca doğrudan ekim makinalarının toprakta çalışan ayaklarının teknolojik gelişmeyle birlikte ortaya çıkan çok sayıda çeşitli kompozit kaplama türleri kullanılarak kaplanması sağlanacaktır.

Diskli ayaklı doğrudan ekim makinalarının başarısı sadece düşük çeki kuvvetine gereksinimi ile değil aynı zamanda ekim düzgünlüğünü bozmayacak şekilde ekim yapmaları ile değerlendirilmelidir. Bu nedenle kaplama uygulamalarının başarılı olması durumunda, kaplamalı ayakların ekim kalitesine olan etkisinin de belirlenmesi önem taşımaktadır. Çünkü yüksek verimin ön koşulu çıkış sonrası bitki dağılım düzgünlüğünün iyi olmasıdır. Her ne kadar kaplamalı disk ayaklar düşük çeki direnci oluştursalar bile istenen optimum bitki dağılım düzgünlüğünü sağlamadıkları sürece ekim başarısı açısından bunun önemi olmayacaktır. Bu nedenle çalışmanın tarla denemesinde ekim makinası ayaklarının bitki dağılım düzgünlüğüne etkisinin belirlenmesi ayrıca önemlidir.

Bu çalışmada, doğrudan ekim makinalarında kullanılan diskli ayakların çeki kuvveti gereksiniminin kaplama yapılarak azaltılması ve bu kaplamanın ekim kalitesi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatör çalışmasında konuya yakınlık gösteren bazı çalışmalar bulunmuş ve bunların özetleri aşağıdaki alt başlıklar şeklinde verilmiştir.

## 2.1. Çeki Kuvveti Çalışmaları

Guo ve Choudhary (1985), araştırmalarında çapa tip gömücü ayakların farklı toprak nem içeriğindeki çeki kuvveti gereksinimlerini çizel tip gömücü ayaklar ile karşılaştırmışlardır. Sonuçta, kuru toprak koşulları için geliştirilen çapa tip gömücü ayağın çeki kuvveti gereksinimi 483 N iken, çizel tip gömücü ayak için bu değer 300 N olarak belirlenmiştir. Nemli toprak koşullarında ise bu değerler sırasıyla 201 N ve 170 N'a düşmüştür.

Kushwaha ve ark. (1986), denemelerinde toprak üzerinde sap kalıntısı için 3 farklı çeşit 460 mm çaplı (düz, çentikli ve tırtıklı) diskli sap parçalayıcıların iki farklı dönme hızında (makina dönme hızı ve serbest dönme hızı) ve sıfır sap yoğunluğu ile 1000-5000 kg/ha sap yoğunluğunda disklerin sap kesme yeteneklerini ve yatay ile düşey kuvvetlerini incelemişlerdir. Yapılan gözlemler ve analizlere göre düz diskli sap parçalayıcının diğer disklere göre, sap parçalama yeteneğinde %100 performans göstermiştir. Çentikli ve tırtıklı disklerde, sap parçalama miktarı, dönme hızındaki artışla artmış ve sap yoğunluğundaki artışla azalmıştır. Makina hızındaki dönen disklerin yatay ve dikey kuvvetleri, serbest dönen disklerden oldukça düşük bulunmuştur. Güç tüketimi ise, dönme hızının ve saman miktarının artışı ile artmıştır. Disklerin dönme hızının iki katına çıkması ile birlikte sap kalıntı miktarının etkisinin olmadığını tesbit etmişlerdir. 460 mm çapındaki serbest çalışan diskler, yoğun ürün artıkları üzerinde toprak işlemesiz tarım uygulamalarında tatmin edici performans göstermiştir.

Baştaban (1994), araştırmasında dört gövdeli kültürform tipi bir pullukla 18 cm derinlikte toprak işlemesi yapılmıştır. İlerleme hızları 3.5 km/h, 5 km/h, 6.5

km/h ve 7.5 km/h olarak seçilmiştir. Seçilen bu hızlarda pulluk çeki kuvveti ve yakıt tüketimi değerleri ölçülmüştür. En yüksek çeki kuvveti 13.3 kN'la 7.5 km/h'lık ilerleme hızında, en düşük çeki kuvveti ise 9.4 kN'la 3.5 km/h'lık ilerleme hızında elde edilmiştir. En yüksek yakıt tüketimi 35.3 1/ha'la 3.5 km/h hızda ve en düşük yakıt tüketimi 26.0 1/ha'la 5 km/h'lık ilerleme hızında kaydedilmiştir.

Akıncı ve Sabancı (1994), araştırmalarında killi bünyeli topraklarda, kulaklı pulluk, dipkazan, çizel ve tarla kültivatörü gibi toprak işleme aletleri ile çalışmada farklı iş derinlikleri ve tarla çalışma hızlarında, çeki kuvveti, çalışma hızı, patinaj, çeki gücü ve yakıt tüketimi gibi çalışma verilerini ölçmüşlerdir. Kulaklı pulluk ile 0,25 m derinlik ve 5 km/h hızla çalışmada çeki kuvvetini 15,77 kN ve yakıt tüketimini 8.11 kg/h, çizel ile 0.25 m iş derinliğinde ve 6 km/h hızla çalışmada ise çeki kuvvetini 14.74 kN ve yakıt tüketimini 6.87 kg/h olarak belirlemişlerdir.

Collins ve Fowler (1996), çalışmalarında çeşitli gömücü ayak tipi kullanarak çalışma derinliğinin 1 cm'den 5 cm'e arttırılmasının özgül çeki kuvvetinin arttırılmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda ilerleme hızı ekim derinliğine göre özgül çeki kuvveti üzerinde daha düşük bir etkiye sahiptir. Killi toprakta, denemelerde kullanılan bütün gömücü ayakların ortalama özgül çeki kuvvetleri 2000 N/m iken 3 cm ekim derinliğinde 3500 N/m'ye, 5 cm ekim derinliğinde ise 5000 N/m'ye yükselmiştir. Denemeye alınan gömücü ayaklar arasında en düşük özgül çeki kuvveti çift diskli gömücü ayakta elde etmişlerdir. Killi toprakta ilerleme hızının 6 km/h'den 9 km/h'ya yükselmesi özgül çeki kuvvetini 3100 N/m'den 3300 N/m'ye yükseldiğini vurgulamışlardır. Ayrıca gömücü ayakların ortalama özgül çeki kuvvetlerinin killi toprakta 3179 N/m, killi-tın toprakta 2692 N/m iken kumlu-tın toprakta 2567 N/m'ye düştüğünü belli etmişlerdir.

Bianchinia ve Magalha. (2008), şeker kamışı anızının kesilmesinde, dişli , kertikli ve düz sap kesme disklerinin performansını değerlendirmek için

laboratuvar deneyleri yapmışlardır. Çeki kuvveti, disklerin ihtiyaç duyduğu tork ve kesilmemiş ürün miktarı kalıntısını (doğrusal metre başına), kumlu kil balçık toprağı ile doldurulmuş bir toprak kanalında ölçmüşlerdir. Testleri iki çalışma derinliğinde 80 mm ve 100 mm gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, dişli disklerin diğer kertikli ve düz disklere göre ürün kalıntısı kesmede ve daha düşük dikey ve çekme kuvvetleri gereksiniminde en iyi performansı gösterdiklerini belirtmişlerdir. Böylece dişli disklerin diğer sap kesme disklere göre daha verimli olduklarını açıklamışlardır.

Marakoğlu ve Çarman (2009), denemelerinde bir kültivatör ayağının tasarım parametrelerinin bir toprak kanalında çekme kuvveti ve toprak strüktürü bozunumu deseni üzerindeki etkilerini değerlendirme amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Test aracının yatay açı değişkenleri 12.5°, 17.5° ve 22.59° çalışma derinlikleri 70 mm, 110 mm ve 150 mm ilerleme hızları ise 1.08 $ms^{-1}$ ,1.55 $ms^{-1}$ ve 2,08 $ms^{-1}$'dir. Kültivatör ayağının çeki kuvveti ve toprak strüktürü bozunumu ölçümleri alınmıştır. Ayak açısı, ilerleme hızı ve çalışma derinliğinin artması ile birlikte çeki kuvveti artmıştır. Farklı denemelerdeki çekme kuvveti 42 ile 202.5 daN arasında değişmiştir. Alet ayak açısı, ilerleme hızı ve çalışma derinliği arttığında daha büyük toprak strüktürü bozunumuna olmuştur. Tesbit edilen en büyük toprak strüktürü bozukluğu $22.59^0$ ayak açısı, 2.08 $ms^{-1}$ ilerleme hızı ve 150 mm çalışma derinliğinde elde etmişlerdir. Toprak gevşemesi, ayak açısı ve ilerleme hızı ile artmıştır. Ancak çalışma derinliğinin artmasıyla azalmıştır. Toprak gevşemesi %21.07'den %40.45'e kadar değişmiştir.

Javadi ve ark. (2012), araştırmalarında korumalı toprak işlemede ekim makinalarının performansının arttırılması amacıyla (çift diskli çizi açıcı, çift diskli biri dikey, modifiye cift diskli çizi açıcı yatay dar diskler) 2500 cm uzunluğunda, 180 cm genişliğinde ve 100 cm derinliğinde bir kumlu tınlı bir toprak kanalında denemeler yapmışlardır. Toprak kanalında diskli çizi açıcılar tarafından açılan izlerin deseni, nem içeriği, buharlaşma hızı ve toprak penetrasyon direnci

parametrelerini belirlemişlerdir. Buharlaşma oranı çift diskli çizi açıcılarda diğer tiplere oranla daha az bulunmuştur. Kuvvet gereksinimi açısından modifiye disk ayaklar hariç diğer çizi açıcılarda dikey kuvveti negatif olarak belirlemişlerdir. Penetrasyon direncini yenmek için ek kuvvete ihtiyaç duyduklarını kaydetmişlerdir. Modifiye edilmiş disk ayakların ise dikey kuvvetini pozitif olarak belirlemişlerdir ve penetrasyon direncini yenmek için ek kuvvete ihtiyaç duymadıklarını kaydetmişlerdir. Bununla birlikte, modifiye edilmiş disk ayakların tohum çimlenmesini etkileyebilecek şekilde diğer ayak türlerine kıyasla çizi derinliği biraz artmıştır. Modifiye edilen çizi açıcı, aynı zamanda, tohum bölgesinde toprağın tohum ile doğru bir şekilde temasını sağlayan daha az penetrasyon direnci göstermiştir.

Marakoğlu ve ark. (2013), çalışmalarında toprağı yırtarak işleyen ve alternatif koruyucu toprak işleme aleti olarak değerlendirilen standart çizel ile bu çizel uç demirinin modifikasyonundan elde edilmiş 5 farklı uç demiri tipinin (geniş kanatlı uç demiri, kazayağı tipi uç demiri, dar kanatlı uç demiri ve döndürülebilir dar uçlu uç demiri) toprak deformasyonu ve çeki gereksinimlerini saptamışlardır. Bu amaçla, denemeler yaklaşık 28 cm çalışma derinliğinde ve 4.5 km/h ilerleme hızında killi tınlı toprağa sahip toprak kanalında yürütülmüştür. Denemelerde her uç demiri için, çeki kuvveti, toplam deformasyon alanı, toprağın kabarma oranı ile birim çeki kuvveti başına düşen kesit alanı belirlemişlerdir. Denemeler sonucunda uç demirlerinin toprağı kabartma oranları %14.5-43.5, birim çeki kuvveti başına düşen kesit alanı değerleri ise 0.35-0.69 $cm^2/N$ arasında değişmiştir.

Hasimu ve Chen (2014), çalışmalarında 209 kPa'lık bir ortalama penetrasyon direncine, 1184 $kgm^{-3}$'lük bir ortalama kütle yoğunluğuna ve %25.8'lik bir ortalama toprak nem içeriğine sahip bir kumlu toprakta, 25 ve 50 mm'lik derinliklerde, üç farklı (çapa, kanatlı çapa ve kaşık) tip çizi açıcı ayak ile toprak yüzey pürüzlülüğü, çizi kesiti, toprak çizi genişliği, çekme kuvveti ve dikey kuvvetleri ölçmüştür. Çalışma derinliğinin artmasıyla birlikte toprak deformasyonu

ve kuvvet gereksinimleri artmıştır. Her iki çalışma derinliği için kaşık tipi çizi açıcı ayak (113 mm) ile ortalama çizi genişliğini ve (450 mm) ile ortalama toprak derinliği yaratmış. Değerlendirmelerin yapıldığı kontrollü toprak durumu çapa, kanatlı çapa ve kaşık çizi açıcılar için kritik sıra aralığı sırasıyla 219 mm, 255 mm ve 285 mm'dir. Elde ettikleri sonuçlara göre, farklı tip çizi açıcıların farklı toprak bozulmalarına neden olduğunu ve çapa tipi çizi açıcının toprak bozulmasına en az neden olduğunu göstermişlerdir. Hem toprak deformasyon miktarı hem de çekme kuvveti gereksinimi göz önüne alındığında, çapa tipi çizi açıcı diğer iki tip kanatlı çapa ve kaşık çizi açıcı ayaklara göre daha iyi performans gösterdiğini vurgulamışlardır.

Orhan ve ark. (2014), çalışmalarında dipkazanın ön kısmına çalışma derinliği dipkazana göre daha az olan iki değişik tipte (bıçak keski ve disk keski) ek donanım takarak farklı ilerleme hızlarında (yüksek, orta, düşük) çeki kuvveti, çeki gücü, yakıt tüketimi, iş başarısı, toprak penetrasyon direnci, toprak nem içeriği ve hacimsel kütle değerlerini tespit etmişlerdir. Deneme alanlarının her birinde iki dipkazan uygulaması (titreşimli ve titreşimsiz) kullanmışlardır. Çalışmada; çeki kuvveti, çeki gücü ve yakıt tüketimine ait en düşük değerler titreşimli konumunda normal dipkazan uygulamasında, en yüksek değerler ise sabit konumunda disk keski donanımlı dipkazan uygulamasında elde edilmiştir. İş başarısına ait en düşük değer sabit konumlu bıçak keski donanımlı dipkazan uygulamasında, en yüksek değer ise sabit konumlu disk keski donanımlı dipkazan uygulamasında elde etmişlerdir. Titreşimli uygulamalarda iş başarısının artış gösterdiği belirlenmiştir. Hız artışına bağlı olarak iş başarısında bir artış olduğu görmüşlerdir.

Ahmad ve ark. (2017), çalışmalarında S tipi yük hücreleri ile donatılmış bir saha düzeneğinde 4 farklı diskli çizi açıcı (kertikli disk, dişli disk, düz kenarlı disk ve çift disk) ayak kullanarak 3 farklı derinlikte (30 cm, 60 cm ve 90 cm) ve 3 farklı çalışma hızında (0.1 $ms^{-1}$, 0.2 ve 0.3 $ms^{-1}$) sap kesme oranı, yatay kuvvet ve dikey kuvvet ölçümleri yapmışlardır. Çizi açıcılar üzerinde etkili olan dikey ve yatay

kuvvetler LabVIEW digital veri toplama yazılım sistemi kullanarak ölçümleri elde etmişlerdir. Elde edilen verilere göre, en yüksek yatay ve dikey kuvvetler çift diskli çizi açıcı ayakta not etmişlerdir. Aynı zamanda çentikli, dişli, düz kenarlı tek diskli ve çift diskli için ortalama sap kesme verimliliği oranı sırasıyla %12.4, %46.2, %11.4 ve %78.5 olarak elde etmişlerdir. En yüksek sap kesme verimliliğini 90mm çalışma derinliğinde % 88,6 değeri ile çift diskli çizi açıcıda kaydetmişlerdir. Böylece denemede kullanılan diskli çizi açıcılardan en iyi performansı çift diskli çizi açıcı ayak da elde etmişlerdir.

Okoko ve ark. (2018), çalışmalarında killi toprakta çalışan bazı toprak işleme tesislerinin taslak ve güç gereksinimi belirlemişlerdir. Denemelerinde üç alt diskli bir pulluk, bir yaylı çatal ekici ve bir ofset diskli tırmık aletler kullanılmışlardır. Çalışmalarında 5 farklı hızda 3.6 $kms^{-1}$, 5.4 $kms^{-1}$, 7.2 $kms^{-1}$, 9.0 $kms^{-1}$ ve 10.8 $kms^{-1}$ ve 3 farklı derinlikte (10, 20 ve 30 cm) aletlerin güç gereksinimine etkilerini incelemişlerdir. Toprak analiz testi, traktör ve uygulama özellikleri ile toprak işleme deneylerinin sonuçları rapor etmişlerdir. Bir killi tırtıklı toprakta bu aletlerin çekim ve güç gereksinimlerini tahmin etmek için genel bir regresyon denklemi, hız ve derinlik parametresine dayanarak geliştirmişlerdir. Bunlar, toprak işleme aletlerinin tasarımı sırasında gerekli taslak ve gücü tahmin etmek için kullanılabilir. Derinlik ve hızda artış olan tüm aletler için çekim gücü ve güç gereksiniminde 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bir artış gözlemişlerdir. 10 cm toprak derinliğinde, çeki ve güç gereksinimleri sırasıyla 0.82 $ms^{-1}$ ilerleme hızında üç tabanlı disk pulluk için 1.34 kN ve 1.10 kW, 0.74 $ms^{-1}$ ilerleme hızında tine kültivatörü için 0.15 kN ve 0,11 kW ve 0.79 $ms^{-1}$ ilerleme hızında ofset diskli tırmık için 1,22 kN ve 0,96 kW olarak belirlemişlerdir.

### 2.2. Ekim Makinası Çalışmaları

Dixon (1972), çalışmasında %15, %20 ve %27 toprak nemi koşullarında V, U ve ters T şekilli çizilerin tohumun çimlenme özelliklerine etkisini

araştırmıştır. Çalışma sonucunda üç diskli ve ters T tipi ayaklarda çimlenme, çapa tipi ayağa göre daha iyi sonuç vermiştir. Bitki çıkışlarında ise ters T tipi çizi açıcı ayak diğer iki ayağa göre en iyi çıkışı sağlamıştır.

Choudhary ve Baker (1982), çalışmalarında, çapa, üç diskli ve çapa tip çizi açıcı ayaklar monte edilen ve tohum ile gübreyi birlikte uygulayan bir kombine ekim makinası ile kumlu-tın bünyeye sahip bir arazide 6 aylık bir süreyle laburatuvar ve tarlada buğday ekimi yapmışlardır. Sonuç olarak çizel tip çizi açıcının çapa ve üç diskli çizi açıcıya oranla daha fazla tarla filiz çıkış oranı sağladığını bildirmişlerdir.

Chaudhuri (1993), çalışmasında %22 toprak nemi koşulunda ters T tipi çizi açıcı ayağın, çapa ve çift diskli çizi ayaklara göre en yüksek bitki çıkış yüzdesini verdiğini belirlemiştir.

Karayel ve Özmerzi (2007), araştırmalarında, ikinci ürün mısırın (Zea mays L.) doğrudan ekiminde farklı gömücü ayak (çapa, tek disk ve çift disk) ve derinlik ayar sistemlerinin (arka, ön ve yan tekerlekler) tarla filiz çıkış oranı ve filiz çıkış süresine etkisini belirlemek için yapılmışlardır. Filiz çıkış süresini belirlemek için ortalama çıkış süresi (OÇS) ve çıkış oranı indeksi (ÇOI) değerlerini hesaplamışlardır. Denemeleri iki farklı tarlada tekrarlamışlardır. Araştırma sonunda en yüksek tarla filiz çıkış oranı çift diskli gömücü ayakta elde etmişlerdir. En düşük OÇS ve en yüksek ÇOI değerleri yine çift diskli gömücü ayak kullanılan denemelerde elde edilirken, çapa gömücü ayak kullanımı OÇS'yi artırmış ve dolayısıyla ÇOI'yi azaltmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ikinci ürün mısırın doğrudan ekiminde, daha yüksek tarla filiz çıkış oranı ve daha düşük filiz çıkış süresi için çift diskli gömücü ayak ve yan tekerlek kullanılmalısı önerilmektedir.

Altıkat (2011), yaptığı araştırmada, farklı tip gömücü ayaklara sahip anıza doğrudan ekim makinalarının farklı traktör ilerleme hızlarında kullanılmasının; toprak fiziksel özelliklerine, güç ve yakıt tüketimine, anız dağılımı ve ekim performansı ile bitki çıkışlarına olan etkilerinin belirlenmesi amaçlamıştır. Elde

edilen sonuçlara göre; toprak fiziksel özellikleri, anız dağılımı, ekim performansı ve bitki çıkışları yönünden en iyi sonuçlar çapa tip gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinasında elde edilmiştir. Kanatlı çapa tip gömücü ayaklı doğrudan ekim makinası en fazla güç ve yakıt tüketimine neden olmuştur. Diskli gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinasındaki güç ve yakıt tüketim değerleri diğer makinalara göre daha az bulunmuştur. Traktör ilerleme hızı artışı toprak fiziksel özelliklerini, anız dağılımını, ekim performansını ve bitki çıkışlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Genel olarak etkisi araştırılan parametreler yönünden en iyi sonuçlar çapa tip gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinasının 0,75 $ms^{-1}$ traktör ilerleme hızında kullanılması ile elde edilmiştir.

Mchugh (2011), çalışmasında nemli toprakta, anızlı ve anızsız toprak koşullarında farklı tip çizi açıcı ayakların bitki çıkış yüzdesine etkisini araştırmıştır. Çalışmada, anızlı arazide en yüksek bitki çıkış değerlerini sırasıyla ters T ayak (%73), çapa ayak (%64) ve çift diskli ayak (%26) olarak belirlemiştir. Anızsız koşulda da yine aynı şekilde en yüksek bitki çıkış değerlerini sırasıyla ters T ayak (%44), çapa ayak (%33) ve çift diskli ayak (%25) olarak belirlemiştir.

Altıkat ve ark. (2013), çalışmalarında fiğ ekiminde çapa ayak, tek disk ayak ve kanatlı çapa tipinde çizi açıcılara sahip üç farklı tip doğrudan ekim makinasının uzun, kısa, dik ve yatık anız koşullarının doğrudan ekim performansı ve çimlenme üzerindeki etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada çizi açıcı ayak başına çapa ayak için 87.5 kg, tek diskli ayak için 66.6 kg ve kanatlı çapa ayak için 66.7 kg düşmüştür. Çalışma sonucunda en iyi ekim performansını çapa ayaklar verirken, optimum penetrasyon direnci değerleri kanatlı çapa ayakta elde edilmiştir. Ayrıca en iyi ekim performansı ve çimlenme değerleri çapa ayakla ekim yapılan dik kısa anızlı parsellerde elde edilmiştir.

Turgut (2014), bir doğrudan ekim makinasına monte edilmiş dört farklı tip (çapa, çizel, çift disk ve ters T) çizi açıcı ayak başına düşen anlık bası yükünün tarla ve toprak kanalı koşulunda belirlenmesi ve bu ayaklara ait bitki çıkış

değerlerinin, tarla koşullarında farklı anız ve toprak neminde belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda ters T tipi çizi açıcı ayak, ortalama bitki çıkış zamanı, çıkış oranı indeksi ve bitki çıkış yüzdesine ait değerlerde en iyi sonuçları vermiştir. Ortalama bası yükü değerlerinde tarla ve toprak kanalı koşullarında diğer çizi açıcı ayak tiplerine göre ters T tipi çizi açıcı ayak en iyi sonuçları vermiştir. Çizi açıcı ayak tiplerine göre en yüksek ortalama bası yükü değeri (5319.4 N ve 5196.2 N) her iki yılda da çizel tipi (ÇZ) çizi açıcı ayakta, en düşük değer (4960.2 N ve 4820.5 N) ise ters T tipi (TT) çizi açıcı ayakta bulunmuştur.

# 3. MATERYAL VE METOD

## 3.1. Materyal

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknilojileri Mühendisliği Bölümünde 2016-2018 yılları arasında yürütülen çalışma, iki aşamadan oluşmuştur. Bunlar; doğrudan ekim makinalarında kullanılan farklı özellikteki disk ayakların farklı çalışma koşullarında çeki kuvvetinin saptanması için toprak kanal deneme aşaması ve çalışma etkinliği ortaya konan disk ayakların sıra üzeri horizantal bitki dağılım düzgünlüğünü belirlemek için yapılan tarla denemeleri aşamasıdır.

### 3.1.1. Toprak Kanalı Denemeleri

#### 3.1.1.1. Toprak Kanalı ve Mobil Araç

Toprak kanal denemeleri Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Atölyesinde bulunan 20 m uzunluğunda 2.10 m genişliğinde bir toprak kanalı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Toprak kanaldaki iki ray üstünde ve yüksek akım elektirik motorundan hareketini alan hızı ayarlanabilir bir mobil araç ile denemeler yürütülmüştür (Şekil 3.1). Kanal arabası hareketini, elektrik motoru, hız kutusu ve redüktör akuplasyonundan almaktadır. Redüktör miline bağlanmış dişli, kanalın her iki ucundaki 1m yüksekliğindeki profil malzemeler arasına gerilmiş zincir üzerinden arabanın ileri-geri hareketini sağlamaktadır. Mobil aracın çalıştırılması panoya kablo ile bağlı bir kumanda ile yapılmaktadır. Toprak kanal deneme çalışmalarında toprak nemi ölçümleri için Field Scout TDR 300 taşınabilir nem ölçer kullanılmıştır. Toprak kanal üzerideki kumun 0–20 cm derinliğindeki nem değerleri nem ölçer ile ölçülmüş, elde edilen veriler bir excel programı yardımı ile gerçek nem değerlerine dönüştürülmüştür (IAEA, 2008). Her bir çizi açıcı ayak denemesi için kanaldaki

kumlu toprak sulanmış ve %20-25 çalışılabilir nem aralığı elde edilinceye denemeler yapılmıştır.



Şekil 3.1. Denemelerinin yürütüldüğü toprak kanalı

### 3.1.1.2. Çeki Kuvveti Ölçüm Düzeneği

Çalışmanın toprak kanal denemelerinin yürütüldüğü arazinin yapısı %100 kumdur. Daha homojen bir çalışma ortamı oluşturmak ve çeki kuvveti ölçümlerinin daha hassas bir şekilde alınması için kanal üzerindeki toprağın üst kısmından kanal boyunun ortalamasına 1 m genişliğine, 20 cm derinliğine kazılarak kumlu toprak döşenmiştir (Şekil 3.2). Araştırmada diskli ayaklara gelen çeki kuvveti ölçümleri kum zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir.



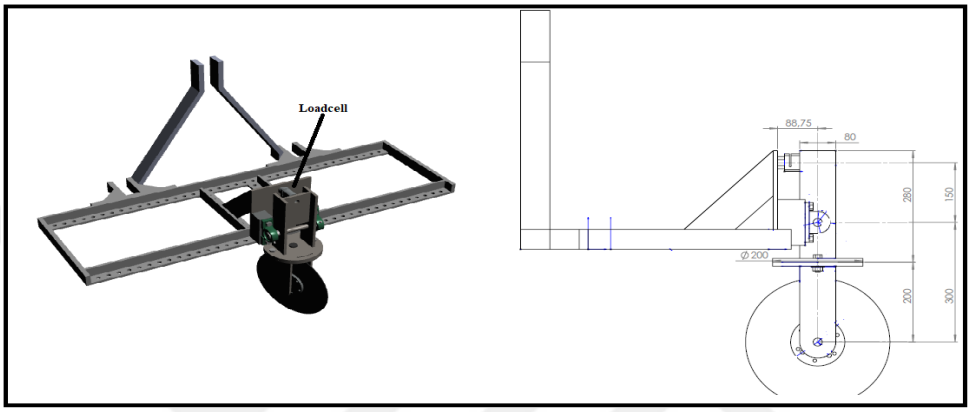

Şekil 3.2. Toprak kanalının hazırlanması



Şekil 3.3. Üç nokta askı sistemine bağlanan çeki kuvveti ölçüm düzeneği

Kanal üstünde mevcut olan düzeneğe kolay bir şekilde bağlanabilir çeki kuvveti ölçüm düzeneği tasarlanarak monte edilmiştir (Şekil 3.3). Çeki kuvveti ölçüm düzeneği; çatı, yük ölçer (loadcell), diskli ayak ve ayak ayar mekanizmasından oluşmuştur (Şekil 3.4). Öncelikle disk ayak ve yük ölçer bağlantısı için 45x142.5 cm dikdörtgen bir çatı mobil araca monte edilmiştir.

Çatının konumu hidrolik kollar yardımı ile ayarlanabilmekte olup mobil araç üzerinde sağa-sola, yukarı-aşağı hareket ettirilebilmektedir.




Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan çeki kuvveti ölçüm düzeneğinin görünüşü ve teknik ölçüleri

Çeki kuvveti ölçümü için yük ölçer, vidalar vasıtasıyla ayak bağlantı kolları arasına yerleştirilmiştir. Loadcell'den alınan çeki kuvveti değerleri sisteme bağlı bir USB hafıza kartlı saniyede 80 ölçüm alan ve 1 gram hassasiyeti olan bir veri kaydediciye, daha sonra hafıza kartı ile bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 3.5). Çalışmada kullanılan loadcell'e ait teknik özellikler Çizelge 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan loadcell ve veri kayıt cihazı

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan loadcell özellikleri

| Genel Özellikler | |
|---|---|
| Çıkış hassasiyeti | 1.5 ± 0.05mv / v |
| Koruma sınıfı | IP68 |
| Doğruluk sınıfı | C 2 |
| Maksimum doğrulama aralıkları | 2000 Nmax |
| En küçük doğrulama ölçeği: | Emax / 5000 Vmin |
| Kapsamlı hata | ≤ ± 0.030% RO |
| Sürünme | 0.02% RO / 30 dak |
| Sıcaklık duyarlılığı sapması | % 0.0016 RO / C |
| Sıfır sıcaklık sürüklenme | 0.003% RO / C |
| Sıfır dengesi | ±% 1.0 RO |
| Giriş empedansı | 365 ± 10Ω |
| Çıkış empedansı | 350 ± 3Ω |
| Önerilen uyarım gerilimi | 10V - 15V |
| Çalışma sıcaklığı aralığı | -35C - +80 C |
| Güvenli aşırı yük kapasitesi | % 150 RO |
| Sensör malzemesi | Çelik |

Ayrıca denemelerde, diskli ayaklara istenen yön açısını kolayca verebilmek için 5'er derece kademeli pimli açı değiştirme mekanizması tasarlanarak imal edilmiş ve çeki kuvveti ölçüm düzenine bağlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Denemede kullanılan diskli ayak yön açısı değiştirme mekanizması

Düzenekte ayrıca farklı bası yüklerinin denenmesi için ağırlık yerleştirme düzeneği eklenmiştir (Şekil 3.7). Ekim makinası ayaklarının sağ ve sol tarafına 10 kg'lık ağırlıklar bağlanacak şekilde yük sistemi oluşturulmuştur.



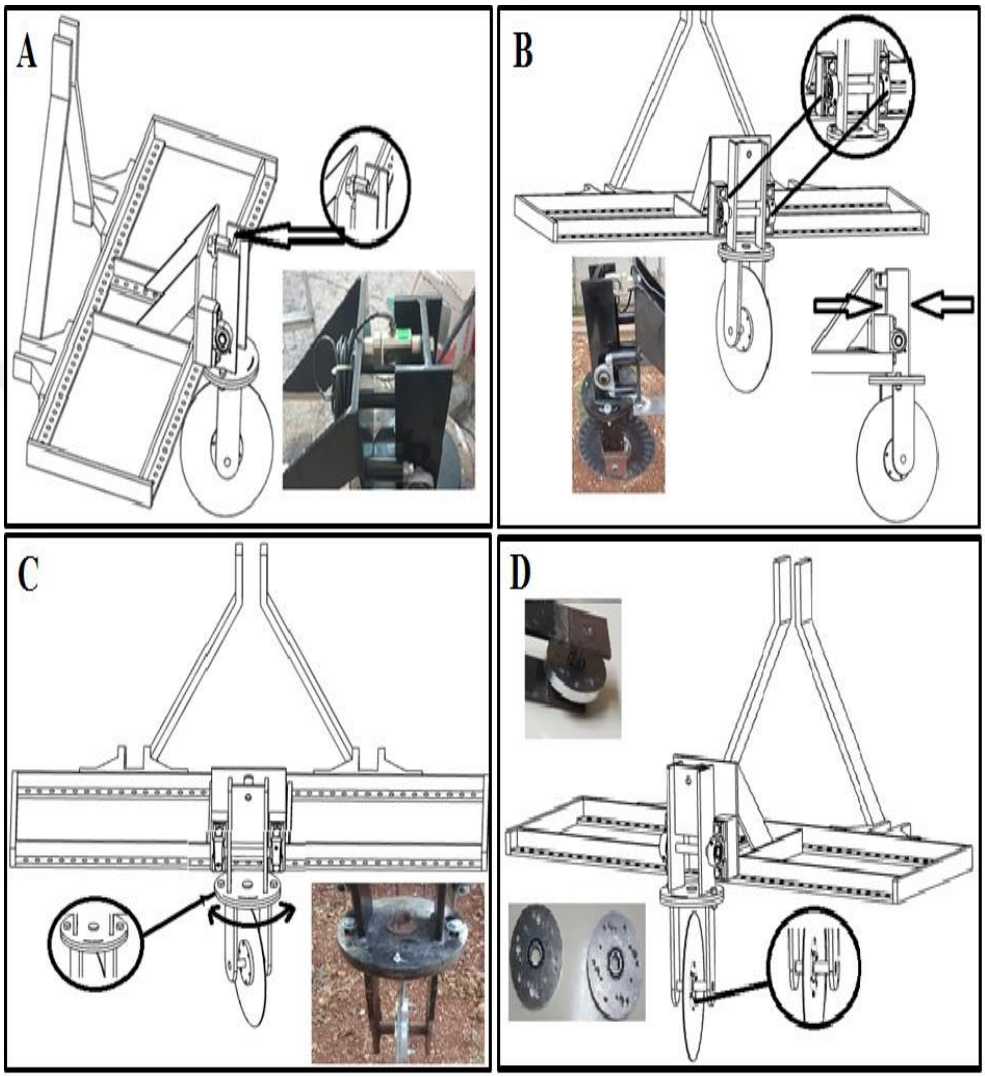
Şekil 3.7. Çalışmalarda kullanılan ağırlık değiştirme sistemi

Farklı diskli ayakların çeki kuvveti ölçüm düzeneğine pratik bir şekilde eklenip-çıkarılması amacı ile rulmanlı bir sistem kurulmuştur. Diskli ayaklarının vidalar ile bağlanması sağlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Ayakların bağlanma şekli

Diskli ayakların kumlu toprakta çalışırken anlık çeki kuvveti gereksinimini ölçmek için tasarlanmış olan çeki düzeneğinin, loadcell, ayak bağlantı ve diskli ayakların yön açısı değiştirme mekanizması montaj şekilleri ve montaj resimleri Şekil 3.9'da görülmektedir.




Şekil 3.9. Toprak kanalında çeki düzeneğinin monte ediliş şekilleri ve montaj resimleri: (A) Loadcell'in yerleştirilmesi, (B) Serbest hareket eden ayak bağlantı düzeneği, (C) Disk yön açısı değiştirme sistemi, (D) Disk ayak değiştirme aparatı

### 3.1.1.3. Diskli Ayaklar

Toprak kanal denemelerinde, çeki kuvvetinin belirlenmesi amacıyla ayrı ayrı farklı tip (düz disk, dıştan ondüleli disk ve içten ondüleli disk) ve farklı

kaplama çeşidi (titanyum nitrür kaplama, %12.5 grafit kaplama ve %25 grafit kaplama) diskli ayaklar tek tek monte edilerek denenmiştir. Şekil 3.10'da denemede kullanılan kaplama yapılmamış orjinal diskli ayakların resimleri görülmektedir.




Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan diskli ayak tipleri; (a) düz disk, (b) dıştan ondüleli disk, (c) dıştan ondüleli disk

### 3.1.1.4. Kaplama Çeşitleri

Çalışmada kullanılan kaplamalardan biri olan seramik titanyum nitrür kaplama (TiN), ARGEN PVD Kaplama yerli üretim tesislerinde, diskli ayaklara aşamalar halinde (polisaj, iyon temizleme ve ultrasonik temizleme) uygulandıktan sonra deonize su sistemi ile durulanmıştır. Kaplama aşaması ise, fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemi ile katı bir kaynağın (titanyum) vakum altında atomizasyonu veya buharlaştırılması ve bu maddenin kaplama oluşturmak için altlık olarak diskli ayakların üzerine biriktirilmesi ile elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan diskli ayakların titanyum nitrür kaplama şekline ait resimler ve bazı fiziksel özellikler Şekil 3.11'de ve Çizelge 3.2'de görülmektedir.




Şekil 3.11. TiN kaplama uygulanmış (a) düz disk (b) içten öndüleli ve (c) dıştan öndüleli diskli ayaklar

Çizelge 3.2. TiN kaplamaya ait bazı fiziksel özellikler

| TiN kaplama özellikleri | |
|---|---|
| Renk | Altın sarısı |
| Sertlik | 2000 - 2300 HV |
| Kalınlık | 2 - 5 Mikrometre |
| Sürtünme katsayısı | 0.6 |
| Termal oksidasyon derecesi | 500 - 600 derece |
| Yüzey pürüzlülüğü (Ra µm) | 0.2 |

Çalışmada kullanılan ikinci çeşit kaplama türü olan sıvı halinde kompozit grafit (karbon) elyaf/epoksi reçine karışımı kullanılmıştır. Şeffaf renkte olan bir epoksi reşçine yapıştırıcı içerisine % 12.5 ve % 25 oranlarında karbon elyaf ilave edilerek iki ayrı kompozit malzeme elde edilmiştir. Karışımlar vakumlu boya püskürtme makinası ile diskli ayaklar üzerine püskürtülerek kaplama oluşturulmuştur. Şekil 3.12'de karışımların kap içerisindeki şekli ile vakumlu boya makinasının kaplama şekli görülmektedir.



( a ) ( b ) ( c )

Şekil 3.12. Çalışmada kullanılan komposit kaplama boyası ve kaplama şekli; (a)%12.5 grafit, (b)% 25 grafit ve (c) vakumlu boya kaplama

Çalışmada kullanılan grafit (karbon) elyafa ait bazı mekanik ve fiziksel özellikler Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3.3. Grafit (karbon) elyafın bazı mekanik özellikleri

| Karbon Elyafın Özellikleri | |
|---|---|
| Mekanik mukavemet | Yüksek |
| Yoğunluk | Düşük |
| Isıl iletgenlik | **20 W/M×K (Standart modül için)** |
| **Germe-çekme dayanımı** | **Germe Modülü; 220-240 GPa Çekme Dayanımı; 3450-4850 MPa** |
| **Elektriksel öz direnç** | **1650 µΩ** |
| **Kopma uzaması** | **%1,6-2,2** |

### 3.1.2. Tarla Denemeleri

#### 3.1.2.1. Ekim Makinası ve Diskli Ayaklar

Çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'ne ait üretim alanında yürütülmüştür. Denemede, Adana- SÖNMEZLER firması imalatı, ülkemizde ve özellikle Çukurova bölgesinde yaygın olarak kullanılmakta olan, 4 sıralı pnomatik hassas doğrudan ekim makinası kullanılmıştır

(Şekil 3.13 ve Çizelge 3.4). Deneme tarlasında bulunan önceki ürün anızının parçalanmasında ise sap parçalama makinası kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan dört sıralı pnomatik hassas doğrudan ekim makinası

Çizelge 3.4. Tarla denemesinde kullanılan 4 sıralı pnömatik hassas doğrudan ekim makinasına ait teknik ölçüler.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Uzunluk (mm) | 3460 | Tohum depo kapasitesi (dm³) | 30.6 |
| Genişlik (mm) | 1450 | Gübre depo kapasitesi (dm³) | 92.2 |
| Yükseklik (mm) | 1700 | Lastik boyutu | 5.00 - 12 |
| Ağırlık (kg) | 900 | Çalışma hızı (km/h) | 8 - 4 |



Şekil 3.14. Denemede kullanılan sap parçalama makinesi

Tarla denemelerinin gerçekleştirilmesi için makinanın üstünde bulunan ve daha önceden doğrudan ekim amaçlı kullanılabilmesi için eklenen disklerin yerine dıştan öndüleli orjinal disk ayak, dıştan ondüleli TiN kaplama disk ayak, içten ondüleli orjinal disk ayak ve içten ondüleli TiN kaplama disk ayak monte edilmiştir. Ekim makinası dik anız ve parçalanarak toprak üzerine serilmiş buğday anızı olmak üzere iki farklı anız koşulunda mısır ekiminde denenmiştir. Şekil 3.15'de denemede kullanılan disk ayakların resimleri görülmektedir.



Şekil 3.15. Kaplamalı ve kaplamasız diskli ayak monte edilmiş ekim makinası

Denemelerde tohumluk olarak T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından sertifikalandırılmış ARTESİAN Tohumculuk imalatı SYNGENTA çeşidi 1000 dane ağırlığı 245 kg ve küresellik katsayısı %62 olan hibrid mısır kullanılmıştır. Çalışmada ekim derinliği 5 cm, sıra üzeri tohum mesafesi 15 cm olarak ayarlanmış ve 4 km/h makine ilerleme hızında denemeler yapılmıştır.

### 3.1.2.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Tarla denemelerinin yürütüldüğü arazinin 0–30 cm üst katmanından alınan toprak örnekleri, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında analiz edilerek, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Tarla denemesi çalışma alanı toprak tekstürü

| Toprak Özellikleri | % | Değerlendirme |
|---|---|---|
| Kum | 21.2 | Killi tın |
| Silt | 40.45 | |
| Kil | 38.4 | |

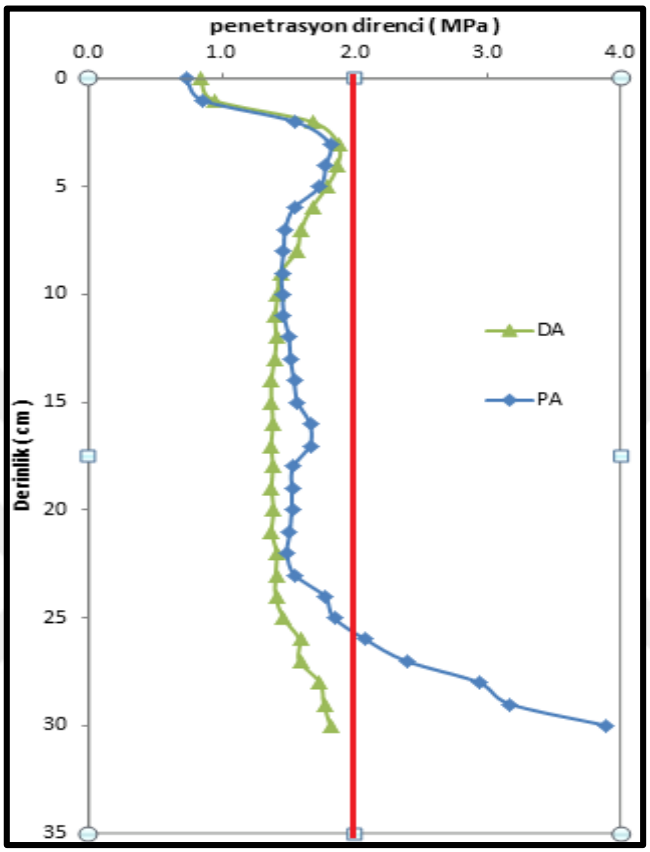
Çizelge 3.5'te görüldüğü üzere toprağın bünyesi %21.2 kum, %40.45 silt ve %38.4 kil'den oluşan killi tınlı'dır.

### 3.1.2.3. Toprak Penetrasyon Direnci

Tarla denemesi çalışmasında ekim işleminden önce elde edilen dik anız (DA) ve parçalanmış anız (PA) toprak penetrasyon dirençleri ortalamaları Çizelge 3.6 ve Şekil 3.16'da görülmektedir.

Çizelge 3.6. Ekimden önce dik anız ve parçalanmış anız toprak penetrasyon direnci ortalamaları

| Derinlik (cm) | Toprak Penetrasyon Direnci (MPa) | | |
|---|---|---|---|
| | Dik Anız (DA) | Parçalanmış Anız (PA) | Ortalama |
| 0-10 | 1.527 | 1.442 | 1.484 |
| 11-20 | 1.385 | 1.450 | 1.417 |
| 21-30 | 1.554 | 2.262 | 1.908 |
| **Ortalama** | 1.488 | 1.717 | 1.602 |




Şekil 3.16. Deneme alanının ekim öncesi toprak penetrasyon direnci

Çizelge 3.6 ve Şekil 3.16 incelendiğinde bitkisel üretim açısından eşik değer olan 2 MPa'lık (Taylor ve Gardner, 1963) değere dik anız (DA) ve parçalanmış anız (PA) parsellerinde ilk 25 cm derinlikte ulaşılmamıştır. Ancak parçalanmış anız parselinde ilk 25 cm derinlikten sonra penetrasyon direnci sınır değeri olan 2 MPa'ın üstüne çıkmamıştır. Dik anız parselinde ilk 30 cm toprak derinliğine kadar 2 MPa değerini geçmemektedir. Genel olarak denemenin her iki parselinde de tohum yatağı bölgesi olarak adlandırılan 0–8 cm toprak katmanı boyunca penetrasyon dirençlerinin ortalama değerleri, bitki kök gelişimini engellemeyecek sınır değer olan 2 MPa değerinin altında kalmıştır.

### 3.1.2.4. Toprak Nem İçerikleri

Tarla denemelerinde 0–30 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak laboratuvar ortamında toprak nem değerleri elde edilmiştir (TS,1997). Çizelge 3.7'de görüldüğü gibi dik anız nem oranı %19.4, parçalanmış anız nem oranı ise %22.4 olarak belirlenmiştir. Parçalanmış anız parsellerinde, anızın malç şeklinde toprağın üstünü örtmesi ve toprağın direk güneş ışınları ile temas etmemesi sonucu nem değerleri daha yüksek olmuştur.

Çizelge 3.7. Tarla deneme alanının nem değrleri

| Parsel | Nem (%) |
|---|---|
| Dik anız | 19.4 |
| Parçalanmış anız | 22.4 |

## 3.2. Metod

Çalışmanın toprak kanal aşamasında, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Atölyesindeki toprak kanalı üstünde bulunan raylı sistem elektirikli motorun 3 nokta askı sistemine monte edilecek bir şekilde bir çeki düzeni tasarlanmıştır. Çalışmanın tarla denemeleri aşaması ise bölümün mevcut olan doğrudan ekim makinasının disk ayakları ve ayakların bağlantısı için göbek kısmında değişiklik yapılarak Bölüme ait Araştırma ve Uygulama Çiftliğindeki deneme alanında yürütülmüştür.

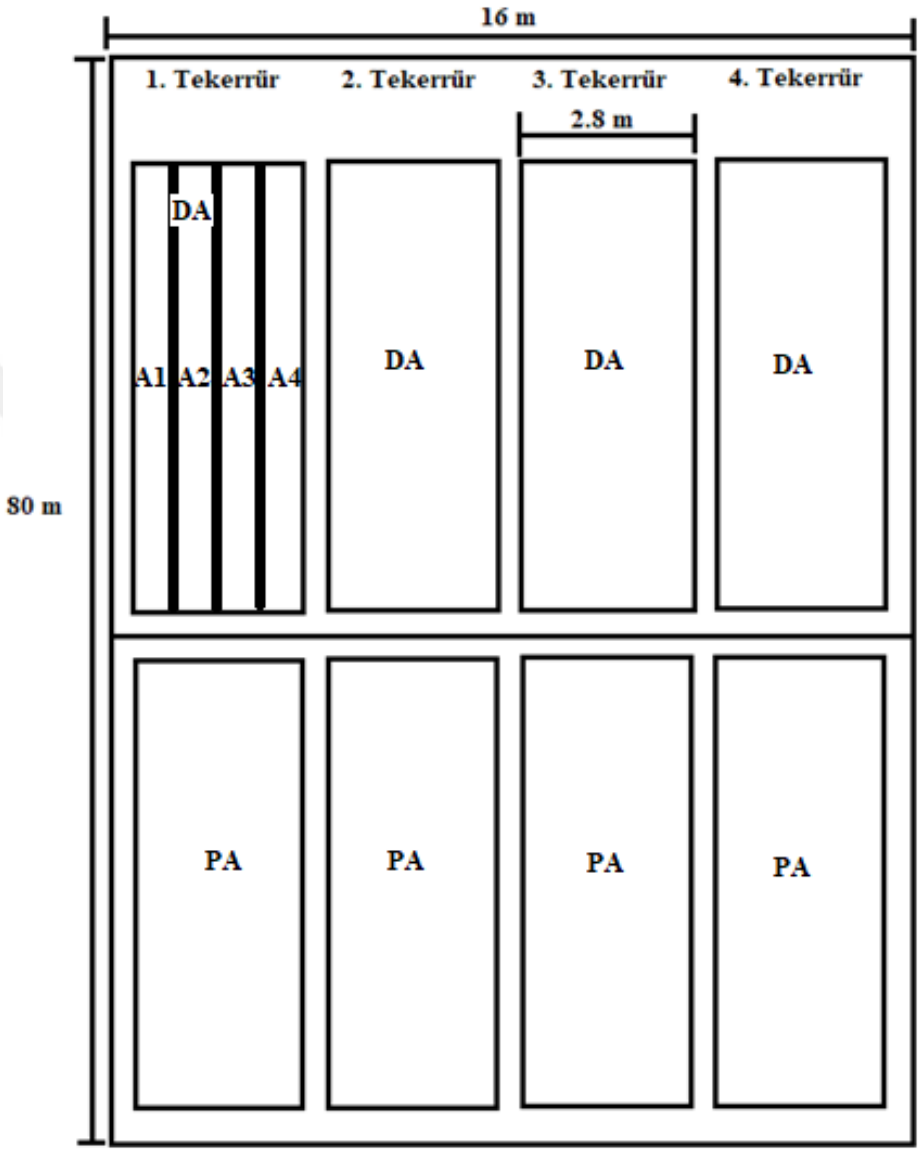
### 3.2.1. Toprak Kanalı Denemeleri

Toprak kanal üzerinde yürütülen çalışmalarda 8 farklı disk ayak, 4 farklı disk yön açısı ve 4 farklı bası yükünün horizantal çeki kuvvetine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Denemelerinde kullanılan çeki kuvveti ölçüm düzeneği üzerine 8 adet disk ayak tek tek bağlanarak denenmeye alınmıştır. Bu disk ayaklar; orjinal düz disk (ODD), titanyum nitrür kaplama düz disk (TKDD), %12.5 grafit kaplama düz disk (%12.5GKDD), %25 grafit kaplama düz disk (%25GKDD),

orjinal içten ondüleli disk (OİOD), titanyum nitrür kaplama içten ondüleli disk (TKİOD), orjinal dıştan ondüleli disk (ODOD) ve titanyum nitrür kaplama dıştan ondüleli disk (TKDOD)'tan oluşmaktadır. Çalışmada disk ayaklar 4 farklı yön açısında (0°, 5°, 10°, 15°), dört farklı bası yükünde (0, 30, 60 ve 90 kg), sabit 0.75 $ms^{-1}$ çalışma hızında ve sabit 10 cm ekim derinliğinde denemeye alınmıştır. Toprak kanalındaki çalışma, disk ayak, yön açısı ve bası yüklerinden oluşan her bir değişken için 4 tekrarlı olmak üzere toplam 512 denemede tamamlanmıştır.

### 3.2.2. Tarla Deneme Planı

Farklı disk ayakların tarla koşullarında ekim başarısını belirlemek üzere yapılan çalışmalar, buğday hasadından sonra oluşturulan anızlı deneme alanında yürütülmüştür. Tarla denemeleri, Şekil 3.17'de görüldüğü üzere bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak 8 adet ana parsel üzerinde kurulmuştur (Efe ve ark., 2000). Herbir deneme, 3 m genişliğinde 40 m uzunluğunda 120 $m^{2}$'lik ana parseller ve 0.70x40 m'lik alt parsel olmak üzere dört tekrarlı olarak toplam 32 alt parselde yürütülmüştür.

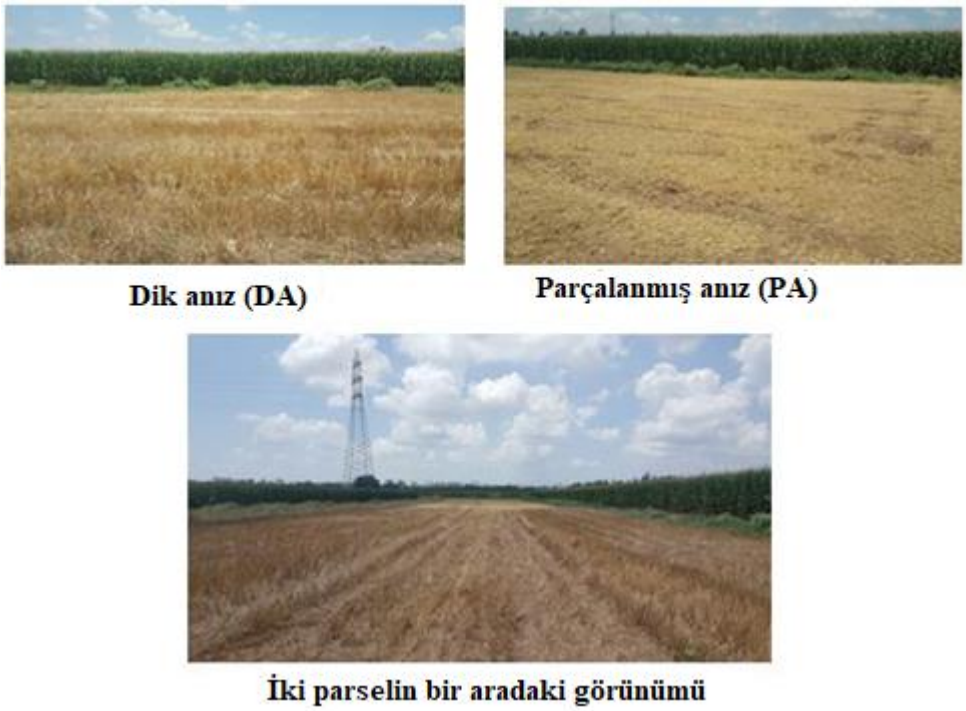



Şekil 3.17. Deneme deseni planı

### 3.2.3. Parsel Anız Yoğunluklarıları ve Anız Nem Oranı

Tarla denemesi çalışmasında dik ve parçalanarak toprak üzerine serilmiş buğday anızı olmak üzere iki farklı anız koşulunda mısır ekimi yapılmıştır. Dik

anız parselinde, hasattan hemen sonra tarla üzerinde kalan dik anıza dokunulmadan bırakılmıştır. Parçalanmış anız parselinde ise, tarlada bulunan dik anız bir sap parçalayıcı makina yardımı ile parçalanmıştır (Şekil 3.18).




Şekil 3.18. Deneme parsellerinin anız yoğunlukları

Tarla denemelerinde anız yoğunluklarının belirlenmesinde doğru hat kesit alma yöntemi (line transect method) kullanılmıştır (Şekil 3.19). Bu yöntemde uzun bir şerit metre parsel doğrultusu ile enlemesine $45^0$ açı yapacak şekilde toprak yüzeyinde bırakılmıştır. Şerit metre bu şekilde yerleştirildikten sonra çıkan uzunluk 100 eşit parçaya bölünmüştür. Daha sonra şerit metre üzerinde her bir işaretin tam alt kısmına bir anız parçası denk geldiyse o nokta sayılmış, eğer yanına denk geldiyse o nokta sayılmamıştır. (Shelton ve Jasa, 2009; Turgut, 2014). Bazı çalışmalarda bu yöntem; düşen yağmur damlasını şerit üzerindeki işaret

beraberinde ıslatılan sap parçasıda bu ölçüme dahildir diye tarif edilir (Wollenhaupt, 1993). Anız yoğunlukları dik anız %32, parçalanmış anızda ise %34.5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.19. Hat kesit alma yöntemi (line trasect method)

Anız miktarları, atölyede imal edilmiş 1m$^{2}$'lik demir çember içerisinde her parsel için 3 tekerürlü olarak anızın toplanıp tartılması ile belirlenmiştir. Anız ağırlığı, dik anız parseli için 288.21 g/m$^2$, parçalanmış anız parseli için 314.12 g/m$^2$ olarak belirlenmiştir. Anız nem oranı ise, anızın ölçümleri için toplanan örneklerin herbirinden, ortalama 50 g'lık fırın kaplarını dolduracak şekilde örneklerin fırına alınmadan önceki ağırlıkları hassas bir terazide alınmıştır. Ağırlıkları alınan anız örnekleri daha sonra fırında 105 °C 24 saat bekletildikten sonra tekrar ları alınıp aradaki farkın kuru baza ve yaş baza göre nem oranları belirlenmiştir. Dik anız nem oranı; yaş baza göre %1.12, kuru baza göre %1.13, parçalanmış anız nem oranı; yaş baza göre %4.59, kuru baza göre %4.81 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.20'te anız örnek alma şekilleri görülmektedir.




Şekil 3.20. Anız ları ve anız nemi örnek alma şekilleri

### 3.2.4. Bitki Çıkışı ve Bitki Dağılım Düzgünlüğü İle İlgili Ölçümler

Deneme parsellerinde, farklı diskli ayakların çimlenmeye ve bitki çıkışına olan etkilerini belirlemek amacıyla, mısır ekimi sonrasında parsellerde herbir diskli ayağın açtığı çizi üzerinde tesadüfü olarak seçilen dörder tekrarlı 3 m uzunluğundaki şerit içerisinde bitki sayımları yapılmıştır. Sayımlar ilk bitki çıkışı ile başlayıp, bitki çıkışları sabitleninceye kadar hergün devam etmiştir. Bu sayımlardan Ortalama Bitki Çıkış Zamanı (OÇZ), Çıkış Oranı İndeksi (ÇOİ) ve Bitki Çıkış Yüzdesi (ÇY) değerleri hesaplanmıştır. Ortalama çıkış zamanı; bitki çıkışları sabitleninceye kadar çıkan bitkilerin ortalama çıkış zamanıdır. Çıkış oranı indeksi; birim uzunlukta günlük çıkan bitki sayısıdır. Çıkış yüzdesi ise birim uzunlukta çimlenen bitki sayısının, birim uzunluğa ekilen tohum sayısına oranıdır. Bu parametreler aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Erbach, 1982; Barut, 1996).

$$OÇZ = \frac{G_1B_1+G_2B_2+\cdots+G_nB_n}{B_1+B_2+\cdots+B_n} \quad (3.1)$$

$$ÇOİ = \frac{Nb}{OÇZ} \quad (3.2)$$

$$ÇY = \frac{Nb}{N} \quad (3.3)$$

Burada;

OÇZ: Ortalama bitki çıkış zamanı (gün)

ÇOİ: Çıkış oranı indeksi (bitki/gün m)

ÇY: Çıkış yüzdesi (%)

B: Bir önceki sayımdan sonra çıkan genç bitkilerin sayısı (adet)

G: Ekimden sonra geçen gün sayısı

$N_b$: Birim uzunlukta çıkan bitki sayısı (bitki/m)

N: Birim uzunluğa ekilen tohum sayısı (tohum/m)'dır.

Bitki çıkışları sabitlenince, bitki dağılım düzgünlüğünü belirlemek amacıyla sıra üzeri ardışık bitki aralığı ölçümleri yapılmıştır. Sıra Üzeri Ortalama Bitki Aralığı (X), İkizlenme Oranı (İO), Boşluk Oranı (BO), Kabul Edilebilir Bitki Aralığı Oranı (KBAO) değerlerini belirlemek için aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Barut, 1996).

$$X = (\Sigma n_i Z_i)/n_1 \quad (3.4)$$

$$\text{İO} = (n_2/n)100 \quad (3.5)$$

$$B0 = (n_0/n)100 \quad (3.6)$$

$$KBAO = (n_1/n)100 \quad (3.7)$$

Burada;

X: İki bitki arasındaki ortalama uzaklık (cm)

Z: İki bitki arasındaki olması gereken uzaklık (cm)

İO: İkizlenme oranı (%)

BO: Boşluk oranı (%)

KBAO: Kabul edilebilir bitki aralığı oranı (%)

$n_i$: i aralığındaki bitki sayısı (adet)

$n_o$: 1.5 Z'den büyük bitki aralıkları sayısı (adet)

$n_1$ : (0.5-1.5) Z arasındaki bitki aralıkları sayısı (adet)

$n_2$: 0.5 Z'den küçük bitki aralıkları sayısı (adet)

n: Toplam bitki aralığı sayısı (adet)'dır.

Eşitliklerden anlaşıldığı üzere, iki bitki arasındaki sıra üzeri uzaklık, olması gereken (teorik) uzaklığın (Z), 1.5 katından büyük ise boşluk, 0.5 katından az ise ikizlenme, 0.5-1.5 katı ve arasında ise kabul edilebilir bitki aralığı olarak adlandırılmaktadır. Kabul edilebilir bitki aralığı oranı ne kadar yüksek, buna karşın boşluk ve ikizlenme oranları ne kadar düşük ise toprak işleme ve ekim sistemlerinin oluşturduğu sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğünün o kadar iyi olduğu diğer bir deyişle ekim makinasının performansının iyi olduğu kabul edilebilir (Barut, 1996). Hassas ekim makinalarının ekim başarılarının ortaya konmasında birçok araştırmacı söz konusu eşitlikleri kullanmıştır (Barut, 1996; Kachman ve Smith, 1995).

### 3.2.5. Verilerin İstatistiksel Analizi

Gerek toprak kanal gerekse tarla denemelerinden toplanan veriler; çalışmanın bilimselliği açısından doğruluğu incelenerek istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve önemliliği ortaya konmaya çalışılmıştır. Ayrıca bağımsız değişkenlerin

(disk ayak, disk yön açısı ve bası yükleri) çeki kuvvetine karşı kendi ortalamaları arasındaki farkları belirlenmiştir. Bunun için:

1. Analiz öncesi verinin doğruluğu incelenmiş ve tutarsızlıklar giderildikten sonra analiz edilmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2007).
2. Kullanılan yöntemin gerektirdiği tüm varsayımlar (normallik varsayımı, aykırı değer tespiti, varyans homojenliğigibi) incelenmiştir. Normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ile, aykırı değer tespiti çeyrekler arası genişlik (IQR) ölçüsüne dayanan kutu grafiği (box plot) ile ve varyans homojenliği Levene testi ile denenmiştir. Bu varsayımlardan sapma olmadığı görülmüştür (Field, 2013; Green ve Salkind, 2016; Can, 2013).
3. Yapılan tüm karşılaştırmalarda, karşılaştırma sayısını dikkate alarak Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Bu sayede 0,05 anlamlılık değeri korunmuştur. (Green ve Salkind, 2016).
4. Çoklu karşılaştırmalarda Tukey HSD, ikili karşılaştırmalarda yazılımda varsayılan olarak uygulanan t-testi kullanılmıştır (Field, 2013; Green ve Salkind, 2016; Can, 2013; Nazman ve ark, 2018).
5. Çizelgede verilen 0,000 ile gösterilen anlamlılık değeri gerçekte sıfır olmayıp sıfıra çok yakın olması ve ondalıklı hane sayısının fazlalığı nedeniyle bu şekilde gösterilmiştir. Bu tür değerlerin eşik değer olan 0,05'ten doğal olarak daha küçük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1. Toprak Kanalı Denemesinde Ortalama Çeki Kuvveti (N)

Doğrudan ekim makinalarında kullanılan disk ayaklara etki eden toprak direnç kuvvetlerinin azaltımasına yönelik olarak yapılan bu çalışmada toplam sekiz farklı ayak dört farklı yön açısı ve dört farklı bası yük koşulunda denemeye alınmıştır.

Çizelge 4.1. Toprak kanalında ortalama çeki kuvveti değerlerinin (N) 3-yönlü faktöriyel varyans analiz sonuçları

| Değişim Kaynağı | K.T. | SD | K.Ort. | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Disk Ayak | 312120,33 | 7 | 44588,62 | 49,894 | ,000 |
| Açı | 225184,87 | 3 | 75061,62 | 83,993 | ,000 |
| Bası Yükü | 30235,27 | 3 | 10078,42 | 11,278 | ,000 |
| Disk Ayak * Açı | 134764,90 | 21 | 6417,38 | 7,181 | ,000 |
| Disk Ayak *Bası Yükü | 31440,91 | 21 | 1497,19 | 1,675 | ,035 |
| Açı * Bası Yükü | 11254,14 | 9 | 1250,46 | 1,399 | ,189 |
| Disk Ayak*Açı*Bası Yükü | 136682,50 | 63 | 2169,56 | 2,428 | ,000 |
| Hata | 228779,48 | 256 | 893,67 | | |

Farklı kaplamalı ve kaplamasız diskli ayak tipleri, farklı yön açısı dereceleri ve farklı bası yükü miktarları ortalama çeki kuvveti (N) üzerinde etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla 3-yönlü faktöryel varyans analizi uygulanmıştır (Çizelge 4.1). Elde edilen sonuçlara göre tüm faktörlerin tek yönlü etkileri ayrı ayrı anlamlı bulunmuştur (F_Kaplama, F_Açı ve F_Bası yükü $p<0,05$). Bunun yanısıra faktörler arasında açı derecesi ile bası yükü miktarı arasındaki ikili etkileşim terimi hariç, diğer etkileşimler anlamlı bulunmuştur. Diskli ayak tipleri, açı dereceleri ve bası yükü miktarları arasındaki üç yönlü etkileşim anlamlı bulunmuştur. Farklılık oluşturan etkileşimleri ve bu etkileşimlere bağlı grupları irdelemek amacıyla iki yönlü etkileşimler Bonferroni düzeltmesi yapılarak ayrı ayrı analiz edilmiş EK kısmında sunulmuştur. Toprak kanalı denemesi ile ilgili yapılan

ölçümlerin tüm faktör kombinasyonlarında ortalama çeki kuvveti değerleri (N) ve standart sapma değerleri Çizelge Ek 1'de verilmiştir.

### 4.1.1. Kaplamalı, Kaplamasız Farklı Diskli Ayakların Çeki Kuvvetine Etkisi

Toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların ortalama çeki kuvveti üzerindeki etkisine ait denemenin varyans analizi sonuçları Çizelge EK 2'de verilmiştir.

Varyans analiz sonucuna göre toprak kanalı koşullarında, aynı tip, kaplamalı ve kaplamasız diskli ayakların tek yönlü etkileşiminin çeki kuvveti üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge EK 2'ye bakıldığında aynı tipte olan disklerin kaplamasız ile kaplamalı olanlar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Aynı zamanda faklı tipteki disklerin (düz disk ve ondüleli diskler) arasında da anlamlı bir fark görülmektedir. Bu durum farklı diskli ayak yapılarının yatay çeki kuvvetini etkilediğini diğer değişle ayakların çeki gücü gereksinimi değiştirdiğini göstermektedir.

Yapılan Tukey testinde diskli ayaklar tek yönlü etkileşimine göre ortalama çeki kuvveti değerleri %5 önem seviyesinde farklılık göstermiştir. Farklı tip kaplamalı ve kaplamasız diskli ayaklarda, en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri (152,5 N) kaplamasız orjinal içten ondüleli diskte (OİOD) belirlenirken, en düşük ortalama çeki kuvveti değeri (67,3 N) %25 grafit kaplamalı düz diskte (%25GKDD) belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde, aynı tip kaplamalı ve kaplamasız ayaklar bakımından, orjinal düz disk ayak (ODD), titanyum nitrür kaplama düz disk ayak (TKDD) ve %12.5 grafit kaplama düz disk ayak aynı grupta yer alırken, %25 grafit kaplama düz disk ayak gruptan ayrılmaktadır. Aynı zamanda kaplamalı (TKDOD) ve kaplamasız (ODOD) dıştan ondüleli ayaklar birbirinden farklı gruplarda yer almaktadır. Aynı durum kaplamalı (TKİOD) ve

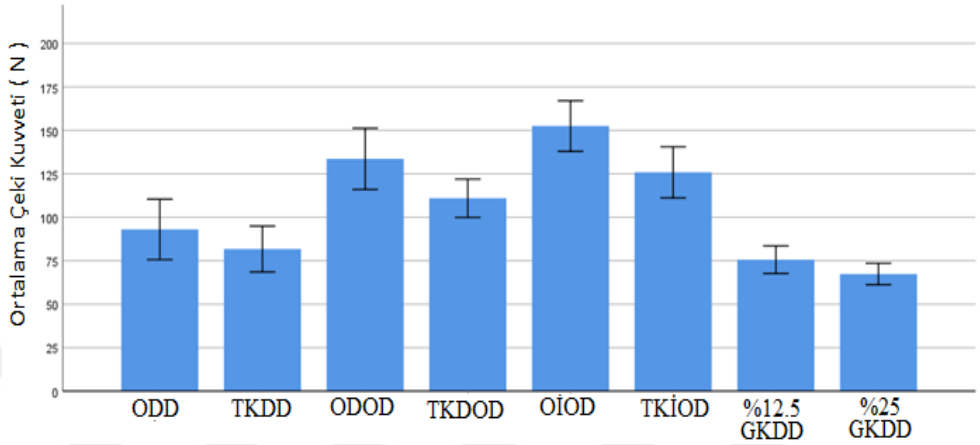
kaplamasız (OİOD) orjinal içten ondüleli disk ayakta da görülmektedir (Çizelge 4.2).

Kushwaha ve ark (1986), toprak kanalında killi toprakta yaptıkları denemelerde 460 mm çapında düz diskli ayak için 0 anızlı (anız olmadan) toprak koşulunda 106.1 N ortalama çeki kuvveti değeri belirlemişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekilde toprak kanalında anız olmadan kumlu toprakta 93.0 N ortalama çeki kuvveti belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı disk ayak yapılarının çeki kuvetine (N) etkisi

| Faktör | Düzeyler | Ort.Değerler (N) |
|---|---|---|
| Disk Ayak | ODD | 93,0 bc |
| | TKDD | 81,7 ab |
| | ODOD | 133,6 e |
| | TKDOD | 110,9 cd |
| | OİOD | 152,5 f |
| | TKİOD | 125,8 de |
| | %12.5GKDD | 75,6 ab |
| | %25GKDD | 67,3 a |

Toprak kanalı denemesinde elde edilen sekiz farklı tip diskli ayakların ortalama çeki kuvveti değerleri Şekil 4.1'de verilmiştir.




Şekil 4.1. Toprak kanalı denemesinde diskli ayakların ortalama çeki kuvveti değerleri (N)

Şekil 4.1'de görüldüğü üzere, genel olarak baktığımız zaman denemede kullanılan tüm kaplamalı diskli ayakların, ortalama çeki kuvveti değeri aynı tipte olan kaplamasız disk ayaklardan daha düşük çıkmıştır. Toprak kanalı denemesinde, %25 grafit kaplama düz disk (%25 GKDD), %12 grafit kaplama düz disk (%12 GKDD) ve titanyum nitrür kaplama düz disk (TKDD)'in ortalama çeki kuvveti değerlerinin diğer diskli ayakların ortalama çeki kuvveti değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. En düşük ortalama çeki kuvveti değeri (67,3 N) %25 grafit kaplamalı düz disk (%25 GKDD)'te elde edilmiştir. Bu diskli ayak tipini sırasıyla %12 grafit kaplama düz disk (%12 GKDD) (75,6 N) ve tin kaplama düz disk (TKDD) (81,7 N) izlemiştir.

Diğer iki farklı öndüleli tip kaplamalı diskli ayaklara baktığımız zaman ortalama çeki kuvveti değerleri, aynı tiplerde olan kaplamasız diskten daha düşük olduğu görülmektedir. Orjinal dıştan öndüleli disk (ODOD) ortalama çeki kuvveti (133,6 N) iken kaplamalı aynı tip diskin (TKDOD) ortalama çeki kuvveti (110,9 N) ve orjinal içten öndüleli disk (OİOD) ortalama çeki kuvveti (152,5 N) iken

kaplamalı aynı tip diskin (TKİOD) ortalama çeki kuvveti (125,8 N) olduğu gözlenmiştir.

### 4.1.2. Disk Yön Açısının Ortalama Çeki Kuvvetine Etkisi

Toprak kanalı koşullarında doğrudan ekim makinası ayaklarının farklı disk yön açısında (0°, 5°, 10° ve 15°) ortalama çeki kuvveti üzerindeki etkisinin belirlenmesine ilişkin yürütülen denemenin varyans analizi sonuçları Çizelge EK 3'te verilmiştir. Denemenin varyans analiz sonucuna göre toprak kanalı koşullarında disk yön açısının tek yönlü interaksyonunun çeki kuvveti üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çizelge EK 3'e görüldüğü gibi tüm disk yön açılarının birbirleri ile karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Bu sonuç, farklı disk yön açılarının disk ayak çeki kuvveti gereksinimini etkilediğini ortaya koymaktadır.

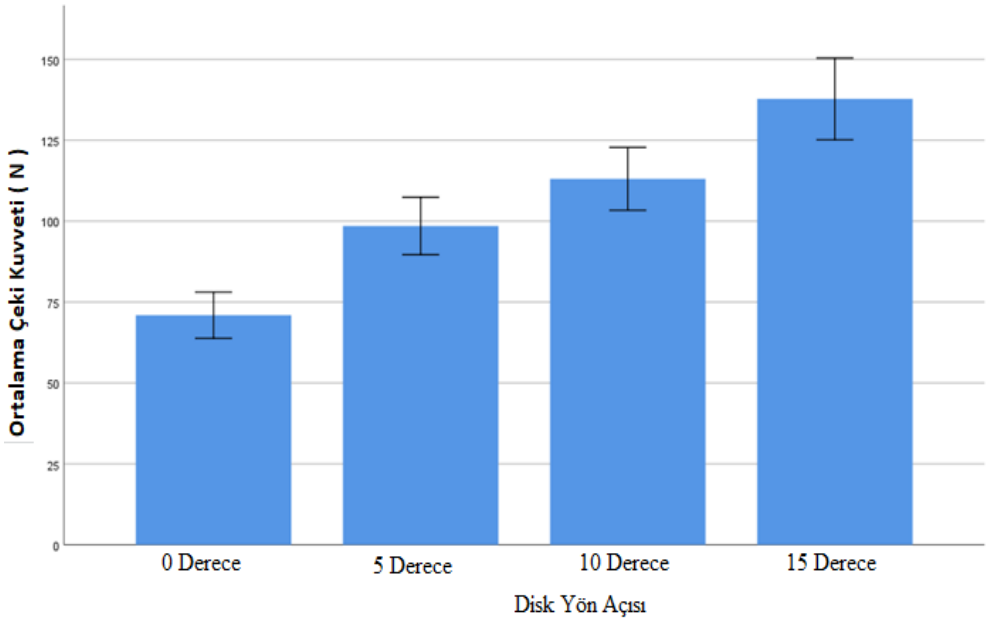
Yapılan Tukey testinde disk yön açısının tek yönlü etkileşimuna göre ortalama çeki kuvveti değerleri %5 önem seviyesinde farklılık göstermiştir. Farklı disk yön açısının, en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri (137,8 N) 15 derece disk yön açısında belirlenirken, en düşük ortalama çeki kuvveti değeri (70,9 N) 0 derece disk yön açısında belirlenmiştir. Çizelge 4.3'e bakıldığı zaman her bir açı derecesi farklı grupta yer almaktadır.

Afify ve ark (2001), çalışmalarında diskli gömücü ayaklarda en düşük çeki kuvveti değerini, 610 mm disk çapı için 5° ile 10°, 460 mm disk çapı için 5° ile 15° ve 5° ile 25° disk açılarında elde etmişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekilde 0° ile 5° disk yön açısında en düşük ortalama çeki kuvveti belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Toprak kanal koşullarında disk yön açısının ortalama çeki kuvveti değerleri (N)

| Faktör | Düzeyler | Ort. Değerler (N) |
|---|---|---|
| Disk Yön Açısı (°) | 0 | 70,9 a |
| | 5 | 98,5 b |
| | 10 | 113,1 c |
| | 15 | 137,8 d |

Toprak kanalı denemesinde elde edilen disk yön açısının ortalama çeki kuvveti değerleri Şekil 4.2'de verilmiştir.




Şekil 4.2. Toprak kanalı denemelerinde farklı yön açılarının çeki kuvvetine etkisi

Şekil 4.2 incelendiğinde, toprak kanalı denemesinde elde edilen en düçük ortalama çeki kuvveti değeri 0° disk yön açısında (70,9 N) belirlenirken genel olarak baktığımız zaman disk yön açısı derecesi arttıkça ortalama çeki kuvveti

değeri de yükselmektedir. Bu yükselişi disk yön açısı artışına paralel olarak sırasıyla 5° (98,5 N), 10° (113,1 N) ve 15° (137,8 N) şeklinde olmuştur.

### 4.1.3. Bası Yükü Değişkeninin Ortalama Çeki Kuvvetine Etkisi

Toprak kanalı koşullarında farklı bası yüklerinin (0, 30, 60 ve 90kg) ortalama çeki kuvveti üzerindeki etkisine ait denemenin varyans analizi sonuçları Çizelge EK 4'te verilmiştir.

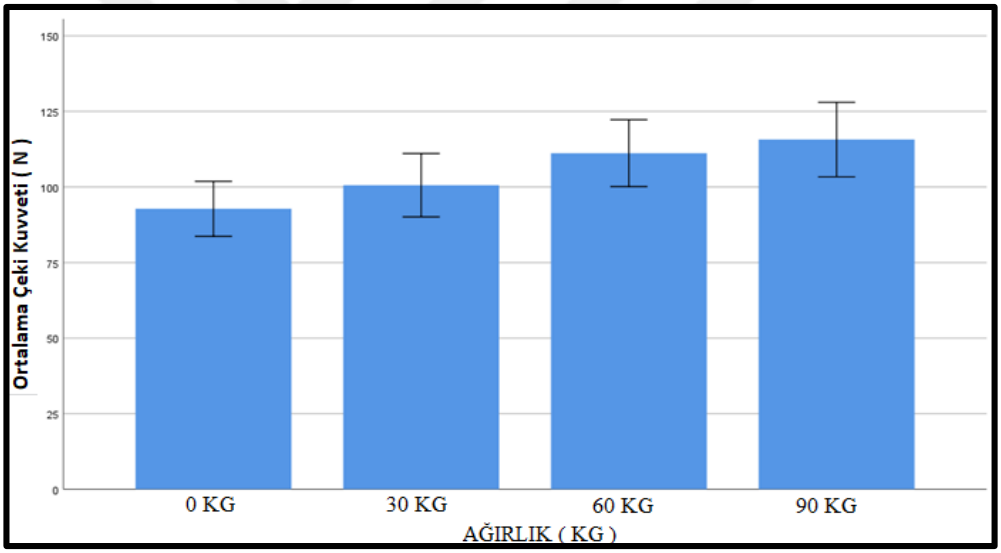
Denemenin varyans analiz sonucuna göre toprak kanalı koşullarında farklı bası yüklerinin birbiri ile tek yönlü interaksyonunun çeki kuvveti üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çizelge EK 4'de bakıldığında ortalama çeki kuvveti değeri bakımından 0 kg bası yükü ile 30 kg bası yükü arasında 30 kg ile 60 kg arasında ve 60 kg ile 90 kg arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Buna karşın 0 kg ve 90 kg arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Aynı zamanda 30 kg ile 60 kg arasında anlamlı bir fark yoktur.

Yapılan Tukey testinde ların tek yönlü etkileşimine göre ortalama çeki kuvveti değerleri %5 önem seviyesinde bazı gruplarda farklılık göstermiştir. En yüksek ortalama çeki kuvveti değeri (115,7 N) 90 kg ta belirlenirken, en düşük ortalama çeki kuvveti değeri (92,8 N) 0 kg ta belirlenmiştir. Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi 0 kg, 30 kg ve 60 kg lar ortalama çeki kuvveti bakımından aynı grupta yer alırken 90 kg 60 kg ile aynı grupta olmasına rağmen diğer iki grubundan ayrılmaktadır.

Çizelge 4.4. Toprak kanal koşullarında bası yükünün ortalama çeki kuvveti değerleri (N)

| Faktör | Düzeyler | Ort. Değerler (N) |
|---|---|---|
| **Bası Yükü (kg)** | 0 | 92,8 a |
| | 30 | 100,6 ab |
| | 60 | 111,2 bc |
| | 90 | 115,7 c |

Toprak kanalı denemesinde elde edilen bası yüklerinin ortalama çeki kuvveti değerleri Şekil 4.3'te verilmiştir.




Şekil 4.3. Toprak kanalı denemesinde farklı bası yüklerinin çeki kuvvetine etkisi

Şekil 4.3 incelendiğinde, toprak kanalı denemesinde bası yüklerinin artması ile birlikte ortalama çeki kuvveti değeri yükselmektedir. 0 ile 30 kg ağırlıklarda elde edilen ortalama çeki kuvveti değerlerinin, 60 ile 90 kg'da elde edilen çeki kuvveti değerlerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Toprak kanalı denemesinde en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri (115,7 N) 90 kg ağırlıkta

belirlenmiştir. Bu ağırlığı sırasıyla 60 kg (111,2 N), 90 kg (100,6 N) ve 0 kg (92,8 N) izlemiştir.

### 4.1.4. Farklı Disk Ayak ve Disk Yön Açılasının İkili İnteraksiyon Halinde Çeki Kuvvetine Etkisi

Toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip diskli ayakların ve farklı disk yön açılarının ortalama çeki kuvveti üzerindeki etkisine ait denemenin varyans analizi sonuçları Çizelge EK 5'te verilmiştir.

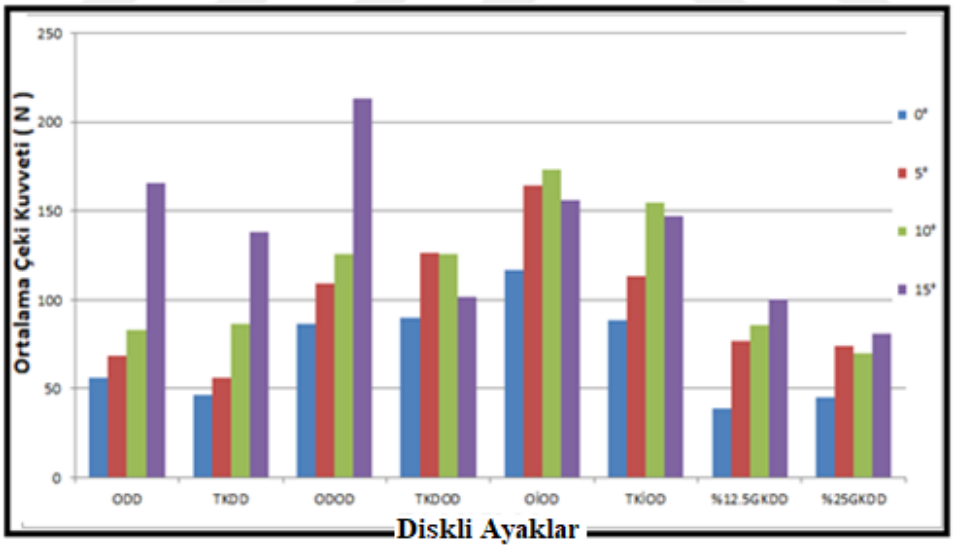
Varyans analiz sonucuna göre toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip diskli ayakların ve farklı disk yön açılarının ikili interaksyonu ortalama çeki kuvveti üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Her bir ayak türünde, her bir açı derecesinin ortalama çeki kuvveti değerleri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Çizelge Ek 5).

Yapılan Tukey testinde disk ayak- disk yön açısı etkileşimuna göre ortalama çeki kuvveti değerleri % 5 önem seviyesinde bazı grublarda farklılık göstermiştir. En düşük ortalama çeki kuvveti değeri (39,2 N) 0° disk yön açısı ile %12.5 grafit kaplama düz disk'te elde edilirken, en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri (213,0 N) 15° disk yön açısı ile orjinal dıştan ondüleli disk'te elde edilmiştir. Çizelge 4.5'e bakıldığında, 15° açıda orjinal dıştan öndüleli disk ayak (ODOD) aynı açıdaki orjinal düz disk ayak (ODD) ile aynı grupta iken diğer aynı açıdaki bütün gruplar ile en az (47.6 N) ile farklıdır. 0° açıda ise (%12.5 GKDD) ve (%25 GKDD) grafit kaplama düz disk aynı grupta yer alırken, (ODD) orjinal düz disk ile (TKDD) tin kaplama düz disk aynı grupta yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Toprak kanalı koşullarında disk ayak X disk yön açısı etkileşiminin ortalama çeki kuvveti değerleri ve analizi

| Yön açısı / Ayak | Çeki Kuveti (N) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0°** | **5°** | **10°** | **15°** |
| **ODD** | 55,8 abc | 68,3 abcd | 82,7 abcde | 165,4 jkl |
| **TKDD** | 46,4 ab | 55,8 abc | 86,7 abcdef | 138,0 fghıjk |
| **ODOD** | 86,3 abcdef | 109,3 cdefghı | 125,8 efghıjk | 213,0 l |
| **TKDOD** | 89,6 abcdef | 126,5 efghıjk | 125,9 efghıjk | 101,7 cdefgh |
| **OİOD** | 116,9 defghıj | 164,1 ıjkl | 173,0 kl | 156,0 hıjk |
| **TKİOD** | 88,2 abcdef | 113,5 defghıj | 154,7 ghıjk | 146,9 ghıjk |
| **%12.5GKDD** | 39,2 a | 76,5 abcde | 86,1 abcdef | 100,5 bcdefg |
| **%25GKDD** | 45,2 a | 74,0 abcde | 69,6 abcd | 80,6 abcde |

Toprak kanalı denemesinde elde edilen kaplamalı, kaplamasız farklı tip diskli ayakların ve farklı disk yön açılarının ortalama çeki kuvveti değerleri Şekil 4.4'te verilmiştir.




Şekil 4.4. Toprak kanalı denemesinde farklı disk ayakların ve disk yön açılarının ortalama çeki kuvvetine etkisi

Şekil 4.4.'de görüldüğü gibi, toprak kanalı denemesinde disk yön açısının değişimi ile birlikte ayak tipine ve kaplama çeşitine bağlı olarak ortalama çeki kuvveti (N) değerinde anlamlı bir farklılık saptanmıştır. 0° disk yön açısında %12.5-%25 grafit kaplama düz diskte sırasıyla (39,2 N) ve (45,2 N) en alt değer gözlemlenirken, 15° disk yön açısında orjinal dıştan ondüleli diskte (213,0 N) en üst değer olarak görülmektedir. Genel olarak, 0° ile 5° disk yön açısının ve kaplamalı disklerin ortalama çeki kuvveti değerleri, 10° ile 15° disk yön açısının ve kaplamasız disklerin ortalama çeki kuvveti değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

### 4.1.5. Farklı Tip Disk Ayak ve Farklı Bası Yüklerinin İkili İnteraksiyon Halinde Çeki Kuvvetine Etkisi

Toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip diskli ayakların ve farklı ların ortalama çeki kuvveti üzerindeki etkisine ait denemenin varyans analizi sonuçları çizelge EK 6'da verilmiştir.

Araştırmanın varyans analiz sonucuna göre toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların ve farklı bası yüklerinin ikili interaksyon halinde ortalama çeki kuvveti üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çizelge EK 6'ya bakıldığında, her bir ayak türünde, her bir miktarında ortalama çeki kuvveti değerleri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.

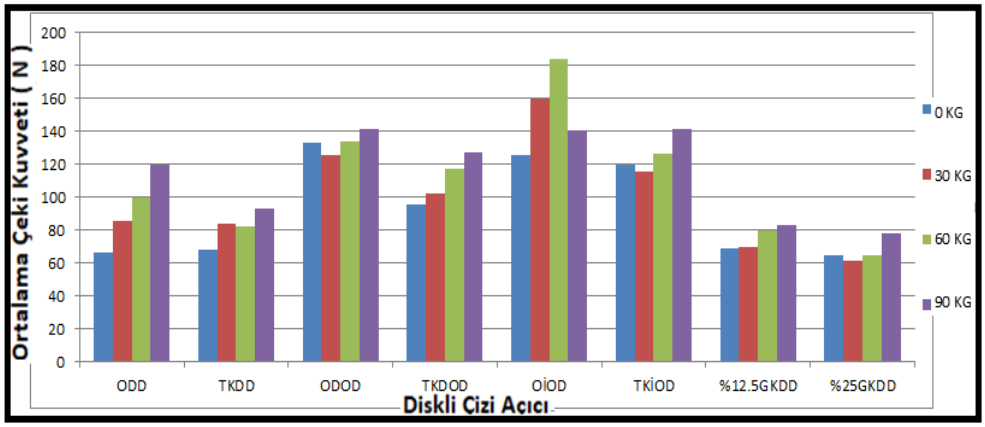
Yapılan Tukey testinde disk ayak- etkileşimuna göre ortalama çeki kuvveti değerleri % 5 önem seviyesinde bazı gurublarda farklılık göstermiştir. En düşük ortalama çeki kuvveti değeri (61,8 N) 30 kg ile %25 grafit kaplama düz disk(GKDD)'te elde edilirken, en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri (184,0 N) 60 kg ile orjinal içten ondüleli disk **(**OİOD)'te elde edilmiştir. Çizelge 4.6'a bakıldığında, 30 kg ağırlıkta %25 grafit kaplama düz disk ayak aynı gruptaki diğer ayaklardan farklıdır ve en düşük ortalama çeki kuvveti kaydetmiştir. Orjinal içten

ondüleli disk (OİOD) ayak ise 60 kg ağırlıkta en yüksek ortalama çeki kuvvetini kaydederken aynı gruptaki diğer ayaklardan farklıdır.

Çizelge 4.6. Toprak kanalı koşullarında farklı tip disk ayak x farklı bası yükleri etkileşiminin çeki kuvveti değerleri (N)

| BasıY. / Ayak | Çeki Kuvveti (N) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0 Kg** | **30 Kg** | **60 Kg** | **90 Kg** |
| **ODD** | 66,8 ab | 85,6 abcd | 100,1 abcde | 119,7 abcdef |
| **TKDD** | 67,9 ab | 83,6 abcd | 82,6 abcd | 92,7 abcde |
| **ODOD** | 133,0 abcdef | 125,5 abcdef | 134,1 bcdef | 141,7 def |
| **TKDOD** | 95,6 abcde | 102,6 abcde | 117,4 abcdef | 127,3 abcdef |
| **OİOD** | 125,4 abcdef | 160,0 ef | 184,0 f | 140,7 cdef |
| **TKİOD** | 119,5 abcdef | 115,5 abcdef | 126,7 abcdef | 141,7 def |
| **%12.5GKDD** | 69,3 ab | 70,1 abc | 80,1 abcd | 82,9 abcd |
| **%25GKDD** | 64,7 ab | 61,8 a | 65,0 ab | 77,8 abcd |

Toprak kanalı denemesinde elde edilen kaplamalı, kaplamasız farklı tip disk ayakların ve farklı bası yüklerinin ortalama çeki kuvveti değerleri Şekil 4.5'te verilmiştir.




Şekil 4.5. Toprak kanalı denemesinde farklı tip diskli ayak ve farklı bası yüklerinin çeki kuvvetine etkisi

Şekil 4.5. incelendiğinde, toprak kanalı denemesinde bası yüklerinin artması ile birlikte ortalama çeki kuvvetinin (N) ayak tipine ve kaplama çeşitine bağlı olarak anlamlı farklılık göstermektedir. En düşük ortalama çeki kuvveti değeri tüm ayak tiplerinde 30 kg'da %25 grafit kaplama düz diskte sırasıyla (61,8 N) elde edilirken en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri tüm ayak tiplerinde 60 kg'da orjinal içten ondüleli diskte 184,0 N belirlenmiştir. Tüm interaksyonlarda, 0 kg ile 30 kg bası yükü miktarların ve kaplamalı disklerin ortalama çeki kuvveti değerleri, 60 kg ile 90 kg ların ve kaplamasız disklerin ortalama çeki kuvveti değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

### 4.1.6. Disk Ayak, Disk Yön Açısı ve Disk bası yükünün Üçlü Etkileşim Halinde Çeki Kuvvetine Etkisi

Toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların, farklı disk yön açılarının ve farklı bası yüklerinin ortalama çeki kuvveti üzerindeki etkisine ait denemenin varyans analizi sonuçları çizelge EK 7'de verilmiştir.

Varyans analiz sonucuna göre toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip disk ayakların, farklı disk yön açılarının ve farklı bası yüklerinin üçlü interaksyonunun ortalama çeki kuvveti üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çizelge EK 7'ye bakıldığında, her bir açı derecesinde her bir miktarında, farklı kaplama türlerinin çeki kuvveti üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.

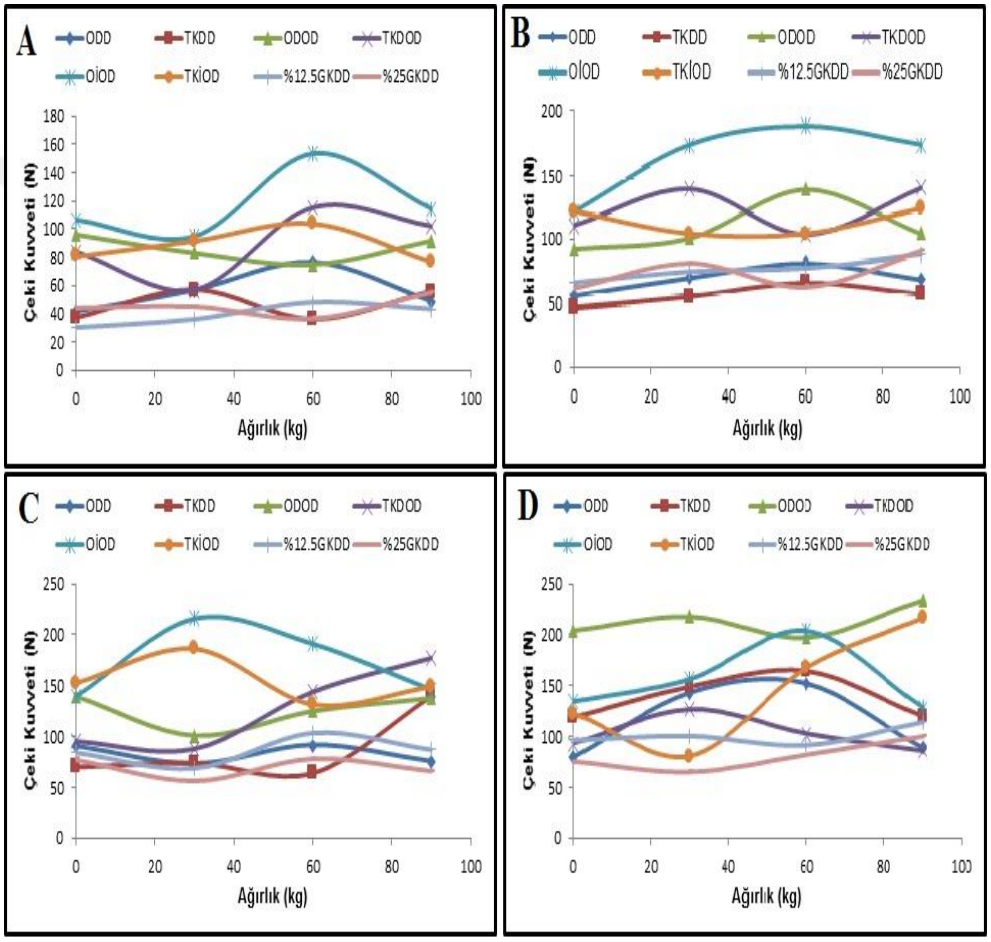
Yapılan Tukey testinde disk ayak, disk yön açısı ve bası yükü etkileşimine göre ortalama çeki kuvveti değerleri % 5 önem seviyesinde bazı gruplarda farklılık göstermiştir. En düşük ortalama çeki kuvveti değeri 30,2 N ile grafit kaplama düz disk (%12.5GKDD) ayak, 0°disk yön açısı ve 0 kg bası yükünde elde edilirken, en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri 232,8 N ile orjinal dıştan ondüleli disk (ODOD) ayak, 15° açı ve 90 kg'da elde edilmiştir.

Çizelge 4.7'a bakıldığında, 0° disk yön açısı 0 kg'daki (%12.5 GKDD) grafit kaplama düz disk ayak diğer ayaklarla aynı grupta yer alsada değer olarak en düşük ortalama çeki kuvveti değerini kaydetmiştir. 0° disk yön açısı 60 kg'da ise (OİOD) orjinal içten ondüleli disk ayak, (TKDOD) titanyum nitrür kaplama dıştan ondüleli disk ayak ve (TKİOD) titanyum nitrür kaplama içten ondüleli disk ayak ile aynı grupta yer alsada en az (37.5 N)'luk bir fakla aynı gruptaki ayak tiplerinden en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ile ayrılmaktadır. 5° disk yön açısında 0 kg'daki (TKDD) titanyum nitrür kaplama düz disk ayak diğer ayaklarla aynı grupta yer alsada en az 9.2 N'luk bir farkla en düşük ortalama çeki kuvveti değerini kaydetmiştir. 5° disk yön açısında 60 kg'da ise yine (OİOD) orjinal içten ondüleli disk ayak, (TKDOD) titanyum nitrür kaplama dıştan ondüleli disk ayak, (ODOD) orjınal dıştan ondüleli disk ayak ve (TKİOD) titanyum nitrür kaplama içten ondüleli disk ayak ile aynı grupta yer alsada en az 48.7 N'luk bir farkla aynı gruptaki ayak tiplerinden en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ile ayrılmaktadır. 10° disk yön açısı ve 30 kg'daki %25 grafit kaplama düz disk ayak diğer ayaklarla aynı grupta yer alsada en az 13.2 N'luk bir farkla en düşük ortalama çeki kuvveti değerini kaydetmiştir. 10° disk yön açısı ve 30 kg'da ise yine (OİOD) orjinal içten ondüleli disk ayak, (TKİOD) titanyum nitrür kaplama içten ondüleli disk ayak ile aynı grupta yer alsada en az 29.5 N'luk bir farkla aynı gruptaki ayak tiplerinden en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ile ayrılmaktadır. 15° disk yön açısı ve 30 kg'daki grafit kaplama düz disk ayak %25 (GKDD) diğer ayaklarla aynı grupta yer alsa da en az 35.4 N'luk bir farkla en düşük ortalama çeki kuvveti değerini kaydetmiştir. 15° disk yön açısı ve 90 kg'da ise (ODOD) orjinal dıştan ondüleli disk ayak, (OİOD) orjinal içten ondüleli disk ayak, (TKİOD) titanyum nitrür kaplama içten ondüleli disk ayak ile aynı grupta yer alsada en az 15.8 N'luk bir farkla aynı gruptaki ayak tiplerinden en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ile ayrılmaktadır.

Çizelge 4.7. Toprak kanalı koşullarında kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların, farklı disk yön açılarının ve farklı bası yüklerin ikili etkileşimine ait ortalama çeki kuvveti değerleri (N)

| Ayak | Açı (°) | KG | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 30 | 60 | 90 |
| ODD | 0 | 41,2abc | 56,6abcd | 76,3abcd | 48,9abcd |
| TKDD | | 37,2ab | 56,7abcd | 36,1ab | 55,6abcd |
| ODOD | | 96,2abcde | 82,9abcd | 74,4abcd | 91,8abcde |
| TKDOD | | 83,9abcde | 56,8abcd | 115,6de | 102,0abcde |
| OİOD | | 105,9bcde | 94,2abcde | 153,1e | 114,3cde |
| TKİOD | | 80,9abcde | 91,5abcde | 103,5abcde | 77,1abcd |
| %12.5GKDD | | 30,2a | 35,9ab | 47,8abcd | 43,0abcd |
| %25GKDD | | 44,1abcd | 45,0abcd | 36,7ab | 54,9abcd |
| ODD | 5 | 55,3ab | 69,3ab | 80,9ab | 67,8ab |
| TKDD | | 46,1a | 54,7ab | 65,8ab | 56,5ab |
| ODOD | | 92,3abcd | 101,0abcde | 139,6bcde | 104,5abcde |
| TKDOD | | 110,4abcde | 139,8bcde | 102,9abcde | 140,5bcde |
| OİOD | | 121,2abcde | 173,6de | 188,3e | 173,5cde |
| TKİOD | | 121,9abcde | 104,0abcde | 104,0abcde | 124,0abcde |
| %12.5GKDD | | 66,3ab | 74,8ab | 77,4ab | 87,4abcd |
| %25GKDD | | 61,8ab | 81,4abc | 62,7ab | 90,3abcd |
| ODD | 10 | 90,5abc | 73,4ab | 91,4abc | 75,6ab |
| TKDD | | 69,9ab | 74,0ab | 64,0ab | 139,0abcdef |
| ODOD | | 139,5abcdef | 100,8abcd | 125,0abcde | 137,8abcdef |
| TKDOD | | 95,2abc | 87,7abc | 143,8abcdef | 177,0cdef |
| OİOD | | 139,3abcdef | 215,6f | 191,1ef | 146,0bcdef |
| TKİOD | | 152,5bcdef | 186,1def | 131,5abcdef | 148,9bcdef |
| %12.5GKDD | | 84,4ab | 69,2ab | 103,6abcde | 87,3abc |
| %25GKDD | | 77,6ab | 56,0a | 78,7ab | 66,1ab |
| ODD | 15 | 80,4abcd | 143,0abcdef | 151,8abcdef | 89.1abc |
| TKDD | | 118,6abcdef | 149,1abcdef | 164,6abcdefg | 119,6abcdef |
| ODOD | | 204,2defg | 217,4efg | 197,6bcdefg | 232,8fg |
| TKDOD | | 92,8abcd | 126,2abcdef | 102,4abcde | 85,3abcd |
| OİOD | | 135,0abcdef | 156,6abcdef | 203,6cdefg | 128,9abcdef |
| TKİOD | | 122,7abcdef | 80,2abc | 167,7abcdefg | 217,0efg |
| %12.5GKDD | | 96,3abcde | 100,4abcde | 91,6abcd | 113,9abcdef |
| %25GKDD | | 75,4ab | 65,0ab | 82,0abcd | 100,0abcde |

Toprak kanalı denemesinde elde edilen kaplamalı, kaplamasız farklı tip disk ayakların, farklı disk yön açıların ve farklı bası yüklerinin ortalama çeki kuvvetine olan etkileri Şekil 4.6'da görülmektedir.




Şekil 4.6. Toprak kanalı denemesinde kaplamalı, kaplamasız farklı tip ayakların, farklı disk yön açıların ve farklı bası yüklerinin ortalama çeki kuvveti değerleri: (A) 0° yön açısı, (B) 5° yön açısı, (C) 10° yön açısı, (D) 15° yön açısı

Şekil 4.6 incelendiğinde, tüm açı ve bası yüklerinde yapılan ölçümlerde grafit kaplama düz disk (GKDD) ayak tiplerinde elde edilen ortalama çeki kuvveti değerlerinin, diğer ayak tiplerinde elde edilen ortalama çeki kuvveti değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. 0° yön açısı ve 0 kg'da %12.5 ve %25 grafit kaplama düz disk ayak (GKDD) tiplerinde elde edilen ortalama çeki kuvveti değerleri (30,2 N ve 44,1 N), 15° yön açısı ve 90 kg'da aynı ayak tiplerinde elde edilen ortalama çeki kuvveti değerlerinden (96,3 N ve 75,4 N) düşük çıkmıştır. Aynı zamanda tüm denemelerde en düşük ortalama çeki kuvveti değeri %12.5 grafit kaplama düz disk ayakta kaydedilmiştir. Çeki kuvveti denemesinde elde edilen en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri 15° disk yön açısında ve 90 kg'da (232,8 N) orjinal dıştan ondüleli diskli ayakta belirlenmiştir.

Toprak kanalı denemesinde elde edilen ortalama çeki kuvveti değerlerine genel olarak bakıldığında, kaplamalı ayak tiplerinin ortalama çeki kuvveti değerleri aynı tipteki kaplamasız ayak tiplerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Disk yön açıları ile lardaki yükselmeler, tüm ayak tiplerinde ortalama çeki kuvveti değerlerinde yükselmelere yol açmıştır. Genel olarak çizelgelere bakıldığı zaman bazı 90 kg denemelerinde diğer yüklere göre ortalama çeki kuvvetinde artışlar yerine düşüş izlenmiştir. Bunun nedeni ise toprak kanalındaki nem oranının sabit olmaması (%20-25 arası), 90 kg bası yükü denemesinin her ayak ve açı için en son yapılması ve buna bağlı olarak bu yükte nemin düşmesi şeklinde açıklanabilir. Aynı zamanda denemelerin tekrarlanması, her denemeden sonra sıkıştırmaya rağmen toprağın gevşemesine neden olabilmektedir. Dolayısıyla 90 kg ağırlıklarda ortalama çeki kuvveti değerlerinde bazen düşüşler gözlenmiştir.

### 4.2. Tarla Denemeleri: Bitki Çıkış Parametreleri

Ekim makinalarının gerçek başarısını ortaya koymak amacıyla yapılan tarla denemelerinde farklı disk ayaklar kullanılarak iki farklı buğday anızı

koşulunda mısır ekimi gerçekleştirilmiştir. Bitki çıkışları sabitlendikten sonra; farklı disk ayak tipi ve 2 farklı anız durumunun, ortalama bitki çıkış zamanı (OÇZ), çıkış oranı indeksi (ÇOİ), çıkış yüzdesi (ÇY), ikizlenme oranı (İO), boşluk oranı (BO) ve kabul edilebilir bitki aralığı oranı (KBAO) üzerinde etkili olup olmadığını belirlemek amacıyla faktöryel varyans analizi (iki yönlü varyans analizi) uygulanmıştır. Her bir yanıt değişken için süreç tekrarlanmış ve sonuçları ayrı ayrı verilmiştir.

### 4.2.1. Ortalama Bitki Çıkış Zamanı (Gün)

Çalışmada kaplamalı ve kaplamasız farklı diskli ayak tipi ve 2 farklı anız durumunun, ayrı ayrı ve etkileşim şeklinde bitki çıkış zamanı ortalama değerleri ve üzerindeki etkisini ortaya koyan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 4.8. Ortalama bitki çıkış zamanı (gün) değerleri ve standart sapma

| Ayak Türü | Anız Tipi | Ortalama | St. Sapma | N |
|---|---|---|---|---|
| ODOD | DA | 5,13 | ,286167 | 4 |
| | PA | 4,94 | ,181177 | 4 |
| | Ortalama | 5,04 | ,243882 | 8 |
| TKDOD | DA | 4,81 | ,152862 | 4 |
| | PA | 5,12 | ,285307 | 4 |
| | Ortalama | 4,96 | ,267355 | 8 |
| OİOD | DA | 4,61 | ,329482 | 4 |
| | PA | 5,11 | ,073485 | 4 |
| | Ortalama | 4,86 | ,345768 | 8 |
| TKİOD | DA | 4,80 | ,257488 | 4 |
| | PA | 5,11 | ,179072 | 4 |
| | Ortalama | 4,95 | ,262175 | 8 |

Çizelge 4.9. Tarla denemesi ortalama bitki çıkış zamanı varyans analizi sonuçları

| Değ.Kay. | Sd | K. Ort. | F | P |
|---|---|---|---|---|
| **Ayak Tipi** | 3 | ,044 | ,820 | ,496 |
| **Anız durumu** | 1 | ,421 | 7,798 | ,010 |
| **Ayak Tipi * Anız durumu** | 3 | ,173 | 3,201 | ,041 |
| **Hata** | 24 | ,054 | | |

Çizelge 4.9'da varyans analizi sonuçlarına göre ayak tipleri arasında ortalama çıkış zamanı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Anız durumları arasında ($P<0,01$) ve anız durumu ile ayak tipi arasındaki etkileşimde ($P<0,05$) ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Tek başına ayak tipleri arasında anlamlı farklılık olmadığından analizin devamında ortalamalar arasında istatistiksel karşılaştırma yapılmamıştır. Anız durumu iki düzeyli olduğundan dolayı doğal olarak dik ve parçalanmış anızlarda ortalama çıkış zamanı (OÇZ) değerleri anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Anız durumunun her bir düzeyinde farklı ayak türlerinin varyans analizi sonuçları

| Anız durumu | | SD | K.Ort. | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| **DA** | **Grup** | 3 | ,189 | 3,510 | ,031 |
| | **Hata** | 24 | ,054 | | |
| **PA** | **Grup** | 3 | ,028 | ,511 | ,678 |
| | **Hata** | 24 | ,054 | | |

Dolayısıyla Çizelge 4.9'da anız durumunun her bir düzeyinde farklı ayak türlerinin anlamlılık derecesi incelenmiştir.

Çizelge 4.10'a bakıldığında, sadece dik anızda farklı ayak

tiplerinin ortalama çıkış zamanı üzerindeki etkileri arasında anlamlı farklılık vardır. Bu sonuç, ayak tipinin ortalama bitki çıkış zamanını istatistiksel olarak %5 önem seviyesinde etkilediğini ortaya koymaktadır. Etkiye neden olan ayak tipinin belirlenmesi amacı ile ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Çizelge 4.11 incelendiğinde, sadece dik anızda içten ondüleli orjinal diskli (OİOD) ayak ile dıştan ondüleli orjinal diskli (OİOD) ayak arasında ortalama çıkış zamanı açısından anlamlı farklılık vardır (P<0,05). Diğer ayak tipleri arasında ise istatistiksel olarak mısır bitkisinin ortalama çıkış zamanı üzerinde etkisi olmamıştır.

Çizelge 4.11. AnızxDisk ayak ikili etkileşiminin ortalama bitki çıkış zamanına etkisi

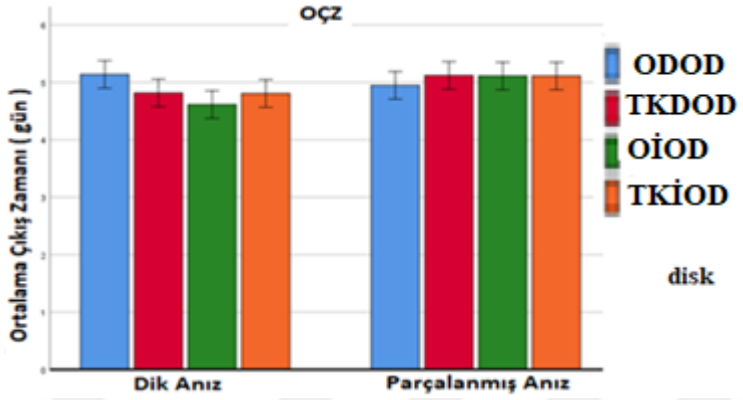
| Anız durumu | Ayak 1 | Ayak 2 | Ort.Fark | St. Hata | P | %95 Güven Aralığı | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Alt.S | Üst.S |
| DA | ODOD | TKDOD | ,322 | ,164 | ,368 | -,150 | ,795 |
| | | OİOD | ,525* | ,164 | ,023 | ,053 | ,997 |
| | | TKİOD | ,333 | ,164 | ,325 | -,140 | ,805 |
| | TKDOD | ODOD | -,322 | ,164 | ,368 | -,795 | ,150 |
| | | OİOD | ,202 | ,164 | 1,000 | -,270 | ,675 |
| | | TKİOD | ,010 | ,164 | 1,000 | -,462 | ,482 |
| | OİOD | ODOD | -,525* | ,164 | ,023 | -,997 | -,053 |
| | | TKDOD | -,202 | ,164 | 1,000 | -,675 | ,270 |
| | | TKİOD | -,192 | ,164 | 1,000 | -,665 | ,280 |
| | TKİOD | ODOD | -,333 | ,164 | ,325 | -,805 | ,140 |
| | | TKİOD | -,010 | ,164 | 1,000 | -,482 | ,462 |
| | | OİOD | ,192 | ,164 | 1,000 | -,280 | ,665 |
| PA | ODOD | TKDOD | -,172 | ,164 | 1,000 | -,645 | ,300 |
| | | OİOD | -,162 | ,164 | 1,000 | -,635 | ,310 |
| | | TKİOD | -,163 | ,164 | 1,000 | -,635 | ,310 |
| | TKDOD | ODOD | ,172 | ,164 | 1,000 | -,300 | ,645 |
| | | OİOD | ,010 | ,164 | 1,000 | -,462 | ,482 |
| | | TKİOD | ,010 | ,164 | 1,000 | -,462 | ,482 |
| | OİOD | ODOD | ,162 | ,164 | 1,000 | -,310 | ,635 |
| | | TKDOD | -,010 | ,164 | 1,000 | -,482 | ,462 |
| | | TKİOD | -0,762 | ,164 | 1,000 | -,472 | ,472 |
| | TKİOD | ODOD | ,163 | ,164 | 1,000 | -,310 | ,635 |
| | | TKDOD | -,010 | ,164 | 1,000 | -,482 | ,462 |
| | | OİOD | 0,762 | ,164 | 1,000 | -,472 | ,472 |

Çizelge 4.12'de ise kaplamalı ve kaplamasız farklı diskli ayak tipinin her bir düzeyinde farklı anız türlerinin ortalama bitki çıkış zamanı açısından anlamlılık değeri araştırılmıştır.

Çizelge 4.12. Farklı ayak çeşitlerinin bitki çıkış süresine etkisi

| Ayak Türü | | Sd | K.Ort. | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| ODOD | Grup | 1 | ,072 | 1,338 | ,259 |
| | Hata | 24 | ,054 | | |
| TKDOD | Grup | 1 | ,186 | 3,447 | ,076 |
| | Hata | 24 | ,054 | | |
| OİOD | Grup | 1 | ,495 | 9,171 | ,006 |
| | Hata | 24 | ,054 | | |
| TKİOD | Grup | 1 | ,186 | 3,447 | ,076 |
| | Hata | 24 | ,054 | | |

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre, sadece içten ondüleli orjinal disk ayak tipinde farklı anız tipleri arasında ortalama çıkış zamanı değerlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($P<0,01$). İkili karşılaştırmalar incelendiğinde, sadece içten ondüleli orjinal disk ayakta (OİOD), dik anız ile parçalanmış anız arasında ortalama çıkış zamanı açısından anlamlı farklılık vardır (Çizelge 4.12).




Şekil 4.7. Farklı diskli ayak x anız durumu ikili etkileşiminin bitki çıkış zamanına etkisi

Şekil 4.7. incelendiğinde, dik anızda yapılan ekim işleminde, orjinal içten ondüleli diskli (OİOD) ayakta elde edilen ortalama bitki çıkış zamanı değerinin, parçalanmış anızda elde edilen ortalama bitki çıkış zamanı değerinden düşük olduğu görülmektedir. Parçalanmış anızın toprak yüzeyini malç şeklinde kaplaması güneş ışığının toprağa doğrudan temasını azaltmıştır. Bu durum parçalanmış anızlı alanlarda tohum yatağının dik anızlı alanlara göre daha soğuk kalmasına neden olmuş olabilir. Düşük tohum yatağı sıcaklığıda bitki çıkış süresini uzatmış olabileceği düşünülmektedir. Dik anızda (OİOD) ayakta elde edilen OÇZ değeri 4.62 gün iken, parçalanmış anızda aynı ayak tipinde 5.11 gün olarak bulunmuştur. Diğer ayaklar ise her 2 anız durumunde aynı gruplarda yer aldıkları için bitki çıkış süreleri açısından birbirinden farkı yoktur.

Krall ve ark. (1979), yaptıkları çalışmada çift diskli gömücü ayaklar balta ve çapa gömücü ayaklara oranla daha yüksek tarla filiz çıkış oranı sağlamıştır. Tessier ve ark. (1991b) ise 3 farklı disk gömücü ayak ve 1 çapa gömücü ayak ile tarla filiz çıkış oranına etkisini karşılaştırmıştır ve sonuçta çift diskli gömücü ayak daha yüksek tarla filiz çıkış oranı sağlamıştır.

### 4.2.2. Çıkış Yüzdesi

Varyans analiz sonuçlarına göre ayak tipi x anız durumu arasındaki etkileşimin çıkış yüzdesi üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Her biri için hesaplanan anlamlılık değeri 0,05 eşik değerinden büyüktür (Çizelge 4.13). Dolayısıyla ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar yapılmamıştır.

Çizelge 4.13. Tarla denemesinde çıkış yüzdesine ait varyans analizi sonuçları

| Değ.Kay. | Sd | K. Ort. | F | P |
|---|---|---|---|---|
| **Ayak Tipi** | 3 | 46,299 | ,395 | ,758 |
| **Anız durumu** | 1 | 63,817 | ,544 | ,468 |
| **Ayak Tipi * Anız durumu** | 3 | 78,315 | ,667 | ,580 |
| **Hata** | 24 | 117,344 | | |

### 4.2.3. İkizlenme Oranı

Varyans analiz sonuçlarına göre ayak tipi ile anız durumu arasındaki etkileşimin ikizlenme oranı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Her biri için hesaplanan anlamlılık değeri 0,05 eşik değerinden büyüktür (Çizelge 4.14). Dolayısıyla ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar verilmemiştir.

Çizelge 4.14. Tarla denemesinde ikizlenme oranı ait varyans analizi sonuçları

| Değ.Kay. | Sd | K. Ort. | F | P |
|---|---|---|---|---|
| **Ayak Tipi** | 3 | 74,344 | 1,091 | ,372 |
| **Anız durumu** | 1 | 79,79 | 1,171 | ,290 |
| **Ayak Tipi * Anız durumu** | 3 | 35,419 | ,520 | ,673 |
| **Hata** | 24 | 68,114 | | |

### 4.2.4. Boşluk Oranı

Varyans analiz sonuçlarına göre ayak tipi ile anız durumu arasındaki etkileşimin boşluk oranı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Her biri için hesaplanan anlamlılık değeri 0,05 eşik değerinden büyüktür (Çizelge 4.15). Dolayısıyla ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar verilmemiştir.

Çizelge 4.15. Tarla denemesinde boşluk oranına ait varyans analizi sonuçları

| Değ.Kay. | Sd | K. Ort. | F | P |
|---|---|---|---|---|
| **Ayak Tipi** | 3 | 50,947 | 1,548 | ,228 |
| **Anız durumu** | 1 | 16,835 | ,512 | ,481 |
| **Ayak Tipi * Anız durumu** | 3 | 20,282 | ,616 | ,611 |
| **Hata** | 24 | 32,905 | | |

### 4.2.5. Kabul Edilebilir Bitki Aralığı

Varyans analiz sonuçlarına göre ayak tipi ile anız durumu arasındaki etkileşimin terimlerinin kabul edilebilir bitki aralığı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli değildir (Çizelge 4.16). Her biri için hesaplanan anlamlılık değeri 0,05 eşik değerinden büyüktür. Dolayısıyla ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar verilmemiştir.

Çizelge 4.16. Tarla denemesinde kabul edilebilir bitki aralığına ait varyans analizi sonuçları

| Değ.Kay. | Sd | K. Ort. | F | P |
|---|---|---|---|---|
| **Ayak Tipi** | 3 | 239,824 | 1,692 | ,195 |
| **Anız durumu** | 1 | 170,294 | 1,202 | ,284 |
| **Ayak Tipi * Anız durumu** | 3 | 25,703 | ,181 | ,905 |
| **Hata** | 24 | 141,725 | | |

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, doğrudan ekim makinalarında kullanılan diskli ayakların çeki kuvveti gereksiniminin kaplama yapılarak azaltılması ve bu kaplamanın ekim kalitesi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Doğrudan ekim makinalarının güç gereksinimini iyileştirmek için yapılan araştırmanın birinci aşamasında kaplama yapılan ve kaplamasız farklı disk ayaklar, dört farklı bası yükü ve dört farklı disk yön açısında toprak kanalda denemeye alınmıştır. Araştırmanın ikinci aşamasında, çeki kuvveti gereksinimi belirlenen diskli ayakların ekim düzgünlüğüne etkisini saptamak amacıyla tarla denemeleri kurulmuştur.

Farklı kaplamalı ve kaplamasız diskli ayakların çeki kuvveti üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan denemeler sonucunda diskli ayak tipinin çeki kuvveti üzerinde %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak etkili olduğu görülmüştür. Tukey testi sonucunda en düşük çeki kuvveti 67,3 N ortalama değeri ile %25 grafit kaplama düz disk (%25GKDD) ayakta elde edilmiştir. Diskli ayaklar arasında en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ise 152,5 N ile orjinal içten ondüleli diskli (OİOD) ayakta belirlenmiştir.

Farklı disk yön açılarının çeki kuvveti üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan ölçümler sonucunda ortalama çeki kuvveti üzerinde disk yön açısının %5 önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür. Yapılan Tukey testi sonucunda en düşük çeki kuvveti değeri 70,9 N ile 0° disk yön açısında elde edilmiştir. Disk yön açıları arasında en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ise 137,8 N ile 15° disk yön açısında belirlenmiştir. En düşük çeki kuvvetinin 0° disk yön açısında elde edilmesi, ekim sırasında disk ayaklarda bu yön açısı değerinin çeki kuvveti açısından daha uygun olduğunu göstermekle birlikte toprak ve anız yapsına bağlı olarak daha iyi bir tohum çizisi için disk ayaklara yön açısı vermek uygun olabilmektedir.

Farklı bası yüklerinin çeki kuvveti üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan ölçümler sonucunda farklı bası yüklerinin çeki kuvvetini %5 önem seviyesinde etkilediği saptanmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda en düşük çeki kuvvetine 92,8 N ile 0 kg bası yükünde ulaşılmıştır. Bası yükleri arasında en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri 115,7 N ise 90 kg bası yükünde belirlenmiştir. Ayaklara gelen yük arttıkça çeki kuvveti gereksinimi de artmıştır.

Farklı diskli ayak ve farklı disk yön açılarının etkileşim halinde çeki kuvveti üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda, diskli ayak X disk yön açısı etkileşiminin ortalama çeki kuvveti üzerinde %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak etkili olduğu görülmüştür. Yapılan Tukey testi sonucunda 39,2 N ortalama çeki kuvveti değeri ile %12,5 grafit kaplama düz disk (%12,5 GKDD) ayak X 0° disk yön açısı etkileşimi en düşük çeki kuvvetine sahip olmuştur. Diskli ayak- disk yön açısı interaksyonu arasında en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ise 213,0 N ile orjinal dıştan ondüleli diskli (ODOD) ayak x 15° disk yön açısı interaksyonunda belirlenmiştir.

Farklı diskli ayak ve farklı bası yükü etkileşimi çeki kuvveti üzerinde %5 önem seviyesinde istatastiksel olarak etkili olmuştur. Yapılan Tukey testi sonucunda en düşük çeki kuvveti 61,8 N ortalama değeri ile %25 grafit kaplama düz disk (%25GKDD) ayak x 30 kg bası yükü interaksyonunda elde edilmiştir. Diskli ayak x bası yükü interaksyonu arasında en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ise 184,0 N ile orjinal içten ondüleli diskli (OİOD) ayak x 60 kg bası yükü interaksyonunda belirlenmiştir.

Farklı diskli ayak x farklı disk yön açıları x farklı bası yükü etkileşiminin çeki kuvvetini %5 önem seviyesinde etkilediği saptanmıştır. Tukey testi analizinde en düşük çeki kuvveti 30,2 N değeri ile %12,5 grafit kaplama düz disk (%12,5GKDD) ayak x 0° disk yön açısı x 0 kg bası yükü interaksyonunda saptanmıştır. Diskli ayak x disk yön açısı x bası yükü interaksyonu arasında en yüksek ortalama çeki kuvveti değeri ise 232,8 N ile orjinal dıştan ondüleli diskli

(ODOD) ayak x 15° disk yön açısı x 90 kg bası yükü interaksyonunda belirlenmiştir.

Tarla denemelerinde kaplamalı ve kaplamasız diskli ayakların farklı anız koşullarında sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü ve bitki çıkış parametreleri üzerinde istatistiksel etkisi olmamıştır. Sadece orjinal içten ondüleli disk ayağın dik anızda koşulunda ortalama bitki çıkış zamanı üzerinde istatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli bir etkisi olmuştur. Dik anıza yapılan ekim işleminde, orjinal içten ondüleli diskli ayakta elde edilen ortalama bitki çıkış zamanı, parçalanmış anızda elde edilen değerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Dik anızda OİOD ayakta elde edilen OÇZ değeri 4.62 gün iken, parçalanmış anızda aynı ayak tipinde 5.11 gün olarak bulunmuştur.

Diğer bir değişle denemelerde, farklı disk ayak tipi ve farklı anız durumunun ortalama bitki çıkışı zamanı hariç diğer bitki çıkış ve dağılım düzgünlüğü değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde;

- Bu çalışmanın, şimdiye kadar bu alanda yapılan çalışmalardan en önemli farkı, ayaklara yapılan farklı kaplama uygulamaları olmuştur. Araştırmada görülmüştür ki, farklı kaplamalar uygulayarak diskli çizi ayakların çeki kuvveti gereksinimi iyileştirilebilmektedir. Yapılan toprak kanalı denemelerinde elde edilen en düşük ortalama çeki kuvveti değerleri bütün karşılaştırmalarda, hep kaplamalı ayaklarda elde edilmiştir.
- Disk yön açıları bakımından en düşük ortalama çeki kuvveti değeri 0°'de elde edilirken en yüksek değer ise 15°'de elde edilmiştir. Bu beklenen durum tüm ayak tipleri için geçerli olmuştur.

- Bası yükleri açısından 0 kg ağrlıkta en düşük ortalama çeki kuvveti değeri elde edilirken en yüksek değer ise 90 kg ta elde edilmiştir. Ortalama çeki kuvveti değeri 60 kg ağırlığa kadar normal bir artış gösterirken 90 kg'da hızla yükselme gözlenmiştir. Bu durum tüm ayak tipleri için geçerlidir.
- Disk yön açısının ve bası yükünün artmasıyla birlikte ortalama çeki kuvveti değerinin artması tüm ayak tiplerinde gözlenmiştir.
- Tarla denemelerinden elde edilen sonuçlara göre kaplamalı ve kaplamasız diskli tip ayakların farklı anız koşullarında bitki çıkışı ve dağılım düzgünlüğü üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır. Sadece farklı tip diskli ayaklar bitki çıkış zamanı yönünden farklılık göstermiştir.
- Bu çalışma anızlı ve işlenmemiş sert topraklar da sürtünmeyi azaltan kaplamalı disk ayaklı doğrudan ekim makinalarının daha düşük çeki kuvveti ve buna bağlı olarak da daha düşük çeki gücünde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.
- Bu bağlamda bundan sonraki araştırmalarda daha farklı malzemelerden üretilen disk ayaklar kullanılarak doğrudan ekim mekinalarının gereksinim duyduğu çeki kuvveti değeri daha da azaltılabilir. Bu yönde yapılacak çalışmalara gereksinim vardır.
- Kaplama uygulamalarının diskli ayakların çeki kuvveti gereksinimini düşürmesi kaplamanın ticarileşmesi açısından yeterli değildir. Ayrıca bu tip uygulamaların ekonomik analizlerinin de yapılması önemlidir.

## 6. KAYNAKLAR


Afify, M.T., Kushwaha, R.L., Gerein, M.A., 2001. Effect of Vombined Disc Angles on Soil Forces of Coulter Discs. ASAE Paper No. 01-1059, St. Joseph, MI. USA.

Ahmad, F., Weimin, D., Qishou, D., Rehim, A., Jabran, K., 2017. Comparative Performance of Various Disc-Type Furrow Openers in No-Till Paddy Field Conditions. Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

Akıncı, İ., 1994. Traktör-Tarım Makinası Enerji İlişkilerinin Saptanması İçin Bilgisayar Destekli Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve Mekanizasyon Planlamasında Temel İşletmecilik Verilerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.

Akıncı, İ., Sabancı, A., 1994. Toprak İşleme Makineleri ile Çalışmada Temel İşletmecilik Verileri Üzerinde Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 384-393, Antalya.

Anonim, 2006. Havacılık Sanayinde Kullanılan Plastık Matrıslı Kompozıt Malzemeler.http://www.hho.edu.tr/huten/2003_2004%20SEMINER%20INTERNET/UGUR%20ER/UGUR%20ER%5BWORD%5D.pdf.

ASABE, 2013.. Terminology for SoilEngaging Components for Conservation-Tillage Planters, Drills, and Seeders. In ASAE Standards 2006, ASABE Standards S477, 364-369, St. Joseph, MI, USA.

Altıkat, S., 2011. Doğrudan Ekim Makinalarında Farklı Gömücü Ayak ve İlerleme Hızlarının; Güç ve Yakıt Tüketimi, Toprak Fiziksel Özellikleri, Anız Dağılımı ve Ekim Performansına Etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.

Altıkat, S., Çelik, A., Gözübüyük, Z., 2013. Effects of Various No-Till Seeders and Stubble Conditions on Sowing Performance and Seed Emergence of Common Vetch. Soil and Tillage Research, 126:72-77.

Aykas, E., Yalçin, H., Çakir, E., 2010. Koruyucu Toprak İşlemede Yöntemler, Örtü Bitkisi ve Ekim Nöbetinin Önemi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 6 (4), 247–252, Izmir.

Aykas, E., Çakır, E., Yalçın, H., Okur, B., Nemli, Y., Çelik, A., 2010. Koruyu Toprak İşleme, Doğrudan Ekim ve Türkiye'deki Uygulamaları. Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 269-292, ANKARA.

Barut, Z.B., 1996. Farklı Tohumların Ekimlerinde Kullanılan Düşey Plakalı, Hava Emişli Hassas Ekici Düzenin Uygun Çalışma Koşularının Saptanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Barut, Z.B., Çelik İ., 2009. Tillage Effects on Soil Quality Indicators in the Semi-Arid Mediterranean Coastal Plain of Turkey, The Philippine Agricultural Scientist, 92(3), 290-300.

Baştaban, S., 1994. Toprak İşlemede Farkli İlerleme Hızlarının Pulluk Çeki Kuvvetine ve Yakıt Tüketimine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25 (2), 202- 209.

Bianchinia, A., Magalha P.S.G., 2008. Evaluation of Coulters For Cutting Sugar Cane Residue in a Soil Bin. Science Direct, Biosystems Engineering 100, 370 – 375.

Can, A., 2013. SPSS ile Nicel Veri Analizi. Pegem Akademi, Ankara.

Chen, Y., Tessier, S., Irvine, B., 2004. Drill And Crop Performances as Affected By Different Drill Configurations For No-Till Seeding. Soil and Tillage Research, 77, 147–155.

Choudhary, M.A., Baker, C.J., 1982. Effect of Drill Coulter Design And Soil Moisture Status on Emergence of Wheat Seedling. Soil and Tillage Reserch, 2:131-142.

Choudhary, M.A., 1988. A New Multi-Crop Inverted T Seeder for Upland Crop Establisment. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 19(3): 37-42.

Choudhuri, D., 1993. Performance Evaluation of Shoe, Inverted T and Disc Type Furrow Openers of Tractor Operated Seed Drills under Black Soil Conditions. In Annual Report, Coordinating Centre, All India Coordinated Research Project on Farm Implements and Machinery, Report No. CIAE/FIM/92-93/159, Central Institute of Agricultural Engineering, 1-22, Bhopal, India.

Collins, B.A., Fowler, D.B., 1996. Effect of Soil Characteristics, Seeding Depth, Operating Speed and Opener Design on Draft Force During Direct Seeding. Soil and Tillage Research, 39: 199-211.

Cong Q., Wu L., Ren L., Chen B., 1995. The Principled Experiment of Reducing Soil Adhesion and Scouring Soil By Nonsmooth Surface Electro-Osmosis. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 11, 19-23.

Dixon, H.N., 1972. The Effects of Coulter Design on Soil Compaction and Root Development of a Cereal Following Direct Drilling. Dissertation, Department of Agricultural Engineering Library, 51 pp, Massey University, Auckland, New Zealand.

Erbach, D.C., 1982. Tillage for Continue Corn and Soybean Rotation. Transactions of the ASAE, 25(4), P: 906-911.

Efe, E., Bek, Y., Şahin, M., 2000. SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler 2. Kahramanmaraş Sütçü imam Üniversitesi Rektörlüğü, Yayın No:10, Kahramanmaraş.

Ersoy, H.Y., 2001. Kompozit Malzeme. Literatür Yayıncılık Dağıtım Pazarlama, San. ve Tic. Ltd. Şti., 11-15, 95-105, 110-116, İstanbul.

FAO, 2016. Database. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html

Friedrich, T., Derpsch, R., Kassam, A., 2012. Overview of The Global Spread of Conservation Agriculture. Field Actions Science Reports, Special İssue 6. http://factsreports.revues.org/1941 (Son erişim tarihi: 01.02.2017).

Field, A., 2013. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. Sage.

Green, S. B., Salkind, N. J., 2016. Using SPSS for Windows and Macintosh. Books a la Carte, Pearson.

Grisso, R. D., Yasın, M., Kocher, M. F., 1996. Tillage Implement Forces Operating In Silty Clay Loam. Transactions of the ASAE, 39(6): 1977-1982.

Guo, P.Y., Choudhary, M.A., 1985. Preliminary Studies of A Modified Slot Opener For Direct Drilling Seeds. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 13: 85-95.

Hasimu, A., Chen, Y., 2014. Soil Disturbance and Draft Force of Selected Seed Openers. Science Direct, Soil and Tillage Research, 140: 48–54.

IAEA, 2008. Field Estimation Of Soil Water Content, a Practical Guide to Methods, Training course series 30. Instrumentation and Sensor Technology, 2-8, Vienna.

Javadi, A., Seyedi, E., Mohamadigol, R., Shahidzadeh, M., 2012. Effect of A Modified and Common Disc Openers on Soil Failure and Forces Using for Direct Planting. Global Journal of Medicinal Plant Research, 1(1): 26-32.

Kachman, S.D, Smith, J.A., 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Trans ASAE 38: 379-387.

Karayel, D., Özmerzi, A., 2003. Doğrudan Ekim Makinalarında Kullanılan Gömücü Ayaklar. 1. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, İzmir.

Karayel, D., Özmerzi, A., 2007. Doğrudan Ekimde Farklı Gömücü Ayak ve Derinlik Ayar Sistemlerinin Tarla Filiz Çıkışına Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 ( 2 ), 153 – 161. Antalya.

Keshavarzpour, F., 2012. Response of some important physical and mechanical properties of soil to different tillage methods. American-Eurasian J. Of Agricultural and Environmental Science, 12 (7):914-916.

Khan, M. A., Qaisrani, R., Jian-qiao, L., 2010. The Techniques of Reducing Adhesion and Scourin Soil by Bionic – Review of Literature. Advances in Natural Science, Vol. 3, No. 2, 2010, pp. 41-50. Canada.

Kushwaha, R. L., Vaishnav, A. S., Zoerb, G. C., 1986. Performance of Powered-Disc Coulters Under No-Till Crop Residue in the Soil Bin. Can. Agric. Eng., 28: 85-90.

Köller K., 2003. Conservation tillage-Technical. ecological and economic aspects. Workshop on Conservation Tillage and Notillage. p:9-34. İzmir. Turkey. ISBN:975-483-601-9.

Krall, J., Dubbs, A., Larsen, W., 1979. No Till Drills For Recropping. İn:Bulletin no 76, Montana Agricaltural Station, Montana, USA.

Mattox, Donald M., 1998. Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing: Film Formation, Adhesion, Surface Preparation and Contamination Control.. Westwood, N.J.: Noyes Publications.

Marakoğlu, T., Çarman, K., 2009. Effects of Design Parameters of a Cultivator Share on Draft Force and Soil Loosening in a Soil Bin. Journal of Agronomy, 8 (1): 21-26.

Marakoğlu, T., Çarman, K., Çitil, E., 2013. Farklı Tip Çizel Uç Demirlerinin Toprak Deformasyonuna Etkileri. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9 (3), 175-179, Türkiye.

Morrison, J.E., Allen, R.R., 1987. Planter and Drill Requirements for Soils With Surface Residues. Southern Region No-till Conference Proceedings, p:44-58, College Station, Texas, USA.

Mchugh, J., 2011. Soil Strength and Compaction. University of Southern Queensland, http:/www.slideshare.net/mchughjack/soil-strength-andcompaction.

Mckyes, E., 1989. Agricultural Engneering Soil Mechanics. Elsevier Science Publishing Company INC, NY, USA.

Nazman, E., Erbaş, S. O., Olmuş, H., 2018. Araştırmacılar için SPSS uygulamalı istatistiksel deney tasarımı. Gazi Kitabevi, Ankara.

Nichols M.L., 1931. The Dynamic Properties of Soil II, Soil and Metal Friction. Journal of Agricultural Engineering, 12, 321-324.

Okoko, P., Ajav, E. A., Olosunde, W. A., 2018. Draft and Power Requirements for Some Tillage Implements Operating in Clay Loam Soil. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 20(1): 95–102.

Orhan, N., Korucu, T., Dizibüyük, A., 2014. Dipkazanda Keski Demiri Kullanımının Performans Karakteristiklerine Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, S. 317 – 330, Ankara.

Price, T., 1999. What Should My No-Till Planter Look Like. https://transact.nt.gov.au/ebiz/dbird/techpublications.nsf/2ff165af0ec6aeb69256efe004f5a 7f /$file/311.,pdf.

Qaisrani, R., Jian-qiao, L., Azam Khan, M., Rashid, I., 2010. Soil Adhesion Preventing Mechanism of Bionic Bulldozing Plates and Mouldboard Ploughs. Advances in Natural Science, Vol. 3, No. 2, pp. 100-107, Canada.

Rashidi, M., Najjarzadeh, I., Namin, S.T., Naserzaeim, F., Mirzaki, S.H., Beni, M.S., 2013. Prediction of Moldboard Plow Draft force Based on Soil Moisture Content, Tillage Depth and Operation Speed. American-

Eurasian J. Of Agricultural and Environmental Science, 13(8):1057-1062.

Saçak, M., 2002. "Polimer Kimyası". Gazi Kitabevi, s:85-89, 221-224, 275-297, 393-397, Ankara.

Salokhe V.M., Cheunpakaranant W., Niyampa T., 1999. Effects Of Enamel Coating on the Performance of Tractor Drawn Rotavator. Journal of Terramechanic, 36, 127-138.

Salokhe V.M., Gee-Clough D., Mufti A.I., 1989. Performance Evaluation of an Enamel Coated Plough. In Agricultural Engineering Volume 3, Agricultural Mechanisation (eds. Dodd VA and Grace PM), pp. 1633-1636. AA Balkema Publishers Brookfield, USA.

Sharma V.K., Drew L.O., Nelson L., 1977. High Frequency Vibrational Effects on Soil-Metal Friction. Transactions of the ASAE, 20, 46-51.

Shelton, D.P., Jasa, P.S., 2009. Estimating Percent Residue Cover Using The Line Transect Method. Agricultural Publication, G1931-Rewieved February, 2009. Published by University of Nebraska-Lincoln Extension. http://www.ianrpubs.unl.edu/live/g1931/build/g1931.pdf (Erişim Tarihi: Ocak, 2014).

Suleimenov, M., Pala, M., Karajeh, F., 2003. Icarda's Network on Conservation Agriculture in Central Asia. Conservation Agriculture, Springer Netherlands, pp. 165-168.

Şahin, Y., 2000. "Kompozit Malzemelere Giriş". Gazi Kitabevi, 1-16, 37- 41, 65-68, 79-88, Ankara.

Tabachnick, B. G., Fidell, L. S. 2007. Using multivariate statistics. Allyn & Bacon. Pearson Education.

Taylor, H.M., Gardner, H.R., 1963. Penetration of Cotton Seedlings Taproots as Influenced By Bulk Density, Moisture Content and Strength of Soil. Soil Science, 96 (3): 153-156.

Tekin, M., Avcı, M., Çat, A., Akar, T., 2017. Dünyada ve Türkiye'de Toprak İşlemesiz Tarımın Durumu ve Benimsenmesi, Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 6 (1): 22-34.

Tessier, S., Hyde, G.M., Papendick, R.İ., Saxton, K.E., 1991. No-Till Seeders Effectson Seed Zone Properties And Wheat Emergence. Transactions of The ASAE, 34(3):733-739.

Tong J., Ren L., Yan J., Ma Y., Chen B., 1999. Adhesion and Abrasion of Several Materials Against Soil. International Agricultural Engineering Journal, 8, 1-22.

Turgut, M.M., 2014. Doğrudan Ekim Makinalarında Diskli Ayak Tipleri İçin Anlık Bası Yüklerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

TS, 1997. TS ISO 11465. Toprak Kalitesi - Kütle Esasına Göre Kuru Madde ve Su Muhtevasının Tayini, Gravimetrik Metot.

Wang X.L., Ito N., Kito K., Garcia P.P., 1998. Study on Use of Vibration to Reduce Adhesion. Journal of Terramechanics, 35, 87-101.

Wollenhaupt, N., 1993. Estimating Residue: Line Transect Method. G1570-Reviewed October, University of Missouri Extension.

Zhang J.G., 1985. Studies on The Adhesion and Friction of Soil to Solid Materials. PhD Thesis, Jiangsu Technical College, China.

Zhang J., Sang Z., Gao L., 1986. Adhesion and Friction Between Soils and Solids. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 17, 32-40.

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Kerkük'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kerkük'te Elmasir Elvahit., lise öğrenimini Temim lisesinde tamamladı. 1997 yılında başladığı Musul Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü'nden 2001 yılında mezun oldu ve 2003 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve 2007 yılında tamamladı. 2013 yılında Adana, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde doktora çalışmasına devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

# EKLER

**EK 1.** Farklı disk ayak yön açısı ve bası yüklerinde ortalama çeki kuvveti değerleri (N) ve st. sapmalar

| Ayak çeşidi | Açı (º) | Bası yükü (kg) | Ortalama Çeki. Kuv. (N) | St.Sapma |
|---|---|---|---|---|
| ODD | 0 | 0 | 41,1791 | 2,79260 |
| | | 30 | 56,6397 | 27,05544 |
| | | 60 | 76,2466 | 14,82204 |
| | | 90 | 48,9225 | 4,43001 |
| | 5 | 0 | 55,2859 | 8,30973 |
| | | 30 | 69,2553 | 22,24674 |
| | | 60 | 80,8704 | 3,66955 |
| | | 90 | 67,8100 | 14,55778 |
| | 10 | 0 | 90,5201 | 22,05474 |
| | | 30 | 73,3494 | 1,26302 |
| | | 60 | 91,4128 | 16,83715 |
| | | 90 | 75,5959 | 37,56953 |
| | 15 | 0 | 80,3635 | 6,66168 |
| | | 30 | 142,9546 | 4,76961 |
| | | 60 | 151,8392 | 12,64077 |
| | | 90 | 100,5207 | 6,46650 |
| TKDD | 0 | 0 | 37,1636 | 11,03004 |
| | | 30 | 56,7083 | 4,25942 |
| | | 60 | 36,0812 | 4,80248 |
| | | 90 | 55,6227 | 14,93085 |
| | 5 | 0 | 46,0678 | 12,13856 |
| | | 30 | 54,7169 | 10,83853 |
| | | 60 | 65,7826 | 18,73825 |
| | | 90 | 56,4533 | 6,84249 |
| | 10 | 0 | 69,8668 | 18,94942 |
| | | 30 | 74,0328 | 13,74062 |
| | | 60 | 63,9677 | 6,83357 |
| | | 90 | 139,0306 | 33,01400 |
| | 15 | 0 | 118,6421 | 52,09476 |
| | | 30 | 149,0760 | 8,50975 |
| | | 60 | 164,6347 | 58,54478 |
| | | 90 | 119,6199 | 12,58072 |
| ODOD | 0 | 0 | 96,1740 | 21,64382 |
| | | 30 | 82,8585 | 21,35673 |
| | | 60 | 74,3565 | 38,73979 |
| | | 90 | 91,7889 | 37,44897 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 5 | 0 | 92,2761 | 46,65909 |
| | | 30 | 100,9940 | 38,43943 |
| | | 60 | 139,6192 | 39,51556 |
| | | 90 | 104,4602 | 33,37360 |
| | 10 | 0 | 139,4557 | 44,51685 |
| | | 30 | 100,7912 | 20,26309 |
| | | 60 | 124,9859 | 39,01542 |
| | | 90 | 137,8305 | 36,42696 |
| | 15 | 0 | 204,2050 | 54,30093 |
| | | 30 | 217,3569 | 32,49038 |
| | | 60 | 197,5472 | 58,92592 |
| | | 90 | 232,7455 | 58,40484 |
| TKDOD | 0 | 0 | 83,8788 | 19,43762 |
| | | 30 | 56,7999 | 14,25811 |
| | | 60 | 115,5585 | 35,46189 |
| | | 90 | 102,0207 | 14,40496 |
| | 5 | 0 | 110,4279 | 11,38249 |
| | | 30 | 139,8448 | 32,46745 |
| | | 60 | 102,9265 | 17,75800 |
| | | 90 | 140,4669 | 61,33350 |
| | 10 | 0 | 95,1734 | 21,31566 |
| | | 30 | 87,6589 | 18,74771 |
| | | 60 | 143,8146 | 17,07917 |
| | | 90 | 177,0051 | 34,84967 |
| | 15 | 0 | 92,7830 | 16,35571 |
| | | 30 | 126,2285 | 37,94959 |
| | | 60 | 102,3739 | 23,74774 |
| | | 90 | 85,3110 | 14,46323 |
| OIOD | 0 | 0 | 105,9415 | 53,69674 |
| | | 30 | 94,1858 | 6,15142 |
| | | 60 | 153,0752 | 60,84180 |
| | | 90 | 114,3421 | 17,11222 |
| | 5 | 0 | 121,1470 | 30,71234 |
| | | 30 | 173,6207 | 57,70216 |
| | | 60 | 188,2506 | 33,11396 |
| | | 90 | 173,5193 | 42,52160 |
| | 10 | 0 | 139,3314 | 28,68184 |
| | | 30 | 215,5976 | 32,83107 |
| | | 60 | 191,1053 | 14,27219 |
| | | 90 | 145,9859 | 44,70137 |
| | 15 | 0 | 134,9889 | 34,43595 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 30 | 156,5741 | 57,03927 |
| | | 60 | 203,5804 | 84,61030 |
| | | 90 | 128,8772 | 13,73337 |
| TKIOD | 0 | 0 | 80,8802 | 11,30515 |
| | | 30 | 91,5437 | 13,72262 |
| | | 60 | 103,4661 | 22,19444 |
| | | 90 | 77,0870 | 27,62431 |
| | 5 | 0 | 121,8991 | 4,64231 |
| | | 30 | 104,0383 | 4,14605 |
| | | 60 | 103,9958 | 41,89554 |
| | | 90 | 123,9984 | 8,11465 |
| | 10 | 0 | 152,4605 | 85,35520 |
| | | 30 | 186,0794 | 6,40218 |
| | | 60 | 131,4638 | 17,74074 |
| | | 90 | 148,8668 | 20,36007 |
| | 15 | 0 | 122,7198 | 26,34575 |
| | | 30 | 80,2164 | 28,76165 |
| | | 60 | 167,7216 | 52,91283 |
| | | 90 | 217,0005 | 90,29751 |
| %12.5GKDD | 0 | 0 | 30,2377 | 7,89998 |
| | | 30 | 35,9013 | 8,70330 |
| | | 60 | 47,8041 | 10,42657 |
| | | 90 | 42,9711 | 9,46250 |
| | 5 | 0 | 66,3352 | 28,22154 |
| | | 30 | 74,7849 | 16,66699 |
| | | 60 | 77,4173 | 9,11086 |
| | | 90 | 87,3581 | 11,10531 |
| | 10 | 0 | 84,3922 | 10,49232 |
| | | 30 | 69,1474 | 11,62045 |
| | | 60 | 103,6165 | 17,43647 |
| | | 90 | 87,3254 | 13,74681 |
| | 15 | 0 | 96,2917 | 15,04429 |
| | | 30 | 100,4217 | 8,49863 |
| | | 60 | 91,5535 | 16,55868 |
| | | 90 | 113,8810 | 21,08547 |
| %25GKDD | 0 | 0 | 44,0534 | 13,50764 |
| | | 30 | 44,9985 | 7,81728 |
| | | 60 | 36,6567 | 12,95230 |
| | | 90 | 54,8968 | 20,34512 |
| | 5 | 0 | 61,8161 | 6,84905 |
| | | 30 | 81,3641 | 13,60259 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 60 | 62,7284 | 21,05956 |
| | | 90 | 90,2585 | 6,33814 |
| | 10 | 0 | 77,6233 | 11,84348 |
| | | 30 | 56,0184 | 8,36110 |
| | | 60 | 78,6697 | 5,90634 |
| | | 90 | 66,0605 | 10,80011 |
| | 15 | 0 | 75,4029 | 19,37742 |
| | | 30 | 64,9847 | 6,74867 |
| | | 60 | 82,0116 | 16,40226 |
| | | 90 | 99,9803 | 32,32614 |

**EK 2.** Kaplamalı ve kaplamasız diskli ayakların karşılaştırılması

| AYAK 1 | AYAK 2 | Ortalama Fark | Standart Hata | p | 95% Güven Aralığı | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Alt Sınır | Üst Sınır |
| ODD | TKDD | 11,3312 | 6,10215 | ,582 | -7,3181 | 29,9805 |
| | ODOD | -40,5425* | 6,10215 | ,000 | -59,1918 | -21,8932 |
| | TKDOD | -17,8763 | 6,10215 | ,071 | -36,5256 | ,7730 |
| | OİOD | -59,4598* | 6,10215 | ,000 | -78,1091 | -40,8105 |
| | TKİOD | -32,7920* | 6,10215 | ,000 | -51,4413 | -14,1427 |
| | %12.5GKDD | 17,4579 | 6,10215 | ,085 | -1,1914 | 36,1072 |
| | %25GKDD | 25,7026* | 6,10215 | ,001 | 7,0533 | 44,3519 |
| TKDD | ODD | -11,3312 | 6,10215 | ,582 | -29,9805 | 7,3181 |
| | ODOD | -51,8736* | 6,10215 | ,000 | -70,5229 | -33,2243 |
| | TKDOD | -29,2074* | 6,10215 | ,000 | -47,8567 | -10,5581 |
| | OİOD | -70,7910* | 6,10215 | ,000 | -89,4403 | -52,1417 |
| | TKİOD | -44,1231* | 6,10215 | ,000 | -62,7724 | -25,4738 |
| | %12.5GKDD | 6,1268 | 6,10215 | ,974 | -12,5225 | 24,7760 |
| | %25GKDD | 14,3714 | 6,10215 | ,268 | -4,2778 | 33,0207 |
| ODOD | ODD | 40,5425* | 6,10215 | ,000 | 21,8932 | 59,1918 |
| | TKDD | 51,8736* | 6,10215 | ,000 | 33,2243 | 70,5229 |
| | TKDOD | 22,6662* | 6,10215 | ,006 | 4,0169 | 41,3155 |
| | OİOD | -18,9174* | 6,10215 | ,044 | -37,5667 | -,2681 |
| | TKİOD | 7,7505 | 6,10215 | ,909 | -10,8988 | 26,3998 |
| | %12.5GKDD | 58,0004* | 6,10215 | ,000 | 39,3511 | 76,6497 |
| | %25GKDD | 66,2451* | 6,10215 | ,000 | 47,5958 | 84,8944 |
| TKDOD | ODD | 17,8763 | 6,10215 | ,071 | -,7730 | 36,5256 |
| | TKDD | 29,2074* | 6,10215 | ,000 | 10,5581 | 47,8567 |
| | ODOD | -22,6662* | 6,10215 | ,006 | -41,3155 | -4,0169 |
| | OİOD | -41,5836* | 6,10215 | ,000 | -60,2329 | -22,9343 |
| | TKİOD | -14,9157 | 6,10215 | ,225 | -33,5650 | 3,7336 |
| | %12.5GKDD | 35,3342* | 6,10215 | ,000 | 16,6849 | 53,9835 |
| | %25GKDD | 43,5789* | 6,10215 | ,000 | 24,9296 | 62,2282 |
| OİOD | ODD | 59,4598* | 6,10215 | ,000 | 40,8105 | 78,1091 |
| | TKDD | 70,7910* | 6,10215 | ,000 | 52,1417 | 89,4403 |
| | ODOD | 18,9174* | 6,10215 | ,044 | ,2681 | 37,5667 |
| | TKDOD | 41,5836* | 6,10215 | ,000 | 22,9343 | 60,2329 |
| | TKİOD | 26,6679* | 6,10215 | ,000 | 8,0186 | 45,3172 |
| | %12.5GKDD | 76,9178* | 6,10215 | ,000 | 58,2685 | 95,5671 |
| | %25GKDD | 85,1624* | 6,10215 | ,000 | 66,5132 | 103,8117 |
| TKİOD | ODD | 32,7920* | 6,10215 | ,000 | 14,1427 | 51,4413 |
| | TKDD | 44,1231* | 6,10215 | ,000 | 25,4738 | 62,7724 |
| | ODOD | -7,7505 | 6,10215 | ,909 | -26,3998 | 10,8988 |
| | TKDOD | 14,9157 | 6,10215 | ,225 | -3,7336 | 33,5650 |
| | OİOD | -26,6679* | 6,10215 | ,000 | -45,3172 | -8,0186 |
| | %12.5GKDD | 50,2499* | 6,10215 | ,000 | 31,6006 | 68,8992 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %25GKDD | 58,4946* | 6,10215 | ,000 | 39,8453 | 77,1439 |
| %12.5GKDD | ODD | -17,4579 | 6,10215 | ,085 | -36,1072 | 1,1914 |
| | TKDD | -6,1268 | 6,10215 | ,974 | -24,7760 | 12,5225 |
| | ODOD | -58,0004* | 6,10215 | ,000 | -76,6497 | -39,3511 |
| | TKDOD | -35,3342* | 6,10215 | ,000 | -53,9835 | -16,6849 |
| | OİOD | -76,9178* | 6,10215 | ,000 | -95,5671 | -58,2685 |
| | TKİOD | -50,2499* | 6,10215 | ,000 | -68,8992 | -31,6006 |
| | %12.5GKDD | 8,2447 | 6,10215 | ,878 | -10,4046 | 26,8940 |
| %25GKDD | ODD | -25,7026* | 6,10215 | ,001 | -44,3519 | -7,0533 |
| | TKDD | -14,3714 | 6,10215 | ,268 | -33,0207 | 4,2778 |
| | ODOD | -66,2451* | 6,10215 | ,000 | -84,8944 | -47,5958 |
| | TKDOD | -43,5789* | 6,10215 | ,000 | -62,2282 | -24,9296 |
| | OİOD | -85,1624* | 6,10215 | ,000 | -103,8117 | -66,5132 |
| | TKİOD | -58,4946* | 6,10215 | ,000 | -77,1439 | -39,8453 |
| | %12.5GKDD | -8,2447 | 6,10215 | ,878 | -26,8940 | 10,4046 |

**Ek 3.** Disk yön açılarının karşılartırılması

| Yanıt Değişken: Çeki Kuvveti | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tukey HSD | | | | | | |
| Açı 1 (º) | Açı 2 (º) | Ortalama Fark | Standart Hata | p | 95% Güven Aralığı | |
| | | | | | Alt Sınır | Üst Sınır |
| 0 | 5 | -27,5707* | 4,31487 | ,000 | -38,7289 | -16,4125 |
| | 10 | -42,1311* | 4,31487 | ,000 | -53,2893 | -30,9729 |
| | 15 | -66,8240* | 4,31487 | ,000 | -77,9822 | -55,6658 |
| 5 | 5 | 27,5707* | 4,31487 | ,000 | 16,4125 | 38,7289 |
| | 10 | -14,5604* | 4,31487 | ,005 | -25,7186 | -3,4022 |
| | 15 | -39,2533* | 4,31487 | ,000 | -50,4115 | -28,0951 |
| 10 | 5 | 42,1311* | 4,31487 | ,000 | 30,9729 | 53,2893 |
| | 10 | 14,5604* | 4,31487 | ,005 | 3,4022 | 25,7186 |
| | 15 | -24,6929* | 4,31487 | ,000 | -35,8511 | -13,5347 |
| 15 | 5 | 66,8240* | 4,31487 | ,000 | 55,6658 | 77,9822 |
| | 10 | 39,2533* | 4,31487 | ,000 | 28,0951 | 50,4115 |
| | 15 | 24,6929* | 4,31487 | ,000 | 13,5347 | 35,8511 |

**EK 4.** miktarlarının karşılaştırılması

| Yanıt Değişken: Çeki Kuvveti | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tukey HSD | | | | | | |
| Bası Yükü 1 | Bası Yükü 2 | Ortalama Fark | Standart Hata | p | 95% Güven Aralığı | |
| | | | | | Alt Sınır | Üst Sınır |
| 0 KG | 30 KG | -7,8050 | 4,31487 | ,272 | -18,9632 | 3,3532 |
| | 60 KG | -18,4032* | 4,32621 | ,000 | -29,5907 | -7,2157 |
| | 90 KG | -22,9028* | 4,30374 | ,000 | -34,0322 | -11,7734 |
| 30 KG | 0 KG | 7,8050 | 4,31487 | ,272 | -3,3532 | 18,9632 |
| | 60 KG | -10,5982 | 4,32621 | ,071 | -21,7858 | ,5893 |
| | 90 KG | -15,0979* | 4,30374 | ,003 | -26,2273 | -3,9685 |
| 60 KG | 0 KG | 18,4032* | 4,32621 | ,000 | 7,2157 | 29,5907 |
| | 30 KG | 10,5982 | 4,32621 | ,071 | -,5893 | 21,7858 |
| | 90 KG | -4,4996 | 4,31511 | ,724 | -15,6584 | 6,6592 |
| 90 KG | 0 KG | 22,9028* | 4,30374 | ,000 | 11,7734 | 34,0322 |
| | 30 KG | 15,0979* | 4,30374 | ,003 | 3,9685 | 26,2273 |
| | 60 KG | 4,4996 | 4,31511 | ,724 | -6,6592 | 15,6584 |

**EK 5.** Disk ayak X yön açısı etkileşimunun horizantal çeki kuvvetine etkisi.

| Yanıt Değişken: Çeki Kuvveti | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ayak Çeşidi | Açı (º) | Kaynak | Kareler Toplamı | Sd | Kareler Ort. | F | p |
| ODD | 0 | Grup | 2039,44 | 3 | 679,81 | 194,78 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 985,55 | 3 | 328,52 | 94,13 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 824,94 | 3 | 274,98 | 78,79 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 67767,34 | 3 | 22589,11 | 6472,52 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| TKDD | 0 | Grup | 1149,35 | 3 | 383,12 | 109,77 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 587,91 | 3 | 195,97 | 56,15 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 11097,18 | 3 | 3699,06 | 1059,90 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 4633,96 | 3 | 1544,65 | 442,59 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| ODOD | 0 | Grup | 846,30 | 3 | 282,10 | 80,83 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 3904,39 | 3 | 1301,46 | 372,91 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 2871,88 | 3 | 957,29 | 274,29 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 2175,03 | 3 | 725,01 | 207,73 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| TKDOD | 0 | Grup | 5810,06 | 3 | 1936,69 | 554,92 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 3200,91 | 3 | 1066,97 | 305,72 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 16017,54 | 3 | 5339,18 | 1529,85 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 2850,61 | 3 | 950,20 | 272,26 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| OİOD | 0 | Grup | 5853,66 | 3 | 1951,22 | 559,09 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 7822,74 | 3 | 2607,58 | 747,16 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 12017,10 | 3 | 4005,70 | 1147,76 | **,000** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 10324,02 | 3 | 3441,34 | 986,05 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | 194,79 | |
| TKİOD | 0 | Grup | 1263,87 | 3 | 421,29 | 120,71 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 1081,79 | 3 | 360,60 | 103,32 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 4690,84 | 3 | 1563,61 | 448,02 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 31137,00 | 3 | 10379,00 | 2973,92 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| %12.5 GKDD | 0 | Grup | 538,34 | 3 | 179,45 | 51,49 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 675,00 | 3 | 225,00 | 64,47 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 1795,86 | 3 | 598,62 | 171,52 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 830,42 | 3 | 276,81 | 79,31 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| %25GKDD | 0 | Grup | 505,05 | 3 | 168,35 | 48,24 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 5 | Grup | 1782,20 | 3 | 594,07 | 170,22 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 10 | Grup | 1030,88 | 3 | 343,63 | 98,46 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 15 | Grup | 1945,32 | 3 | 648,44 | 185,799 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |

**EK 6.** Disk ayak X bası yükü etkileşimunun horizantal çeki kuvvetine etkisi.

| Ayak Çeşidi | (kg) | Kay. | Kare. Top. | Sd | Kare.Ort. | F | p |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ODD | 0 | Grup | 4606,82 | 3 | 1535,61 | 440,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 13636,37 | 3 | 4545,46 | 1302,4 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 11073,50 | 3 | 3691,17 | 1057,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 112429,07 | 3 | 37476,36 | 10738,2 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| TKDD | 0 | Grup | 11999,97 | 3 | 3999,99 | 1146,1 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 17808,11 | 3 | 5936,04 | 1700,8 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 28571,05 | 3 | 9523,68 | 2728,8 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 16679,26 | 3 | 5559,75 | 1593,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| ODOD | 0 | Grup | 24379,20 | 3 | 8126,40 | 2328,4 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 34401,13 | 3 | 11467,0 | 3285,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 23125,05 | 3 | 7708,35 | 2208,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 36546,53 | 3 | 12182,1 | 3490,5 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| TKDOD | 0 | Grup | 1096,13 | 3 | 365,38 | 104,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 12799,11 | 3 | 4266,37 | 1222,4 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 3199,66 | 3 | 1066,55 | 305,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 15311,64 | 3 | 5103,88 | 1462,4 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| OİOD | 0 | Grup | 2048,19 | 3 | 682,73 | 195,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 22859,63 | 3 | 7619,88 | 2183,3 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 4224,86 | 3 | 1408,29 | 403,5 | **,000** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 5818,72 | 3 | 1939,57 | 555,7 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| TKİOD | 0 | Grup | 7782,04 | 3 | 2594,01 | 743,2 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 20794,99 | 3 | 6931,66 | 1986,1 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 8282,27 | 3 | 2760,76 | 791,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 30629,16 | 3 | 10209,7 | 2925,4 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| %12.5 GKDD | 0 | Grup | 7472,93 | 3 | 2490,98 | 713,7 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 6335,41 | 3 | 2111,80 | 605,1 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 5203,29 | 3 | 1734,43 | 496,9 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 7780,78 | 3 | 2593,59 | 743,1 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| %25GKDD | 0 | Grup | 2148,47 | 3 | 716,16 | 205,2 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 2125,86 | 3 | 708,62 | 203,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 3854,26 | 3 | 1284,75 | 368,1 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 3928,65 | 3 | 1309,55 | 375,2 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |

**EK 7.** Disk yön açısı ve bası yükü etkileşimunun horizantal çeki kuvvetine etkisi.

| Yanıt Değişken: Çeki Kuvveti | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Açı (°) | Bası Yükü (kg) | Kaynak | Kare.Top. | Sd | Kare.Ort. | F | p |
| 0 | 0 | Grup | 18738,13 | 7 | 2676,88 | 767,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 9983,92 | 7 | 1426,27 | 408,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 36131,27 | 7 | 5161,61 | 1478,9 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 15091,75 | 7 | 2155,96 | 617,7 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| 5 | 0 | Grup | 19948,11 | 7 | 2849,73 | 816,5 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 33010,71 | 7 | 4715,82 | 1351,2 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 38280,03 | 7 | 5468,58 | 1566,9 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 32911,40 | 7 | 4701,63 | 1347,1 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| 10 | 0 | Grup | 21970,03 | 7 | 3138,58 | 899,3 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 74115,56 | 7 | 10587,94 | 3033,7 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 34778,96 | 7 | 4968,42 | 1423,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 34043,71 | 7 | 4863,39 | 1393,5 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| 15 | 0 | Grup | 36112,50 | 7 | 5158,93 | 1478,2 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 30 | Grup | 49389,04 | 7 | 7055,58 | 2021,6 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 60 | Grup | 47346,91 | 7 | 6763,84 | 1938,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |
| | 90 | Grup | 115360,43 | 7 | 16480,06 | 4722,0 | **,000** |
| | | Hata | 893,65 | 256 | 3,49 | | |

**EK 8.** Farklı kaplama türlerinin, disk yön açı derecesi ve bası yükü miktarlarının olası tüm kombinasyonlarında Anlamlı bulunan ikili karşılaştırmalar ve anlamlılık değerleri

| Açı (°) | (kg) | Ayak 1 | Ayak 2 | p |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 60 | Düz Titanyum | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,036 |
| 0 | 60 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 0 | 60 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,040 |
| 0 | 60 | Dıştan Ondüleli Titanyum | Düz Titanyum Kaplama | 0,036 |
| 0 | 60 | Dıştan Ondüleli Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,039 |
| 0 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,001 |
| 0 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| | | | | |
| 5 | 30 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,001 |
| 5 | 30 | Düz Titanyum | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,016 |
| 5 | 30 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 5 | 30 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz Kaplamasız | 0,001 |
| 5 | 30 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,002 |
| 5 | 30 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,005 |
| | | | | |
| 5 | 60 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 5 | 60 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 5 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Titanyum | 0,018 |
| 5 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 5 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| | | | | |
| 5 | 90 | Düz Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,046 |
| 5 | 90 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,001 |
| 5 | 90 | Düz Titanyum | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,008 |
| 5 | 90 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 5 | 90 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,014 |
| 5 | 90 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,021 |
| | | | | |
| 10 | 0 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Titanyum | 0,023 |
| 10 | 30 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 10 | 30 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 10 | 30 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 10 | 30 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 10 | 30 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 10 | 30 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Titanyum | 0,016 |
| 10 | 30 | Dıştan Ondüleli Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 30 | Dıştan Ondüleli Titanyum | İçten Ondüleli Titanyum | 0,002 |
| 10 | 30 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 10 | 30 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 10 | 30 | İçten Ondüleli Titanyum | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 10 | 30 | İçten Ondüleli Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 10 | 60 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,002 |
| 10 | 60 | Düz Titanyum | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,034 |
| 10 | 60 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 10 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,011 |
| 10 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| | | | | |
| 10 | 90 | Düz Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,001 |
| 10 | 90 | Dıştan Ondüleli Titanyum | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,008 |
| 10 | 90 | Dıştan Ondüleli Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 10 | 90 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,034 |
| 10 | 90 | İçten Ondüleli Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,022 |
| | | | | |
| 15 | 0 | Düz Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 15 | 0 | Düz Titanyum | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | 0,015 |
| 15 | 0 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 15 | 0 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Titanyum | 0,027 |
| 15 | 0 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 0 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| | | | | |
| 15 | 30 | Düz Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,044 |
| 15 | 30 | Düz Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,019 |
| 15 | 30 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,007 |
| 15 | 30 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 15 | 30 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 30 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 30 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,006 |
| | | | | |
| 15 | 60 | Düz Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,023 |
| 15 | 60 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,003 |
| 15 | 60 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,001 |
| 15 | 60 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 60 | Dıştan Ondüleli Titanyum | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,001 |
| 15 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,001 |
| 15 | 60 | İçten Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 60 | İçten Ondüleli Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,015 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 15 | 90 | Düz Kaplamasız | Düz Titanyum | 0,000 |
| 15 | 90 | Düz Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 15 | 90 | Düz Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 15 | 90 | Düz Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 90 | Düz Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 90 | Düz Titanyum | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | 0,000 |
| 15 | 90 | Düz Titanyum | İçten Ondüleli Titanyum | 0,002 |
| 15 | 90 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Dıştan Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 15 | 90 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Kaplamasız | 0,001 |
| 15 | 90 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 90 | Dıştan Ondüleli Kaplamasız | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |
| 15 | 90 | Dıştan Ondüleli Titanyum | İçten Ondüleli Titanyum | 0,000 |
| 15 | 90 | İçten Ondüleli Kaplamasız | İçten Ondüleli Titanyum | 0,010 |
| 15 | 90 | İçten Ondüleli Titanyum | Düz - %12.5 Grafit Kaplama | 0,001 |
| 15 | 90 | İçten Ondüleli Titanyum | Düz - %25 Grafit Kaplama | 0,000 |