



**DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA
TEK DİSKLİ TİP GÖMÜCÜ AYAK
AÇILARININ FARKLI ANIZ KOŞULLARINDAKİ
PERFORMANSI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Mehmet Zahid MALASLI

**Doktora Tezi
Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Prof. Dr. Ahmet ÇELİK**

2017

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA TEK DİSKLİ TİP
GÖMÜCÜ AYAK AÇILARININ FARKLI ANIZ
KOŞULLARINDAKİ PERFORMANSI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Mehmet Zahid MALASLI

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA TEK DİSKLİ TİP GÖMÜCÜ AYAK
AÇILARININ FARKLI ANIZ KOŞULLARINDAKİ PERFORMANSI ÜZERİNE
BİR ARAŞTIRMA**

Prof. Dr. Ahmet ÇELİK danışmanlığında, Mehmet Zahid MALASLI tarafından hazırlanan bu çalışma 23/03/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yücel ERKMEN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Ahmet ÇELİK

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

İmza :

Üye : Prof. Dr. A. Kamil BAYHAN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Davut KARAYEL

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **13.04.2017** tarih ve **15./...35** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. CAVİT KAZAZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma TÜBİTAK 1001 projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 114O163

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

ÖZET

Doktora Tezi

DOĞRUDAN EKİM MAKİNALARINDA TEK DİSKLİ TİP GÖMÜCÜ AYAK AÇILARININ FARKLI ANIZ KOŞULLARINDAKİ PERFORMANSI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Mehmet Zahid MALASLI

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÇELİK

Bu araştırmada, doğrudan hububat ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan, tek diskli tip bir gömücü ayağın, farklı disk açıları, düşey ağırlıklar ve anız koşullarında kullanılarak; diske etki eden kuvvetlere, anız dağılımına, çizi özelliklerine ve bazı toprak fiziksel özelliklerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kontrollü toprak kanalı koşullarında yürütülen araştırmada, faktör olarak; beş disk yön açısı (0, 5, 10, 15 ve 20°), beş disk durum açısı (0, 2,5, 5, 7,5 ve 10°), üç düşey disk ağırlığı 50 kg (491 N), 100 kg (981 N) ve 150 kg (1472 N) ve buğday, mısır anızı ile anızsız toprak koşulları dikkate alınmıştır. Araştırma, şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre, yön açısının artması, diske etki eden düşey ve yatay kuvvetlerin artmasına yol açmış ve 0° yön açısında minimum, 20° yön açısında ise maksimum değerler elde edilmiştir. Yön açısına göre diske etki eden düşey kuvvetler 321,5 N ile 373,4 N arasında ve yatay kuvvetler ise, 92,2 N ile 131,3 N arasında değişmiştir. Disk durum açısı büyüdükçe azalan yatay kuvvetler 122,7 N ile 103,7 N arasında değişirken, düşey kuvvetler 335,1 N ile 360,6 N arasında değişmiştir. 7,5 ve 10° disk durum açısının genel olarak daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. 0° disk yön açısında; gömücü ayağa etki eden kuvvetler, çizi profili, anız dağılım mesafesi, sürüklenen anız ve kesilen anız miktarı değerlerinde daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca, diğer yön açılarına göre 0° disk yön açısında %63 ile daha yüksek anız kaplama oranı elde edilmiştir. Buna karşın, 0° yön açısında anızın gömülme miktarı ve derinliği daha fazla olurken, tohumun üzerinin kapatılması için gerekli toprak kabarma miktarı yeterli olmamıştır. Disk üzerine uygulanan düşey ağırlığın artması; diske gelen kuvvetleri, çizi genişliğini, çizi kesit alanını, toprak kabarma alanını, anız dağılım mesafesini, sürüklenen ve gömülen anız miktarını ve anız gömülme derinliğini arttırmıştır. Tek diskli tip gömücü ayak için 50 kg düşey ağırlık uygulamasının mevcut koşullara göre yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada, anız kaplama oranı mısır anızında %46 ve buğday anızında %70 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, tek diskli tip gömücü ayağın buğday anızını kesme başarısı mısır anızına göre daha iyi bulunmuştur.

2017, 120 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğrudan ekim, tek diskli tip gömücü ayak, yön açısı, durum açısı, düşey ağırlık, anız, toprak kanalı

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

A RESEARCH ON THE PERFORMANCE OF A SINGLE DISK TYPE FURROW OPENER USED IN NO-TILL SEEDERS WITH VARIOUS ANGLES ON DIFFERENT RESIDUE CONDITIONS

Mehmet Zahid MALASLI

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet CELIK

In this study, it is aimed to determine the effects of a single disk type furrow opener which is widely used in cereal no-till seeders with different disk angles, vertical weights and residue conditions on the acting forces, residue distribution, furrow properties and some soil physical properties. In the study, which was conducted in the soil bin conditions, five tilt angles (0, 2,5, 5, 7,5 and 10°), five disc angles (0, 5, 10, 15 and 20°), three vertical disk loads 50 kg (491 N), 100 kg (981 N) and 150 kg (1472 N) and wheat, corn residue conditions along with no-residue soil conditions was considered as factors. The experiment was designed as a randomized complete block with three replications.

According to the obtained results, increase of the disc angle increased the vertical and horizontal forces acting on the disc. Minimum force was determined at the 0° and maximum force at the 20° disc angles. According to the disc angle, the vertical forces acting on the disc varied between 321,5 N and 373,4 N and the horizontal forces between 92,2 N and 131,3 N. As the tilt angle increased, the horizontal forces decreased from 122,7 N to 103,7 N, while the vertical forces varied from 335,1 N to 360,6 N. It has been found that 7,5 and 10° tilt angles generally give better results. At 0° disc angle better results were obtained for the forces acting on disc type furrow opener, furrow profile, residue distribution distance and the amount of dragging and cutting residue. In addition, compared to the other angles, a higher residue covering ratio of 63% was achieved at 0° disc angle. On the contrary, while the amount of residue buried and residue burial depth was higher in the 0° disc angle, the amount of loosened soil to cover seed was not sufficient. Increasing of the vertical load applied on the disk increased the forces acting on the disc, furrow width, cross-section area of furrow, soil disturbance area, residue distribution distance, dragged and buried residue and depth of residue burial. It was concluded that in accordance with the existing conditions, 50 kg vertical load was sufficient for a single disc furrow opener. In the study, residue covering rate was found to be 46% for corn and 70% for wheat residue. In addition, the cutting performance of the single disc opener was found better for wheat residue than corn stalks.

2017, 120 pages

Keywords: Direct seeding, single disk type furrow opener, disc angle, tilt angle, vertical weight, residue, soil bin

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince ve bu araştırmanın planlanmasından, yürütülmesinden ve sonuçlarının değerlendirilmesine kadar her aşamada yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet ÇELİK'e,

Sağlanan tüm olanaklardan ve rahat çalışma ortamından dolayı Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümüne, değerli görüş ve katkılarından dolayı tez izleme komitesinde yer alan hocalarım Sayın Prof. Dr. Yücel ERKMEN'e ve Sayın Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT'a,

Toprak fiziksel özellikleri ile ilgili ölçümlerdeki yardımlarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasin DEMİR'e, Araştırmanın istatistiksel analizlerinin yapılmasında emeği geçen Sayın Yrd. Doç. Dr. Şenol ÇELİK'e,

Toprak kanalı arabasının imalatı için gerekli maddi desteği sağlayan TÜBİTAK TOVAG Yürütme Kurulu Sekreterliğine, toprak kanalı arabasının imalatı sırasındaki katkılarından dolayı Erzurum Sanayi Sitesinden Sayın Abdülkadir ÇEVEN'e (Mümin Makine), bölümümüz atölye çalışanı Sayın Veysel PİRİM'e, Denemelerin yürütülmesindeki yardımlarından dolayı yüksek lisans öğrencisi Sayın Yusuf AYDIN'a ve bölüm stajyer öğrencilerine,

Doktora eğitimim süresince gösterdiği sabır, anlayış ve fedakarlıktan dolayı kıymetli eşim Emine MALASLI'ya, manevi desteğini esirgemeyen aileme ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Mehmet Zahid MALASLI

Mart, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.1.1. Toprak kanalı ve arabası.....	24
3.1.2. Tek diskli tip gömücü ayak.....	26
3.1.3. Kanal toprağının hazırlığında kullanılan ekipmanlar.....	26
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi.....	29
3.2.2. Kanal toprağının hazırlanması.....	29
3.2.3. Toprak hacim ağırlığı, nem içeriği ve porozitenin belirlenmesi.....	32
3.2.4. Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi.....	33
3.2.5. Gömücü ayağın anız üzerindeki etkisinin belirlenmesi.....	34
3.2.5.a. Buğday ve mısır anızının serilmesi.....	34
3.2.5.b. Çizi bölgesi anız kaplama oranının belirlenmesi.....	35
3.2.5.c. Anızın çiziye gömülme ve kesilme miktarının belirlenmesi.....	35
3.2.5.d. Gömücü ayak tarafından sürüklenen anız miktarının belirlenmesi.....	36
3.2.6. Çizi özelliğinin belirlenmesi.....	36
3.2.6.a. Çizi profilinin belirlenmesi.....	36
3.2.6.b. Çizi derinliğinin belirlenmesi.....	37
3.2.6.c. Çizi kesit alanı ve toprak kabarmasının belirlenmesi.....	38
3.2.7. Disk üzerindeki düşey ağırlık etkisinin belirlenmesi.....	38
3.2.8. Tek diskli tip gömücü ayak yön ve durum açıları.....	39

3.2.9. Düşey (kesme), yatay (çeki) ve yan kuvvetlerin belirlenmesi	40
3.2.10. Makine ilerleme hızı kontrolü	42
3.2.11. Yük hücreleri ve hız sensöründen elde edilen verilerin bilgisayara aktarılması	42
3.2.12. İstatistiksel analiz	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	44
4.1. Toprak Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar	44
4.1.1. Toprak nem içeriği	44
4.1.2. Toprak hacim ağırlığı	45
4.1.3. Toprak penetrasyon direnci	47
4.2. Çeki, Düşey ve Yan Kuvvetler ile İlgili Sonuçlar.....	48
4.3. Gömücü Ayak Geçişinden Sonra Penetrasyon Direnci ile İlgili Sonuçlar.....	55
4.3.1. Çizi tabanı penetrasyon direnci	55
4.3.2. Çizi kenarı penetrasyon direnci	59
4.4. Çizi ile İlgili Sonuçlar	63
4.4.1. Çizi derinliği, çizi genişliği ve çizi kesit alanı	63
4.4.2. Toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği ve toprak kabarma alanı	72
4.4.3. Çizi profili şekline ilişkin sonuçlar	82
4.5. Anız ile İlgili Sonuçlar	86
4.5.1. Anız dağılım mesafesi, çizi bölgesi anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarı.....	86
4.5.2. Gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğine ilişkin sonuçlar	96
4.5.3. Kesilen anız miktarı ve anız boyu ortalaması	102
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	108
KAYNAKLAR	114
ÖZGEÇMİŞ	121

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

da	Dekar
F _x	Yan kuvvet
F _y	Düşey kuvvet
F _z	Çeki kuvveti
g	Gram
h	Saat
ha	Hektar
K	Toprak tane yoğunluğu
kN	Kilo newton
kg	Kilo gram
kW	Kilo watt
MPa	Mega paskal
kPa	Kilo paskal
N	Newton
λ	Hız aktarma oranı
P	Önem seviyesi
s	Saniye
t	Ton
W	Toprağın kuru ağırlık esasına göre nem içeriği
W _k	Örnek toprağının fırın kuru ağırlığı
W _y	Örnek toprağının yaş ağırlığı
°	Derece
°C	Celcius

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
HA	Hacim ağırlığı
k.a.	Kuru ağırlık
PO	Porozite
SD	Serbestlik derecesi
TDR	Time domain reflektometry



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Toprak kanalı ve kanal arabası	25
Şekil 3.2. Tek diskli tip gömücü ayak ünitesi	26
Şekil 3.3. Toprağın nemlendirilmesi için kullanılan pülverizatör ve su püskürtme işlemleri	27
Şekil 3.4. Toprak işlemede kullanılan motorlu freze	27
Şekil 3.5. Toprak hazırlığında kullanılan tesviye bıçağı ile halkalı ve düz tip merdaneler	28
Şekil 3.6. Toprak eleme ünitesiyle toprağın elenmesi	30
Şekil 3.7. TDR 300 toprak nemi ölçme cihazı	31
Şekil 3.8. Toprak kanalının parsellere ayrılması	32
Şekil 3.9. Toprak örneği alma seti	33
Şekil 3.10. Toprak penetrometresi	34
Şekil 3.11. Buğday ve mısır anızının deneme parsellerine yerleştirilmesi	35
Şekil 3.12. Çizi profilini belirlemek amacıyla kullanılan profilograf	37
Şekil 3.13. Çizi kesit alanı ve toprak kabarma alanının kesit görünüşü	38
Şekil 3.14. Gömücü ayak ünitesi üzerine konularak kullanılan düşey ağırlıklar	39
Şekil 3.15. Disk yön (a) ve durum açılarının (b) şematik olarak görünümü	39
Şekil 3.16. Tek diskli tip bir gömücü ayak üzerine etki eden kuvvetler	40
Şekil 3.17. Diske etki eden kuvvetlerin şematik olarak görünümü	41
Şekil 3.18. Düşey (y), yatay (z) ve yan (x) kuvvetlerin ölçümü için kullanılan S tipi yük hücreleri	41
Şekil 3.19. İlerleme hızının kaydedildiği hız sensörü	42
Şekil 3.20. Campbell CR1000 datalogger	43
Şekil 4.1. Kuru ağırlık esasına göre 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikteki ortalama toprak nem içeriği değerleri	45
Şekil 4.2. 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikteki toprak hacim ağırlığı değerleri	46
Şekil 4.3. Farklı ölçüm derinliklerinde penetrasyon direnci değerleri	48
Şekil 4.4. Düşey, yan ve çeki kuvvetlerin disk yön açısına bağlı olarak değişimi	50
Şekil 4.5. Düşey, yan ve çeki kuvvetlerinin disk durum açısına bağlı olarak değişimi	51

Şekil 4.6. Düşey, yan ve çeki kuvvetlerinin disk üzerine uygulanan düşey ağırlık artışına bağlı olarak değişimi	52
Şekil 4.7. Anız koşullarına göre diskli tip gömücü ayağa gelen kuvvetlerin değişimi...	53
Şekil 4.8. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa bağlı olarak düşey kuvvetin değişimi	54
Şekil 4.9. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi.....	54
Şekil 4.10. Çizi tabanındaki penetrasyon direncinin diskli tip gömücü ayağın farklı yön açılarına göre değişimi	56
Şekil 4.11. Farklı disk durum açılarında çizi tabanındaki penetrasyon direncinin değişimi	57
Şekil 4.12. Farklı düşey ağırlıkların çizi tabanındaki penetrasyon direncinin değişimine etkisi.....	58
Şekil 4.13. Farklı anız koşullarında çizi tabanındaki penetrasyon direncinin değişimi..	58
Şekil 4.14. Farklı disk yön açılarında çizi kenarındaki penetrasyon direncinin derinliğe göre değişimi.....	60
Şekil 4.15. Farklı disk durum açılarında çizi kenarı penetrasyon direncinin derinliğe göre değişimi	61
Şekil 4.16. Farklı düşey ağırlıkların çizi kenarındaki penetrasyon direncine etkisinin derinliğe göre değişimi.....	62
Şekil 4.17. Farklı anız koşullarında çizi kenarındaki penetrasyon direncinin derinliğe göre değişimi.....	62
Şekil 4.18. Farklı disk yön açılarına bağlı olarak çizi derinliği ve genişliğinin değişimi	65
Şekil 4.19. Farklı disk durum açılarının çizi derinliği ve çizi genişliğine etkisi	66
Şekil 4.20. Farklı düşey ağırlık uygulamalarının çizi derinliği ve çizi genişliğine etkisi	67
Şekil 4.21. Farklı anız koşullarının çizi derinliği ve çizi genişliğine etkisi.....	67
Şekil 4.22. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa bağlı olarak çizi derinliğinin değişimi	68
Şekil 4.23. Farklı disk yön açılarında çizi kesit alanının değişimi	69
Şekil 4.24. Farklı disk durum açılarında çizi kesit alanının değişimi.....	69
Şekil 4.25. Farklı düşey ağırlık uygulamalarında çizi kesit alanının değişimi	70
Şekil 4.26. Farklı anız koşullarında çizi kesit alanının değişimi	70
Şekil 4.27. Disk durum ve yön açılarına göre çizi kesit alanının değişimi.....	71

Şekil 4.28. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa göre çizi kesit alanının değişimi.....	72
Şekil 4.29. Farklı disk yön açılarında toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinin değişimi	74
Şekil 4.30. Farklı disk yön açılarında toprak kabarma alanının değişimi.....	75
Şekil 4.31. Farklı disk durum açılarında toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinin değişimi.....	76
Şekil 4.32. Farklı disk durum açılarında toprak kabarma alanının değişimi	76
Şekil 4.33. Farklı düşey ağırlık uygulamalarına bağlı olarak toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinin değişimi.....	77
Şekil 4.34. Farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak toprak kabarma alanının değişimi	78
Şekil 4.35. Farklı anız koşullarında toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma alanının değişimi	79
Şekil 4.36. Farklı anız koşullarında toprak kabarma alanının değişimi.....	79
Şekil 4.37. Farklı disk durum açıları ve düşey ağırlık uygulamalarının toprak kabarma genişliğine etkisi.....	80
Şekil 4.38. Farklı disk yön açıları ve düşey ağırlıklara bağlı olarak toprak kabarma yüksekliğinin değişimi	81
Şekil 4.39. Farklı disk yön açıları ve anız koşullarına bağlı olarak toprak kabarma yüksekliğinin değişimi	82
Şekil 4.40. Farklı disk yön açıları ve düşey ağırlık uygulamalarına bağlı olarak toprak kabarma alanının değişimi	82
Şekil 4.41. Disk yön açısına bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi	83
Şekil 4.42. 0° ve 20° disk yön açılarında çizi profili şeklinin değişimi	84
Şekil 4.43. Disk durum açısına bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi.....	84
Şekil 4.44. Düşey ağırlıklara bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi	85
Şekil 4.45. Anız koşullarına bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi	86
Şekil 4.46. Farklı yön açılarına bağlı olarak anız dağılım mesafesinin değişimi	88
Şekil 4.47. Farklı yön açılarına bağlı olarak anız kaplama oranının değişimi.....	88
Şekil 4.48. Farklı yön açılarında sürüklenen anız miktarının değişimi	89
Şekil 4.49. Farklı durum açılarına bağlı olarak anız dağılım mesafesinin değişimi.....	90
Şekil 4.50. Farklı disk durum açılarına bağlı olarak anız kaplama oranının değişimi....	90

Şekil 4.51. Farklı disk durum açılarına bağlı olarak sürüklenen anız miktarının değişimi	91
Şekil 4.52. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak anız dağılım mesafesinin değişimi	91
Şekil 4.53. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak sürüklenen anız miktarının değişimi.....	92
Şekil 4.54. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak anız kaplama oranının değişimi.....	92
Şekil 4.55. Buğday ve mısır anızlarının dağılım mesafesi, anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarı sonuçları	93
Şekil 4.56. Durum açısı değerlerinin ve anız çeşitlerinin anız dağılım mesafesine etkileri.....	94
Şekil 4.57. Farklı durum açıları ve anız çeşitlerinin çizi bölgesi anız kaplama oranına etkileri.....	95
Şekil 4.58. Farklı düşey ağırlık uygulamaları ve anız çeşitlerinin sürüklenen anız miktarına etkileri	95
Şekil 4.59. Farklı yön açılarında gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğinin değişimi	97
Şekil 4.60. Farklı durum açılarında gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğinin değişimi	98
Şekil 4.61. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğinin değişimi.....	99
Şekil 4.62. Buğday ve mısır anızlarının çizi bölgesine gömülme miktarı ve gömülme derinliğinin değişimi	99
Şekil 4.63. Farklı yön açıları ve düşey ağırlık uygulamalarının çizi bölgesine gömülen anız miktarına etkileri.....	100
Şekil 4.64. Farklı yön açıları ve anız çeşitlerinin gömülen anız miktarına etkileri	101
Şekil 4.65. Farklı durum açısı ve anız çeşitlerinin çizi içerisine gömülen anız miktarına etkileri	101
Şekil 4.66. Farklı yön açılarında kesilen anız miktarının değişimi	103
Şekil 4.67. Farklı disk durum açılarında kesilen anız miktarının değişimi	104

Şekil 4.68. Disk ünitesi üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak kesilen anız miktarının değişimi	105
Şekil 4.69. Anız çeşitlerine bağlı olarak kesilen anız miktarının değişimi.....	105
Şekil 4.70. Farklı yön açısı ve düşey ağırlık uygulamalarının kesilen anız miktarına etkileri	106
Şekil 4.71. Farklı durum açıları ve anız çeşitlerinin kesilen anız miktarına etkileri	107



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Araştırmada dikkate alınan faktörler ve faktör seviyeleri	29
Çizelge 4.1. Çeki, düşey ve yan kuvvetlere ilişkin varyans analizi sonuçları önemlilik (P) değerleri	49
Çizelge 4.2. Gömücü ayak geçişinden sonra çizi tabanı penetrasyon direnci (MPa) varyans analizi önemlilik (P) değerleri	55
Çizelge 4.3. Gömücü ayak geçişinden sonra çizi kenarı penetrasyon direnci varyans analizi önemlilik (P) değerleri	59
Çizelge 4.4. Çizi derinliği, çizi genişliği ve çizi kesit alanı varyans analizi önemlilik (P) değerleri	64
Çizelge 4.5. Toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği ve toprak kabarma alanı varyans analizi önemlilik (P) değerleri	73
Çizelge 4.6. Anız dağılım mesafesi, çizi bölgesi anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarına ilişkin varyans analizi önemlilik (P) değerleri	87
Çizelge 4.7. Gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğine ilişkin varyans analizi önemlilik (P) değerleri	96
Çizelge 4.8. Kesilen anız miktarı ve kesilen anız boyu ortalamasına ilişkin varyans analizi önemlilik (P) değerleri	102

1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynaklarının korunmasına yönelik artan duyarlılık, gelişen çevre bilinci ve ekonomik üretim zorunluluğu, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de tarımsal üretimde geçmişten gelen alışkanlıkların değişmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda bitkisel üretimde önemli bir maliyet oluşturan geleneksel toprak işlemeye alternatif koruyucu toprak işleme yöntemleri hızla yaygınlaşmaktadır.

Koruyucu toprak işleme; minimum enerji kullanımı ile maliyetin azaltıldığı, su ve toprağın korunması için arazide %30 oranında bitki artığının bırakıldığı, çevreyi ve doğal kaynakları koruyan önemli bir üretim sistemidir.

Koruyucu toprak işlemede, toprağı devirerek işleyen uygulamalar devre dışı bırakılmakta ve toprak işleme yoğunluğu oldukça azaltılmaktadır. Bu yöntemde; azaltılmış işleme, şeritsel işleme, malçlı işleme, sırtvari (teras) işleme ve anıza doğrudan ekim gibi farklı yöntemler yer almaktadır.

Anıza doğrudan ekim yönteminde; tarlada önceki üründen kalan anız üzerinde, toprak işleme yapılmadan, anızlı koşullarda çalışabilen özel ekim makinalarıyla ekim işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, rüzgar ve su erozyonunu önlemesi, toprağı koruması, verimliliğini etkileyen olayların aktivitesini arttırması ve üretim maliyetlerini azaltması gibi önemli birçok avantaja sahiptir. Bundan dolayı uzun zamandan beri birçok ülkede başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Türkiye’de de son yıllarda bu uygulamaya giderek ilgi artmakta ve geleneksel yöntemlere alternatif olarak ön plana çıkmaktadır.

Doğrudan ekim uygulamalarının başladığı ilk zamanlarda bu yöntemin sadece belirli iklim koşulları ve topraklar için uygun olacağı düşünülürken, ilerleyen zamanlarda bu yöntem oldukça farklı iklim, bitki çeşidi, toprak tipi ve coğrafik koşullarda uygulanmaya başlamıştır. Doğrudan ekim, özellikle yıllık yağış ortalaması 200-500 mm

arasında olan bölgelerde başarıyla uygulanabilmektedir. İyi bir planlama ile nadasın hala kaçınılmaz olduğu kurak bölgelere yönelik doğrudan ekim uygulamasında, topraktaki suyun daha iyi depolanacağı ve buna bağlı olarak verimde artış sağlanacağı düşünülmektedir (Çelik 2016).

Bu önemli avantajlarından dolayı koruyucu tarım ve bu kapsamda doğrudan ekim yöntemi hızla yaygınlaşmaktadır. Mevcut istatistiklere göre, dünya genelinde 1973 yılında koruyucu tarım alanları 8 milyon hektar iken, günümüzde yaklaşık 20 kat artarak 157 milyon hektarın üzerine çıkmıştır. Bu alan içinde en büyük payı %41,4 ile Güney Amerika kıtası alırken, bu kıtayı %34,8 ile ABD ve Kanada'nın yer aldığı Kuzey Amerika takip etmektedir. Geriye kalan alanlar %11,5 ile Avustralya, %10 ile Asya, %1,4 ile Avrupa ve binde 8 ile Afrika kıtalarında bulunmaktadır (Kassam *et al.* 2014; Anonymous 2015).

Doğrudan ekim yönteminin önemli avantajlarına rağmen, ne yazık ki Türkiye'de uygulama alanı oldukça yetersizdir. Bunun en önemli nedenleri arasında; konu ile ilgili yeterli araştırmanın yapılmamış olması, yöntemin tanıtımına yönelik faaliyetlerin yetersiz oluşu ve genellikle dış alımla karşılanan ve günümüzde teşviklerle üretimi yerli olarak yapılmaya başlanan anıza doğrudan ekim makinelerinin fiyatının oldukça yüksek olması sayılabilir. Türkiye'de, son yıllarda, özellikle Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü üretim alanlarında doğrudan ekim yöntemi yaygın olarak uygulanmaya başlamıştır. Ayrıca, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın %50 hibe desteği kapsamına alınan doğrudan ekim makinası sayısı 2006 yılında 637 adet iken, 2015 yılında 1257'ye çıkmış, diğer bir ifade ile %100'e yakın artması, yöntemle olan ilginin giderek arttığını gösteren önemli bir gelişmedir (Anonim 2016).

Doğrudan ekimde başarılı olabilmek için; iklim, toprak koşulları, anız yönetimi, tohum çeşidi seçimi, ekim normu, ekim zamanı, yabancı ot kontrolü ve makine-ekipman temini konularında yeterli bilgiye sahip olmak gerekmektedir. Ayrıca, bu parametrelerle birlikte doğrudan ekim yönteminden en üst düzeyde yararlanmak için en uygun makina ve gömücü ayak tipinin seçimi de büyük önem arz etmektedir.

Doğrudan ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan tek diskli tip gömücü ayaklarla farklı anız koşullarında çalışmada, anızın çizi içerisine gömülmeden ve sürüklenmeden iyi kesilmesi beklenmektedir. Toprak üst yüzeyinin yeterli sertlikte olmadığı ve toprak üstündeki anızın nem oranının yüksek olduğu durumlarda disk gömücü ayağın anızı kesmesi güçleşmekte ve anız çizi içerisine bükülerek gömülmektedir. Bu durum tohum ile toprağın temasını engellemekte ve bitki çıkışlarında problem oluşturmaktadır. Disk gömücü ayak performansı üzerinde çok sayıda yapısal ve fonksiyonel özelliğin etkisi bulunmaktadır. Bu özellikler içerisinde disk yön ve durum açıları önemli bir yer tutmaktadır. Bu bakımdan, disk yön ve durum açılarının iyi bir kombinasyon oluşturacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Ayrıca, diskin anızı kesmesi ve toprağa batmasını sağlayan bir diğer önemli parametre olan disk üzerine gelen düşey kuvvetlerin de yeterli miktarda olması arzu edilmektedir. Ancak, bugüne kadar disk durum ve yön açısı kombinasyonları üzerinde toprak kanalı koşullarında, anız dikkate alınmadan yürütülen dar kapsamlı az sayıda araştırmaya rastlanmıştır.

Bu çalışma, anıza doğrudan hububat ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan tek diskli tip bir gömücü ayağın farklı yön ve durum açıları, farklı düşey ağırlıklar ve farklı anız koşullarında denenmesi amacıyla yürütülmüştür. Kontrollü toprak kanalı koşullarında yürütülen denemelerde, bu amaçla, disk üzerine etki eden en uygun düşey ağırlık, en uygun disk açısı kombinasyonu ile diske etki eden kuvvetler belirlenmiştir. Ayrıca, araştırmada dikkate alınan faktörlerin; toprak fiziksel özelliklerine, çizi özelliklerine ve anız dağılımına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yoğun toprak işleme ve toprak yüzeyinin bitki artıklarından arındırılması; toprak sıkışmasına, rüzgar ve su erozyonuna ve yüzeydeki organik maddenin azalmasına neden olmaktadır. Toprak sıkışması; toprak strüktürünün değişmesine, hacim ağırlığının artmasına, hidrolik iletkenliğinin bozulmasına, ısı kapasitesi ve ısı iletiminin değişmesine neden olmakta ve sonuç olarak bitki gelişimine olumsuz etki etmektedir.

Sürdürülebilir toprak işleme ve bu amaca uygun geliştirilen ekim makineleri toprağın doğal sürecine olan olumsuz etkiyi önemli ölçüde azaltırken, yeni ekim teknolojileri sayesinde ekonomikliği ve enerji etkinliğini arttırmaktadır. Geleneksel toprak işleme ve ekimde, toprak işleme ve ekim için 1,36 h/ha daha fazla zaman harcanmakta, buna karşılık sürdürülebilir toprak işleme ve ekim teknolojileri kullanıldığında %20-49 arasında zamandan tasarruf sağlanmaktadır (Sarauskis *et al.* 2009).

Özellikle, doğal çevreye olan kaygılar ve doğal kaynakların özenli kullanımının önemi, korumalı toprak işleme yönteminin diğer yöntemler içindeki avantajını giderek arttırmaktadır. Bu yöntemde, doğal bir kaynak olan toprağın korunması ve verimliliğini etkileyen olayların aktivitesinin arttırılması esastır. Bunun için, toprağın bünyesindeki nem ve organik maddeyi koruyacak ve toprak erozyonunu önleyecek şekilde, zamanında, daha az makina ve işçilikle işlenmesi ve işleme ile birlikte ekim öngörülmektedir (Çelik 1998).

Korumalı toprak işleme; toprak nem kaybı ile birlikte su ve rüzgar erozyonunu önlemek amacıyla, ekimden sonra, toprak yüzeyinin en az %30 oranında ön bitkiye ait artıklarla kaplanmasının sağlandığı bir uygulamadır (Anonymous 2013a). Bu uygulamada erozyon, yüzeyi çıplak ve nadaslı topraklara göre %50 oranında düşüş göstermektedir (Karayel 2009). Korumalı toprak işlemenin üç anahtar prensibi bulunmaktadır. Bunlar; (1) toprak bozulmasını azaltmak ve tutarlı sürdürülebilir üretim uygulamaları, (2) toprak yüzeyini maksimum düzeyde kaplayacak bitki yönetimi ve bitki artıkları, (3) ekim

nöbeti sayesinde biyolojik hareketliliği artırma, örtü bitkileri kullanma ve entegre besin ve zararlı yönetimidir (Anonymous 2013b; Derpsch *et al.* 2014).

Korumalı toprak işleme yönteminin kendi içinde; doğrudan ekim, şeritsel işleme, sırtvari işleme (teras) ve malç işleme gibi farklı uygulamaları bulunmaktadır. Toprak ve su kaynaklarını korumaya yönelik bu yöntemlerden doğrudan ekimin üzerinde çokça durulmakta ve özellikle son zamanlarda gösterilen ilgiyle giderek gündemde daha çok yer almaktadır. Yumru bitkileri dışındaki, kışlık veya yazlık ekilen bitkilerin çoğu için uygulanabilen bu yöntemde, toprak işlenmeden, makina gömücü ayakları tarafından açılan çizilere tohumlar bırakılmaktadır. Doğrudan ekimde, tarla geçiş sayısının azaltılması ile toprak sıkışması, işçilik, zaman, yakıt tüketimi ve buna bağlı olarak maliyette önemli azalmalar olmaktadır (Tebrügge and Böhrnsen 2000; Chen *et al.* 2004b; Linke 2006; Sarauskis *et al.* 2009). İşlenmeyen yüzeyde bırakılan organik artıklarla, erozyon kontrolü, toprak nemi muhafazası ve infiltrasyon yönünden toprak daha iyi koşullara kavuşturulmaktadır (Chen *et al.* 2004a; Van Oost *et al.* 2009; Liu *et al.* 2010). Organik maddenin toprak üst yüzeyinde birikimine yol açan bu yöntemde, minimum düzeyde müdahale söz konusu olduğundan, toprağın makro ve mikroorganizma populasyonunda artış meydana gelmekte ve bu artış ile birlikte toprağın enzim aktivitesi artarak, bitki besin elementlerinin bitkinin yararlanabileceği forma dönüşmesi kolaylaşmaktadır (Huang *et al.* 2008; Cookson *et al.* 2008). Ayrıca, toprağa minimum düzeyde etki olduğundan dolayı topraktan atmosfere karbondioksit gazı yayılımı azalmakta ve çevre kirliliği riski ortadan kalkmaktadır (Huang *et al.* 2008; Cookson *et al.* 2008).

Anıza doğrudan ekimde tohumlar, önceki ürünün hasadından sonra toprak işleme yapılmaksızın, anız ile kaplı toprağa doğrudan ekim makinası ile anızda çalışabilen gömücü ayakların açtığı çizilere yerleştirilerek, üzerleri toprak ve bitki artıkları ile örtülmekte ve özel baskı elemanları ile bastırılmaktadır. Anız tipine bağlı olmakla birlikte, doğrudan ekim, tarla yüzeyindeki mevcut anızın örtme oranını % 10-15 arasında azaltmaktadır. Ekimin başarısı, yabancı ot kontrolü, iklim ve toprak koşullarının yanında, makina performansına da bağlıdır (Çelik 2009).

Doğrudan ekim yönteminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, öncelikle anızlı tarla koşullarında rahatlıkla çalışabilen ve bu amaç için özel tasarlanmış bir ekim makinasına ihtiyaç duyulmaktadır. Doğrudan ekim makinaları, genel olarak toprak ile aktif etkileşim içinde oldukları en önemli üniteleri ile karakterize edilmektedirler. Her biri ekim işleminin bir bölümünü yürüten bu üniteler, anız kesme ve çizi açma işlemini yapan gömücü ayaklar ile tohumu toprak ile temas ettirmede kullanılan bastırma ünitelerinden oluşmaktadır. Makinalardan beklenen performansın gerçekleşebilmesi için söz konusu ünitelerin karşılıklı olarak birbiriyle uyumlu ve birbirini takip edecek şekilde dizili olması gerekmektedir. Toprak ile etkileşim içinde olan farklı tipteki makina üniteleri çok sayıda değişik kombinasyonlar meydana getirmektedir (Thompkins 1985; Morrison and Allen 1987; Çelik 2009). Doğrudan ekim makinalarının performansını artırmak için çoğunlukla makinanın önünde, sıra üzerinde bulunan anızı parçalamak için anız kesici ünite kullanılmaktadır. Anız kesme ünitesi, farklı yapıdaki disk ya da frezeli tip olabilmektedir. Dönerek çalışan kesici diskler ekim makinaları üzerinde genellikle toprak ve anızı kesmek için kullanılırlar (Altıkat *et al.* 2013).

Yapısal özelliğine göre doğrudan ekim makinalarında anız kesmek için kullanılan çok geniş disk seçenekleri mevcuttur. Düz diskler toprağı genelde daha iyi kesebilir ve kolaylıkla bilenebilirler. Dalgalı diskler kendi kendini bildiklerinden dolayı toprağı yapışma riskleri daha azdır. Dar yivli ve kabarık delikli diskler, sıra üzerindeki toprağı gevşetmelerine rağmen, kil içeriğı yüksek yapışkanlık gösteren topraklarda kullanımları sınırlıdır. Geniş yivli diskler uygun nem içeriğinde kolayca dağılabilen topraklarda şerit halinde iz açarlar. Temiz bir çizi bırakmamaları ile birlikte, bu disklerin bir diğer problemi de bazı topraklarda tohumun üzerini uygun bir şekilde kapatmayı engelleyecek büyüklükte kesik oluşumuna neden olmalarıdır (Price 1999; Çelik 2009).

Eğer toprak yüzeyi yeterince sert ise diskli tip anız kesme üniteleri anızı keser, toprak yumuşak ise anızı toprağıın içine doğru gömerler. Büyük çaplı diskler anızı daha kolay kesmelerine karşın, bu işlem için daha yüksek baskı kuvvetine ihtiyaç duyarlar. Nem

içeriği yüksek olan anızlı tarla koşullarında diskli tip anız kesici ünite anızı toprağa bükerek gömmeye çalışır (Morrison and Allen 1987).

Bazı doğrudan ekim makinalarında, çizi açıcıların kolay çalışmasını sağlamak için sıra üzerini temizleyen ayrı bir ünite bulunmaktadır. Bu ünite, sıra üzerinde 10-15 cm genişliğinde şerit halinde anızı temizlerken, toprağın üst kuru yüzeyini de anız ile birlikte kaldırmaktadır. Bu sayede ekim makinasının çizi açıcı ayağı alt katmandaki nemli toprak ile temas eder (Price 1999; Çelik 2009). Sıra üzeri temizleme işlemi; nemli iken sıkışan, kaymak tabakası bağlayan topraklar ile işlenemeyecek derecede yapışkan olan topraklarda pratik değildir. Bazı sıra üzeri temizleme üniteleri, kesme ünitesinden sonra toprağı şerit şeklinde işlerler (Guerif *et al.* 2001). Bu üniteler, erken ilkbaharda toprağın çabuk ısınmasını sağlarlar (Grisso *et al.* 2006). Eğer diskli tip çizi açıcı ayak işlevini iyi yaparsa, sıra üzeri temizleme ünitesine ihtiyaç duyulmaz (Çelik 2009).

Raoufat and Matbooei (2007), buğday anızına mısırın doğrudan ekiminde sıra üzeri temizleme ünitelerinin farklı ilerleme hızları ve anız yoğunluğundaki performanslarını incelemişlerdir. Araştırma 4, 7 ve 10 km/h olmak üzere üç farklı ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. Çizi temizleyiciler, en iyi 10 km/h ilerleme hızında çalışmalarına karşın, en iyi tohum dağılımı 7 km/h ilerleme hızında elde edilmiştir. Anız yoğunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte, çizi temizleyiciler ekim sonrası çizideki anız miktarını %45–70 arasında azaltmışlardır.

Magalhaes *et al.* (2007), toprak kanalında şeker kamışı anızı üzerinde 508 mm, 610 mm ve 711 mm çaplarındaki yıldız dişli sap parçalayıcı ünitelerin anız kesme performanslarını, ünite başına düşen ağırlığı ve çekme kuvvetinin etkilerini 70 mm ekim derinliği için araştırmışlardır. Çalışma, %13,4 toprak neminde ve 1,56 MPa toprak penetrasyon direncinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ünite başına sırasıyla 1,46, 1,92 ve 2,10 kN düşey yük ölçülmüştür. Buna göre, 710 mm çapındaki ünite 610 mm çapındaki üniteye göre %9, 610 mm'lik ünite ise 508 mm'lik üniteye göre %30 daha fazla çeki kuvvetine ihtiyaç duymuştur. Ayrıca, küçük çaptaki sap parçalayıcı ile büyük çaplı olana göre daha fazla anız kesme performansı elde edilmiştir.

Gömücü ayaklar, doğrudan ekim makinalarının en önemli üniteleri olarak bilinmektedir (Seidi *et al.* 2010; Troger *et al.* 2012). Genellikle, gömücü ayaklar daha önce kısmen anızla kaplı olan çiziye kesmekte ve açılan çiziye tohumları veya fideleri çiziye yerleştirmektedir (Chaudhuri 2001). Gömücü ayak tipleri, toprak çeşidi, toprak gereksinimleri ve çalışma koşullarına göre değişmektedir (Karayel and Özmerzi 2007; Altıkat *et al.* 2013). Minimum toprak işleme ve doğrudan ekimde yaygın olarak kullanılan gömücü ayak tipleri; çapa, çizel, kanatlı çizel, ters T, diskli (tek diskli, çift diskli ve üç diskli) tip ve kuyruk milinden hareketli döner disk şeklindedir (Anonymous 2013a). Bu ayaklar içerisinde, tek ve çift diskli tip ayaklar anızı iyi kesmesi, daha az toprak deformasyonu ve sıkıştırmadan dolayı (Tajudin and Balasubramanium 1995), uygulamada daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Karayel and Sarauskis 2011). Gömücü ayakların amacı yüzeyi anız ile kaplı toprak koşullarında en az toprak bozulmasını sağlayacak şekilde (Janelle *et al.* 1993), dar bir tohum yatağı açmaktır (Derpsch *et al.* 2014). Doğrudan ekim makinalarında kullanılacak gömücü ayaklar öncelikle toprağı çok iyi kesmeli ve toprak yüzeyindeki anızı çizi içine bükerek itmemelidir (Thompkins 1985). Tek diskli tip gömücü ayaklar genellikle büyük çapta, düz veya dalgalı, çentikli tiplerde doğrudan ekim makinalarında kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise çok farklı toprak ve anız koşullarında, toprağı nüfuz etmesi ve anız kesme kabiliyetinin iyi olmasıdır (Murray *et al.* 2006).

Tek diskli tip gömücü ayakların anız ve toprak üzerindeki performansı diskin tipine, çapına, yön ve durum açlarına, disk üzerine gelen makina ağırlığına, makina ilerleme hızına ve ekim derinliğine bağlıdır. Anız, bir önceki dönem hasat edilen kültür bitkisi sapı, yaprağı, kökü ile çeşitli yollarla öldürülen yabancı ot gibi bitki artıklarından oluşmakta (Çelik 2009) ve doğrudan ekim sisteminde, toprak deformasyonu ile aynı derecede ve çok önemli bir rol oynamaktadır (Derpsch *et al.* 2014). Anız, toprak yüzeyinde farklı formlarda bulunabilmekte ve gömücü ayakları tıkamak, toprağı batışını engellemek ve diğer ünitelere dolaşarak tıkanmaya yol açmak gibi nedenlerle ekim makinası performansını etkilemektedir (Çelik 2009).

Lisowski *et al.* (2016), toprak kanalında yürüttükleri çalışmada, farklı ilerleme hızları, derinlikler, toprak nem içerikleri ve 105, 133 ve 202 mm genişliklerinde kazayağı şeklindeki kültivatör uç demirlerini, batma açıları farklı olan esnek yaylı ve sert titreşimli yaylı ayaklarda denemişlerdir. Araştırmada, ayaklara gelen düşey, yatay ve yan dirençler ile birlikte, çizi kesit alanı, toprak deformasyonu ve özgül çeki direncini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, düşey, yatay ve yan dirençler ile çizi kesit alanı ve toprak deformasyonu geniş uç demirlerinde, büyük iş derinliği ve ilerleme hızlarında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ancak esnek tipteki ayakla elde edilen özgül direnç diğer ayaklara göre batma açısının fazla olması nedeniyle yaklaşık %15 daha fazla bulunmuştur. Bu ayaktaki batma açısının fazla olması, sert yaylı tip ayağa göre, toprak bozulma alanı ve çeki kuvvetinin sırasıyla %36 ve %24 daha fazla çıkmasına neden olmuştur.

Liu *et al.* (2010), kazayağı şeklinde ve 325 mm genişliğindeki kültivatör uç demirini toprak kanalında boyları 25 ile 250 mm arasında değişen yulaf anızı üzerinde denemişlerdir. Denemede, anızlar ilerleme yönüne dik ve paralel biçimde serilmiş ve   farklı ilerleme hızı kullanılarak, anızların sürüklenme ve gömülme durumları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek hızda çalışma daha fazla toprak ve anızın sürüklenmesine, dolayısıyla daha fazla anızın gömülmesine neden olmuştur. İlerleme yönüne dik yerleştirilen anız boyunun 50 mm'den 250 mm'ye çıkması anızın sürüklenmesini %20 arttırmış, ilerleme hızının azalması ise sürüklenmeyi %70 azaltmıştır. Ayrıca, toprak deformasyon genişliği, ilerleme hızının artmasıyla birlikte %40 oranında artmıştır. Aynı ilerleme hızında ise, uzun anızın kısa anıza göre daha az gömüldüğü tespit edilmiştir. Tüm anız boylarında, 5 km/h ilerleme hızında, gömülmeyen anız oranı %45 ile %85 arasında değişmiş, hız 10 km/h olduğunda ise bu oran %25 ile %40 seviyelerine d şm ştir.

Yapılan bir araştırmada; ekimden sonra diskli tip gömücü ayaklara sahip bir doğrudan ekim makinası sıra üzerinde %70,2 oranında en fazla anız bırakırken, bu değer, çapa tip gömücü ayaklı makinada %69 ve  izel tip gömücü ayaklara sahip makinada %52,3 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, diskli tip gömücü ayakların, dar çapa ve  izel tip

ayaklara göre anızı daha kısa kestiği ve daha büyük oranda toprağa gömdüğü ortaya çıkmıştır. Çizel tip gömücü ayaklar sıra arasındaki anızın üzerini çiziden kabarttığı toprak ile örttüğünden, sıra arasında anızın kaplama oranı ile anızın parsel sonuna kadar sürüklenerek toplanması diğer iki ayağa göre daha az bulunmuştur. Araştırmada makinaların anız toplama değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Parsel başlarında toplanan anız miktarı, dar çapa tip gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinasında 2,11 kg/da iken, bu makinaryı 1,72 kg/da ile diskli ve 0,77 kg/da ile çizel tip gömücü ayaklara sahip makinalar takip etmiştir. Araştırmada, diskli gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinası 32,79 g/m ile anızı en çok çizi içine gömen makina olmuştur. Bu makinaryı 29,67 g/m ile dar çapa ve 27,72 g/m ile çizel tip gömücü ayaklara sahip makinalar izlemiştir. Ortalama anız kesilme boyu çizel tip gömücü ayaklar ile çalışmada 8,57 cm olarak elde edilirken, bu değer çapa tip gömücü ayaklar ile çalışmada 6,10 cm ve diskli gömücü ayaklar ile çalışmada 4,92 cm olarak belirlenmiştir (Çelik ve Altıkat 2010).

Çelik vd (2009), çalışmalarında farklı tip gömücü ayaklara sahip anıza doğrudan ekim makinalarının değişik anız koşullarında çizi özellikleri ve anız dağılımına olan etkilerini karşılaştırmışlardır. Buğday anızlı tarla koşullarında yürütülen çalışmada; diskli, dar çapa ve geniş çapa tip gömücü ayaklara sahip üç farklı anıza doğrudan ekim makinası, 12 ve 24 cm'den oluşan 2 farklı anız yüksekliği ile dik ve yatık olmak üzere 2 farklı anız konumunda kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre, geniş çapa ve çizel tipi ayaklar dar çapa ve diskli tip ayaklara göre daha fazla toprak deformasyon alanı ile çizi kesit alanının oluşmasına neden olmuştur.

Francetto *et al.* (2016), yaptıkları çalışmada, farklı ilerleme hızları, çapa ve çift diskli gömücü ayaklar ile farklı anız kesici ünitelerin toprak deformasyonuna, çizi kesit alanına ve toprak kabarmasına olan etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, büyük çapa tipi gömücü ayak kullanıldığında toprak deformasyon alanı traktör ilerleme hızından etkilenmezken, çift diskli tip gömücü ayağın, çapa tipi gömücü ayağa göre %31 daha az toprak deformasyonuna neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çapa tipi gömücü ayak %42 oranında, çift diskli tip gömücü ayak ise %30 oranında toprak

kabarmasına neden olmuştur. Buna ilave olarak, düz ve yivli disk şeklindeki anız kesici üniteler gömücü ayaklar ile birlikte kullanıldığında toprak kabarmasının sırasıyla yaklaşık %8 ve %20 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Vamerali *et al.* (2006), anıza doğrudan ekim makinasında, çift diskli tip gömücü ayak ile özel olarak tasarlanan çapa tipi gömücü ayağın tohum yatağına ve kök gelişimine olan etkilerini araştırdıkları bir çalışmada; diskli tip gömücü ayağın, çapa tipi gömücü ayağa göre anızı daha fazla toprağa karıştırdığını belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, 5 cm'lik ekim derinliğinde, çapa tip gömücü ayaktaki toprak hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci değerleri, diskli tip gömücü ayağa göre daha düşük bulunmuştur. Ancak, çapa tipi gömücü ayak ile işlenen parsellerdeki çimlenme periyodu, diskli gömücü ayağa göre daha uzun sürede tamamlanmıştır.

Yao *et al.* (2009), çalışmalarında Çin'in kuzeyinde, mısır hasadından sonra tarla yüzeyinde kalan çok miktardaki mısır anızının önemli bir problem olduğunu bildirmişler ve bu şartlarda kışlık buğday ekiminde tek diskli tip gömücü ayak, şerit kesme ve şeritsel işleme olmak üzere üç farklı ekim yöntemi uygulamışlardır. Araştırmada, tek diskli tip gömücü ayaklara sahip ekim makinası ile yapılan doğrudan ekimde, ortalama toprak bozulması önemli ölçüde azalmış, anız kaplama indeksi diğer yöntemlere göre artmıştır. Kışlık buğdayda bitki çıkışının %6-9 oranında azalmasının, anız kaplama oranının ve tohum yatağındaki penetrasyon direncinin fazla olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Bianchini and Magalhaes (2008), araştırmalarında, 610 mm çapındaki, üç farklı diskli tip gömücü ayağın (düz, çentikli ve dişli), şeker kamışı anızını kesme performansını belirlemek için toprak kanalı koşullarında, 80 ve 100 mm iş derinliklerinde incelemişlerdir. Çalışmada, dişli tip gömücü ayak, diğer iki ayağa göre daha iyi performans göstermiştir. Düz diskli tip gömücü ayağın anız kesme kabiliyeti, yuvarlanma direnci, yatay ve düşey yöndeki çeki gücü performansının daha az olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, dişli tip gömücü ayak için 80 mm çalışma derinliğinin etkin bir anız kesme performansı için yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Erbach and Choi (1983), çalışmalarında, düz diskli tip gömücü ayağın, yoğun anızı kesme ve toprağa nüfuz etmede, geniş dalgalı ve yivli tip gömücü ayaklara göre daha düşük güç harcadığını ortaya koymuşlardır. Choi and Erbach (1986), dört farklı diskli tip gömücü ayak (düz, dalgalı, yivli ve çentikli) ile mısır anızı üzerinde yaptıkları bir diğer çalışmada; iş derinliği, disk çapı, toprak direnci ve anız miktarının artışına paralel olarak, çeki ve düşey kuvvetlerin arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca, mısır anızının kesilme yüzdesi, diskin keskinliği ve toprak sıkışıklığı arttıkça artmış, anızın nem içeriği azaldıkça kesilme oranı azalmıştır.

Sarauskis *et al.* (2013a), yaptıkları çalışmada 380 mm çapındaki düz ve farklı çentik sayısına sahip çentikli disk tipi anız kesme ünitelerinin buğday anızı üzerindeki performanslarını araştırmışlardır. Tarla koşullarında yürütülen çalışmada, toprak nemi yaklaşık %13 ve penetrasyon direnci 0,5 MPa olarak ölçülmüştür. Hız aktarma oranları $\lambda > 1,27$ ve $\lambda = 1,5$ olan aktif çentikli disklerin aktif olmayan disklerle ($\lambda = 1,0$) ve çentikli disklerin düz disklerle göre daha fazla anız kestiği belirlenmiştir. Ayrıca, anız kesme başarısının anızın nem içeriğine bağlı olduğu ve anız nem içeriği arttıkça anızın kesilme oranının azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre, anız nem içeriği %10,1 olduğu durumda kesilme oranı %30 iken, nem içeriği %22'ye çıktığında anız kesilme oranı %12'ye düşmüştür.

Toprak kanalında yapılan bir çalışmada, her iki yanına baskı tekerleği monte edilmiş düz disk ve kertikli disk tipi anız kesici ünitelerin; anız kesme performansları, anız kesici ünitelere gelen yatay ve düşey yükler ve güç tüketimleri belirlenmiştir. Çalışma, üç farklı anız yoğunluğu ve hız aktarma oranında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, anız yoğunluğu ve hız aktarma oranı arttıkça, yatay kuvvet ihtiyacı her iki anız kesici ünite için de artmıştır. Ayrıca, tüm anız yoğunlukları ve hız aktarma oranlarında kertikli disk tipi anız kesici ünitenin yatay kuvvet ihtiyacı, düz disk tipi üniteye göre %22 daha fazla çıkmıştır. Kertikli disk tipi üniteye tüm anız yoğunluklarında ve hız aktarma oranlarında düz disk tipi üniteye göre daha fazla düşey kuvvet ihtiyacı ortaya çıkmış olması, kertikli tip anız kesici ünitenin anızı dış şeklindeki kertiklerin arasında tutarak sürüklemesinden olabileceği belirtilmiştir. Düz disk tipi

ünitenin tüm anız yoğunluklarında ve hız aktarma oranlarında anız kesme oranı %100 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, düz diskli tip ünitenin diğer anız kesici üniteye göre daha iyi performans gösterdiği ve bu nedenle ağır anızlı tarla koşullarında yapılan doğrudan ekimde daha çok tavsiye edilebileceği belirtilmiştir (Badegaonkar *et al.* 2014).

Doan *et al.* (2005a), tarla koşullarında yaptıkları çalışmada, ön bitki olarak ektikleri kanola, nohut ve buğday anızını 20 cm yükseklikten biçerek, çift diskli tip ve çapa tipi gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinaları ile kanola ekimi yapmışlardır. Gömücü ayakların performanslarını karşılaştırdıkları araştırma sonuçlarına göre, diskli tip gömücü ayak daha üniform ekim derinliği ve daha hızlı bitki çıkışı sağlamıştır. Araştırmanın ilk yılında nohut anızı üzerine yapılan ekimde, diğer anız çeşitlerine göre, daha üniform bir çizi derinliği, daha hızlı bitki çıkışı ve uygun bitki popülasyonu elde edilmiştir. İkinci yılda da nohut anızı daha iyi bir ekim derinliğine yol açmıştır. Ayrıca, derinlik ayar tekerleği kullanıldığı zaman traktör tekerlek izinin, kanolanın ekim derinliğine olumsuz bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Altıkat (2011), farklı gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinaları ile değişik ilerleme hızlarında yapılan çalışmada tek diskli tip gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinalarının, çapa ve kanatlı çapa tip ayaklara sahip makinalara göre hem yazlık fiğ, hem de kışlık buğdayda anızı daha iyi kestikleri belirlemiştir. Ayrıca, tek diskli tip gömücü ayakların tıkanma olmadan anızı kesmesi, tohum yatağı ve çizi duvarında daha az toprak sıkışmasına yol açması, bu tip ayakların avantajları olarak sayılmaktadır (Baker *et al.* 2007). Ancak, tek diskli tip gömücü ayaklar, uzun anızlı tarla koşullarında, ekim derinliği ve ekim düzgünlüğünde azalmaya ve tohumun çevreye daha çok yayılmasına yol açarken, aynı zamanda kısa tip anıza göre makina gömücü ayağı tarafından anızın daha çok bükülüp toprağa gömülmesine neden olmaktadır (Doan *et al.* 2005b). Bununla birlikte, uygun şekilde tasarlanmamış diskli tip ayaklarda da toprak yüzeyindeki anız çizi içerisine kesilmeden, bükülerek gömüldüğünden tohumun toprakla teması engellenmektedir (Wilkins *et al.* 1983; Sanavi Shiri and Raoufat 2006). Bu durum tek diskli tip gömücü ayakların önemli dezavantajlarından (Baker *et al.* 2007) biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Doğrudan ekimde kullanılan diskli tip gömücü ayakların tarla yüzeyindeki anızı kesebilmeleri ve sert topraklarda istenen derinliğe nüfuz edebilmeleri için yeterli miktarda düşey baskı kuvveti gerektirmektedir (Payton *et al.* 1985; Doan *et al.* 2005b). Diskli gömücü ayaklarda yetersiz düşey kuvvet gömücü ayakların toprağa batmasını ve anızın kesilmesini güçleştirmekte ve kesilemeyen anız özellikle yüzeysel ekimlerde çizi içerisine bükülerek gömülmektedir (Anonymous 1995; Doan *et al.* 2005b). Bu ve benzeri koşullarda diskli tip gömücü ayaklar değişken ekim derinliğine ve çizi tabanında dalgalı bir yüzey oluşumuna yol açmaktadır.

Kushwaha *et al.* (1986a), çalışmalarında 360, 460 ve 600 mm çaplarındaki tek diskli tip çizi açıcılarla doğrudan ekimde ekim derinliği ve anız miktarına bağlı olarak anız kesme performanslarını ve toprak direncinden etkilenme oranlarını belirlemek için toprak kanalında bir çalışma yapmışlardır. Araştırmada ayrıca, çizi açıcı ayaklar üzerine gelen yatay ve düşey kuvvetler anızlı ve anızsız koşullarda belirlenmiştir. Çalışma sonucunda diskli tip gömücü ayaklar içerisinde anız kesme oranının 460 mm çapındaki disklerle farklı derinliklerde ve anız yoğunluklarında yaklaşık %100 oranında başarı elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışmada en iyi performansı gösteren 460 mm çapındaki ayak için 50 mm çalışma derinliğinde gerekli çeki kuvvetinin anızsız koşullarda yaklaşık 90 N anızlı koşullarda ise 190 N civarında olduğu saptanmıştır. Düşey kuvvet ihtiyacının ise anızsız koşullarda 200 N, anızlı koşullarda ise 400 N olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, iş derinliğine bağlı olarak çeki ve düşey kuvvet ihtiyacının hem anızlı hem anızsız koşullarda arttığını tespit etmişlerdir.

Kushwaha *et al.* (1986b), toprak kanalında, üç farklı diskli tip (düz, dişli ve çentikli) gömücü ayağı 0,8 kW gücünde bir elektromotor ile 6,4 km/h ilerleme hızında, yoğunluğu 1000-5000 kg/ha arasında değişen buğday anızı üzerinde kullanarak denemişlerdir. Üç farklı toprak sıkışma düzeyi ve 55 mm iş derinliğinde yürütülen araştırmada sonuç olarak, 4000 kg/ha anız yoğunluğunda dişli tip gömücü ayak kullanımında enerji tüketiminin yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Anızın kesilmesinde ise düz diskin performansı yaklaşık %100 görülmüştür. Dişli ve çentikli disklerin anız kesme miktarı, disk dönme hızı arttıkça ve anız yoğunluğu azaldıkça daha iyi olmuştur.

Çeki kuvveti ve düşey kuvvet ihtiyacı, disk dönme hızı ve anız yoğunluğu artışına paralel olarak artarken, serbest dönen disklere göre daha az kuvvet ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Hann and Giessibl (1998), hidrolik bir motor tarafından hareketlendirilen bir konkav diski farklı ilerleme hızları ile farklı yön ve durum açılarında kontrollü toprak koşullarında denemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, küçük yön açılarında ve bununla birlikte yaklaşık 0° durum açısında optimum çeki direnci ve özgül direnç elde edilmiştir. Disk geriye doğru hareket ederken, yan kuvvetlerde oldukça düşük değerler ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, diskin iç bükey kısmında daha düşük yan kuvvetler, dış bükey kısmında ise daha fazla yan kuvvet değerleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca, ters yönde hareket eden diskte, küçük yön açılarında ve negatif durum açılarında düşey kuvvetin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. 40° yön açısı ve 0° durum açısı optimum özgül güç değerinin elde edilmesine yol açmıştır.

Collins and Fowler (1996), tarafından çeşitli gömücü ayaklar ile yapılan bir araştırmada, ekim derinliğinin 1 cm'den 5 cm'ye arttırılmasının özgül çeki kuvvetini arttırdığı bildirilmiştir. Killi toprak koşullarında kullanılan bütün gömücü ayakların ortalama özgül çeki kuvvetleri 2000 N/m iken, bu değer 3 cm ekim derinliğinde 3500 N/m'ye, 5 cm ekim derinliğinde ise 5000 N/m'ye yükselmiştir. Toprak deformasyon oranı düşük olduğu için, özgül çeki kuvveti yönünden en düşük değer diskli tip gömücü ayaklarda elde edilmiştir.

Fink and Currence (1995), çalışmalarında anıza soya ekiminde kullanılmak üzere tek diskli tip gömücü ayaklara sahip bir prototip ekim makinası geliştirmişlerdir. Çalışmada, düşey kuvvetleri sabit değerde tutan pnömatik tip düşey baskı sistemi için üç farklı baskı tekerleği kullanılmıştır. Ayaklardaki baskı yükü, pnömatik sistemle sağlanan çalışmada, 207 kPa baskı değerine sahip olan V tipi baskı tekerleği ile en yüksek bitki çıkışı sağlanmıştır. Ayrıca, çizi açıcı ayak başına düşen maksimum baskı yükü 400 kN olarak belirlenmiştir.

Karayel and Sarauskis (2011), çalışmalarında, killi-tınlı ve tınlı topraklarda, buğday anızı üzerine mısır ekiminde, doğrudan ekim için tek ve çift diskli tip gömücü ayaklara sahip bir modifiye pnömatik ekim makinasını denemişlerdir. Çalışmada, gömücü ayaklar üzerine 680, 880, 1150 ve 1400 N olmak üzere dört farklı ağırlık uygulamasının; tohum dağılımı ve ekim derinliği düzgünlüğü ile ortalama çıkış zamanı ve çıkış yüzdesine olan etkilerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, 680 ve 880 N'luk ağırlıklar optimum ekim derinliğini sağlayamamıştır. Çizi açıcı ayak başına uygulanan 1150 ve 1400 N ağırlıklarda en iyi ekim derinliği ve bitki çıkış yüzdesi elde edilmiştir.

Tajudin and Balasubramanium (1995), tek diskli, çift diskli, çapa ve kama tipi, gömücü ayakların performanslarını, her ayak için 0, 78,5, 157 ve 245 N düşey ağırlıklar uygulayarak denemişlerdir. Tek diskli tip gömücü ayağın performans indeksi diğer ayaklara göre daha yüksek ve birim çizi alanına düşen çeki kuvveti daha düşük çıkmıştır. Ayrıca, kama tipi ayaklar en fazla güç ihtiyacı gerektirirken çift diskli tip ayaklar için düşük çeki kuvveti gereksinimi olmasına rağmen, ayağın toprağa nüfuz yeteneğinin zayıf olmasından dolayı performans indeksi etkilenmiştir.

Troger *et al.* (2012), doğrudan ekimde kullanılan altı farklı çapa tipi ayak için gerekli olan minimum güç ihtiyacını ve bu ayakların oluşturduğu çizi kesit alanını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; kullanılan ayaklarda ortaya çıkan yatay kuvvet ihtiyacının 1034 ile 1755 N ve düşey kuvvet ihtiyacının ise 477 ile 845 N arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada kullanılan çapa tipi ayakların meydana getirdiği çizi kesit alanı ise 6993 ile 12021 mm² arasında değişmiştir. Beklendiği gibi en geniş ayak tipi olan T3 numaralı ayağın aynı zamanda en geniş çizi kesit alanını oluşturduğu da saptanmıştır.

Turgut (2014), doğrudan ekim makinası üzerine monte edilmiş olan çapa, çizel, çift disk ve ters T tipi gömücü ayakların başına düşen anlık baskı yükünün belirlenmesi için dik ve yatık anız ile farklı anız yoğunlukları ve iki farklı toprak nem içeriklerinde denemeler yürütmüştür. Buğday anızlı tarla koşulları ve anızsız toprak kanalı

koşullarında yürütülen deneme sonuçlarına göre, toprak kanalında, %19 nem içeriğinde minimum baskı yükü değeri 1507 N ile çift diskli gömücü ayakta elde edilmiştir. Tarla denemelerinde ise, çizi açıcı ayak tiplerine göre en yüksek baskı yükü değeri her iki yılda da ters T tipi çizi açıcı ayakta, en düşük değer ise çift diskli tip ayakta bulunmuştur. Elde edilen minimum baskı yükü değeri 730 -1322 N arasında değişmiştir.

Morrison (1988), çalışmasında, Texas Blackland bölgesindeki vertisol topraklarda, altı ekim sezonu boyunca tahılın doğrudan ekiminde traktör hidrolik sistemi ile elde edilen farklı düşey baskı sistemlerinin ekim derinliği düzgünlüğüne etkilerini incelemiştir. Düzgün ekim derinliği oluşumu için her sıra üzerine bir merkezden basınç sağlayacak şekilde basınç ayarlayıcılar yerleştirilmiştir. Çalışmada 4, 7 ve 10 km/h olmak üzere üç farklı ilerleme hızı ve çizi açıcı ayak başına 487, 607, 728 ve 849 N ağırlık değerleri seçilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi sıra üzeri dağılım düzgünlüğü 10 km/h ilerleme hızında ve çizi açıcı ayak başına 849 N ağırlık değerinde elde edilmiştir.

Seidi *et al.* (2010), kaçık çift diskli tip gömücü ayak ile bu ayağa paralel iki küçük diskin eklenmesiyle modifiye edilmiş gömücü ayağın performanslarını, toprak kanalında; 3,6 ve 8 km/h ilerleme hızlarında, 1000 ve 2000 kg/ha hububat anızı yoğunluğunda karşılaştırmışlardır. Her iki ayak tipinde de ilerleme hızı ve toprak hacim ağırlığı arttıkça yatay kuvvet artmış, düşey kuvvet ise, ilave bir ağırlığa gerek olmayan kaçık çift diskli tip gömücü ayakta negatif, modifiye edilmiş ayakta ise pozitif değerlerde ortaya çıkmıştır. Ayrıca, yumuşak toprak ve yoğun anız koşullarında kaçık çift diskli tip gömücü ayak, anızın bir kısmını tohum yatağına gömerken, diğer ayağın daha temiz bir tohum yatağı açtığı tespit edilmiştir.

Sanchez-Giron *et al.* (2005), toprak kanalı koşullarında, kama ve burun açıları farklı FO1, FO2 ve FO3 olarak adlandırdıkları dar uç demiri şeklindeki gömücü ayakların, farklı nem içeriği, hacim ağırlığı ve ekim derinliklerinde kullanılmasının, yatay ve düşey kuvvetlere olan etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, toprak hacim ağırlığı ve nem içeriğinin yüksek olduğu alanlarda tüm ayaklar için çeki kuvvetinin daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek çeki kuvveti 100 mm iş

derinliğinde elde edilirken, en düşük çeki kuvveti ve en yüksek düşey kuvvet çizel tipi gömücü ayakta meydana gelmiştir. Ayrıca, iş derinliği, toprak hacim ağırlığı ve nem içeriğinin artışına bağlı olarak tüm ayak tiplerinde düşey kuvvetin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Çizi kesit alanının ise çalışma derinliğine bakılmaksızın toprak nem içeriği arttıkça büyüdüğü saptanmıştır.

Ahmad *et al.* (2015), bir prototip doğrudan ekim makinası üzerinde kullanılan, 330, 450 ve 600 mm çapındaki çift diskli tip gömücü ayakları, farklı ilerleme hızları ve ekim derinliklerinde gömücü ayakların anız kesme performanslarını ve disklere gelen yatay ve düşey kuvvetleri belirlemek için denemişlerdir. Çeltik anızı koşullarında yürütülen araştırma sonuçlarına göre, disk çapı, ekim derinliği ve ilerleme hızının yatay ve düşey kuvvetler ile anız kesme performansına etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortalama çeki kuvveti 330, 450 ve 600 mm ayak çaplarına göre sırasıyla; 648, 737 ve 784 N, ortalama düşey kuvvet ise 904, 1553 ve 1620 N olarak belirlenmiştir. Ortalama anız kesme oranı, %78,47 ile en yüksek 450 mm çapındaki gömücü ayakta ortaya çıkmıştır. Farklı ilerleme hızları ve ekim derinliklerinde, 330 mm çapındaki gömücü ayak en düşük anız kesme oranına sahip olurken, 450 mm çapındaki ayak tüm ilerleme hızları ve ekim derinliklerinde en iyi anız kesme performansını göstermiştir.

Doğrudan ekimde diskli tip gömücü ayakların sabit ekim derinliğinde çalışabilmesi için disk üzerine gelen düşey yüklerin sabit olması gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada, doğrudan ekimde diskli tip çizici ayakkaya başına düşen düşey baskı yükünün, ekim esnasında $\pm\%10$ ve $\pm\%25$ 'ten fazla ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün de ± 50 mm ve ± 100 mm'den fazla değişmemesi için hidrolik baskı sisteminin yerine tek ve çift yaylı baskılı paralel bağlantı sistemi denenmiştir. Toprak kanalı ve tarla koşullarında test edilen prototip yay baskı sistemi için hedeflenen 1023, 1360 ve 1780 N baskı yükleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ortalama düşey kuvvetler 900 ile 1600 N arasında bulunmuştur. Çalışmada, yay baskılı bağlantı sisteminden istenilen sınırlar içerisinde, $\pm\%13$ ve $\pm\%21$ arasında değişen düşey baskı yükü değerleri alınmıştır. Ayrıca, yay baskı sisteminin, hidrolik baskı sistemine göre yük değişiminde %50 oranında daha az değişiklikler gösterdiği tespit edilmiştir (Gratton *et al.* 2003).

Cochran *et al.* (1974), farklı ekim derinliği ayar üniteleri kullanarak, balta, çizel ve çift diskli tip gömücü ayaklara gelen düşey kuvvetleri belirlemek için toprak kanalı koşullarında bir deneme yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, 30,5 cm çapındaki çift diskli tip gömücü ayak 1,5 m/s altındaki hızlarda düşey kuvvetten önemli oranda etkilenmemiştir. Ayrıca, gömücü ayakların toprağa nüfuz etme derinliği 25 mm'den 75 mm'ye çıktığında, düşey kuvvetlerin %325 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Bahri and Bansal (1992), A.B.D. (Nebraska) ve Fas'ta iki bölgede olmak üzere, üç farklı bölgede tek ve çift diskli tip ayaklar ile çapa tip gömücü ayakları iki farklı baskı tekerleği ile birlikte denemişlerdir. Doğrudan buğday ekiminde yürütülen denemelerde, kullanılan gömücü ayaklar ve baskı tekerleklerinin tüm anız koşullarında tatmin edici sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çapa tip gömücü ayağın bazen buğday ve soya anızını topladığı ve diskli tip gömücü ayaklara göre daha fazla toprak deformasyonu ve daha geniş çizi oluşturduğu tespit edilmiştir.

Munir *et al.* (2012), çeltik anızına buğday ekiminde tek diskli, ters çapa ve çapa tip gömücü ayakların performanslarını karşılaştırmışlardır. Üç farklı ilerleme hızında yapılan çalışmada, tek diskli tip gömücü ayak ile yapılan ekimde, bitki çıkış periyodu boyunca %11,86 ile en yüksek toprak nemi elde edilmiştir. Buğday ekiminden 15 gün sonra yapılan ölçümlerde diskli tip gömücü ayak ile ekilen parsellerde anız kaplama oranı %10,45 ile çapa ve ters çapa tipi ayaklara göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca, diskli tip gömücü ayak diğer ayak tiplerine göre, bitki çıkış oranı, çıkış oranı indeksi ve bitki verimi değerlerinde de en iyi sonucu vermiştir.

Tola and Koeller (2005), tek diskli ve çapa tip gömücü ayakların, toprağı gevşetme ve anızı toprağa karıştırma performanslarını toprak kanalı koşullarında denemişlerdir. Araştırmada, farklı toprak nem içeriği ve sıkıştırma düzeyleri, anızsız koşullar ile 3 t/ha ve 8 t/ha yoğunlukta buğday anızlı koşullar parametre olarak kullanılmıştır. 8 km/h ilerleme hızı ve 50 mm ekim derinliğinin dikkate alındığı çalışmanın sonuçlarına göre, tek diskli tip gömücü ayağın, çapa tip ayağa göre daha fazla oranda anızı toprağa karıştırdığı tespit edilmiştir. Her iki ayağın da anızı toprağa karıştırma oranı, anız

kaplama yüzdesi arttıkça artmıştır. Buna ilave olarak, toprak nemi ve sıkışıklığı arttıkça, her iki gömücü ayakta da anızı karıştırma oranı azalmıştır. Çapa tip gömücü ayağın toprağı gevşetme oranı %65-79 arasında gerçekleşirken tek diskli tip gömücü ayakta toprak gevşetme oranı %25-47 arasında kalmıştır. Gömücü ayakların toprağı gevşetme oranı toprak nemi ve anız kaplama oranı arttıkça azalmıştır.

El-Shazly *et al.* (2008), bir diskli pulluğun performansını farklı toprak tipi, ilerleme hızı ve iş derinliklerinde farklı disk yön ve durum açıları ile denemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, toprak hacim ağırlığı kumlu toprakta $1,54 \text{ g/cm}^3$ ve killi toprakta $1,22 \text{ g/cm}^3$ olurken, çeki kuvveti killi toprakta, 20,35 kN ve kumlu toprakta 19,73 kN olarak belirlenmiştir. İlerleme hızı, yön ve durum açıları ile iş derinliği diskli pulluğun performansını önemli ölçüde etkilemiştir. Durum açısının artması ve ilerleme hızının azalması toprağın devrilmesini kolaylaştırırken, toprak hacim ağırlığı ve penetrasyon direncini azaltmıştır. En iyi toprak ufalanması 45° ve 50° yön açılarında gerçekleşirken, ilerleme hızı, durum açısı ve iş derinliğinin artması çeki kuvvetinin artmasına neden olmuştur. 45° yön açısında çeki kuvveti dikkate değer şekilde azalma göstermiştir.

Sarauskis *et al.* (2013b), doğrudan ekim makinalarında kullanılan diskli tip çizi açıcılar ile anız arasındaki ilişkinin teorik esaslarını araştırmışlardır. Buna göre, anızın kesilmesinin; disk bileme açısı, disk kalınlığı, sürtünme katsayısı, elastiklik modülü ve anız çapı gibi parametrelere bağlı olduğu bildirilmiştir. Bazı temel hesaplamalar sonucu, disk bileme açısının bir derece arttırılması durumunda, diskin buğday anızını kesmesi için kesme kuvvetinin 6,5 N azalabileceği, disk kalınlığının bir mm azaltılması ise anızı kesmek için gerekli kesme kuvvetinin 12,5 N azalma sağlayacağı belirtilmiştir.

Mari *et al.* (2014), toprak kanalı koşullarında, konkav tip bir diskin, anızı toprağı gömme durumu ile diske gelen yatay, düşey ve yan kuvvetlerin etkilerini, üç farklı ilerleme hızı, iş derinliği ve anız boylarında denemişlerdir. Çeltik anızı (100 g/m^2) üzerinde yürütülen denemede, yatay, düşey ve yan kuvvetler sırasıyla; 533 ile 1236 N, 243 ile 632 N ve 418 ile 1063 N arasında belirlenmiştir. Çalışmada, düşük ilerleme hızı ve iş derinliğinde yatay, düşey ve yan kuvvetlerin de düşük çıktığı belirlenmiştir.

Ayrıca, 7 cm anız boyunun 13 ve 19 cm anız boylarına göre daha fazla toprağa gömüldüğü tespit edilmiştir. En geniş toprak bozulma alanı ise, en yüksek hız olan 2,48 m/s' de ve maksimum ekim derinliği olan 15 cm' de gerçekleşmiştir.

Sawant *et al.* (2016), toprak kanalında yaptıkları çalışmada, dört farklı tip gömücü ayağı, farklı ilerleme hızlarında; toprak fiziksel özelliklerine, mısır anızını kesme performansları ile toprak örselenmesine olan etkilerini araştırmışlardır. Tüm gömücü ayak tiplerinde toprak nem içeriği, hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci, ilerleme hızının artışına paralel olarak azalmıştır. Çift diskli tip gömücü ayakla birlikte monte edilen döner diskli tip ayak 1,5 km/h ilerleme hızında; maksimum toprak nem içeriği (%11,2), hacim ağırlığı (1,52 g/cm³) ve penetrasyon direnci (1,37 MPa) değerlerine sahip olmuştur. Ayrıca döner diskli tip gömücü ayak tüm ilerleme hızlarında mısır anızını en iyi kesme performansı (%100) göstermiştir.

Sarauskiis and Vaitauskiene (2014), farklı kertik sayılarına sahip çift diskli tip bir gömücü ayağın farklı ilerleme hızları ve baskı kuvveti etkisi altındaki çeki kuvveti ihtiyacını, farklı toprak sıkışma düzeylerinde belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, farklı baskı tekerleri kullanılarak gömücü ayağa etki ettirilen yükler, altı adet yük sensörü aracılığıyla tespit edilmiştir. Doğrudan ekim makinası için, 5 km/h hızda baskı tekerleği kullanılmadan gerekli toplam çeki kuvveti, dar diskli tip baskı tekerleği kullanıldığı zaman ortaya çıkan güç ihtiyacı ile aynı gerçekleşmiş, ancak kertikli tip disk yaklaşık 0,06 kN daha fazla çeki kuvvetine (0,74 kN) ihtiyaç duymuştur. İlerleme hızı 7 km/h olduğunda yatay çeki kuvveti artmış, düşey kuvvet ise azalmıştır. Ayrıca, 9 ile 7 km/h ilerleme hızları karşılaştırıldığında çeki kuvveti önemli bir artış göstermemiştir.

Ranta *et al.* (2008), toprak kanalı koşullarında doğrudan ekimde kullanılan düz, 14 dalgalı ve 26 dalgalı diskli tip gömücü ayakları, yatay ve düşey kuvvet gereksinimlerini belirlemek için farklı ilerleme hızlarında denemişlerdir. Çalışmada, ilerleme hızının 5 km/h' ten 11 km/h'e çıkmasıyla birlikte, gömücü ayaklarda artan titreşimden dolayı çeki kuvvetinde giderek artan dalgalanmaya yol açmıştır. Bu durum düz tip disk ve 14

dalgalı diskte daha fazla ortaya çıkarken, 26 dalgalı diskte daha durağan bir çeki kuvvetinin oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca çalışmada, anız miktarının fazla ve toprak neminin az olduğu alanlarda, diskteki dalga sayısının çok sayıda olması çizi genişliğini ve toprak direncini artıracığı için, özellikle düz disklerin kullanılmasının daha doğru bir tercih olacağı belirtilmiştir.

Janelle *et al.* (1993), çift diskli tip bir gömücü ayak üzerine farklı baskı kuvvetleri (669, 1338 ve 2007 N) uygulayarak, bu kuvvetlerin ekim derinliği düzgünlüğü ve çimlenmeye olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, baskı kuvvetinin artmasıyla ekim derinliğinde artış meydana geldiği, düşük baskı kuvvetinin ise ayakların toprağa batması ve tohumun bastırılmasında yetersiz kaldığı belirlenmiştir.

Yön ve durum açıları, diskli tip gömücü ayakların anız ve toprak üzerindeki performansını belirleyen en önemli parametrelerdir (Murray *et al.* 2006). Doğrudan ekim makinelerinde kullanılan tek diskli tip gömücü ayaklar tanımlanırken; diskin ilerleme yönüyle ve düşey düzlemlerle belirli bir açıda olması gerektiği bildirilmektedir (Anonymous 2013a). Ancak bu yön ve durum açısı değerlerinin ne kadar olması gerektiği konusuna herhangi bir çalışmada açık olarak yer verilmemiştir.

Nalavade *et al.* (2010), topraktan aldığı hareketle dönen ve kuyruk milinden hareketli, diskli tip toprak işleme ünitelerini 23°, 28° ve 33° disk yön açılarındaki diske gelen yatay ve düşey kuvvetleri belirlemek için denemişlerdir. Çalışmada kuvvet ölçümleri, iki yöne uzatılmış sekizgen halkalı güç ölçüm cihazı ile tork ölçüm cihazları kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 23°, 28° ve 33° disk yön açılarındaki çeki kuvveti ihtiyacı topraktan hareket alan diskte sırasıyla 620, 860 ve 947 N iken, kuyruk milinden hareketli diskte 188, 254 ve 360 N olarak gerçekleşmiştir. Kuyruk milinden hareketli diskin kullanılması, güç ihtiyacının önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur.

Aminzadeh (2014), tarafından toprak kanalında anızsız koşullarda yapılan bir çalışmada, 460 mm çapındaki tek diskli tip gömücü ayağa gelen yatay, düşey ve yan kuvvetler farklı yön ve durum açısı kombinasyonlarında yük sensörleri ile ölçülmüş ve

disk için optimum yön ve durum açıları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, %13 toprak nemi, 6 km/h ilerleme hızı, 50 mm ekim derinliği, 0, 7, 14, 21 ve 28° yön açısı için ve 0, 15, 20 ve 25° durum açısı değerleri esas alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 7° yön açısı ve 25° durum açısı kombinasyonunda 97 N ile en düşük çeki kuvveti ölçülmüştür. Aynı açı değerlerinde düşey kuvvet yaklaşık olarak 84 N, yan kuvvet ise 760 N şeklinde ortaya çıkmıştır. Yön açısı 0° iken durum açısının artması çeki kuvveti ihtiyacını arttırmış, 72 N olan çeki kuvveti, 21° yön açısında 176 N olarak belirlenmiştir. Disk yön açısının artması yan kuvveti artırmış, bu durum sıfırdan büyük yön açılarında diskin simetrik olmamasından kaynaklanmıştır. Ancak, durum açısının kullanılması diske gelen yan kuvvetlerin azalmasını sağlamıştır.

Tek diskli tip gömücü ayakların farklı disk yön ve durum açısı kombinasyonlarının anız bulunmayan toprak üzerinde ve kapalı toprak kanalı koşullarında performanslarının araştırıldığı bir çalışmada, 460 ve 610 mm çaptaki diskli tip gömücü ayaklar kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca, iki farklı toprak nem düzeyi, üç farklı toprak sıkışma seviyesi ve ekim derinliği parametre olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 460 mm disk çapında 5° ve 25° durum ve yön açısı kombinasyonu en düşük çeki kuvveti gerektirmiştir. Diske etki eden en yüksek düşey kuvvet 7,5° ve 20,5° açılarında, bununla birlikte en düşük çizi duvarı direnci ise 10° ve 5°, 15° ve 15° açılarında elde edilmiştir. 610 mm disk çapında ise en iyi sonuçlar 5° ve 15° açılarında elde edilmiştir (Afify *et al.* 2001).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan toprak kanalında yürütülmüştür. Doğrudan hububat ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan, tek diskli tip gömücü ayak açılarının farklı anız koşullarındaki performansı üzerinde yürütülen çalışmada, gömücü ayak ünitesi üzerine, anızın kolay kesilmesi ve toprakta uygun çizi açılmasını sağlayacak farklı düşey ağırlıklar uygulanmıştır.

3.1.1. Toprak kanalı ve arabası

Araştırmanın kontrollü koşullarda yürütülmesi için, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan 16 m uzunluğunda, 2,5 m genişliğinde ve 0,8 m derinliğindeki bir toprak kanalından yararlanılmıştır. Araştırmada öncelikle, inşa edildiği haliyle boş olan ve üzerinde hiçbir donanım bulunmayan toprak kanalının hazırlığı ile kanal arabasının ve gerekli donanımlarının imalatına çalışılmıştır. Denemelere hazır haldeki toprak kanalı ile tam donanımlı kanal arabası Şekil 3.1'de verilmiştir. Kanal arabasının tüm üniteleri, sökülüp takılabilir özellikte imal edilmiştir. Bu durum, sistemin herhangi bir yerinde ortaya çıkacak bir arızayı kolaylıkla gidermek için büyük önem arz etmektedir.

Kanal arabası, tek diskli tip gömücü ayak ünitesinin monte edildiği, X eksenine doğrultusunda manuel ve Y eksenine doğrultusunda elektrik motoru ile hareket edebilir kızıklara sahiptir. Toprak hazırlığı işlemleri sırasıyla; pülverizatör ile nemlendirme, çapa makinası ile işleme, kanal arabasına monte edilerek kullanılan kertikli ve düz merdane ile sıkıştırma ve tesviye bıçağı ile düzeltme işlemlerinin periyodik olarak yapılmasından oluşmuştur. Tek diskli tip gömücü ayağına sahip doğrudan ekim makinasının anız performansını belirlemek amacıyla buğday ve mısır anızları

kullanılmıştır. Gömücü ayak geçişinden sonra, kesilen, gömülen ve sürüklenen anızlar ile örnek parsellerinden alınan toprak örneklerinin tartılmasında, 6000 g kapasiteli ve 0,01 g hassasiyette ölçüm yapan bir hassas terazi kullanılmıştır. Ayrıca, diskli tip gömücü ayağın üzerine farklı ağırlık uygulamasında; her birinden dört adet olmak üzere, 10 ve 15'er kg ağırlığında içi dolu kare kesitli demir malzemeler kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Toprak kanalı ve kanal arabası

Toprak kanalı arabasında güç ünitesi olarak 15 kW gücünde bir elektrik motorundan yararlanılmıştır. Makina ilerleme hızı, hız kontrol ünitesine bağlı kumanda vasıtası ile ayarlanırken, makina üzerine monte edilmiş olan, hız radarı ile ilerleme hızı kontrol altında tutulmuştur. Denemelerde kullanılan tek diskli tip gömücü ayağa gelen, düşey, yatay ve yan kuvvetleri belirlemek amacıyla altı adet, 2 ton kapasiteli, S tipi yük hücresi kullanılmıştır. Hız radarı ve yük hücrelerinden alınan veriler, kanal arabası üzerine monte edilen datalogger tarafından kaydedilerek bilgisayara aktarılmıştır.

3.1.2. Tek diskli tip gömücü ayak

Çalışmada, doğrudan hububat ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan tek diskli tip bir gömücü ayak kullanılmıştır. Düz tip gömücü ayak, çelik malzemeden yapılmış olup, 460 mm çapında, 4 mm kalınlığında imal edilmiştir (Şekil 3.2). Disk gömücü ayağın ağırlığı 5,5 kg, disk bileme açısı 13° olarak belirlenmiştir. Toprak kanalı arabası diskli tip gömücü ayağın monte edildiği, yön ve durum açılarının pratik olarak değiştirilebildiği, üzerinde farklı düşey ağırlık değerlerinin uygulanabildiği bir ünite tasarımı ve imalatı yapılmıştır.



Şekil 3.2. Tek diskli tip gömücü ayak ünitesi

3.1.3. Kanal toprağının hazırlığında kullanılan ekipmanlar

Kanal toprağının istenilen nem düzeyine getirilebilmesi için kanal arabası üzerine monte edilen, 100 litre depo kapasiteli, elektrikle çalışan bir pülverizatör kullanılmıştır. Pülverizatöre bir hortum ile bağlanan ve kanal arabasının alt kısmına monte edilen bir püskürtme hortumu üzerinde 40 cm aralıklarla yerleştirilen 6 adet püskürtme memesi ile sulama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Toprağın nemlendirilmesi için kullanılan pülverizatör ve su püskürtme işlemi

Kanal toprağının işlenmesi için, iş genişliği 60 cm olan L tipi bıçaklara sahip bir motorlu freze kullanılmıştır (Şekil 3.4). Kanal toprağının tesviyesini yapmak için, kanal arabasına monte edilen, 1 m iş genişliğine sahip, yön açısı ayarlanabilen tesviye bıçağı kullanılmıştır. Tesviye edilen toprağın sıkışma düzeyinin istenilen seviyeye getirilmesi için 60 cm iş genişliğinde olan kembriç (halkalı) tip bir merdane ile gerçekleştirilmiştir. Toprak hazırlığı ve sıkıştırma işleminin son aşamasında 1 m genişliğinde ve 40 cm çapında içi kum dolu düz bir merdane kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Toprak işlemede kullanılan motorlu freze



a) Tesviye bıçağı



b) Kembriç tip merdane



c) Düz merdane

Şekil 3.5. Toprak hazırlığında kullanılan tesviye bıçağı ile halkalı ve düz tip merdaneler

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi

Kontrollü toprak kanalı koşullarında yürütülen bu araştırmada, faktör olarak beş farklı disk yön açısı, beş farklı disk durum açısı, üç farklı anız koşulu ve üç farklı düşey disk ağırlığı değerleri dikkate alınmıştır. Araştırma, şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Doğrudan ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan 460 mm disk çapının esas alındığı çalışmada, dikkate alınan parametreler Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada dikkate alınan faktörler ve faktör seviyeleri

Faktörler	Faktör seviyeleri
Disk durum açısı, (°)	0 - 2,5 - 5 - 7,5 - 10
Disk yön açısı, (°)	0 - 5 - 10 - 15 - 20
Gömücü ayak başına düşen ağırlık, (kg)	50 (491 N) - 100 (981 N) - 150 (1472 N)
Disk çapı, (mm)	460
Makina ilerleme hızı, (km/h)	3,6
Çizi açma (ekim) derinliği, (mm)	50
Kullanılan bitki anızları	Buğday, mısır ve anızsız toprak koşulları

3.2.2. Kanal toprağının hazırlanması

Toprak kanalının doldurulması için Atatürk Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezi Müdürlüğüne ait 4 no’lu deneme alanından, üst 0-30 cm derinlikten, Erzurum yöresinde yaygın olan orta bünyeli tip toprak temin edilmiştir. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında, Bouyoucos hidrometre yöntemine göre (Demiralay 1993), yapılan tekstür analizi sonucuna göre, toprak bünye sınıfı kumlu killi tın (%48,6 kum, %29,3 kil ve %22,1 silt) olarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan toprak, ABD toprak taksonomisine göre

Inceptisol sırasına, Ustept alt sırasına ve Haplustept büyük grubuna girmektedir (Özgül 2003). Kanal toprağı, öncelikle 15 mm'lik eleklerle sahip bir toprak eleme ünitesiyle elenip, taşlardan ve diğ er artıklardan arındırıldıktan sonra toprak kanalına doldurulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Toprak eleme ünitesiyle toprağın elenmesi

Kanal içerisine doldurulan toprağın nem ve sıkıştırma düzeyinin, yürütülecek denemeler için belirlenmesinde, doğrudan ekimin yapıldığı sonbahar dönemindeki toprak koşulları esas alınmış ve bu şekilde toprak hazırlığı yapılmıştır. Denemede dikkate alınan 3 tekerrür dahil toplam 675 muamele kombinasyonu için toprak kanalı gerektiği kadar tekerrürler halinde yeniden hazırlanarak kullanılmıştır. Bu amaçla, motorlu freze ile yapılan toprak işlemeden sonra, toprak kanalı arabasına monte edilerek kullanılan nemlendirme, tesviye etme ve sıkıştırma üniteleri periyodik olarak ve istenilen sıkıştırma düzeyinin gerektirdiği kadar kullanılarak, toprak kanalı denemelere hazırlanmıştır (Çelik and Raper 2012).

Kanal toprağının denemelere hazırlanmasında ilk olarak, toprağın istenilen nem düzeyine getirilebilmesi için kanal arabası üzerine monte edilen pülverizatör püskürtme

memeleri ile toprağa gerektiği kadar su verilerek toprak nemlendirilmiştir. Toprak nemlendirme işlemi yapıldıktan sonra toprak işleme, tesviye ve sıkıştırma işlemleri yapılmıştır. Toprak işlemeden önce toprak nemi kontrol edilmiştir. Bu amaçla 12 mm prob boyuna sahip TDR 300 tipi nem ölçme cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. TDR 300 toprak nemi ölçme cihazı

Toprak nem kontrolleri yapıldıktan sonra toprak hazırlığı aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla, ilk olarak motorlu freze kullanılmıştır. Her tekerrür için toprak hazırlamada, motorlu freze ile toprak 15 cm derinlikte, 2 kez işlenmiştir.

Motorlu freze ile kanal toprağı işlendikten sonra, kanal arabasına monte edilen tesviye bıçağı ile toprak tesviyesi yapılmıştır. Tesviye edilen toprağın sıkışma düzeyinin istenilen seviyeye getirilmesi için kullanılan kembriç tip bir merdane aynı doğrultuda 4 kez geçirilerek sıkıştırma işleminin ilk aşaması gerçekleştirilmiştir. Yıldız ve konik tip halkalardan oluşan merdanenin etkisiyle kısmen bozulan toprak yüzeyi tesviye bıçağı ile tekrar tesviye edilmiştir. Toprak hazırlığı ve sıkıştırma işleminin son aşamasında düz bir merdane kullanılmıştır. Toprak sıkışma düzeyinin istenilen seviyeye ulaşması için düz merdane ile gerektiği kadar geçiş yapılarak kanal toprağı denemeler için hazır duruma getirilmiştir. Toprak hazırlığı tamamlanan toprak kanalı denemeler için 40 cm genişlik ve 200 cm uzunluğunda toplam 36 parsel ayrılmıştır (Şekil 3.8). Bu parsellerden 32 parsel denemeler için, 4 parsel ise toprak nem içeriği ve sıkışma düzeyini belirlemek için alınması gereken toprak örnekleri ve penetrasyon direnci ölçümleri için

kullanılmıştır. Denemelerde dikkate alınan 3 tekerrür dahil, toplam 675 muamele kombinasyonu için toprak kanalı 21 kez yeniden hazırlanmıştır.



Şekil 3.8. Toprak kanalının parsellere ayrılması

3.2.3. Toprak hacim ağırlığı, nem içeriği ve porozitenin belirlenmesi

Toprak hacim ağırlığı, porozitesi ve nem içeriğinin belirlenmesi için diskli tip gömücü ayak geçişinden önce, iç çapı 5 cm olan ve 100 cm³ hacmindeki örnek alma silindirleri kullanılmıştır (Şekil 3.9). Ekim derinliği dikkate alınarak, 0-5 ve 5-10 cm toprak derinliklerinden 4 tekerrürlü olarak alınan bozulmamış toprak örnekleri tartıldıktan sonra, etüvde 105°C’de 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Etüvden alınan örnekler tekrar tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Toprak örneklerinin kuru ağırlıkları dikkate alınarak toprak hacim ağırlığı, porozite ve nem içeriği değerleri aşağıda verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Çelik 1998; Altıkat 2011).

$$HA = \frac{Wk}{V}$$

$$PO = \left(1 - \frac{HA}{K}\right) \cdot 100$$

$$W = \left(\frac{Wy - Wk}{Wk}\right) \cdot 100$$

Burada; HA: Hacim ağırlığı (g/cm^3), Wk: Örnek toprağının fırın kuru ağırlığı (g), V: Örnek silindirin hacmi (100 cm^3), PO: Porozite (%), K: Toprak tane yoğunluğu ($2,65 \text{ g}/\text{cm}^3$), (Demiralay 1993), W: Toprağın kuru ağırlık esasına göre nem içeriği (%), Wy: Örnek toprağının yaş ağırlığı (g)'dir.



Şekil 3.9. Toprak örneği alma seti

3.2.4. Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi

Toprağın düşey yönde alet ve makinalara gösterdiği direnç olarak bilinen, toprak penetrasyon direncinin belirlenmesinde, koni uç açısı 60° olan dijital göstergeli, Eijkelkamp marka bir toprak penetrometresinden yararlanılmıştır (Şekil 3.10).

Penetrometre ile hem gömücü ayak geçişinden önce, hem de sonra olmak üzere 5 cm 'lik aralıklar ile 20 cm derinliğe kadar yapılan ölçümlerde kN olarak okunan değerler, koni alanına bölünmek suretiyle kN/cm^2 olarak kaydedilmiş ve daha sonra MPa 'a çevrilerek gerekli analizler yapılmıştır (Çelik 1998). Gömücü ayak geçişinden önce her parselden 5 tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerde toprak sıkışma düzeyi, gömücü ayak geçişinden sonraki ölçümlerde ise gömücü ayakların çizgi bölgesindeki sıkıştırma etkisi

belirlenmiştir. Bu amaçla çizi hattı üzerinde ve çizi merkezinde 10 cm kenarlara doğru 20 cm derinliğe kadar 5'er cm aralıklarla 2 tekerrürlü ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.10. Toprak penetrometresi

3.2.5. Gömücü ayağın anız üzerindeki etkisinin belirlenmesi

3.2.5.a. Buğday ve mısır anızının serilmesi

Denemelerde toprak kanalı hazırlığı tamamlandıktan sonra her bir geçiş (muamele kombinasyonu) için öngörülen parsel boyu ve parsel eni esas alınarak, hesaplanan miktarda anız gömücü ayak geçiş yönüne dik konumda toprak yüzeyine serilmiştir (Kushwaha *et al.* 1986a). Parsellere yerleştirilen anız miktarının belirlenmesinde, her bitki için hasatta yaygın olarak dikkate alınan ortalama anız boyu ve bitki sıklığı değerleri esas alınmıştır. Buna göre yapılan hesaplamada, hasat sonrası 1 hektar alanda kalan anız miktarı ortalama 3333 kg olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamadan hareketle her bir deneme parseline yerleştirilecek anız miktarı belirlenmiştir. Buna göre, 200 cm boy ve 40 cm endeki her parselde oluşturulan, 50 cm boy ve 30 cm endeki bir çerçeve içindeki alana 50 g olarak hesaplanan 30 cm uzunluğundaki buğday ve mısır anızları şekilde görüldüğü gibi yerleştirilmiştir (Şekil 3.11). Buğday anızlarının ortalama çapı

3,4 mm, mısır anızlarının ortalama çapı ise 13 mm olarak ölçülmüştür. Yapılan ön çalışmada, kışlık buğday ekim zamanında, tarla koşullarındaki nem içeriğine sahip olmasına dikkat edilen anızların nem içeriğinin ortalama %7 olması esas alınmıştır.



Şekil 3.11. Buğday ve mısır anızının deneme parsellerine yerleştirilmesi

3.2.5.b. Çizi bölgesi anız kaplama oranının belirlenmesi

Araştırmada, gömücü ayak geçişinden hemen sonra, çizi hattı boyunca toprak yüzeyinde kalan anızın kaplama oranının belirlenmesinde Line Transaction Metodundan yararlanılmıştır (Morrison *et al.* 1985; Altıkat 2011). Çalışmada birim alan için hesaplanan anız miktarlarına göre, başlangıçta buğday anızının kaplama oranı %100, mısır anızının kaplama oranı ise %80 olarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, parsel boyu da dikkate alınarak, üzeri 5'er cm aralıklarla işaretlenmiş bir şerit metre kullanılmıştır. Gömücü ayak geçiş yönüne paralel olarak yerleştirilen şerit metrenin işaretli noktalarına denk gelen anızlar sayılmış ve % kaplama oranı olarak değerlendirme yapılmıştır.

3.2.5.c. Anızın çiziye gömülme ve kesilme miktarının belirlenmesi

Diskli tip gömücü ayağın etkisiyle çizi içerisine kesilmeden veya kesilerek gömülen anız miktarının belirlenmesinde, Kushwaha *et al.* (1986a) tarafından kullanılan yöntemden yararlanılmıştır. Buna göre, gömücü ayak tarafından çizi içerisine gömülen

anızlar toplanarak hassas terazide tartılmış ve elde edilen değerler kaydedilmiştir. Ayrıca, gömülen anızın toplam anız içerisindeki oranı % olarak belirlenmiştir.

Kesilen anız miktarının belirlenmesi için her uygulamadan sonra örnekler içindeki kesilen anızlar ayrıştırılmış ve hassas terazide tartılarak toplam anız miktarı ve oranı belirlenmiştir. Kesilen anız boylarının ortalamasını bulmak amacıyla her muameleden rastgele seçilen 10 anızın boyu ölçülmüş ve bu değerlerin ortalaması alınarak ortalama anız boyu belirlenmiştir.

3.2.5.d. Gömücü ayak tarafından sürüklenen anız miktarının belirlenmesi

Gömücü ayak tarafından kesilemeyen ve toprağa gömülmeyen anız, ilerleme hareketi boyunca sürüklenerek ya parsel sonuna kadar götürülmekte, ya da gömücü ayak üzerinde toplanmaktadır. Her geçişten sonra 30x50 cm'lik çerçevenin dışına sürüklenerek uzaklaşan anız toplanmış ve miktarı hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

3.2.6. Çizi özelliğinin belirlenmesi

3.2.6.a. Çizi profilinin belirlenmesi

Gömücü ayak geçişinden hemen sonra, ilerleme hareketine dik doğrultuda açılan çizi profilini belirlemek için bu amaçla hazırlanan, çubuklu tip bir profilograftan yararlanılmıştır (Şekil 3.12). Denemelerde kullanılan profilograf, 1 cm aralıklarla yerleştirilmiş 36 adet alüminyum çubuktan oluşmaktadır. Açılan çizilere dik konumda yerleştirilen profilograf ile her parselden iki tekerrürlü olarak yapılan ölçümlerden elde edilen değerler dikkate alınarak diskli tip gömücü ayağın açmış olduğu çizi profili şekilleri belirlenmiştir (Önal 1971; Jester and Klik 2005; Karayel ve Özmerzi 2006; Troger *et al.* 2012).



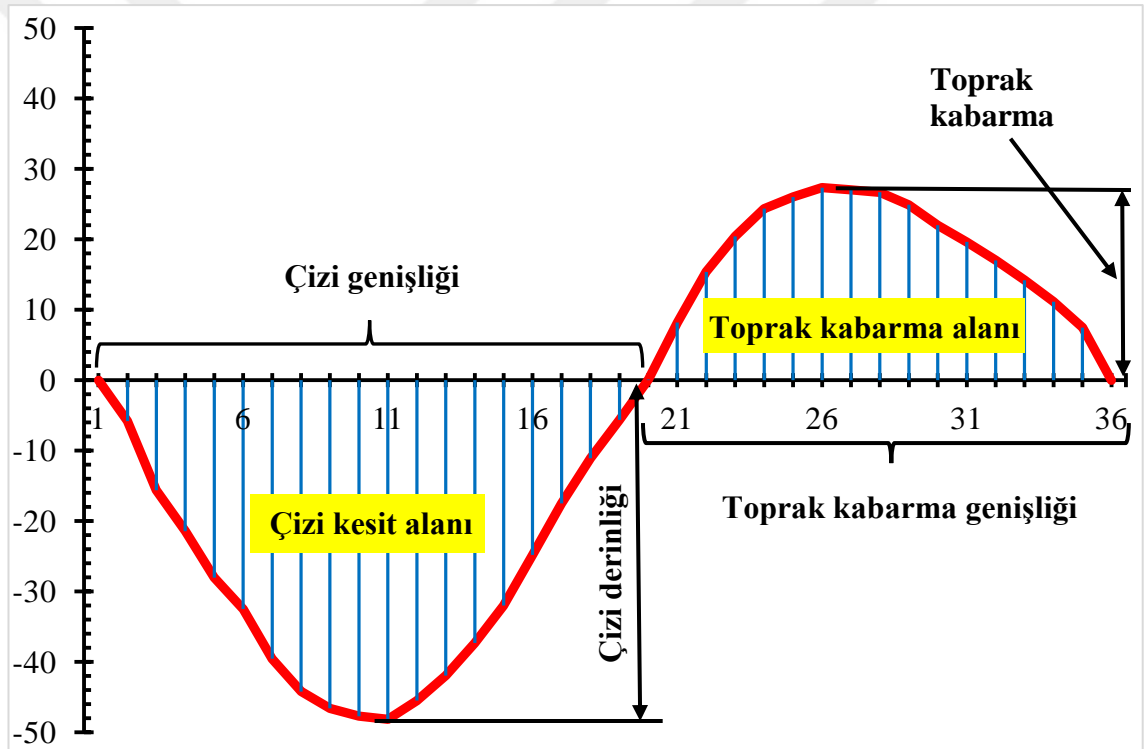
Şekil 3.12. Çizi profilini belirlemek amacıyla kullanılan profilograf

3.2.6.b. Çizi derinliğinin belirlenmesi

Diskli pulluk ve diskli tırmık gibi dönerik çalışan işleyici organlarla işlenen toprağın alt katmanında ve diskli tip gömücü ayakların açtıkları çizi tabanında dalgalı bir yüzey oluşmaktadır. Toprak kesilme direncindeki değişimler ile birlikte, toprak yüzeyindeki anızın miktarı ve dağılımı da bu derinlik değişiminde önemli rol oynamaktadır. Çalışmada, diskli tip gömücü ayak tarafından açılan çizilerin derinlikleri ölçülerek, farklı durum ve yön açılarının, anız durumunun ve disk üzerine uygulanan ağırlıkların bu değişime etkisi belirlenmeye çalışılmış, bu amaçla gömücü ayak geçişinden sonra, çizi temizlenerek kumpas ile her parselden iki tekerrürlü olmak üzere çizi derinliği ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler, çizi profilinin belirlenmesinde kullanılan çubuklu tip profilograf ile yapılan ölçümlerdeki çizinin en derin noktasından alınan değerlerle karşılaştırılarak sağlanması yapılmıştır. Bu değerlerin doğruluğunun tespit edilmesinden sonra, veriler kaydedilerek analize tabi tutulmuştur.

3.2.6.c. Çizi kesit alanı ve toprak kabarmasının belirlenmesi

Tek diskli tip gömücü ayağın geçişinden sonra yapılan ölçümlerde belirlenen çizi derinliği ve çizi genişliği değerleri doğrultusunda çizi kesit alanı ile birlikte gömücü ayağın çizi kenarına bıraktığı toprak kabarma genişliği, yüksekliği ve toprak kabarma alanı hesaplanmıştır (Şekil 3.13). Bu amaçla, bilgisayar ortamına aktarılan veriler ile MATLAB programında oluşturulan bir hesaplama yazılımı kullanılarak çizi kesit alanı ve toprak kabarma alanı hesaplanmıştır.



Şekil 3.13. Çizi kesit alanı ve toprak kabarma alanının kesit görünüşü

3.2.7. Disk üzerindeki düşey ağırlık etkisinin belirlenmesi

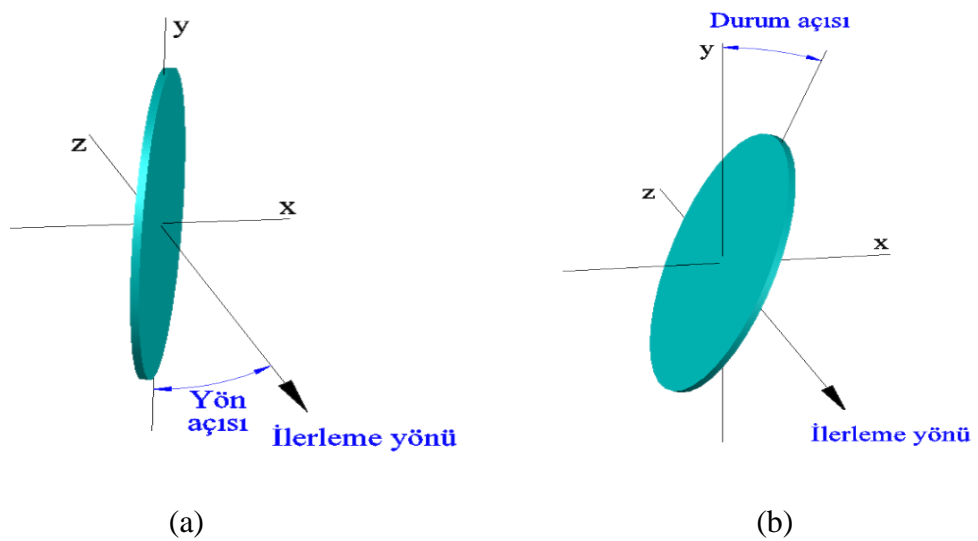
Diskli tip gömücü ayağın toprağa batmasını kolaylaştırmak için diskli ünitenin kendi ağırlığına ilave olarak düşey ağırlıklar kullanılmıştır. Gömücü ayak ünitesi üzerine konulan ek ağırlıklar Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.14. Gömücü ayak ünitesi üzerine konularak kullanılan dişey ağırlıklar

3.2.8. Tek diskli tip gömücü ayak yön ve durum açıları

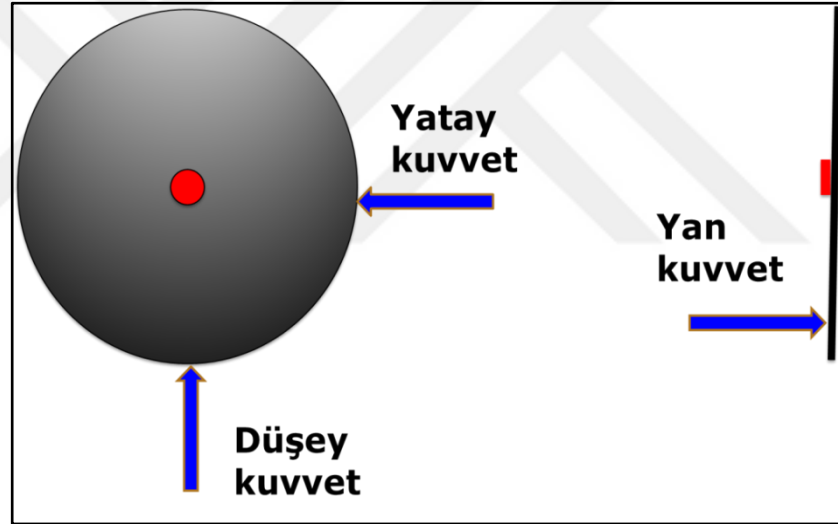
Araştırmada, tek diskli tip gömücü ayakta beş farklı yön ve durum açısı kullanılmıştır. Disk yön açısı; diskin keskin kenarlarından geçen düzlem ile hareket düzlemi arasında kalan açı iken, disk durum açısı; diskin keskin kenarlarından geçen düzlem ile dişey düzlem arasında kalan açı olarak ifade edilmektedir (Şekil 3.15). Yapılan çalışmada, optimum anız kesme performansı ve diske gelen kuvvetlerin minimize edilmesini sağlayacak en uygun yön ve durum açısı kombinasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.



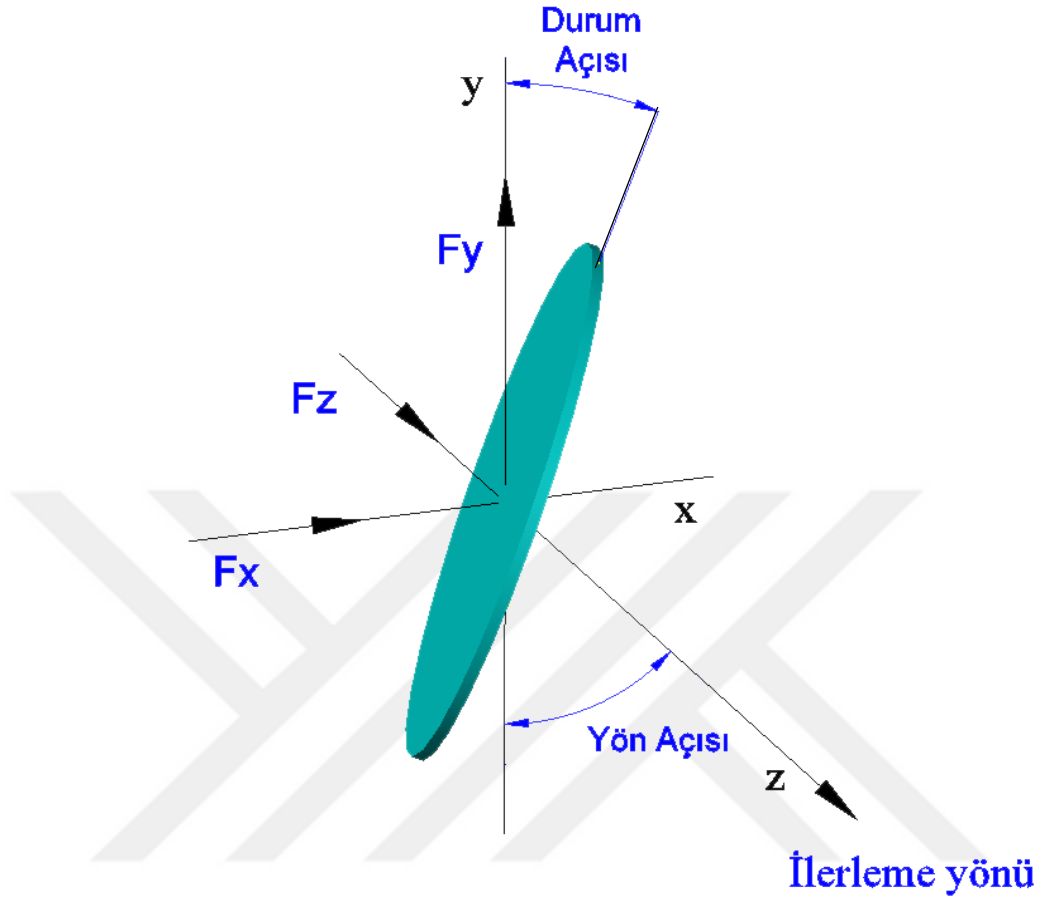
Şekil 3.15. Disk yön (a) ve durum açılarının (b) şematik olarak görünümü

3.2.9. Düşey (kesme), yatay (çeki) ve yan kuvvetlerin belirlenmesi

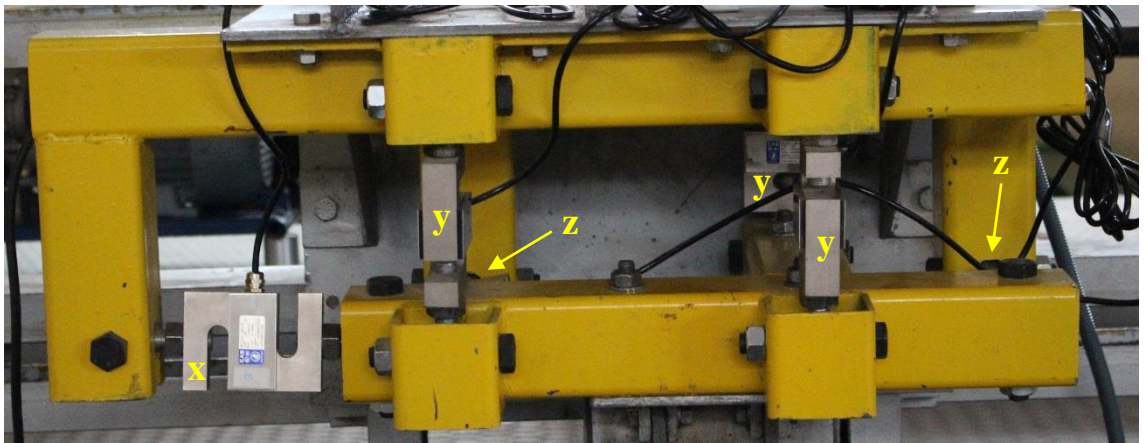
Tek diskli tip gömücü ayak toprak içerisinde çalışırken, üç yönden etki eden kuvvetlerin (Şekil 3.16) etkisi altında kalmaktadır (Abu-Hamdeh and Reeder 2003; Armin 2014). Bu kuvvetler; düşey (F_y), yatay (F_z) ve yan (F_x) kuvvetler olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.17). Çalışmada, tek diskli tip gömücü ayağın maruz kaldığı bu kuvvetlerin belirlenmesinde, bu amaca uygun, %0,02-0,03 bileşik hata oranına sahip, S tipi yük hücreleri (Şekil 3.18) kullanılmıştır (Afify *et al.* 2001; Aminzadeh 2014; Zhang 2016). Yük hücreleri, gömücü ayağın bağlı olduğu payanda bağlantı kollarına özel bağlantılarla yerleştirilmiştir (Chandon and Kushwaha 2002).



Şekil 3.16. Tek diskli tip bir gömücü ayak üzerine etki eden kuvvetler



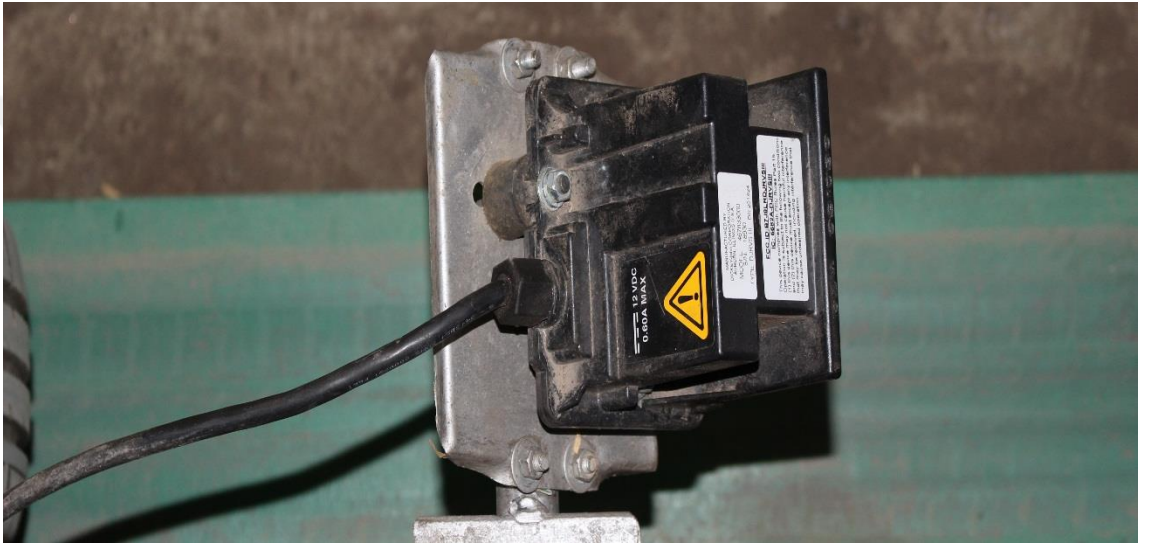
Şekil 3.17. Diske etki eden kuvvetlerin şematik olarak görünümü



Şekil 3.18. Düşey (y), yatay (z) ve yan (x) kuvvetlerin ölçümü için kullanılan S tipi yük hücreleri

3.2.10. Makine ilerleme hızı kontrolü

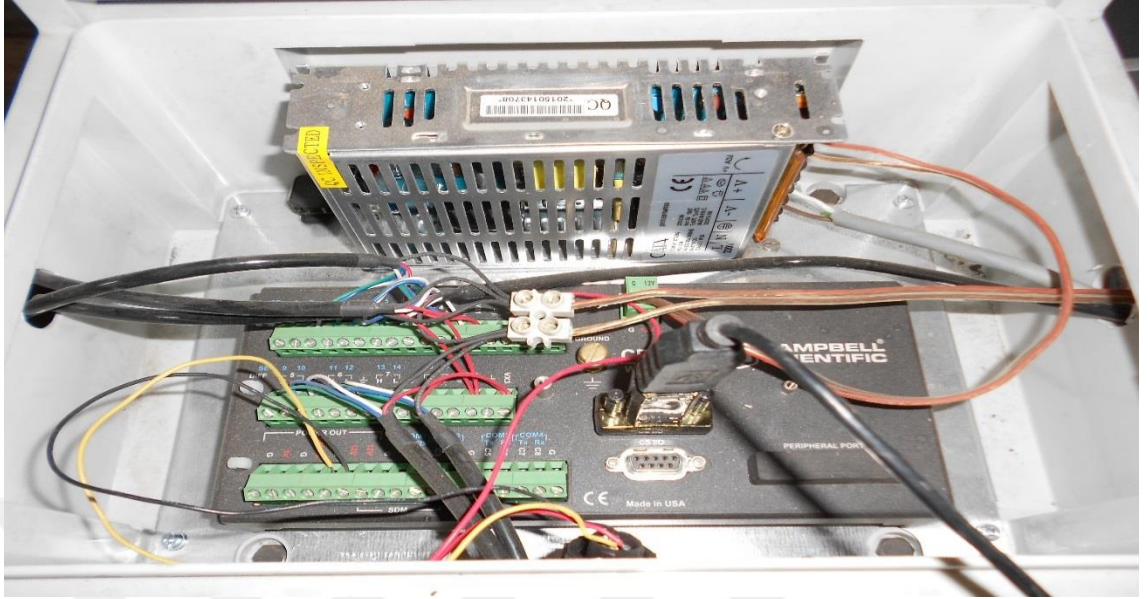
Düşey, yatay ve yan dirençlerle birlikte ilerleme hızı da datalogger'a eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Makine ilerleme hızı, Şekil 3.19'da verilen hız sensörü ile kontrol altında tutulmuştur. Hız sensörü, makine tekerleğinin dönmesiyle birlikte okuma yapmaya başlamış ve 50 milisaniyede bir olmak üzere datalogger'a kayıt yapılmıştır.



Şekil 3.19. İlerleme hızının kaydedildiği hız sensörü

3.2.11. Yük hücreleri ve hız sensöründen elde edilen verilerin bilgisayara aktarılması

İlerleme hızı ve yük hücrelerinden elde edilen sinyaller, dataloggerda depolanmıştır (Şekil 3.20). Yük hücrelerinden ve hız sensöründen 50 milisaniyede bir veri alacak şekilde yazılan bir bilgisayar programı datalogger tarafından kullanılan Loggernet 4.3. (Campbell 2009) programına tanıtılmıştır. Bu şekilde güncellenen program bilgisayara yüklenmiş ve her muamelenin sonunda yük hücrelerinden ve hız sensöründen elde edilen veriler Excel formatında bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 3.20. Campbell CR1000 datalogger

3.2.12. İstatistiksel analiz

Denemelerden elde edilen tüm verilere varyans analizi uygulanmıştır. Analiz sonucu, faktör seviyelerine ait ortalamalar DUNCAN çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonuçlarına ilişkin grafikler ve önemli çıkan interaksiyonların grafikleri Excel ortamında hazırlanmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerin varyans analizi ve ortalamaların karşılaştırılması için SPSS paket programından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırma sonuçları; 21 kez hazırlanan toprak kanalında yürütülen denemelerden önce ve sonra alınan örneklerden ve yapılan ölçümlerden elde edilen bazı toprak fiziksel özellikleri, tek diskli tip gömücü ayağa etki eden düşey, yatay ve yan kuvvetler, gömücü ayak geçişinden sonra çizi tabanı ve çizi kenarından ölçülen penetrasyon dirençleri, çizi özellikleri ve anız özellikleri ilgili başlıklar altında toplanmıştır. Varyans analizleri ve çoklu karşılaştırma testlerine tabi tutulan sonuçlar, çizelgeler ve grafikler halinde verilmiştir. Ayrıca, çalışmada kullanılan faktörlerden, çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak önemli çıkan ikili interaksiyonlar grafikler ile verilmiştir.

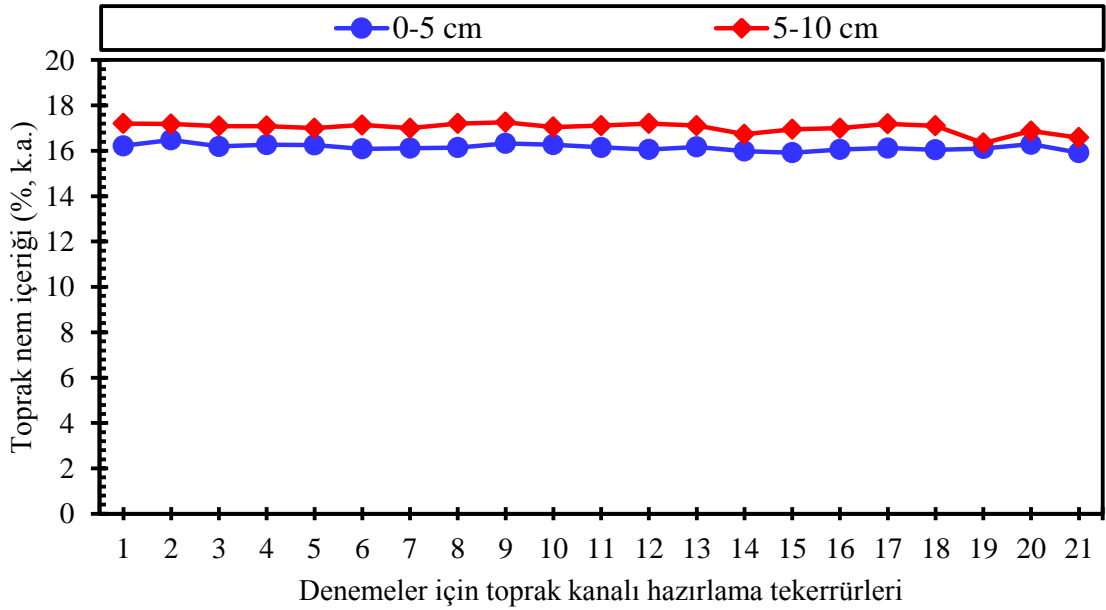
4.1. Toprak Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

4.1.1. Toprak nem içeriği

Çalışmada, 21 kez hazırlanan toprak kanalının her hazırlığından sonra örnek parsellerinde gerekli ölçümler yapıldıktan sonra denemelere başlanmıştır. Toprak neminin kontrol altında tutulması için her toprak hazırlığından sonra 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerden yapılan ölçümlerde elde edilen değerler Şekil 4.1’de verilmiştir. Burada, 0-5 cm derinlikteki ortalama toprak nem içeriği değerleri %15,92 ile %16,48 arasında değişmektedir. Toprak nem içeriği düzeyinin belirlenmesinde Erzurum koşullarında, sonbaharda kışlık buğday ekimi sırasındaki yaygın toprak nem koşulları dikkate alınmıştır. Toprak nem içeriği ekim koşullarının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Yüksek nem içeriği toprağın kesilmesini kolaylaştırırken, özellikle bitki kök bölgesinde sıkışmaya, yapışkanlığa ve yüzeyde kaymak tabakası bağlamaya neden olmaktadır (Gill and Glen 1968). Toprağın kuru olması durumunda ise, gömücü ayaklar tarafından zor kesildiği, ancak yapışkan olmadığı (Gill and Glen 1968), doğal olarak sıkışmış topraklarda nem içeriğinin az olması çizi açıcı ayakların batmasını zorlaştırdığı bilinmektedir (Morrison and Allen 1987). Ayrıca, nem düzeyinin düşük olması

tohumun toprak ile temasını zorlaştırdığı için bitki çıkışları daha düşük oranlarda kalmakta ya da çıkışlar oldukça geç olmaktadır.

Toprak kanalı koşullarında yürütülen benzer çalışmalarda; Kushwaha *et al.* (1986a), %13,6-%16,3 arasında, Kushwaha *et al.* (1986b), %15,6-19,5 arasında, Jafari *et al.* (2008) ise %17,5 toprak nem içeriklerinde denemeler yapmışlardır. Çalışmada, 5-10 cm derinlikte yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama toprak nem içeriği değerleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 21 kez yapılan toprak hazırlığında, 5-10 cm derinlikte, kuru ağırlık esasına göre toprak nem içeriği değerleri %16,34 ile %17,26 arasında değişmiştir.

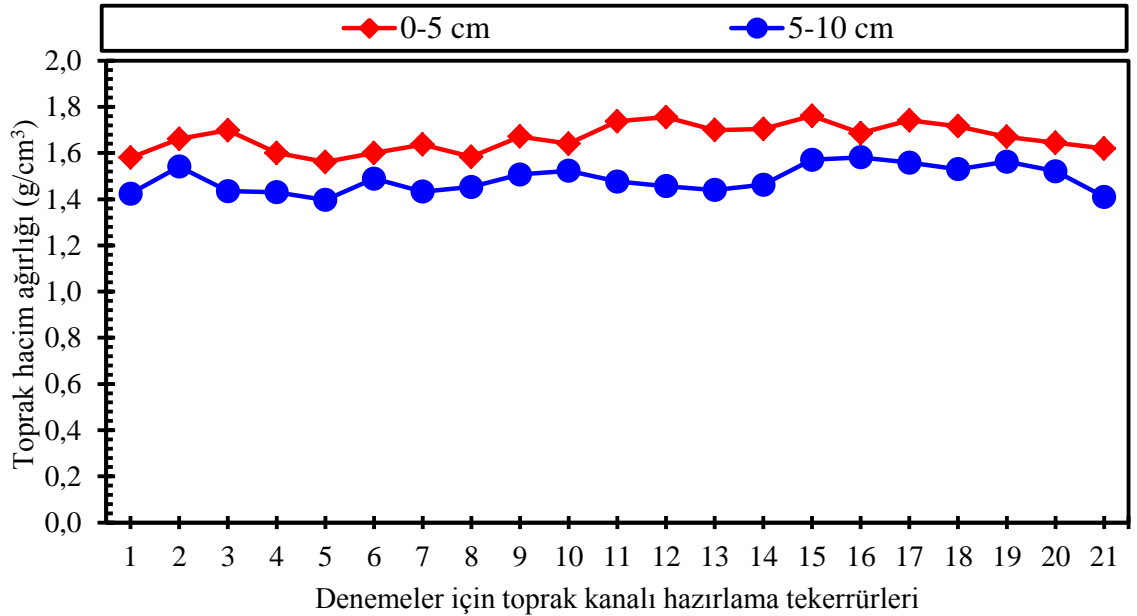


Şekil 4.1. Kuru ağırlık esasına göre 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikteki ortalama toprak nem içeriği değerleri

4.1.2. Toprak hacim ağırlığı

Çalışmada, elde edilen toprak nem içeriği değerleri ilgili eşitliklerde kullanılarak, 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki toprak hacim ağırlığı değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.2). Elde edilen sonuçlara göre, 0-5 cm derinlikte yapılan tüm ölçümlerde ortalama

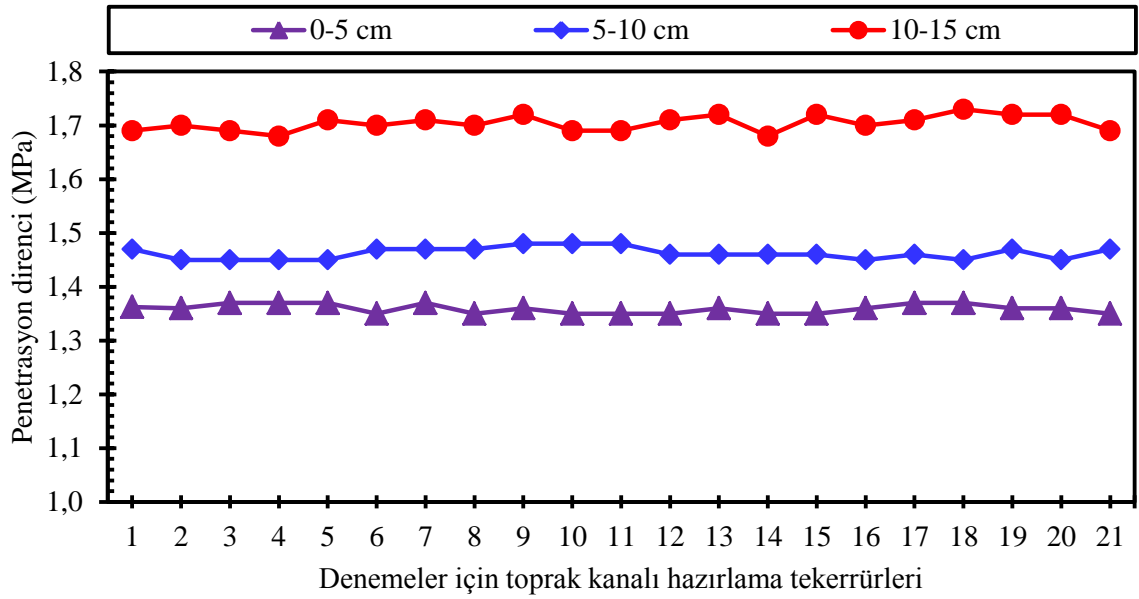
toprak hacim ağırlığı değeri $1,67 \text{ g/cm}^3$ olmuştur. Hacim ağırlığı değerleri genel olarak $1,58 \text{ g/cm}^3$ ile $1,76 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmiştir. 5-10 cm ölçüm derinliğinde ise hacim ağırlığı $1,40 \text{ g/cm}^3$ ile $1,58 \text{ g/cm}^3$ arasında değişirken, ortalama hacim ağırlığı $1,49 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir. Toprak hacim ağırlığı, toprağın birim hacminin ağırlığı şeklinde belirtilmektedir. Toprak sıkıştıkça hacim ağırlığı artmaktadır (Sutherland *et al.* 2001; Gomez *et al.* 2002; Altıkat 2011). Bitki gelişimi için elverişli bir toprağın hacim ağırlığı yaklaşık olarak $1,3 \text{ g/cm}^3$ iken, bitki kök gelişiminin durmasına neden olan değer 2 g/cm^3 'tür (Singh *et al.* 1992). Toprağın hacim ağırlığının normal değerlerden daha fazla olması; toprakta infiltrasyon ve buharlaşmanın engellenmesine, bitki besin elementi alımının zorlaşmasına, çimlenme ve bitki kök gelişimi ile buna bağlı olarak ürün verimi ve kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Al-Dousari *et al.* 2000; Brais 2001). Neill (1979), tahıllar için toprak hacim ağırlığının $1,8 \text{ g/cm}^3$ civarında olması durumunda bitki kök gelişiminde herhangi bir olumsuz durumun ortaya çıkmayacağını belirtmiştir (Singh *et al.* 1992).



Şekil 4.2. 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikteki toprak hacim ağırlığı değerleri

4.1.3. Toprak penetrasyon direnci

Toprak penetrasyon direnci; düşey toprak direnci olarak tanımlanmakta ve bitki kök gelişimi ile verimin bir göstergesi olarak bilinmektedir. Yapılan araştırmalarda penetrasyon direncinin 3 MPa veya daha fazla olması kök gelişimini engelleyici sınır olarak kabul edilmektedir (Busscher and Sojka 1987; Hakansson and Lipiec 2000; Altıkat 2011). Gupta *et al.* (1990), penetrasyon direncinin 2 MPa'dan büyük olmasının aşırı toprak sıkışmasını tanımlayan en önemli kriterlerden biri olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca, üst 5 cm derinlikteki toprak sertliği gömücü ayak performansı için oldukça önemlidir. Bu bilgiler doğrultusunda toprak penetrasyon direncini belirlemek amacıyla, her toprak hazırlığından sonra rastgele belirlenen örnek parsellerinin her birinden beş tekerrürlü olarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, denemeler için hazırlanan toprağın sıkışmasının istenilen düzeye gelip gelmediği kontrol edilmiştir. Toprak sıkışma düzeyinin belirlenmesinde, Erzurum koşullarında sonbahardaki doğrudan hububat ekim koşulları dikkate alınmıştır. 0-5, 5-10 ve 10-15 cm derinliklerde ölçülen ortalama penetrasyon direnci değerleri Şekil 4.3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ölçüm derinliği arttıkça penetrasyon direncinin artış gösterdiği, aynı ölçüm derinliğinde ise birbirine yakın değerlerin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Buna göre penetrasyon direnci değerleri; 0-5 cm derinlikte 1,35 MPa ile 1,37 MPa arasında, 5-10 cm derinlikte 1,45 MPa ile 1,48 MPa arasında ve 10-15 cm derinlikte ise, 1,68 MPa ile 1,73 MPa arasında değişmiştir.



Şekil 4.3. Farklı ölçüm derinliklerinde penetrasyon direnci değerleri

4.2. Çeki, Düşey ve Yan Kuvvetler ile İlgili Sonuçlar

Araştırmada, farklı disk ve yön açıları, farklı düşey ağırlıklar ve farklı anız koşulları altında kullanılan tek diskli tip gömücü ayak üzerine etki eden kuvvetleri belirlemek amacıyla kullanılan yük hücrelerinden anlık olarak ölçülen çeki, düşey ve yan kuvvetlere ilişkin veriler datalogger tarafından kaydedilerek bilgisayara aktarılmıştır. Elde edilen bu verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

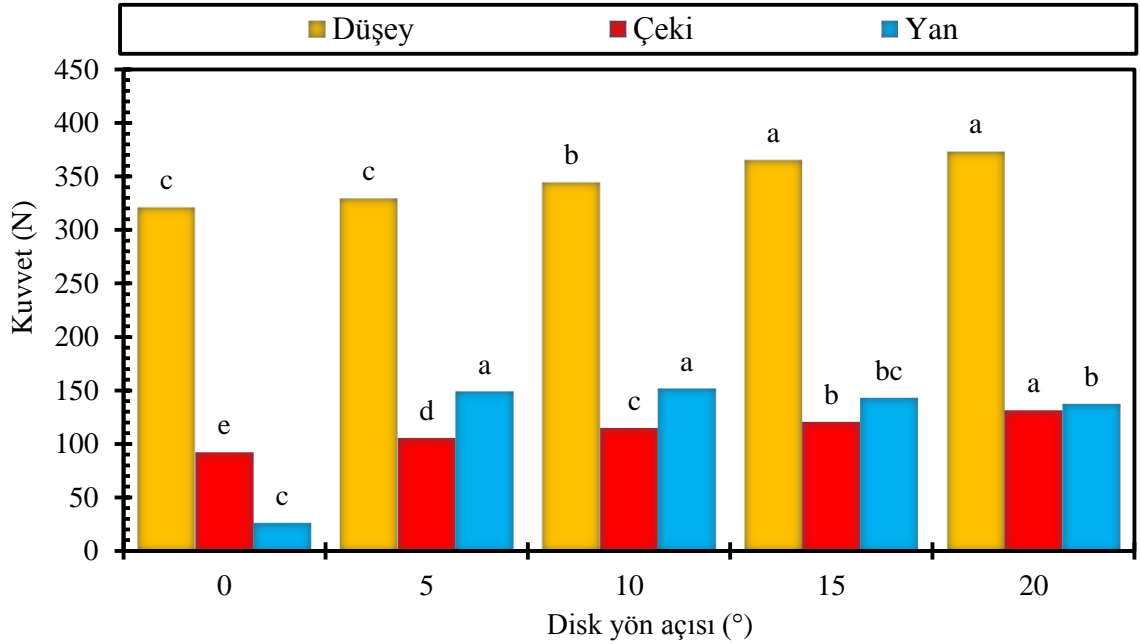
Disk gömücü ayak üzerine etki eden düşey, çeki ve yan kuvvet verilerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre; durum açısının yan kuvvet üzerindeki etkisi hariç, yön ve durum açıları ile disk üzerine uygulanan ağırlıklardaki değişimin düşey, çeki ve yan kuvvetler üzerindeki etkileri çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Yön açısı*ağırlık interaksyonunun düşey ve çeki kuvvetine etkisi çok önemli bulunurken diğer ikili ve üçlü interaksyonların incelenen bu üç kuvvet üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Çeki, düşey ve yan kuvvetlere ilişkin varyans analizi sonuçları önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Düşey kuvvet	Çeki kuvveti	Yan kuvvet
Yön açısı	4	0,000	0,000	0,000
Durum açısı	4	0,000	0,000	0,459
Düşey ağırlık	2	0,000	0,000	0,000
Anız koşulları	2	0,000	0,011	0,108
Yön açısı*durum açısı	16	0,271	0,124	0,124
Yön açısı*ağırlık	8	0,001	0,004	0,159
Yön açısı*anız	8	0,651	0,397	0,836
Durum açısı*ağırlık	8	0,594	0,443	0,951
Durum açısı*anız	8	0,589	0,319	0,970
Ağırlık*anız	4	0,436	0,808	0,999
Yön açısı*durum açısı*ağırlık	32	0,937	0,760	0,674
Yön açısı*durum açısı*anız	32	0,701	0,799	0,876
Durum açısı*ağırlık*anız	16	0,197	0,138	0,203
Yön açısı*ağırlık*anız	16	0,159	0,053	0,664

SD: Serbestlik derecesi

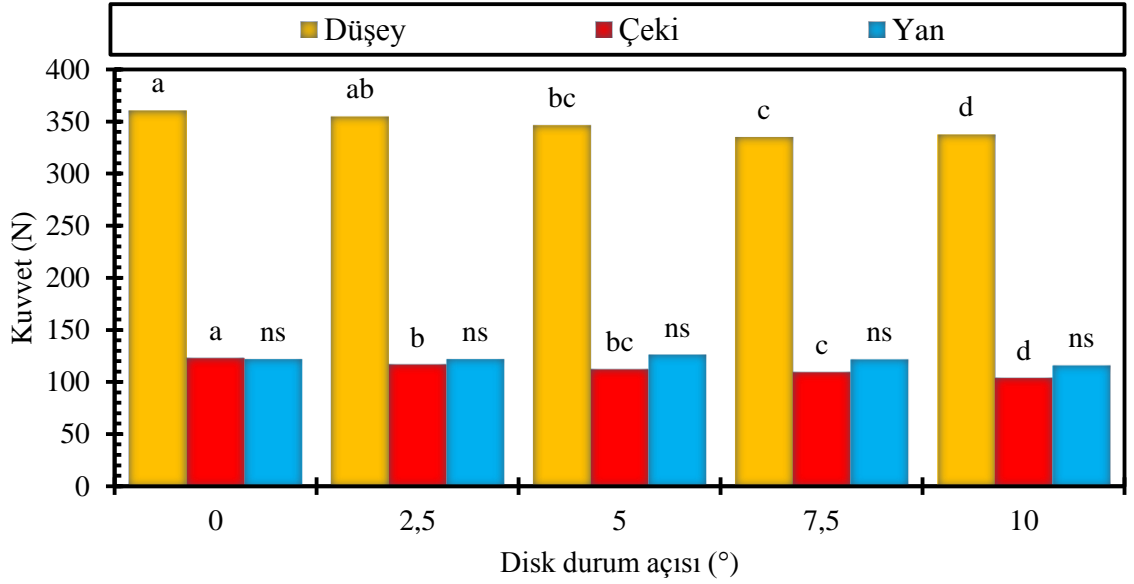
Varyans analizinde elde edilen durum açısı, yön açısı, düşey ağırlık ve anız ile ilgili ortalamalara Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Yön açısındaki değişimin diske gelen kuvvetlere olan etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur (Şekil 4.4). Analiz sonuçlarına göre, yön açısının artmasıyla düşey, çeki ve yan kuvvetlerde artış meydana gelmiştir. Yön açısının 0° değerinde diske gelen düşey direnç 321,5 N iken, yön açısının 20° 'ye çıkmasıyla bu değer yaklaşık %16 artışla 373,4 Newton'a çıkmıştır. Yapılan bir çalışmada, yön açısı olmaksızın düz bir diskin 4000 kg/ha yoğunluktaki çeltik anızını kesmek için ihtiyaç duyduğu düşey kuvvet 311,5 N olarak belirlenmiştir (Badegaonkar *et al.* 2014). Düşey kuvvetin gereğinden fazla olması ekim makinası ağırlık artışı ile sağlanmaktadır. Bu artış, gömücü ayağın toprağa daha fazla batmasına neden olacaktır. Bu durumda, hem istenilen çizi derinliği elde edilemeyecek, hem de çeki kuvveti ihtiyacı da artacaktır.



Şekil 4.4. Düşey, yan ve çeki kuvvetlerin disk yön açısına bağlı olarak değişimi

Disk yön açısının çeki kuvvetine olan etkisinde de düşey kuvvete benzer sonuçlar elde edilmiştir. 0° yön açısında 92 N olan çeki kuvveti 20° yön açısında %40 kadar artışla 131,3 N'a çıkmıştır. Toprak kanalında anızsız koşullarda yapılan benzer bir çalışmada, yön açısı 0° iken 72 N olan çeki kuvveti, 21° yön açısında 176 N olarak belirlenmiştir (Aminzadeh 2014). Disk yön açısının yan kuvvete olan etkisi incelendiğinde; yan kuvvet 0° 'den 10° 'ye artarak, 26,4 N'dan 151,6 N'a çıkmış, daha sonra disk yön açısının 15° ve 20° düzeyleri için yan kuvvetler sırasıyla 143,1 ve 137,4 N olarak elde edilmiştir.

Disk durum açısının düşey kuvvet ve çeki kuvvetine olan etkileri çok önemli bulunurken, yan kuvvete olan etkileri önemsiz çıkmıştır. Durum açısının artmasıyla, diskin hareket doğrultusunda toprak yüzeyini daha fazla taradığı ve toprağa etkisi arttığı için diske gelen kuvvetler, genel olarak azalmıştır. Durum açısının 0° 'den $7,5^\circ$ 'ye çıkmasıyla düşey kuvvette azalma olurken, durum açısının 10° olduğu durumda düşey kuvvette %0,7 oranında bir artış meydana gelmiştir. En yüksek düşey kuvvet, 0° durum açısında 360,4 N ve en düşük değer ise $7,5^\circ$ durum açısında yaklaşık %7 azalmayla, 335,1 N olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5).

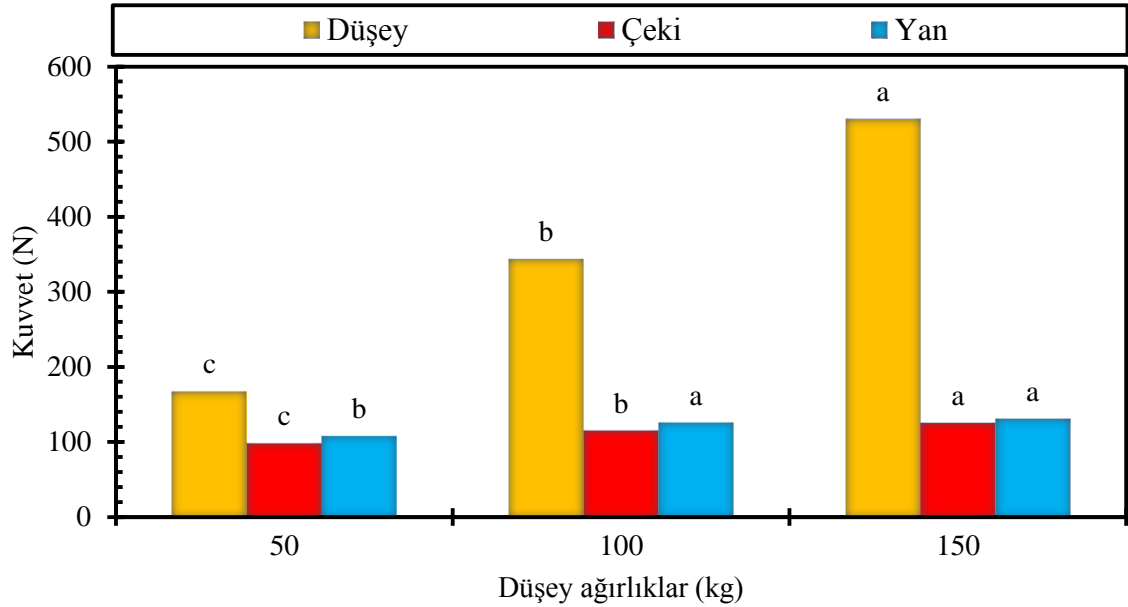


Şekil 4.5. Düşey, yan ve çeki kuvvetlerinin disk durum açısına bağlı olarak değişimi

Çalışmada, en yüksek durum açısında çeki kuvveti ihtiyacının 122,7 N'dan 103,7 N'a düşerek, yaklaşık %16 azaldığı tespit edilmiştir. Yan kuvvet ölçümünde en yüksek değer 5° durum açısında 126,2 N ve en düşük değer ise 10° durum açısında 115,8 N olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5). Tek diskli tip gömücü ayaklarda sadece disk yön açısının kullanılması diske gelen yan kuvvetleri arttırmakta, bunun etkisiyle diskin yan taraftaki toprağı sürükleyip sıkıştırmasına neden olmaktadır. Disk yön ve durum açılarının birlikte kullanılması, özellikle durum açısının 0°den farklı olması gerekmektedir.

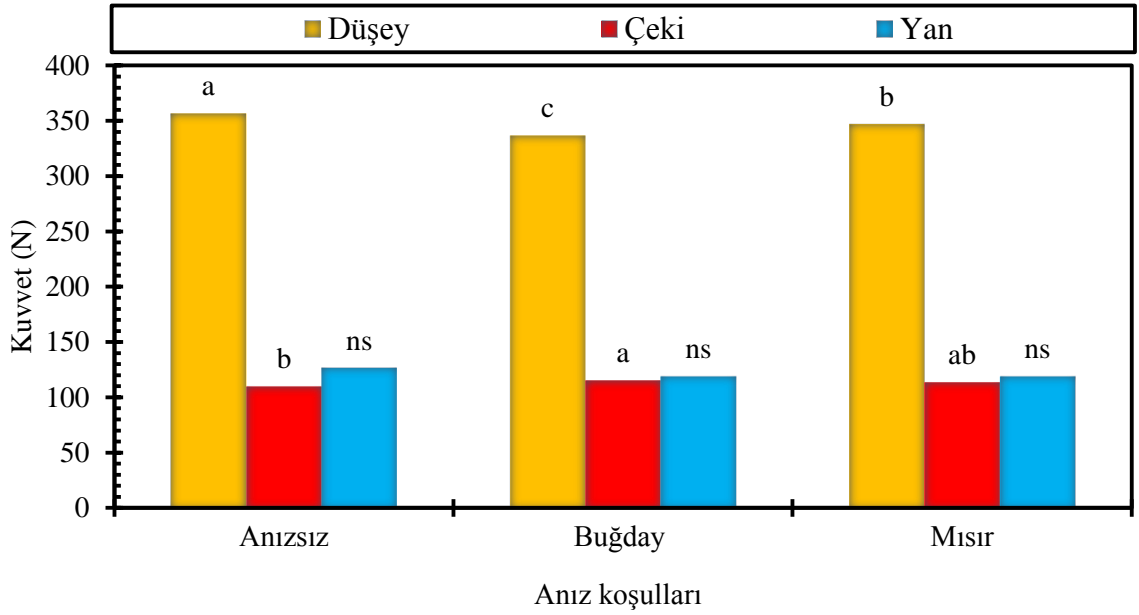
Disk üzerine uygulanan düşey ağırlıkların diske gelen düşey, yan ve çeki kuvvetlerine olan etkileri Şekil 4.6'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, düşey ağırlık artışına bağlı olarak, beklendiği gibi, düşey, çeki ve yan kuvvetlerde istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0,01$) artış meydana gelmiştir. Uygulanan 50 kg düşey ağırlıkta düşey kuvvet 167,3 N iken, ağırlık 150 kg'a çıktığında düşey kuvvet üç kat artarak, 530 N'a çıkmıştır. Ağırlık artışına bağlı olarak çeki kuvveti 98,1 N'dan %27 artışla, 125,4 N'a ve yan kuvvet ise 107,9 N'dan %21 artışla, 130,9 N'a yükselmiştir. Disk üzerine uygulanan düşey ağırlık artışı diskin toprağına daha fazla batmasına neden olmuş ve tek

diskli tip gömücü ayağı hareket ettirebilmek için ihtiyaç duyulan düşey, yatay ve yan kuvvetlerin artışına neden olmuştur.



Şekil 4.6. Düşey, yan ve çeki kuvvetlerinin disk üzerine uygulanan düşey ağırlık artışına bağlı olarak değişimi

Anızsız toprak koşulları ile mısır ve buğday anızlı koşullarda disk gömücü ayak üzerine etki eden kuvvetlerde değişiklikler ortaya çıkmıştır. En yüksek düşey ve yan kuvvetler anızsız koşullarda sırasıyla 356,8 ve 126,7 N olarak elde edilirken, en yüksek çeki kuvveti buğday anızı koşullarında 115,4 N olarak elde edilmiştir. Mısır anızının buğday anızına göre daha kalın ve daha sert bir yapıya sahip olması, beklendiği gibi tek diskli tip gömücü ayağın daha fazla düşey kuvvete ihtiyaç duymasına yol açmıştır (Şekil 4.7). Toprak kanalı koşullarında yapılan bir çalışmada, yön ve durum açısına sahip olmayan 460 mm çapındaki diskli tip bir gömücü ayak için 50 mm çalışma derinliğinde gerekli çeki kuvvetinin anızsız koşullarda yaklaşık 90 N ve anızlı koşullarda ise 190 N civarında olduğu saptanmıştır. Düşey kuvvet ihtiyacının ise anızsız koşullarda 200 N ve anızlı koşullarda ise 400 N olduğunu belirlemişlerdir (Kushwaha *et al.* 1986a).

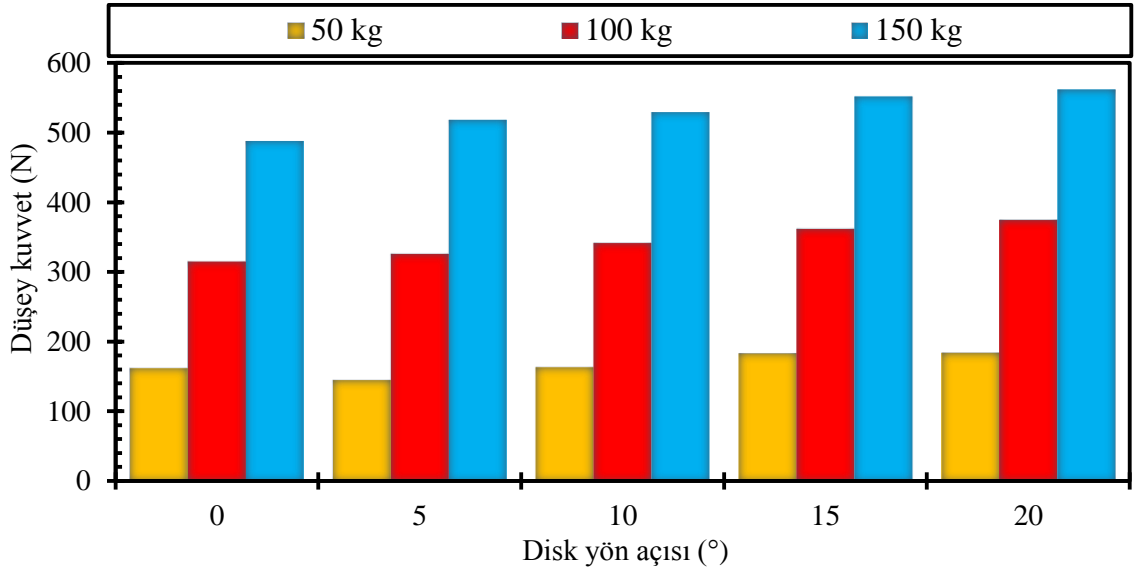


Şekil 4.7. Anız koşullarına göre diskli tip gömücü ayağa gelen kuvvetlerin değişimi

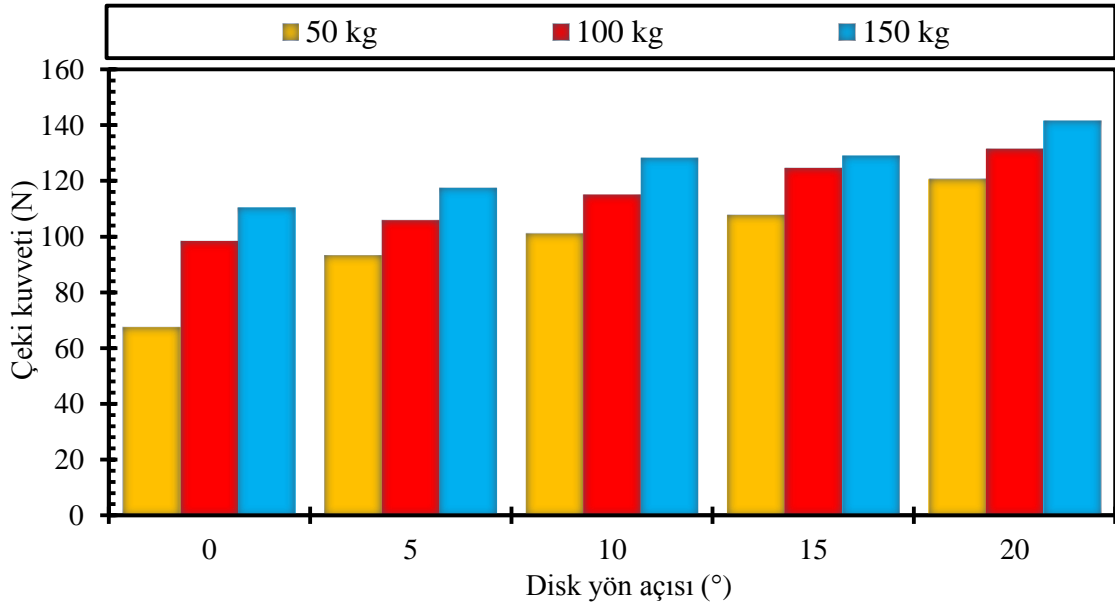
Düşey kuvvetin değişiminde etkili olan ve istatistiksel olarak önemli ($p < 0,01$) bulunan yön açısı* ağırlık intreraksiyonuna göre elde edilen değerlerin değişimi Şekil 4.8’de verilmiştir. Şekilde, ağırlık ve yön açısının artışına bağlı olarak düşey kuvvet ihtiyacının arttığı görülmektedir. 0° yön açısı ve disk üzerine uygulanan 50 kg ağırlık için ortaya çıkan düşey kuvvet 161,6 N olurken, ağırlığın 150 kg’a çıkmasıyla düşey kuvvet 487,9 N olarak gerçekleşmiştir. 20° yön açısı ve 50 kg düşey ağırlıkta ortaya çıkan düşey kuvvet 183,9 N iken, ağırlık 150 kg’a çıktığında düşey kuvvet yaklaşık üç kat artarak 562 N’a yükselmiştir. Sonuç olarak, 50 kg düşey ağırlıkta, yön açısının 0° ’den 20° ’ye çıkması düşey kuvveti çok fazla etkilemezken, yön açısıyla birlikte düşey ağırlık arttığında düşey kuvvet değerlerinde de önemli artışlar meydana gelmiştir (Şekil 4.8).

Yön açısı ve disk üzerine konulan düşey ağırlıkların çeki kuvvetine olan etkisi Şekil 4.9’da görülmektedir. En düşük çeki kuvveti değerleri 0° yön açısında ve 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlıklarda sırasıyla; 67,5 N, 98,4 N ve 110,5 N olarak ortaya çıkmıştır. Yön açısı ve ağırlık artışına bağlı olarak çeki kuvveti değerlerinde de artış meydana gelmiş ve maksimum çeki kuvveti değerleri 20° yön açısında elde edilmiştir. Buna göre, 20° yön açısında, düşey ağırlık artışına bağlı olarak çeki kuvveti sırasıyla; 120,7 N, 131,5 N

ve 141,6 N olarak ölçülmüştür. Burada ağırlık artışına bağlı olarak çeki kuvveti ihtiyacının yaklaşık %17 oranında yükseldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa bağlı olarak düşey kuvvetin değişimi



Şekil 4.9. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi

4.3. Gömücü Ayak Geçişinden Sonra Penetrasyon Direnci ile İlgili Sonuçlar

4.3.1. Çizi tabanı penetrasyon direnci

Bitki kök gelişimi açısından gömücü ayaklar ile açılan çizi tabanında gevşek bir toprak yapısı oluşması beklenmektedir. Araştırmada gömücü ayak geçişinden sonra, üzerinde durulan faktörlerin çizi tabanı ve çizi duvarının sıkışmasına olan etkilerini belirlemek için çizi tabanından ve çizi kenarından 15 cm derinliğe kadar penetrasyon direnci ölçümleri yapılmıştır. Çizi tabanı penetrasyon direnci ölçümlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de, verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sadece yön açısının 0-5 ve 5-10 cm derinliklerde penetrasyon direnci üzerindeki etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$), diğer faktörlerin ve interaksiyonların etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

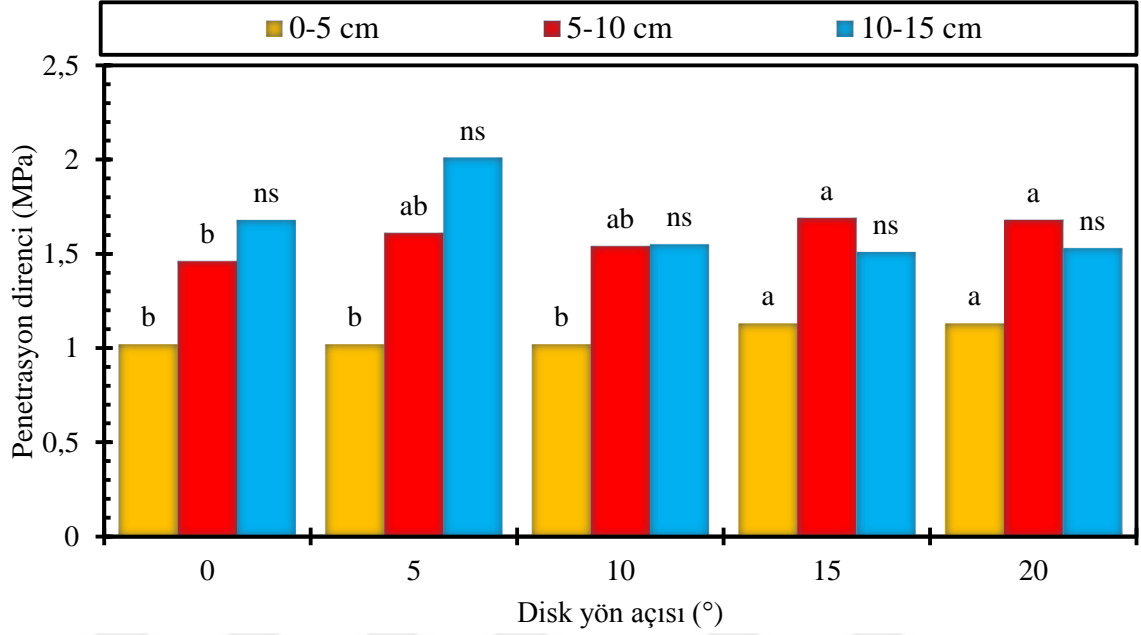
Çizelge 4.2. Gömücü ayak geçişinden sonra çizi tabanı penetrasyon direnci (MPa) varyans analizi önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Ölçüm derinliği (cm)		
		0-5	5-10	10-15
Yön açısı	4	0,002	0,010	0,374
Durum açısı	4	0,238	0,214	0,589
Düşey ağırlık	2	0,428	0,762	0,561
Anız	2	0,479	0,618	0,667
Yön açısı*durum açısı	16	0,565	0,654	0,438
Yön açısı*düşey ağırlık	8	0,753	0,862	0,563
Yön açısı*anız	8	0,992	0,926	0,477
Durum açısı*düşey ağırlık	8	0,277	0,356	0,417
Durum açısı*anız	8	0,404	0,274	0,426
Düşey ağırlık*anız	4	0,263	0,462	0,563
Yön açısı*durum açısı*düşey ağırlık	32	0,810	0,510	0,501
Yön açısı*durum açısı*anız	32	0,838	0,740	0,353
Durum açısı*düşey ağırlık*anız	16	0,525	0,567	0,587
Yön açısı*düşey ağırlık*anız	16	0,393	0,475	0,333

SD: Serbestlik derecesi

Ölçüm sonuçlarına göre, 0-5 cm derinlikte yön açısının 0, 5 ve 10° değerlerinde çizi tabanı penetrasyon direncinin aynı kaldığı (1,02 MPa), 15 ve 20° değerlerinde ise %10 kadar bir artış olduğu (1,13 MPa) belirlenmiştir (Şekil 4.10). Altıkat (2011), tek diskli tip gömücü ayaklara sahip bir doğrudan ekim makinası ile yazlık fiğ üzerine yaptığı

çalışmada 0-5 cm derinlikte sıra üzeri penetrasyon direncini ortalama 1,21 MPa olarak tespit etmiştir.

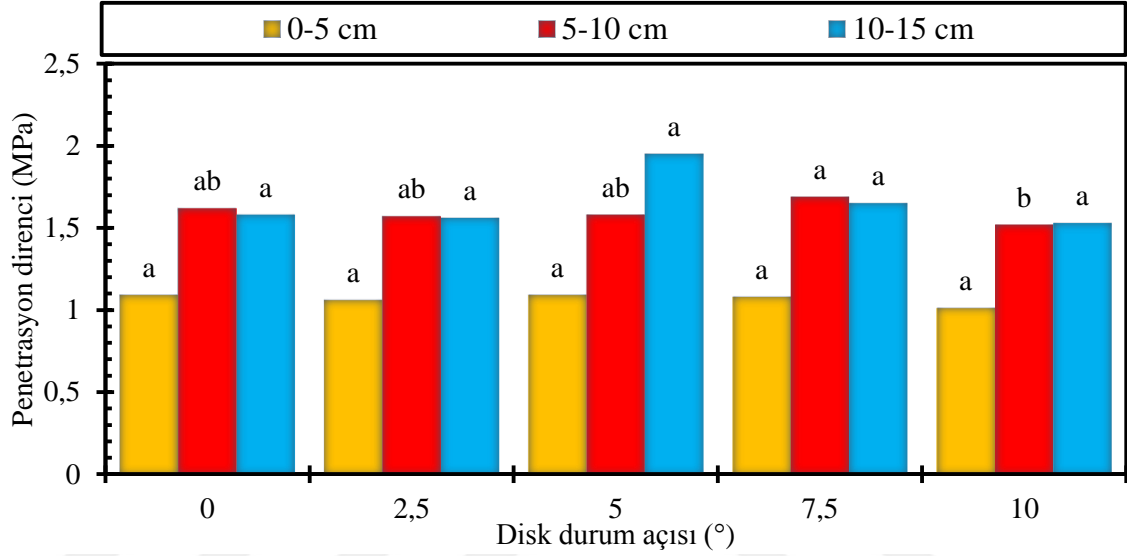


Şekil 4.10. Çizi tabanındaki penetrasyon direncinin diskli tip gömücü ayağın farklı yön açılara göre değişimi

Disk yön açısının bütün değerlerinde, genel olarak çizi derinliğinin 5 ve 10 cm altında elde edilen penetrasyon direncinin 0-5 cm'ye göre %50'ye varan değerlerde artış gösterdiği belirlenmiştir. Üst 0-5 cm derinlikte gömücü ayağın gevşetme etkisi olurken, alt katmanlarda diskin baskı etkisiyle başlangıç değerlerine yakın veriler elde edilmiştir. 10-15 cm ölçüm derinliğinde yön açısının penetrasyon direncine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, en yüksek penetrasyon direnci değeri 5° yön açısı ve 10-15 cm derinlikte 2,01 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.10).

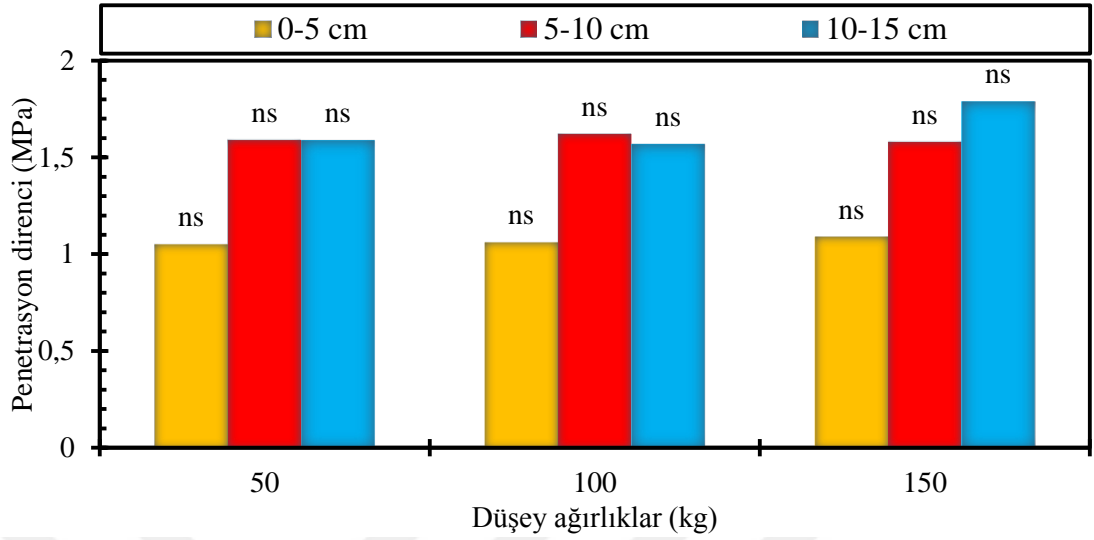
Disk durum açısının değişimine bağlı olarak çizi tabanı penetrasyon direncinde 5-10 cm derinlikte farklılıklar meydana gelmiştir. 0-5 cm ölçüm derinliğinde, durum açısının 10° değerinde 1,01 MPa ile en düşük penetrasyon direnci elde edilirken, en yüksek penetrasyon direnci ise durum açısının 0° olduğu durumda 1,09 MPa olarak ölçülmüştür. Yön açısında olduğu gibi, çizi derinliği altında ölçülen penetrasyon direnci

değerleri çizi derinliğine göre yaklaşık %50 daha yüksek bulunmuştur. En yüksek penetrasyon direnci değeri 7,5° durum açısında ve 10-15 cm ölçüm derinliğinde 1,95 MPa olarak, başlangıç değeri ortalamasından daha yüksek elde edilmiştir (Şekil 4.11).



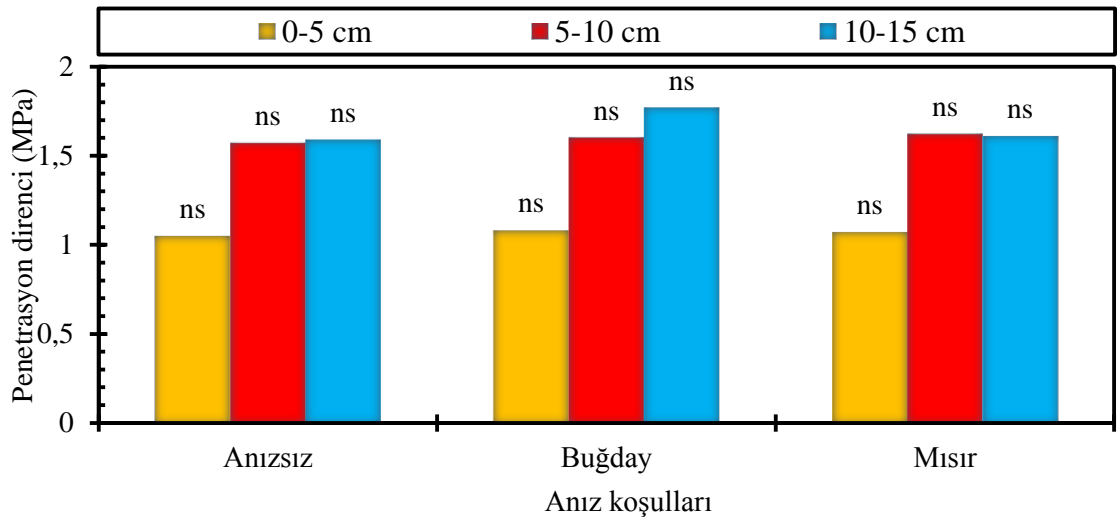
Şekil 4.11. Farklı disk durum açılarında çizi tabanındaki penetrasyon direncinin değişimi

Disk gömücü ayak üzerine etki eden düşey ağırlığın çizi tabanındaki penetrasyon direncine etkisi önemsiz olmasına karşın, tüm düşey ağırlık değerlerinde, 5-10 cm ölçüm derinliğinde 0-5 cm ölçüm derinliğine göre beklendiği gibi çizi tabanında sıkışma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 5-10 ve 10-15 cm ölçüm derinliklerinde elde edilen penetrasyon direnci değerleri 0-5 cm derinlikte elde edilenden yaklaşık %50 daha yüksek bulunmuştur. En yüksek değer penetrasyon direnci değeri 150 kg düşey ağırlık uygulamasında ve 10-15 cm ölçüm derinliğinde 1,79 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Farklı düşey ağırlıkların çizi tabanındaki penetrasyon direncinin değişimine etkisi

Çizi tabanı penetrasyon direnci, anızsız toprak koşullarında buğday ve mısır anızlı koşullara göre tüm ölçüm derinliklerinde daha düşük ölçülmüştür. Buğday anızlı koşullarında 0-5 ve 10-15 cm derinliklerde mısır anızına göre daha yüksek penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.13). Ayrıca, anızsız ve her iki anız koşullarında da 10 cm ölçüm derinliğine kadar, derinlik arttıkça penetrasyon direncinin arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Farklı anız koşullarında çizi tabanındaki penetrasyon direncinin değişimi

4.3.2. Çizi kenarı penetrasyon direnci

Diskli tip gömücü ayaklar ile çalışmada, durum ve yön açılarının etkisiyle açılan çizilerin kenarları sıvama etkisine maruz kalmaktadır. Sıvama etkisi toprağın çiziden dışarıya çıkması yerine çizi kenarına yapılan baskı ile yapışmasına ve sıkışmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, çizi kenarı penetrasyon direnci önem arz etmektedir. Gömücü ayak geçişinden sonra açılan çizilerin her iki kenarından yapılan penetrasyon direnci ölçümlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 10-15 cm ölçüm derinliğinde disk durum açısının penetrasyon direncine olan etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, diğer faktörlerin ve interaksiyonların etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3). Yön açısı değişiminin çizi kenarı penetrasyon direncine etkisi incelendiğinde; istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Ölçüm derinliği arttıkça penetrasyon direnci artış gösterirken, açı değişiminin penetrasyon direncine etkisi benzer şekilde önemsiz bulunmuştur.

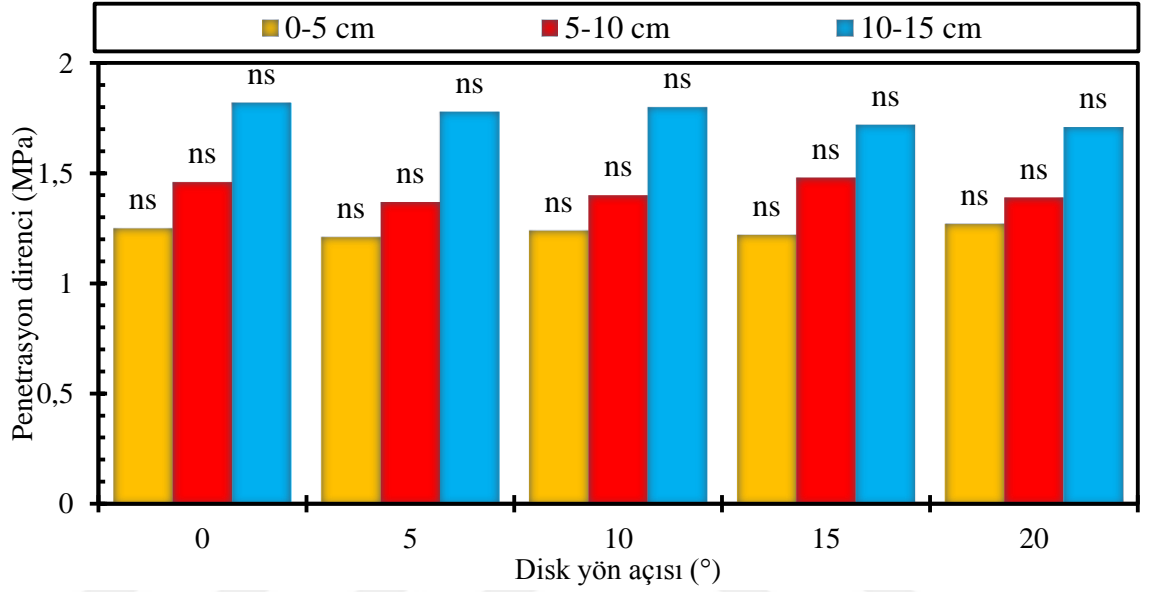
Çizelge 4.3. Gömücü ayak geçişinden sonra çizi kenarı penetrasyon direnci varyans analizi önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Ölçüm derinliği (cm)		
		0-5	5-10	10-15
Yön açısı	4	0,263	0,633	0,659
Durum açısı	4	0,571	0,809	0,035
Düşey ağırlık	2	0,344	0,567	0,912
Anız	2	0,267	0,548	0,906
Yön açısı*durum açısı	16	0,267	0,451	0,871
Yön açısı*ağırlık	8	0,299	0,582	0,883
Yön açısı*anız	8	0,456	0,951	0,511
Durum açısı*ağırlık	8	0,992	0,656	0,997
Durum açısı*anız	8	0,311	0,709	0,930
Ağırlık*anız	4	0,456	0,445	0,586
Yön açısı*durum açısı*ağırlık	32	0,930	0,951	0,877
Yön açısı*durum açısı*anız	32	0,617	0,998	0,957
Durum açısı*ağırlık*anız	16	0,842	0,584	0,917
Yön açısı*ağırlık*anız	16	0,528	0,926	0,713

SD: Serbestlik derecesi

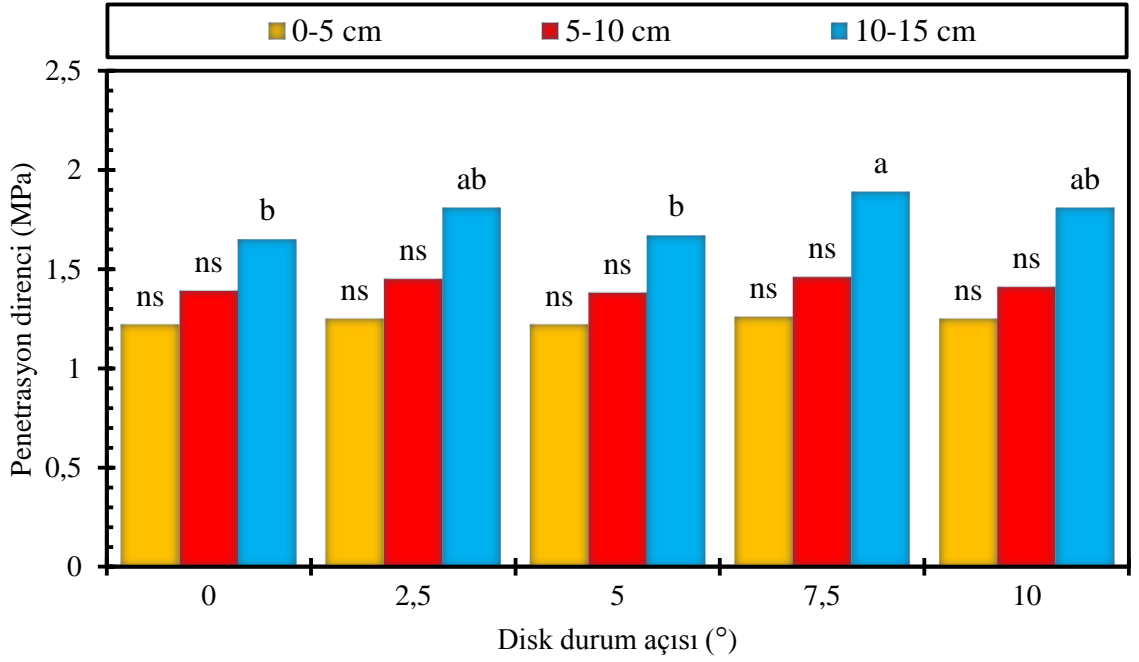
Ölçüm derinliğine göre penetrasyon direncinde 0-5 cm'den 10-15 cm'ye geçişte %10 ve 5-10 cm'den 10-15 cm'ye geçişte ise yaklaşık %20 oranında artış gerçekleşmiştir. 5°

yön açısı ve 0-5 cm ölçüm derinliğinde 1,21 MPa ile en düşük ve 0° yön açısı ile 10-15 cm ölçüm derinliğinde 1,82 MPa ile en yüksek penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Farklı disk yön açılarında çizi kenarındaki penetrasyon direncinin derinliğe göre değişimi

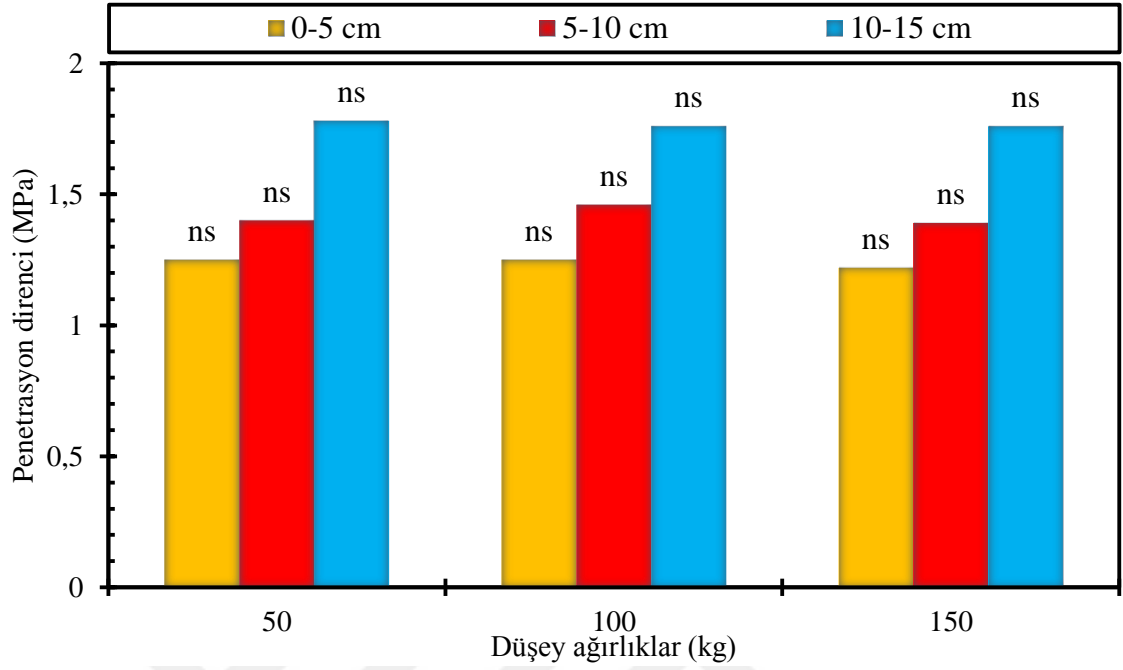
Çizi kenarı penetrasyon direncinin disk durum açısına göre değişimi yön açısına benzer bulunmuştur. Yapılan ölçüm derinliği artışına paralel olarak penetrasyon direnci değerleri de artış göstermiştir. En yüksek penetrasyon direnci değerleri 7,5° durum açısında, 0-5 cm, 5-10 cm ve 10-15 cm ölçüm derinliklerinde sırasıyla 1,26 MPa, 1,46 MPa ve 1,89 MPa olarak elde edilmiştir (Şekil 4.15).



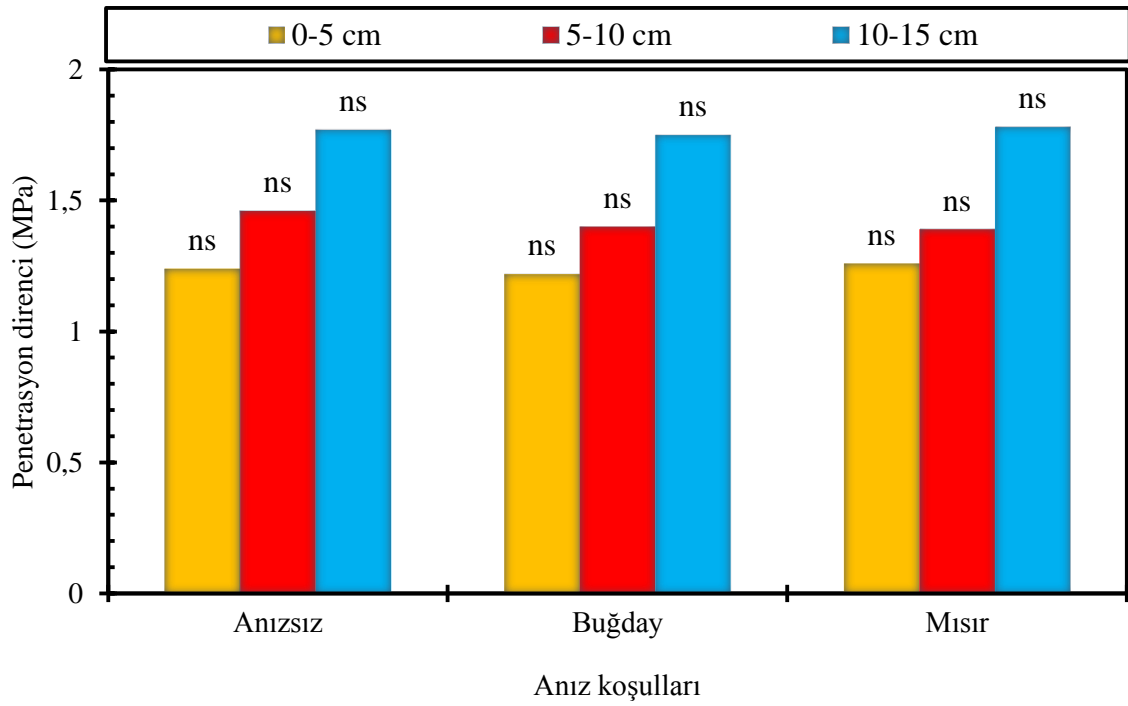
Şekil 4.15. Farklı disk durum açılarında çizi kenarı penetrasyon direncinin derinliğe göre değişimi

Tek diskli tip gömücü ayak ünitesi üzerine konulan farklı düşey ağırlıkların çizi kenarlarından ölçülen penetrasyon direnci değerlerine etkileri benzer bulunurken, ölçüm derinliklerine göre farklılık ortaya çıkmıştır. Beklendiği gibi, ölçüm derinliği arttıkça penetrasyon direncinin de arttığı tespit edilmiştir. 5-10 cm ölçüm derinliğinde ölçülen penetrasyon direnci, 0-5 cm derinliğe göre yaklaşık %12 ile %16, 10-15 cm ölçüm derinliğine göre ise yaklaşık %20 ile %27 arasında bir artış göstermiştir (Şekil 4.16).

Anız koşullarının çizi kenarı penetrasyon direnci üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, bu koşullara göre penetrasyon direnci artış seyri diğer faktörlerin seyrine benzer bulunmuştur. 0-5 cm ölçüm derinliğinde anızsız koşullarda ortalama 1,24 MPa, buğday anızlı koşullarda 1,22 MPa ve mısır anızlı koşullarda ise 1,26 MPa penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir. Ölçüm derinliği 0-5 cm'den 10-15 cm'ye çıktığında, penetrasyon direncinde ortalama %42 oranında bir artış meydana gelmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.16. Farklı düşey ağırlıkların çizi kenarındaki penetrasyon direncine etkisinin derinliğe göre değişimi



Şekil 4.17. Farklı anız koşullarında çizi kenarındaki penetrasyon direncinin derinliğe göre değişimi

4.4. Çizi ile İlgili Sonuçlar

4.4.1. Çizi derinliği, çizi genişliği ve çizi kesit alanı

Diskli tip gömücü ayaklar ile çalışmada beklenen en önemli parametrelerden biri de çizi özellikleridir. Çalışmada, çizi derinliği, çizi genişliği ve çizi kesit alanından oluşan çizi özelliklerine ilişkin elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizi derinliği ile ilgili sonuçlara göre, disk yön ve durum açıları ile düşey ağırlık faktörlerinin çizi derinliği üzerindeki etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Ayrıca, yön açısı*düşey ağırlık ile durum açısı*düşey ağırlık*anız koşulları interaksiyonlarının çizi derinliğine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Çizi kesit alanı, profilograf kullanımından elde edilen verilerin MATLAB ortamında oluşturulan bir hesaplama programına aktarılmasıyla hesaplanmıştır.

Hesaplama elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre, yön ve durum açıları ile düşey ağırlık faktörlerinin çizi kesit alanı üzerinde istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yön açısı*durum açısı ve yön açısı*düşey ağırlık ikili interaksiyonlarının da çizi kesit alanı üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu saptanmıştır.

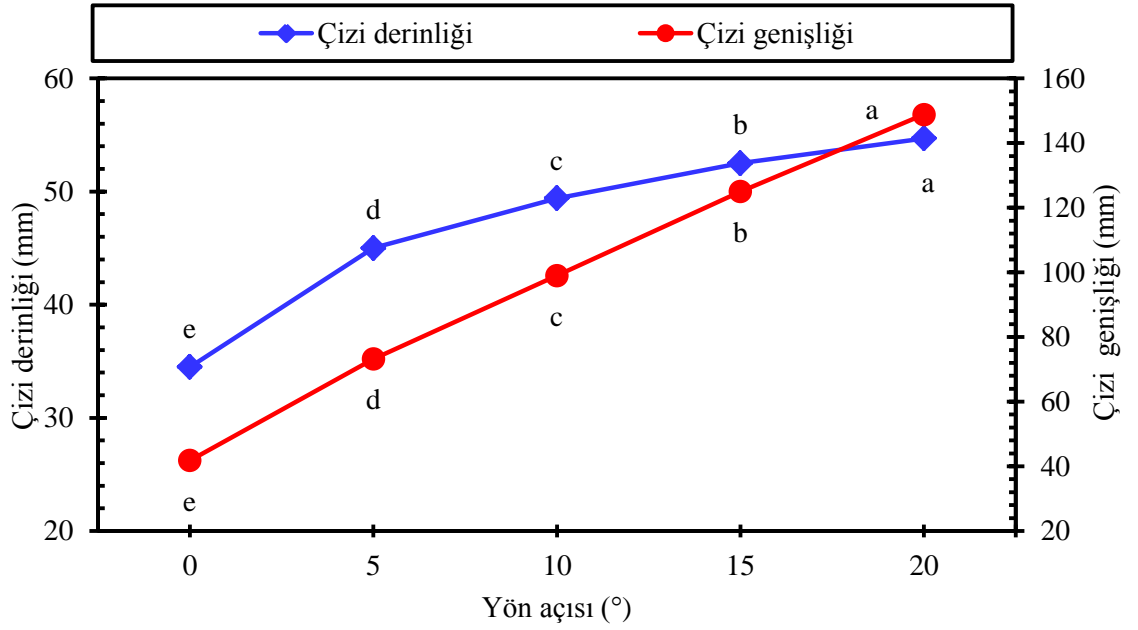
Çizi derinliği ortalama değerleri incelendiğinde, yön açısı arttıkça çizi derinliğinin arttığı tespit edilmiştir. Küçük yön açısı değerlerinde, hedef olarak öngörülen 50 mm çizi derinliği altında derinlik değerleri elde edilirken, büyük yön açıları ile hedef değer üzerinde derinlikler elde edilmiştir. Sonuçlara göre, disk yön açısı 0° iken 34,5 mm olan ortalama çizi derinliği, 20° yön açısında 54,7 mm'ye çıkmıştır (Şekil 4.18).

Çizelge 4.4. Çizi derinliği, çizi genişliği ve çizi kesit alanı varyans analizi önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Çizi parametreleri		
		Çizi derinliği (mm)	Çizi genişliği (mm)	Çizi kesit alanı (mm ²)
Yön açısı	4	0,000	0,000	0,000
Durum açısı	4	0,000	0,150	0,000
Düşey ağırlık	2	0,000	0,000	0,000
Anız	2	0,299	0,000	0,531
Yön açısı*durum açısı	16	0,507	0,515	0,003
Yön açısı*düşey ağırlık	8	0,000	0,086	0,000
Yön açısı*anız	8	0,097	0,951	0,789
Durum açısı*düşey ağırlık	8	0,323	0,234	0,553
Durum açısı*anız	8	0,115	0,827	0,673
Düşey ağırlık*anız	4	0,605	0,158	0,164
Yön açısı*durum açısı*düşey ağırlık	32	0,118	0,693	0,125
Yön açısı*durum açısı*anız	32	0,635	0,416	0,697
Durum açısı*düşey ağırlık*anız	16	0,021	0,086	0,075
Yön açısı*düşey ağırlık*anız	16	0,658	0,484	0,068

SD: Serbestlik derecesi

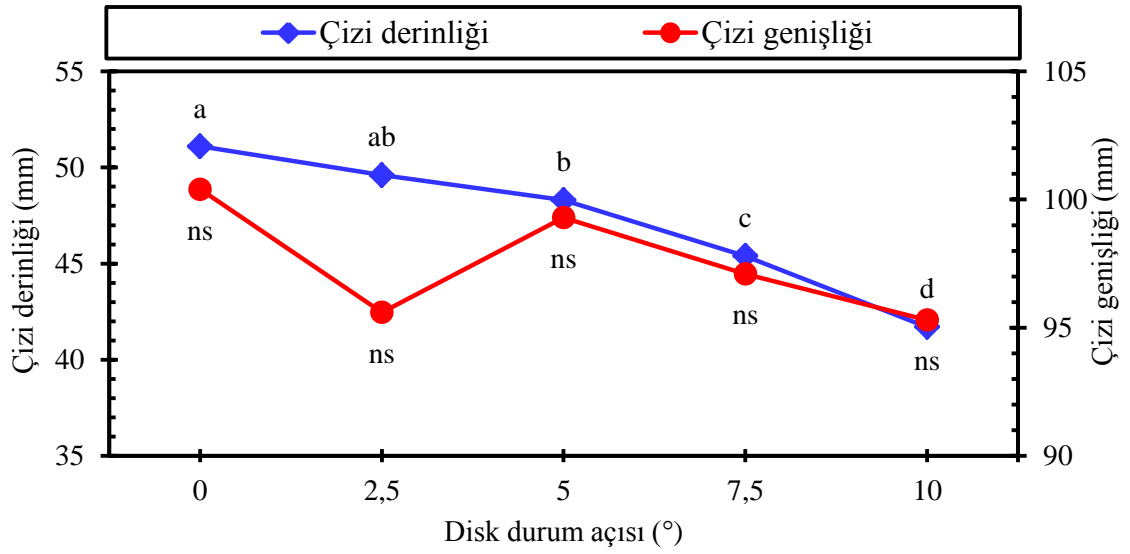
Araştırmada, disk yön açısının çizi genişliğine olan etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Çizi derinliğinde olduğu gibi, yön açısının artması ile çizi genişliğinde de önemli artışlar meydana gelmiştir. Yön açısı 0° iken 41,8 mm olan çizi genişliği, 20° yön açısında, yaklaşık 4 kat artış göstererek 148,8 mm'ye ulaşmıştır (Şekil 4.18). Yön açısı artışı, artan çizi genişliğine paralel olarak gevşetilen ve hareketlendirilen toprağın artmasına da yol açmaktadır. Doğrudan ekim yönteminde, çizi genişliğinin artmasına yol açan yön açısının fazla olması istenmeyen sonuçlara yol açmaktadır.



Şekil 4.18. Farklı disk yön açılarına bağlı olarak çizi derinliği ve genişliğinin değişimi

Farklı disk durum açılarının çizi derinliği ve genişliği üzerindeki etkileri ile ilgili çoklu karşılaştırma testi sonuçları Şekil 4.19’da verilmiştir. Sonuçlara göre, disk durum açısının çizi derinliğine etkisi yön açısının aksine bir durum ortaya çıkarmış ve durum açısı arttıkça çizi derinliğinin azaldığı tespit edilmiştir. 0° durum açısında çizi derinliği 51,1 mm iken, durum açısı 10°’ye çıktığında çizi derinliği 41,7 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.19). Ortaya çıkan sonuçlara göre, beklendiği gibi, büyük yön açıları ile küçük durum açıları diskin toprağa daha fazla batmasına yol açmıştır.

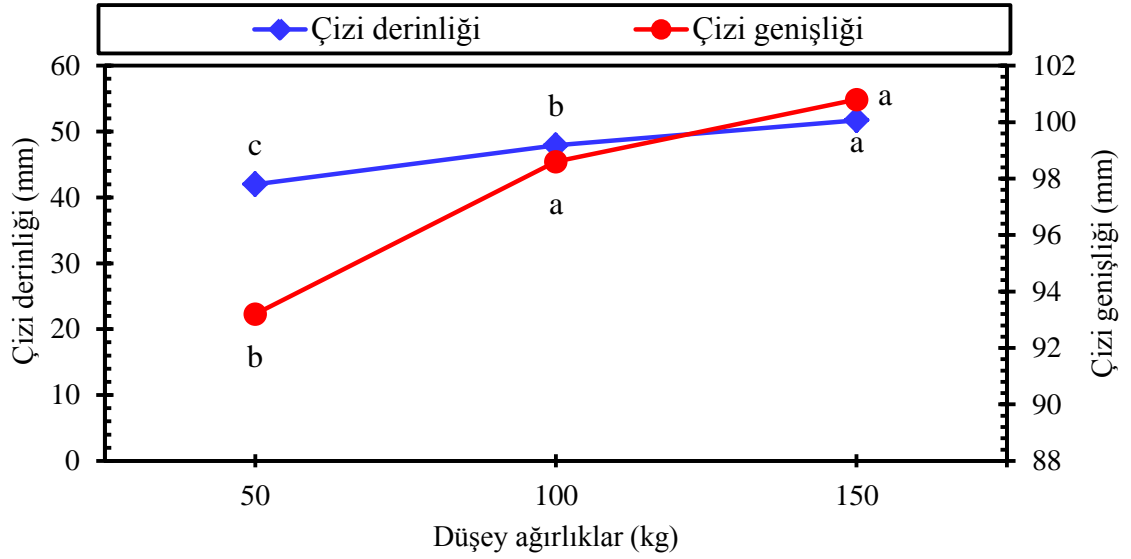
0° durum açısında maksimum çizi genişliği 100,4 mm olarak elde edilmiştir. Yön açısının aksine, 0°’den büyük durum açıları daha düşük çizi genişliği değerlerine ulaşılmıştır. En küçük çizi genişliği değeri ise 95,3 mm ile 10° durum açısında belirlenmiştir (Şekil 4.19).



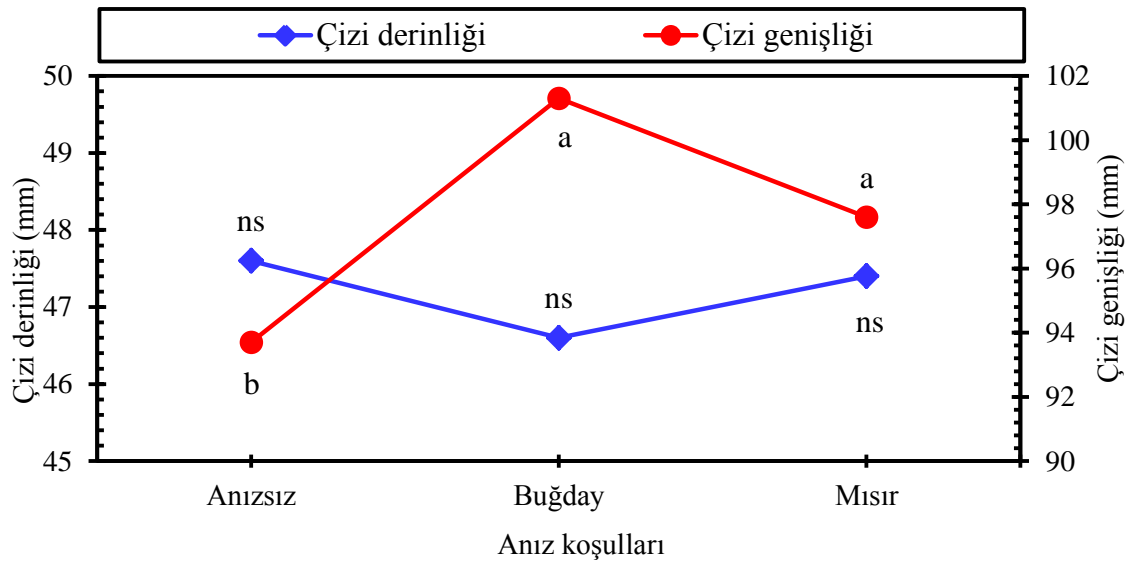
Şekil 4.19. Farklı disk durum açılarının çizi derinliği ve çizi genişliğine etkisi

Disk gömücü ayak üzerine uygulanan düşey ağırlıkların çizi derinliği ve çizi genişliği üzerindeki etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Beklendiği gibi, düşey ağırlık artışına bağlı olarak çizi derinliği ve çizi genişliğinde artış meydana gelmiştir. Buna göre, 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlık uygulamalarında çizi derinliği sırasıyla, 42,1 mm, 47,9 mm ve 51,7 mm olarak belirlenmiştir. 150 kg ağırlık uygulamasında her ne kadar hedeflenen çizi derinliğinden 1,7 mm daha fazla sonuç elde edilse de diğer ağırlık değerlerine göre daha iyi derinlik sağlanmıştır. Düşey ağırlık miktarı arttıkça çizi genişliğinin, ağırlığa bağlı olarak sırasıyla; 93,2 mm, 98,6 mm ve 100,8 mm olarak giderek arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.20).

Anız koşullarına göre ortalama çizi derinliği değerleri incelendiğinde, anızsız koşullarda 47,6 mm ile en yüksek çizi derinliği değerlerine ulaşılırken, buğday anızında 46,6 mm ve mısır anızında ise 47,4 mm değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.21). Anızsız toprak koşullarında, buğday ve mısır anızına göre daha dar çizi genişliği ortaya çıkmıştır. Buna göre; anızsız koşullarda 93,7 mm, mısır anızında 97,6 mm ve buğday anızında ise 101,3 mm ortalama çizi genişlikleri ortaya çıkmıştır (Şekil 4.21).



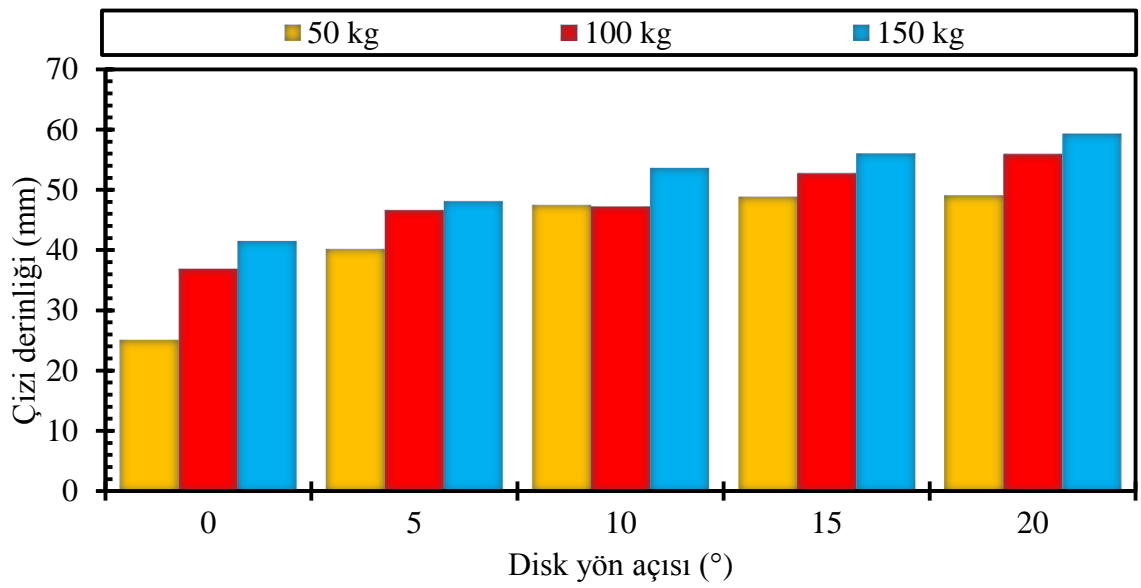
Şekil 4.20. Farklı düşey ağırlık uygulamalarının çizi derinliği ve çizi genişliğine etkisi



Şekil 4.21. Farklı anız koşullarının çizi derinliği ve çizi genişliğine etkisi

Disk yön açısı ve düşey ağırlık interaksiyonunda her iki parametrenin artışı çizi derinliğinin artmasına yol açmıştır. Elde edilen ortalama değerler incelendiğinde; yön açısı 0° iken, 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlıklarda sırasıyla 25,1 mm, 36,9 mm ve 41,5 mm çizi derinlikleri meydana gelmiştir. Yön açısı 0° iken, 150 kg maksimum

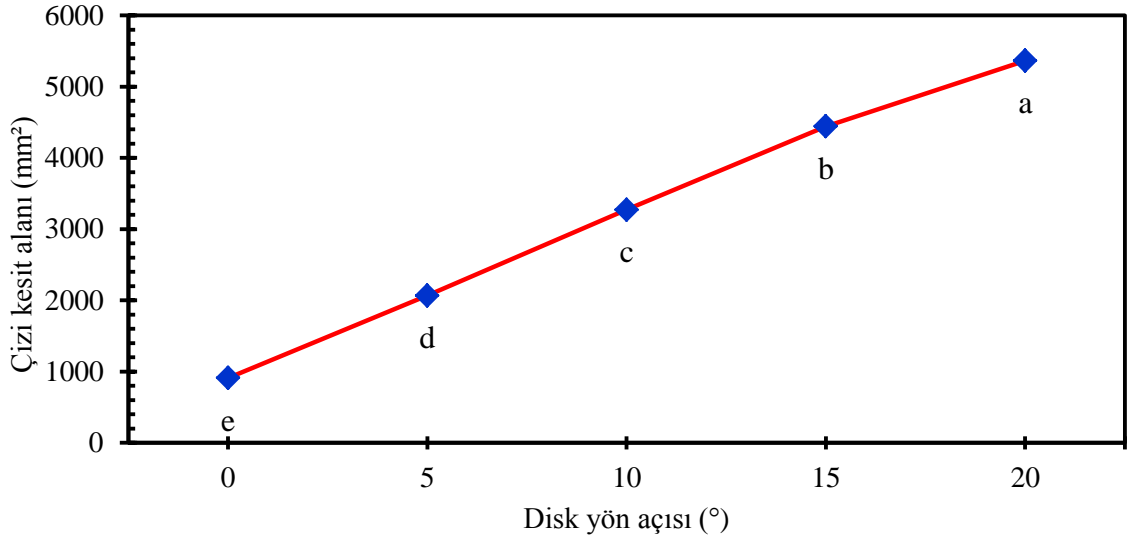
düşey ağırlıkta bile hedef çizi derinliği seviyesine ulaşamamıştır. 20° yön açısı ve 150 kg ilave ağırlıkta 59,3 mm ile en yüksek çizi derinliği değeri elde edilmiştir (Şekil 4.22). Disk yön açısının fazla olması disk gömücü ayak yüzeyinin toprak ile daha fazla temas etmesine neden olmakta, bu durum çizi tabanındaki toprağın hareketliliğini arttırmaktadır. Bundan dolayı, disk yön açısının büyük olması çizi derinliğinin artışına neden olmaktadır.



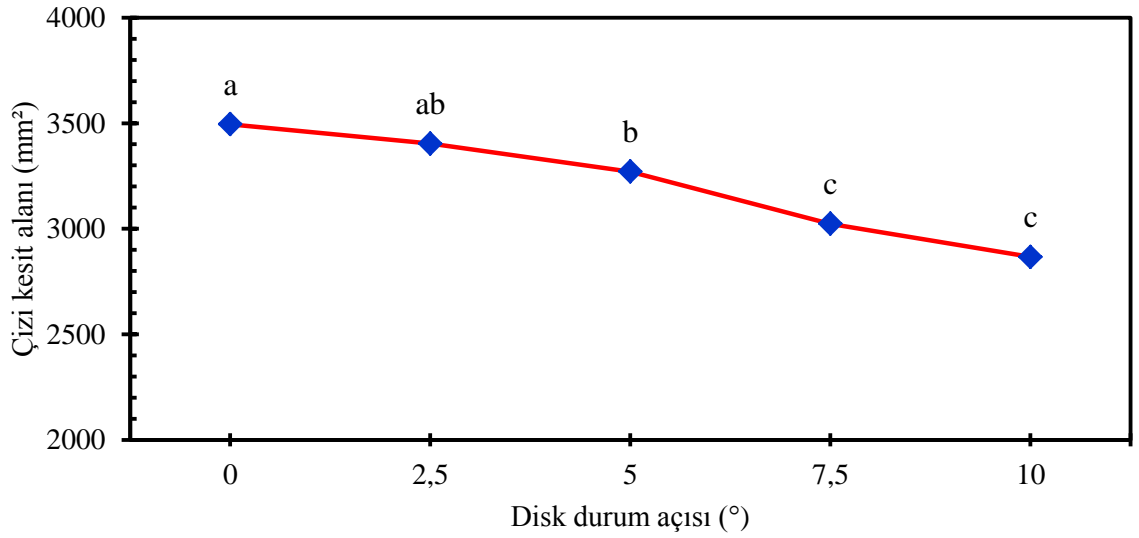
Şekil 4.22. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa bağlı olarak çizi derinliğinin değişimi

Çizi derinliği ve çizi genişliği değerlerinde olduğu gibi, diskin yön açısının artması çizi kesit alanında da önemli artışlara neden olmuştur. Çizi kesit alanı 0° yön açısında 911 mm² iken, 5° yön açısında 2 katın üzerinde artarak 2067 mm²'ye ve 20° yön açısında yaklaşık 6 kat artarak 5365 mm²'ye yükselmiştir (Şekil 4.23).

Yön açısının aksine, disk durum açısının 0°'den 10°'ye çıkması çizi kesit alanında azalmaya neden olmuştur. Disk durum açısı 0° iken, 3494 mm² çizi kesit alanı elde edilirken, durum açısı 10° olduğunda çizi kesit alanı yaklaşık %20 azalma ile 2866 mm²'ye düşmüştür (Şekil 4.24).



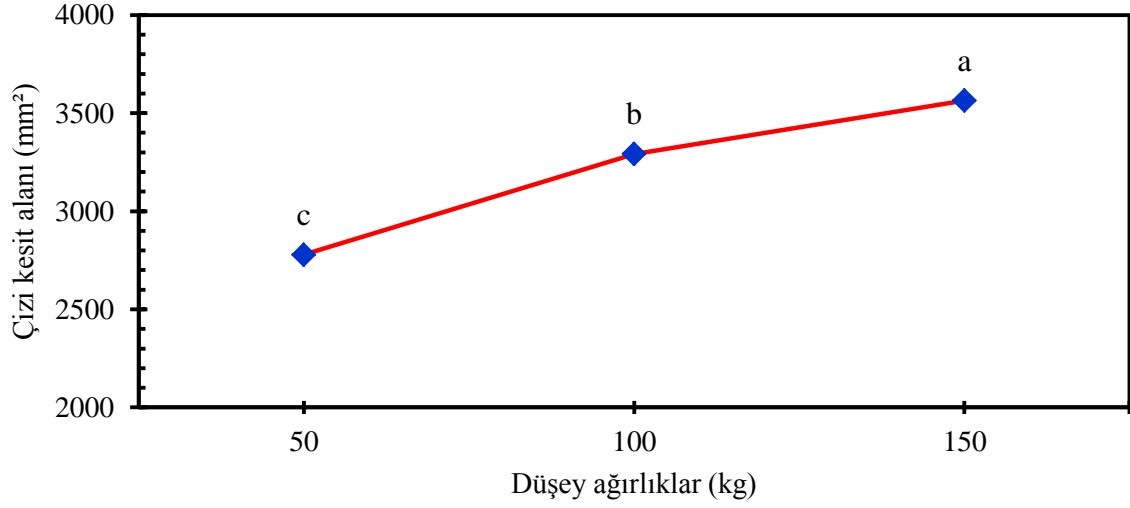
Şekil 4.23. Farklı disk yön açılarındaki çizgi kesit alanının değişimi



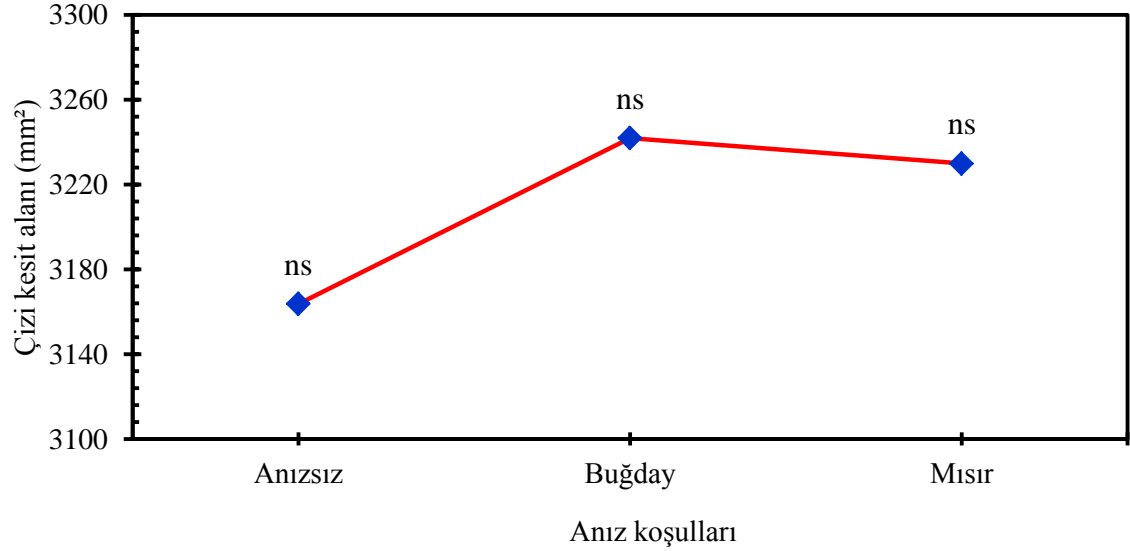
Şekil 4.24. Farklı disk durum açılarındaki çizgi kesit alanının değişimi

Düşey ağırlık artışının çizgi kesit alanı üzerinde önemli etkisinin belirlendiği çalışmada, 50 kg düşey ağırlıkta 2778 mm² çizgi kesit alanı elde edilirken, 100 kg ağırlıkta 3292 mm² ve 150 kg ağırlıkta ise 3564 mm² olmak üzere giderek artan çizgi kesit alanları elde edilmiştir (Şekil 4.25). Anız koşullarına göre çizgi kesit alanı incelendiğinde; 3241 mm² ile en büyük çizgi kesit alanı buğday anızlı koşullarda elde edilmiştir. Mısır anızlı koşullarda 3229 mm² ve anızsız koşullarda ise 3163 mm² çizgi kesit alanları elde

edilmiştir (Şekil 4.26). Tek diskli tip gömücü ayaklara sahip bir doğrudan ekim makinasıyla yazlık fiğde yapılan bir çalışmada, farklı ilerleme hızlarında ortalama çizi kesit alanı 3514 mm^2 olarak tespit edilmiştir (Altıkat, 2011).



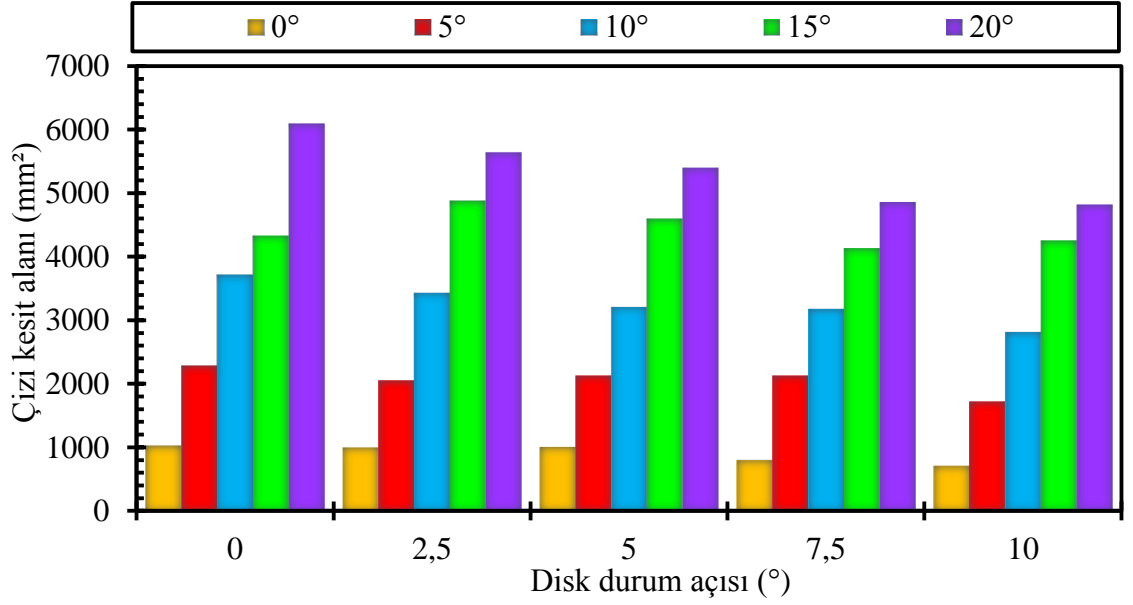
Şekil 4.25. Farklı düşey ağırlık uygulamalarında çizi kesit alanının değişimi



Şekil 4.26. Farklı anız koşullarında çizi kesit alanının değişimi

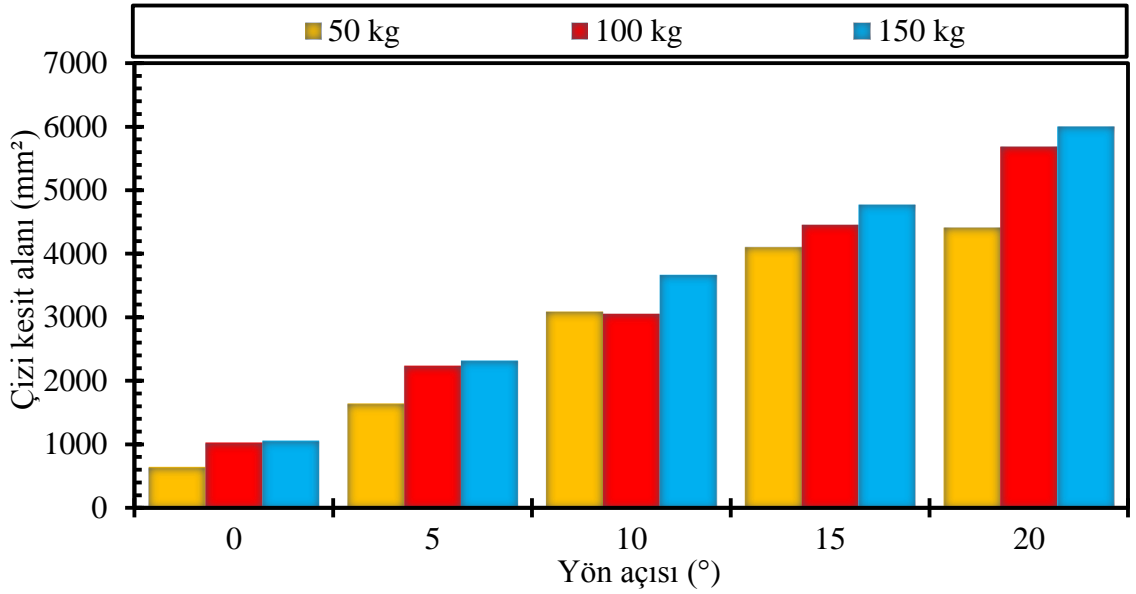
Disk durum ve yön açısı ikili interaksiyonuna göre çizi kesit alanının değişimi Şekil 4.27'de verilmiştir. Buna göre; her durum açısında, yön açısı arttıkça çizi kesit alanının

arttığı tespit edilmiştir. En küçük çizi kesit alanı, 10° durum açısı ve 0° yön açısında 710 mm² olarak, en büyük çizi kesit alanı ise, 0° durum açısı ve 20° yön açısında 6099 mm² olarak belirlenmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Disk durum ve yön açılarına göre çizi kesit alanının değişimi

Disk yön açısı*düşey ağırlık etkileşiminin çizi kesit alanına etkileri Şekil 4.28'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; tüm yön açılarında, ağırlık artışının çizi kesit alanının büyümesine yol açtığı tespit edilmiştir. En düşük çizi kesit alanları, 0° yön açısında; 50 kg düşey ağırlık için 647 mm², 100 kg ağırlık için 1027 mm² ve 150 kg ağırlık için ise 1058 mm² olarak saptanmıştır. Yön açısı 20° iken maksimum çizi kesit alanı değerleri ortaya çıkmıştır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Disk yön açısı ve düşey ağırlığa göre çizi kesit alanının değişimi

4.4.2. Toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği ve toprak kabarma alanı

Doğrudan ekimde kullanılan diskli tip gömücü ayakların açmış oldukları çizilerin mümkün olduğunca dar olması çok önemlidir. Bununla birlikte, gömücü ayağın tohumun üzerini kapatmak için yeterli miktarda toprağı gevşeterek, çizinin kenarına bırakması da gerekmektedir. Çalışmada çizi profili belirlenirken, gömücü ayağın çizi kenarına aktardığı toprağın kabarma alanı, kabarma genişliği ve kabarma yüksekliği de ölçülerek değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla, elde edilen toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği ve toprak kabarma alanından oluşan toprak kabarma özelliklerine ilişkin verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Toprak kabarma genişliği ile ilgili sonuçlara göre, disk yön açısının toprak kabarma genişliği üzerindeki etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$), düşey ağırlık faktörünün toprak kabarma üzerindeki etkisi ise istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Ayrıca, durum açısı*düşey ağırlık interaksiyonunun toprak kabarma genişliğine etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur.

Araştırmada, disk yön açısının ve düşey ağırlıkların toprak kabarma yüksekliğine olan etkileri istatistiksel olarak çok önemli olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, yön açısı*düşey ağırlık ve yön açısı*anız interaksyonlarının toprak kabarma yüksekliğine olan etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur (Çizelge 4.5).

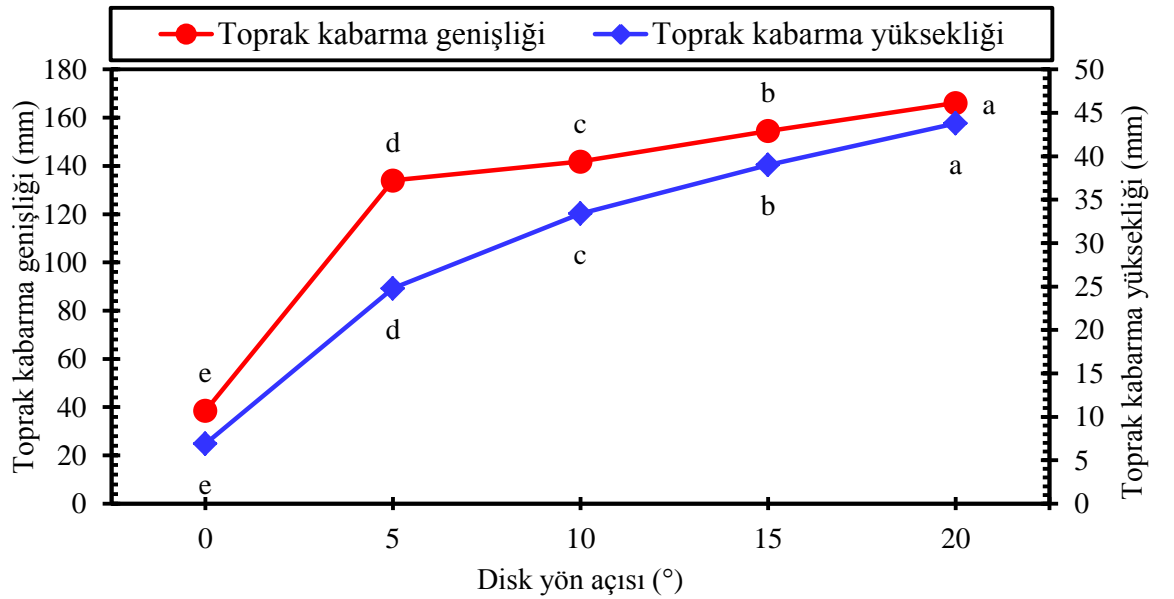
Toprak kabarma alanı, profilograf kullanımından elde edilen verilerin MATLAB ortamında oluşturulan bir hesaplama programına aktarılmasıyla hesaplanmıştır. Hesaplama elde edilen verilere uygulanan varyans analiz sonuçlarına göre, disk yön ve durum açıları ile düşey ağırlıkların toprak kabarma alanına olan etkilerinin istatistiksel olarak çok önemli olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir. Ayrıca, yön açısı*düşey ağırlık ikili interaksyonunun toprak kabarma alanına etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$), durum açısı*düşey ağırlık*anız koşulları üçlü interaksyonunun etkileri ise istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği ve toprak kabarma alanı varyans analizi önemlilik (P) değerleri

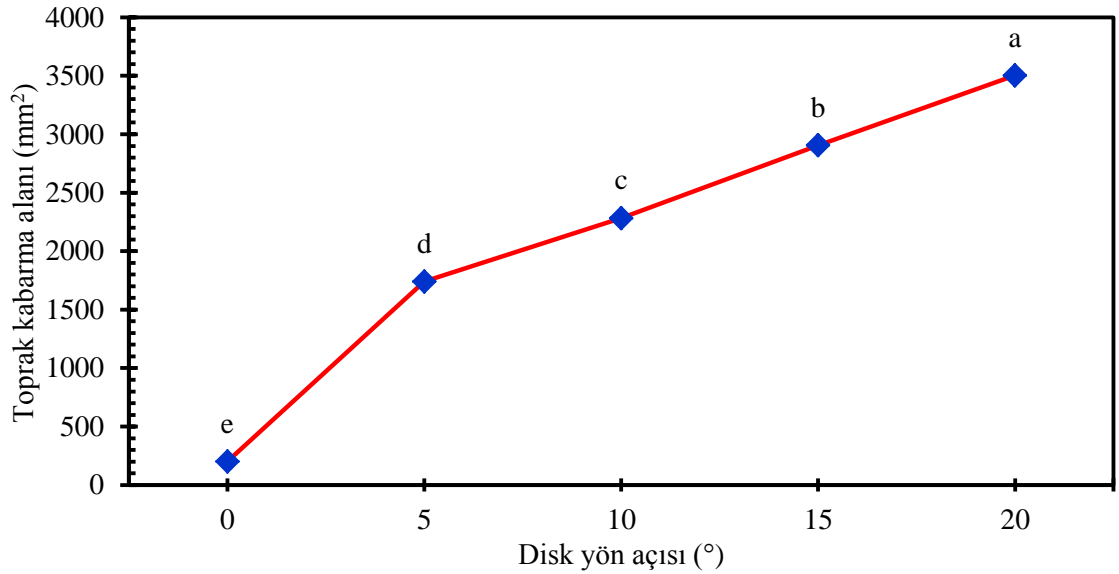
Varyasyon kaynakları	SD	Toprak kabarma parametreleri		
		Toprak kabarma genişliği (mm)	Toprak kabarma yüksekliği (mm)	Toprak kabarma alanı (mm ²)
Yön açısı	4	0,000	0,000	0,000
Durum açısı	4	0,654	0,099	0,015
Düşey ağırlık	2	0,047	0,000	0,000
Anız	2	0,196	0,691	0,470
Yön açısı*durum açısı	16	0,318	0,745	0,700
Yön açısı*düşey ağırlık	8	0,319	0,001	0,004
Yön açısı*anız	8	0,834	0,016	0,537
Durum açısı*düşey ağırlık	8	0,005	0,528	0,407
Durum açısı*anız	8	0,071	0,541	0,638
Düşey ağırlık*anız	4	0,104	0,113	0,869
Yön açısı*durum açısı*düşey ağırlık	32	0,670	0,060	0,362
Yön açısı*durum açısı*anız	32	0,429	0,681	0,706
Durum açısı*düşey ağırlık*anız	16	0,068	0,107	0,034
Yön açısı*düşey ağırlık*anız	16	0,119	0,187	0,521

SD: Serbestlik derecesi

Çizi genişliği ve çizi kesit alanında olduğu gibi, yön açısının artması ile toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinde de önemli artışlar meydana gelmiştir. Yön açısı 0° iken 38,5 mm olan toprak kabarma genişliği, 20° yön açısında, 4 kattan daha fazla artış göstererek 166,1 mm'ye ulaşmıştır (Şekil 4.29). Benzer şekilde toprak kabarma yüksekliği de yön açısı artışı ile birlikte yaklaşık 7 kat artış göstermiştir. Yön açısı 0° iken 6,9 mm olan toprak kabarma yüksekliği, 20° yön açısında, 43,8 mm'ye ulaşmıştır. Disk yön açısındaki artış, toprak kabarma genişliği ve yüksekliğindeki artışı meydana getirirken, buna paralel olarak toprak kabarma alanının da artışına neden olmuştur. Yön açısı 0° iken 200 mm^2 olan toprak kabarma alanı, 20° yön açısında, yaklaşık 18 kat artarak 3502 mm^2 'ye ulaşmıştır (Şekil 4.30). Yön açısı artışı ile artan çizi genişliğine paralel olarak gevşetilen ve hareketlendirilen toprak miktarı da artmakta, dolayısıyla tek diskli tip gömücü ayağın çizi kenarına bıraktığı toprak miktarı da artmaktadır. Disk yön açısının 0° olması tohumun üzerini kapatmak için yeterli toprağın çizi kenarında birikmesine engel olurken, yön açısının fazla olması, gereğinden çok toprağın çizi kenarında kalmasına neden olmaktadır. Buna ilave olarak, yön açısının fazla olması doğrudan ekim için istenmeyen durum olan toprak deformasyonunun artması anlamına gelmektedir.



Şekil 4.29. Farklı disk yön açılarında toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinin değişimi

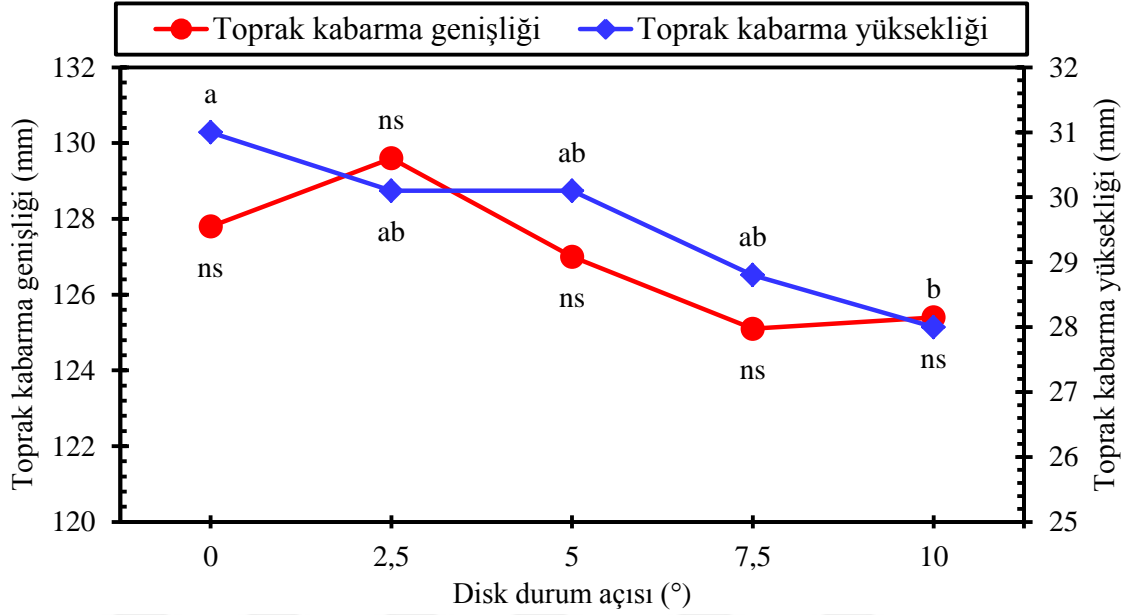


Şekil 4.30. Farklı disk yön açılarında toprak kabarma alanının değişimi

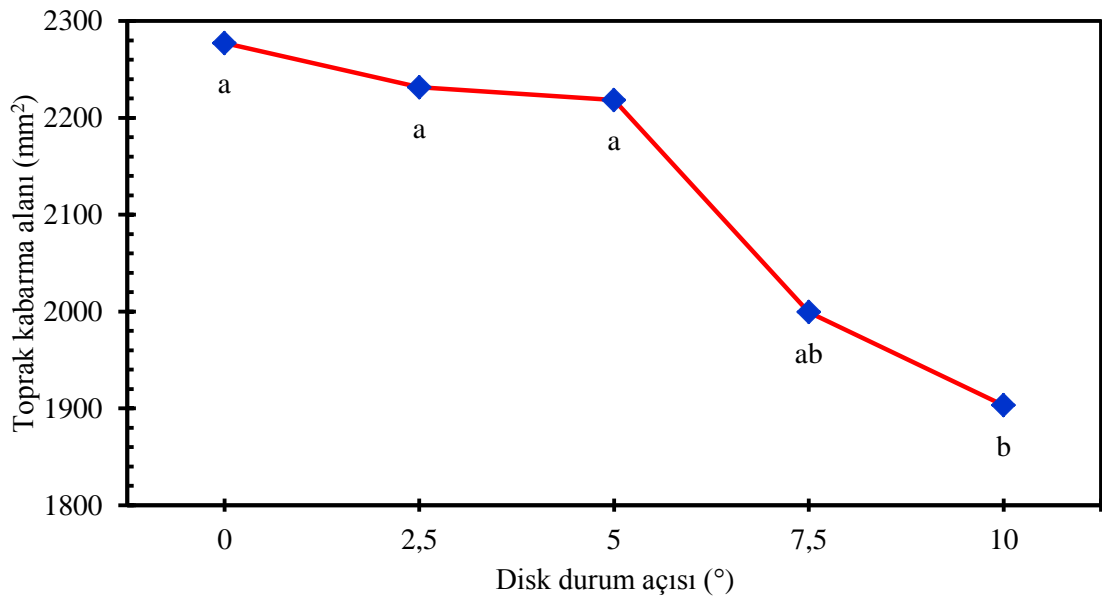
Farklı disk durum açılarının toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliği üzerindeki etkileri ile ilgili çoklu karşılaştırma testi sonuçları Şekil 4.31’de verilmiştir. Sonuçlara göre, farklı disk durum açılarında toprak kabarma genişliği değerleri 125,1 mm ile 129,6 mm arasında değişmektedir. En düşük toprak kabarma genişliği 7,5° disk durum açısında, en yüksek toprak kabarma genişliği ise 2,5° disk durum açısında ortaya çıkmıştır. Çizi derinliği değerlerinde olduğu gibi disk durum açısı arttıkça, toprak kabarma yüksekliği yön açısının aksine bir sonuç ortaya çıkarmış ve durum açısı arttıkça toprak kabarma yüksekliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Ancak, disk yön açısında olduğu gibi çok önemli farklar ortaya çıkmamıştır. 0° durum açısında toprak kabarma yüksekliği 31,0 mm iken, durum açısı 10°’ye çıktığında toprak kabarma yüksekliği 28,0 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.31).

Farklı disk durum açılarının toprak kabarma alanına etkilerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları Şekil 4.32’de verilmiştir. Çizi kesit alanı değerlerinde ortaya çıkan benzer bir durum toprak kabarma alanı sonuçlarında da karşımıza çıkmaktadır. Buna göre, disk durum açısının büyümesi toprak kabarma alanının azalmasına neden olmaktadır. 0° disk durum açısında toprak kabarma alanı 2277 mm² olurken disk durum açısı 10°’ye çıktığında toprak kabarma alanı 1903 mm² olarak

gerçekleşmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara göre, beklendiği gibi, büyük yön açısı ve küçük durum açıları çizi kenarındaki toprak kabarma alanının daha fazla olmasına yol açmıştır.

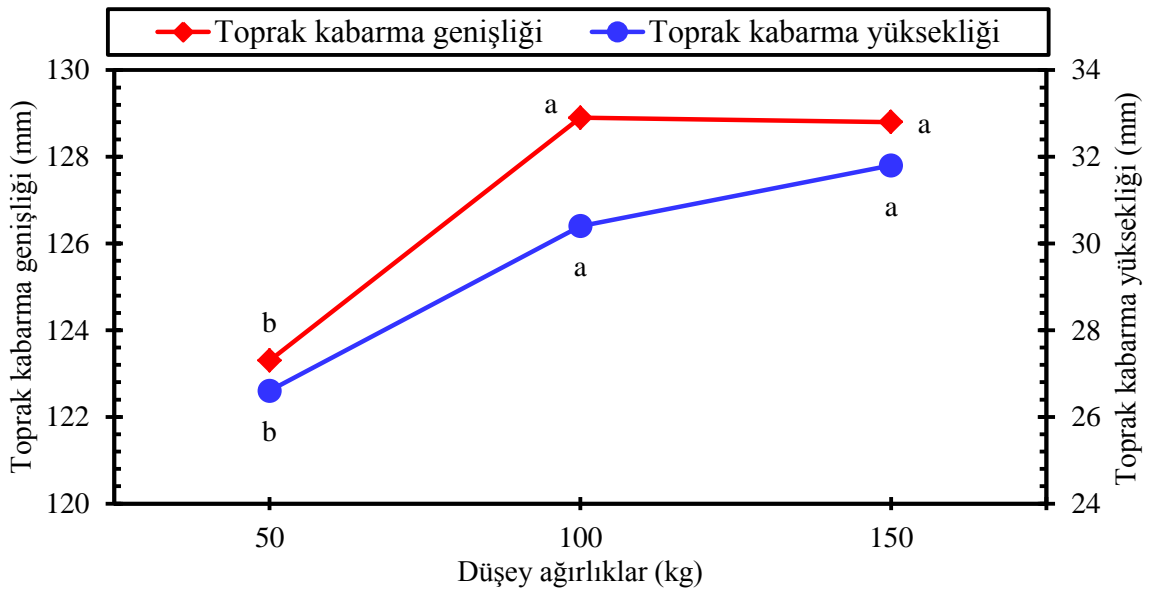


Şekil 4.31. Farklı disk durum açılarında toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinin değişimi



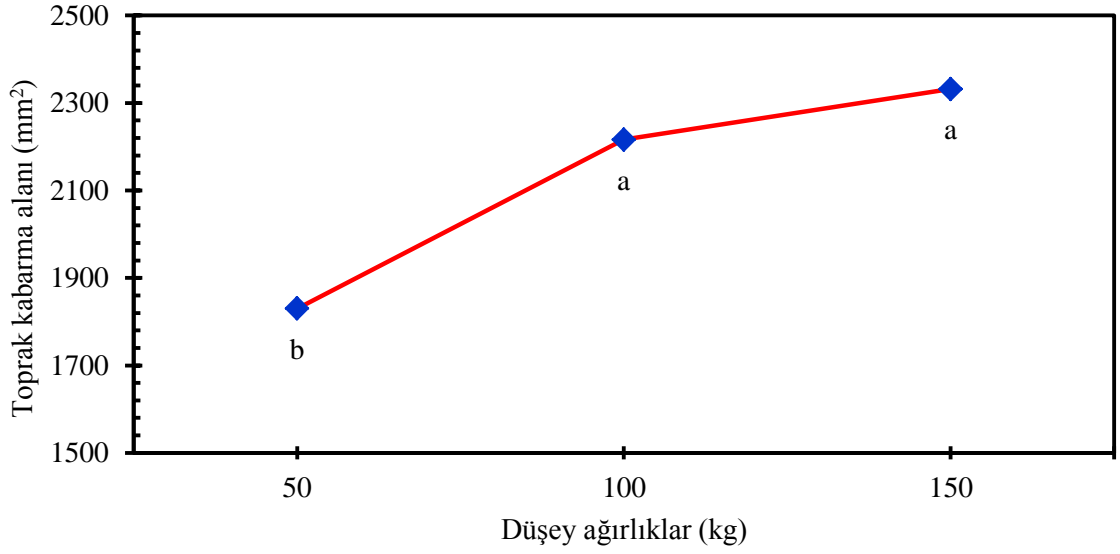
Şekil 4.32. Farklı disk durum açılarında toprak kabarma alanının değişimi

Disk üzerine düşey ağırlık uygulamasının toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğine olan etkileri Şekil 4.33'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, düşey ağırlık artışına bağlı olarak toprak kabarma genişliğinde, 100 kg düşey ağırlığa kadar artış meydana gelmiş, 150 kg düşey ağırlıkta ise, 100 kg düşey ağırlığa göre 0,1 mm düşüş gerçekleşmiştir. Buna göre, 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlık uygulamalarında toprak kabarma genişliği sırasıyla, 123,3 mm, 128,9 mm ve 128,8 mm olarak belirlenmiştir. Düşey ağırlık artışına bağlı olarak toprak kabarma yüksekliği de artış göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlık uygulamalarında toprak kabarma yüksekliği sırasıyla, 26,6 mm, 30,4 mm ve 31,8 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Farklı düşey ağırlık uygulamalarına bağlı olarak toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma yüksekliğinin değişimi

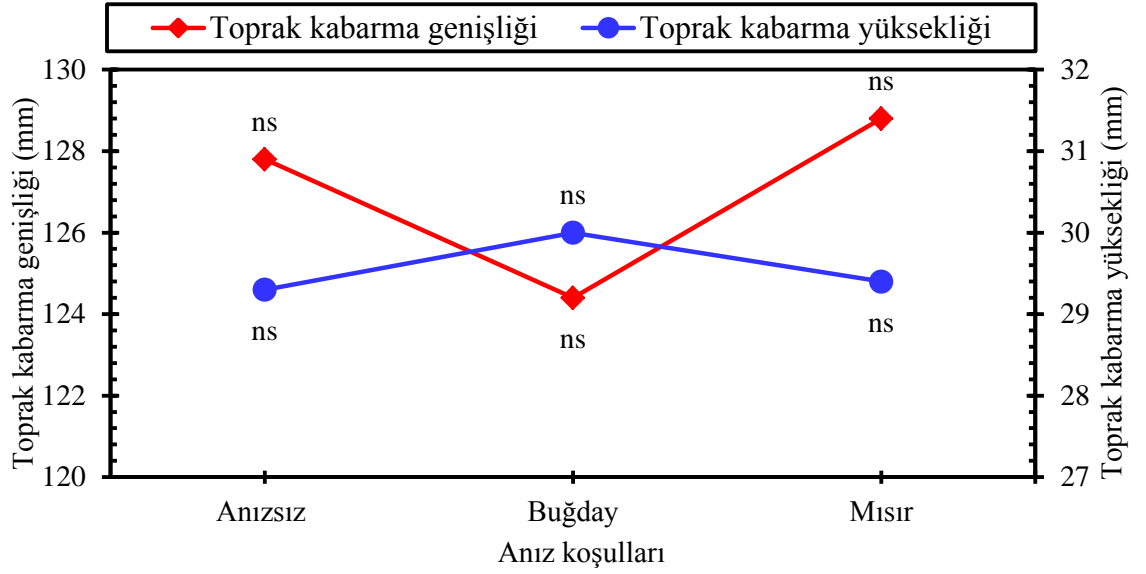
Düşey ağırlık artışının toprak kabarma alanı üzerinde önemli etkisinin belirlendiği çalışmada, 50 kg düşey ağırlıkta 1830 mm^2 toprak kabarma alanı elde edilirken, 100 kg ağırlıkta 2216 mm^2 ve 150 kg ağırlıkta ise 2231 mm^2 olmak üzere giderek artan toprak kabarma alanları elde edilmiştir (Şekil 4.34).



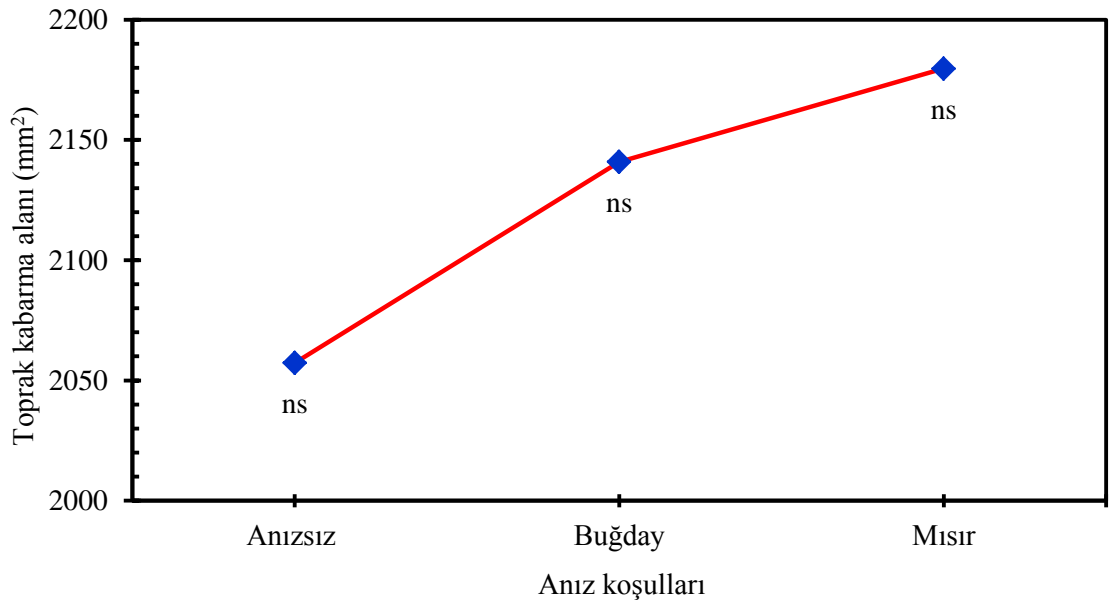
Şekil 4.34. Farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak toprak kabarma alanının değişimi

Anız koşullarına göre ortalama toprak kabarma genişliği değerleri incelendiğinde, mısır anızında 128,8 mm ile en yüksek toprak kabarma genişliği değerlerine ulaşıırken, anızsız koşullarda 127,8 mm ve buğday anızında ise 124,4 mm değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.35). Anız koşullarındaki toprak kabarma yüksekliği ile ilgili sonuçlarda birbirine yakın değerler ortaya çıkarken, buğday anızında, anızsız koşullar ve mısır anızına göre daha fazla toprak kabarma yüksekliği ortaya çıkmıştır. Buna göre; buğday anızında 30,0 mm, mısır anızında 29,4 mm ve anızsız koşullarda ise 29,3 mm ortalama toprak kabarma yüksekliği değerleri ortaya çıkmıştır (Şekil 4.35).

Anız koşullarına göre toprak kabarma alanı farklılık gösterirken, çizi kesit alanında olduğu gibi, buğday anızı ve mısır anızında, anızsız koşullara göre daha yüksek toprak kabarma alanı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, anızsız koşullarda toprak kabarma alanı 2057 mm² olarak, buğday anızında 2140 mm² ve mısır anızında 2179 mm² olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışmada, buğday ve mısır anızının toprağa çarpma etkisiyle, toprağı daha geniş bir alana dağıttığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.36).



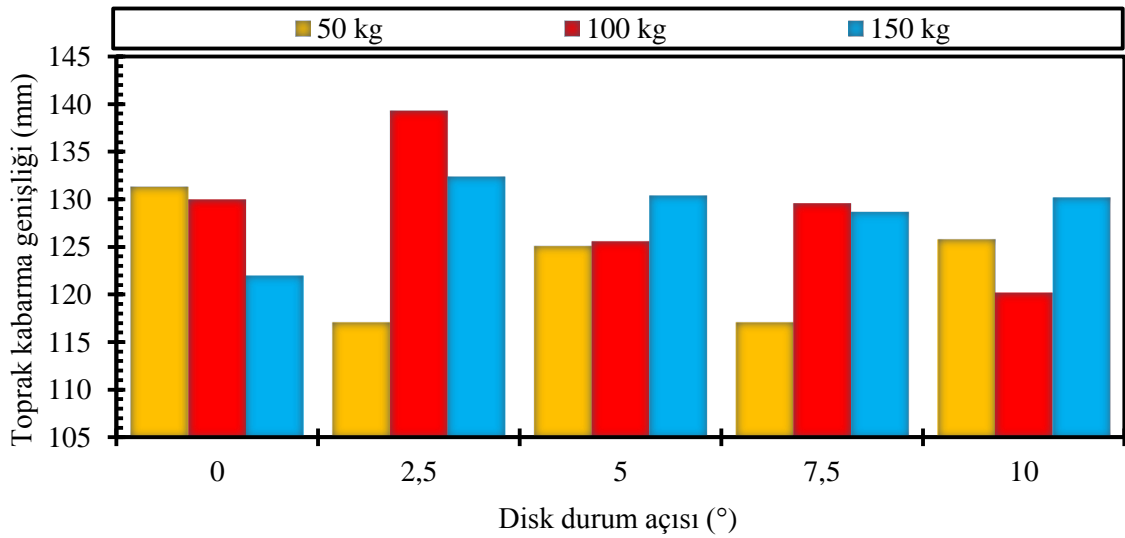
Şekil 4.35. Farklı anız koşullarında toprak kabarma genişliği ve toprak kabarma alanının değişimi



Şekil 4.36. Farklı anız koşullarında toprak kabarma alanının değişimi

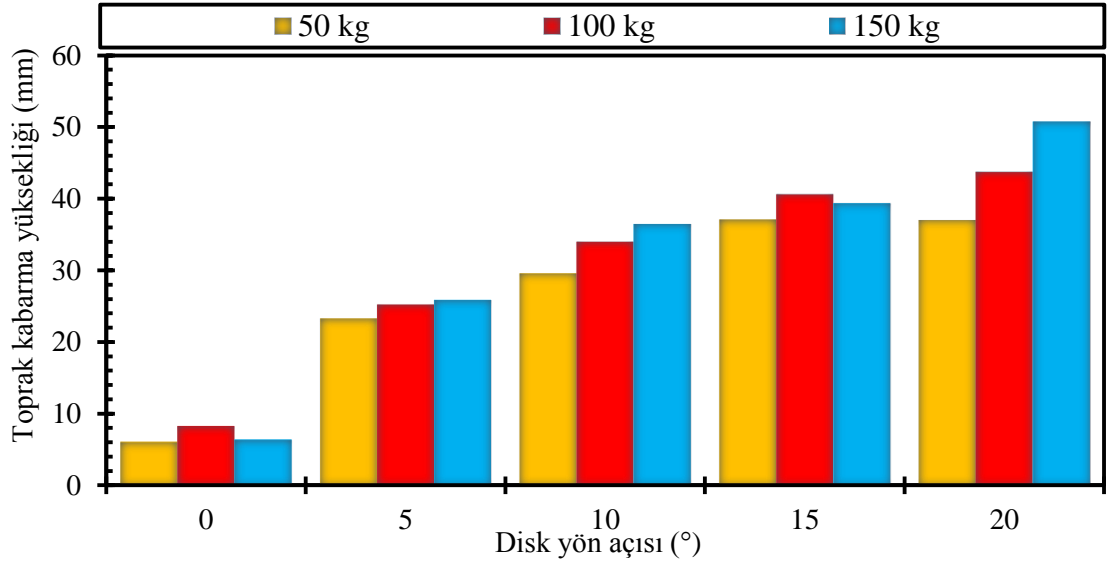
Disk durum açısı ve düşey ağırlık ikili interaksyonun toprak kabarma genişliğine olan etkileri Şekil 4.37'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ağırlık artışı her durum açısında farklı toprak kabarma genişliklerine neden olmuştur. 50 kg düşey ağırlıkta ve

2,5° disk durum açısında 117,1 mm ile en düşük toprak kabarma genişliği elde edilirken, aynı durum açısında 100 kg düşey ağırlıkta 139,3 mm ile en yüksek toprak kabarma genişliği belirlenmiştir. Ayrıca, tüm durum açısı değerleri içerisinde 150 kg düşey ağırlık uygulamasında en yüksek değer 132,4 mm ile yine 2,5° disk durum açısında ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.37. Farklı disk durum açıları ve düşey ağırlık uygulamalarının toprak kabarma genişliğine etkisi

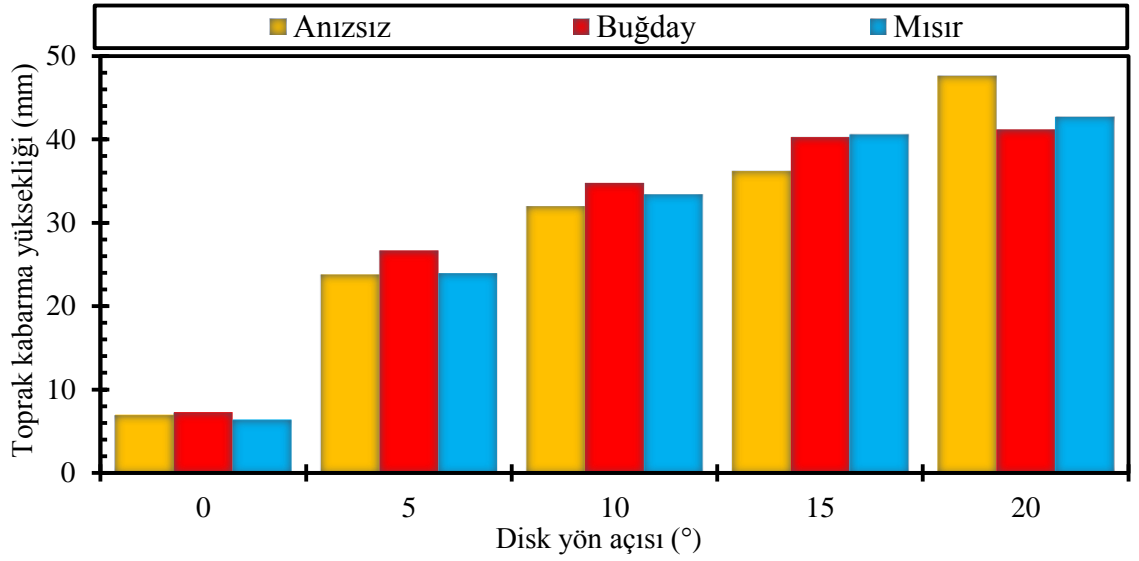
Disk yön açısı*düşey ağırlık interaksiyonunun toprak kabarma yüksekliğine etkileri Şekil 4.38’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; 5°, 10° ve 20° yön açılarında, ağırlık artışının toprak kabarma yüksekliğinin büyümesine yol açtığı tespit edilmiştir. 0° ve 15° disk yön açılarındaki ise 100 kg düşey ağırlıkta 50 kg ağırlığa göre toprak kabarma yüksekliğinde artış olmuş, 150 kg ağırlıkta ise 100 kg ağırlığa göre 0,9 mm ile 1,2 mm arasında değişen küçük değerlerde bir azalma meydana gelmiştir. Ayrıca, yön açısının büyümesine paralel olarak, toprak kabarma genişliklerinde artış gerçekleşmiştir. En düşük toprak kabarma yükseklikleri, 0° yön açısında; 50 kg düşey ağırlık için 6,1 mm, 100 kg ağırlık için 8,3 mm ve 150 kg ağırlık için ise 6,4 mm olarak saptanmıştır (Şekil 4.38).



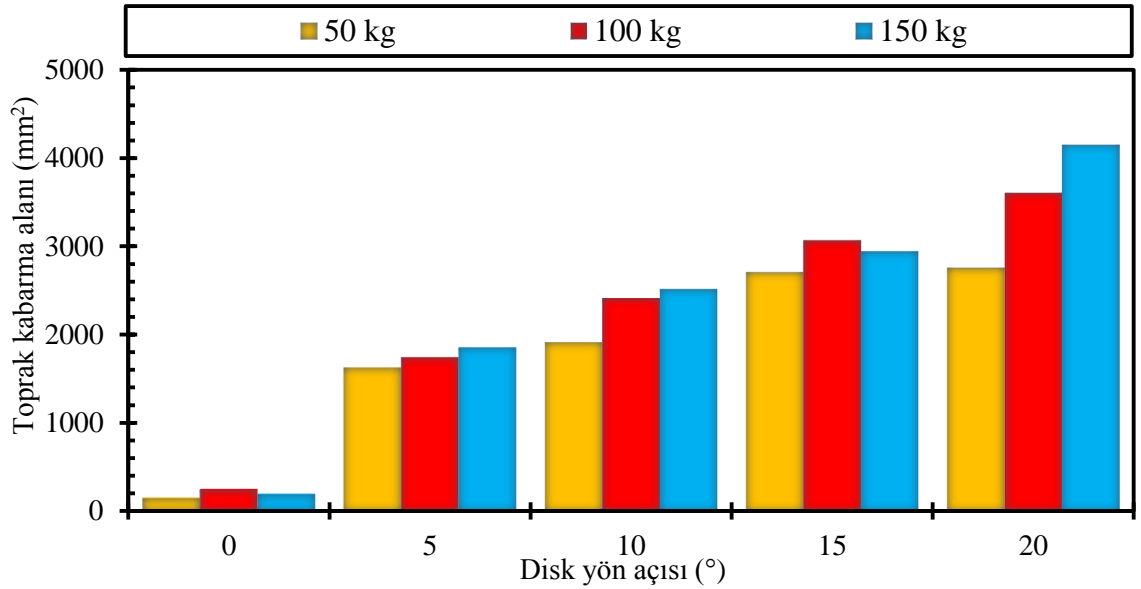
Şekil 4.38. Farklı disk yön açıları ve düşey ağırlıklara bağlı olarak toprak kabarma yüksekliğinin değişimi

Farklı disk yön açıları ve anız koşulları interaksiyonunun toprak kabarma yüksekliğine etkileri çok önemli bulunmuştur (Şekil 4.39). Ortaya çıkan sonuçlara göre, disk yön açısındaki büyüme, tüm anız koşullarında toprak kabarma yüksekliğinin artmasına neden olmuştur. En düşük toprak kabarma yükseklikleri, 0° yön açısında; anızsız koşullar için 7 mm, buğday anızı için 7,3 mm ve mısır anızı için ise 6,4 mm olarak saptanmıştır. Maksimum toprak kabarma yükseklikleri ise 20° yön açısında; anızsız koşullar için 47,6 mm, buğday anızı için 41,2 mm ve mısır anızı için ise 42,7 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.39).

Toprak kabarma alanı ile ilgili yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarında, disk yön açısı*düşey ağırlık interaksiyonu önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, 0° disk yön açısındaki düşey ağırlık uygulamalarında minimum toprak kabarma alanları bulunurken, 20° disk yön açısındaki düşey ağırlıklarda en yüksek toprak kabarma alanı sonuçlarına ulaşılmıştır. 0° disk yön açısı ve 100 kg düşey ağırlık uygulamasında 252 mm² ile en düşük toprak kabarma alanı, 20° disk yön açısı ve 150 kg düşey ağırlıkta 4147 mm² ile en yüksek toprak kabarma alanı belirlenmiştir (Şekil 4.40). Bu durumda, 0° yön açısında disk üzerine uygulanan ağırlık oranı artsa bile, çizi kenarında tohumun üzerini kapatmak için istenilen miktarda toprak bulunamamaktadır.



Şekil 4.39. Farklı disk yön açıları ve anız koşullarına bağlı olarak toprak kabarma yüksekliğinin değişimi

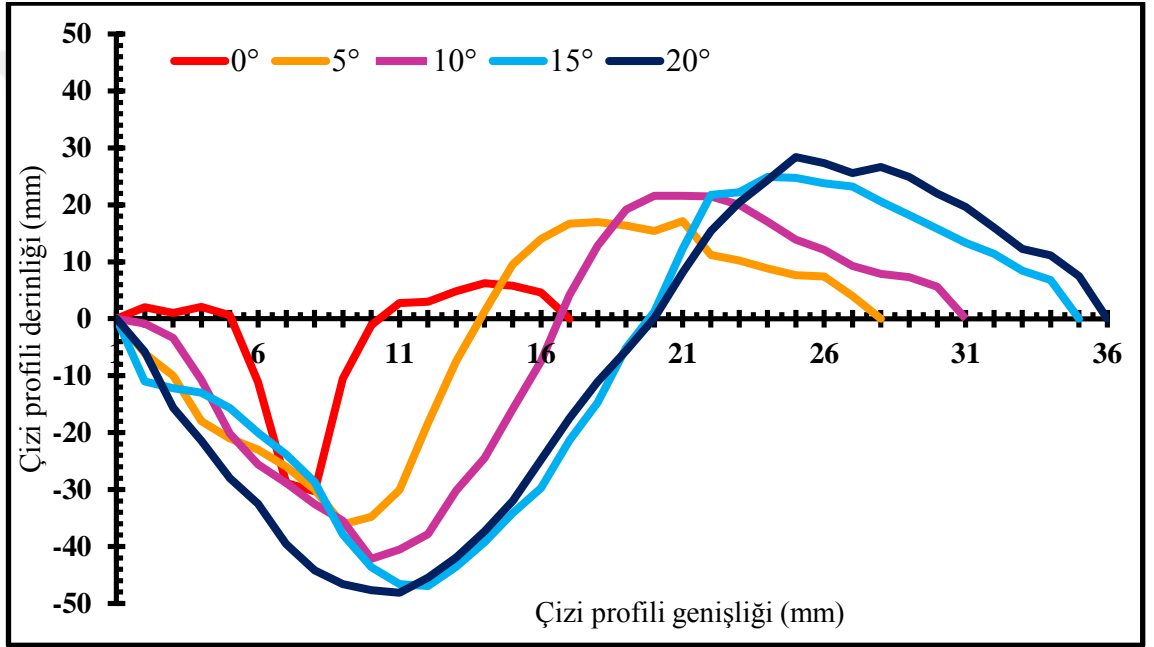


Şekil 4.40. Farklı disk yön açıları ve düşey ağırlık uygulamalarına bağlı olarak toprak kabarma alanının değişimi

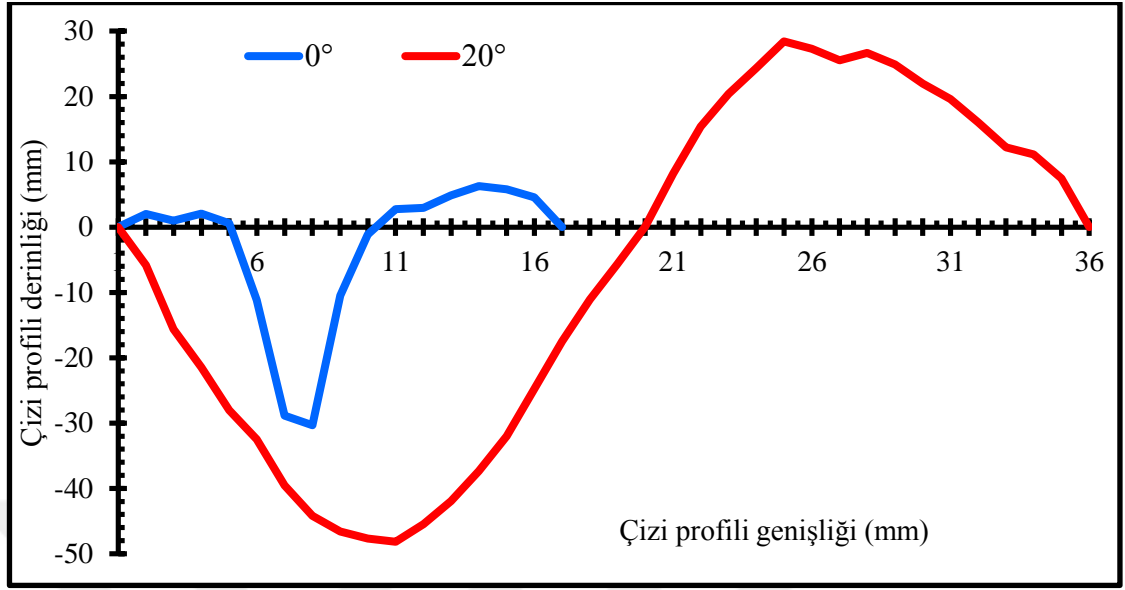
4.4.3. Çizi profili şekline ilişkin sonuçlar

Tek diskli tip gömücü ayakların farklı açılarda kullanılması çizi profili şekli üzerinde önemli bir etki bırakmaktadır. Çalışmada, bu amaçla elde edilen çizi profili şekli ve

çiziden çıkan toprağın kabarmasına farklı yön açılarının etkileri Şekil 4.41’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yön açısı 0° iken, oldukça küçük çizi genişliği ve daha az toprak kabarması meydana gelirken, istenilen çizi derinliğine ulaşamaması sorununu beraberinde getirmiştir. Minimum çizi derinliği 28,7 mm ile 0° yön açısında, maksimum çizi derinliği ise 48,1 mm ile 20° yön açısında tespit edilmiştir (Şekil 4.42). Daha büyük yön açılarında çizi genişliği ve toprak kabarması dikkat çekici bir şekilde büyürken, bununla beraber ideal çizi derinliğine daha yakın değerlere ulaşmıştır.

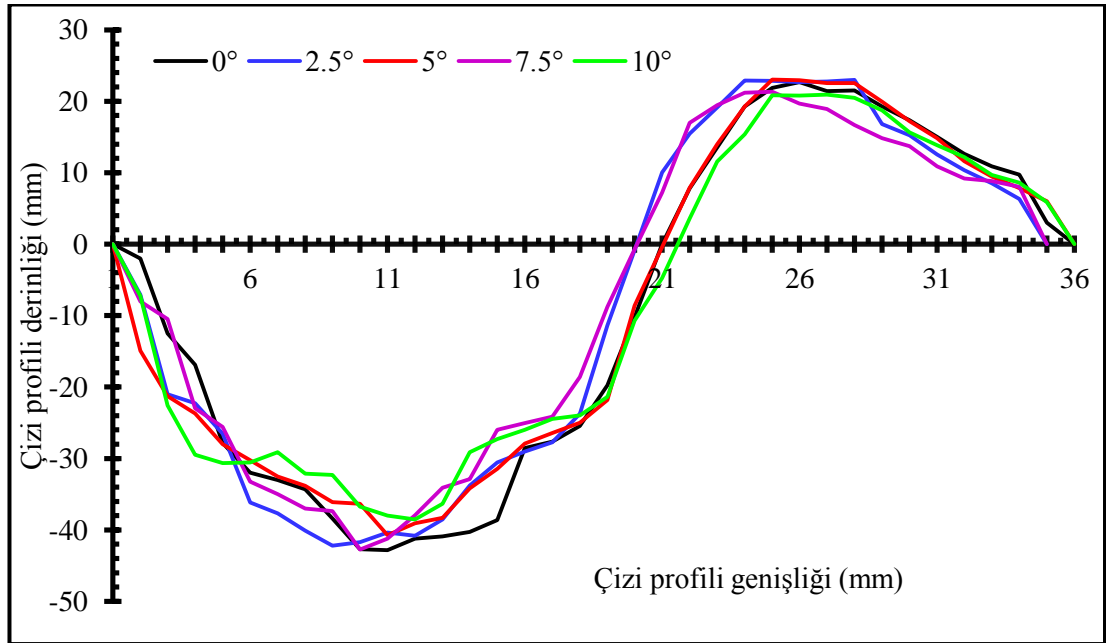


Şekil 4.41. Disk yön açısına bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi



Şekil 4.42. 0° ve 20° disk yön açılarında çizi profili şeklinin değişimi

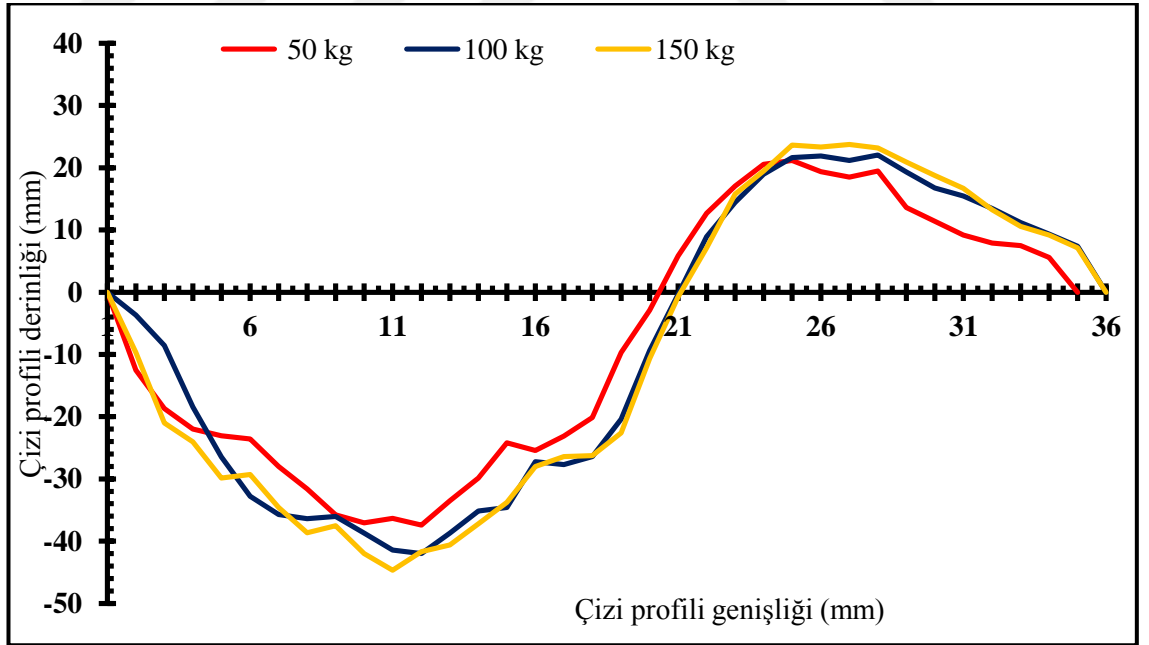
Durum açısına göre çizi profili şekli incelendiğinde; yön açısının aksine, genellikle birbirine yakın çizi genişlikleri ve toprak kabarması meydana gelmiştir (Şekil 4.43). En düşük çizi derinliği 10° durum açısında ortaya çıkarken, aynı durum açısında diğer açı değerlerine göre daha geniş çiziler elde edilmiştir.



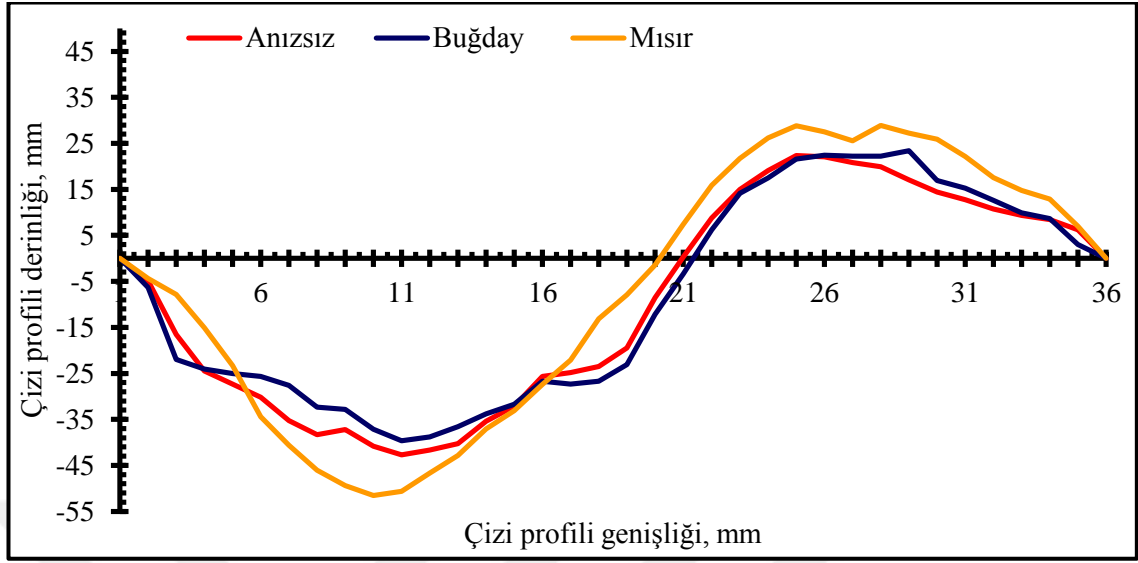
Şekil 4.43. Disk durum açısına bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi

Disk ünitesi üzerine uygulanan düşey ağırlıkların çizi profili şekli ve toprak kabarmasına etkisi incelendiğinde; en küçük çizi profili 50 kg düşey ağırlıkta ortaya çıkmıştır. Ağırlık artışına paralel olarak çizi profili derinliği, çizi profili genişliği ve toprak kabarma miktarı da artmıştır (Şekil 4.44). 150 kg düşey ağırlık uygulamasında istenen çizi derinliğine yaklaşık değerler elde edilirken, toprak bozulma miktarında artışa yol açmıştır.

Anızsız toprak koşulları ile mısır ve buğday anızlı koşullarının çizi profili şekline etkileri Şekil 4.45'te verilmiştir. Gömücü ayak tarafından kesilemeyen ve çiziye gömülen mısır anızları, sert ve kalın yapısından dolayı, daha derine gömülmüş 51,6 mm çizi derinliği ile daha derin çizi profili oluşumuna yol açmış ve bunun sonucunda toprak bozulmasının daha fazla olmasına neden olmuştur. Anızsız koşullar ile buğday anızlı koşullarda birbirine yakın çizi profili şekilleri elde edilmiştir. En düşük çizi profili derinliği 39,7 mm ile buğday anızlı koşullarda ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.44. Düşey ağırlıklara bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi



Şekil 4.45. Anız koşullarına bağlı olarak çizi profili şeklinin değişimi

4.5. Anız ile İlgili Sonuçlar

4.5.1. Anız dağılım mesafesi, çizi bölgesi anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarı

Araştırmada, farklı açılara sahip tek diskli tip gömücü ayağın buğday ve mısır anızı üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak için belirlenen; anız dağılım mesafesi, çizi bölgesi anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, disk yön ve durum açıları, disk üzerine uygulanan düşey ağırlık ve anız koşulları faktörleri ile durum açısı*anız ikili interaksiyonunun anız dağılım mesafesine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Çalışmada yön açısı ve anız koşulları ile durum açısı*anız koşulları ikili interaksiyonunun çizi bölgesi anız kaplama oranına (%) etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Sürüklenen anız miktarı (g) üzerinde ise yön ve durum açıları ile düşey ağırlık ve anız koşullarının yanında, düşey ağırlık*anız koşulları ve yön açısı*durum açısı*anız koşulları ikili ve üçlü interaksiyonlarının istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Anız dağılım mesafesi, çizi bölgesi anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarına ilişkin varyans analizi önemlilik (P) değerleri

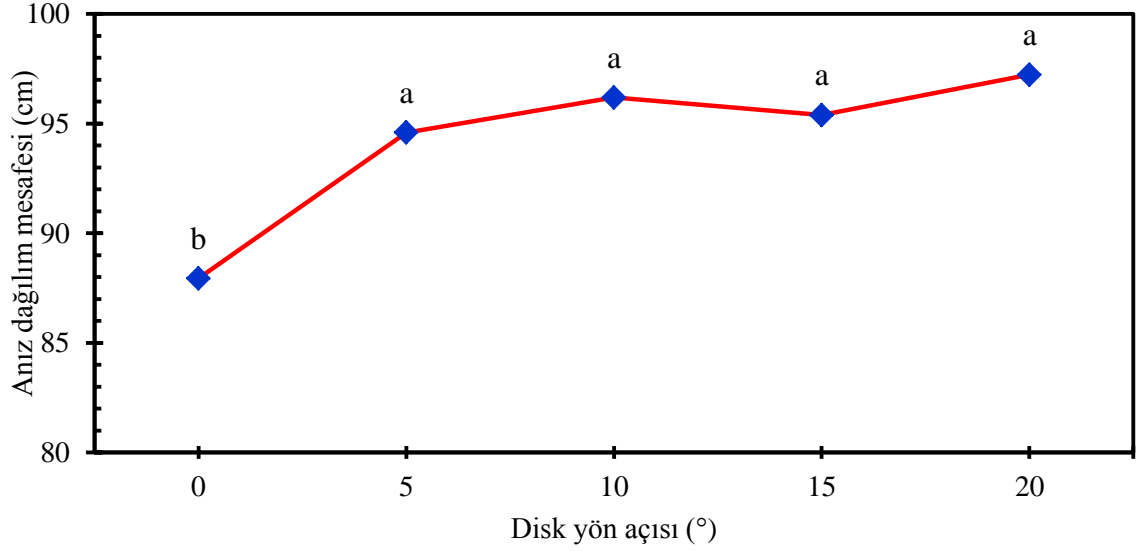
Varyasyon kaynakları	SD	Anız parametreleri		
		Anız dağılım mesafesi (cm)	Anız kaplama oranı (%)	Sürüklenen anız miktarı (g)
Yön açısı	4	0,043	0,016	0,000
Durum açısı	4	0,000	0,076	0,000
Düşey ağırlık	2	0,001	0,762	0,009
Anız	1	0,000	0,000	0,000
Yön açısı*durum açısı	16	0,974	0,855	0,608
Yön açısı*düşey ağırlık	8	0,084	0,958	0,223
Yön açısı*anız	4	0,915	0,180	0,933
Durum açısı*düşey ağırlık	8	0,858	0,961	0,318
Durum açısı*anız	4	0,008	0,007	0,232
Düşey ağırlık*anız	2	0,579	0,209	0,014
Yön açısı*durum açısı*düşey ağırlık	32	0,279	0,599	0,461
Yön açısı*durum açısı*anız	16	0,266	0,055	0,044
Durum açısı*düşey ağırlık*anız	8	0,719	0,086	0,682
Yön açısı*düşey ağırlık*anız	8	0,075	0,664	0,374

SD: Serbestlik derecesi

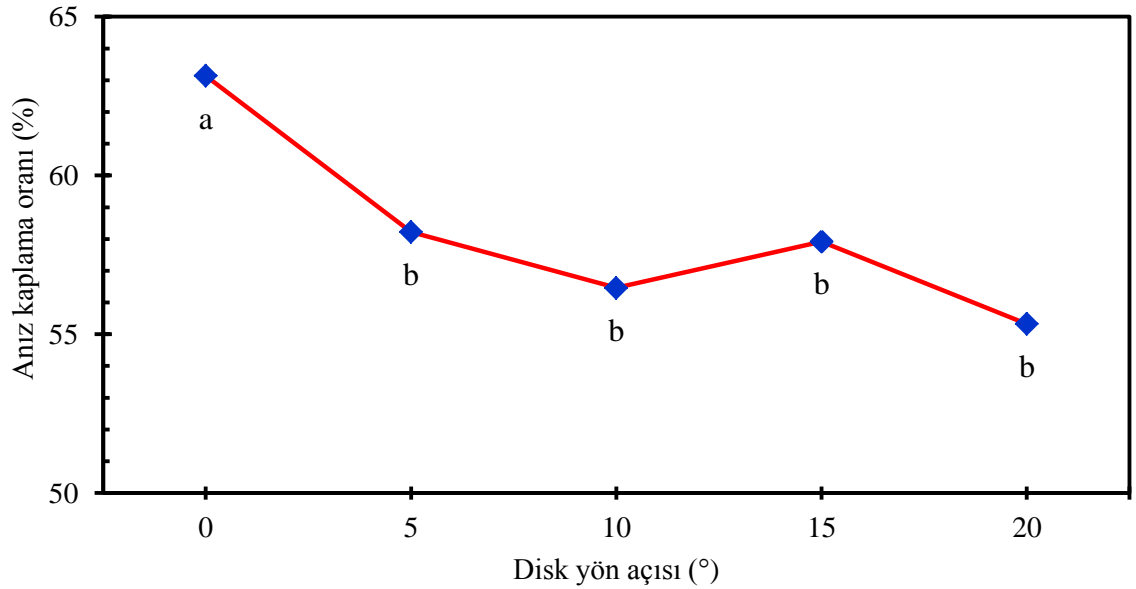
Farklı yön açılarındaki anız dağılım mesafesinin değişimi ile ilgili sonuçlar Şekil 4.46’da, farklı yön açılarındaki anız kaplama oranına etkileri ise Şekil 4.47’de verilmiştir. Yön açısı arttıkça, sürüklenmenin etkisiyle anız dağılım mesafesinde artış meydana gelmiştir. İlerleme yönüne dik konumda 50 cm mesafe içerisine bırakılan anız dağılım mesafesi 0° yön açısında 87,9 cm’ye, 20°’de ise yaklaşık %10 artışla 97,2 cm’ye çıkmıştır.

Yön açısının artmasına paralel olarak anız dağılım mesafesinde artış olurken, çizi bölgesi anız kaplama oranında beklendiği gibi, azalma meydana gelmiştir. Çizi bölgesi (sıra üzeri) anız kaplama oranı 0° yön açısında %63,14 iken, 20° yön açısında bu değer yaklaşık %10 azalma ile %57,33’a düşmüştür (Şekil 4.47). Çelik and Altıkat (2012), 2° yön açısı ve 9° durum açısına sahip olan tek diskli tip gömücü ayaklara sahip bir doğrudan ekim makinası ile kışlık buğday ekiminde gömücü ayak geçişinden sonra sıra üzeri anız kaplama oranını %70,2 olarak belirlemişlerdir. Yön açısının artmasıyla çizi

bölgesi anız kaplama oranının azalmasının en önemli nedeni; çizi açıcı diskin, açısı arttıkça anızı çizi dışına itmesi şeklinde ifade edilebilir.



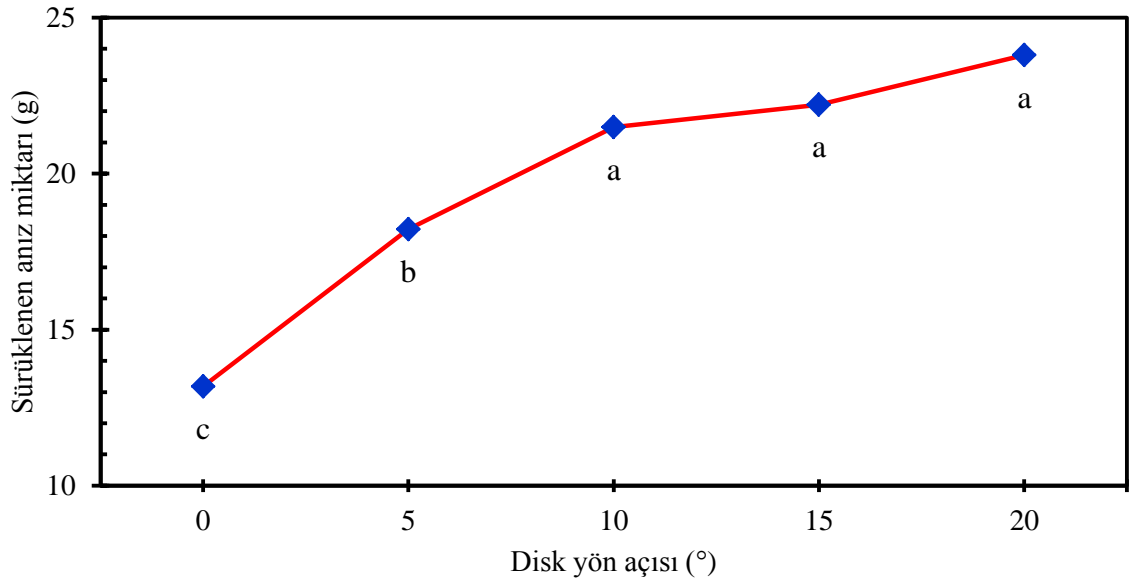
Şekil 4.46. Farklı yön açılarına bağlı olarak anız dağılım mesafesinin değişimi



Şekil 4.47. Farklı yön açılarına bağlı olarak anız kaplama oranının değişimi

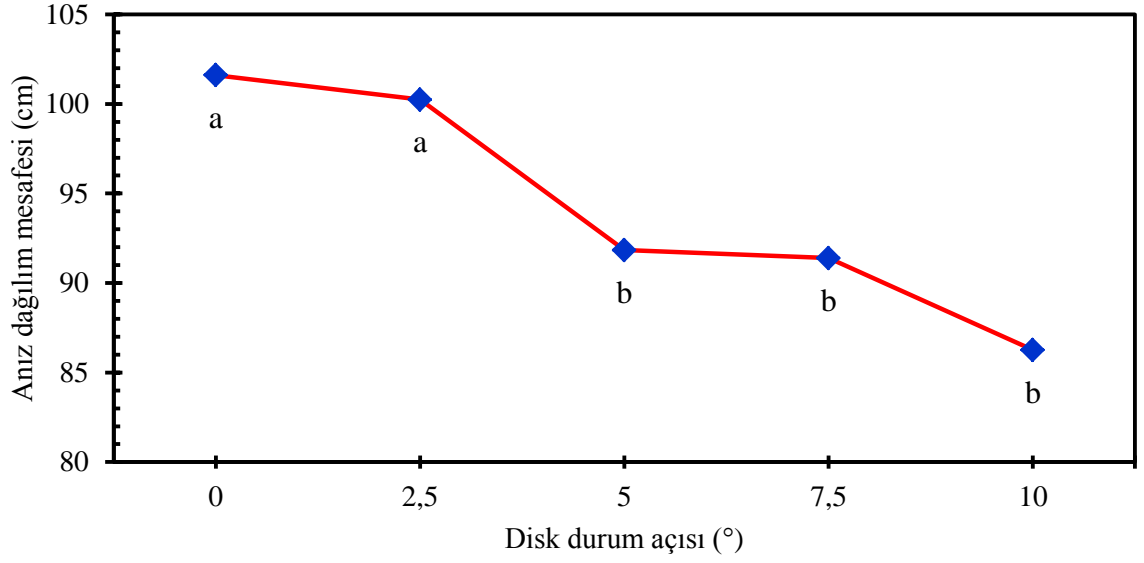
Gömücü ayak önünde sürüklenen anız miktarının değerlendirilmesinde, gömücü ayak önüne 30*50 cm çerçeve içine konulan ve geçişten sonra bu çerçeve dışına çıkan anız

miktarı esas alınmıştır. Disk yön açısının artmasıyla anız dağılım mesafesindeki artışa benzer sonuç sürüklenen anız miktarında da ortaya çıkmıştır. 0° yön açısında sürüklenen anız miktarı 13,18 g iken, 10° yön açısında bu değer 21,49 g'a ve 20° yön açısında ise başlangıç değerine göre yaklaşık %80 artışla 23,80 grama yükselmiştir (Şekil 4.48).

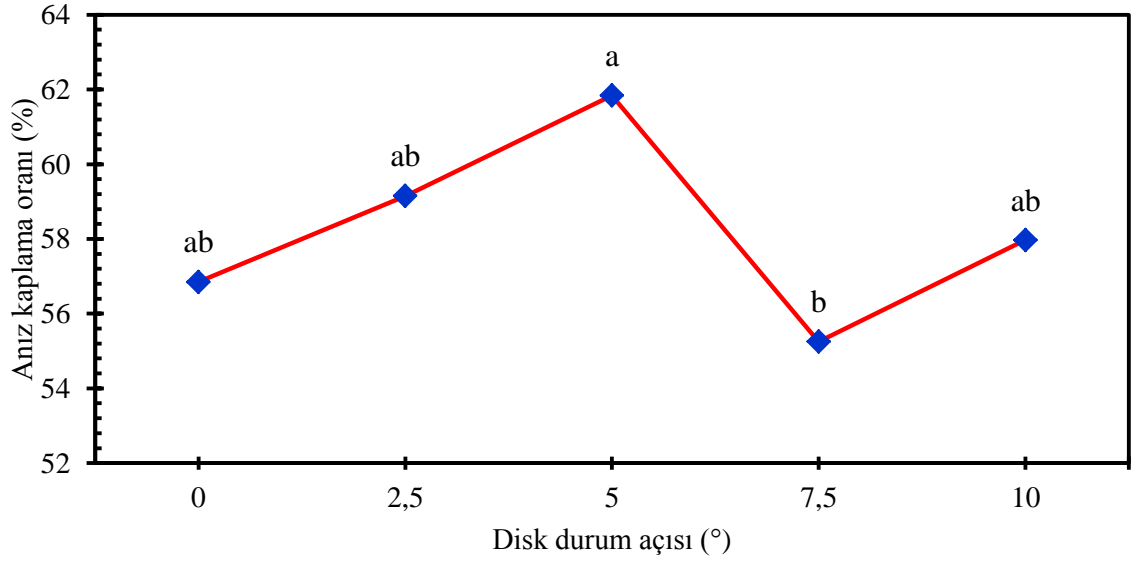


Şekil 4.48. Farklı yön açılarında sürüklenen anız miktarının değişimi

Yön açısının aksine disk durum açısı artışına bağlı olarak anız dağılım mesafesinde azalma olmuştur. 0° durum açısında 101,6 cm olan anız dağılım mesafesi, 10° durum açısında yaklaşık %15 kadar azalarak 86,3 cm'ye düşmüştür (Şekil 4.49). Anıza doğrudan ekim için en önemli kriterlerden biri çizi bölgesinin mümkün olan en yüksek oranda anız ile kaplı (örtülü) bırakılmasıdır. Çalışmada, anız kaplama oranı değerleri durum açısına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Çizi bölgesinde en yüksek anız kaplama oranı 5° durum açısında gerçekleşmiştir (Şekil 4.50).

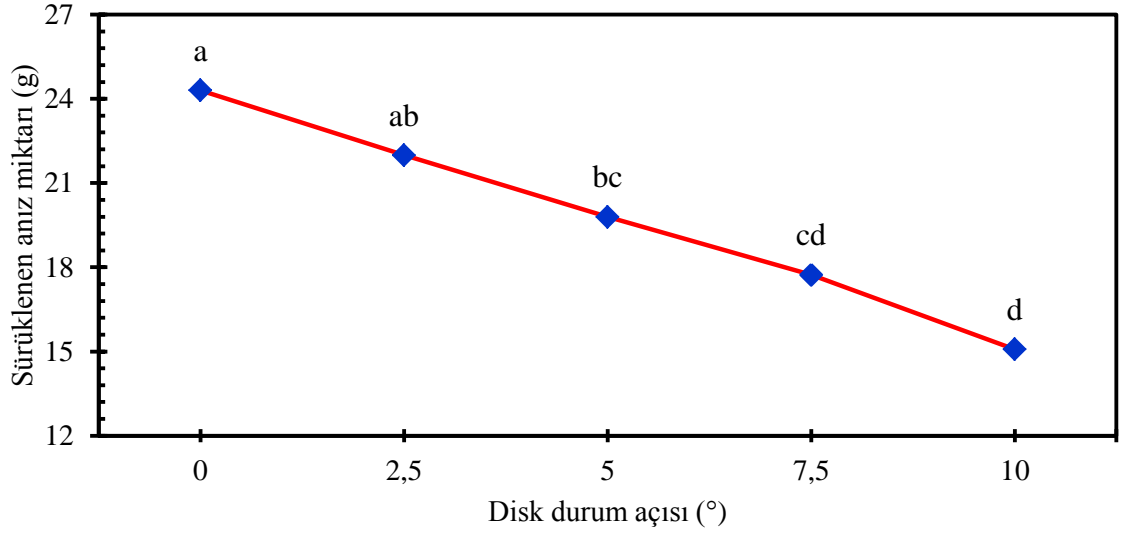


Şekil 4.49. Farklı durum açılarına bağlı olarak anız dağılım mesafesinin değişimi



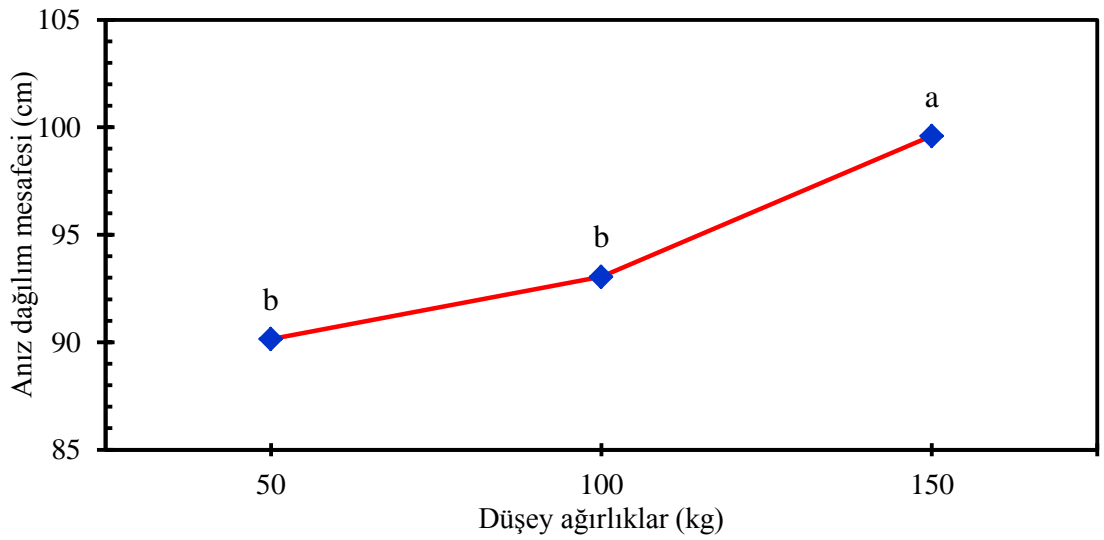
Şekil 4.50. Farklı disk durum açılarına bağlı olarak anız kaplama oranının değişimi

Gömücü ayak önünde 50 g olarak serilen ve disk geçişi ile birlikte sürüklenerek uzaklaşan anız miktarı, anız dağılım mesafesinde olduğu gibi durum açısının artışıyla 24,30 g'dan 15,08 g'a düşerek yaklaşık %40 oranında azalma göstermiştir (Şekil 4.51).

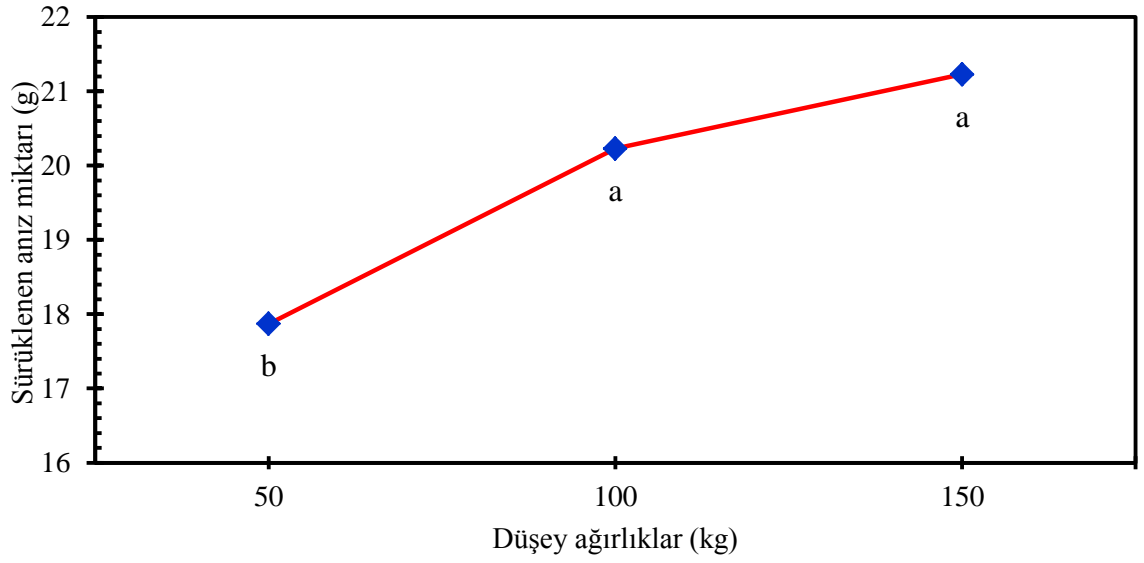


Şekil 4.51. Farklı disk durum açılarına bağlı olarak sürüklenen anız miktarının değişimi

Disk gömücü ayak ünitesi üzerine uygulanan düşey ağırlık artışına bağlı olarak anız dağılım mesafesi artarak, sırasıyla 90,2 cm, 93,1 cm ve 99,6 cm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.52). Anız dağılım mesafesine benzer şekilde, düşey ağırlık artışı sürüklenen anız miktarının da 17,87 g, 20,23 g ve 21,23 g olarak artışına neden olmuştur (Şekil 4.53). Disk üzerine uygulanan 150 kg düşey ağırlıkta toplam anızın yaklaşık %42'sinin sürüklendiği belirlenmiştir.

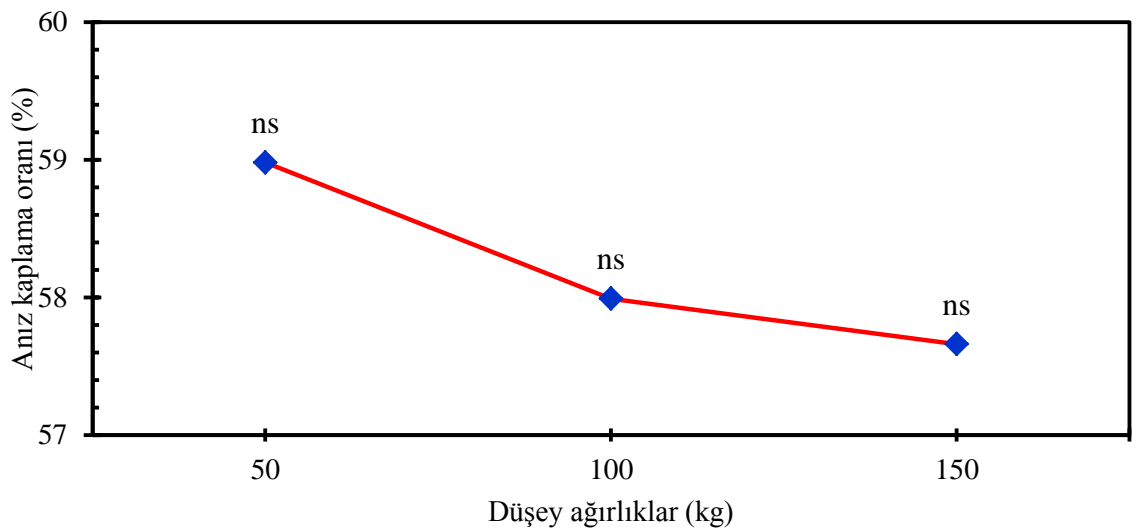


Şekil 4.52. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak anız dağılım mesafesinin değişimi



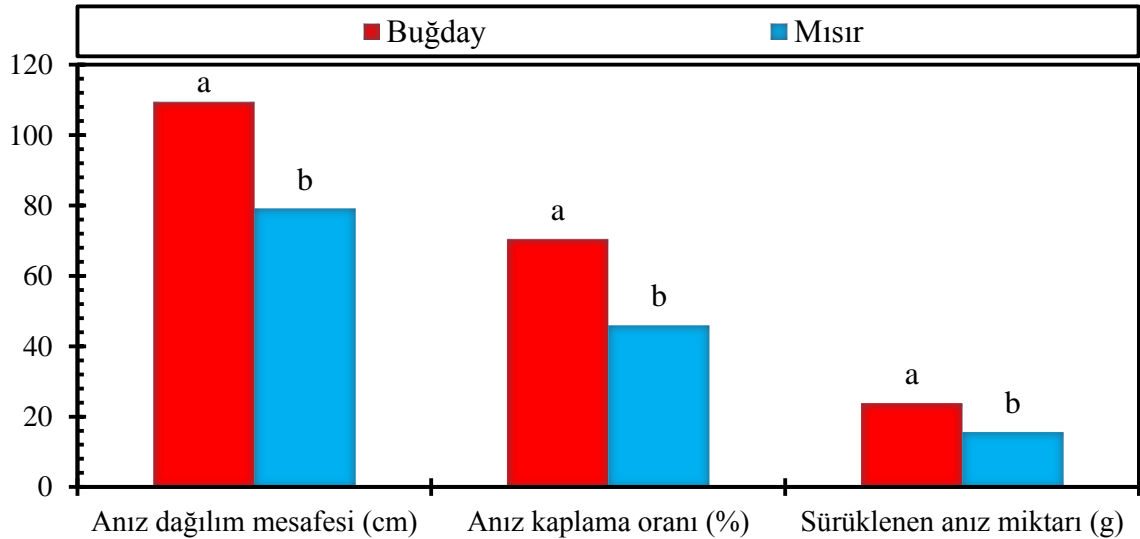
Şekil 4.53. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak sürüklenen anız miktarının değişimi

Düşey ağırlık artışıyla birlikte anızın daha uzun mesafeye dağılması ve sürüklenmesi, çizi bölgesi anız kaplama oranının azalmasına neden olmuştur. 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlıklarda çizi bölgesi anız kaplama oranının ağırlık artışına bağlı olarak sırasıyla %58,98, %57,99 ve %57,66 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.54).



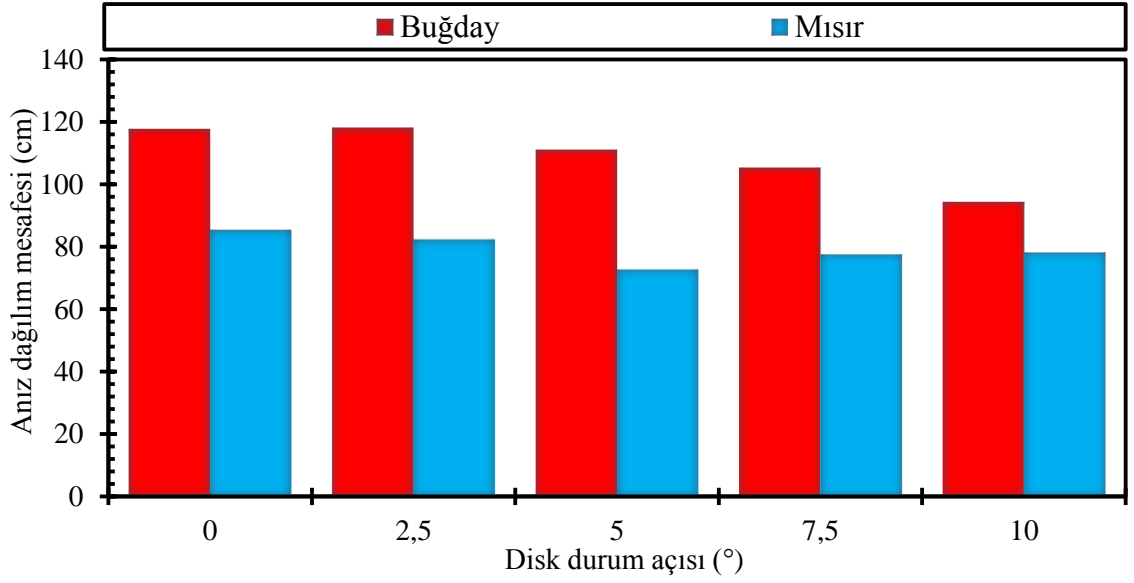
Şekil 4.54. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak anız kaplama oranının değişimi

Çalışmada, buğday anızının mısır anızına göre daha fazla dağıldığı ve daha fazla sürüklendiği belirlenmiştir. Birim alana düşen ağırlık miktarı olarak aynı olmasına rağmen, ince saplı olmasından ve sayıca çok daha fazla olmasından dolayı çizi bölgesi anız kaplama oranının buğdayda anızında mısıra göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, buğday anızı için ortalama anız dağılım mesafesi; 109,4 cm, çizi bölgesi anız kaplama oranı %70,43 ve yerleştirildiği 50*30 cm ebadındaki çerçeve alanının dışına sürüklenen anız miktarı 23,84 g olarak belirlenmiştir. Mısır anızında ise ortalama anız dağılım mesafesi 79,2 cm, çizi bölgesi anız kaplama oranı %45,99 ve sürüklenen anız miktarı 15,72 g olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. Buğday ve mısır anızlarının dağılım mesafesi, anız kaplama oranı ve sürüklenen anız miktarı sonuçları

Disk durum açısının buğday ve mısır anızlarının anız dağılım mesafesine olan etkileri Şekil 4.56'da verilmiştir. Şekilde, disk durum açısı arttıkça buğday anızının dağılım mesafesinin azaldığı, mısır anızının ise 0 ve 5° durum açılarında diğer açılara göre daha fazla dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada, durum açısına göre buğday anızı dağılım mesafesinin mısır anızına göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Buğday anızı 0° durum açısında en yüksek değer olan 117,8 cm, mısır anızı ise 85,4 cm mesafeye dağılmıştır. En düşük dağılım mesafesi mısır anızında 5° durum açısında 72,6 cm, buğday anızında ise 10° durum açısında 94,4 cm olarak elde edilmiştir (Şekil 4.56).



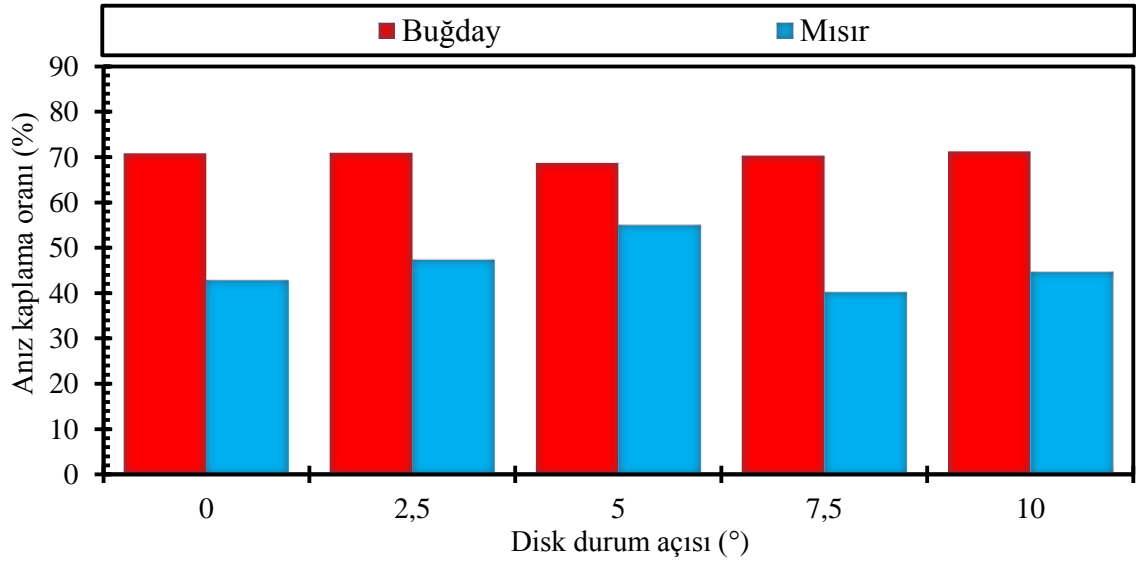
Şekil 4.56. Durum açısı değerlerinin ve anız çeşitlerinin anız dağılım mesafesine etkileri

Gömücü ayak geçişinden sonra, farklı durum açılarının çizi bölgesinde buğday ve mısır anızının kaplama oranlarına etkisi Şekil 4.57’de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, buğday anızının çizi bölgesini kaplama oranı farklı durum açılarında çok önemli değişiklik göstermemiştir. En düşük anız kaplama oranı 5° durum açısında %68,7 ve en yüksek kaplama oranı 10° durum açısında %71,3 olarak elde edilmiştir. Mısır anızının kaplama oranı farklı durum açılarında buğday anızına göre daha düşük seviyede kalmıştır. Buna göre, mısır anızında en düşük anız kaplama oranı 7,5° durum açısında %40,18 ve en yüksek kaplama oranı 5° durum açısında %54,98 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.57).

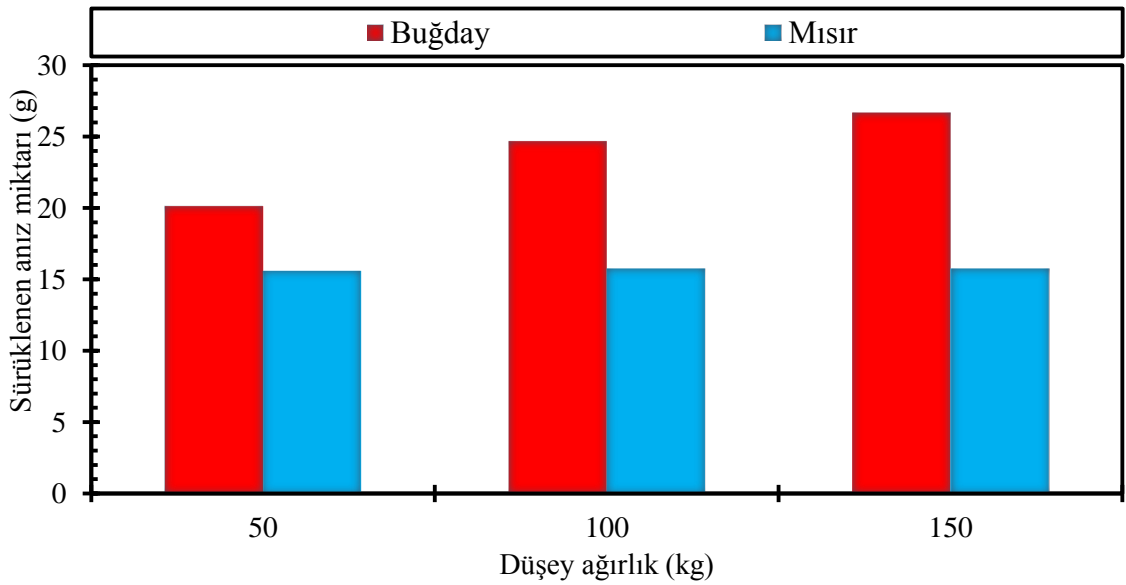
Gömücü ayak üzerine uygulanan farklı seviyedeki düşey ağırlıkların ve anız çeşitlerinin sürüklenen anız miktarına olan etkileri incelendiğinde; buğday anızında meydana gelen sürüklenmenin, hafif ve ince saplı olmasından dolayı, mısır anızına göre daha fazla olduğu ve düşey ağırlık artışına bağlı olarak, sürüklenen buğday anızı miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, buğday anızının, 50 kg düşey ağırlıkta 20,13 g, 100 kg ağırlıkta 24,69 g ve 150 kg ağırlıkta ise 26,69 g sürüklendiği belirlenmiştir. Mısır

anızının uygulanan düşey ağırlıklara bağlı olarak sürüklenme miktarı çok fazla değişiklik göstermemiştir. 50 kg ağırlıkta, 15,6 g, 100 ve 150 kg ağırlıklarda ise sürüklenen anız miktarı 15,77 g olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.58).



Şekil 4.57. Farklı durum açıları ve anız çeşitlerinin çizi bölgesi anız kaplama oranına etkileri



Şekil 4.58. Farklı düşey ağırlık uygulamaları ve anız çeşitlerinin sürüklenen anız miktarına etkileri

4.5.2. Gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğine ilişkin sonuçlar

Çalışmada, gömücü ayak geçişinden sonra çizi içerisine gömülen anız miktarı ve bu anızların gömülme derinliği belirlenmiş, elde edilen bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, gömülen anız miktarı üzerinde disk yön açısı, disk durum açısı, düşey ağırlık ve anız faktörlerinin etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Ayrıca, yön açısı*düşey ağırlık, yön açısı*anız ve durum açısı*anız ikili interaksyonları ile yön açısı*düşey ağırlık*anız üçlü interaksyonunun etkileri önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.7).

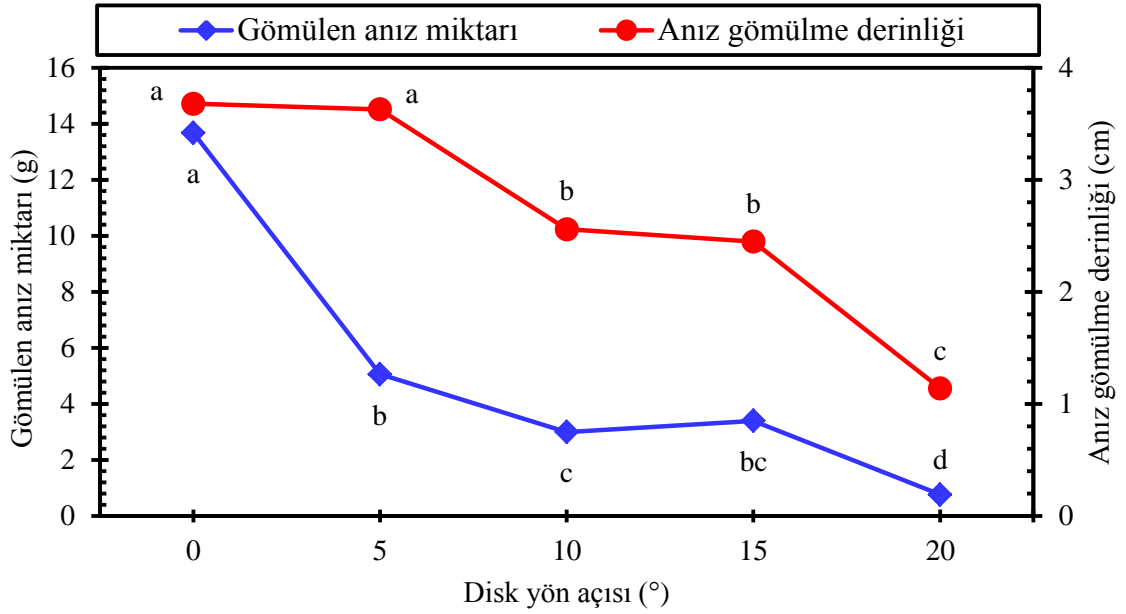
Çizelge 4.7. Gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğine ilişkin varyans analizi önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Anız parametreleri	
		Gömülen anız miktarı (g)	Anız gömülme derinliği (cm)
Yön açısı	4	0,000	0,000
Durum açısı	4	0,001	0,000
Düşey ağırlık	2	0,000	0,000
Anız	1	0,000	0,787
Yön açısı*durum açısı	16	0,176	0,476
Yön açısı*düşey ağırlık	8	0,000	0,223
Yön açısı*anız	4	0,000	0,065
Durum açısı*düşey ağırlık	8	0,784	0,646
Durum açısı*anız	4	0,026	0,883
Düşey ağırlık*anız	2	0,137	0,908
Yön açısı*durum açısı*düşey ağırlık	32	0,792	0,378
Yön açısı*durum açısı*anız	16	0,154	0,378
Durum açısı*düşey ağırlık*anız	8	0,588	0,724
Yön açısı*düşey ağırlık*anız	8	0,002	0,892

SD: Serbestlik derecesi

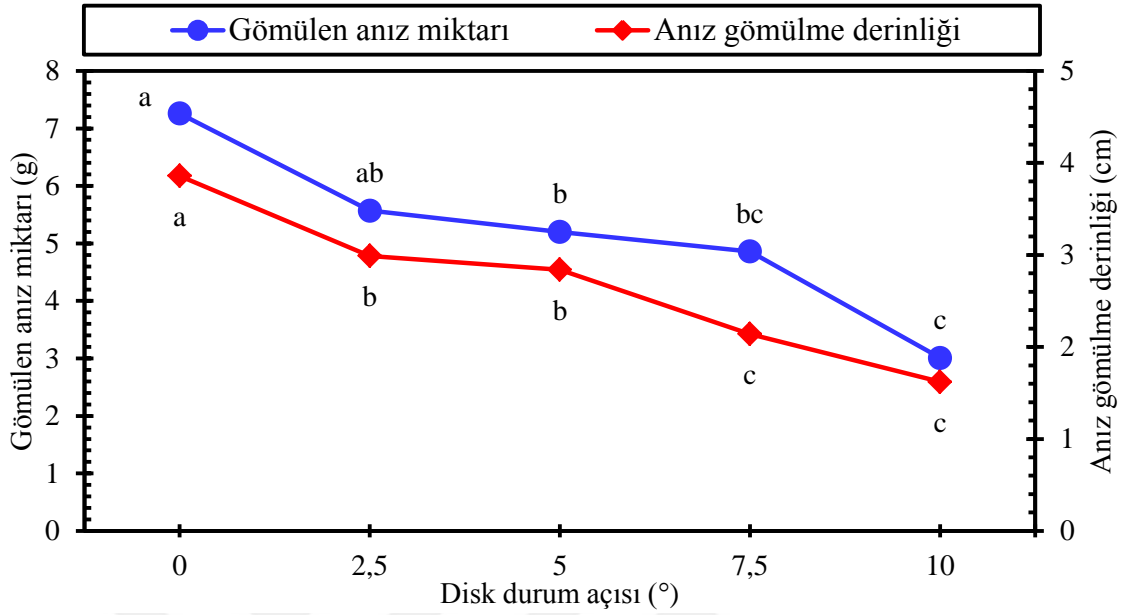
Elde edilen sonuçlara göre, disk yön açısı arttıkça gömülen anız miktarında istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,01$) azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.59). Yön açısının 0° olduğu durumda gömülen anız miktarı toplam anız miktarının yaklaşık %27’si (13,68 g) iken, yön açısı 20° olduğunda bu miktar %1,5 (0,76 g) olarak gerçekleşmiştir. Anız gömülme miktarında olduğu gibi yön açısının artması anızın gömülme derinliğinin de azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.59). Yön açısı 0° iken 3,68 cm olan anız gömülme

derinliği, 20° yön açısında 1,14 cm olarak belirlenmiştir. Büyük yön açısında gömülen anız miktarının ve anız gömülme derinliğinin daha az olması doğrudan ekim için arzu edilen bir durum olmasına karşın, büyük yön açıları çok geniş çizi oluşmasına neden olmaktadır.



şekil 4.59. Farklı yön açılarında gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğinin değişimi

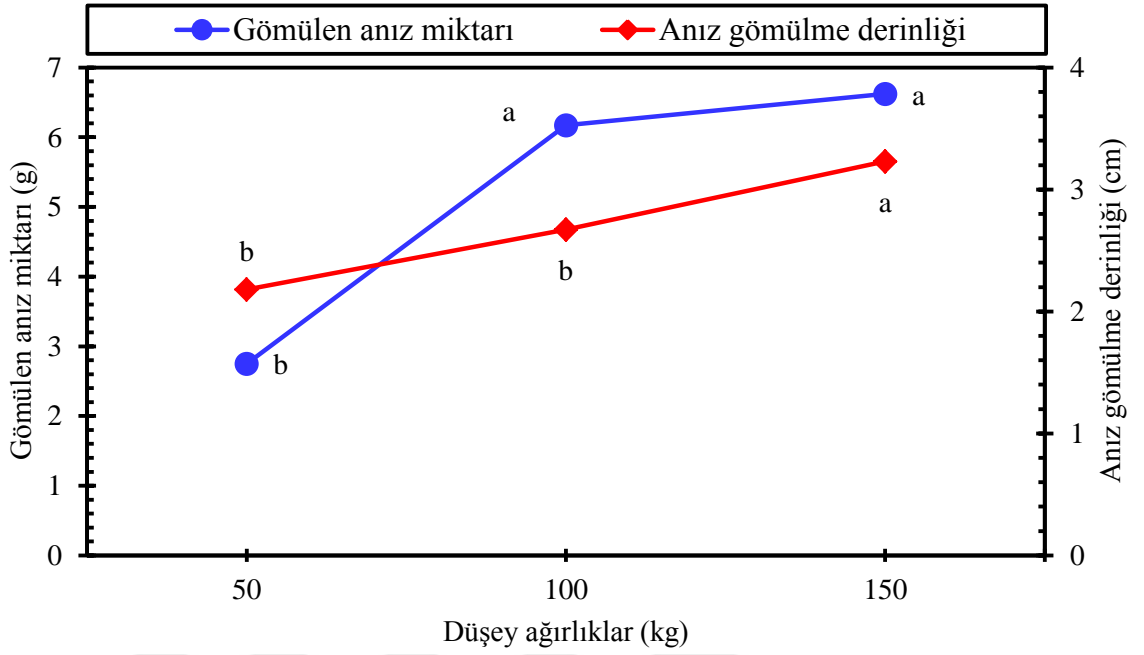
Yön açısına benzer şekilde, durum açısının artışına bağlı olarak anız gömülme miktarı ve anız gömülme derinliği azalmıştır. İstatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunan durum açısının gömülen anız miktarına olan etkilerine bakıldığında; 0° durum açısında 7,26 gramdan 10° durum açısında 3,01 grama gerilemiştir (şekil 4.60). Aynı şekilde, durum açısının olmadığı yani 0° olduğu durumda 3,86 cm olan gömülme derinliği, 10° durum açısında 1,62 cm'ye gerilemiştir (şekil 4.60). Bu sonuçlar, durum açısının 0°'den daha büyük açı değerlerinde kullanılmasının daha uygun olacağını ortaya çıkarmaktadır.



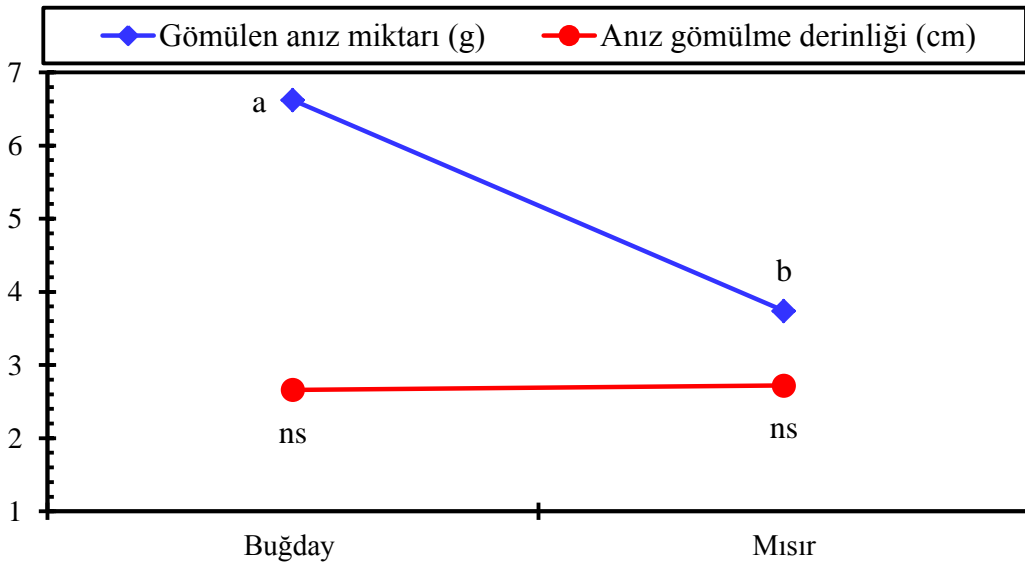
Şekil 4.60. Farklı durum açılarında gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğinin değişimi

Disk ünitesi üzerine uygulanan düşey ağırlık artışı, anızın gömülme miktarını ve gömülme derinliğini artırmıştır. Buna göre, 50, 100 ve 150 kg düşey ağırlıklara göre, gömülen ortalama anız miktarı sırasıyla, 2,75 g, 6,17 g ve 6,62 g şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.61). Burada, 100 ve 150 kg düşey ağırlık uygulamalarındaki anız gömülme miktarı 50 kg düşey ağırlık uygulamasına göre 2 kattan daha fazla meydana gelmiştir. Ayrıca, ağırlık artışıyla anız gömülme derinliğinde de artış meydana gelmiştir. Ağırlık artışına bağlı olarak elde edilen ortalama gömülme derinliği değerleri sırasıyla; 2,18 cm, 2,67 cm ve 3,23 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.61).

Anız çeşitlerine göre gömülen anız miktarı incelendiğinde; buğday ve mısır anızlarının gömülme miktarları arasındaki ilişki istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Buğday anızının mısır anızına göre yaklaşık %50 oranında daha fazla toprak içine gömüldüğü belirlenmiştir. Elde edilen ortalama değerlere göre, 6,62 g buğday anızının ve 3,74 g mısır anızının çizi bölgesi içine gömüldüğü tespit edilmiştir. Anız gömülme derinliğinde, mısır anızının ortalama 2,72 cm ve buğday anızının ise 2,66 cm ile benzer derinliğe gömüldüğü saptanmıştır (Şekil 4.62).



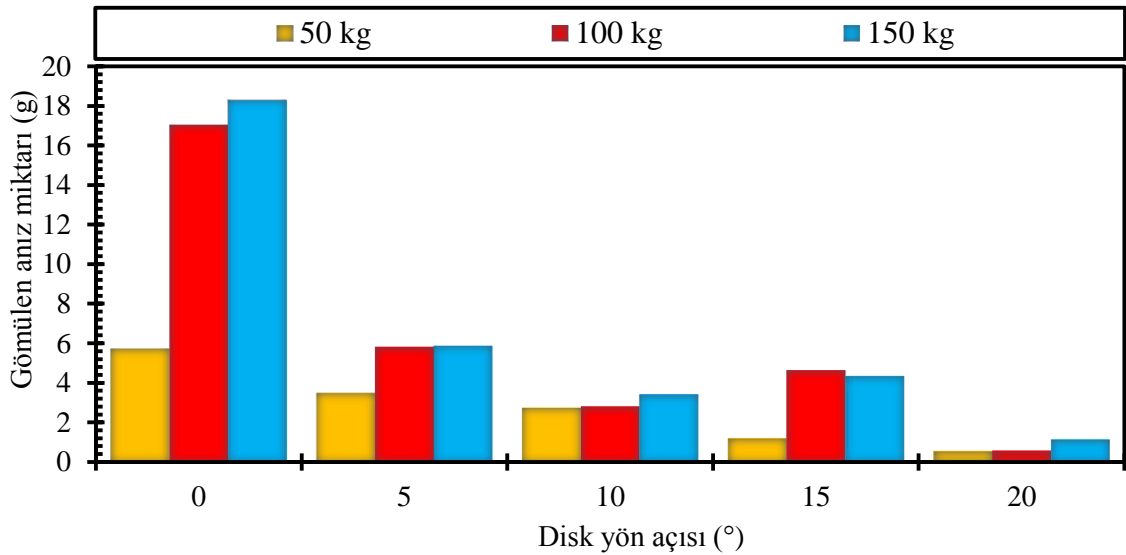
Şekil 4.61. Disk üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliğinin değişimi



Şekil 4.62. Buğday ve mısır anızlarının çizi bölgesine gömülme miktarı ve gömülme derinliğinin değişimi

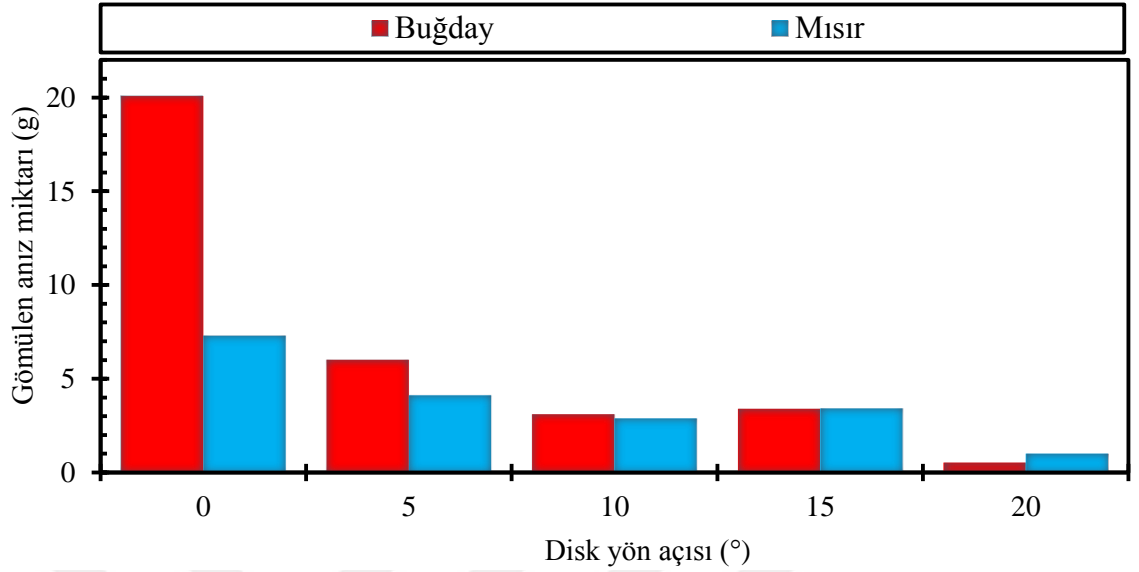
Gömücü ayak tarafından kesilmeden, bükülerek çizi içerisine gömülen anız miktarı, farklı disk yön açıları ve uygulanan düşey ağırlıklara bağlı olarak değişiklikler

göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tüm yön açılarındaki, ağırlık artışına bağlı olarak anız gömülme miktarı da artarken, 0° yön açısında daha fazla anızın çizi bölgesine bükülerek gömüldüğü tespit edilmiştir. Buna göre, 0° yön açısı ve 50 kg düşey ağırlıkta 5,73 g, 100 kg düşey ağırlıkta 17,09 g ve 150 kg düşey ağırlıkta ise başlangıç değerlerine göre yaklaşık 3 kat daha çok (18,29 g) anızın çiziye gömüldüğü belirlenmiştir. 15° yön açısı ve 100 kg düşey ağırlıkta anız gömülme miktarı 150 kg düşey ağırlığa göre daha fazla çıkmıştır. Yön açısı artışına paralel olarak, 15° açı hariç, anız gömülme miktarında azalma ortaya çıkmıştır. 20° yön açısında, artan düşey ağırlıklara göre sırasıyla, 0,56 g, 0,58 g ve 1,15 g anız çizi içerisine gömülmüştür (Şekil 4.63).



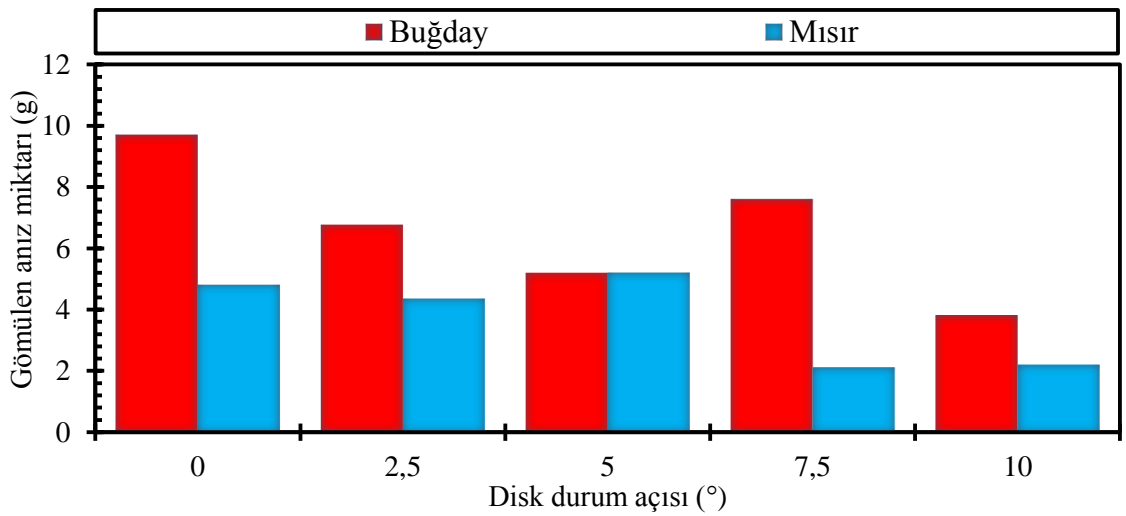
Şekil 4.63. Farklı yön açıları ve düşey ağırlık uygulamalarının çizi bölgesine gömülen anız miktarına etkileri

15° yön açısında diğer açıların aksine anız gömülme miktarında bir artış söz konusu olmuştur. Yön açısı*düşey ağırlık interaksiyonunda olduğu gibi yön açısı*anız interaksiyonunda da 0° yön açısında en çok anız gömülmesi gerçekleşmiştir. Bu açı değerinde buğday anızında ortalama 20,08 g, mısır anızında ise 7,29 g gömülme meydana gelmiştir. Anız çeşitlerine göre çizi içerisine en az anız gömülme miktarı 20° yön açısında, 0,52 g buğday ve 1,01 g mısır anızı şeklinde olmuştur (Şekil 4.64).



Şekil 4.64. Farklı yön açıları ve anız çeşitlerinin gömülen anız miktarına etkileri

Farklı durum açıları ve anız çeşitlerinin anız gömülme miktarına olan etkileri Şekil 4.65'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, buğday anızının gömülme miktarı 0° durum açısında, 9,71 g ile en çok ve 10° durum açısında ise en az 3,82 g şeklinde gerçekleşmiştir. Mısır anızı tüm durum açısı değerlerinde buğday anızına göre daha az çizi içine gömülmüştür. Maksimum gömülme miktarı 5° durum açısında 5,20 g ve minimum gömülme miktarı ise 7,5°'de 2,12 g olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.65).



Şekil 4.65. Farklı durum açısı ve anız çeşitlerinin çizi içerisine gömülen anız miktarına etkileri

4.5.3. Kesilen anız miktarı ve anız boyu ortalaması

Çalışmada, gömücü ayak geçiş yolu üzerine bırakılan anızın üzerinden gömücü ayak geçtikten sonra kesilen anızlar ayrıştırılarak hassas terazide tartılmış ve kesilen anız miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca, kesilen anızların boyları da ölçülerek anız boyu ortalaması çıkarılmıştır. Bu verilere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kesilen anız miktarına; yön açısı, durum açısı ve anız faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Ayrıca, yön açısı*düşey ağırlık ve durum açısı*anız ikili interaksiyonlarının da kesilen anız miktarı üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kesilen anız boyu ortalamasına sadece anız çeşidinin etkisi önemli bulunmuş, diğer faktörler ile interaksiyonların etkileri istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.8).

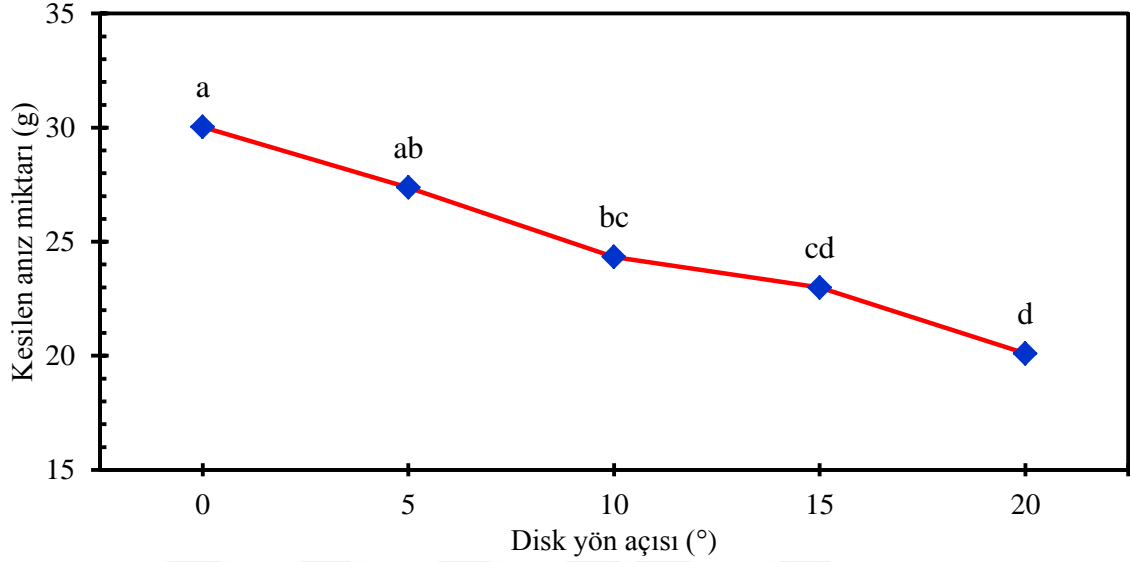
Çizelge 4.8. Kesilen anız miktarı ve kesilen anız boyu ortalamasına ilişkin varyans analizi önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Anız parametreleri	
		Kesilen anız miktarı (g)	Kesilen anız boyu ortalaması (cm)
Yön açısı	4	0,000	0,648
Durum açısı	4	0,001	0,277
Düşey ağırlık	2	0,461	0,583
Anız	1	0,000	0,016
Yön açısı*durum açısı	16	0,239	0,270
Yön açısı*düşey ağırlık	8	0,000	0,294
Yön açısı*anız	4	0,490	0,335
Durum açısı*düşey ağırlık	8	0,434	0,182
Durum açısı*anız	4	0,012	0,423
Düşey ağırlık*anız	2	0,689	0,193
Yön açısı*durum açısı*düşey ağırlık	32	0,753	0,813
Yön açısı*durum açısı*anız	16	0,762	0,577
Durum açısı*düşey ağırlık*anız	8	0,233	0,917
Yön açısı*düşey ağırlık*anız	8	0,622	0,055

SD: Serbestlik derecesi

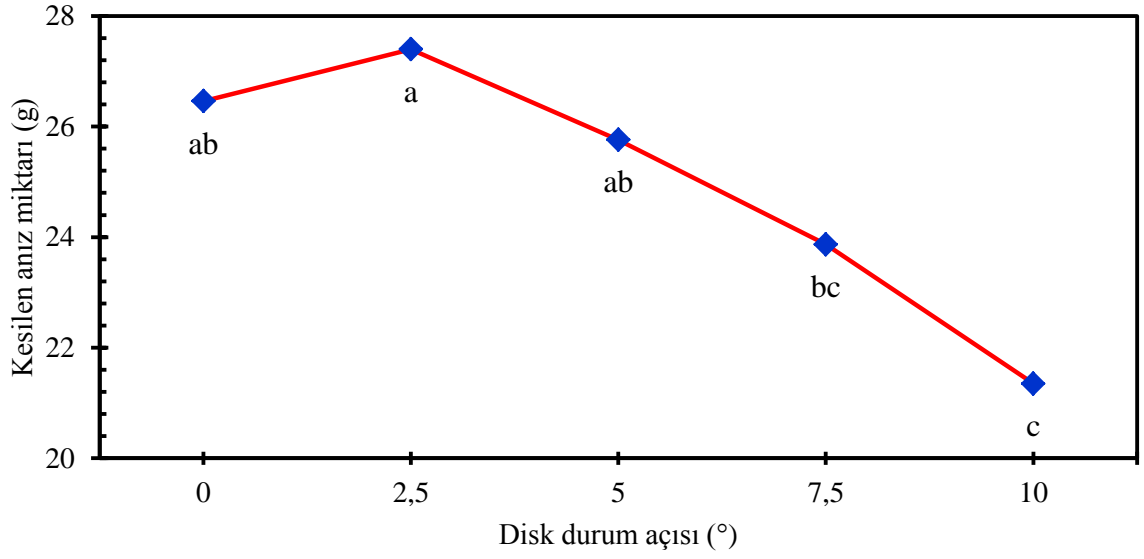
Şekil 4.66’da verilen ortalama kesilen anız miktarı değerlerine göre, yön açısının artmasına bağlı olarak kesilen anız miktarında önemli ölçüde azalma meydana gelmiştir. 0° yön açısı için kesilen anız miktarı 30,03 g iken, 20° yön açısı için bu değer

20,10 grama düşmüştür (Şekil 4.66). Yön açısının değişimiyle kesilen anız boyu ortalamasının 15,33 ile 15,56 cm arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.66. Farklı yön açılarında kesilen anız miktarının değişimi

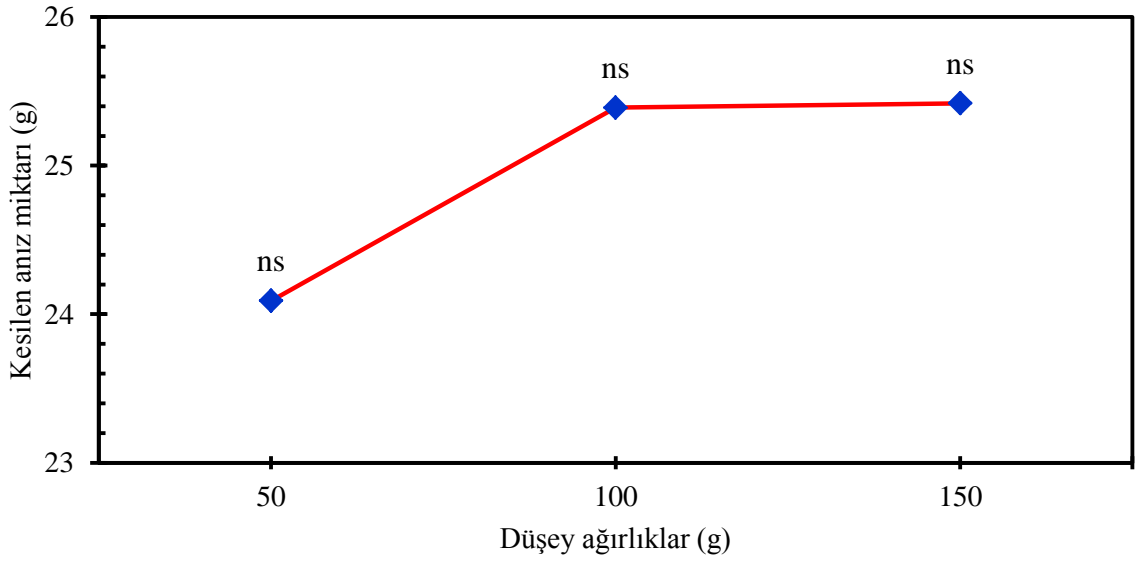
Kesilen anız miktarı disk durum açısının artışıyla genel olarak azalma seyrine girmiştir. Durum açısı $2,5^\circ$ iken, 27,40 g ile en fazla anız kesilme miktarı elde edilirken, 10° durum açısında kesilen anız miktarı 21,35 g ile en düşük değerde kalmıştır (Şekil 4.67). Durum açısının değişimine bağlı olarak kesilen ortalama anız boyunun 15,28 cm ile 15,61 cm arasında kaldığı belirlenmiştir.



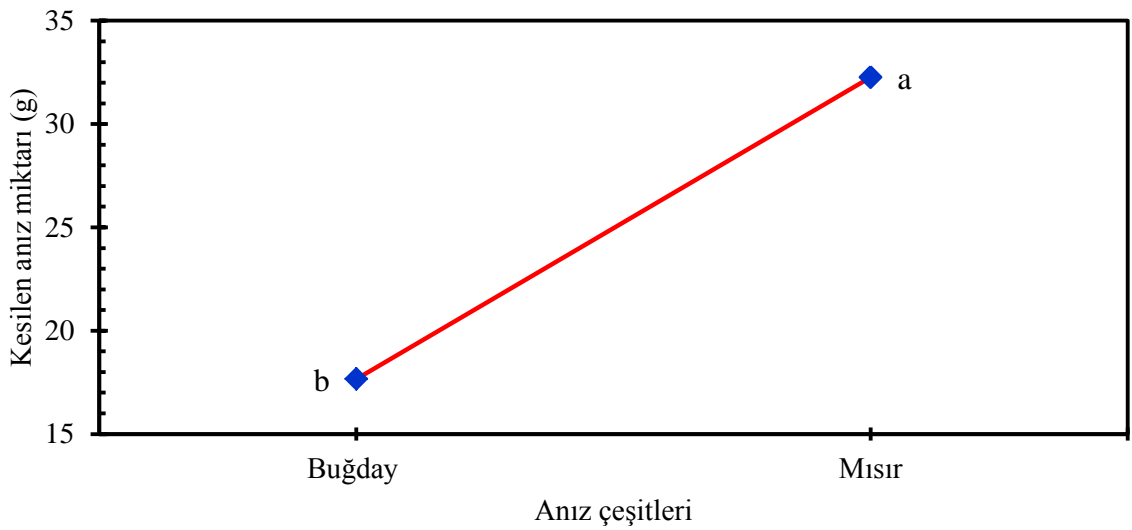
Şekil 4.67. Farklı disk durum açılarında kesilen anız miktarının değişimi

Kesilen anız miktarı disk gömücü ayak üzerine uygulanan düşey ağırlık artışıyla, beklendiği gibi, artış göstermiştir. Buna göre, 50 kg düşey ağırlıkta 24,09 g, 100 kg ağırlıkta 25,39 g ve 150 kg ağırlıkta 25,42 g anızın kesildiği tespit edilmiştir (Şekil 4.68). Kesilen anız boyu ortalamasının ise 15,38 cm ile 15,52 cm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Anız çeşitlerine göre kesilen anız miktarı farklılık göstermiştir. Kesilen ortalama 17,66 g buğday anızı ortalama 32,27 g olarak kesilen mısır anızından yaklaşık %50 daha az olmuştur (Şekil 4.69). Bu durum, buğday anızının kesilmeden, daha çok bükülerek toprak içine gömüldüğü şeklinde açıklanabilir. Ayrıca, kesilen anız boyu ortalaması buğday anızı için 15,59 cm, mısır anızı için 15,32 cm olarak tespit edilmiştir.

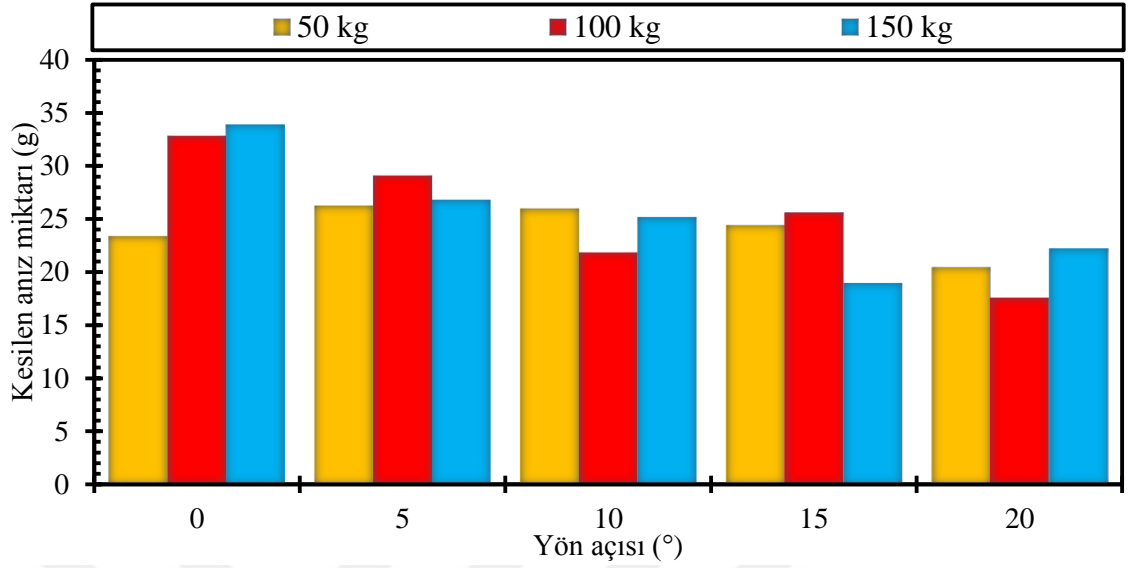


Şekil 4.68. Disk ünitesi üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklara bağlı olarak kesilen anız miktarının değişimi



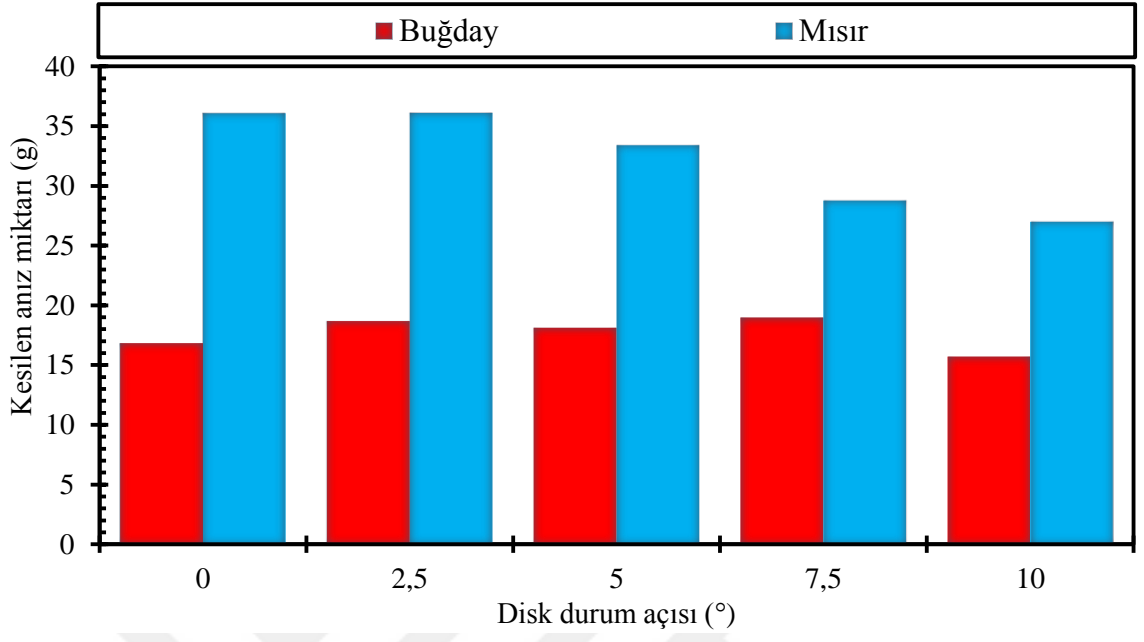
Şekil 4.69. Anız çeşitlerine bağlı olarak kesilen anız miktarının değişimi

Diskli tip gömücü ayak geçişinden sonra kesilen anız miktarı üzerinde farklı yön açıları ve disk üzerine uygulanan düşey ağırlıkların etkisi Şekil 4.70’de verilmiştir. En iyi kesilme miktarı 0° yön açısı ve 150 kg düşey ağırlık uygulamasında 33,89 gram olarak gerçekleşirken, en az kesilme miktarı 20° yön açısı ve 100 kg düşey ağırlık uygulamasında meydana gelmiştir (Şekil 4.70).



Şekil 4.70. Farklı yön açısı ve düşey ağırlık uygulamalarının kesilen anız miktarına etkileri

Farklı durum açısı değerleri ile anız çeşitlerinin kesilen anız miktarına etkileri incelendiğinde (Şekil 4.71); buğday anızının 18,98 gram ile 7,5° durum açısında en çok kesildiği, en az kesilmenin ise, 15,71 g ile 10° durum açısında olduğu tespit edilmiştir. Buğday anızında 0° durum açısında 36,08 g ve 2,5° durum açısında 36,11 g kesilme meydana gelmiştir. Durum açısı değerleri 5°, 7,5° ve 10°'ye doğru büyüdükçe anız kesilme miktarının sırasıyla; 33,4 g, 28,75 g ve 27,0 g şeklinde azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, tüm durum açısı değerlerinde mısır anızının buğday anızına göre yaklaşık %40 ile %50 arasında daha fazla kesildiği saptanmıştır (Şekil 4.71).



Şekil 4.71. Farklı durum açıları ve anız çeşitlerinin kesilen anız miktarına etkileri

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kontrollü toprak kanalı koşullarında yürütülen bu çalışmada, hububat doğrudan ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan 460 mm çapında, tek diskli tip bir gömücü ayak; farklı yön ve durum açıları, disk ünitesi üzerine uygulanan farklı düşey ağırlıklar ve farklı anız koşullarında denenmiştir. Araştırmada dikkate alınan faktörler ve seviyeleri; 5 farklı yön açısı (0, 5, 10, 15 ve 20 derece), 5 farklı durum açısı (0, 2,5, 5, 7,5 ve 10 derece), disk ünitesi üzerine uygulanan üç farklı düşey ağırlık (50, 100 ve 150 kg) ve üç farklı anız koşulundan (anızsız, buğday anızı ve mısır anızı) oluşmuştur. Denemeler, 5*5*3*3 faktöriyel deneme deseninin şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Araştırmada, farklı yön ve durum açıları, düşey ağırlıklar ve anız koşullarında kullanılan diskli tip gömücü ayağa etki eden düşey, çeki ve yan kuvvetler altı adet yük hücresi yardımıyla ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar datalogger üzerinden bilgisayara aktarılmıştır. Bununla birlikte araştırmada; çizi profili özellikleri, çizi kesit alanı, toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği, toprak kabarma alanı, çizi bölgesi anız kaplama oranı, sürüklenen anız miktarı, anız dağılım mesafesi, gömülen anız miktarı, anız gömülme derinliği, kesilen anız miktarı ve kesilen anız boyu ortalamasından oluşan çizi ve anız parametreleri incelenmiştir. Gömücü ayak geçişinden sonra, çizi tabanından ve çizi kenarından penetrasyon direnci ölçümleri yapılmış ve gömücü ayağın toprak sıkışmasına olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Disk üzerine gelen düşey kuvvetler incelendiğinde; 0° yön açısında 321,5 N ile en düşük düşey kuvvet, 20° yön açısında ise 373,4 N ile en yüksek düşey kuvvet meydana gelmiştir. Durum açısında ise en düşük düşey kuvvet 335,1 N olarak 7,5° 'de, en yüksek kuvvet ise, 360,6 N ile 0°'de ölçülmüştür. Yön ve durum açısı kombinasyonunda; 0° yön açısı ve 7,5° durum açısı birlikte kullanıldığı zaman en düşük düşey kuvvet değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca, 50 kg düşey ağırlık uygulamasında en düşük düşey kuvvet ortaya çıkmış, daha fazla ağırlığın diske gelen düşey kuvveti arttırdığı tespit

edilmiştir. Anızsız toprak koşullarında, sert toprak yüzeyi ile karşılaşan diske, anızlı koşullara göre daha yüksek düşey kuvvetin gelmesine neden olmuştur.

Farklı disk yön açılarındaki çeki kuvvetinin diske olan etkisi incelendiğinde; düşey kuvvette olduğu gibi, disk yön açısı 0° olduğu durumda minimum değerler, daha fazla toprak yüzeyi ile karşılaşan 20° yön açısında ise maksimum değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlar durum açısından ise tam aksi olarak gerçekleşmiştir. Durum açısının artmasıyla diskin toprağı kesme yüzeyi daha eğimli bir şekilde gerçekleşmiş ve çeki kuvveti ihtiyacının azalmasını sağlamıştır. Diske uygulanan düşey ağırlık artışı, çeki kuvveti gereksiniminin daha fazla olmasına neden olmuştur. Anız koşullarına göre çeki kuvveti ihtiyacı, en çok buğday anızında gerçekleşmiş, buğday anızını, anızsız koşullar ve mısır anızı takip etmiştir.

Diske gelen yan kuvvetler ile ilgili sonuçlarda; 0° yön açısında, 10° durum açısında ve 50 kg düşey ağırlıkta minimum değerlere ulaşılmıştır. Düşey, çeki ve yan kuvvet değerleri birlikte değerlendirildiğinde, 0° yön açısı ve 10° durum açısının optimum kuvvet ihtiyacı yönünden daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Gömücü ayak geçişinden sonra, 0-5 cm, 5-10 cm ve 10-15 cm derinliklerde çizi tabanından penetrasyon direnci ölçümleri yapılmıştır. Yön açısının 0° 'den 10° 'ye kadar çıkması 0-5 cm ölçüm derinliğinde, penetrasyon direncinde değişikliğe neden olmazken, 15° ve 20° yön açılarındaki çizi tabanında daha fazla sıkışma meydana gelmiştir. 0° , 5° ve 10° yön açıları, 5-10 ve 10-15 cm ölçüm derinliğinde toprak üst katmanı olan 0-5 cm ölçüm derinliğine göre, diskin çizi tabanına doğru daha çok sıkıştırma etkisi meydana getirirken, 10° 'den daha büyük açılarda bu etki azalmıştır.

Penetrasyon direncinin tüm ölçüm derinliklerinde, 10° maksimum durum açısında, diğer disk durum açılarına göre en düşük penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir. Disk üzerine uygulanan düşey ağırlık artışına paralel olarak 0-5 cm ölçüm derinliğinde penetrasyon direncinin arttığı ve bu durumda çizi tabanının daha fazla sıkıştırıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çizi kenarından yapılan penetrasyon direnci ölçümlerinde; çizi tabanına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Farklı disk yön ve durum açıları, farklı düşey ağırlık uygulamasında ve farklı anız koşullarında ölçüm derinliği artışına bağlı olarak penetrasyon direncinin arttığı belirlenmiştir. Hem çizi tabanından hem de çizi kenarından elde edilen sonuçlarda, genellikle bitki gelişimini engellemeyecek, 2 MPa altında değerler elde edilmiştir.

Çalışmada 50 mm çizi derinliği dikkate alınmış, ancak disk üzerine monte edilen paralelogram ile farklı disk yön ve durum açıları, düşey ağırlık uygulamaları ve anız koşullarının çizi derinliği üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Disk üzerine gelen kuvvetlerde optimum sonuçların ortaya çıktığı 0° disk yön ve 10° disk durum açısında diskin toprağa batması daha az olmuştur. Düşey ağırlık uygulamasında ise 150 kg ağırlıkta istenilen çizi derinliğine daha yakın çizi derinliği değerleri elde edilmiştir. Farklı anız koşullarında ise dikkate alınan değerden 3 mm civarında düşük sonuçlar çıkmış, en iyi çizi derinliği anızsız koşullarda elde edilmiştir.

Çalışmada incelenen disk yön ve durum açıları ile düşey ağırlık uygulamalarının çizi genişliğine olan etkileri, çizi derinliğinde olduğu gibi benzer sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Buna göre, yön açısındaki ve düşey ağırlıktaki artış, çizi genişliğinin büyümesine, disk durum açısındaki artış ise çizi genişliğinin azalmasına neden olmuştur. Toprak yüzeyinde anız varlığı, anızsız koşullara göre daha büyük çizi genişliğinin oluşmasına sebep olmuştur.

Çizi kesit alanı ile ilgili sonuçlarda; disk yön ve durum açıları ile düşey ağırlıkların etkisi, istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Yön açısı arttıkça çizi kesit alanı büyüme göstermiş, durum açısının artışında ise tam tersi bir durum gerçekleşmiştir. Yine disk üzerine uygulanan düşey ağırlık artışı çizi kesit alanında büyümeye neden olmuştur.

Disk yön açısının büyümesi; toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği ve toprak kabarma alanı değerlerinin artmasına neden olmuştur. Disk yön açısının 0°

olması durumunda çizi kenarında tohum yatağının üzerinin kapatılması için gerekli olan toprak oldukça az miktarda kalırken, yön açısının büyük değerlerinde çizi genişliğinin gereğinden fazla olması, çizi kenarında ihtiyaç duyulan toprak miktarıyla ilgili benzer problemin oluşmasına neden olmuştur. Bu sonuçlara göre, 0°'den farklı küçük yön açılarının kullanılması daha uygun olacaktır. Ayrıca, disk yön açısının değişimine bağlı olarak çizi kenarındaki toprak, tek tarafta birikmiştir. Bu durumda, kullanılan disk yön açısı dikkate alınarak tohum üzerini kapatma düzeni tasarımı ile ilgili çalışmalar büyük önem arz etmektedir.

Disk durum açısındaki büyüme ise toprak kabarma alanının azalmasına neden olmuştur. Disk üzerine uygulanan düşey ağırlıkların artmasının etkisiyle, çizi kenarındaki toprak kabarma yüksekliğinde ve toprak kabarma alanında önemli ölçüde artış meydana gelmiştir. Ayrıca, buğday ve mısır anızında, anızsız koşullara göre daha büyük toprak kabarma alanı elde edilmiştir.

Anız dağılım mesafesine ilişkin sonuçlarda; 50 cm uzunluğunda ve 30 cm genişliğinde bir çerçeve içerisine yerleştirilen buğday ve mısır anızlarının, 20° disk yön açısı ve 0° disk durum açısında bu çerçeve dışına sürüklenerek, 2 katı büyük bir mesafeye dağıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, uygulanan düşey ağırlıkların da anız dağılım mesafesini arttırdığı belirlenmiştir. Buğday anızı, mısır anızı ile miktar olarak aynı olmasına rağmen daha hafif olması buğday anızının dağılım mesafesini arttırmıştır. Disk yön açısı ve uygulanan düşey ağırlıklardaki artış, anız dağılım mesafesini artırırken, aynı zamanda çizi bölgesindeki anız kaplama oranının azalmasına neden olmuştur. Ağırlık olarak aynı miktardaki buğday anızı sayı olarak mısır anızından daha çok olduğu için buğday anızının kaplama oranı mısır anızına göre yaklaşık 1,5 kat daha fazla olmuştur.

Çalışmada, 20° yön açısı ve 0° durum açısında çerçeve içine serilen anızın yaklaşık %50'sinin sürüklendiği tespit edilmiştir. Uygulanan düşey ağırlık artışının da sürüklenmeyi arttırdığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, çizi bölgesine serilen buğday anızının %48'inin, mısır anızının ise %31'inin sürüklendiği saptanmıştır.

Yön açısının artışına bağlı olarak buğday ve mısır anızlarının sürüklenmesi artarken, beklenildiği gibi anız gömülme miktarı azalmıştır. Durum açısında da benzer durum gerçekleşirken, her iki açı değerlerinin büyümesi anızın toprak içine gömülme derinliğini azaltmış ve anızın toprak yüzeyine daha yakın kalmasını sağlamıştır. Düşey ağırlık artışının, tohum yatağının yeterli toprak ile kapatılmasının önünde büyük bir dezavantaj olan anızın gömülme miktarı ve gömülme derinliğini arttırdığı belirlenmiştir. Buğday anızı miktar olarak mısır anızına göre daha fazla toprak içine gömülürken, mısır anızının ise buğday anızına göre daha derine gömüldüğü tespit edilmiştir.

Yön açısının büyük olmasının dezavantajlarından biri de gömücü ayak önündeki anızı kesme miktarının çok az olmasıdır. 0° yön açısında anızın %60'ı kesilirken, 20° yön açısında bu oran %40'a düşmüştür. Uygulanan düşey ağırlıkların anızın kesilmesinde çok önemli bir etkisi olmazken, tüm ağırlıklarda serilen anızın yaklaşık %50'sinin kesildiği belirlenmiştir. Bir diğer önemli sonuç ise, buğday anızının %35, mısır anızının ise %65 oranında kesilmesi şeklinde ortaya çıkmıştır. Tek diskli tip gömücü ayak önüne serilen anızların boyu 30 cm olduğu için, gömücü ayak yaklaşık olarak anızların ortasından geçirilmiştir ve bu durum kesilen anız boyu ortalamasının 15,28-15,61 cm arasında gerçekleşmesini sağlamıştır.

Sonuç olarak; 0° disk yön açısında; düşey, yatay ve yan kuvvetlerin gereksinimi, çizi derinliği, çizi genişliği, çizi kesit alanı, toprak kabarma genişliği, toprak kabarma yüksekliği, toprak kabarma alanı, anız dağılım mesafesi ve sürüklenen anız miktarı daha az olmuştur. Buna ilave olarak, diğer yön açısı değerlerine göre daha yüksek anız kaplama oranı elde edilmiştir. Buna karşın, 0° disk yön açısında gömülen anız miktarı ve anız gömülme derinliği daha fazla olmuş ve bu durum bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmıştır. Disk yön açısı 0° iken, gömülen anız miktarı çok olsa da kesilen anız miktarı da diğer disk yön açılarına göre daha fazla olmuştur. Bu durum, gömülen anızın büyük bir kısmının kesildiğini de ortaya çıkarmıştır.

Durum açısında ise, 7,5 ve 10°'nin genel olarak daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Yön ve durum açısı birlikte değerlendirildiğinde 0° veya 5° disk yön açısı ve

7,5° ya da 10° disk durum açılarının kombinasyonunda daha iyi bir performans elde edilmiştir. Ancak, incelenen bazı parametrelerde, 0° ile 5° yön açısı arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. İleride bu açı değerleri arasında kalan açılar da kullanarak ayrı bir çalışmanın yapılması farklı toprak ve anız koşullarında, ideal disk yön açısının ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır.

Disk üzerine uygulanan düşey ağırlıkların artışına bağlı olarak; çizi derinliğinin istenilen değerlere yakın çıkması ve kesilen anız miktarının az da olsa artması avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, düşey ağırlık artışıyla birlikte; düşey, yatay ve yan kuvvet ihtiyacının, çizi genişliğinin, çizi kesit alanının, toprak kabarma alanının, anız dağılım mesafesinin, sürüklenen ve gömülen anız miktarının, anız gömülme derinliğinin artması önemli bir dezavantaj olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, ağırlık artışı çizi bölgesi anız kaplama oranının da azalmasına neden olmuştur. Bu durumda, 50 kg düşey ağırlık uygulamasının gömücü ayak başına düşen ağırlık için yeterli olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre, tek diskli tip doğrudan ekim makinalarının gereğinden fazla ağır imal edilmesinin çok önemli avantajının olmadığı, tam aksine birçok yönden dezavantaj oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tek diskli tip gömücü ayağa sahip doğrudan ekim makinası imalatı yapan firmaların, bitki çeşidi, anız tipi ve toprak koşullarına göre, diskin yön ve durum açılarını göz ardı etmemeleri gerekmektedir. Bu durumda, 0° ve 5° disk yön açıları veya bu açıların arasında bir disk yön açısı değeri ile birlikte, 7,5° ile 10° arasında bir disk durum açısı dikkate alınarak imalat yapmaları, büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde ve dünya genelinde imal edilen mevcut birçok tek diskli tip doğrudan ekim makinasında gömücü ayak başına düşen ağırlık 100-250 kg arasında değişmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, doğrudan ekim makinalarının gereğinden fazla ağır yapıda imal edilmesinin; maliyet ve daha güçlü traktör ihtiyacı gerektirmesi gibi olumsuz yönlerinin olmasının yanı sıra, anız ve çizi parametrelerine de olumsuz etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- Abu-Hamdeh, N.H. and Reeder, R.C., 2003. A nonlinear 3D finite element analysis of the soil forces acting on a disk plow. *Soil and Tillage Research*, 74(2), 115-124.
- Afify, M.T., Kushwaha, R.L. and Gerein, M.A., 2001. Effect of combined disc angles on soil forces of coulter discs. *ASAE Annual International Meeting*, California.
- Ahmad, F., Weimin, D., Qishuo, D., Hussain, M. and Jabran, K., 2015. Forces and straw cutting performance of double disc furrow opener in no-till paddy soil. *Plos One*, 10(3), e0119648. doi:10.1371/journal.pone.0119648.
- Al-Dousari, A.M., Misak, R. and Shahid, S., 2000. Soil compaction and sealing in Al-Sami area, western Kuwait. *Land Degradation and Development*, 11(5), 401-418.
- Altıkat, S., 2011. Doğrudan Ekim Makinalarında Farklı Gömücü Ayak ve İlerleme Hızlarının; Toprak Fiziksel Özellikleri, Güç ve Yakıt Tüketimi, Anız Dağılımı ve Ekim Performansı ile Bitki Çıkışına Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Erzurum.
- Altıkat, S., Çelik, A. and 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(1), 72-77.
- Aminzadeh, R., 2014. Modified Design of a Precision Planter for a Robotic Assistant Farmer. MS Thesis, The Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon.
- Anonymous, 1995. PAMI, K-Hart Double Disc Direct Seeding Unit. Evaluation Report 716. Portage la Prairie, MB: Prairie Agricultural Machine Institute.
- Anonymous, 2013a. ASABE Standard S477.1: Terminology for Soil-Engaging Components for Conservation-Tillage Planters, Drills and Seeders. ASABE, St. Joseph, MI.
- Anonymous, 2013b. Food and Agricultural Organization (FAO). Basic Principles of Conservation Agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (10.02.2014).
- Anonymous, 2015. Food and Agricultural Organization (FAO). Basic Principles of Conservation Agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (13.05.2016).
- Anonim, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tarım Alet ve Makina Sayıları, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/tarimalet.zul>. (17.10.2016).
- Armin, A., 2014. Mechanics of Soil-Blade Interaction. PhD Thesis, The Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon.
- Badegaonkar, U.R., Kamble, A.K. and Thakare, S.H., 2014. Performance evaluation of straw cutting mechanism under no-till crop residue conditions in the soil bin. *Research Journal*, 38(1), 47-52.
- Bahri, A. and Bansal, R.K., 1992. Evaluation of different combinations of openers and press wheels for no-till seeding. *Hommes Terre & Eaux*, 22(86), 55-66.
- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, W.R., Justice, S.E. and Hobbs, P.R., 2007. No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture. Second Edition, Oxfordshire: FAO, CABI, Rome.
- Bianchini, A. and Magalhaes, P.S.G., 2008. Evaluation of coulters for cutting sugarcane residue in a soil bin. *Biosystems Engineering*, 100(3), 370–375.

- Brais, S., 2001. Persistence of soil compaction and effects on seedling growth in Northwestern Quebec. *Soil Science Society of America Journal*, 65 (4), 1263-1271.
- Busscher, W.J. and Sojka, R.E., 1987. Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage. *Transactions of the ASAE*, 30(4), 888-892.
- Campbell Scientific., 2009. *LoggerNet Version 4.3. Instruction Manual*. www.campbellsci.com
- Chandon, K. and Kushwaha, R.L., 2002. Soil forces on deep tillage tools. In *The AIC 2002 Meeting CSAE/SCGR program Saskatoon, Saskatchewan, Canada*.
- Chaudhuri, D., 2001. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills-a review. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79(2), 125-137.
- Chen, Y., Monero, F.V., Lobb, D., Tessier, S. and Cavers, C., 2004a. Effects of six tillage methods on residue incorporation and crop performance in a heavy clay soil. *Transactions of the ASAE*, 47(4): 1003-1010.
- Chen, Y., Tessier, S. and Irvine, B., 2004b. Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till seeding. *Soil and Tillage Research*, 77(2), 147-155.
- Choi, C.H. and Erbach, D.C., 1986. Corn stalk residue shearing by rolling coulters. *Transactions of the ASAE* 29(6), 1530-1535.
- Cochran, B.J., Porterfield, J.G. and Batchelder, D.G., 1974. Vertical forces on furrow openers and depth control devices. *Transactions of the ASAE*, 17(3), 443-446.
- Collins, B.A. and 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(3), 199-211.
- Cookson, W.R., Murphy, D.V. and Roper, M.M., 2008. Characterizing the relationships between soil organic matter components and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(3), 763-777.
- Çelik, A., 1998. Toprak Frezesinde Değişik Tip Bıçakların Toprağa Olan Etkilerinin ve Güç Tüketimlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Erzurum.
- Çelik, A., 2009. Anıza doğrudan ekim makinalarının performansına etkili faktörler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 101-108.
- Çelik, A., Altıkat, S. ve Turgut, N., 2009. Farklı tip anıza doğrudan ekim makinalarının değişik anız koşullarında, çizi özellikleri ve anız dağılımı yönünden karşılaştırılması. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Isparta.
- Çelik, A. ve Altıkat, S., 2010. Doğrudan ekimde farklı gömücü ayak, kapatma düzeni ve ilerleme hızlarının anız dağılımı ekim performansı ve bitki çıkışı yönünden karşılaştırılması. 3. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, Konya.
- Çelik, A. and Altıkat, S., 2012. Seeding performances of no-till seeders equipped with different furrow openers, covering components and forward speeds for winter wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, 18, 226-238.
- Çelik, A. and Raper, R.L., 2012. Design and evaluation of ground-driven rotary subsoilers. *Soil and Tillage Research*, 124(7), 203-210.

- Çelik, A., 2016. Türkiye’de koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekimin benimsenmesi ve yaygınlaştırılması için atılması gereken adımlar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 243-253.
- Demiralay, İ., 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:143, 130 s, Erzurum.
- Derpsch, R., Franzluebbers, A.J., Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sa, J.C.M. and Weiss, K., 2014. Why do we need to standardize no-tillage research? (Letter to the Editor). *Soil and Tillage Research*, 137(3), 16-22.
- Doan, V., Chen, Y. and Irvine, B., 2005a. Effect of residue type on the performance of no-till seeder openers. *Canadian Biosystems Engineering*, 47(2), 29-35.
- Doan, V., Chen, Y. and Irvine, B., 2005b. Effect of oat stubble height on the performance of no-till seeder openers. *Canadian Biosystems Engineering*, 47(2), 37-44.
- El-Shazly, M.A., Morad, M.M., Ali, M.M. and Wasfy, K.I., 2008. Optimization of disc plow performance under Egyptian condition. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 25(1), 15-37.
- Erbach, D.C. and Choi, C.H., 1983. Shearing of plant residue by a rolling couler. ASAE Paper No 83-1020, ASAE, St Joseph C. H., MI 49085.
- Fink, J.T. and Currence, H.D., 1995. No-till drill utilizing adjustable seed furrow openers. *Applied Engineering in Agriculture*, 11(6), 811-816.
- Francetto, T.R., Alonço, A.D.S., Brandelero, C., Machado, O.D.D.C., Veit, A.A. and Carpes, D.P., 2016. Disturbance of Ultisol soil based on interactions between furrow openers and coulters for the no-tillage system. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(3), e0208.
- Gill, W.R. and Glen, E.V., 1968. *Soil Dynamics in Tillage and Traction*. Agriculture Handbook No: 316, U.S. Department of Agriculture, Washington, USA.
- Gomez, A., Powers, R.F., Singer, M.J. and Horwath, W.R., 2002. Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California’s Sierra Nevada. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4), 1334-1343.
- Gratton, J., Chen, Y. and Tessier, S., 2003. Design of a spring-loaded downforce system for a no-till seed opener. *Canadian Biosystems Engineering*, 45(2), 29-35.
- Grisso, R., Holshouser, D. and Pitman, R., 2014. *Planter/Drill Considerations for Conservation Tillage Systems*. Virginia Cooperative Extension Publication No: 442-457, Virginia State University, USA.
- Guerif, J., Richard, G., Dürr, C., Mchet, J.M., Recous, S. and Roger-Estrade, J., 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedlings establishment. *Soil and Tillage Research*, 61(1), 13-32.
- Gupta, S.C., Hadas, A., Voorhees, W.B., Wolf, D., Larson, W.E. and Sharma, P.P., 1990. *Development of Guides on Susceptibility of Soil to Excessive Compaction*. University of Minnesota BARD Report, St Paul.
- Hakansson, I. and Lipiec, J., 2000. A review of usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, 53(2), 71-85.
- Hann, M.J. and Giessibl, J., 1998. Force measurements on driven disks. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 69 (2), 149-157.

- Huang, G.B., Zhang, R.Z., Li, G.D., Li, L.L., Chan, K.Y., Heenan, D.P., Chen, W., Unkovich, M.J., Robertson, M.J., Cullis, B.R. and Bellotti, W.D., 2008. Productivity and sustainability of a spring wheat–field pea rotation in a semiarid environment under conventional and conservation tillage systems. *Field Crops Research*, 107(1), 43-55.
- Jafari, R., Raoufat, M.H. and Tavakoli Hashjin, T., 2008. Soil-bin performance of a modified bent leg plow. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(3), 301-307.
- Janelle, L., Tessier, S. and Lague, C., 1993. Seeding tool design for no-tillage conditions in north-east. In: ASAE Paper No. 93-1561, ASABE, St. Joseph, MI.
- Jester, W. and Klik, A., 2005. Soil surface roughness measurement-methods, applicability and surface representation. *Catena*, 64(2), 174-192.
- Karayel, D. ve Özmerzi, A., 2006. Gömücü ayakların çizi kesit alanı ve toprak kabarmasına etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 279-287.
- Karayel, D. and Özmerzi, A., 2007. Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. *Soil and Tillage Research*, 95(4), 69-75.
- Karayel, D., 2009. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. *Soil and Tillage Research*, 104(3), 121-125.
- Karayel, D. and Sarauskis, E., 2011. Effect of downforce on the performance of no-till disc furrow openers for clay-loam and loamy soils. *Agricultural Engineering*, 43(3), 16-24.
- Kassam, A., Friedrich T., Derpsch, R. and Kienzle, J., 2014. Worldwide adoption of conservation agriculture. 6th World Congress on Conservation Agriculture, Winnipeg, Canada.
- Kushwaha, R.L., Vaishnav, A.S. and Zoerb, G.C., 1986a. Soil bin evaluation of disc coulters under no-till crop residue conditions. *Transactions of the ASAE* 29(1), 40-44.
- Kushwaha, R.L., Vaishnav, A.S. and Zoerb, G.C., 1986b. Performance of powered-disc coulters under no-till crop residue in soil bin. *Canadian Agricultural Engineering*, 28(2), 85-90.
- Linke, C., 2006. Development of no-till systems. *Landtechnik (Agricultural Engineering)*, 61: 312-313.
- Lisowski, A., Klonowski, J., Green, O., Świętochowski, A., Sypuła, M., Strużyk, A., Nowakowski, T., Chlebowski, J., Kaminski, J., Kostyra, K., Mieszkalski, L., Lauryn, D. and Margielski, J., 2016. Duckfoot tools connected with flexible and stiff tines: Three components of resistances and soil disturbance. *Soil and Tillage Research*, 158: 76-90.
- Liu, J., Chen, Y. and Kushwaha, R.L., 2010. Effect of tillage speed and straw length on soil and straw movement by a sweep. *Soil and Tillage Research*, 109(3), 9-17.
- Magalhaes, P.S.G., Bianchini, A. and Braunbeck, O.A., 2007. Simulated and experimental analyses of a toothed rolling coulters for cutting crop residues. *Biosystems Engineering*, 96(2), 193-200.
- Mari, I.A., Chandio, F.A., Changying, J., Arslan, C., Sattar, A., Tagar, A.A. and Huimin, F., 2014. Performance and evaluation of disc tillage tool forces acting on straw incorporation soil. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(4), 855-860.

- Morrison, J.E., Gerik, T.J. and Bartek, L.A., 1985. Standing stubble protection of soil from wind-driven raindrop impact. *Transactions of the ASAE*, 28(2), 484-488.
- Morrison, J.E. and Allen, R.R., 1987. Planter and drill requirements for soils with surface residues. *Southern Region No-Till Conference Proceedings*, College Station, Texas, USA.
- Morrison, J.E., 1988. Hydraulic downpressure system performance for conservation planting machines. *Transactions of the ASAE*, 31(1), 19-23.
- Munir, M. A., Iqbal, M. and Miran, S., 2012. Evaluation of three seed furrow openers mounted on a zone disk tiller drill for residue management, soil physical properties and crop parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 49(3), 349-355.
- Murray, J.R., Tullberg, J.N. and Basnet, B.B., 2006. Planters and their Components; types, attributes, functional requirements, classification and description. Australian Centre for International Agricultural Research Publication, No: 121, 178 p, Canberra, Australia.
- Nalavade, P.P., Salokhe, V.M., Niyamapa, T. and Soni, P., 2010. Performance of free rolling and powered tillage discs. *Soil and Tillage Research*, 109(2), 87-93.
- Neill, L.L. 1979. An Evaluation of Soil Productivity Based on Root Growth and Water Depletion. MS Thesis (unpublished), University of Missouri, Columbia.
- Önal, İ., 1971. Pamuk Ekiminde Mekanik Esaslar ve Ekim Organları Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Alet ve Makinaları Kürsüsü, İzmir.
- Özgül, M., 2003. Erzurum Yöresinde Yaygın Olarak Bulunan Büyük Toprak Gruplarının Sınıflandırılması ve Haritalanması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Erzurum.
- Payton, D.M., Hyde, G.M. and Simpson, J.B., 1985. Equipment and methods for no-tillage wheat planting. *Transactions of the ASAE* 28(5), 1419-1424.
- Price, T., 1999. What should my no-till planter look like. <http://www.nt.gov.au/d/Content/File/p/Pasture/311.pdf> (21.06.2016).
- Ranta, O., Koller, K., Ros, V. and Marian, O., 2008. Study regarding the forces that occurs in a no-till technology process in relation with geometrical parameters of the coulter discs. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 65(1), 223-228.
- Raoufat, M.H. and Matbooei, A., 2007. Row cleaners enhance reduced tillage planting of corn in Iran. *Soil and Tillage Research*, 93(1), 152-161.
- Sanavi Shiri, N. and Raoufat, M.H., 2006. Comparative performance of four planter furrow opener and row cleaner arrangements in a conservation tillage corn production system. *Iran Agricultural Research*, 24(2), 53-66.
- Sanchez-Giron, V., Ramirez, J.J., Litago, J.J. and Hernanz, J.L., 2005. Effect of soil compaction and water content on the resulting forces acting on three seed drill furrow openers. *Soil and Tillage Research*, 81(1), 25-37.
- Sarauskis, E., Vaiciukevicius, E., Romaneckas, K., Sakalauskas, A. and Baranauskaite, R., 2009. Economic and energetic evaluation of sustainable tillage and cereal sowing technologies in Lithuania. *The Fourth International Scientific Conference (Rural Development 2009), Proceedings*, 4(1), 280-285.
- Sarauskis, E., Masilionyte, L., Romaneckas, K., Kriauciuniene, Z. and Jasinskas, A., 2013a. The effect of the disc coulters forms and speed ratios on cutting of crop

- residues in no-tillage system. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19: 620-624.
- Sarauskis, E., Romaneckas, K., Sakalauskas, A., Vaiciukevicius, E., Vaitauskiene, K., Karayel, D. and Petrauskas, R., 2013b. Theoretical analysis of interaction of disc coulters and straw residues under no-tillage conditions. *Agronomy Research*, 11(1), 89-96.
- Sarauskis, E. and Vaitauskiene, K., 2014. Research of mechanical traction characteristics of direct sowing equipment. *Mechanics*, 20(5), 506-511.
- Sawant, C., Kumar, A., Mani, I. and Singh, J.K., (2016). Soil bin studies on the selection of furrow opener for conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 15(2), 107-112.
- Seidi, E., Abdollahpour, S.H., Javadi, A. and Moghaddam, M., 2010. Effects of novel disk-type furrow opener used in no-tillage system on micro environment of seed. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(1), 1-6.
- Singh, K.K., Colvin, T.S., Erbach, D.C. and Mughal, A.Q., 1992. Tilt index: An approach to quantifying soil tilt. *Transactions of the ASAE*, 35(6), 1777-1785.
- Sutherland, R.A., Busen, J.O., Plondke, D.L., Evans, B.M. and Ziegler, A.D., 2001. Hydrophysical degradation associated with hiking-trail use: A case study of Hawai'i loo ridge trail, O'ahu, Hawai'i. *Land Degradation and Development*, 12, 71-86.
- Tajuddin, A. and Balasubramaniam, M., 1995. Comparative performance of different types of furrow openers. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)*, 26(2), 18-20
- Tebrügge, F. and Böhrnsen, A., 2000. Direct drilling: Opinions of farmers and experts in the EU and Nebraska. *Landtechnik (Agricultural Engineering)*, 55(1), 17-19.
- Thompkins, F.D., 1985. Equipment for no-tillage crop production. Southern Region No-Till Conference, University of Georgia.
- Tola, E.M.H. and Koeller, K., 2005. Special distribution of the no-till opener induce seed row incorporated crop residue and soil loosening. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)*, 36(1), 66-70.
- Troger, H.C.H., Reis, A.V., Machado, A.L.T. and Machado, R.L.T., 2012. Analyzing the efforts in furrow openers used in low power planters. *Engenharia Agricola Jaboticabal*, 32(6), 1133-1143.
- Turgut, M., 2014. Doğrudan Ekim Makinalarında Çizi Açıcı Ayak Tipleri İçin Anlık Bası Yüklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Vameralli, T., Bertocco, M. and Sartori, L., 2006. Effects of a new wide-sweep opener for no-till planter on seed zone properties and root establishment in maize (*Zea mays* L.): A comparison with double-disk opener. *Soil and Tillage Research*, 89(2), 196-209.
- Van Oost, K., Cerdan, O. and Quine, T.A., 2009. Accelerated sediment fluxes by water and tillage erosion on European agricultural land. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(12), 1625-1634.
- Wilkins, D.E., Muilenburg, G.A., Allmaras, R.R. and Johnson, C.E., 1983. Grain-drill opener effects on wheat emergence. *Transaction of the ASAE*, 26(3), 651-655.

- Yao, Z., Li, H., Gao, H., Wang, X. and He, J., 2009. Crop performance as affected by three opening configurations for no-till seeder in annual double cropping regions of northern China. *Australian Journal of Soil Research*, 47(8), 839-847.
- Zhang, Y., 2016. *On the Mechanics of Disc-Soil-Planter Interaction*. MS Thesis, The Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon.



ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Konya’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. 2002 yılında girdiği Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’nden 2007 yılında mezun oldu. 2007-2010 yılları arasında Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2010-2011 yılları arasında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2011 yılında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevliliğine atandı ve aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda Doktora eğitimine başladı. Halen, Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.