



**ANIZA DOĞRUDAN EKİMDE FARKLI GENİŞ
ÇAPA TİP GÖMÜCÜ AYAKLARIN ÇİZİ PROFİLİ
ve ETKİ EDEN KUVVETLER YÖNÜNDEN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Ali KHATAMI

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÇELİK
Doktora Tezi
Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı
2022
(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANA BİLİM DALI

**ANIZA DOĞRUDAN EKİMDE FARKLI GENİŞ ÇAPA TİP GÖMÜCÜ AYAKLARIN
ÇİZİ PROFİLİ ve ETKİ EDEN KUVVETLER YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI**

(Comparison of Various Wide Hoe Type Furrow Openers of No-till Seeders on Furrow
Properties and Affecting Forces)

DOKTORA TEZİ

Ali KHATAMI

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÇELİK

Erzurum
Eylül, 2022

KABUL ve ONAY TUTANAĞI

Ali KHATAMİ tarafından hazırlanan “**ANIZA DOĞRUDAN EKİMDE FARKLI GENİŞ ÇAPA TİP GÖMÜCÜ AYAKLARIN ÇİZİ PROFİLİ ve ETKİ EDEN KUVVETLER YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı Doktora Tezi 01/ 09 / 2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Ahmet Kamil BAYHAN <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Ahmet ÇELİK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Kenan BARİK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Mustafa Gökalg BOYDAŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Sefa ALTIKAT <i>Iğdır Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun 18.08.2022 tarih ve 31/20 sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak **Prof. Dr. Ahmet ÇELİK** danışmanlığında sunulan “**Anıza Doğrudan Ekimde Farklı Geniş Çapa Tip Gömücü Ayakların Çizi Profili ve Etki Eden Kuvvetler Yönünden Karşılaştırılması**” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	1	30
Kuramsal Temeller	21	30
Materyal ve Metot	13	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	5	20
Sonuçlar	0	20
Tezin Geneli	11	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Ali KHATAMİ	Prof. Dr. Ahmet ÇELİK
26.7.2022	26.7.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimi boyunca ve bu araştırmada daimi yardım ve desteklerinden dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet ÇELİK'e,

Sağlanan tüm imkânlar ve çalışma ortamından dolayı Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. Yıldırım YILDIRIM'a

Tez izleme komitesinde yer alan ve daima görüşlerinden faydalandığım Sayın Prof. Dr. Kenan BARİK ve Prof. Dr. Mustafa Gökalp BOYDAŞ' a ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Ali KHATAMI

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ANIZA DOĞRUDAN EKİMDE FARKLI GENİŞ ÇAPA TİP GÖMÜCÜ AYAKLARIN ÇİZİ PROFİLİ ve ETKİ EDEN KUVVETLER YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Ali KHATAMI

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÇELİK

Amaç: Anıza doğrudan ekim makinalarında farklı tiplerde diskli ve çapa tip gömücü ayaklar kullanılmaktadır. Toprağa kolayca batma ve hafif makina gerektirme gibi avantajları olan çapa tip gömücü ayakların anız kesme performansları diskli tip ayaklara göre daha zayıftır. Bu nedenle, geniş çapa tip gömücü ayakların anız kesme performansının iyileştirilmesi önem arz etmektedir.

Yöntem: Kontrollü toprak kanalı koşullarında yürütülen bu çalışmada, tasarımı ve imalatı yapılan ve A, B, C, D ve E olarak ifade edilen beş geniş çapa tip gömücü ayak sabit, yaylı ve yarı yaylı tip bağlantı kolları ile denemelere tabi tutulmuştur. Denemeler; 50 ile 75 mm olmak üzere iki çizi derinliği ve 1500 ile 3000 kg/ha olmak üzere iki anız yoğunluğunda üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemelerde gömücü ayaklara etki eden yatay, düşey ve yan kuvvetler ile çizi profili ve anıza olan etkiler belirlenmiştir.

Bulgular: Elde edilen sonuçlara göre, C tipi gömücü ayak ve sabit tip bağlantı kolu ile en düşük, B tipi gömücü ayak ve yaylı tip bağlantı kolu ile en yüksek yan (X) kuvvet meydana gelmiştir. Düşey (Y) yönde C tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda en düşük, D tipi ayak ile yaylı bağlantı kolunda en yüksek kuvvet ortaya çıkmıştır. Çeki (Z) yönünde D tipi ayak ile sabit bağlantı kolunda en düşük, C tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda en yüksek kuvvet tespit edilmiştir.

Sonuç: C tipi gömücü ayak, düşey ve yan kuvvet ile çizi genişliği ve çizi derinliği açısından diğer ayaklara göre daha düşük sonuçlar verirken, çizi genişliği ve derinliği oranı bakımından en yüksek çeki kuvvetine yol açmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan ekim makinası, çapa tip gömücü ayak, toprak kanalı, anız, çeki kuvveti

Eylül 2022, 105 Sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

COMPARISON of VARIOUS WIDE HOE TYPE FURROW OPENERS of NO-TILL SEEDERS on FURROW PROPERTIES and AFFECTING FORCES

Ali KHATAMI

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ÇELİK

Purpose: Various disc and hoe type furrow openers are used in direct seeders. The stubble cutting performance of the hoe type openers, which has the advantages of easily penetrating into the soil, is weaker than the disc type opener. For this reason, it is important to improve the stubble cutting performance of the wide hoe type opener.

Method: In this study, which was carried out under controlled soil bin conditions, five wide hoe type opener, which are designed and manufactured and referred to as A, B, C, D and E, were tested with constant, spring and semi-spring type shanks. Experiments were carried out to measure the effects of furrow openers on the furrow profiles, stubble cutting and forces acting at two furrow depths of 50 to 75 mm and at a stubble density of 1500 to 3000 kg/ha.

Findings: According to the results obtained, the lowest side (X) force was obtained with the C type opener and fixed type shank, and the highest side (X) force with the B type opener and spring type shank. In the vertical (Y) direction, the lowest force occurred in the C-type opener and semi-spring shank, and the highest force was observed in the D-type opener and spring type shank. In the draft (Z) direction, the lowest force was determined in the D-type opener and fixed shank, and the highest force was determined with the C-type opener and semi-spring shank.

Results: However, C-type furrow opener caused highest draft force in terms of the ratio of furrow width and depth.

Keywords: No-till seeder, hoe type furrow opener, soil bin, stubble, draft force

September 2022, 105 Pages

İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	1
GİRİŞ.....	2
KURAMSAL TEMELLER.....	6
MATERYAL ve METOT	18
Materyal	18
Geniş çapa tip gömücü ayakların tasarımı ve imalatı	18
Gömücü ayakların bağlantı kolları.....	26
Toprak kanalı ve kanal arabasının özellikleri	27
Metot	31
Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi	31
Toprak kanalının denemelere hazırlanması	31
Toprak hacim ağırlığı, nem içeriği ve prozitenin belirlenmesi	33
Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi	34
Çizi profilinin belirlenmesi	34
Çizi kesit alanı, toprak kabarma alanı ve çizi genişliğinin belirlenmesi.....	35
Gömücü ayaklara etki eden kuvvetlerin belirlenmesi ve ilerleme hızının kontrolü	35
Gömücü ayak açılarının belirlenmesi.....	37
Deneme parsellerine anızının serilmesi	40
Çizilere gömülen, kesilen ve sürüklenen anızın belirlenmesi	40
İstatistiksel Analiz	41
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	42
Kanal Toprağının Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar	42
Gömücü ayaklara etki eden kuvvetler	45

Çizi özelliklerine ilişkin sonuçlar	54
Çizi bölgesi penetrasyon direncine ilişkin sonuçlar.....	67
Anıza İlişkin Sonuç	75
Tartışma.....	76
SONUÇ VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	92



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Araştırmada Dikkate Alınan Faktörler ve Faktör Seviyeleri.....	31
Tablo 2. Gömücü Ayakların Çalışma Derinliğine Göre Derinlik/Genişlik Oranları.....	40
Tablo 3. Düşey, Yan ve Çeki Kuvvetlere İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) Değerleri	45
Tablo 4. X Yönünde Gömücü Ayaklara Etki Eden Ortalama Kuvvete İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	48
Tablo 5. Düşey (Y) Yönde Gömücü Ayaklara Etki Eden Ortalama Kuvvete İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	50
Tablo 6. Çeki (Z) Yönünde Gömücü Ayaklara Etki Eden Ortalama Kuvvete İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	53
Tablo 7. Çizi Derinliği ve Genişliğine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) değerleri.....	54
Tablo 8. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Derinliğine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	56
Tablo 9. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Genişliğine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	60
Tablo 10. Çizi Kesit Alanı ve Kabarma Alanına İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) Değerleri	60
Tablo 11. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Kesit Alanına İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi.....	63
Tablo 12. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Kabarma Alanına İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi.....	66
Tablo 13. Çizi Kenarı ve Çizi tabanı Penetrasyon Direncine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) Değerleri.....	67
Tablo 14. Gömücü Ayaklara Göre 0-5 cm Ölçüm Derinliğinde Çizi Kenarı Ortalama Penetrasyon Direnci Değerlerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	70
Tablo 15. Gömücü ayaklara göre 5-10 cm ölçüm derinliğinde çizi kenarı ortalama penetrasyon direnci değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi	71
Tablo 16. Gömücü Ayaklara Göre 0-5 cm Ölçüm Derinliğinde Çizi Tabanı Ortalama Penetrasyon Direnci Değerlerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi	74

Tablo 17. Gömücü Ayaklara Göre 5-10 cm lm Derinliğinde izi Tabanı Ortalama Penetrasyon Direnci Değerlerine İlişkin oklu Karşılaştırma Testi	74
--	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. A Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4)	19
Şekil 2. B Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4).....	20
Şekil 3. C Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4).....	21
Şekil 4. D Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4)	22
Şekil 5. E Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4).....	23
Şekil 6. A Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü	24
Şekil 7. B Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü.....	24
Şekil 8. C Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü.....	25
Şekil 9. D Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü	25
Şekil 10. E Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü.....	25
Şekil 11. Sabit tip bağlantı kolu	26
Şekil 12. Yarı yaylı tip bağlantı kolu	26
Şekil 13. Yaylı tip bağlantı kolu.....	26
Şekil 14. Toprak kanalı	27
Şekil 15. Toprak kanalı arabası	28
Şekil 16. Pülverizatör ve su püskürtme ünitesi	28
Şekil 17. S tipi sensörlerle donatılmış üç yönde kuvvet ölçme ünitesi	29
Şekil 18. Kanal toprağının elemesi.....	29
Şekil 19. Motorlu toprak frezesi.....	30
Şekil 20. Tesviye bıçağı	30
Şekil 21. Kembriç tip merdane.....	30
Şekil 22. Düz merdane	31
Şekil 23. TDR 300 toprak nemi ölçme cihazı	32
Şekil 24. Toprak kanalının muamele kombinasyonları için parsellere bölünmesi.....	33
Şekil 25. Toprak Örnek alma silindirleri ve seti	34
Şekil 26. Eijkelkamp marka analog penetrometre.....	34
Şekil 27. Çizi profillerinin çıkarılması için kullanılan çubuklu tip profilograf.....	35
Şekil 28. Çizi kesit alanı, kabarma alanı, derinliği ve çizi genişliği	35
Şekil 29. Bir gömücü ayağa etki eden kuvvetlerin doğrultusu. X (Yan), Y (Düşey) ve Z (İlerleme Yönü)	36

Şekil 30. X, Y ve Z Yönlerinde kuvvet ölçümü yapan ve S tipi sensörler ile donatılmış ünite	36
Şekil 31. Kanal arabası ilerleme hızını ölçmede kullanılan sensör	36
Şekil 32. Datalogger ünitesi	37
Şekil 33. Kama ve batma açıları.....	38
Şekil 34. A tipi gömücü ayak bağlantı aparatı	38
Şekil 35. B tipi gömücü ayak bağlantı aparatı.....	38
Şekil 36. C tipi gömücü ayak bağlantı aparatı.....	39
Şekil 37. D tipi gömücü ayak bağlantı aparatı	39
Şekil 38. E tipi gömücü ayak bağlantı aparatı.....	39
Şekil 39. Parsellere iki farklı seviyede anız serilmesi	40
Şekil 40. Kanal toprağının denemeler için hazırlanma sayısına göre toprak nem içeriğinin 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki değişimi	43
Şekil 41. Kanal toprağının denemeler için hazırlanma sayısına göre toprak hacim ağırlığının 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki değişimi.....	44
Şekil 42. Kanal toprağının denemeler için hazırlanma sayısına göre toprak penetrasyon direncinin 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki değişimi	45
Şekil 43. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak yan (X) kuvvetin dağılımı	46
Şekil 44. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak yan (X) kuvvetin dağılımı	47
Şekil 45. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak yan (X) kuvvetin dağılımı	47
Şekil 46. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak düşey (Y) kuvvetin dağılımı	49
Şekil 47. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak düşey (Y) kuvvetin dağılımı	49
Şekil 48. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak düşey (Y) kuvvetin dağılımı	50
Şekil 49. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çeki (Z) kuvvetinin dağılımı	51
Şekil 50. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çeki (Z) kuvvetinin dağılımı	52
Şekil 51. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çeki (Z) kuvvetinin dağılımı	52
Şekil 52. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi derinliğinin dağılımı.....	55
Şekil 53. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi derinliğinin dağılımı	55
Şekil 54. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi derinliğinin dağılımı	56
Şekil 55. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi genişliğinin dağılımı.....	58
Şekil 56. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi genişliğinin dağılımı.....	59
Şekil 57. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi genişliğinin dağılımı	59
Şekil 58. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi kesit alanının dağılımı	62
Şekil 59. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi kesit alanının dağılımı	62
Şekil 60. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi kesit alanının dağılımı.....	63

Şekil 61. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizgi kabarma alanının dağılımı.....	65
Şekil 62. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizgi kabarma alanının dağılımı	65
Şekil 63. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizgi kabarma alanının dağılımı	65
Şekil 64. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizgi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin 0-5 cm derinlik için dağılımı.....	68
Şekil 65. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizgi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin 5-10 cm derinlik için dağılımı.....	68
Şekil 66. 0-5 cm derinlikte çizgi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak	69
Şekil 67. 5-10 cm derinlikte çizgi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak	69
Şekil 68. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizgi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin 0-5 cm derinlik için dağılımı.....	72
Şekil 69. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizgi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin 5-10 cm derinlik için dağılımı.....	72
Şekil 70. 0-5 cm derinlikte çizgi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak	73
Şekil 71. 5-10 cm derinlikte çizgi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak	73
Şekil 72. Farklı anız yoğunlukları, gömücü ayak ve bağlantı kollarına göre elde edilen kesilen anız değerlerinin dağılımı	75
Şekil 73. Kesme açılarına göre gömücü ayaklara etki eden yan (X) kuvvetler (N).....	77
Şekil 74. Kesme açılarına göre gömücü ayaklara etki eden düşey (Y) kuvvetler	78
Şekil 75. Kesme açılarına göre gömücü ayaklara etki eden çeki (Z) kuvvetleri.....	79

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

cm ²	Santimetre kare
cm ³	Santimetre küp
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
da	Dekar
g	Gram
h	Saat
ha	Hektar
k.a.	Kuru ağırlık
kg	Kilogram
Km	Kilometre
kN	Kilo Newton
kPa	Kilo Paskal
kW	Kilovat
m	Metre
mm	Mili metre
MPa	Mega Paskal
N	Newton
P	Önem seviyesi
s	Saniye
SD	Serbestlik derecesi
ST	Çelik malzeme standart indeksi
t	Ton
TDR	Time Domain Reflektometer
X	Yan kuvvet (N)
Y	Düşey kuvvet (N)
Z	Çeki kuvveti (N)

GİRİŞ

Toprak, tarım üretiminde önemli parametrelerden biri olarak üretimin kalitesi ve ülkelerin gıda güvenliği ve sürdürülebilir büyümesinde önemli yere sahiptir. Toprağın işlenmesi üzerinde yıllardan beri şekillenen tarım sistemleri, farklı seviyelerde doğal kaynakların kullanımını olumsuz yönde etkilemiştir. Nitekim günümüzde toprak erozyonu bir doğa ve tarımın ortak sorunu olarak ortaya çıkmıştır ve bu problem dünya genelinde yıllık 75 milyar ton tarım toprağının kaybına sebep olmaktadır (Samiee and Rezaei 2015). Artan nüfus ve iklim değişiklikleri dikkate alındığında gıda üretimi hali hazırdaki dünya nüfusu için en az %60 arttırılmalıdır (Alexandratos and Bruinsma 2012).

Sürdürülebilir gıda üretimi günümüzde dünyanın tarım politikalarının başında yerini almıştır. Gıda üretimi konusunda iki önemli faktör üzerinde durulmaktadır. Birincisi artan dünya nüfusu için yeteri miktarda gıda üretimi ve ikincisi ülkelerin tarım kapasitelerini daha verimli kullanmak. Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tanımına göre, sürdürülebilir tarım için ülkelerin ihtiyaçları ile doğal kaynakları arasındaki denge korunmalıdır. Ayrıca, böyle bir sistemde bitkilerin üzerindeki iklim değişiklikleri ile küresel ısınma kaynaklı baskı faktörlerinin azalması gerekmektedir. Bu doğrultuda toprağın bakteri dengesi de asla zarar görmemelidir (Anonymous 2011). Bu koşullarda, gelecek için yeni üretim metotlarının yanı sıra, hasat kayıplarının önlenmesi ve gıda israfına karşı alınan tedbirler tarım politikalarında vaz geçilmez hale gelmiştir. Koruyucu toprak işleme yöntemleri de bu ihtiyaçlardan kaynaklı, tarım- ekosistem ilişkisini yönetmek için zamanla gelişen yöntemlerdir. 1960 yılından itibaren dünyanın farklı bölgelerindeki çiftçiler; fosil yakıtların tüketimini, toprak erozyonunu ve su kaynaklarının kirliliğini azaltmak için koruyucu toprak işleme yöntemlerini uygulamaya başlamışlardır.

FAO' ya göre koruyucu toprak işleme sistemlerinin üç ana prensibi bulunmaktadır (Anonymous 2014):

1. Toprak yüzeyinin hiç işlenmemesi veya minimum düzeyde işlenmesi
2. Toprak yüzeyinin bitki artıklarıyla örtülü olmasına özen gösterilmesi
3. Bitki münavebesinin sürekli yapılması

Anıza doğrudan ekim yeni ve tamamen koruyucu bir üretim metodu olarak günümüzde dünyanın birçok ülkesinde uygulanmaktadır. Dünya genelinde 1999 yılında anıza doğrudan ekim yöntemi 45 milyon hektar, 2003 yılında 72 milyon hektar ve 2009 yılında ise

111 milyon hektara ulaşmıştır. Bu zaman dilimi içerisinde Güney Amerika ülkeleri %70 artış ile en fazla artışı gösteren ülkeler olmuştur. 2018 yılında anıza doğrudan ekim yöntemi ile ekilen alan miktarı yaklaşık 180 milyon hektara ulaşmıştır (Derpsch *et al.* 2010; Kassam *et al.* 2018). Günümüzde anıza doğrudan ekim yöntemi dünyanın çeşitli yerlerinde başarı ile uygulanmaktadır. Finlandiya gibi kuzey ülkelerinden tropik iklimi olan Kenya ve Uganda veya güneyde Falkland adalarına kadar bu uygulama yaygın olarak yapılmaktadır. Anıza doğrudan ekim yöntemi, 250 mm den az yağış alan Bolivya ve Kolombiya gibi çok kurak ülkelerden, 2000 mm den fazla yağış alan Brezilya'ya kadar başarı ile uygulanmaya devam edilmektedir (Derpsch *et al.* 2010). Genel olarak anıza doğrudan ekim yöntemi önemli bir tarımsal üretim uygulamasının yanında, aynı zamanda ekonomik, çevreci ve sosyal etkileri olan bir yöntemdir.

Tarım sektörü dünyadaki sera gazlarının %30'unun kaynağıdır (Kassam *et al.* 2018) ve doğrudan ekimin enerji, zaman ve tarla trafiğindeki avantajları bu yönde değerlendirilebilir. Ayrıca, bu metodun toprak yüzey koruma özelliği de dikkate alınarak, anıza doğrudan ekim makinelerinin iyileştirilmelerine yönelik ciddi yatırım yapılması gerekmektedir. Anıza doğrudan ekim metodunun asıl amacı toprak ve su kaynaklarını korumaktır. Bu doğrultuda toprak yüzeyinin anızla kaplı olması ve anızın her yıl tazelenmesi önem arz etmektedir (Schulte *et al.* 2014).

Toprak nem kaybının önlenmesi ve kar tabakasını korunması, bu yöntemin artıları içerisinde sayılabilir (Kushwaha *et al.* 1986a). Ancak, konvansiyonel sistemlerden bu sisteme geçişte, özel makinelerin üretilmesi gerekmektedir.

Bitki çıkışı ve gelişmesinde önemli etkisi olan tüm ekim sistemlerinde tohum yatağının hazırlanması çok önemli bir aşamadır. Anıza doğrudan ekimde bu durum daha da büyük önem kazanmaktadır. Bu yöntemde, yoğun bitki kalıntılarının olduğu işlenmemiş toprak koşullarında çalışma söz konusudur. Anız ve bitki kalıntıları ekim düzgünlüğü önünde önemli engel oluşturmaktadır. Özellikle yüksek miktarda dik anızın bulunması, çiftçileri anıza doğrudan ekim yönteminden vazgeçirip, konvansiyonel ekim yöntemine yönlendirebilir. Bu ve benzeri koşullarda, ancak gelişmiş anıza doğrudan ekim makineleri ile başarı elde edilebilir (Cater 2002).

Anıza doğrudan ekim yönteminde ekici ayaklar ile 25-50 mm derinlikte düzgün çizilerin açılması amaçlanmaktadır. Bu aşamada gömücü ayakların çalışması üzerinde üç önemli faktör etkili olmaktadır (Kushwaha *et al.* 1986a). Bu faktörler;

1. Toprak hacim ağırlığı
2. Toprağın ekici ayaklara gösterdiği direnç

3. Bitki artıklarının yoğunluğu

Günümüzde, koruyucu tarım teknolojilerinin sürekli gelişmesi sonucunda çeşitli araştırmalar anıza doğrudan ekimde kullanılan gömücü ayakların üzerinde yoğunlaşmıştır. Anıza doğrudan ekim makinelerinde genelde çapa ve diskli tip gömücü ayaklar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekici ayak seçiminde bitki ve bölgenin iklim şartları da çok önemli yere sahiptir. Ayrıca bir bitkinin doğrudan ekim şartlarında çimlenme ve gelişiminde, çiziği açan ekici ayağın yanı sıra, ekim makinelerinin ekici düzenleri ile kapatıcı ve baskı düzenlerinin de önemli etkisi vardır (Du *et al.* 2004).

Günümüzde, doğrudan ekim makinelerinde kullanılan diskli ve çapa tip gömücü ayaklar üzerinde araştırmalar devam etmektedir. Ancak, diskli tip ekici ayakların ağır ve pahalı olması veya çapa tip ayakların tasarımındaki değişikliklerin performansı doğrudan etkilemesi bu konuda araştırma yapılmasını gerekli kılmaktadır (Du *et al.* 2004).

Günümüzde uygulamada birçok ticari marka adı altında üretilen anıza doğrudan ekim makinelerinde çapa ve diskli tip gömücü ayaklar kullanılmaktadır. Ancak, yoğun anız koşullarında bu ayaklar anızı sürükleyerek tıkanma riski ile karşı karşıyadır. Ayrıca, ağır toprak koşullarında düzgün çizi açamayan çapa tip ekici ayaklar bitki çıkışlarını etkilemekte ve genel olarak makinenin ve operatörün tarladaki verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Siemens *et al.* 2004).

Anıza doğrudan ekimde çizi açan gömücü ayakların görevi toprak yüzeyini en az işlemek, çeki kuvveti ile yatay yönde etki eden çeki gücü tüketimini azaltmaktır. Optimum ekici ayak tasarımı ve imalatı girişimleri aynı zamanda ekim makinesinin diğer ünitelerinin uygunluğunu da gerekli kılmaktadır. Şekli ne olursa olsun, ekici ayak toprakta hareket ederken yeterli miktarda yüzeyde anız bırakmalı ve düzgün açtığı çizi içerisinde ekim yapabilmelidir.

Doğrudan ekim operasyonu çizi açan ekici ayağın geometrisi ile ekim makinesinin doğru seçimi etkisi altında gerçekleşmektedir. Konvansiyonel çapa tip ekici ayaklar gereğinden fazla toprağı işlerken, özellikle kanatlı modelleri açılan çizinin neminin kaybına da sebep olmaktadır. Ekici ayakta batma açısının artırılması, genişlikte ve derinlikte değişim, güç tüketimini önemli düzeyde etkilemektedir. Ağır nemli ve yapışkan topraklarda çapa tip gömücü ayaklar yeterli performansa sahip olamamaktadır (Aikins *et al.* 2018). Ortaya çıkan bu olumsuzluklar, çapa tip ayakların tasarımı üzerinde yapılacak iyileştirme çalışmaları ile giderilebilir.

Bu çalışmada, anıza doğrudan ekim makinelerinde kullanılmak üzere beş farklı çapa tip gömücü ayağın tasarımı ve imalatının yapılması ve toprak kanalı koşullarında anıza ve toprağa olan etkileri ile güç tüketimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



KURAMSAL TEMELLER

Günümüzde toprak ve su kaynaklarının korunması, üretim maliyetinin azaltılması ve üretimde alternatif yolların arayışı, korumalı toprak işleme uygulamalarından biri olan doğrudan ekimin daha fazla önem kazanmasına yol açmaktadır (Çelik 2009). Korumalı toprak işlemede, önceki ürün hasadından sonra en az %30 oranında bitki artıklarının toprak yüzeyinde kalması ve yüzeyin bu materyalle örtülü bırakılması beklenmektedir. Ayrıca, azaltılmış işleme, şeritsel işleme ve anıza doğrudan ekim gibi uygulamalardan oluşan korumalı toprak işleme yönteminde toprak işleme yoğunluğunun önemli oranda azaltılması söz konusudur (Anonymous 2006).

Sürdürülebilir toprak işleme yöntemleri için geliştirilen ekim makineleri toprağın doğal zenginlikleri üzerindeki olan olumsuz etkisini önemli ölçüde azaltırken, ekim için geliştirilen yeni teknolojiler tarım ekonomisi ve enerji tasarrufunda olumlu etkiler göstermektedir. Geleneksel toprak işleme yönteminde, toprağın işlenmesi ve ekim için 1,36 h/ha zaman harcanırken, buna karşılık, yeni toprak işleme ve ekim yöntemleri ve bu amaçla geliştirilen kullanıma sunulan yeni teknolojiler ile %20- %49 arasında zaman tasarrufu sağlanmaktadır (Sarauskis *et al.* 2009).

Doğrudan ekim geleneksel toprak işlemeye göre tarla trafiğini azaltırken, organik maddelerin toprağın üst tabakalarında birikmesine ve topraktaki suyun bitkiye doğru hareketini kolaylaştırmaktadır. Bitki sıra arasındaki anızı toprak yüzeyinde bırakarak makro ve mikro organizmaların aktivitesini arttırmak suretiyle, bitkinin toprak nemi ve mikro elementlerden daha fazla yararlanmasını sağlamaktadır (Huvang *et al.* 2008; Richard *et al.* 2008).

Son yıllarda dünyanın muhtelif bölgelerinde, toprak erozyonu, toprak sıkışması ve toprak katmanlarının çözülmesi gibi çevresel etkilerden dolayı geleneksel toprak işleme yerine, anıza doğrudan ekim yönteminin gündeme gelmesine neden olmuştur (Sartori and Peruzzi 1994). İtalya’ da özellikle ülkenin ağır topraklarında, daha fazla toprak kabarması amacıyla pullukla derin toprak işlemesi ile yapılan dönemlerde, tohum çıkışları ve bitki kök gelişiminde önemli olumsuzluklar ile karşılaşmıştır. Daha geniş tarım alanlarına yönelik mısır bitkisinin üretiminde bu olumsuzlukların üstesinden gelmeyi sağlayacak korumalı toprak işleme yöntemlerinden anıza doğrudan ekimin çiftçiler tarafından ilgi görmesine yol açmıştır (Bona *et al.* 1995).

Trakya Bölgesi'nde ikinci ürün silajlık mısırdaki azaltılmış toprak işleme ve anıza doğrudan ekim üzerine iki yıl süreyle yapılan bir araştırmada; beş farklı toprak işleme metodu ile doğrudan ekim metodunun; toprak penetrasyon direnci, tarla filizi çıkış gün sayısı, çıkış yüzdesi, bitki yüksekliği, sap çapı ve silaj verimi üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; silaj veriminde en yüksek değer 69,3 ton/ha ile anıza doğrudan ekim yönteminde ve en düşük değer ise 58,9 ton/ha ile diskli tırmıkla yapılan toprak işleme metodunda ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, yakıt tüketimi, güç ihtiyacı ve toprak özellikleri yönünden doğrudan ekim yöntemi ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, bölgede ikinci ürün silajlık mısır üretimi için azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemi önerilmiştir (Bayhan vd. 2006).

Çukurova Bölgesi'nde ikinci ürün mısır üzerinde yapılan iki yıllık bir çalışmada geleneksel yöntem ile anıza doğrudan ekim yöntemi; yakıt tüketimi, ekim süresi, toprak organik madde içeriği ve dane verimi yönünden karşılaştırılmıştır. Tarla koşullarında yürütülen araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, en yüksek yakıt tüketimi ile toprak işleme ve ekim süresi geleneksel yöntemde elde edilirken, en düşük değerler alçaktan biçilen anız koşullarında, doğrudan ekim yöntemiyle elde edilmiştir (Korucu 2002).

Yalçın ve Çakır (2006), ikinci ürün silajlık mısırdaki geleneksel yöntem, azaltılmış yöntem (1 kez dipkazan, 2 kez dipkazan) ve doğrudan ekim yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Araştırmada yöntemler; yakıt tüketimi, çalışma hızları, çıkış yüzdeleri ve silaj verimi yönünden karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; en düşük yakıt tüketimi doğrudan ekim yönteminde, en yüksek silaj verimi ise iki kez dipkazan ile işleme yönteminde bulunmuştur. Anıza doğrudan ekim yöntemi düşük yakıt tüketimine karşın, verim yönünden benzer performans sağlayamamış ve en düşük verime sahip olmuştur. En yüksek silaj verimi iki kez dipkazan ile toprak işleme yönteminde elde edilmiştir.

İkinci ürün silajlık mısır tarımında farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin teknik ve ekonomik yönlerini karşılaştıran Karaağaç ve Barut (2007), çalışmalarının sonucunda, en düşük traktör yakıt tüketimi ile en yüksek iş verimini doğrudan ekim yönteminde bulmuşlardır. Çalışmada, yakıt tüketimi ve iş verimi açısından doğrudan ekim yönteminin diğer yöntemlere göre % 85-92 oranında daha etkin olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer bir çalışmada, silajlık mısır tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin (doğrudan ekim, azaltılmış toprak işleme ve geleneksel toprak işleme) tarla filizi çıkışı, silaj verimi, iş gücü ve yakıt girdilerine olan etkileri üzerinde durmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre, doğrudan ekim ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde ortalama iş gücü tüketimi sırasıyla % 35,9 - %

5,6 ve yakıt tüketiminde ise ortalama % 36,0 - % 7,2'lik tasarruf meydana gelmiştir (Anastasios *et al.* 2005).

Korumalı toprak işleme yönteminde; doğrudan ekim, şeritsel işleme, sırta ekim (teras) ve malç işleme gibi çeşitli uygulamalar yer almaktadır. Toprak ve su kaynaklarını korumaya yönelik bu yöntemlerden doğrudan ekimin üzerinde çalışmalar yoğunlaşmakta ve özellikle son zamanlarda gösterilen ilgiyle giderek gündemde daha çok yerini almaktadır. Yumru bitkileri haricinde, kışlık veya yazlık ekilen bitkilerin çoğunun ekilebildiği bu yöntemde toprak işlenmeksizin, anıza doğrudan ekim makinesi gömücü ayakları tarafından açılan çizilere tohumlar ekilmektedir. Doğrudan ekimde, tarla trafiğinin azaltılması ile toprak sıkışması, işçilik, zaman, yakıt tüketimi ve buna bağlı olarak girdi maliyetlerinde önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır (Tebrügge and Böhrnsen, 2000; Chen *et al.* 2004b; Linke, 2006; Sarauskis *et al.* 2009).

İşlenmeyen toprak yüzeyine bırakılan bitki anızıyla, erozyon kontrolü, toprak neminin korunması, hava ve toprak suyunun infiltrasyonu yönünden daha iyi toprak koşulları oluşmaktadır (Chen *et al.* 2004a; Van Oost *et al.* 2009; Liu *et al.* 2010). Organik maddenin toprak yüzeyinde birikimine sebep olan bu yöntemde, minimum seviyede müdahale söz konusu olduğu için, toprağın makro ve mikro organizmaları sayısında artış meydana gelmektedir ve bu artış ile birlikte toprağın enzim faaliyeti de artarken, bitkilerin besin elementlerine erişimi kolaylaşmaktadır. İlave olarak, tarla toprağına minimum düzeyde etki olduğu için topraktan atmosfere zararlı gazların yayılımı ile birlikte çevre kirliliği riski önemli ölçüde azalmaktadır (Huang *et al.* 2008; Cookson *et al.* 2008).

Anıza doğrudan ekim yönteminde tohumlar ekim makinesi ile toprağına bırakıldıktan sonra, üzeri toprak ve bitki artıkları ile kapatılmaktadır. Genel olarak doğrudan ekimin başarısı yabancı ot kontrolü, iklim ve toprak koşulları yanı sıra makinenin ekim düzgünlüğüne bağlıdır (Çelik 2009). Doğrudan ekim uygulamasında bir ekim makinesinin başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için söz konusunun makinenin operasyona uyumlu parçalara sahip olması gerekmektedir. Toprak ile aktif bir şekilde temas halinde olan makine gömücü ayakları ile diğer üniteleri toprakta çizi açma, tohumu bırakma ve çiziyi kapatma gibi işlemleri doğrudan ekim koşullarına uygun bir şekilde yapabilmeleri için özel olarak tasarlanıp imal edilmeleri gerekir (Morrison and Allen 1987). Gömücü ayaklar doğrudan ekim makinelerinin en önemli ünitesi olarak değerlendirilmektedir (Seidi *et al.* 2010; Troger *et al.* 2012). Anıza doğrudan ekim makinalarında kullanılan gömücü ayakların görevi hasat sonrası tarla yüzeyinde bırakılan anız ile kaplı, işlenmemiş toprak koşullarında bitki özelliklerine uygun çizi açmaktır (Chaudhuri 2001). Buğday ve sorgum üzerinde yapılan bir araştırmada,

doğrudan ekim makinalarında kullanılan farklı tip gömücü ayakların tarla filizi çıkışlarını istatistiksel olarak etkilediği tespit edilmiştir (Du *et al.* 2004).

Doğrudan ekim makinelerinin performansı, makine gömücü ayakları özellikleri ile birlikte toprak koşullarına bağlıdır. Anız çeşidi, miktarı ve özellikler, gömücü ayakların tasarım özellikleri ve ekilecek olan bitki cinsi, makine performansını etkileyen önemli parametrelerden bazılarıdır. Anıza doğrudan ekim makinelerinin zor kullanım koşulları nedeniyle hem esnek, hem de dayanıklı olmaları gerekir. Özellikle, farklı bitkiler için farklı ekim mesafesi ve ekim derinliklerinin farklı toprak koşullarında sağlanması için bu önem arz etmektedir. Anıza doğrudan ekim uygulamasında tohum- çizi özelliklerinin çıkışlarda önemli etkisi vardır. Bu konuda çalışan çok sayıda araştırmacı, bu parametrelerin bazıları toprak dokusu, toprak sıcaklığı ve ekim derinliği olarak vurgulamışlardır (Lindstrom *et al.* 1976; Schneider and Gupta 1985; Alessi and Power 1971; Mahdi *et al.* 1998).

Anıza doğrudan ekim makineleri, işlenmemiş tarla koşullarında çalıştıkları için, önemli üniteleri de bu koşullar için karakterize edilmiştir. Makine bünyesindeki her bir ünitenin ekim işleminde farklı görevleri bulunmaktadır. Anız kesme ve çizi açma görevini gömücü ayaklar ve tohumu toprak ile kapatma görevini kapatma ve bastırma üniteleri üstlenmektedir. Makinelerin beklenen performansı sağlamaları için söz konusu ünitelerin karşılıklı ve birbirini takip edecek şekilde çalışmaları gerekmektedir. Farklı toprak koşullarında çalışabilmek için özellikle gömücü ayakların uygun tip ve boyutlara sahip olması gerekmektedir (Thompkins 1985; Morrison and Allen 1987; Çelik 2009).

Anıza doğrudan ekim makinelerinin performansını artırmak için bazı makinelerin önünde, anızı daha iyi kesen özellikle disk veya bıçak tiplerinde anız kesiciler kullanılmaktadır. Günümüzde doğrudan ekim makinaları üzerinde yerden aldığı hareketle dönerek çalışan anız kesici diskler yaygın olarak kullanılmaktadır (Altıkat *et al.* 2013).

Gömücü ayak tipi, toprak çeşidi, toprak ve çalışma koşullarına göre değişmektedir (Karayel and Özmerzi 2007; Altıkat *et al.* 2013). Minimum toprak işleme amaçlı veya anıza doğrudan ekimde; çapa, çizel, ters T, diskli ve kuyruk milinden hareketli döner disklerden oluşan gömücü ayaklar yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonim 2013). Doğrudan ekimde gömücü ayakların görevi toprağı en az işlemek ile birlikte (Janel *et al.* 1993) dar bir çizi açmaktır (Derpsh *et al.* 2014). Gömücü ayaklar toprakta çizi açarken, anızı çizi içine bükerek gömmemelidir (Thompkins 1985).

Genel olarak aynı ekim derinliğinde anıza doğrudan ekimi sürdürebilmek için, ayak tipi ile ekim makinesi arasında farklı bağlantı kolları önerilmektedir. Bunların içinde yaylı tip bağlantı kolu eskiden beri yaygın olarak tercih edilmektedir. Yaylı tip bağlantı kolu özellikle

ağır topraklarda homojen ekim derinliği sağlayamama dezavantajına sahiptir. Paralel bağlantıların gelişmesi ile bu konuda önemli ölçüde ilerleme kaydedilmiştir. Bu tip bağlantılar ekici ayağın tarla yüzeyindeki eğimleri takip etmesini kolaylaştırmaktadır. Anıza doğrudan ekim yönteminde tohumun ekildiği ortamın özellikleri ve uygunluğu kullanılan gömücü ayak ve bağlantı kolu tipine bağlıdır (Wilkins *et al.* 1983).

Günümüzde anıza doğrudan ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan çapa ve diskli tip gömücü ayaklar tarafından açılan çiziler özel forma sahip olmaktadır. Çapa tip gömücü ayaklar süpürme etkisi ile toprağı yer yer küçük kümeler halinde biriktirmektedir ki bu durum özellikle kurak dönemlerde istenilmemektedir (Darmora and Pandey 1995). Diskli tip gömücü ayakların kesme etkisi ile açmış oldukları çizilerin kenarlarından kuruma meydana gelirken, anızı çizi içine gömerek özellikle killi topraklarda açık çiziler bırakılmasına yol açmaktadır (Sartori and Sandri 1995).

Toprak ve iklim koşulları dikkate alınarak çizi açan gömücü ayakların birkaç önemli amacı gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Ekim ve ekim derinliği düzgünlüğü, tohumun üzerini kapatmak için yeterli miktarda yumuşak toprak temini, toprak ile tohumun doğru şekilde teması, tohumun gübre ve anızdan uzak tutulması bu amaçlardan bir kaçıdır (Willatt 1986; Tsegaye and Mullins 1994; Bueno *et al.* 2002). Çizi açıcının tipi, tohumun çimlenmesi ve bitkinin gelişimi açısından önemlidir (McLeod *et al.* 1992) özellikle kaymak tabakası oluşturan topraklarda daha iyi sonuçlar elde edebilmek için çift diskli tip gömücü ayaklar önerilmektedir (Hemmat and Khashoei 2003). Günümüzde çift diskli tiplerle birlikte, tek diskli, çapa, düz, dalgalı ve çentikli tip diskli gömücü ayaklar da doğrudan ekim makinelerinde kullanılmaktadır (Murray *et al.* 2006).

Anıza doğrudan ekim makinelerinde anızı kesmek için günümüzde çok geniş disk seçenekleri bulunmaktadır. Düz tip diskler toprağı genelde daha iyi keser ve kolaylıkla bilenirler. Dalgalı tip diskler kendi kendilerini biledikleri için toprak yapışma riski daha azdır. Dar yivli ve kabarık delikli tip diskler sıra üzerindeki toprağı gevşetirler, ancak yapışma riski nedeniyle bu tip diskler killi ve yapışkan topraklarda daha az kullanılmaktadır. Geniş yivli tip diskler uygun nem içeriği olan topraklarda şerit halinde işleme için uygundur. Ancak, bu diskler temiz bir çizi açamazlar ve bazı topraklarda tohumun üzerinin kapatılmasını engelleyecek büyüklükte kesek oluştururlar (Price 1999; Çelik 2009).

Çapa tip gömücü ayakların bitki artıklarını toprak yüzeyinden hareket ettirmesi, ekim makinesinin tıkanmasına sebep olmaktadır. Diskli tip ayaklar ise bitki artıklarını yer yer çizi içerisine küme halinde gömerek çizinin ve dolayısıyla tohumun üzerinin kapanmasını

engellemekle birlikte, toprakta toksin maddelerin çoğalmasına ve o bölgedeki tohumların çürümesine neden olmaktadır (Hultgreen 2000).

Sert topraklarda diskli tip gömücü ayaklar anızı kolaylıkla keserken, yumuşak topraklarda anız kesilmeden toprağın içine gömülmektedir. Çapları büyük diskli tip gömücü ayaklar anızı daha kolay keserler. Ancak, bunun için daha fazla baskı kuvvetine ihtiyaçları vardır. Nem içeriği yüksek olan topraklarda diskli tip gömücü ayakların anızı toprağa bükerek gömme riski de artmaktadır (Morrison and Allen 1987). Yerden hareketli diskli tip ayaklara sahip bir ekim makinesine tekeri vasıtasıyla güç iletimi sağlayan Taki and Asadi (2008), makine gömücü ayağının buğday ekiminde, gübre bırakma seviyesinde (6-8 cm) çalışabilmesi için ters dişli bir disk kullanmışlardır. Sonuçta, dişlerin arasına toprak parçalarının dolmasından dolayı istenilen derinlikte çizi açılmadığı rapor edilmiştir.

Toprak kanalında yapılan bir araştırmada (Magalhaes *et al.* 2007), 508 mm, 610 mm ve 711 mm çaplarındaki yıldızvari dişlere sahip diskli tip anız kesicilerin farklı ağırlık etkisi altındaki anız kesme performanslarını ve çeki gücü ihtiyaçlarını 70 mm çalışma derinliğinde şeker kamışı anızı üzerinde belirlenmeye çalışmışlardır. Çalışma, %13,4 toprak neminde ve 1,56 MPa toprak penetrasyon direncine sahip toprak koşullarında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, anız kesici ünite başına sırasıyla 1,46, 1,92 ve 2,10 kN çeki kuvveti ölçülmüştür. Buna göre, 710 mm çapındaki anız kesici 610 mm çapındaki üniteye göre %9, 610 mm çapında ünite ise 508 mm çapındaki üniteye göre %30 daha fazla çeki kuvveti tüketmiştir. Ayrıca, küçük çaptaki anız kesici büyük çaplı olana göre daha fazla anız kesme performansı göstermiştir.

Anız, önceki hasattan kalan bitki sapı, yaprağı, kökü ve yabancı otların kalıntılarından oluşmaktadır (Çelik 2009). Doğrudan ekim uygulamasında anızın toprak deformasyonu kadar büyük önemi vardır (Derpsch *et al.* 2014). Gömücü ayağı tıkaması, batışını engellemesi ve makine aksamlarına dolaşması gibi sebeplerden dolayı anız ekim makinesinin performansını etkilemektedir (Çelik 2009). Günümüzde anız yönetiminin önemi, anıza doğrudan ekim uygulamasında çok büyük kabul görmektedir (Carter 1994).

Anızın eski veya yeni olması da ekim makinesinin performansını etkilemektedir. Yapılan bir araştırmada yeni hasat edilmiş buğday anızı, dokuz ay nadasa bırakılmış anıza göre daha fazla doğrudan ekim makinesinin performansını etkilemektedir (Morrison and Allen 1987). Başka bir araştırmada ise uzun ve dik anızın, kısa ve yatık anıza göre daha pürüzlü tarla yüzeyi oluşturduğu tespit edilmiştir. Araştırmada en fazla anız toplanma ve en az çiziye gömülmesi çapa tip gömücü ayakta ve en az toplanma ve en fazla çiziye gömülme ise diskli tip gömücü ayakta görünmüştür (Çelik 2009). Ekimden sonra diskli tip gömücü

ayaklara sahip doğrudan ekim makinesi sıra üzerinde %70,2 oranında en çok anız bırakırken, bu oran çapa tip ayaklar için %69 ve çizel tip ayaklar için %52,3 olarak belirlenmiştir (Çelik ve Altıkat 2010). Toprak yüzeyinde dağılmış vaziyette bulunan ve yönetilmemiş anız doğrudan ekimin önünde önemli bir engel olarak kabul edilmektedir (Gill and Aulakh 1990).

Lisowski *et al.* (2016), toprak kanalında yürüttükleri çalışmada; 105, 133 ve 202 mm genişliklerine sahip üç tane kazayağı şeklindeki işleyici ayakları, esnek yaylı ve sert titreşimli yaylı bağlantılar, farklı batma açıları, farklı ilerleme hızları, farklı iş derinlikleri ve farklı toprak nem içerikleri ile denemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, esnek tipteki bağlantı ile elde edilen özgül direnç, ayakların batma açısının çok olması nedeniyle yaklaşık %15 daha fazla bulunmuştur. Esnek yaylı bağlantı ile ayakların batma açısının fazla olması, toprak bozulma alanı ve çeki kuvvetinde sert yaylı tip bağlantıya göre sırasıyla %36 ve %24 daha artışa yol açmıştır.

Liu *et al.* (2010), kazayağı şeklinde ve 325 mm genişliğindeki kùltivatör uç demirlerini toprak kanalında boyları 25 ile 250 mm arasında değişen yulaf anızı üzerinde denemişlerdir. Denemede, anızlar ilerleme yönüne dik biçimde serilmiş ve üç farklı ilerleme hızı kullanılarak, anızların sürüklenme ve toprağa gömülme durumları dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek hızda çalışma daha fazla toprak ve anızın sürüklenmesine, dolayısıyla daha fazla anızın gömülmesine neden olmuştur.

Çapa tip ve çift diskli tip gömücü ayaklar ile birlikte kullanılan farklı anız kesici ünitelerin farklı ilerleme hızlarında çizi kesit alanına ve toprak kabarmasına olan etkisi üzerine yürütölen bir araştırmada, çapa tip gömücü ayakların çizi alanı deformasyonunun traktör ilerleme hızından etkilenmediğı sonucu ortaya çıkmıştır (Francetto *et al.* 2016).

Gömücü ayaklar ile çalışmada hem toprak kabarma, hem de çizi kesit alanının küçük olması arzu edilmektedir. Çizi kesit alanının küçük olması, ekim makinesinin toprağa olan etkisinin azalmasına, toprak nem kaybının azalmasına ve bunun yanı sıra güç ve yakıt tüketiminde de önemli azalmaya yol açmaktadır. Ekim makinelerinde geniş çapa tip gömücü ayaklar diskli ve dar çapa tip gömücü ayaklara göre daha büyük çizi kesit alanı ve toprak kabarma alanı oluşturlar (Çelik 2009).

Smith (1989) çalışmasında, toprak işleme aletlerinin işleyici ayaklarını, çalışma derinliği- çalışma genişliği (d/w) oranını esas alarak; geniş, dar ve çok dar üniteler olmak üzere 3 gruba ayırmıştır. Bu ayaklara ait toprak bozulma alanları farklı şekillerden oluşmaktadır. Yukarı ve öne doğru iki yönde toprak bozulma alanı oluşturan geniş tip ayaklarda, kenar etkileri az olduğundan bozulma etkisinin ihmal edilebileceğı ileri sürölmüştür. Dar tip ayaklarda toprak bozulma yarım ay şeklinde ayağın topraktaki

hareketinin yönünde yukarı, öne ve yanlara doğru üç boyutlu şekilde tespit edilmiştir. Çok dar tip ayaklarda ise, yüzeye yakın üç boyutlu yarım ay şeklinde dar ayaklara benzer bir bozulma görünmüştür. Ancak kritik derinliğin altındaki bozulmada, toprak yana ve öne doğru hareket ettirilerek iki boyutlu değişime maruz kalmıştır.

Ekim makinasında kullanılan bir gömücü ayağın tohumları hem sıra üzeri mesafe ve hem de ekim derinliği yönünde homojen bir şekilde ekmesi gerekir. Bir çalışmada, ekim derinliği artışı ile bitki çıkışlarında homojenlik sağlanamadığı tespit edilmiştir (Heeg 1993).

Akıncı ve Sabancı (1994), killi toprak koşullarında kulaklı pulluk, dipkazan, çizel ve kùltivatörden oluşan toprak işleme aletlerini farklı çalışma derinlikleri ve ilerleme hızlarında denemişlerdir. Çeki kuvveti, patinaj ve yakıt tüketiminin ölçüldüğü denemede kulaklı pulluk ile 0,25 m çalışma derinliği ve 5 km/h ilerleme hızında çeki kuvveti 15,77 kN ve yakıt tüketimi 8,11 kg/h olarak tespit edilirken, çizel ile 0,25 m çalışma derinliği ve 6 km/h ilerleme hızında çeki gücü 14,74 kN ve yakıt tüketimi 6,87 kg/h olarak elde edilmiştir.

Gömücü ayakların çeki kuvveti ihtiyacı ekim derinliği ile doğrudan orantılıdır (Karayel ve Özmerzi 2003). Bu konuda başka bir etken ise topraktaki nem düzeyidir. Yapılan bir çalışmada çapa tip ayakların farklı toprak nem içeriğinde çizel tip ayaklar ile karşılaştırılmasında kuru toprak koşullarında çeki kuvveti, çapa tip için 300 N olarak elde edilmiştir. Ancak, iki farklı toprak nem içeriği düzeyinde ise çeki kuvveti sırasıyla 201 ve 170 N' a düşmüştür (Guo and Choudhary 1985). Baker (1976)' a göre, üç diskli tip gömücü ayakların toprağa batması için gerekli düşey kuvvet, çapa ve çizel tip ayaklara göre 3 kat daha fazladır.

Willatt ve Willis (1965), çapa tip bir gömücü ayağın geçişinden sonraki toprak bozulma alanını bir profilograf yardımıyla inceledikleri çalışmalarında, tek ayak kullanıldığında toprak yüzeyinin ikiz sırt şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, yüzeyde bozulan alan genişliğinin derinlikle doğrudan orantılı olduğunu ve 2,1 m/s üzerindeki ilerleme hızlarında bozulma alanının daha az etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Spoor and Godwin (1978), sabit tip bağlantı kolu ile bağlı olan çapa tip gömücü ayakların farklı derinliklerdeki performansları üzerinde yürüttükleri denemelerinde, uygun çalışma derinliğinin ayak geometrisine ve ayak yapısına bağlı olduğunu rapor etmişlerdir. Gömücü ayağın ön tarafına toprağı daha yüzeysel işleyen yardımcı kesici aletlerin eklenmesiyle toprağın bozulma alanının arttığı ortaya çıkmıştır. Gömücü ayak performansına ayak geometrisi ve pozisyonu ile birlikte, ayaklar arası mesafe, çalışma derinliği ve toprak yüzeyi düzgünlüğünün etki ettiği tespit edilmiştir. Araştırmada, yüzeysel işleyen yardımcı

kesicilerin % 10 oranında çeki kuvvetini düşürdüğü ve ayağa kanat eklendiği zaman çeki kuvvetinin %30 ve toprak bozulma alanının iki kat arttığı belirlenmiştir.

Toprak kanalı koşullarında; üç farklı dar çapa tip gömücü ayağın çeki kuvveti ile çizi kesit alanı üzerindeki etkisinin farklı toprak nem içeriği, hacim ağırlığı ve ekim derinliklerinde belirlenmeye çalışıldığı bir araştırmada, elde edilen sonuçlara göre, toprak hacim ağırlığı ve toprak nem içeriği artarken, çeki kuvvetinin de arttığı ortaya çıkmıştır. Çizi kesit alanının çalışma derinliğinden bağımsız, toprak nemi artışı ile büyüdüğü ortaya çıkmıştır (Sanchez Giron *et al.* 2005).

Tek diskli ve çapa tip gömücü ayakların toprağın gevşetilmesi ve anızın toprağa karıştırılması üzerine toprak kanalı koşullarında yapılan bir çalışmada, tek diskli gömücü ayağın, çapa tip ayağa göre daha fazla oranda anızı toprağa karıştırdığı tespit edilmiştir. Çapa tip gömücü ayağın toprağı gevşetme oranı %65-%79 iken, tek diskli tip ayak için bu oran %25-%47 arasında bulunmuştur (Tola and Koeller 2005).

Toprak sıkıştıkça hacim ağırlığı artar (Shelterland *et al.* 2001; Gomez *et al.* 2002). Bitkisel üretime uygun bir toprağın yapısının %50 katı madde, %25 su ve %25 havadan oluşması gerekmektedir. Aynı zamanda, 1,3 gr/cm³ toprak hacim ağırlığı bitki kök gelişimi için ideal değer olurken, 2 gr/cm³ hacim ağırlığı bitki gelişmesinin durmasına sebep olmaktadır (Singht *et al.* 1992).

Toprak hacim ağırlığı artışı bitkinin besin elementlerine ulaşmasını zorlaştırırken, toprak infiltrasyonu azaltır ve buharlaşmayı zorlaştırır. Bu nedenle yüksek hacim ağırlığı tarla verimini sınırlar ve ürün kalitesinin düşmesine yol açar (Al- Dusari *et al.* 2000; Baris 2001). Bir çalışmada, toprak hacim ağırlığının 1,8 gr/cm³ 'e ulaşmasının tahıllarda bitki kök gelişiminde bir olumsuzluk yaratmadığı belirtilmiştir (Neill 1979; Singht *et al.* 1992).

Toprak hacim ağırlığı arttığında, toprağın kabartılması ve içindeki boşlukların artırılması gerekir. Boşluk hacminin toprağın toplam hacmine oranına toprak porozitesi denir ve yüzde olarak ifade edilir (Dilmaç, 1976; Ergene, 1993). Toprak porozitesinin düşmesi toprağın sıkışmasının sonucudur. Toprak porozitesinin %10' un altına düşmesi durumunda, bitki kök gelişimi olumsuz yönde etkilenir (McNabb *et al.* 2001; Richard *et al.* 2001; Gomez *et al.* 2002; Önal 1995). Bitki gelişimi için optimum porozite değerinde %2,7' lik bir azalma, verimde ise %33 'e varan düşüşe sebep olmaktadır (Altay ve Tok 1989). Önal (1995)' e göre, bitki çıkışı ve gelişmesi için optimum porozite değeri %50 olmalıdır.

Toprak hacim ağırlığı ile doğrudan ekim yönteminin ilişkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada, 25 cm derinlikte doğrudan ekim yönteminin hacim ağırlığında artışa sebep

olduğu belirtilmiştir (Vandel *et al.* 1999). Başka bir araştırmada ise 4-8 cm ve 14-18 cm derinliklerde yapılan ölçümlerde doğrudan ekimin geleneksel yöntemle göre toprak hacim ağırlığında artışa sebep olduğu ortaya çıkmıştır (Schjonning and Rasmussen 2000). Benzer bir çalışmada doğrudan ekim yöntemi ile ekim yapılan parsellerde 3-7 cm derinlikte geleneksel yöntemle göre toprak hacim ağırlığı yüksek bulunmuş ancak 13-17cm derinlikte bir fark bulunmamıştır (Ekeberg and Riley 1997).

Gomez *et al.* (1999), çalışmalarında doğrudan ekim yöntemi ile ekilen toprağın 0-20 cm derinliğinde toprak hacim ağırlığında artış tespit ederken, 20-40 cm derinlikte bir fark bulunmadığını ileri sürmüşlerdir. Logsdon and Cambardella (2000), 0-2 cm derinlikte toprak hacim ağırlığını 0,91-1,2 gr/cm³ ve poroziteyi %65-%45,7 olarak tespit etmişlerdir. 23 yıl süren başka bir çalışmada, doğrudan ekim yöntemi uygulanan alanda toprak hacim ağırlığı 1,25-1,4 gr/cm³ iken, geleneksel yöntem uygulanan alanda toprak hacim ağırlığı 1,2-1,33 gr/cm³ olarak elde edilmiştir (McVay *et al.* 2006).

Doğrudan ekim yönteminde kullanılan çapa tip gömücü ayaklar, diskli tip ayaklara göre toprak hacim ağırlığını azaltırken, topraktaki oksijen dolaşımı ve solucan sayısının artışına yol açmaktadır (Chaudhury *et al.* 1990). Doğrudan ekim yönteminde kullanılan farklı gömücü tip ayaklar ve çizi kapatma düzenleri üzerinde yapılan bir araştırmada, çapa tip gömücü ayak ve diskli tip kapatma düzeni için en yüksek toprak hacim ağırlığı değeri (1,59 gr/cm³) elde edilirken, en düşük değer ise (1,47 gr/cm³) dar çapa tip gömücü ayak ile çalışmada tespit edilmiştir (Riethmuller 1995).

Doğrudan ekim makinelerinde kullanılan çapa tip ile tek ve çift diskli tip gömücü ayakların karşılaştırıldığı bir araştırmada en yüksek hacim ağırlığı değeri 1,22 gr/cm³ ile çift diskli ayaklarda bulunurken, en düşük değer ise 1,16 gr/cm³ ile çapa tip gömücü ayak ile çalışmada bulunmuştur (Tessier *et al.* 1991a). Aynı araştırmacılar tarafından yapılan benzer bir çalışmada, çift diskli tip gömücü ayaklar için 6 cm derinlikte toprak hacim ağırlığı 1,10 gr/cm³ olarak ve çapa tip gömücü ayaklar için 1,04 gr/cm³ olarak elde edilirken, 9 cm derinlikte toprak hacim ağırlığı değerlerinde ayaklar arasında bir fark bulunmadığı ortaya çıkmıştır (Tessier *et al.* 1991b).

Ekimden sonra sıra üzerinde ölçülen toprak hacim ağırlığında en yüksek değer diskli tip ayaklara sahip makinelerde bulunmuştur (Çelik 2009). Doğrudan ekim için tasarlanan çapa tip gömücü ayaklar, çift diskli tip gömücü ayaklar ile karşılaştırıldığında çapa tipin toprağı daha az sıkıştırdığı tespit edilmiştir (Vameralli *et al.* 2006).

Çelik ve Altıkat (2010) doğrudan ekim makinelerinde en yüksek hacim ağırlığı ve porozite değerini diskli tip gömücü ayaklarda bulmuşlardır. Çalışmada, derinlik arttıkça hacim

ağırlığı değerleri de artmış ve en yüksek hacim ağırlığı diskli tip gömücü ayakta ortaya çıkmıştır. 0-5 cm derinlikte toprak hacim ağırlığının; diskli tip ayak için 1,49 gr/cm³, çapa tip ayak için 1,44 gr/cm³ ve çizel tip ayak için 1,43 gr/cm³ olarak elde edildiği çalışmada, 5-10 cm derinlikte hacim ağırlığı diskli tip ayakta 1,63 gr/cm³, çapa tip ayakta 1,55 gr/cm³ ve çizel tip ayakta 1,54 gr/cm³ olarak elde edilmiştir.

Penetrasyon direnci, toprağa dalmaya çalışan işleyici organlara düşey yönde etki eden toprak direncinin önemli bir göstergesidir. Genel olarak, toprak sıkıştıkça ve derinlik arttıkça penetrasyon direncinde de artış ortaya çıkmaktadır (Horn *et al.* 1995; Whalley *et al.* 1995; McNabb *et al.* 2001).

Penetrasyon direncinin bitki kökünün gelişmesi, topraktaki hareketi ve tarla veriminde çok önemli etkisi vardır (Camp and Lund 1968; Mirreh and Ketcheson 1972). Toprağın tipi, organik madde miktarı ve nemi, penetrasyon direncini etkileyen faktörlerdir (Sands *et al.* 1979). Ayrıca, tarla trafiği ve toprak işleme aletlerinin de toprak penetrasyon direnci üzerinde etkisi bulunmaktadır (Patterson *et al.* 1980). Çeşitli araştırmalarda, penetrasyon direnci değerinin 2 MPa dan büyük olmasının aşırı toprak sıkışmasına sebep olması anlamına geldiği belirtilirken, 3 MPa ve daha büyük penetrasyon direnci değerlerinin bitki kök gelişmesini tamamen durdurduğu ileri sürülmektedir (Busscher and Sojka 1987; Hakansoon and Lipiec 2000; Gupta 1990).

Doğrudan ekimde, sıra üzeri penetrasyon direncinin sıra arası penetrasyon direncinden daha büyük bulunduğu bir çalışmada, en yüksek penetrasyon direnci değeri diskli tip gömücü ayaklarda elde edilirken, en düşük değer çapa tip ayaklarda bulunmuştur (Çelik 2009). Benzer bir araştırmada, üst 0-5 cm derinlikte diskli gömücü ayaklara sahip doğrudan ekim makinası için penetrasyon direnci 1,31 MPa iken, çapa tip gömücü ayaklara sahip makinada 1,31 MPa ve çizel tip ayaklara sahip makinada ise 1,15 MPa olarak bulunmuştur. 10 cm derinlikte ise penetrasyon direnci değerleri sırasıyla; diskli tip ayak için 1,54 MPa, çizel tip ayak için 1,46 MPa ve çapa tip ayak için 1,43 MPa olarak elde edilmiştir (Çelik ve Altıkat 2010).

Geleneksel yöntem ile doğrudan ekim yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada, en düşük toprak penetrasyon direncinin geleneksel yöntemde kullanılan çapa tip gömücü ayaklara sahip makinede tespit edildiği ortaya çıkmıştır (Bayhan *et al.* 2006).

Günümüzde, anıza doğrudan ekim makinelerine teknolojik olarak çok önemli gelişme kaydedildiği görülmekte ve bu gelişmelerin amaca uygunluğu yönünde dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Çoğu araştırmalarda sadece çizi açıcılar ile toprağın ilişkileri üzerinde çalışıldığı ve bitkilerin anıza doğrudan ekim yöntemi ile gelişimine gereken önemin çok da verilmediği çeşitli kaynaklardan anlaşılmaktadır. Özellikle bitki gelişimi için büyük

önem arz eden açılan çizinin şekli ve boyutları ile çeki kuvveti ve ekim hızı gibi parametrelerin üzerinde durulması büyük önem arz etmektedir (Gebresenbet and Jönsson 1992; Collins and Fowler 1996; Sa'nchez-Giro'n *et al.* 2005).



MATERYAL ve METOT

Materyal

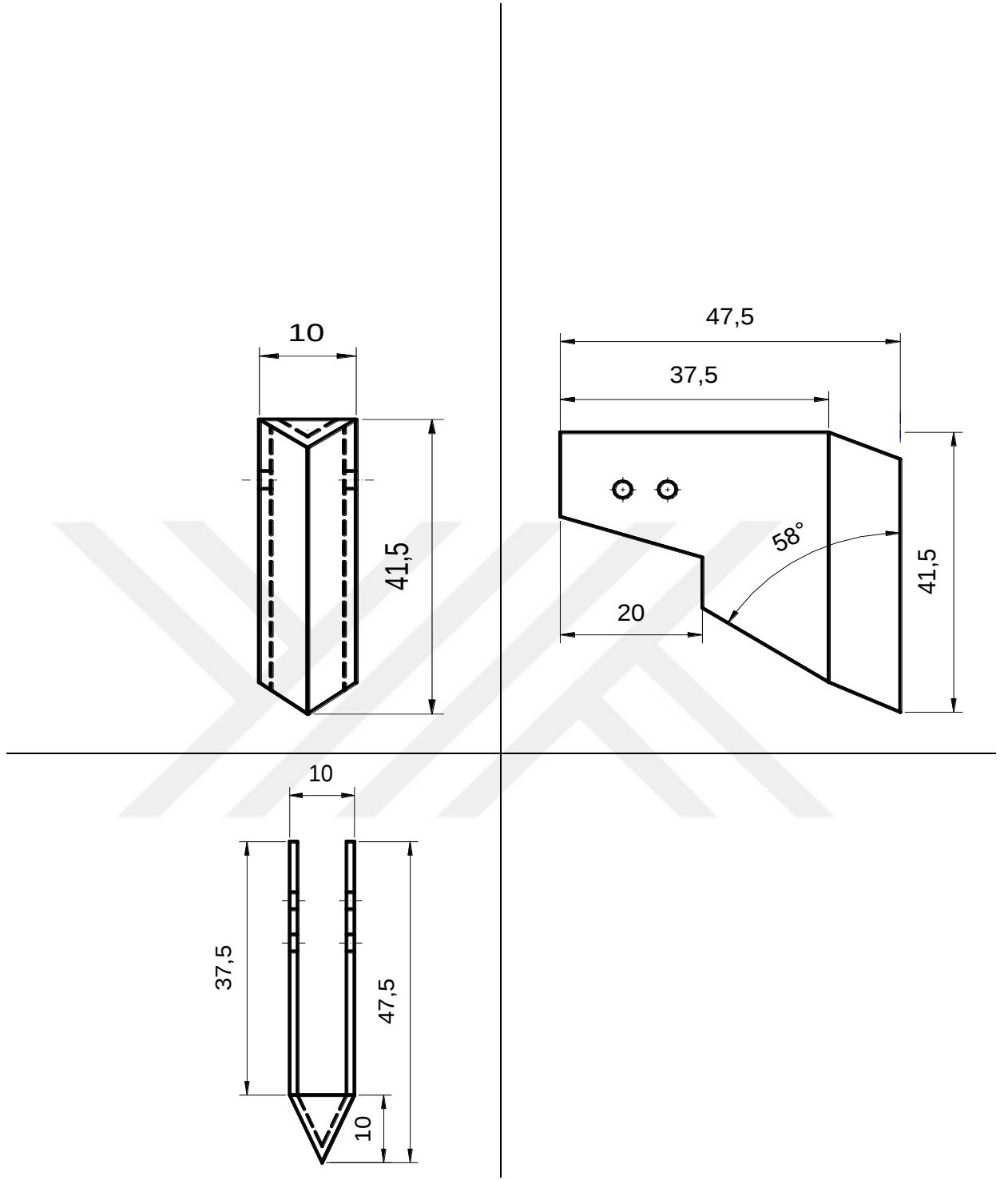
Anıza doğrudan ekimde kullanılan çapa tip gömücü ayakları iyileştirmek amacıyla yürütülen bu araştırmada bu amaçla beş farklı tip gömücü ayağın tasarımı ve imalatı yapılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan toprak kanalında yürütülen araştırmada gömücü ayakların açtığı çizi özellikleri anız dağılımı ve güç ihtiyacı belirlenmeye çalışılmıştır.

Geniş çapa tip gömücü ayakların tasarımı ve imalatı

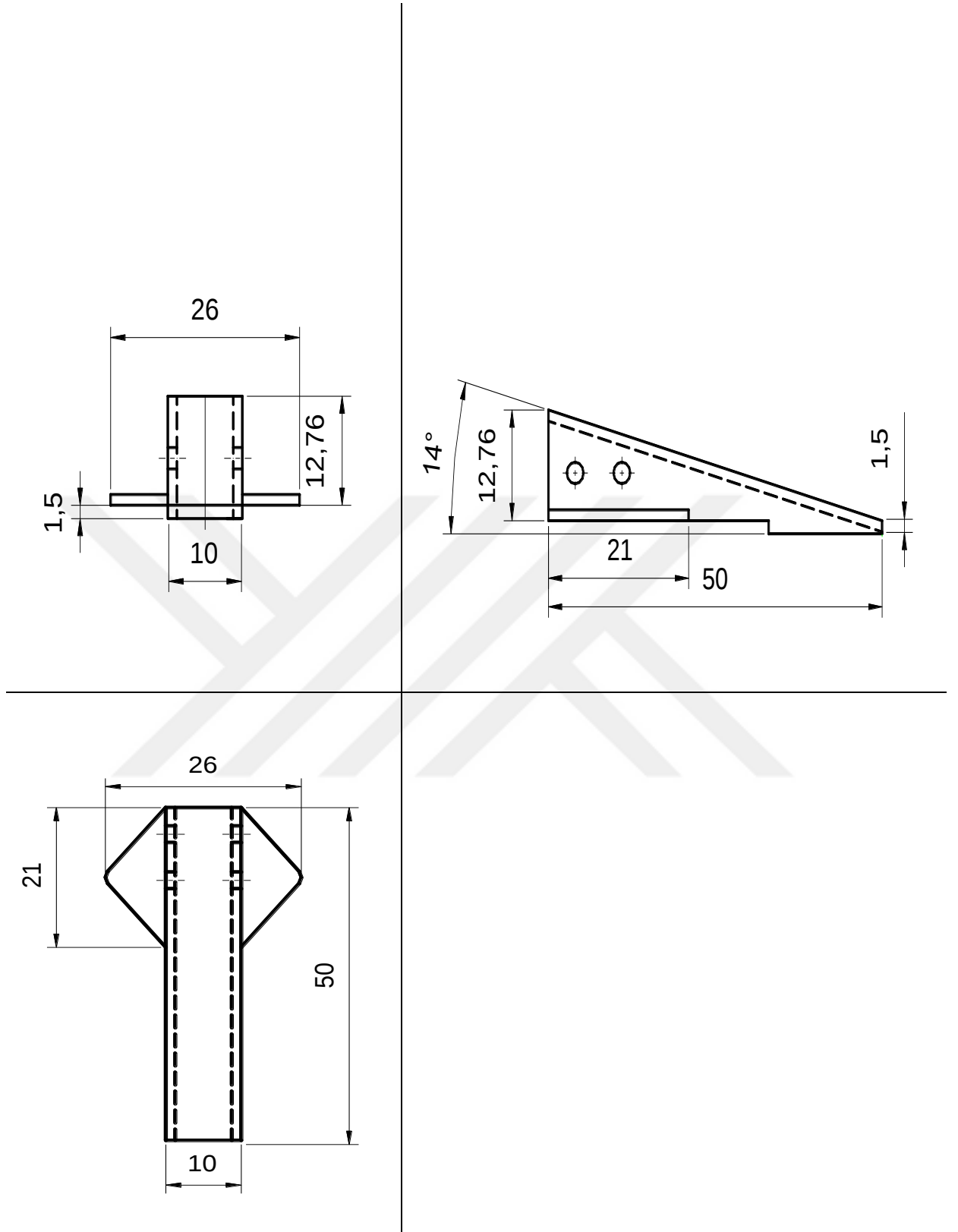
Gömücü ayakların tasarımı aşamasında yaygın geniş çapa tip ayaklar dikkate alınmış ve anıza doğrudan ekim kriterlerine daha uygun ve iş kalitesi daha yüksek beş tip ayak tasarlanmıştır. Orta genişlikte çizi açabilen ayak tipleri üzerinde durulan çalışmanın tasarım ve boyutlandırma aşamasında mukavemet kriterleri ile birlikte ekim makinelerinde kullanım kabiliyetleri esas alınmıştır.

Şekil ve boyut yönünden tasarımı tamamlanan gömücü ayakların her bir parçası ayrı ayrı CNC tezgahında imal edildikten sonra TİG kaynak makinası ile kaynak yapılmış ve daha sonra aşınmaya karşı özel boya ile boyanarak imalat aşaması tamamlanmış oldu. Gömücü ayakların imalatında 5 mm kalınlığında ST37 çelik malzeme kullanılmıştır.

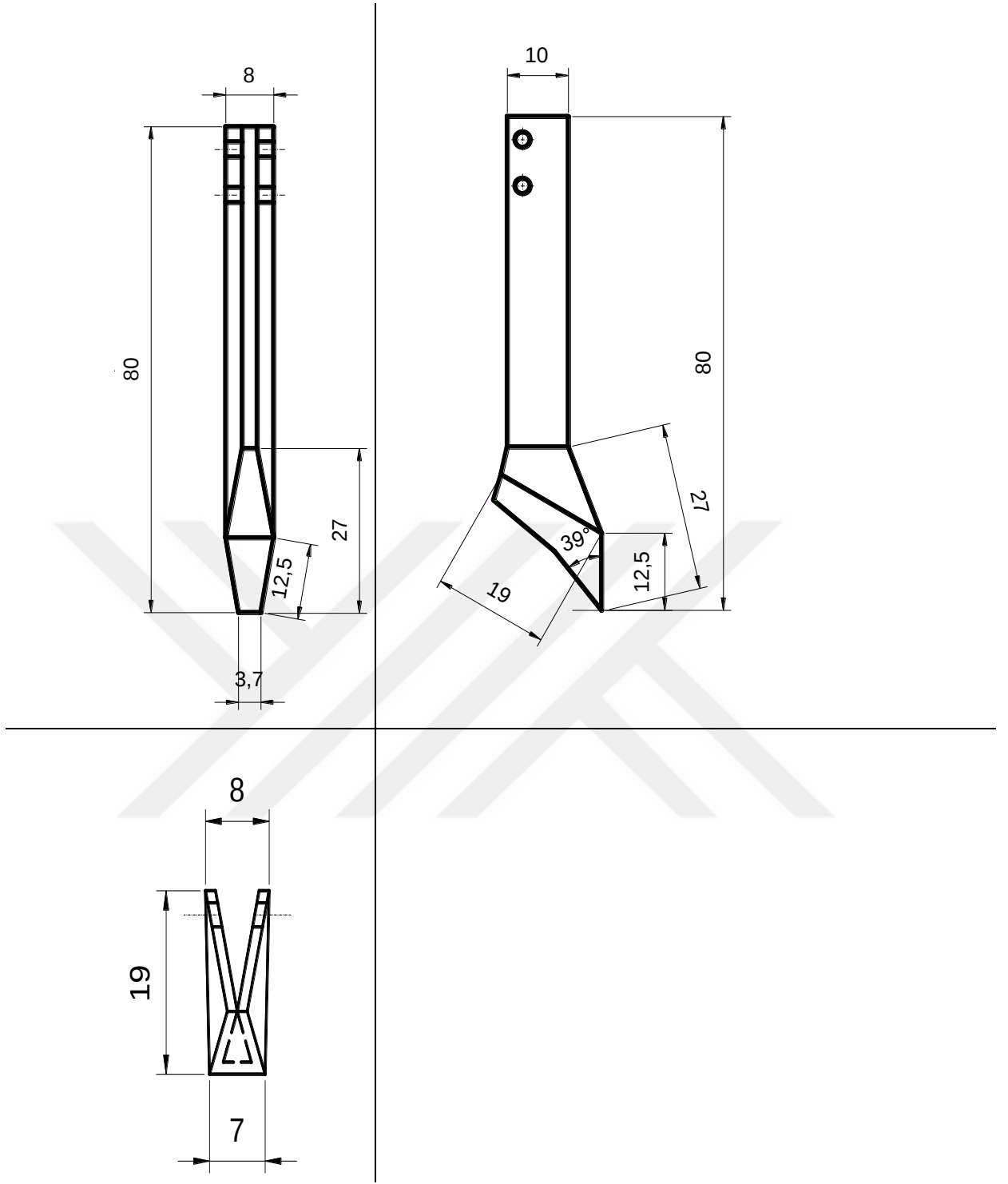
Gömücü ayakların kolay ifade edilmesi ve gösteriminde alfabetik harflerden yararlanılmış ve buna göre A tipi, B tipi, C tip, D tip ve E tipi olmak üzere beş farklı tip isimlendirme yapılmıştır. Tasarımı yapılan gömücü ayakların üç görünüşleri ve boyutları Şekil 1-5'te verilmiştir.



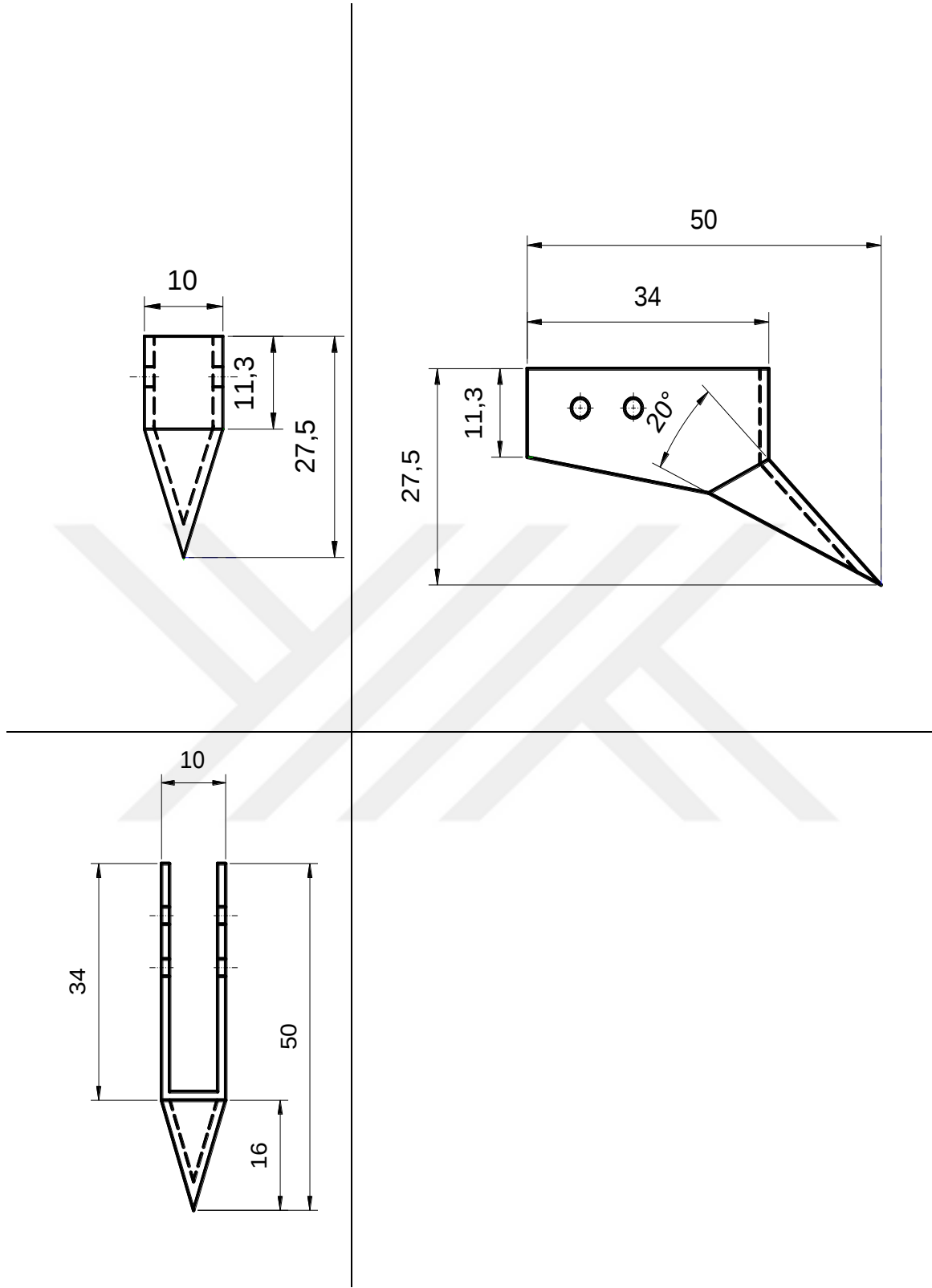
Şekil 1. A Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4)



Şekil 2. B Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4)



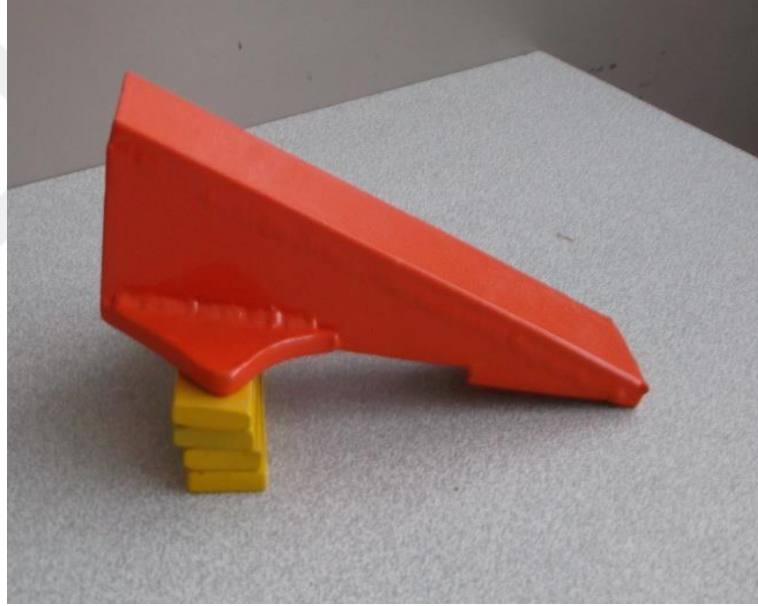
Şekil 3. C Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4)



Şekil 4. D Tipi gömücü ayağın üç görünüşü ve boyutları, ölçek (1:4)



Şekil 6. A Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü



Şekil 7. B Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü



Şekil 8. C Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü



Şekil 9. D Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü



Şekil 10. E Tipi gömücü ayağın imalat sonrası görünüşü

Gömücü ayakların bağlantı kolları

Gömücü ayakların toprak kanalı arabasına montajında; sabit, yarı yaylı ve yaylı tip olmak üzere üç farklı tip bağlantı kolu kullanılmıştır. Sabit (Şekil 11) ve yarı yaylı tip (Şekil 12) bağlantı kolları 3×3 cm içi dolu kare kesitli malzemeden imal edilirken, tam yaylı tip (Şekil 13) bağlantı kolu için ise piyasada yaygın olarak kullanılan bir bağlantı kolu seçilmiştir.



Şekil 11. Sabit tip bağlantı kolu



Şekil 12. Yarı yaylı tip bağlantı kolu



Şekil 13. Yaylı tip bağlantı kolu

Toprak kanalı ve kanal arabasının özellikleri

Araştırma, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan toprak kanalında kontrollü koşullar altında yürütülmüştür (Şekil 14). 16 m uzunluk, 2,5 m genişlik ve 0,8 m derinliğe sahip toprak kanalında denenecek ünitelerin bağlanıp kullanıldığı bir araba bulunmaktadır. Dört lastik tekerlek üzerinde hareket eden toprak kanalı arabası, çatısı üzerine monte edilen bir elektrik motorundan hareketini almaktadır. Elektrik motorundan alınan hareket istenilen devire düşürüldükten sonra tekerleklere iletilmektedir (Şekil 15). Kanal toprağını nemlendirmek için arabaya bir pülverizatör (Şekil 16) ve su püskürtme ünitesi de monte edilmiştir.

Kanal arabasına bağlanan işleyici üniteler düşey yönde bir elektrik motoru yatay yönde ise özel dişliler ile hareket ettirilerek kullanılmaktadır. Bütün üniteleri sökölüp takılabilir özellikte imal edilen kanal arabasının herhangi bir yerinde ortaya çıkacak bir arızanın kolaylıkla giderilmesi mümkündür.



Şekil 14. Toprak kanalı

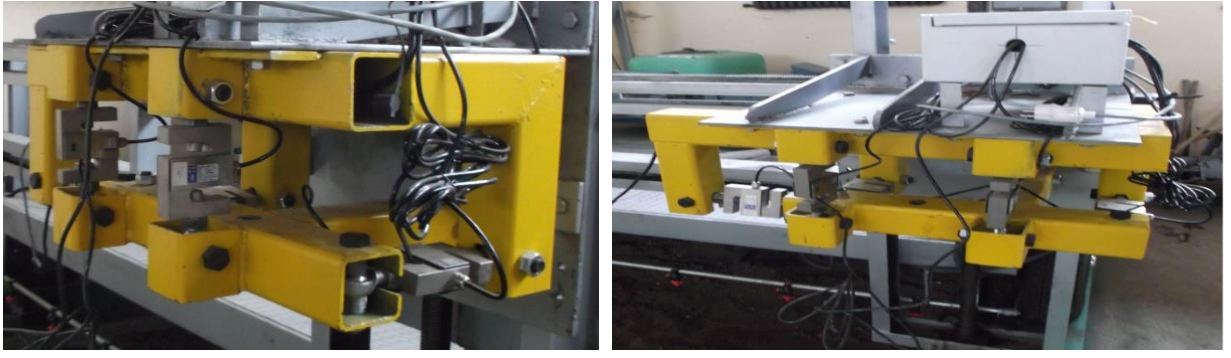


Şekil 15. Toprak kanalı arabası



Şekil 16. Pülverizatör ve su püskürtme ünitesi

Kanal arabasında güç kaynağı olarak 15 kW gücünde bir elektrik motoru kullanılmaktadır. Motordan alınan hareket bir dişli kutusundan zincir vasıtası ile tekerlere iletilmektedir. Farklı tip ekipmanların denenmesi için işleyici organlara yatay, dikey ve yan yönde etki eden kuvvetleri ölçmek için 2 ton kapasiteli altı adet S tipi sensordan yararlanmıştır. Bu sensörler, özel bir tasarımla bir araya getirilerek oluşturulan bir üniteyle kanal arabası üzerine monte edilmiştir (Şekil 17). Sensörlerden elde edilen veriler ile birlikte arabanın ilerleme hızını ölçen hız ölçme radarından elde edilen veriler kablolar vasıtası ile datalogger ünitesine ve oradan bilgisayara aktarılmaktadır.



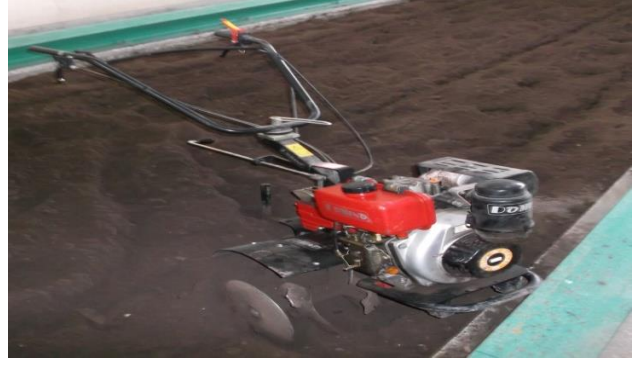
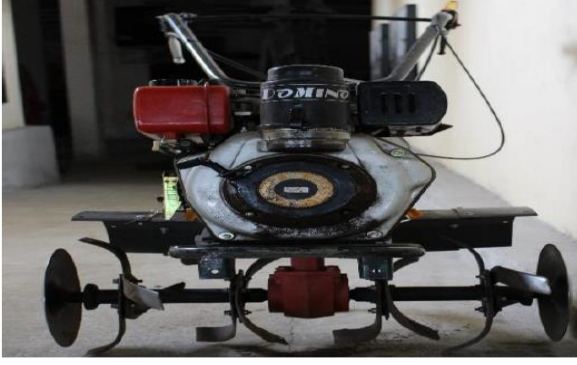
Şekil 17. S tipi sensörlerle donatılmış üç yönde kuvvet ölçme ünitesi

Kanal içine doldurulan toprak Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne bağlı 4 nolu deneme alanından, 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında, Boyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay 1993) ile analizi yapılan toprağın bölgede yaygın toprak gurubu olan orta bünyeli tip olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre, toprak bünye sınıfının kumlu killi tın (%48,6 kum, %29,3 kil, ve % 22 silt) olduğu ortaya çıkmıştır. ABD taksonomisine göre bu bünye sınıfı İnseptisol sınırı, Ustept alt sınırı ve Haplustept büyük gurubundan sayılmaktadır (Malaslı 2018). Araziden alınan toprak 15 mm delik çapına sahip bir eleme makinası ile elendikten sonra kanalın içine doldurulmuştur (Şekil 18).



Şekil 18. Kanal toprağının elemesi

Kanal toprağının istenilen nem düzeyine getirilmesi için kanal arabasına monte edilen elektrik motorundan güç alan, 100 litre depo kapasiteli bir pülverizatörden yararlanılmıştır. Toprağın işlemesi için tek silindirli dizel motoruna sahip bir toprak frezesinden yararlanılmıştır. Bir flanşa dört adet L tipi bıçağın bulunduğu ve dört adet flanşa sahip motorlu toprak frezesinin iş genişliği 60 cm' dir (Şekil 19).



Şekil 19. Motorlu toprak frezesi

İşlemeden sonra toprağın tesviyesi ve istenilen düzeyde sıkıştırılması için kanal arabasına monte edilerek kullanılan ve bu amaçla özel olarak yapılmış iş genişliği 1 m olan tesviye bıçağı (Şekil 20) ile aynı genişlikte olan 40 cm çaplarında halkalı (Şekil 21) ve düz tip merdanelerden (Şekil 22) yararlanmıştır.



Şekil 20. Tesviye bıçağı



Şekil 21. Kembriç tip merdane



Şekil 22. Düz merdane

Metot

Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi

Tasarımı ve imalatı yapılan geniş çapa tip gömücü ayakların denenmesi için kontrollü toprak koşullarında yürütülen denemede, faktör olarak beş farklı geniş çapa tip gömücü ayak, üç farklı ayak bağlantı kolu, iki çalışma derinliği ve iki buğday anızı yoğunluğu dikkate alınmıştır. Tam şansa bağlı deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülen denemede dikkate alınan parametreler ve parametrelere ait seviyeler Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada Dikkate Alınan Faktörler ve Faktör Seviyeleri

Faktörler	Faktör seviyeleri
Geniş çapa tip gömücü ayak	A, B, C, D, E
Gömücü ayak bağlantı kolları	Sabit, Yaylı, Yarı yaylı
Çalışma derinliği, mm	50, 75
Anız yoğunluğu, kg/ha	1500, 3000
Makine ilerleme hızı, km/h	3,6

Toprak kanalının denemelere hazırlanması

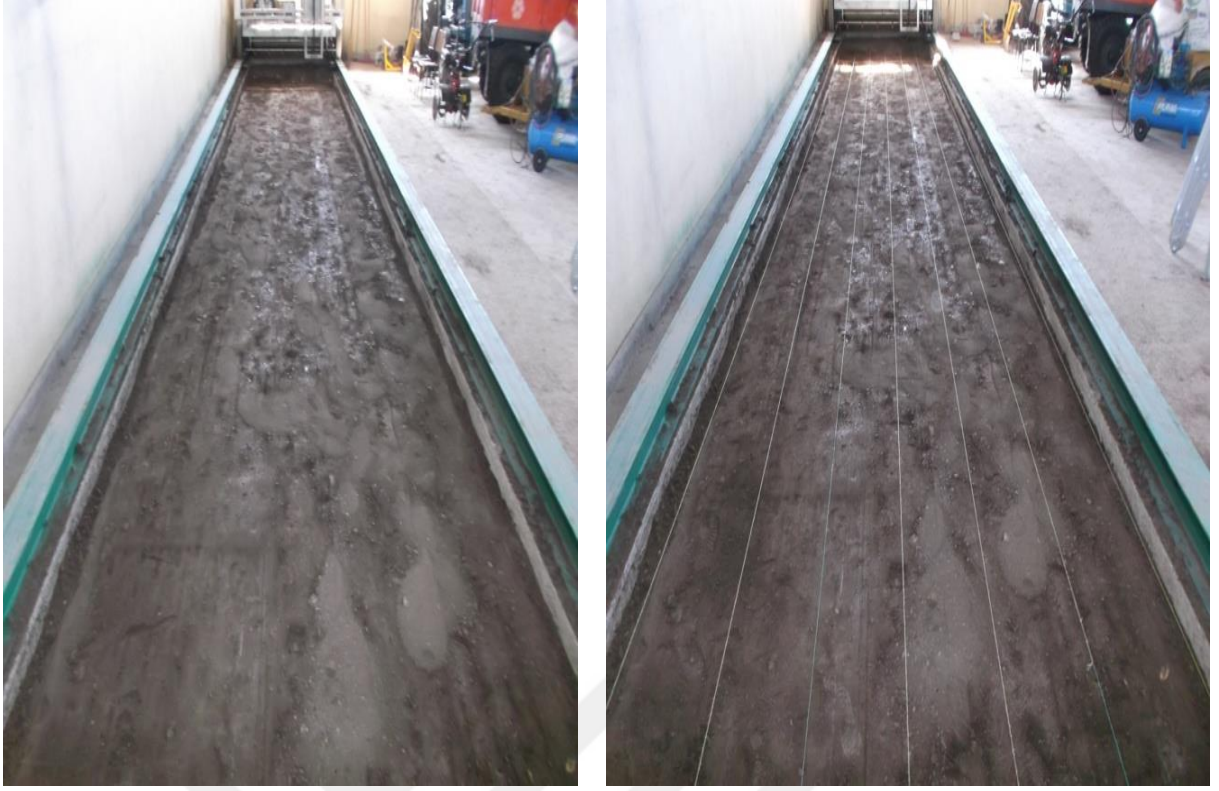
Denemeler için kanal toprağının hazırlanmasında, sonbaharda kışlık buğdayın anıza doğrudan ekim koşulları esas alınmıştır. Motorlu toprak frezesi ile toprak işlendikten sonra, toprağın istenilen nem düzeyine kavuşturulması için kanal arabasına monte olan nemlendirme sistemi ile toprağa gerekli nem kazandırılmıştır. Hazırlık sürecinde, toprağın nemi içeriğinin istenilen düzeye kavuşup kavuşmadığını kontrol etmek için 12 mm prob boyuna sahip, TDR 300 tipi bir nem ölçme cihazı ile belirli aralıklarla ölçümler yapılmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. TDR 300 toprak nemi ölçme cihazı

Toprak nemi uygun düzeye kavuşturulduktan sonra, toprak motorlu freze ile iki kez 15 cm derinlikte işlenmiştir. İşlemeden sonra toprak yüzeyini tesviye etmek için kanal arabasına monte edilen tesviye bıçağı kullanılmıştır. İşleme sonrası gevşeyen toprağın belirli bir düzeyde sıkıştırılması için ilk aşamada konik ve dişli halkalardan oluşan kembriç tip merdaneden yararlanılmıştır. Bu esnada toprak sıkışma düzeyi belirli aralıklarla kontrol edilerek, merdane geçiş sayısı kararlaştırılmış ve toprak hazırlığında ilk aşama tamamlanmıştır. Merdanenin kullanımından kaynaklı dalgalı hale gelen toprak yüzeyinin tekrar düzeltilmesi için ikinci kez tesviye bıçağı kullanılmıştır. Son olarak düz merdanenin bir kez geçişi ile toprak denemeye hazır hale getirilmiştir (Kushwaha *et al.* 1986a; Malaslı 2018).

Hazırlanan toprak kanalı, muamele kombinasyonlarının uygulanması için 40 cm genişlik ve 200 cm uzunlukta 36 adet parsel ayrılmıştır (Şekil 24). Bu parsellerden altısı örnek alma amaçlı boş bırakılmış ve diğer 30 parsel kura yöntemi ile muamele kombinasyonlarına tahsis edilmiştir. $5 \times 3 \times 2 \times 2 = 60$ muamele kombinasyonundan oluşan denemede üç tekerrür halinde ortaya çıkan toplam 180 muamele kombinasyonunun uygulanması için toprak kanalında 6 kez toprak hazırlığı yapılmıştır.



Şekil 24. Toprak kanalının muamele kombinasyonları için parsellere bölünmesi

Toprak hacim ağırlığı, nem içeriği ve porozitenin belirlenmesi

Toprak nem içeriği, hacim ağırlığı ve porozitenin belirlenmesi için her tekerrürde deneme başlamadan önce boş bırakılan parsellerden örnekler alınmıştır. Örnek almada, 5 cm çap ve 100 cm³ hacme sahip örnek alma silindirleri kullanılmıştır (Şekil 25). Üst 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinliklerinden alınan örnekler önce terazi ile tartılmış, sonra etüvde 105 °C sıcaklıkta 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuru örnek ağırlıkları belirlendikten sonra, aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak, toprak hacim ağırlığı, nem içeriği ve porozitesi hesaplanmıştır (Çelik 1998; Altıkat 2011; Malaslı 2018).

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

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

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

Bu eşitliklerde, HA: Hacim ağırlığı (gr/cm³), Wk: Örnek toprağının fırın kuru ağırlığı (gr), V: Örnek silindirinin hacmi (100 cm³) PO: Porozite (%), K: Toprak tane yoğunluğu (2,65 gr/cm³), (Demiralay 1993), W: Toprağın kuru ağırlığı esasına göre nem içeriği (%), Wy: Örnek toprağının yaş ağırlığı (gr) dir.



Şekil 25. Toprak Örnek alma silindirleri ve seti

Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi

Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi için koni 60° uca sahip, Eijkelkamp marka analog göstergeli bir penetrometre kullanılmıştır. 100 cm derinliğe kadar ölçüm yapabilen bu cihazın uzatma milleri 5 cm bölümlere ayrılmıştır. Analog göstergesi 0-1 kN arasında bölünmüş ve ölçme hassasiyeti %1 olarak belirtilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Eijkelkamp marka analog penetrometre

Her toprak hazırlığından sonra, denemelere başlamadan önce boş bırakılan parsellerden 5 tekerrürlü olarak ve gömücü ayaklar ile denemelerden sonra açılan çizilerin merkezinden 10 cm mesafede kenarlardan ve aynı zamanda çizilerin içinden de 5 tekerrürlü olarak ölçümler yapılmıştır. kN olarak elde edilen veriler kullanılan uçların koni alanına bölünmek suretiyle kN/cm^2 olarak hesaplanmış ve daha sonra MPa' a çevrilerek gerekli istatistiksel analizler yapılmıştır (Çelik 1998; Malaslı 2018).

Çizi profilinin belirlenmesi

Gömücü ayaklar tarafından açılan çizi profillerinin belirlenmesi için çubuklu tip bir profilograf kullanılmıştır. 1'er cm aralıklarla dizilen ve toplamda 36 adet alüminyum çubuktan oluşan profilgraf (Şekil 27), her parselde iki tekerrürlü olarak, çapa tip gömücü ayakların geçişinden sonra açılan çizide ilerleme yönüne dik doğrultuda toprağın üzerine yerleştirilmiş ve elde edilen verilerden hareketle çizi profili şekilleri belirlenmiştir (Önal 1971; Jester and Klik 2005; Karayel ve Özmerzi 2006; Troger *et al.* 2012).



Şekil 27. Çizi profillerinin çıkarılması için kullanılan çubuklu tip profilograf

Geniş çapa tip gömücü ayakların geçişi esnasında, toprağın kesilme direnci, kanal arabasının titreşimi ve anız çizinin aldığı şekle etki etmektedir. Çizi derinliğinin belirlenmesinde, profilograf ile yapılan ölçümlerde çizinin en derin noktasından alınan değerler kullanılmış ve bu veriler istatistik analize tabi tutulmuştur.

Çizi kesit alanı, toprak kabarma alanı ve çizi genişliğinin belirlenmesi

Çizi kesit alanı ve çiziden iki yana atılan toprağın kabarma alanını belirlemek için profilograf değerlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla elde edilen veriler Excel programında oluşturulan bir eşitliğe aktarılmış ve elde edilen sonuçlar analize tabi tutulmuştur. Çizi genişliğinin belirlenmesinde de benzer şekilde, profilograf verilerinden yararlanılmıştır (Şekil 28).

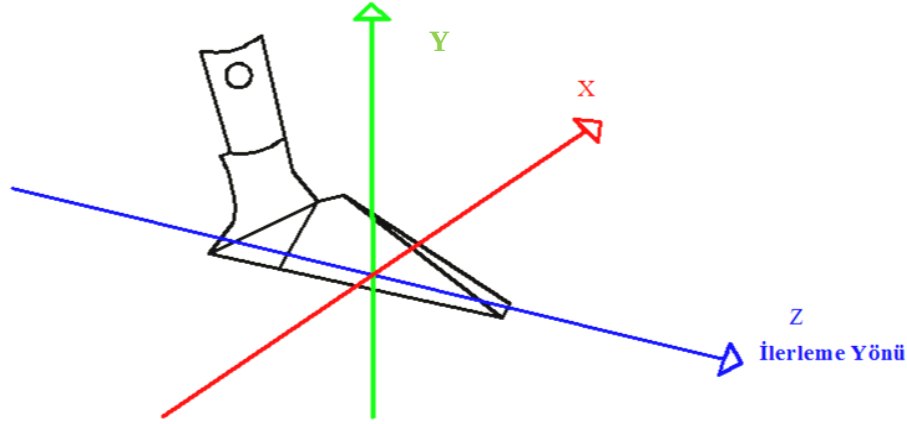


Şekil 28. Çizi kesit alanı, kabarma alanı, derinliği ve çizi genişliği

Gömücü ayaklara etki eden kuvvetlerin belirlenmesi ve ilerleme hızının kontrolü

Herhangi bir işleyici organda olduğu gibi, çapa tip bir gömücü ayak toprakta çalışırken, X, Y ve Z doğrultularında olmak üzere üç yönden kuvvetlerin etkisi altında

kalmaktadır (Armin 2014). X (Yan), Y (Düşey) ve Z (İlerleme, çeki) yönlerinde etki eden kuvvetleri (Şekil 29) ölçmek için toprak kanalı arabasına monte edilen ve 6 adet S tipi sensörle donatılan bir kuvvet ölçme ünitesinden yararlanılmıştır. Sensörlerin üçü Y yönünde, ikisi Z yönünde ve biri de X yönünde etki eden kuvvetleri ölçmektedir (Şekil 30).



Şekil 29. Bir gömücü ayağına etki eden kuvvetlerin doğrultusu. X (Yan), Y (Düşey) ve Z (İlerleme Yönü)



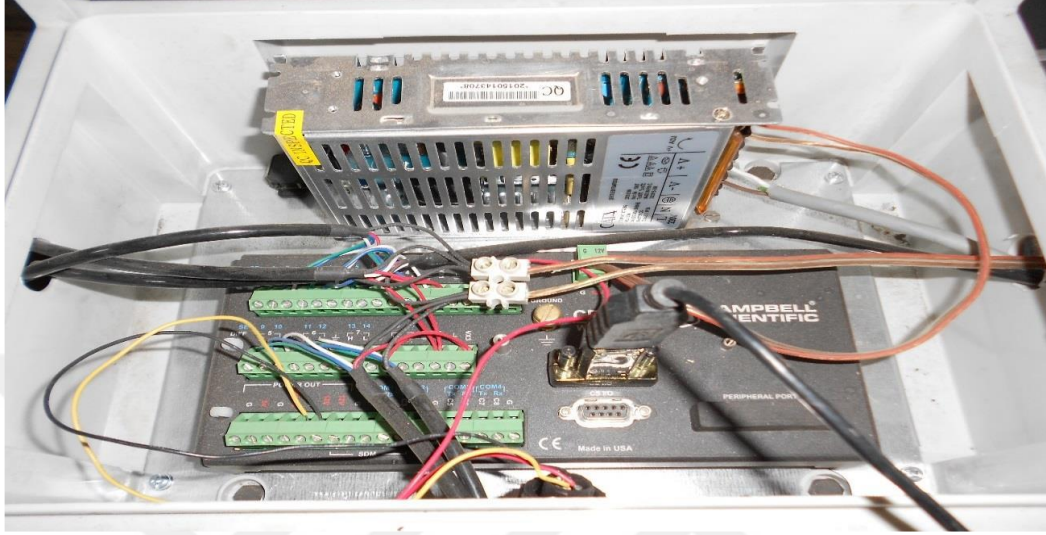
Şekil 30. X, Y ve Z Yönlerinde kuvvet ölçümü yapan ve S tipi sensörler ile donatılmış ünite

Kanal arabasının ilerleme hızı Şekil 31 de verilen bir hız kontrol sensörü vasıtası ile ölçülmüştür.



Şekil 31. Kanal arabası ilerleme hızını ölçmede kullanılan sensör

Kuvvet ve hız sensörlerinden gelen veriler sistem üzerinde bulunan bir datalogger ünitesine aktarılmıştır (Şekil 32). Elde edilen veriler daha sonra bir bilgisayara Logger Net 4,3 programı aracılığıyla aktarılmıştır. Her 50 milisaniyede bir veri alımı programlanan çalışmada, elde edilen veriler daha sonra Excel formatında kaydedilmiştir (Aminzade 2014; Zhang 2016; Kushwha 1986a; Malaslı 2018).

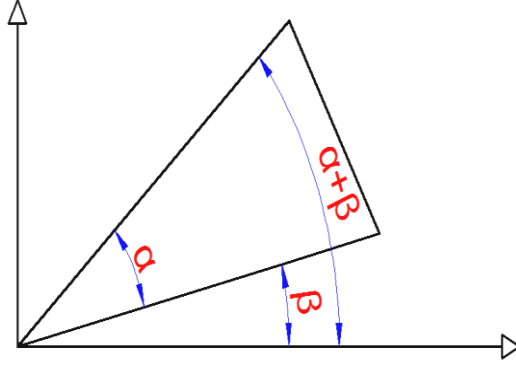


Şekil 32. Datalogger ünitesi

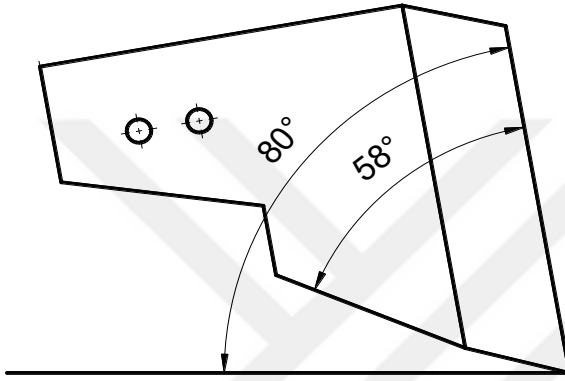
Gömücü ayak açılarının belirlenmesi

Doğrudan ekim makinalarında kullanılan geniş çapa tip bir gömücü ayağın performansı doğrudan doğruya onun geometrik özelliklerine bağlıdır (Aikins *et al.* 2018). Çapa tip gömücü ayakların ilerleme yönünde karşılaştığı dirençler, ayakların toprağa batma ve kama açılarından oluşmaktadır (Şekil 33). Bu açılarının artışı çeki gücünün artışına (Godwin and Doghetry 2007), toprak neminin kaybolmasına ve toprak yüzeyindeki bitki artıklarının (anızın) uzaklaşmasına sebep olmaktadır (Solhju *et al.* 2012).

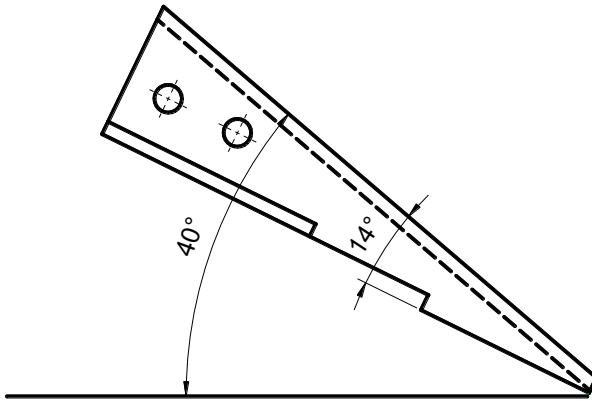
Çalışmada, gömücü ayaklar için optimum kama ve batma açısı belirlemede, derinlik/genişlik oranı beş ve beşten az olan geniş çapa tip gömücü ayaklar için (Tablo 2) optimum sınır olan $22,5^0$ - 90^0 değerleri dikkate alınmıştır (Godwin, 2007). Gömücü ayakları bu açı değerlerinde bağlantı kollarına monte etmek için aşağıda verilen şekillerde görüldüğü gibi yardımcı bağlantı aparatlarından yararlanılmıştır (Şekil 34 - 38).



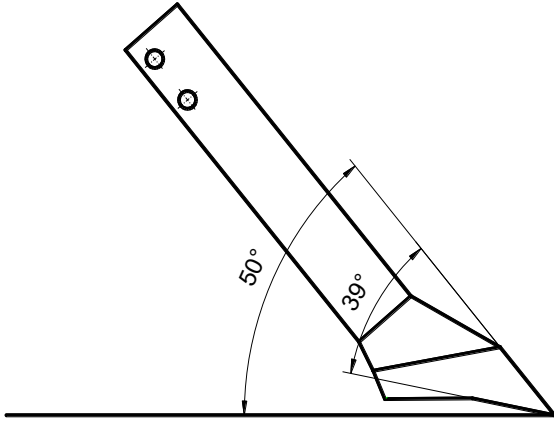
Şekil 33. Kama ve batma açıları (α = Kama açısı, β = Batma açısı, $\alpha+\beta$ = Ayağın çalışma açısı)



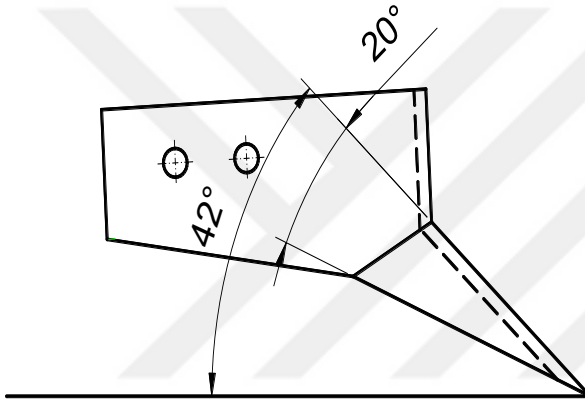
Şekil 34. A tipi gömücü ayak bağlantı aparatı



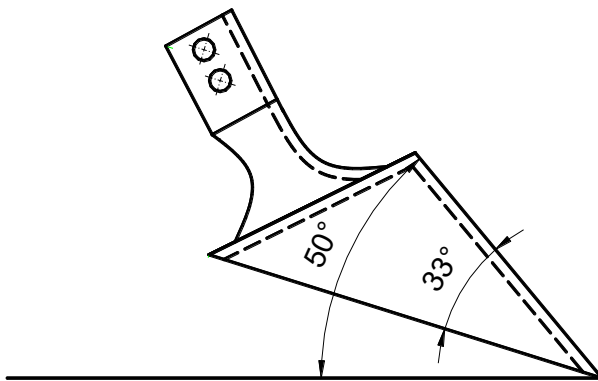
Şekil 35. B tipi gömücü ayak bağlantı aparatı



Şekil 36. C tipi gömücü ayak bağlantı aparatı



Şekil 37. D tipi gömücü ayak bağlantı aparatı



Şekil 38. E tipi gömücü ayak bağlantı aparatı

Tablo 2. Gömücü Ayakların Çalışma Derinliğine Göre Derinlik/Genişlik Oranları

Ayak tipleri	Genişlik (mm)	50 mm derinlik için oran	75 mm derinlik için oran
A	37	1,35	2,02
B	40	1,25	1,87
C	32	1,56	2,34
D	40	1,25	1,87
E	40	1,25	1,87

Deneme parsellerine anızın serilmesi

Kanal toprağının hazırlığı tamamlandıktan sonra, kanal işleme alanı parsellere bölünmüş ve parsellere iki seviyede anız miktarı (1500 ve 3000 kg/ha) esas alınarak buğday anızı serilmiştir (Kushwaha *et al.* 1986a; Kushwaha *et al.* 1986b; Malaslı 2018). 200 cm boy ve 40 cm enindeki her parsel için hesaplanan anız miktarı, 30×50 cm boyutlarında bir çerçeve içine yerleşecek şekilde çapa tip gömücü ayakların geçiş yönüne dik doğrultuda yerleştirilmiştir (Şekil 39).

**Şekil 39.** Parsellere iki farklı seviyede anız serilmesi

Denemelerde, Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme tarlalarından temin edilen kışlık buğday anızı kullanılmıştır. Denemeler esnasında kullanılan anızın kışlık buğday ekimi zamanındaki nem içeriği olan %7-11 aralığındaki nem düzeyinde olması dikkate alınmıştır (Kushwaha *et al.* 1983).

Çizilere gömülen, kesilen ve sürüklenen anızın belirlenmesi

Denemelerde, geniş çapa tip gömücü ayakların serilen anız üzerindeki etkisini belirlemek için Kushwaha *et al.* (1986a, 1986b)' dan yararlanılmıştır. Çizi içerisine gömülen el ile topraktan ayrıştırılarak tartılmış ve toplam anız miktarına bölünerek % olarak kaydedilmiştir. Gömücü ayaklar tarafından kesilen anızlar toplandıktan sonra tartılarak kaydedilmiştir. Ayağın geçişi ile çizinin sonuna doğru sürüklenen anız toplanarak tartıldıktan sonra sürüklenen anız miktarı olarak değerlendirmiştir (Malaslı 2018).

İstatistiksel Analiz

Denemelerden elde edilen tüm verilere, deneme desenine uygun varyans analizleri uygulanmıştır. Analiz sonucu, faktör seviyelerine ait ortalamalar çoklu karşılaştırma testlerine tabi tutulmuştur.



ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Toprak kanalı koşullarında yürütülen araştırmada elde edilen sonuçlar; toprak fiziksel özellikleri, gömücü ayaklara etki eden kuvvetler, çizi dışı ve çizi içi toprak penetrasyon direnci, gömücü ayakların çizi profiline ve anıza etkisi başlıkları altında toplanmıştır. Elde edilen bulgulara uygulanan varyans analizi sonuçları ikili ve çoklu interaksiyonlar ile birlikte çizelgeler ve grafikler halinde verilmiştir.

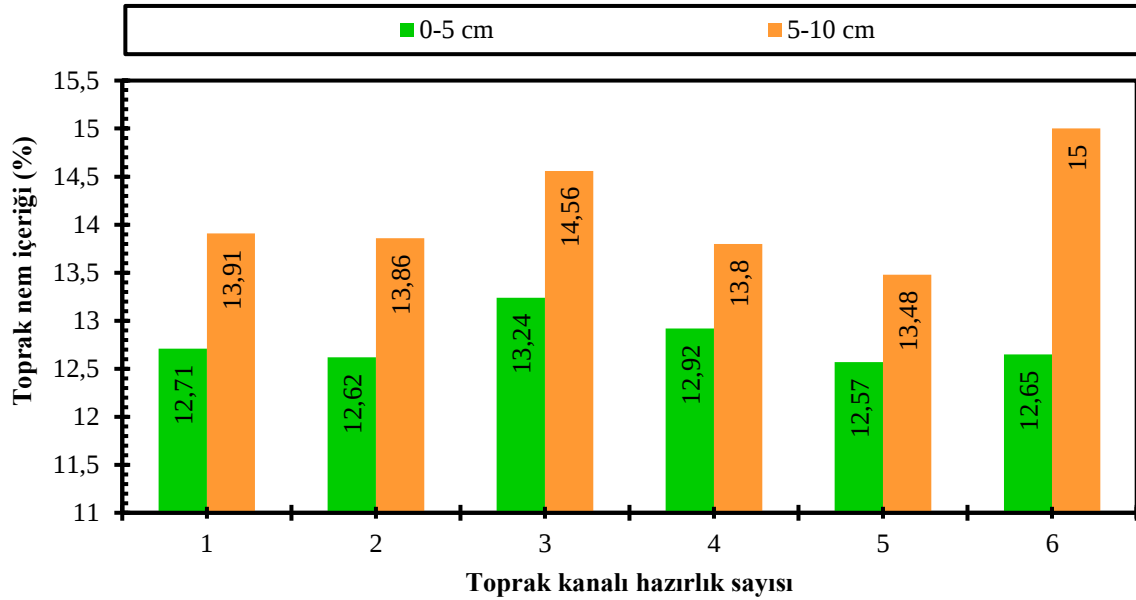
Kanal Toprağının Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Toprak nem içeriği tarlada çalışan alet ve makinaların performansını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir (Aikins *et al.* 2018). Tohum toprak ilişkisi ile birlikte, bitkinin çimlenme ve gelişme aşamalarında önemli yere sahiptir (Gill and Glen 1968). Nemli topraklarda ayakların geçişinden sonra toprakta iz ve çizi duvarı oluşur ki bu durum bitki kökü gelişmesinde engel oluşturmaktadır (Iqbal *et al.* 1998). Nemli topraklar gömücü ayaklara yapışarak çeki gücünü artırırken, ekim makinası çeki gücü topraktaki nem ve fiziksel özelliklerin etkisi altında değişmektedir (Vomocil and Chancellor 1967; Baker *et al.* 2007).

Çalışmada toplam 180 muamele kombinasyonu için çalışma derinliğinde aynı toprak nem içeriği ve penetrasyon direnci değerlerini sağlayacak şekilde toprak kanalı 6 kez hazırlanmıştır. Toprak nem içeriği için deneme alanından rastgele seçilen parsellerden 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinden elde edilen sonuçlar Şekil 40'ta verilmiştir. Kanal toprağının nem içeriği düzeyinin belirlenmesinde, Erzurum koşullarında kışlık buğday ekim dönemindeki tarla koşulları yaklaşık nem içeriği düzeyi esas alınmıştır (Malaslı 2018).

Çalışmada 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerden alınan örneklerin ortalama nem içeriği değerleri sırasıyla %12,78 ve %14,1 olarak elde edilmiştir. Denemeler için altı kez hazırlanan toprak kanalı toprağının 0-5 cm derinlikte ölçülen en düşük nem içeriği değeri % 12,57 iken, en yüksek değer ise %13,24 olmuştur. Bu değerler 5-10 cm derinlik için en düşük %13,48 ve en yüksek % 15 olarak ölçülmüştür. Toprak kanalı koşullarında yürütülen benzer çalışmalarda toprak nem içeriği %13,6-16,3 (Kushwaha *et al.* 1986b), %15,6-19,5 (Kushwaha *et al.* 1986a), %17,5 (Jaferi *et al.* 2008) ve %16,3-17,26 (Malaslı 2018), %10,2 (Sahu and Raheman 2005; 2006; Shinde *et al.* 2011), arasında değişmiştir. Tarla koşullarında, diskli ve çapa tip ayaklara sahip doğrudan ekim makinası ile yürütülen bir çalışmada (Munir *et al.* 2012) toprak nem içeriği ekim zamanında 0-5 cm derinlikte %10- 11,8 arasında 5-10 cm derinlikte ise

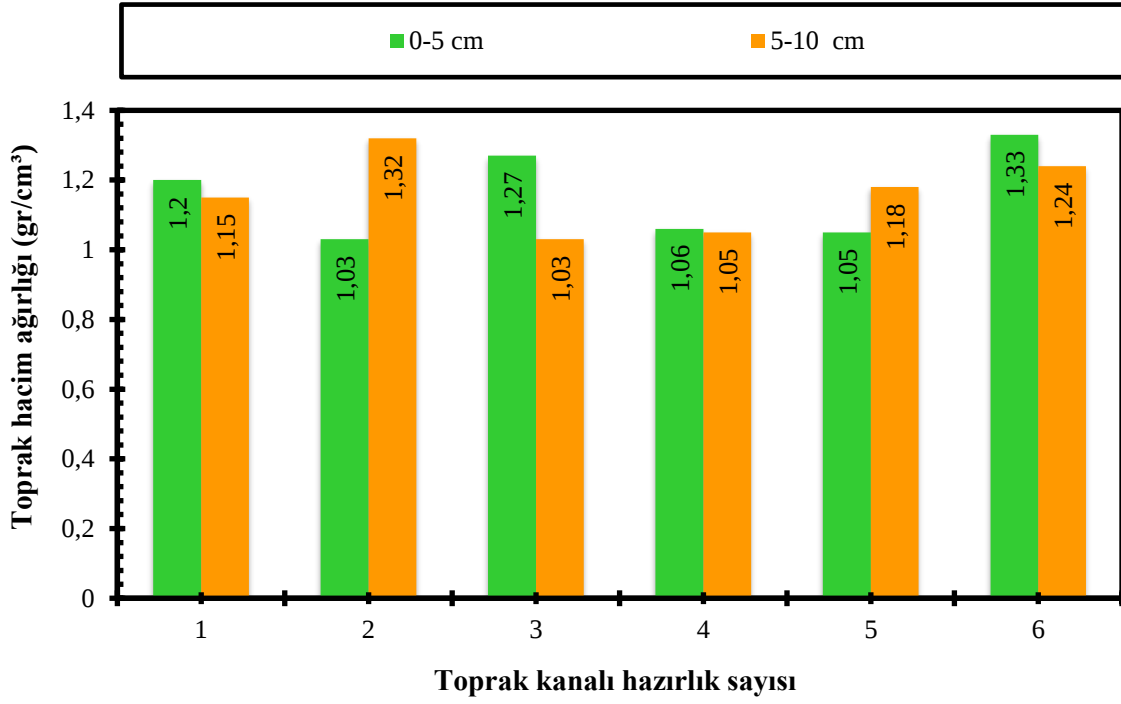
%11,1- 12,8 arasında değişmiştir. Sahu and Raheman (2005 ve 2006) tarafından hem toprak kanalı ve hem de tarla koşullarında pulluk, diskli tırmık ve çizel tipi ayaklar üzerinde yürütülen iki çalışmada, toprak nem içeriği 0-15 cm derinlikte %11,6-12,6 arasında ölçülmüştür.



Şekil 40. Kanal toprağının denemeler için hazırlanma sayısına göre toprak nem içeriğinin 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki değişimi

Toprak hacim ağırlığının bitki gelişmesinde önemli rolü vardır. Bu yüzden 1,3 gr/cm³ hacim ağırlığı olan topraklar bitki kökünün gelişmesi için uygun iken, hacim ağırlığı 2 gr/cm³ 'e ulaştığında bitki kök gelişmesinin durmasına neden olmaktadır (Singh 1992). Toprak sıkıştıkça hacim ağırlığı artmaktadır (Sutherland *et al.* 2001; Gomez *et al.* 2002; Altıkat 2011). Aşırı toprak sıkışmasının bitkinin çimlenmesi, gelişmesi ve verimi üzerinde olumsuz etkileri vardır (Al-Dousari *et al.* 2000; Brais 2001). Munir *et al.* (2012), tarla koşullarında yürüttükleri doğrudan buğday ekim denemesinde ortalama toprak hacim ağırlığını 0-5 cm ve 5-10 cm derinlikleri için sırasıyla, 1,35 gr/cm³ ve 1,45 gr/cm³ arasında elde etmişlerdir. Sahu and Raheman (2005; 2006) toprak kanalı koşullarında yürüttükleri iki farklı çalışmada toprak hacim ağırlığını sırasıyla 1,17-1,68 gr/cm³ ve 1,27-1,83 gr/cm³ arasında ölçülmüşlerdir. Tarla koşullarında yapılan bir çalışmada münavebe koşullarına uygun olarak ekilen bitkiler için uygun toprak hacim ağırlığının 0,8-1,6 aralığında olduğunu belirtmişlerdir (Logsdon and Karlen 2004). Malaslı (2018) tarafından toprak kanalı koşullarında yürütülen araştırmada toprak hacim ağırlığı 0-5 cm çalışma derinliğinde 1,67 gr/cm³ ve 5-10 cm çalışma derinliğinde ise 1,49 gr/cm³ olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre 0-5 cm çalışma derinliğinde yapılan ölçümlerde hacim ağırlığı değerleri 1,03-1,33 gr/cm³ arasında

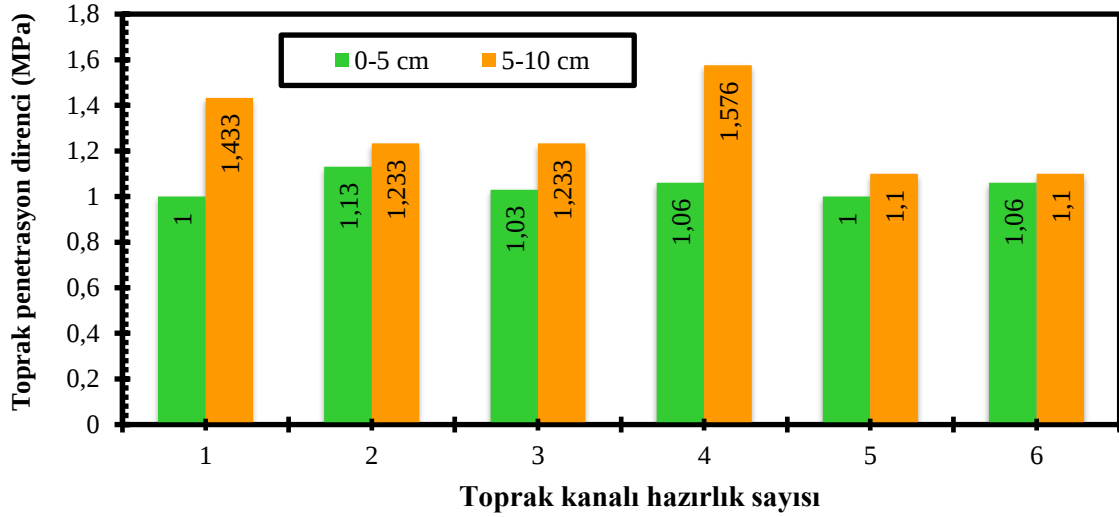
değişen hacim ağırlığının ortalama değeri 1,15 gr/cm³ olmuştur. 5-10 cm ölçüm derinliğinde ise hacim ağırlığı 1,03–1,32 gr/cm³ arasında değişirken, ortalama hacim ağırlığı 1,16 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, toprak nem içeriği ile birlikte aynı parsellerden elde edilen hacim ağırlığı değerleri Şekil 41’de verilmiştir.



Şekil 41. Kanal toprağının denemeler için hazırlanma sayısına göre toprak hacim ağırlığının 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki değişimi

Denemede toprak kanalı penetrasyon direncinin tarla koşullarında kışlık buğday ekim zamanındaki direnç değerlerine yakın seviyede olmasına dikkat edilmiştir. Toprak penetrasyon direncini belirlemek için deneme parsellerinde 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerinde yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama veriler Şekil 42’ de verilmiştir. Toprak penetrasyon direnci de toprak nem içeriği ve hacim ağırlığı gibi bitki gelişmesi üzerinde doğrudan etkilidir. Sahu and Raheman (2005; 2006) toprak kanalı koşullarında farklı tarım aletlerini karşılaştırma amacı ile yürüttükleri iki denemede, toprak penetrasyon direncini 445-1450 kPa olarak ölçmüşlerdir. Malaslı (2018) tarafından toprak kanalı koşullarında diskli tip gömücü ayaklar üzerinde yapılan çalışmada toprak penetrasyon direnci 0-5 cm çalışma derinliğinde 1,35-1,37 MPa olurken, bu değer 5-10 cm derinlikte 1,45-1,48 MPa olarak tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda, toprak penetrasyon direncinin 2 MPa’ dan büyük olması durumunda toprakta aşırı sıkışma sonucu bitki kök gelişi gerilerken (Gupta *et al.* 1990), 3 MPa’ a ulaşması durumunda bitki kök gelişimini tamamen durmaktadır (Busscher and Sojka 1987; Hakansson and Lipiec 2000; Altıkat 2011).

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 0-5 cm çalışma derinliğinde yapılan ölçümlerde 1-1,13 MPa arasında değişen penetrasyon direncinin ortalama değeri 1,04 MPa olmuştur. 5-10 cm ölçüm derinliğinde ise toprak penetrasyon direncinin değeri 1,1-1,57 MPa arasında değişirken, ortalama değer 1,27 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 42. Kanal toprağının denemeler için hazırlanma sayısına göre toprak penetrasyon direncinin 0-5 cm ve 5-10 cm derinliklerdeki değişimi

Gömücü ayaklara etki eden kuvvetler

Araştırmada, farklı geniş çapa tip gömücü ayaklara etki eden düşey (Y), yan (X) ve ilerleme yönündeki çeki (yatay) (Z) kuvvetlere ilişkin verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Düşey, Yan ve Çeki Kuvvetlere İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) Değerleri

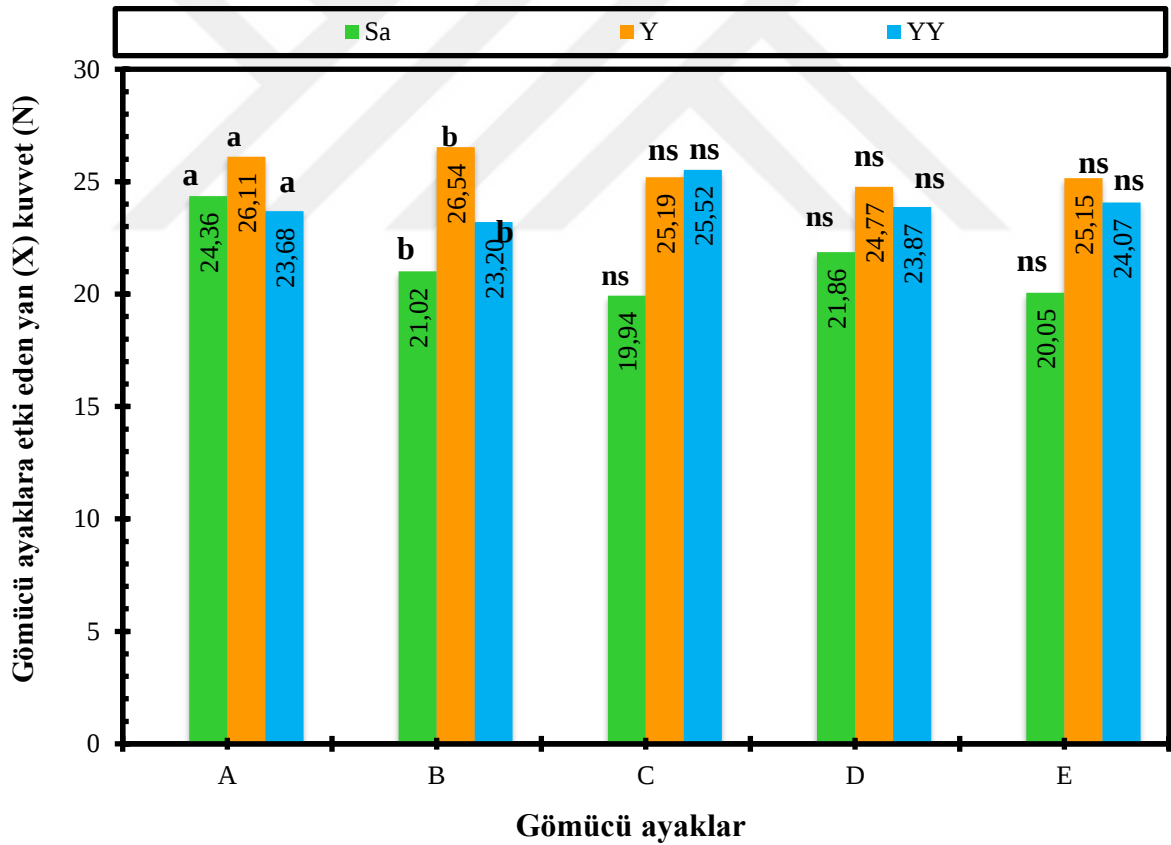
Varyasyon kaynakları	SD	Yan kuvvet (X)	Düşey kuvvet (Y)	Çeki kuvveti (Z)
Gömücü ayak tipi (GAT)	4	0,013	0,000	0,035
Bağlantı kolu tipi (BKT)	2	0,000	0,000	0,000
İş derinliği (İD)	1	0,027	0,036	0,049
Anız yoğunluğu (AY)	1	0,504	0,378	0,000
GAT*BKT	8	0,000	0,000	0,069
GAT*İD	4	0,004	0,034	0,000
GAT*AY	4	0,098	0,000	0,000
BKT*İD	2	0,341	0,023	0,181
BKT*AY	2	0,212	0,000	0,000
İD*AY	1	0,984	0,069	0,734
GAT*BKT*İD	8	0,237	0,000	0,009
GAT*BKT*AY	8	0,011	0,000	0,001
GAT*İD*AY	4	0,075	0,011	0,060
BKT*İD*AY	2	0,123	0,142	0,785
GAT*BKT*İD*AY	8	0,000	0,026	0,000

SD: Serbestlik derecesi

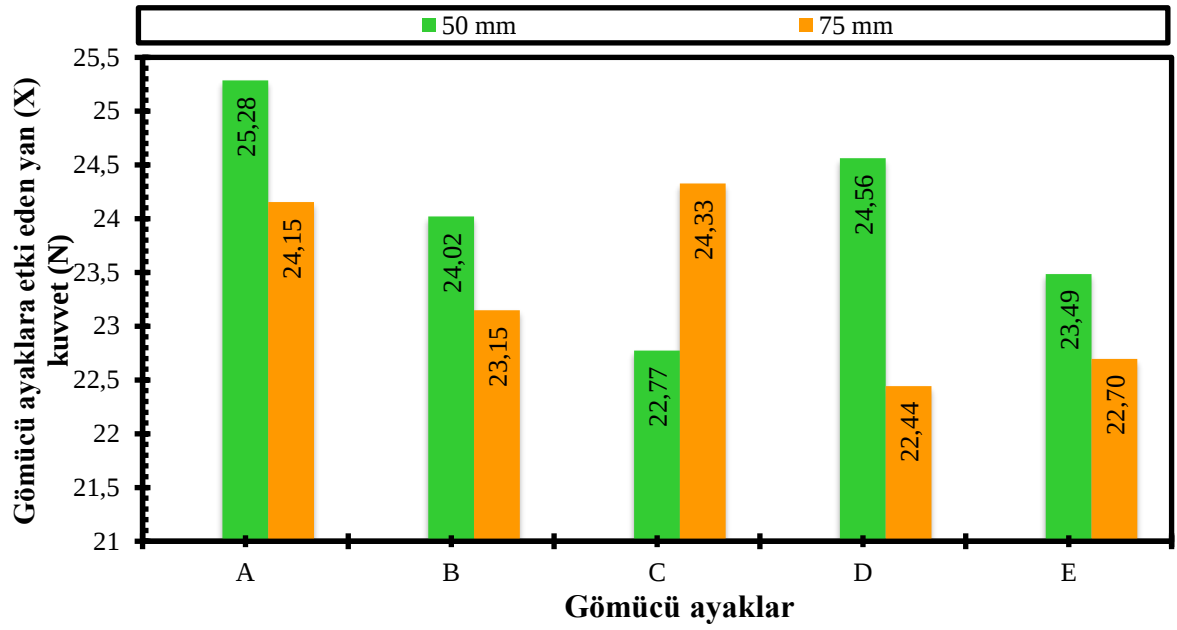
Tablo 3'te görüldüğü gibi X yönündeki yan kuvvet üzerinde ayak tipi ve çizi derinliğinin etkisi istatistiksel olarak önemliyken ($P<0,05$), bağlantı kolu tipinin etkisi çok önemli ($p<0,01$) ve anızın etkisi önemsiz çıkmıştır. İkili interaksiyonlardan ayak tipi*anız, ayak tipi *çizi derinliği ve bağlantı kolu tipi*anız istatistiksel olarak çok önemli çıkarken, diğer interaksiyonlar önemsiz çıkmıştır.

Gömücü ayak üzerine etki eden yan kuvvet üzerine üçlü interaksiyonlardan ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız ve ayak tipi*bağlantı kolu tipi*çizi derinliği ile dörütlü interaksiyon istatistiksel olarak çok önemli bulunurken ($p<0,01$), diğer üçlü interaksiyonlar önemsiz çıkmıştır.

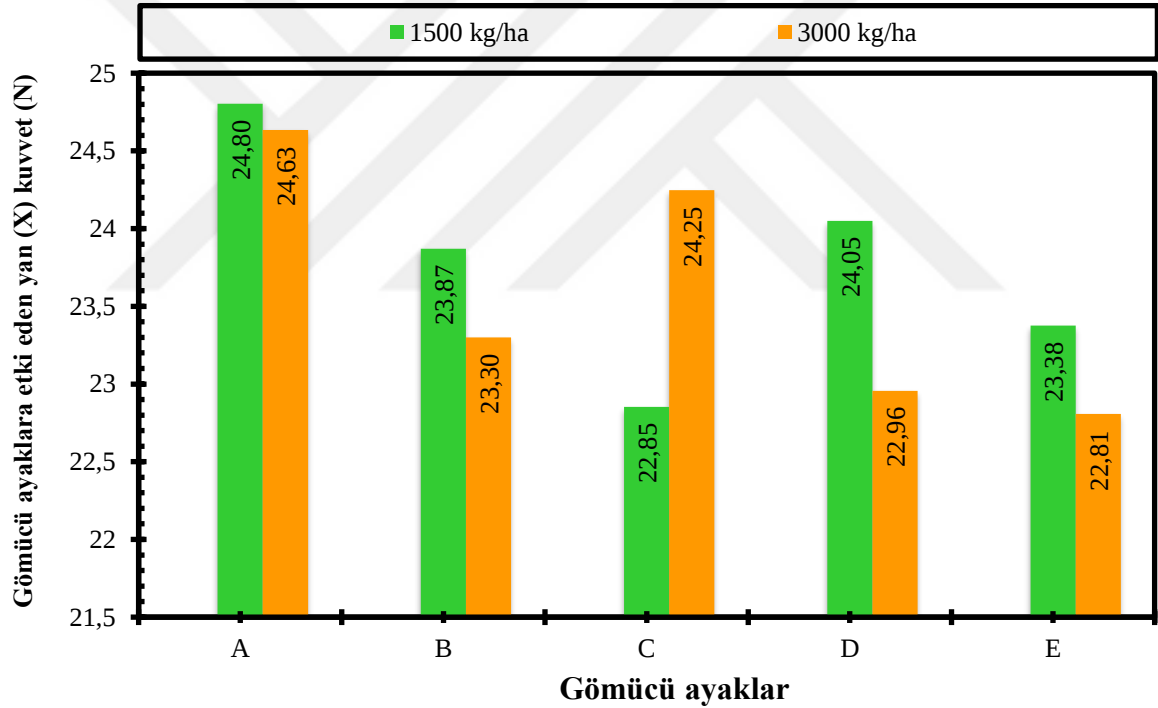
Geniş çapa tipi gömücü ayaklara etki eden ortalama yan kuvvetin bağlantı kollarına göre dağılımı Şekil 43'te, çizi derinliğine göre dağılımı Şekil 44'te ve anıza göre dağılımı Şekil 45' te verilmiştir.



Şekil 43. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak yan (X) kuvvetin dağılımı



Şekil 44. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak yan (X) kuvvetin dağılımı



Şekil 45. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak yan (X) kuvvetin dağılımı

Şekil 43'te görüldüğü gibi C tipi gömücü ayak ve sabit tip bağlantı kolu kombinasyonu diğer kombinasyonlara göre X yönünde en az kuvvete gereksinim duymuştur. X yönünde gömücü ayaklara etki eden kuvvetin çizi derinliği ve anıza göre değişimi incelendiğinde, çizi derinliğine göre C tipi ayağın 50 mm ve D tipi ayağın 75 mm derinlikte, anız yoğunluğuna göre ise C tipi ayağın 1500 kg/ha seviyesinde ve E tipi ayağın 3000 kg/ha seviyesinde en az kuvvete maruz kalan ayaklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 44 ve Şekil 45).

X yönünde gömücü ayaklara etki eden ortalama değerlere uygulanan çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 4’te verilmiştir.

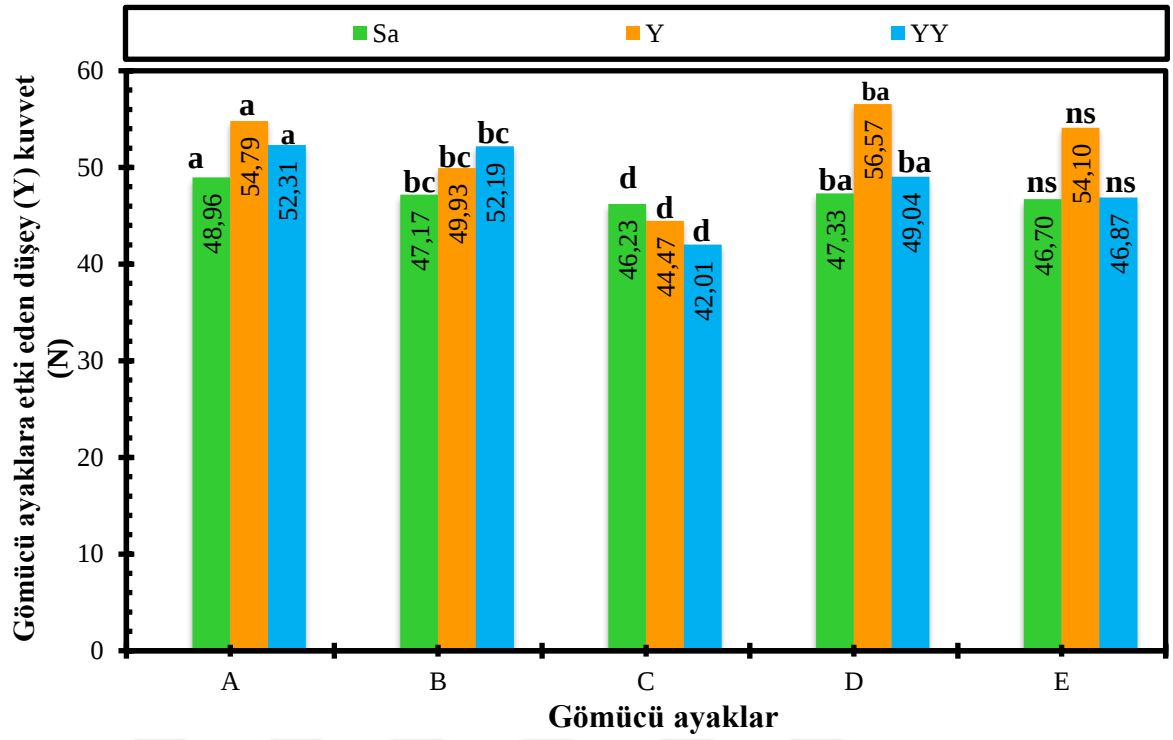
Tablo 4. X Yönünde Gömücü Ayaklara Etki Eden Ortalama Kuvvete İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları		Ortalama X kuvvetleri (N)
Gömücü ayak tipi	E	23,091ns
	D	23,503ns
	C	23,550ns
	B	23,585b
	A	24,179a
Bağlantı kolu tipi	SA	21,446c
	YY	24,069b
	YA	25,553a
İş derinliği (mm)	50	24,025
	75	23,354
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	24,211
	3000	24,009

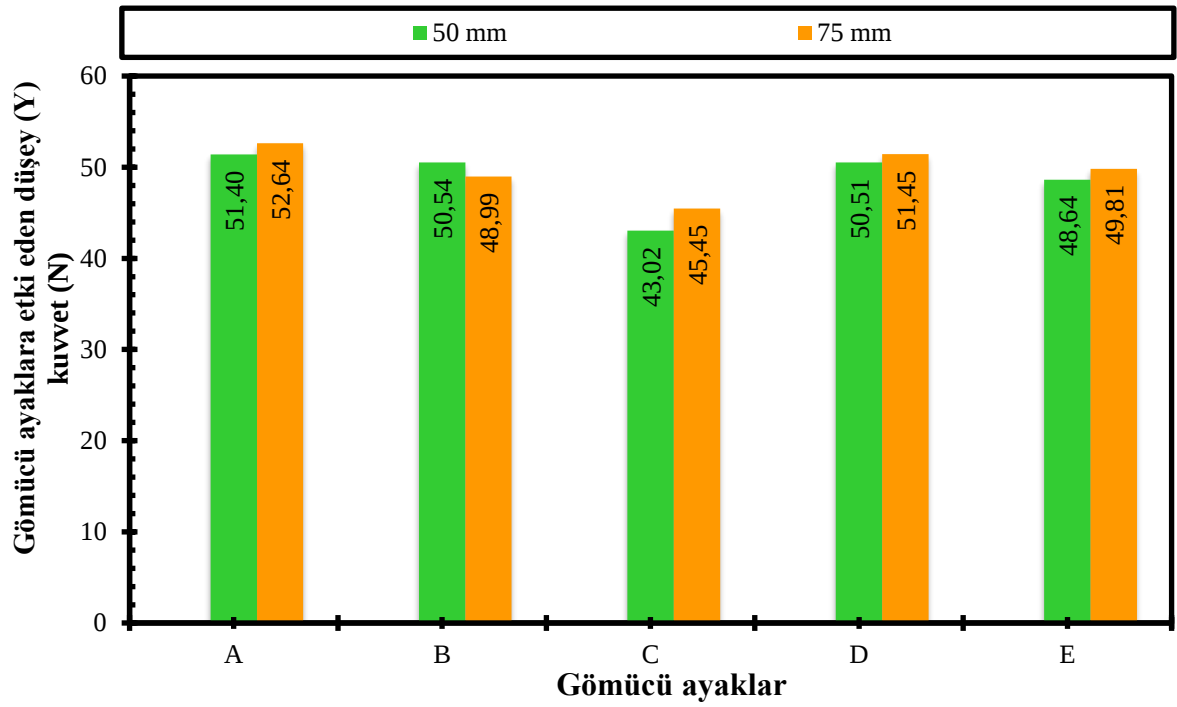
P= 0,05

Gömücü ayaklara düşey yönde etki eden (Y) eksenindeki kuvvete ilişkin varyans analizi sonucu Tablo 3’ te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, geniş çapa tip gömücü ayaklara Y eksenini doğrultusunda etki eden düşey kuvvet üzerinde ayak tipi ve bağlantı kolu tipinin etkisi çok önemli ($p<0,01$) iken, derinliğin etkisi önemli ($p<0,05$) ve anız önemsiz çıkmıştır. İkili interaksiyonlardan ayak tipi*bağlantı kolu tipi, ayak tipi*anız ve bağlantı kolu tipi*anız çok önemli iken ($p<0,01$), ayak tipi*çizi derinliği ve bağlantı kolu tipi*çizi derinliği önemli ($p<0,05$) ve çizi derinliği*anız önemsiz bulunmuştur. Üçlü interaksiyonlardan ayak tipi*bağlantı kolu tipi*çizi derinliği ile ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız çok önemli ($p<0,01$), ayak tipi*çizi derinliği*anız önemli ($p<0,05$) ve bağlantı kolu tipi*çizi derinliği*anız önemsiz bulunmuştur. Ayak tipi*bağlantı kolu tipi*çizi derinliği*anızdan oluşan dördümlü interaksiyon istatistiksel olarak önemli ($p<0,01$) çıkmıştır (Tablo 3).

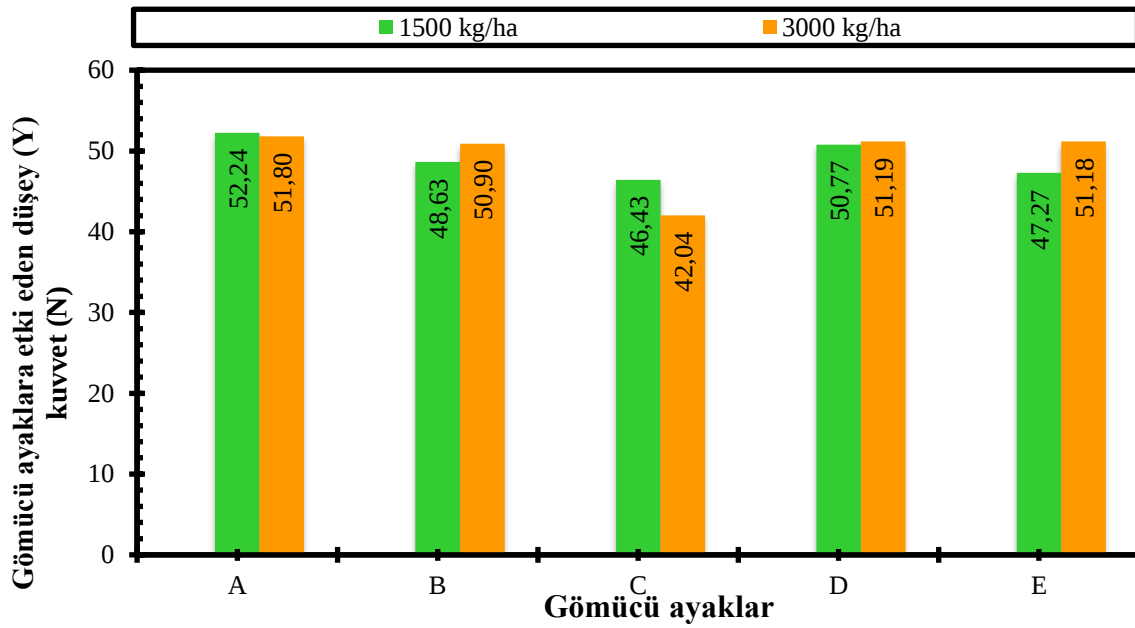
Geniş çapa tipi gömücü ayaklara etki eden ortalama düşey kuvvetin (Y) bağlantı kollarına göre dağılımı Şekil 46’da, çizi derinliğine göre dağılımı Şekil 47’de ve anıza göre dağılımı Şekil 48’de verilmiştir.



Şekil 46. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak düşey (Y) kuvvetin dağılımı



Şekil 47. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak düşey (Y) kuvvetin dağılımı



Şekil 48. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak düşey (Y) kuvvetin dağılımı

Genel olarak, C tipi gömücü ayak ile bağlantı kolları kombinasyonunda diğer kombinasyonlara kıyasla düşey yönde (Y eksen) daha az kuvvet gereksinimi ortaya çıkmıştır (Şekil 46). Bağlantı kolları yönünden C tipi gömücü ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda en düşük ve sabit ayak kullanımında en yüksek düşey kuvvet ortaya çıkmıştır. Çizi derinliğine göre ayaklar karşılaştırıldığında, C tipi ayağın 75 mm ve 50 mm çizi derinliklerinde diğer ayaklara göre daha az kuvvet tüketimi (Şekil 47) olduğu, anıza göre karşılaştırmada ise benzer şekilde C tipi ayağın daha kuvvete maruz kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 48). Düşey (Y) yönde gömücü ayaklara etki eden ortalama kuvvet değerlerine uygulanan çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 5’ te verilmiştir.

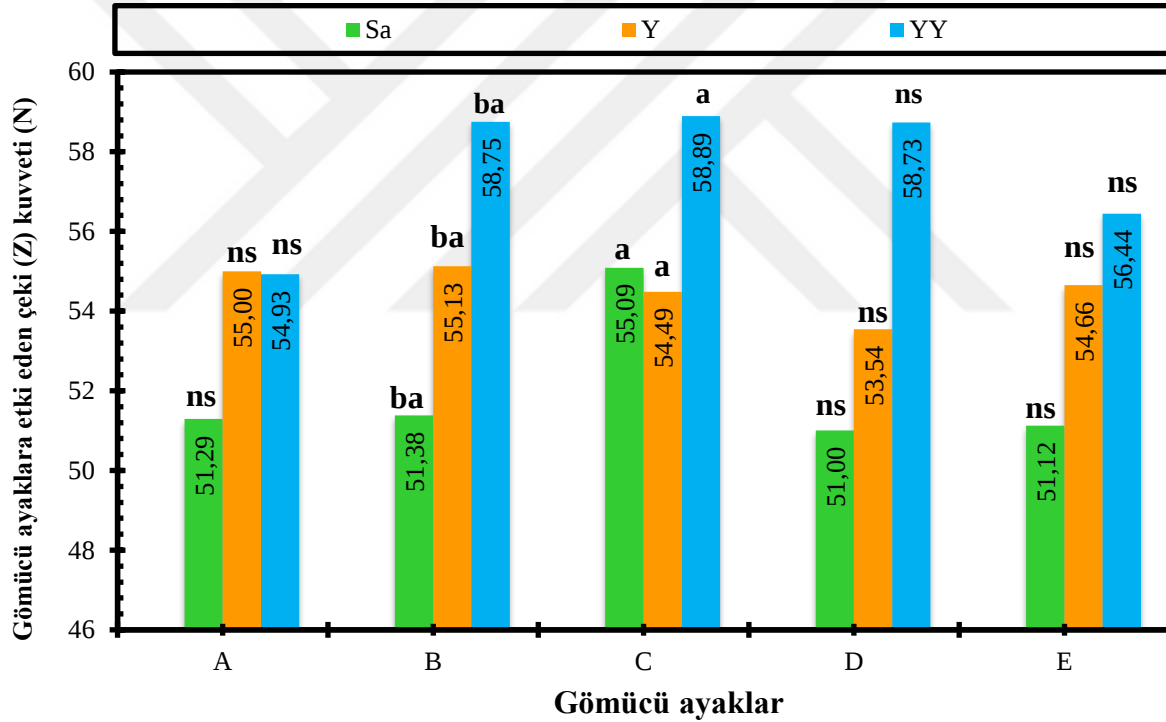
Tablo 5. Düşey (Y) Yönde Gömücü Ayaklara Etki Eden Ortalama Kuvvete İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	Ortalama Y kuvvetleri (N)	
Gömücü ayak tipi	C	44,237d
	E	49,226ns
	B	49,762bc
	D	50,979ba
	A	52,018a
Bağlantı kolu tipi	SA	42,278c
	YY	48,483b
	YA	51,972a
İş derinliği (mm)	50	48,823
	75	49,666
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	49,069
	3000	49,420

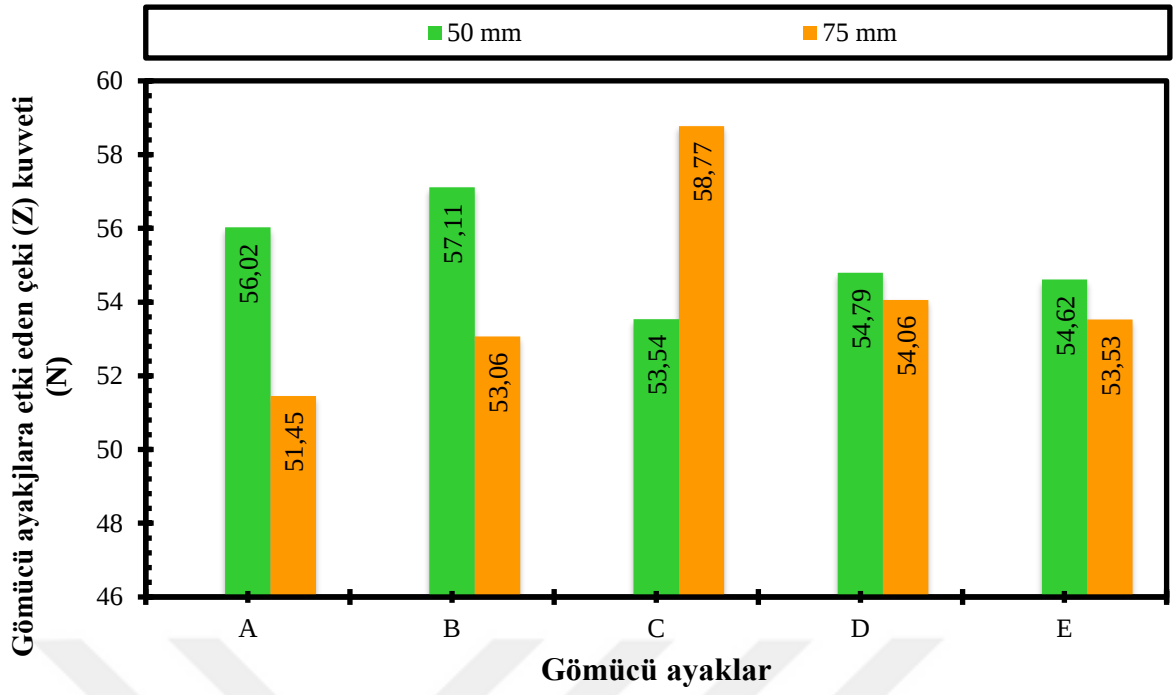
P= 0,05

Gömücü ayaklara ilerleme yönünde etki eden ve çeki kuvveti olarak değerlendirilen (Z) eksenindeki kuvvete ilişkin varyans analizi sonucu Tablo 3’ te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, varyans analizi sonucunda çeki kuvveti üzerinde bağlantı kolu tipi istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) iken, gömücü ayak tipi ve çizi derinliği önemli ($p<0,05$) ve anız önemsiz çıkmıştır. Çeki kuvvetine ilişkin ikili interaksiyonlarda gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi, gömücü ayak tipi*çizi derinliği çok önemli ($p<0,01$) çıkarken, diğer ikili interaksiyonlar önemsiz bulunmuştur. Üçlü interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız önemli ($p<0,05$), diğer üçlü interaksiyonlar önemsiz ve dördü interaksiyon çok önemli ($p<0,01$) çıkmıştır (Tablo 3).

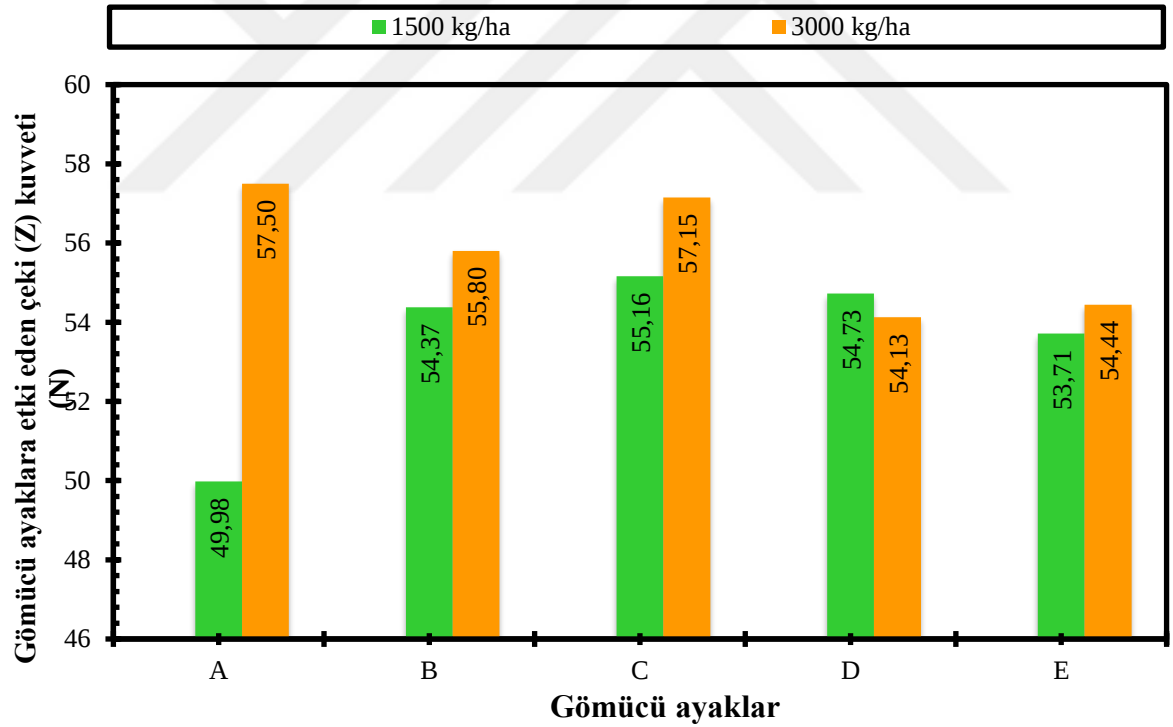
Geniş çapa tipi gömücü ayaklara Z ekseninde etki eden çeki kuvvetinin bağlantı kollarına göre dağılımı Şekil 49’ da, çizi derinliğine göre dağılımı Şekil 50’ de ve anıza göre dağılımı Şekil 51’ de verilmiştir.



Şekil 49. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çeki (Z) kuvvetinin dağılımı



Şekil 50. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çeki (Z) kuvvetinin dağılımı



Şekil 51. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çeki (Z) kuvvetinin dağılımı

Bağlantı kollarına bağlı olarak gömücü ayaklara etki eden kuvvetler incelendiğinde, genel olarak A, B, D ve E tipi ayaklarda, sabit bağlantı kolunun en düşük, B, C, D ve E tipi ayaklarda yaylı bağlantı kolunun en yüksek çeki kuvveti gereksinimi ortaya çıkardığı anlaşılmaktadır (Şekil 49). Çizi derinliğine göre gömücü ayaklar karşılaştırıldığında, C tipi ayak 50 mm derinlikte en düşük çeki kuvvetine yol açarken, diğer ayaklarda 50 mm çizi

derinliğinde 75 mm derinliğe göre daha yüksek çeki kuvveti gereksinimi ortaya çıkmıştır (Şekil 50). Anız yoğunluğuna göre ise A, B, C ve E tipi gömücü ayaklar 1500 kg/ha anız yoğunluğunda düşük, 3000 kg/ha yoğunlukta ise daha yüksek çeki kuvvetine yol açmıştır. D tipi ayakta tam tersi bir durum söz konusu olmuştur (Şekil 51). Çeki (Z) yönünde gömücü ayaklara etki eden ortalama çeki kuvveti değerlerine uygulanan çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 6’ da verilmiştir.

Tablo 6. Çeki (Z) Yönünde Gömücü Ayaklara Etki Eden Ortalama Kuvvete İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	Ortalama Z kuvvetleri (N)	
Gömücü ayak tipi	A	53,74ns
	E	54,07ns
	D	54,43ns
	B	55,09ba
	C	56,16a
Bağlantı kolu tipi	SA	51,98c
	YA	54,56b
	YY	57,55a
İş derinliği (mm)	50	55,22
	75	54,18
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	53,59
	3000	55,80

P= 0,05

Araştırmada en fazla yan (X) kuvvet B tipi gömücü ayakta (26,54 N) ve en düşük kuvvet ise C tipi ayakta (19,94 N) ortaya çıkmıştır. Düşey yönde (Y) en fazla kuvvet D tipi ayakta (56,57 N) ve en düşük kuvvet ise C tipi ayakta (42,01 N) tespit edilmiştir. İlerleme yönünde (Z) en fazla çeki kuvveti C tipi ayakta (58,89 N) ve en düşük kuvvet ise D tipi ayakta (51,00 N) bulunmuştur. Çapa tip bir gömücü ayağın performansı onun geometrik özelliklerine bağlıdır (Spoor and Fry 1983; Godwin *et al.* 1984).

Çalışma derinliğinin artışı hem çeki ve hem de düşey yönde etki eden kuvveti arttırmaktadır. Bu artış doğrudan traktör performansını etkilemektedir (Godwin 2007). Benzer çalışma yürüten Altuntaş *et al.* (2006), geleneksel toprak işlemede, üç farklı çapa tip gömücü ayak arasında en fazla çeki kuvveti ihtiyacının çapa tip ayakta (68 N) ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Ekim makinesi ile yapılan bir çalışmada çapa tip gömücü ayaklara sahip makinelerde ayak başına düşen çeki kuvveti yazlık fiğ için 0,129 – 0,145 kN, kışlık buğday için ise 0,139 – 0,143 kN olarak belirlenmiştir (Altıkat 2011). Tricai *et al.* (2016) mısır

üzerinde yaptıkları çalışmada iki farklı çapa tip gömücü ayakta makinanın toplam çeki kuvveti ihtiyacını 16,7 - 17,93 kN arasında tespit etmişlerdir.

Çizi özelliklerine ilişkin sonuçlar

Farklı çapa tip gömücü ayaklar tarafından açılan çizilerin genişlikleri ile derinlikleri ölçülmüş ve elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 7’ de verilmiştir.

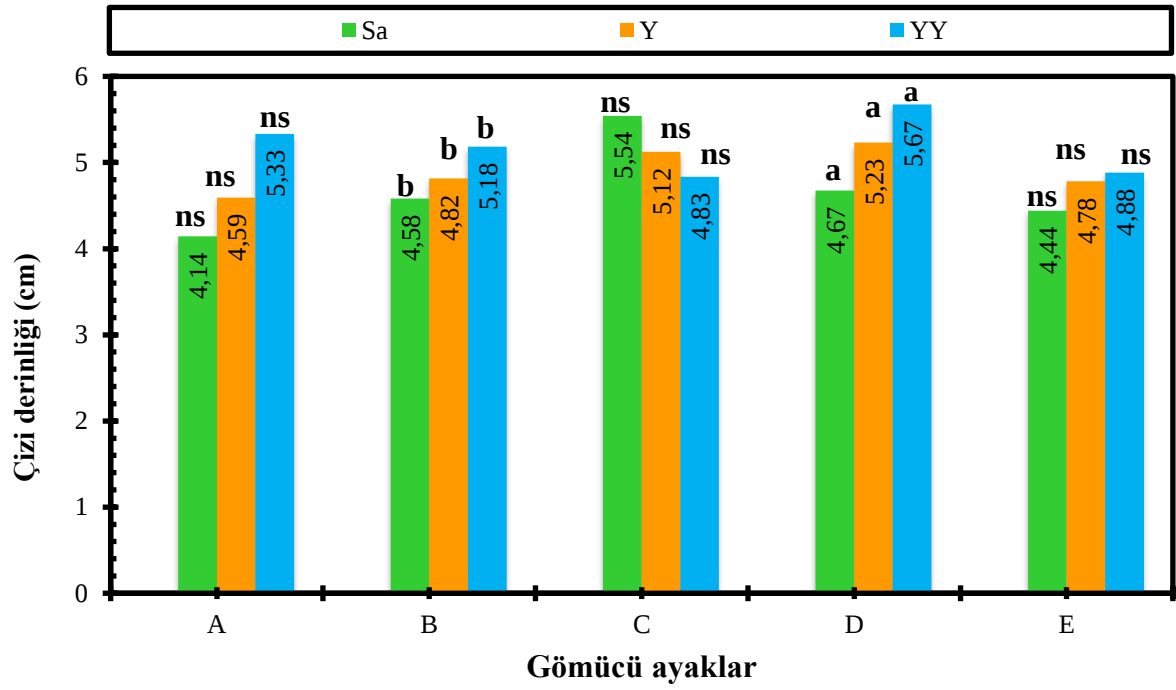
Tablo 7. Çizi Derinliği ve Genişliğine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) değerleri

Varyasyon kaynakları	SD	Çizi derinliği (cm)	Çizi genişliği (cm)
Gömücü ayak tipi (GAT)	4	0,001	0,000
Bağlantı kolu tipi (BKT)	2	0,000	0,000
İş derinliği (İD)	1	0,000	0,013
Anız yoğunluğu (AY)	1	0,991	0,148
GAT*BKT	8	0,000	0,000
GAT*İD	4	0,082	0,007
GAT*AY	4	0,355	0,246
BKT*İD	2	0,081	0,000
BKT*AY	2	0,050	0,473
İD*AY	1	0,179	0,509
GAT*BKT*İD	8	0,474	0,060
GAT*BKT*AY	8	0,077	0,034
GAT*İD*AY	4	0,736	0,046
BKT*İD*AY	2	0,300	0,346
GAT*BKT*İD*AY	8	0,002	0,126

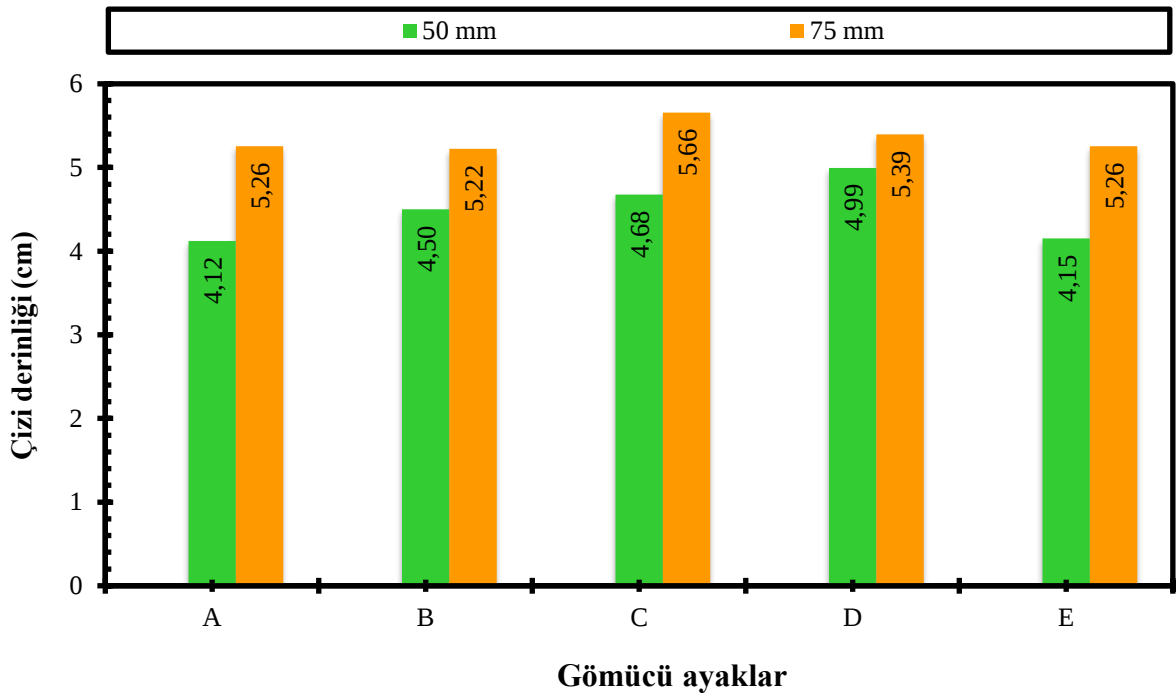
SD: Serbestlik derecesi

Tablo 7’ de görüldüğü gibi gömücü ayak tipi ve bağlantı kolu tipinin çizi derinliğine etkisi çok önemli ($P<0,01$), iş derinliğinin etkisi önemli ($p<0,05$) ve anızın etkisi önemsiz bulunmuştur. İkili interaksiyonlarda ise ayak tipi*bağlantı tipi çok önemli ($p<0,01$) ve bağlantı tipi*anız önemli ($p<0,05$) iken, diğer ikili ve üçlü interaksiyonlar önemsiz çıkmıştır. Dörtlü interaksiyonun çizi derinliğine etkisi çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

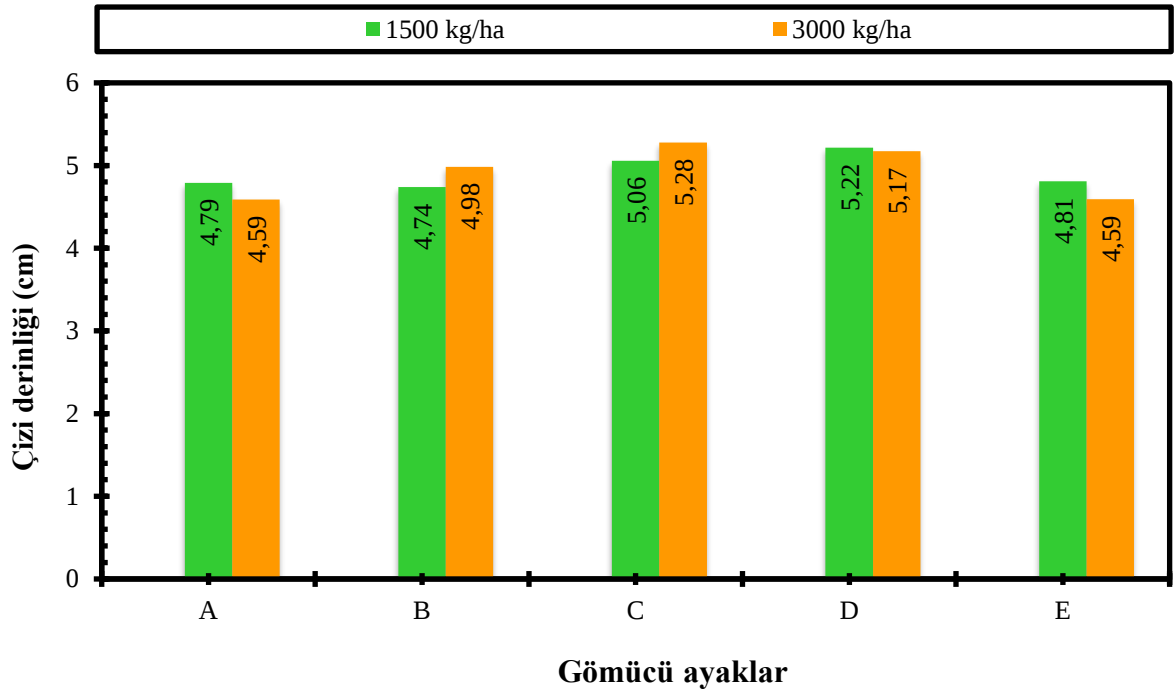
Gömücü ayaklar tarafından açılan çizilerin derinliklerinin bağlantı kollarına göre dağılımı Şekil 52’de, iş derinliğine göre dağılımı Şekil 53’te ve anıza göre dağılımı Şekil 54’te verilmiştir.



Şekil 52. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi derinliğinin dağılımı



Şekil 53. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi derinliğinin dağılımı



Şekil 54. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi derinliğinin dağılımı

Şekil 52’de görüldüğü gibi D tipi gömücü ayak ile yarı yaylı bağlantı kolu diğer kombinasyonlara göre çalışmanın iş derinliği hedeflerine (50 mm ve 75 mm) en yakın ortalama çizi derinliğine ulaşmıştır. C tipi gömücü ayak sabit bağlantı kolu ile D tipi ayaktan sonra gelmektedir. İş derinliğine göre gömücü ayaklar karşılaştırıldığında C tipi gömücü ayağın 75 mm ve D tipi ayağın 50 mm iş derinliği seviyesinde en derin çiziye ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 53). Anıza yoğunluğuna göre ise D tipi gömücü ayağın 1500 kg/ha seviyesinde ve C tipi ayağın 3000 kg/ha seviyesinde daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 54). Gömücü ayaklara göre ortalama çizi derinliğine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Derinliğine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	Ortalama çizi derinliği (cm)	
Gömücü ayak tipi	A	4,689ns
	E	4,703ns
	B	4,861b
	C	5,167ns
	D	5,194a
Bağlantı kolu tipi	SA	4,676c
	YA	4,910b
	YY	5,181a
İş derinliği (mm)	50	4,488
	75	5,358
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	4,924
	3000	4,922

P= 0,05

Trica *et al.* (2015) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, iki farklı çapa tip gömücü ayak, iki farklı batma açısı ile (17° ve 20°) doğrudan ekim şartlarında denenmiştir. Batma açısı düşük olan çapa tip gömücü ayağın güç tüketiminin diğer ayağa göre daha az olduğu tespit edilen çalışma sonucunda, batma açısının artışı ile çizi genişliğinin arttığı rapor edilmiştir. Çalışmada ayrıca, batma açısının artışı ile toprağın işlenme oranının %42 den %119' a kadar arttığı belirlenmiştir.

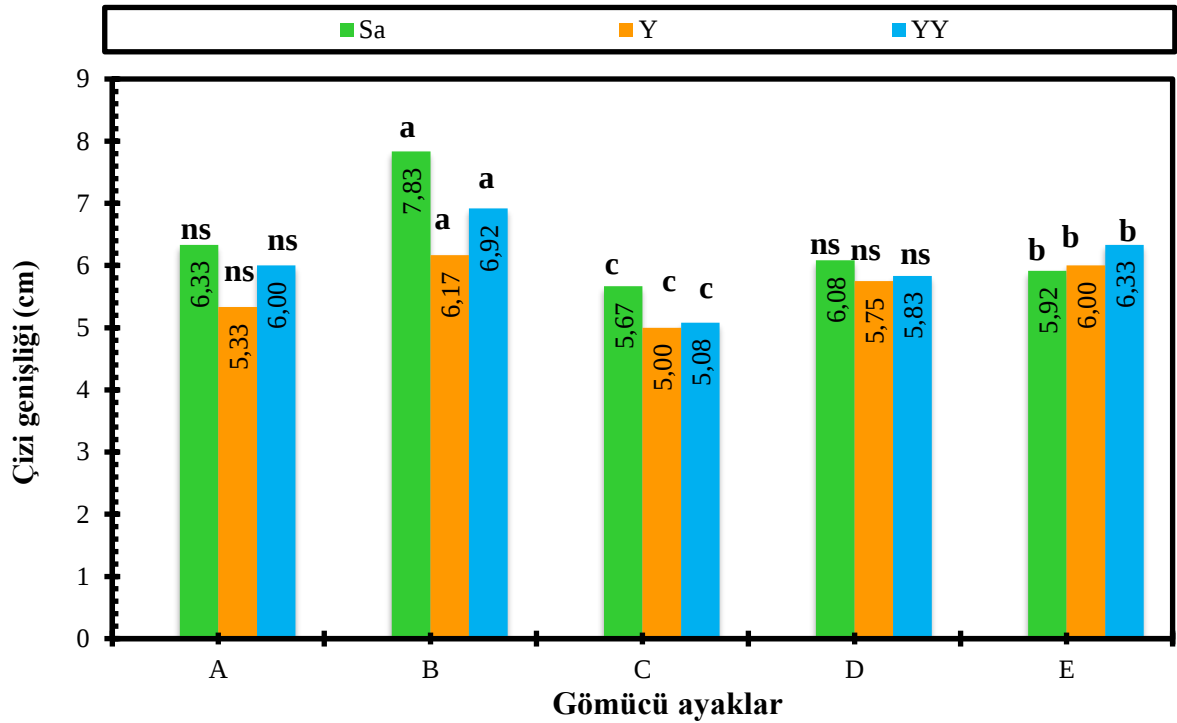
Toprak kanalında yürütülen bir diğer çalışmada üç farklı çapa tip gömücü ayak ve kapatıcı düzen üzerinde iş derinliğinin artışı ile güç ihtiyacının arttığı ve açılan çizinin toprakla kapatılma oranının iş derinliğinin artması ile arttığı belirlenmiştir (Nandede *et al.* 2014). Sanavi and Raoufat (2006) tarafından yürütülen bir araştırmada, diskli, çizel ve kanatlı çizel tip gömücü ayakların doğrudan ekim şartlarında denemesi sonucunda, çizi derinliğini etkileyen en önemli faktörün gömücü ayağın geometrik özellikleri olduğu ve anız faktörünün de önemli bulunduğu rapor edilmiştir. Çapa tip gömücü ayakların özelliklerinin toprak üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada, iş derinliğinin ve toprak yapısının toprağın işlenme oranı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur (Zhang *et al.* 2016).

Gömücü ayak tasarımının toprağın işlenme düzeyi, çizi içi toprak sıkışması ve ekimden sonra su ihtiyacına etkisinin önemli olduğunu ileri süren Tessier *et al.* (1991a) çalışmalarında toprak nem düzeyinin daha az olduğu parsellerde gömücü ayak tarafından açılan çizilerin derinliğini çalışma hedeflerine daha yakın bulmuşlardır. Soya anızı ve yabancı otlarla kaplı tarla koşullarında çift diskli ve çapa tip gömücü ayakları karşılaştıran Francetto *et al.* (2016), çizi derinliği ile gömücü ayak tipinin geometrik özellikleri arasında doğrudan ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Çapa tip ayak için en fazla 0,12 m ve çift diskli tip ayak için 0,07 m çizi derinliği elde edilen çalışmada, gömücü ayaklar önünde kullanılan anız kesici disklerin çapa tip gömücü ayakların çizi derinliği üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı, ilerleme hızındaki artışın her iki tip gömücü ayakta da çizi derinliğinde azalmaya yol açtığı rapor edilmiştir. Çalışmada çapa tip gömücü ayağın en geniş çiziye (0,26 m) sahip olurken, çift diskli tip ayağın çizi genişliği 0,24 m olarak elde edilmiştir. Anız kesici disklerin kullanılmaması durumunda çapa tip ayağın çizi genişliğinin 0,23 m' ye düştüğü tespit edilmiştir. Hasimu and Chen (2014)' e göre, daha derinde çalışan gömücü ayaklar daha geniş çizi oluşmasına yol açarlar.

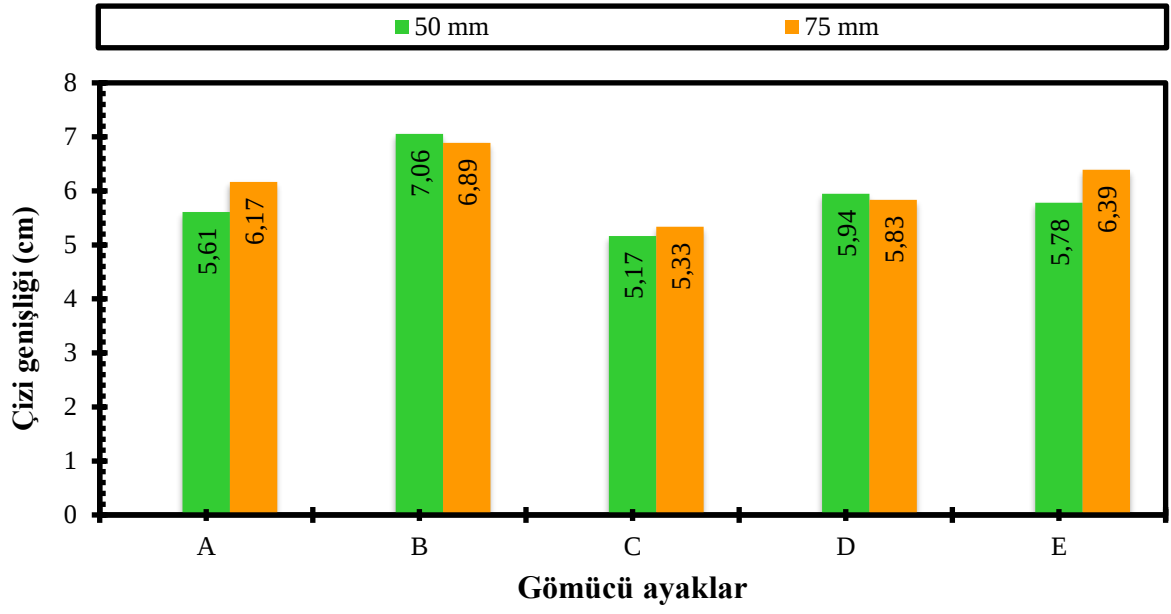
Gömücü ayak tipi, bağlantı kolu tipi, iş derinliği ve anızın çizi genişliğine olan etkisi üzerine yapılan varyans analizi sonucuna göre, çizi genişliği üzerinde gömücü ayak tipi ve bağlantı kolu tipinin etkisi çok önemli ($p<0,01$), derinliğin etkisi önemli ($p<0,05$) ve anızın etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 7). İkili interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı

kolu tipi, gömücü ayak tipi*iş derinliği ve bağlantı kolu tipi*iş derinliği çok önemli etkiye sahip iken ($p<0,01$), diğer interaksyonlar önemsiz bulunmuştur. Üçlü interaksyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız ile gömücü ayak tipi*iş derinliği*anız önemli bulunurken ($p<0,05$), diğer üçlü interaksyonlar ile dördü interaksyon önemsiz bulunmuştur (Tablo 7).

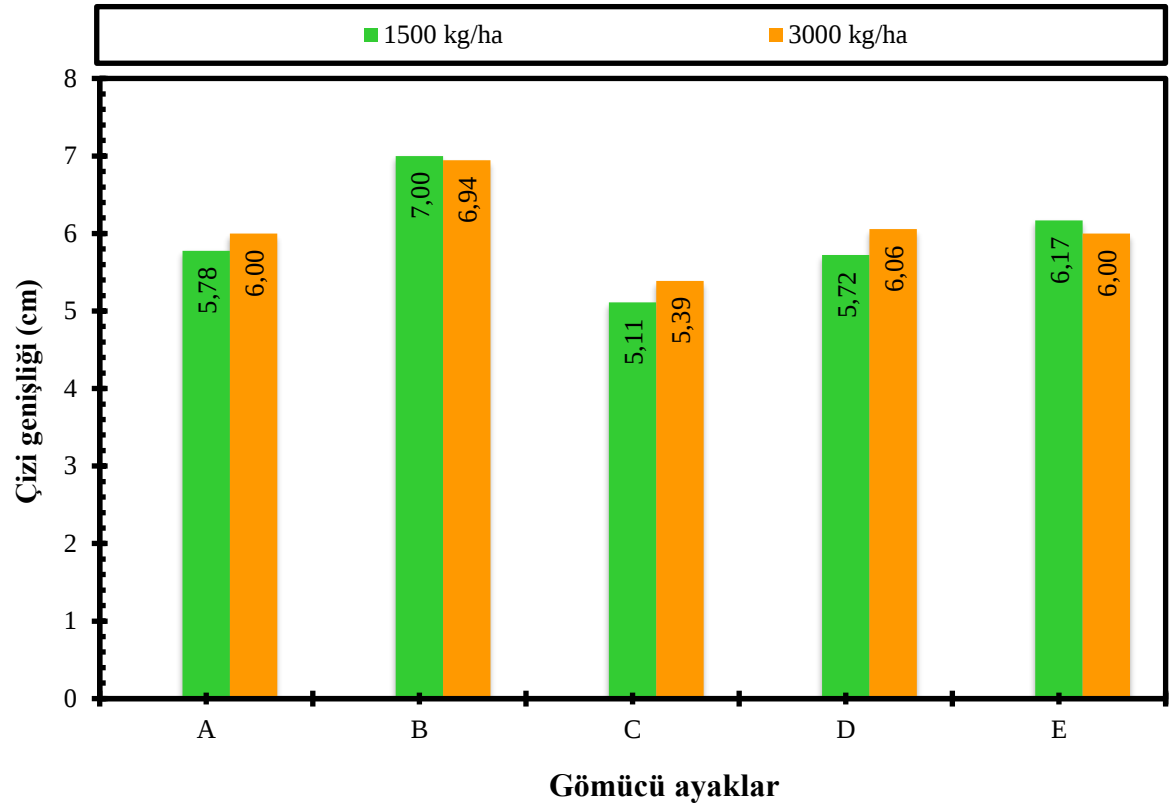
Çalışmada en dar çizi genişliği C tipi gömücü ayağın yaylı ve yarı yaylı bağlantı kollarıyla kombinasyonunda elde edilirken, en geniş çizi ise B tipi gömücü ayağın sabit tip bağlantı kolu ile kullanılmasında elde edilmiştir. A, B, C ve D tipi ayakların sabit bağlantı kolu ile kullanımında en geniş çiziler meydana gelmiştir (Şekil 55). Her iki iş derinliğine göre gömücü ayaklar karşılaştırıldığında, C tipi gömücü ayakta en dar, B tipi ayakta ise en geniş çiziler ortaya çıkmıştır. Genel olarak 75 mm iş derinliğinde 50 mm'ye göre daha geniş çiziler elde edilmiştir (Şekil 56) Anıza göre yapılan değerlendirmede iş derinliğine benzer şekilde C tipi gömücü ayakta en dar, B tipi ayakta ise en geniş çiziler ortaya çıkmıştır. A, C ve D tipi ayaklarda 3000 kg/ha anız yoğunluğu daha geniş çizilere yol açmıştır (Şekil 57). Gömücü ayaklara göre ortalama çizi genişliğine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 9'da verilmiştir.



Şekil 55. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi genişliğinin dağılımı



Şekil 56. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi genişliğinin dağılımı



Şekil 57. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi genişliğinin dağılımı

Tablo 9. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Genişliğine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	Ortalama çizi genişliği (cm)	
Gömücü ayak tipi	C	5,250c
	D	5,889ns
	A	5,889ns
	E	6,083b
	B	6,972a
Bağlantı kolu tipi	YA	5,650c
	YY	6,033b
	SA	6,366a
İş derinliği (mm)	50	5,910
	75	6,122
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	5,956
	3000	6,078

P=0,05

Geniş çapa tip gömücü ayaklar tarafından açılan çizilerin kesit alanları ile kabarma alanlarına yönelik yapılan ölçümlerde elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 10' da verilmiştir.

Tablo 10. Çizi Kesit Alanı ve Kabarma Alanına İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) Değerleri

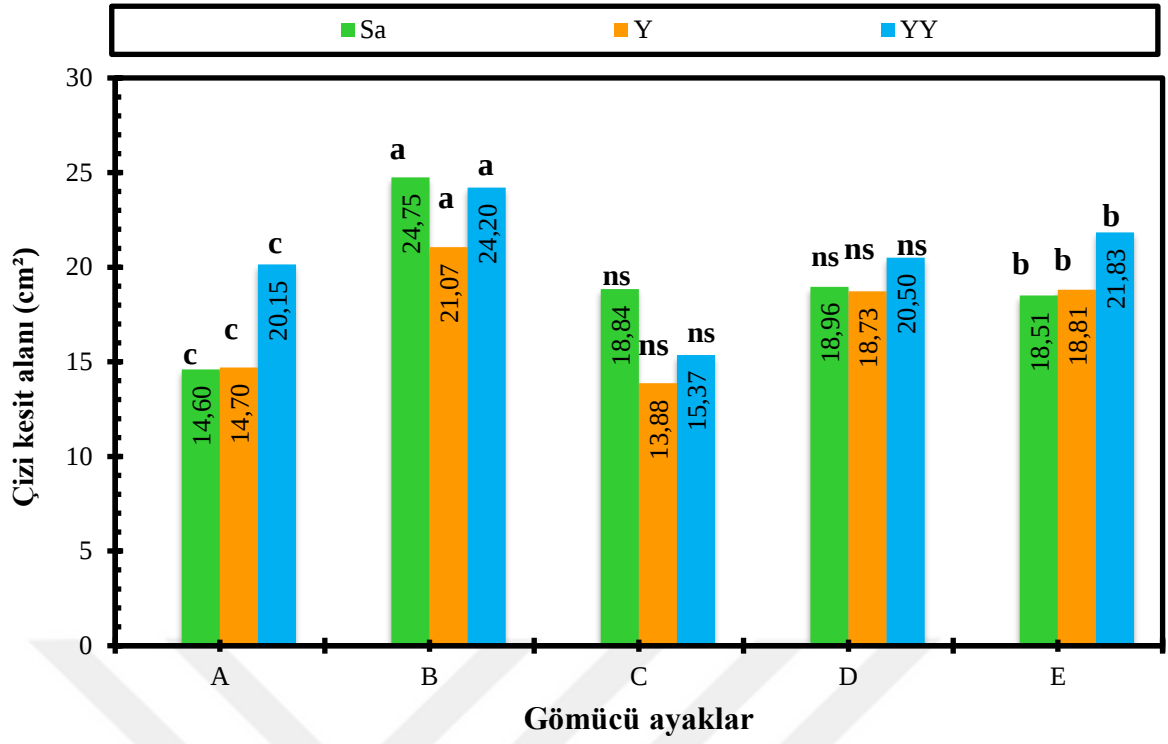
Varyasyon kaynakları	SD	Çizi kesit alanı (cm ²)	Çizi kabarma alanı (cm ²)
Gömücü ayak tipi (GAT)	4	0,000	0,000
Bağlantı kolu tipi (BKT)	2	0,000	0,001
İş derinliği (İD)	1	0,000	0,000
Anız yoğunluğu (AY)	1	0,484	0,437
GAT*BKT	8	0,001	0,001
GAT*İD	4	0,007	0,158
GAT*AY	4	0,624	0,889
BKT*İD	2	0,003	0,008
BKT*AY	2	0,021	0,242
İD*AY	1	0,141	0,166
GAT*BKT*İD	8	0,505	0,129
GAT*BKT*AY	8	0,001	0,024
GAT*İD*AY	4	0,156	0,273
BKT*İD*AY	2	0,505	0,906
GAT*BKT*İD*AY	8	0,000	0,022

SD: Serbestlik derecesi

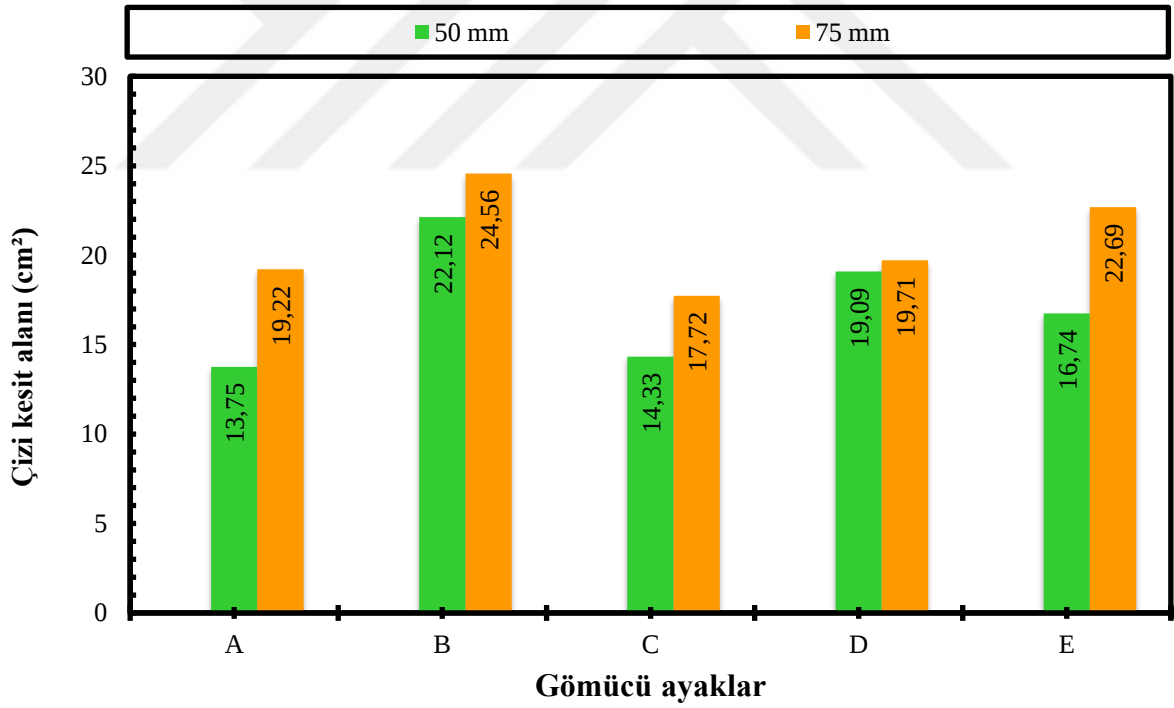
Gömücü ayak tipi, bağlantı kolu tipi, iş derinliği ve anızın çizgi kesit alanına etkisi üzerine yapılan varyans analizi sonucuna göre, gömücü ayak tipi, bağlantı kolu tipi ve iş derinliğinin çizgi kesit alanına etkisi çok önemli ($p<0,01$), anızın etkisi ise önemsiz bulunmuştur. İkili interaksiyonlardan, gömücü ayak tipi* bağlantı kolu tipi, gömücü ayak tipi*iş derinliği ve bağlantı kolu tipi*iş derinliği çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip iken, bağlantı kolu tipi*anız önemli ($p<0,05$) ve gömücü ayak tipi*anız önemsiz çıkmıştır. Üçlü interaksiyonlardan sadece gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız ile dördü interaksiyon çizgi kesit alanı üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip olmuştur.

Çizgi kesit alanının gömücü ayak ile bağlantı kollarına bağlı olarak dağılımı Şekil 58’de, gömücü ayak ile iş derinliğine bağlı olarak dağılımı Şekil 59’da ve gömücü ayak ile anız yoğunluğuna bağlı dağılımı Şekil 60’ ta verilmiştir. Yapılan değerlendirmede, C tipi gömücü ayağın yaylı bağlantı kolu ile kombinasyonunda çizgi kesit alanının diğer kombinasyonlara göre en küçük olduğu bunu takiben A tipi gömücü ayak ile sabit bağlantı kolu kombinasyonunun geldiği görülmektedir. Bütün bağlantı kolları ile kombinasyonunda C tipi gömücü ayak en küçük ve B tipi gömücü ayak en büyük kesit alanına sahip çiziler meydana getirmiştir (Şekil 58).

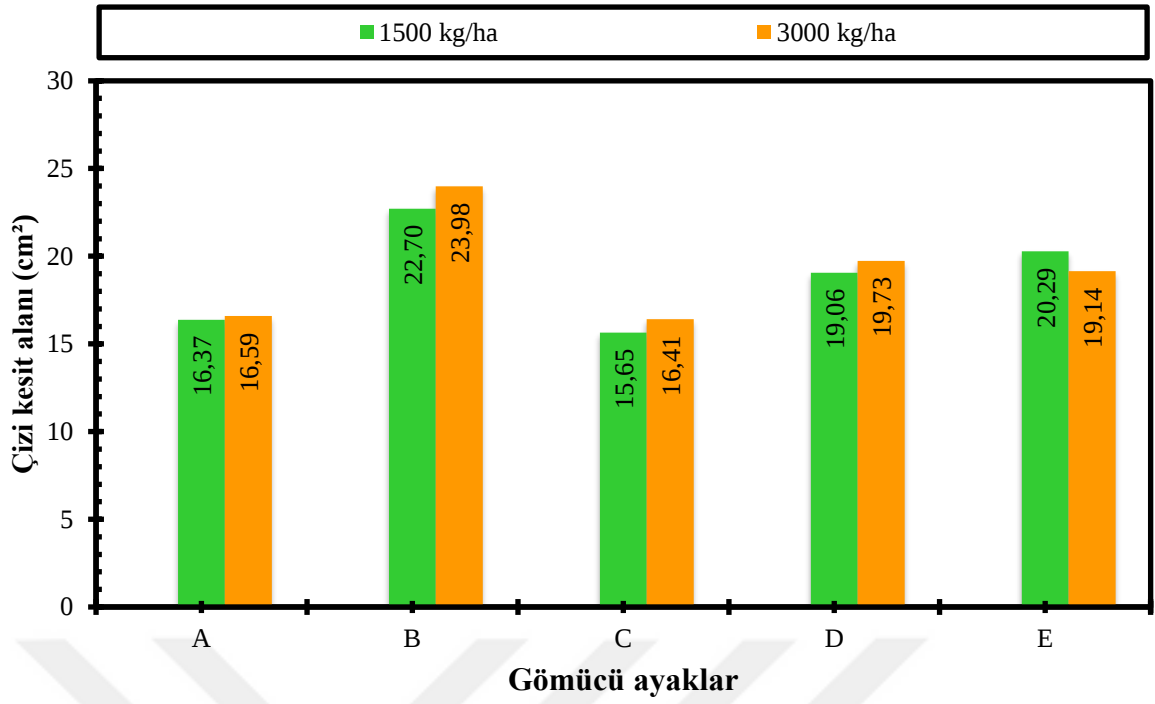
İş derinliğine göre, C tipi gömücü ayağın 75 mm ve A tipi ayağın 50 mm derinlikte en küçük kesit alanına sahip çiziyeye sahip olduğu belirlenmiştir. Bütün gömücü ayaklar 75 mm iş derinliğinde 50 mm derinliğe göre daha büyük çizgi kesit alanına yol açmıştır (Şekil 59). Anıza göre değerlendirmede, B tipi gömücü ayak en büyük ve C tipi ayak ise en küçük çizgi kesit alanı meydana getirmiştir. A, B, C ve D tipi gömücü ayaklarda 3000 kg/ha anız yoğunluğu 1500 kg/ha yoğunluğa göre daha büyük çizgi kesit alanı ortaya çıkarırken, E tipi ayakta tersi bir durum meydana gelmiştir (Şekil 60). Gömücü ayaklara göre ortalama çizgi kesit alanına ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 11’de verilmiştir.



Şekil 58. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi kesit alanının dağılımı



Şekil 59. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi kesit alanının dağılımı



Şekil 60. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi kesit alanının dağılımı

Tablo 11. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Kesit Alanına İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları		Ortalama çizi kesit alanı (cm ²)
Gömücü ayak tipi	C	16,03ns
	A	16,48c
	D	19,40ns
	E	19,72b
	B	23,34a
Bağlantı kolu tipi	YA	17,44c
	SA	19,13b
	YY	20,41a
İş derinliği (mm)	50	17,21
	75	20,78
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	18,81
	3000	19,17

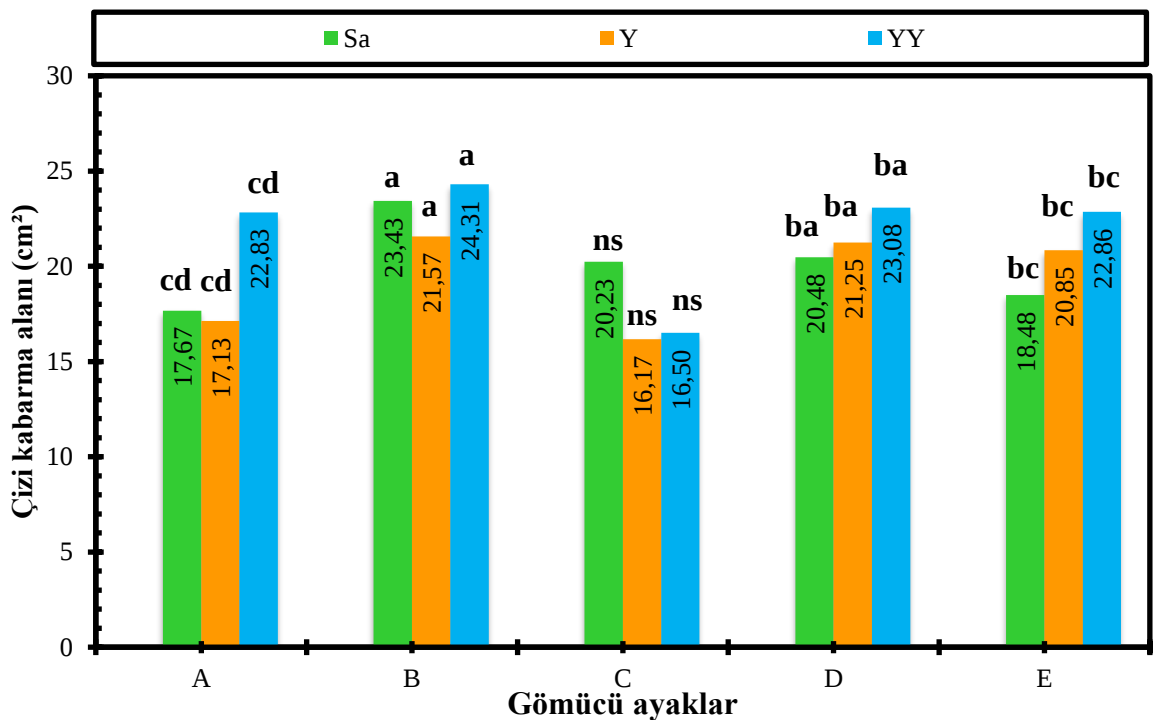
P= 0,05

Tablo 10’da görüldüğü gibi çizi kabarma alanı üzerinde gömücü ayak tipi, bağlantı kolu tipi ve iş derinliğinin etkisi çok önemli ($P < 0,01$) iken, anızın etkisi önemsiz çıkmıştır. İkili interaksiyonlardan, gömücü ayak tipi* bağlantı kolu tipi ve bağlantı kolu tipi*iş derinliği çok önemli ($p < 0,01$), diğer ikili interaksiyonlar önemsiz bulunmuştur. Üçlü interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız yoğunluğu ile dördü

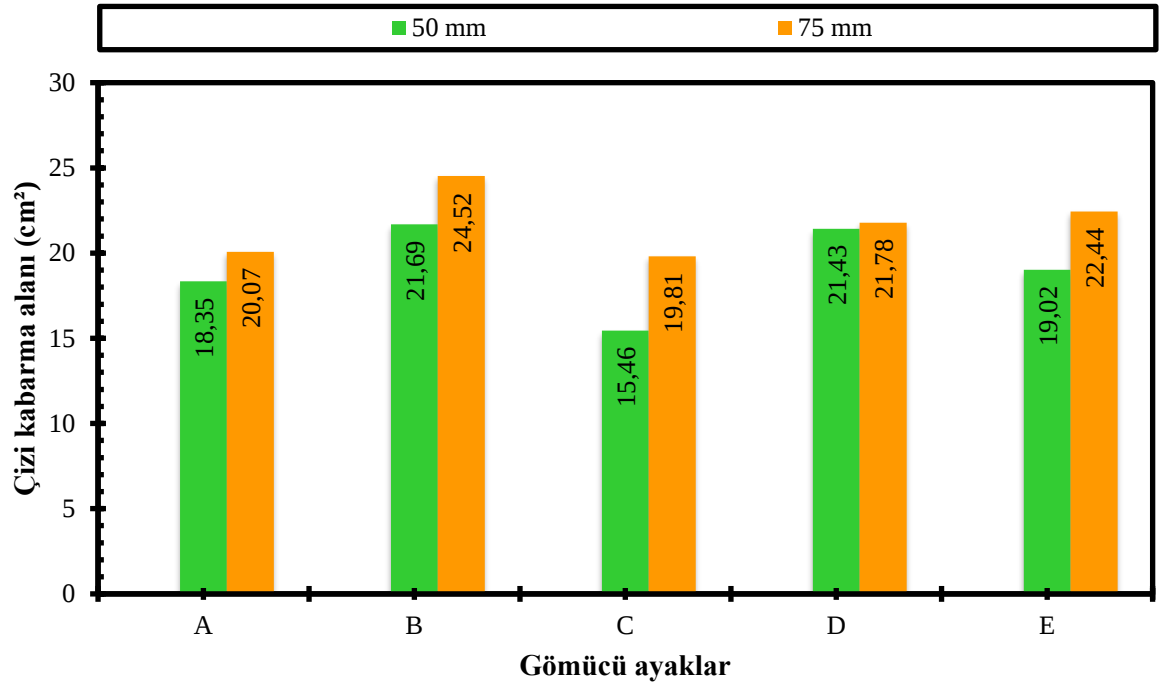
interaksiyonun çizgi kabarma alanı üzerindeki etkisi önemli ($p<0,05$) bulunurken, diğer üçlü interaksiyonlar önemsiz çıkmıştır.

Çizgi kabarma alanının gömücü ayak ile bağlantı kollarına bağlı olarak dağılımı Şekil 61’de, gömücü ayak ile iş derinliğine bağlı olarak dağılımı Şekil 62’de ve gömücü ayak ile anız yoğunluğuna bağlı dağılımı Şekil 63’ te verilmiştir. Tohumun üzerinin örtülmesi için ihtiyaç duyulduğu kadar çizgi kenarlarında toprak birikmesi arzu edilmektedir. Daha fazla toprak hem anıza doğrudan ekim ilkesine aykırı bir durumun ortaya çıkmasına yol açmakta, hem de düzgün olmayan bir tarla yüzeyi elde edilmesine yol açmaktadır.

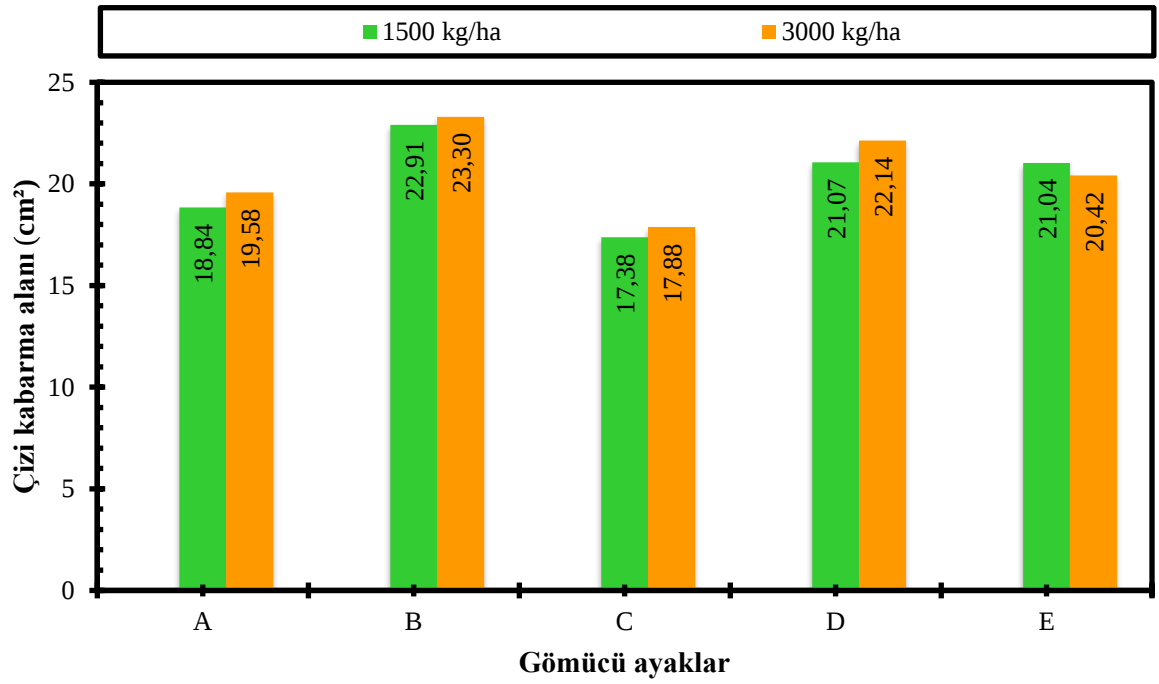
Şekiller incelendiğinde, C tipi gömücü ayak ile yaylı ayak bağlantısında en küçük ve B tipi ayak ile yarı yaylı bağlantıda en büyük çizgi kabarma alanları elde edildiği anlaşılmaktadır. A, B, D ve E tipi gömücü ayakların yarı yaylı bağlantı kolları ile kullanımında en büyük kabarma alanları elde edilirken, D ve E tipi ayakların sabit bağlantı kolları ile kullanımında en küçük kabarma alanları meydana gelmiştir (Şekil 61). Beklendiği gibi, bütün gömücü ayakların 50 mm iş derinliğinde kullanımında en küçük, 75 mm iş derinliğinde kullanımında ise en büyük kabarma alanları ortaya çıkmıştır (Şekil 62). İşleme derinliği arttıkça çiziden çıkan ve çizgi kenarlarının kabarmasına yol açan toprakta da artma meydana gelmektedir. A, B, C ve D tipi gömücü ayaklarda anız yoğunluğu artışıyla çizgi kabarma alanı artarken, E tipi ayakta tersi bir durum söz konusu olmuştur. B tipi gömücü ayakta her iki anız yoğunluğunda da en büyük, C tipi ayakta ise en küçük çizgi kabarma alanları elde edilmiştir (Şekil 63). Gömücü ayaklara göre ortalama çizgi kabarma alanına ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 12’de verilmiştir.



Şekil 61. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi kabarma alanının dağılımı



Şekil 62. Gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak çizi kabarma alanının dağılımı



Şekil 63. Gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak çizi kabarma alanının dağılımı

Tablo 12. Gömücü Ayaklara Göre Ortalama Çizi Kabarma Alanına İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	Ortalama çizi kabarma alanı (cm ²)	
Gömücü ayak tipi	C	17,63ns
	A	19,21cd
	E	20,73bc
	D	21,60ba
	B	23,10a
Bağlantı kolu tipi	YA	19,39ns
	SA	20,06b
	YY	21,92a
İş derinliği (mm)	50	19,19
	75	21,72
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	20,25
	3000	20,66

P=0,05

Çalışmada, en küçük çizi kesit alanı C tipi gömücü ayak ve yaylı bağlantı kolunda 13,88 cm² olarak ve en büyük çizi kesit alanı ise B tipi gömücü ayak ve sabit bağlantı kolunda 24,75 cm² olarak elde edilmiştir. En küçük çizi kabarma alanı C tipi gömücü ayak ve yaylı bağlantı kolunda 16,17 cm² ve en büyük çizi kabarma alanı B tipi gömücü ayak ve yarı yaylı bağlantı kolunda 24,31 cm² olarak tespit edilmiştir. Konu ile ilgili yürütülen benzer bir çalışmada, üç farklı doğrudan ekim makinesinin yazlık fiğ ve kışlık buğday üzerinde denenmesinde çapa tip gömücü ayaklar için çizi kesit alanı yazlık fiğde en az 4302 mm² ve en fazla 4597 mm² ve kışlık buğday için en az 3137 mm² ve en fazla 3441 mm² olarak tespit etmiştir (Altıkat 2011). Çelik ve Altıkat (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada, üç farklı çapa tip gömücü ayak farklı ilerleme hızlarında denenmiştir. Çalışmada en küçük çizi kesit alanı 1059,4 mm² ve en büyük çizi kesit alanı 4659,9 mm² olarak elde edilirken, 2200,5 mm² ile en küçük toprak kabarma alanı ve 4345,7 mm² ile en büyük toprak kabarma alanı elde edilmiştir. Farklı çapa tip gömücü ayağın patates ekiminde karşılaştırıldığı bir çalışmada, çizi kabarma yüksekliği 17,22-22,25 cm arasında değişmiştir (Altuntaş 2006). Karayel ve Özmerzi (2006) gömücü ayakların arasında en küçük çizi kesit alanı ile çizi kabarmasını balta tip gömücü ayaklarla çalışmada ve en büyük çizi kesit alanı ile çizi kabarma alanını çapa tip ayaklarla çalışmada elde etmişlerdir.

Çizi bölgesi penetrasyon direncine ilişkin sonuçlar

Geniş çapa tip gömücü ayaklar tarafından açılan çizilerin içinden (tabanından) ve kenarlarından ölçülen penetrasyon direnci değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 13' te verilmiştir.

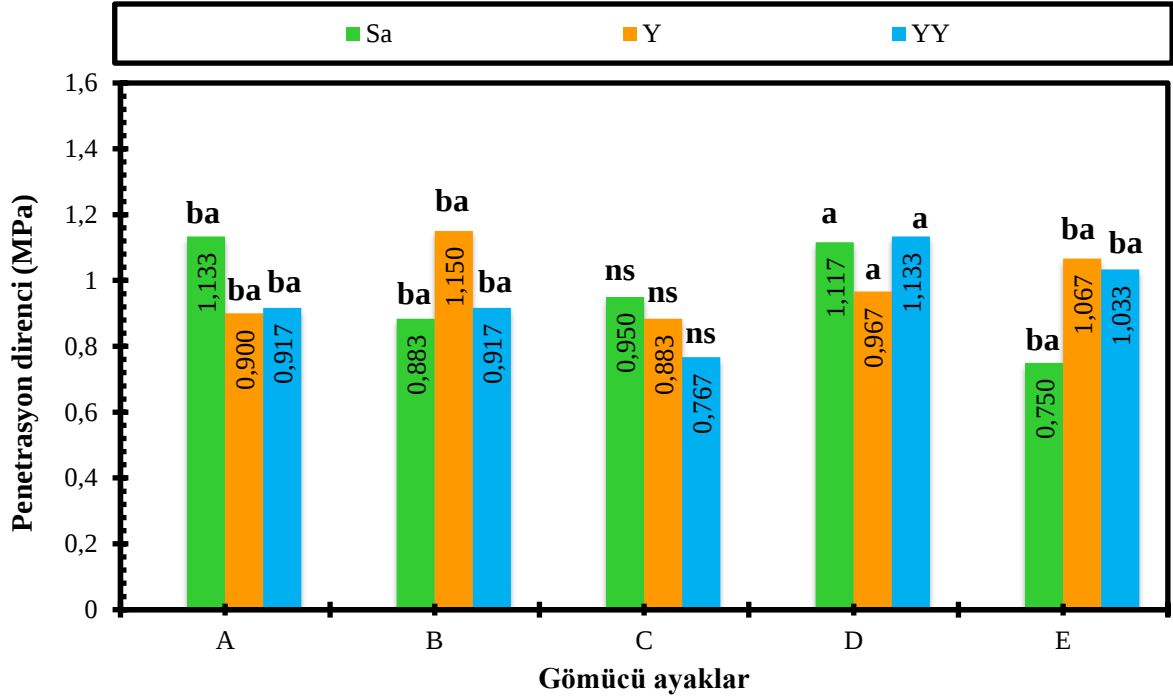
Tablo 13. Çizi Kenarı ve Çizi tabanı Penetrasyon Direncine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları Önemlilik (P) Değerleri

Varyasyon Kaynakları	SD	Penetrasyon direnci ölçüm derinliği			
		Çizi kenarı		Çizi tabanı	
		0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Gömücü ayak tipi (GAT)	4	0,014	0,019	0,006	0,009
Bağlantı kolu tipi (BKT)	2	0,662	0,183	0,012	0,007
İş derinliği (İD)	1	0,184	0,278	0,000	0,056
Anız yoğunluğu (AY)	1	0,716	0,020	0,004	0,283
GAT*BKT	8	0,000	0,000	0,000	0,000
GAT*İD	4	0,466	0,304	0,076	0,011
GAT*AY	4	0,000	0,023	0,002	0,074
BKT*İD	2	0,204	0,946	0,000	0,052
BKT*AY	2	0,000	0,543	0,017	0,324
İD*AY	1	0,276	0,811	0,000	0,745
GAT*BKT*İD	8	0,000	0,000	0,000	0,007
GAT*BKT*AY	8	0,000	0,008	0,195	0,000
GAT*İD*AY	4	0,316	0,281	0,375	0,002
BKT*İD*AY	2	0,071	0,531	0,661	0,653
GAT*BKT*İD*AY	8	0,000	0,000	0,000	0,000

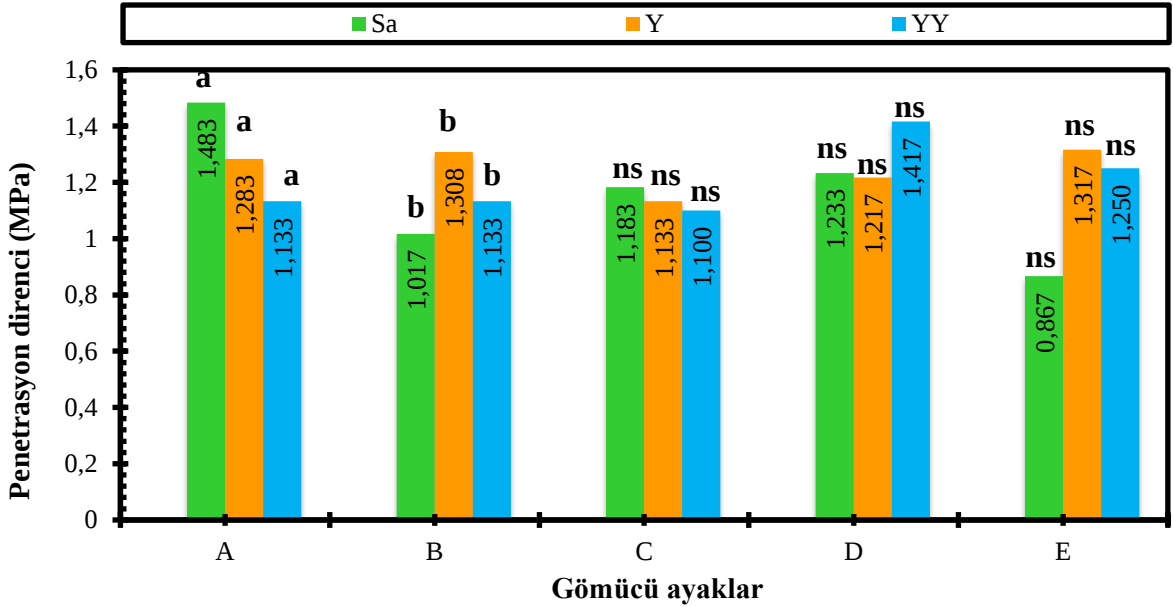
SD: Serbestlik derecesi

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, çizi kenarı penetrasyon direncinde 0-5 cm derinlikte sadece gömücü ayak tipi ve 5-10 cm derinlikte ise gömücü ayak tipi ile anız yoğunluğunun önemli ($p<0,05$), diğer faktörlerin önemsiz çıktığı görülmektedir. İkili interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipinin çizi kenarı penetrasyon direncine etkisi her iki ölçüm derinliğinde de çok önemli olduğu, gömücü ayak tipi*anız yoğunluğu ile bağlantı kolu tipi*anız yoğunluğunun 0-5 cm derinlikte çok önemli ($p<0,01$) ve gömücü ayak tipi*anız yoğunluğunun 5-10 cm derinlikte önemli ($p<0,05$) olduğu ortaya çıkmıştır. Üçlü interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*iş derinliği ile gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız yoğunluğu ve dördü interaksiyonun çizi kenarı penetrasyon direncine etkisi her iki ölçüm derinliğinde de çok önemli ($p<0,01$) diğer üçlü interaksiyonlar önemsiz çıkmıştır (Tablo 13).

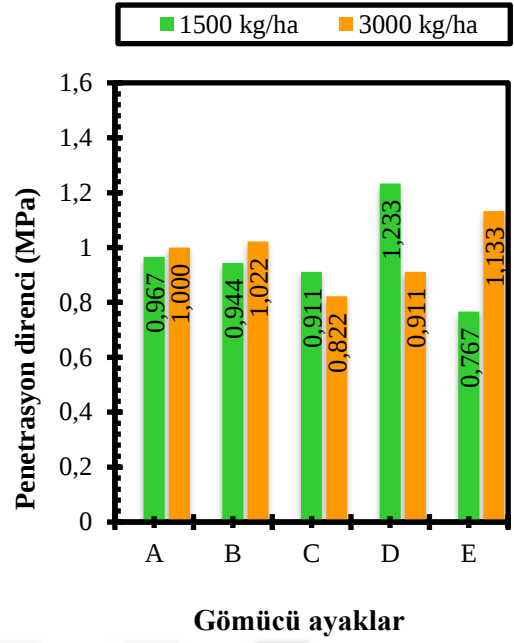
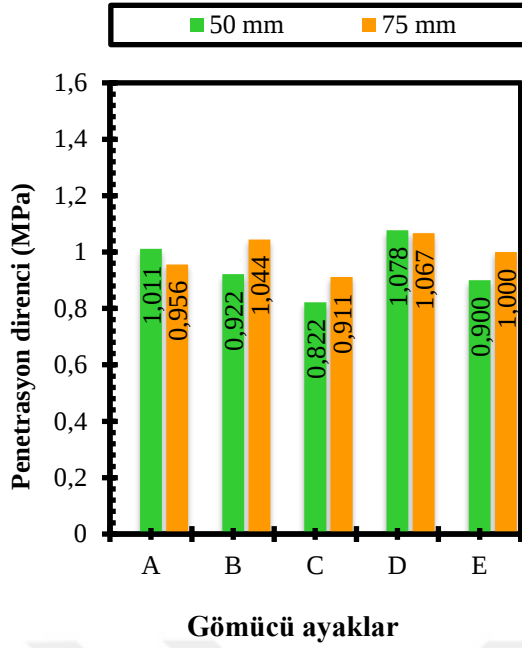
Gömücü ayaklar tarafından açılan çizilerin çizi kenarı penetrasyon direncinin bağlantı kollarına göre dağılımı 0-5 cm derinlik için Şekil 64'te, 5-10 cm derinlik için Şekil 65'te, 0-5 cm iş derinliği ve anız yoğunluğuna bağlı olarak dağılımı Şekil 66'da ve 5-10 cm iş derinliği ve anız yoğunluğuna bağlı olarak dağılımı Şekil 67'de verilmiştir.



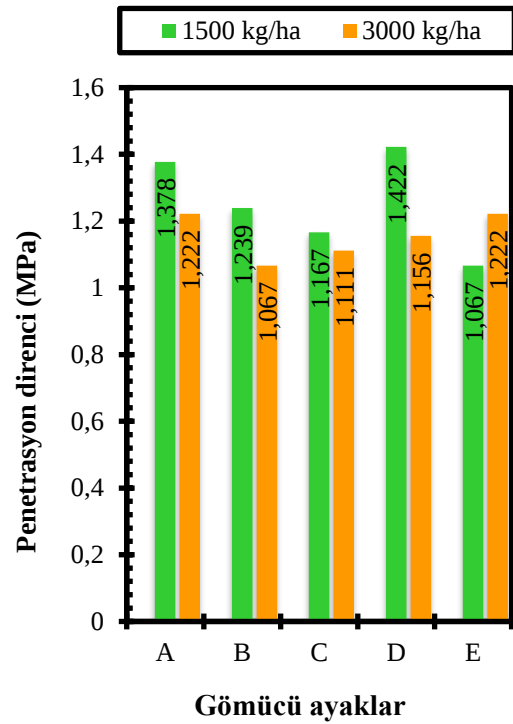
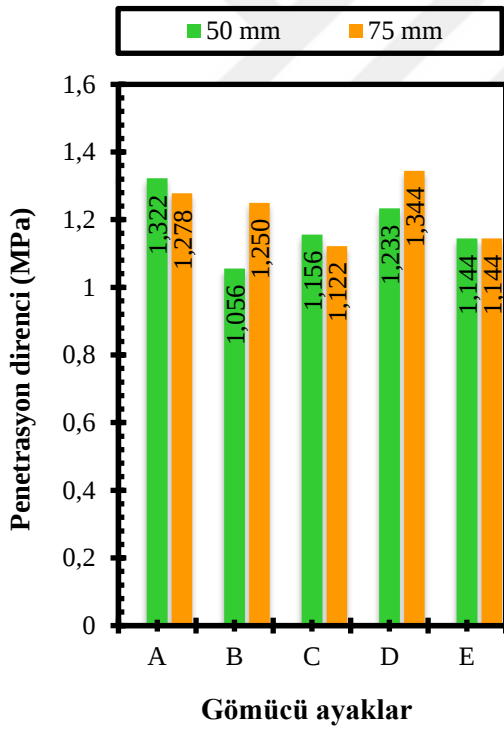
Şekil 64. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin 0-5 cm derinlik için dağılımı



Şekil 65. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin 5-10 cm derinlik için dağılımı



Şekil 66. 0-5 cm derinlikte çizi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak



Şekil 67. 5-10 cm derinlikte çizi kenarı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak

Çizi kenarı penetrasyon direnci hem 0-5 cm hem de 5-10 cm ölçüm derinliklerinde E tipi gömücü ayak ve sabit bağlantı kolu ile en düşük (0,750 MPa ve 0,867 MPa) olurken, 0-5 cm derinlikte B tipi gömücü ayak ve yaylı bağlantı kolu (1,150 MPa) ve 5-10 cm derinlikte A

tipi gömücü ayak ve sabit bağlantı kolu ile (1,483 MPa) en yüksek değerlere çıkmıştır (Şekil 64 ve Şekil 65).

İş derinliğine göre karşılaştırmada, 0-5 cm ölçüm derinliğinde C tipi gömücü ayak her iki iş derinliğinde de en düşük ve D tipi gömücü ayak en yüksek çizi kenarı penetrasyon direncine yol açmıştır (Şekil 66). 5-10 cm ölçüm derinliğinde ise 0-5 cm ölçüm derinliğinde B tipi gömücü ayakta en düşük, D tipi ayakta ise 75 mm ölçüm derinliğinde en yüksek çizi kenarı penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir (Şekil 67).

Anız yoğunluğuna göre karşılaştırmada, hem 0-5 cm, hem de 5-10 cm ölçüm derinlikleri ile 1500 kg/ha anız yoğunluğunda E tipi gömücü ayak ile en düşük ve D tipi ayakta en yüksek çizi kenarı penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir. 0-5 cm derinlikte C ve D tipi gömücü ayaklar, 5-10 cm derinlikte ise A, B, C ve D tipi gömücü ayaklarda anız yoğunluğu arttıkça çizi kenarı penetrasyon direnci de artış göstermiştir (Şekil 66 ve Şekil 67). Gömücü ayaklara göre çizi kenarı ortalama penetrasyon direncine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 14 ve 15'te verilmiştir.

Tablo 14. Gömücü Ayaklara Göre 0-5 cm Ölçüm Derinliğinde Çizi Kenarı Ortalama Penetrasyon Direnci Değerlerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	0-5 cm derinlikte çizi kenarı ortalama penetrasyon direnci değerleri (MPa)	
Gömücü ayak tipi	C	0,867ns
	E	0,950ba
	B	0,983ba
	A	0,983ba
	D	1,072a
Bağlantı kolu tipi	YY	0,953ns
	SA	0,966ns
	YA	0,993a
İş derinliği (mm)	50	0,947
	75	0996
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	0,964
	3000	0,978

P= 0,05

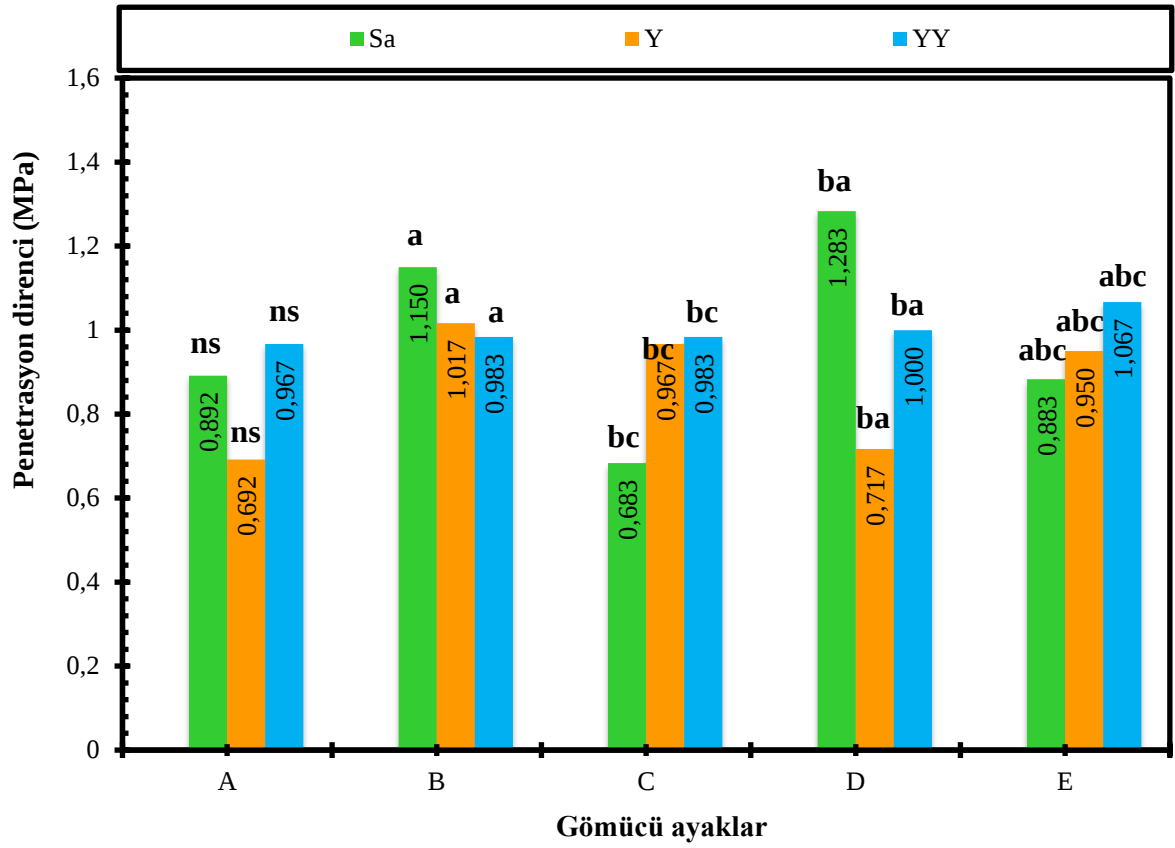
Tablo 15. Gömücü ayaklara göre 5-10 cm ölçüm derinliğinde çizi kenarı ortalama penetrasyon direnci değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi

Varyasyon kaynakları	5-10 cm derinlikte çizi kenarı ortalama penetrasyon direnci değerleri (MPa)	
Gömücü ayak tipi	C	1,138ns
	E	1,144ns
	B	1,153b
	D	1,289ns
	A	1,300a
Bağlantı kolu tipi	SA	1,156ns
	YY	1,206ns
	YA	1,251a
İş derinliği (mm)	50	1,182
	75	1,228
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	1,254
	3000	1,156

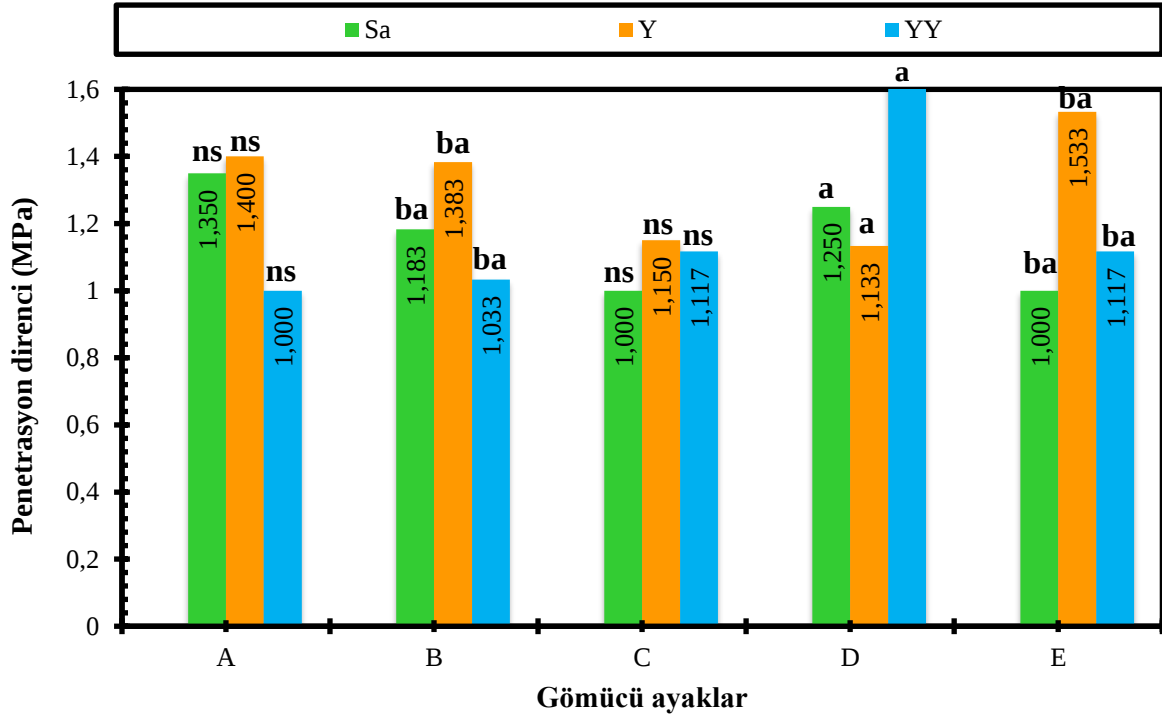
P= 0,05

Gömücü ayaklar tarafından açılan çizilerin tabanına yönelik penetrasyon direncinin bağlantı kollarına göre dağılımı 0-5 cm derinlik için Şekil 68’de, 5-10 cm derinlik için Şekil 69’da, 0-5 cm iş derinliği ve anız yoğunluğuna bağlı olarak dağılımı Şekil 70’te ve 5-10 cm iş derinliği ve anız yoğunluğuna bağlı olarak dağılımı Şekil 71’de verilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre, çizi tabanı penetrasyon direncinde gömücü ayak tipi, iş derinliği ve anız yoğunluğunun etkisi 0-5 cm ölçüm derinliğinde çok önemli ($p<0,01$), bağlantı kolu önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. 5-10 cm derinlikte ise gömücü ayak tipi ile bağlantı kolu tipi çok önemli ($p<0,01$), iş derinliği ve anız yoğunluğu önemsiz çıkmıştır.

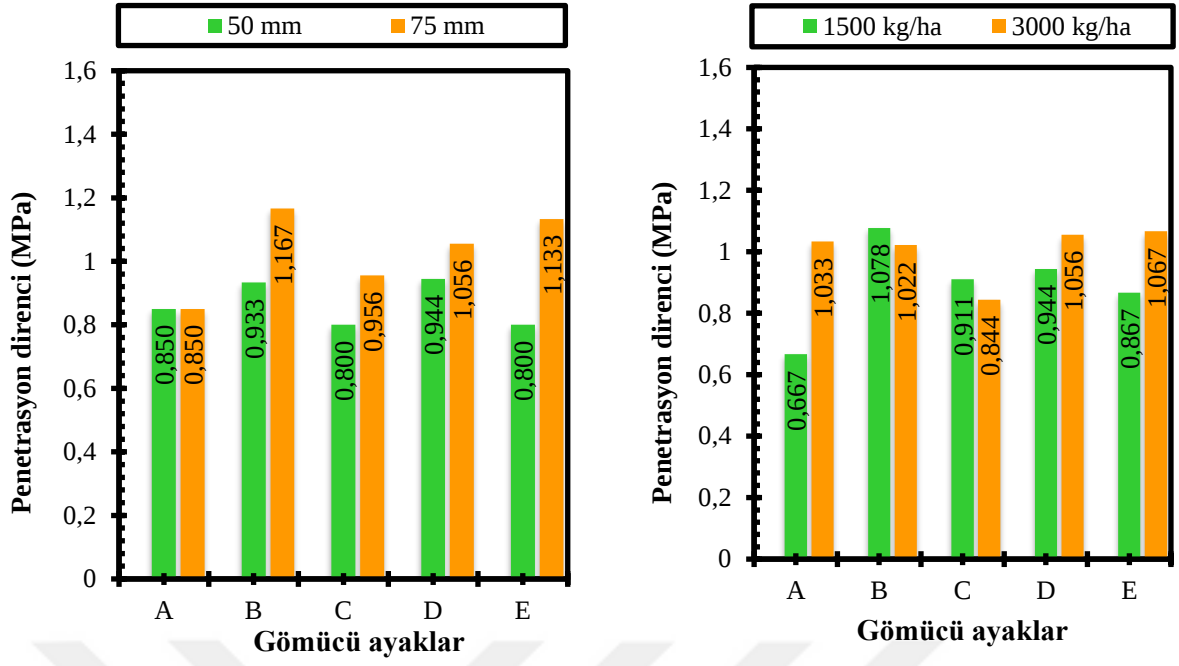
İkili interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi her iki ölçüm derinliğinde, gömücü ayak tipi*anız yoğunluğu, bağlantı kolu tipi*iş derinliği ve iş derinliği*anız yoğunluğu 0-5 cm ölçüm derinliğinde çok önemli ($p<0,01$), bağlantı kolu tipi*anız yoğunluğu 0-5 cm derinlikte ve gömücü ayak tipi*iş derinliği 5-10 cm derinlikte önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Üçlü interaksiyonlardan gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*iş derinliği her iki ölçüm derinliğinde de çok önemli ($p<0,01$), 5-10 cm derinlikte gömücü ayak tipi*bağlantı kolu tipi*anız yoğunluğu ile gömücü ayak tipi*iş derinliği*anız yoğunluğu interaksiyonları çok önemli ($p<0,01$) olmuştur. Dörtlü interaksiyonun çizi tabanı penetrasyon direncine etkisi her iki ölçüm derinliğinde de çok önemli bulunmuştur (Tablo 13). Gömücü ayaklara göre çizi tabanına ilişkin ortalama penetrasyon direnci çoklu karşılaştırma testi sonucu Tablo 16 ve Tablo 17’de verilmiştir.



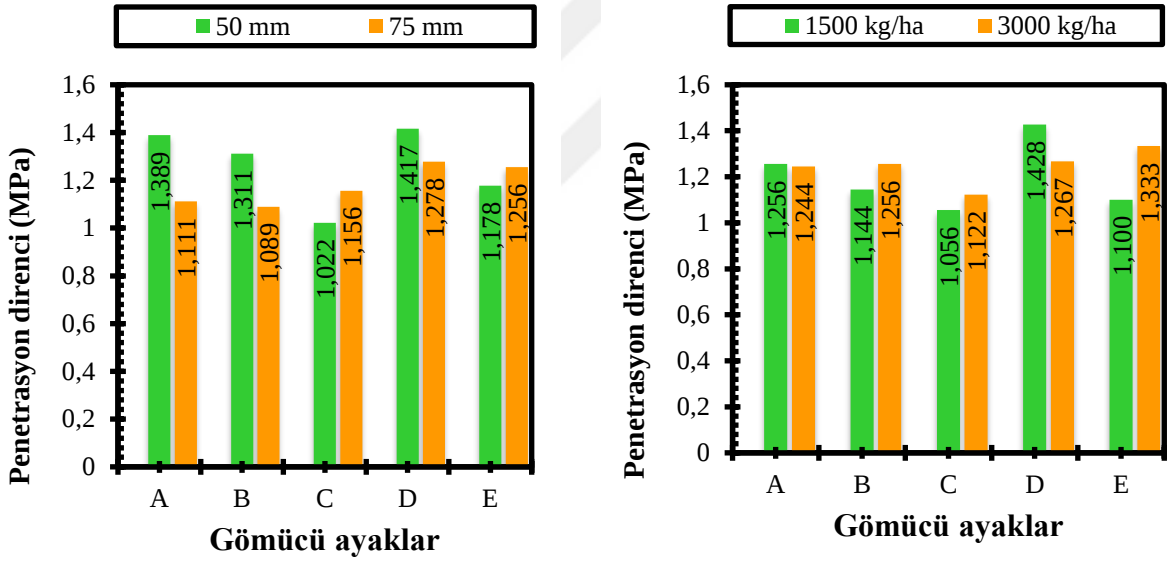
Şekil 68. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin 0-5 cm derinlik için dağılımı



Şekil 69. Gömücü ayak ve bağlantı kollarına bağlı olarak çizi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin 5-10 cm derinlik için dağılımı



Şekil 70. 0-5 cm derinlikte çizi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak



Şekil 71. 5-10 cm derinlikte çizi tabanı penetrasyon direnci değerlerinin dağılımı. a) gömücü ayak ve iş derinliğine bağlı olarak, b) gömücü ayak ve anız yoğunluğuna bağlı olarak

Tablo 16. Gömücü Ayaklara Göre 0-5 cm Ölçüm Derinliğinde Çizi Tabanı Ortalama Penetrasyon Direnci Değerlerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	0-5 cm derinlikte çizi tabanı ortalama penetrasyon direnci değerleri (MPa)	
Gömücü ayak tipi	A	0,850ns
	C	0,878bc
	E	0,967abc
	D	1,000ba
	B	1,050a
Bağlantı kolu tipi	YA	0,868b
	SA	0,978ns
	YY	1,000a
İş derinliği (mm)	50	0,866
	75	1,032
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	0,893
	3000	1,004

P= 0,05

Tablo 17. Gömücü Ayaklara Göre 5-10 cm Ölçüm Derinliğinde Çizi Tabanı Ortalama Penetrasyon Direnci Değerlerine İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi

Varyasyon kaynakları	5-10 cm derinlikte çizi tabanı ortalama penetrasyon direnci değerleri (MPa)	
Gömücü ayak tipi	C	1,088ns
	B	1,200ba
	E	1,216ba
	A	1,250ns
	D	1,347a
Bağlantı kolu tipi	SA	1,156ns
	YY	1,185b
	YA	1,320a
İş derinliği (mm)	50	1,263
	75	1,178
Anız yoğunluğu (kg/ha)	1500	1,197
	3000	1,244

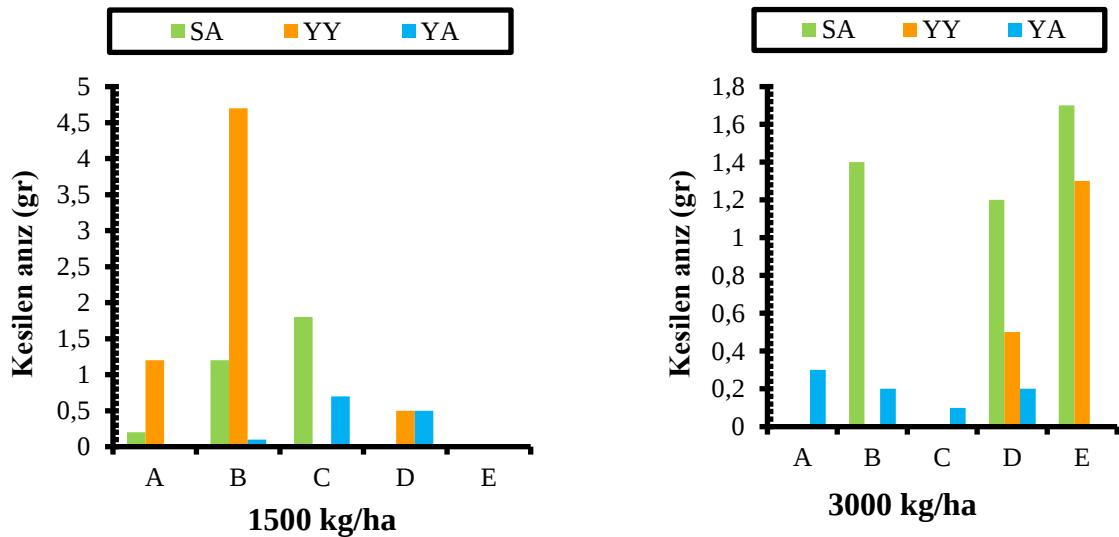
P= 0,05

0-5 cm ölçüm derinliğinde en düşük çizi tabanı penetrasyon direnci C tipi gömücü ayak ile sabit tip bağlantı kolu (0,683 MPa) ve en yüksek direnç ise D tipi gömücü ayak ile sabit tip bağlantı ile (1,283 MPa) elde edilmiştir (Şekil 68). 5-10 cm ölçüm derinliğinde ise en düşük çizi tabanı penetrasyon direnci (1 MPa) C ve E tipi gömücü ayaklarda sabit bağlantı

kolu ve A tipi ayakta yarı yaylı bağlantı kolu ile çalışmada (1,000 MPa) ve en yüksek direnç ise D tipi gömücü ayak ile yarı yaylı bağlantı kolu ile çalışmada (1,658 MPa) meydana gelmiştir (Şekil 69). 0-5 cm ölçüm derinliğinde anız yoğunluğu arttıkça bütün gömücü ayaklarda çizi tabanı penetrasyon direnci artarken, 5-10 derinlikte A, D ve E tipi gömücü ayaklarda anız yoğunluğu ile çizi tabanı penetrasyon direncinde artma, B ve C tipi gömücü ayaklarda ise azalma meydana gelmiştir (Şekil 70). Altuntaş (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı çapa tip gömücü ayakların farklı hızlarda sıra üzeri (çizi tabanı) penetrasyon direncini 1,14-1,85 MPa arasında elde etmiştir. Bir doğrudan ekim makinasında kullanılan çapa tip gömücü ayakları üzerinde yürütülen bir çalışmada, yazlık fiğ için 0-5 cm ölçüm derinliğinde sıra üzeri penetrasyon direnci 1,26 MPa ve 5-10 cm ölçüm derinliğinde 1,28 MPa olarak belirlenirken, aynı çalışmada kışlık buğday için 0-5 cm ölçüm derinliğinde 1,62 MPa ve 5-10 cm derinlikte 1,82 MPa değerleri elde edilmiştir (Altıkat 2011).

Anıza İlişkin Sonuçlar

Çalışmada, geniş çapa tip gömücü ayakların serilen anıza değmesi ile birlikte anızın açılan çizilerin sağına ya da soluna doğru atıldığı gözlenmiştir. Genel olarak, üzerinde çalışılan gömücü ayakların anızı açılan çizilerin yanına doğru attığı ve çiziye gömme ve sürüklenme etkisinin çok zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada farklı anız seviyelerinde ve gömücü ayak ve bağlantı kollarına göre elde edilen kesilen anız değerleri Şekil 72’de verilmiştir.



Şekil 72. Farklı anız yoğunlukları, gömücü ayak ve bağlantı kollarına göre elde edilen kesilen anız değerlerinin dağılımı

Toprak kanalında serilen anız konusunda yürütülen benzer çalışmalarda diskli tip gömücü ayaklarda diskin durum açısı, şekli, dönme hızı ve üzerindeki farklı ağırlıkların

değişmesi sonucunda, anızın çizi bölgesine gömülmesi, kesilmesi veya sürüklenmesinde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Malaslı (2018) tarafından yürütülen çalışmada, diskli gömücü ayağın yön açısı artarken gömülen anız miktarının azaldığı ve üzerindeki ağırlık arttığında, gömülen anız miktarının da arttığı rapor edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada diskli kertikli tip gömücü ayaklar denemedeki tüm hız seviyelerinde serilen anızın %100' nu keserken, diskli düz tip gömücü ayaklar ile çalışmada kesilen anızın miktarının, toprağın sıkışma düzeyi, serilen anızın yoğunluğu ve ayağın batma derinliği ile değiştiği görülmüştür (Kushwaha *et al.* 1986a; Kushwaha *et al.* 1986b).

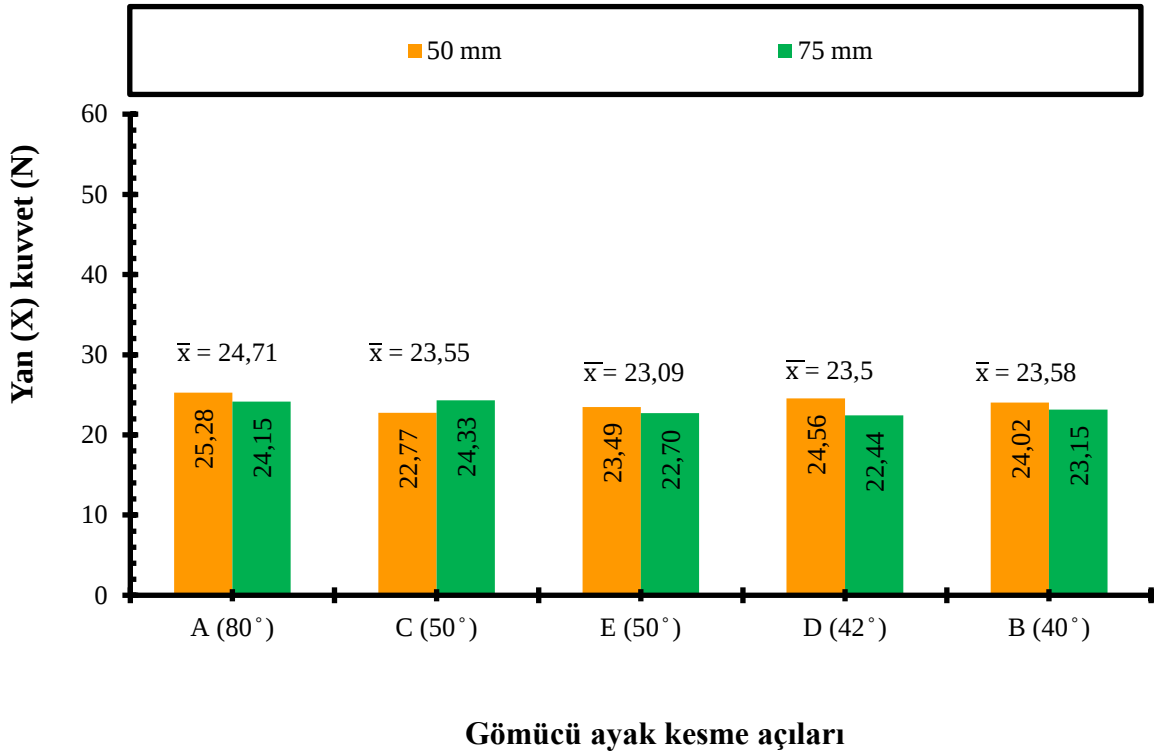
Tartışma

Anıza doğrudan ekim makinaları için çapa tip bir gömücü ayağın seçiminde öncelikli olarak dikkate alınması gereken parametre ayağın ilerleme ve düşey yönde güç tüketim miktarı olmalıdır (Godwin 2007). Bu doğrultuda gömücü ayak ile ilgili; genişlik-derinlik oranı ile kesme açısı olmak üzere iki önemli faktör ön plana çıkmaktadır. Orta genişliğe sahip gömücü ayakların toprakta açmış olduğu çizilerin şekil olarak hilal formunda olması önem arz etmektedir. Bu yüzden çapa tip gömücü ayakların genişlik-derinlik oranı 5'ten az ve kesme açısı 22,5-90° arasında olmalıdır (Godwin 2007). Bu tip gömücü ayaklara ilave edilen kanat ve benzeri yardımcı aparatlar toprak bozulma şeklinde değişikliklere sebep olurken çeki ile düşey yöndeki güç ihtiyacında %30 oranında artışa sebep olmaktadır (Godwin and Spoor 1978).

Genel olarak çeki gücü bir gömücü ayak için minimuma indirilmeli ve düşey yöndeki güç gömücü ayağın toprağa nüfuz etmesini kolaylaştırma yönünde kullanılmalıdır. Normalde 70° üzerinde kesme açısı, gömücü ayaklarda çeki gücü ihtiyacında artışa sebep olmaktadır. Bu yüzden, çapa tip gömücü ayakların tasarımında bu kuvvet ihtiyacı en az seviyeye indirilmeli ve gücün dengesi ayağın batma ve ilerleme yönünde etkin olması için dikkate alınmalıdır (Godwin and Spoor 1977). Gömücü ayakların güç tüketiminde bir diğer önemli parametre ise çalışma derinliğidir. Yapılan bir çalışmada orta genişliğe sahip çapa tip bir gömücü ayağın çalışma derinliği 122 mm den 225 mm 'ye çıktığında çeki güç tüketiminde %76 artış tespit edilmiştir (Saunders *et al.* 2000).

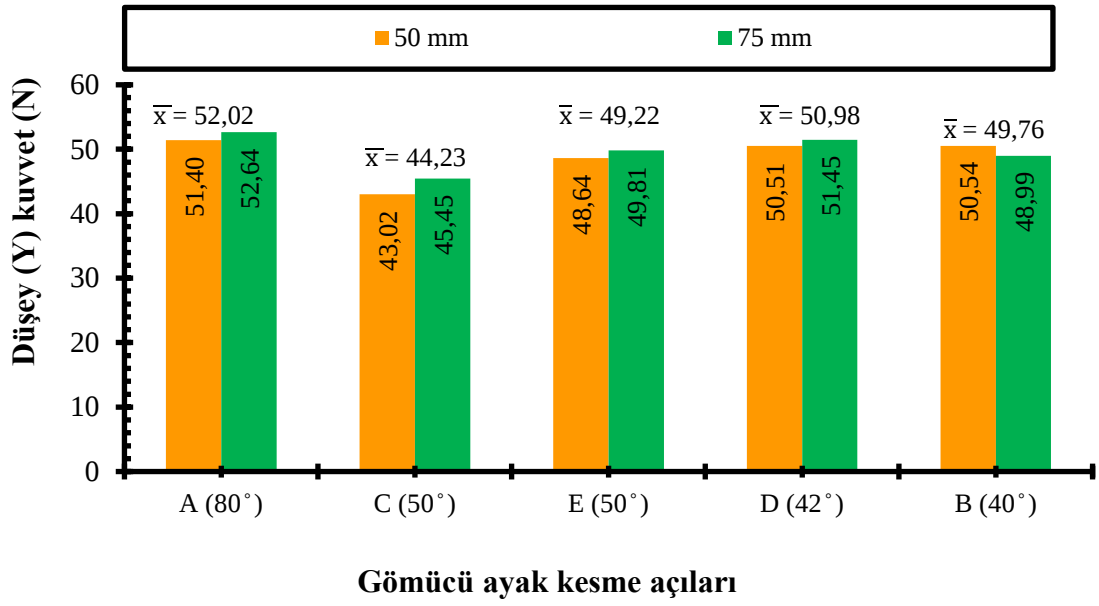
Çalışmada gömücü ayakların yan (X) kuvveti yönünde performansı dikkate alındığında A tipi ayak farklı çalışma derinliklerinde ortalama 24,71 N yan kuvvete maruz kalırken, yaylı tip bağlantı kolunun etkisi ile bu değer 26,11 N 'a çıkmıştır. B tipi gömücü ayakta ise ortalama 23,58 N yan kuvvet ortaya çıkarken, yaylı tip bağlantı kolunun etkisi yan kuvvette artışa ve sabit tip bağlantı kolu ise azalışa sebep olmuştur. C tipi gömücü ayakta bu yönde ortalama 23,55 N kuvvet meydana gelirken, yaylı ve yarı yaylı tip bağlantı kolları ile

artma ve sabit tip bağlantı kolu ile azalma ortaya çıkmıştır. Bu durumda yan (X yönünde) kuvvet tüketiminde bağlantı kolu tipi ve optimum kesme açısının etkisi ile C tipi ayak en verimli ayak olmuştur. Aynı şekilde değerlendirmede D tipi gömücü ayağın yan kuvvet ortalaması 23,5 N ve E tipi ayağın 23 N olmuştur. Bu iki ayakta sabit bağlantı kolu ile yan kuvvette azalma, yaylı ve yarı yaylı tip bağlantı kolları ile artma meydana gelmiştir (Şekil 43 ve Şekil 73).



Şekil 73. Kesme açılarına göre gömücü ayaklara etki eden yan (X) kuvvetler (N)

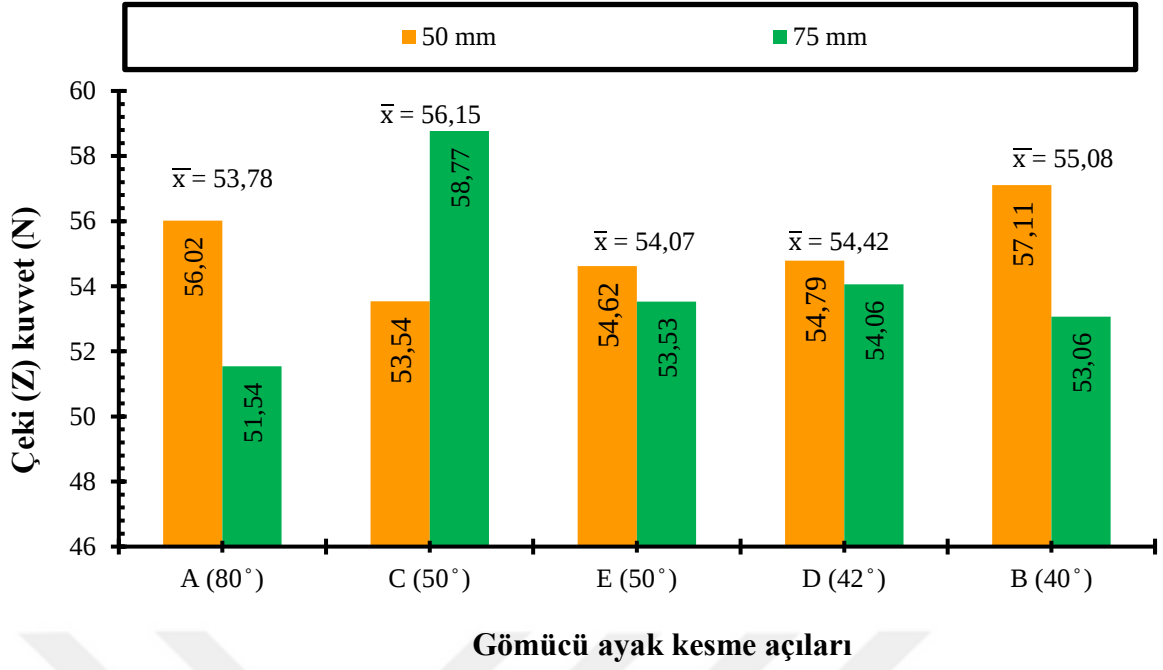
Gömücü ayaklara düşey yönünde (Y) etki eden kuvvetler dikkate alındığında, A tipi gömücü ayağa her iki iş derinliğinde ortalama 52,02 N, D tipi ayağa 50,98 N ve E tipi ayağa 49,22 N kuvvet etki etmiştir. Burada, A tipi gömücü ayağın kesme açısının daha yüksek olması nedeniyle diğer iki ayağa göre daha yüksek düşey kuvvete yol açmıştır. Bu üç gömücü ayağın yaylı tip bağlantı kolu ile kullanımında düşey kuvvette (Y) artış olurken sabit tip bağlantı kolu düşey kuvvette düşüşe sebep olmuştur. Yarı yaylı tip bağlantı kolu ise D ve E tipi gömücü ayaklarda aynı şekilde düşey kuvvette azalmaya yol açmıştır. C tipi gömücü ayağın uygun kesme açısı ve yarı yaylı tip bağlantı kolu ile kullanımı düşey yöndeki kuvvet ihtiyacında en verimli kombinasyonu oluşturmuştur (Şekil 46 ve 74).



Şekil 74. Kesme açılarına göre gömücü ayaklara etki eden düşey (Y) kuvvetler

İlerleme doğrultusunda (Z) yönünde gömücü ayaklara etki eden çeki kuvveti dikkate alındığında, A ve C tipi gömücü ayaklar arasında 50 mm ve 75 mm iş derinliklerindeki çeki kuvveti farkı sırasıyla 4,48 N ve 5,23 N olurken, bu fark B tipi ayak için 4,05 N, E tipi ayakta 1,09 N ve D tipi ayakta ise 0,73 N olmuştur. X ve Y yönlerde (yan ve düşey) bütün ayaklar arasında etki eden kuvvetlerin 2,5 N ve altında olmuştur. Bu durumda C tipi gömücü ayakta en fazla kuvvet tüketimi 75 mm iş derinliğinde 58,77 N olarak ortaya çıkmıştır.

Gömücü ayaklar ile bağlantı kolları kombinasyonunda C tipi ayak ve yarı yaylı tip bağlantı kolunun kullanımında 58,89 N ile en yüksek kuvvet ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu değer C tipi ayağın iş derinliklerinin (Z) yönündeki ortalamasından 2,74 N fazla olmuştur. Aynı zamanda sabit tip bağlantı kolu ve C tipi gömücü ayak kullanımı ile çeki kuvveti diğer dört gömücü ayakta olduğu gibi azalmaya neden olmuştur. D tipi gömücü ayak ve sabit tip bağlantı kolu kombinasyonunda D tipi ayağın kesme açısının optimum düzeyde olması, bağlantının etkisi ile birlikte çeki kuvvetinde düşüşe sebep olurmuş ve D tipi ayak bu bakımdan en uygun ayak tipi olarak ön plana çıkmıştır (Şekil 49 ve 75).



Şekil 75. Kesme açılarına göre gömücü ayaklara etki eden çeki (Z) kuvvetleri

Çalışmada, gömücü ayakların çizi özellikleri dikkatte alındığında,, D tipi gömücü ayak uygun geometrik özelliklerinin yanı sıra, optimum sınırlar içindeki kesme açısı ve yarı yaylı tip bağlantı kolunun etkisi ile, hedef çalışma derinliklerine en fazla yaklaşan ayak olmuştur (Şekil 52). Çizi genişliği konusunda C tipi gömücü ayağın genişliğinin az olması, her üç tip bağlantı kolu ile kullanımında da daha dar çizi açılmasına neden olmuştur. Çizi genişliği bakımından değerlendirmede kesme açısının önemli etkisi olmazken, gömücü ayakların genişliğinin önemli etkisi görülmüştür (Şekil 55). Çizi kesit alanı ile çizi kabarma alanlarında da benzer şekilde, C tipi gömücü ayağın geometrik özellikleri ve yaylı tip bağlantı kolunun etkisi önemli iken, kesme açısının etkisi önemsiz çıkmıştır. Nitekim B tipi gömücü ayağın kesme açısının A tipi ayaktan az olmasına rağmen hem çizi kesit alanında ve hem de çizi kabarma alanında düşük sonuçlar ortaya çıkmıştır (Şekil 58 ve 61).

Çizi kenarı penetrasyonu direnci incelendiğinde E tipi gömücü ayağın geometrik özelliklerinin yanı sıra optimum kesme açısı ve sabit tip bağlantı kolunun etkisi ile, her iki ölçüm derinliklerinde de diğer dört ayağa göre daha düşük penetrasyon direncine yol açmıştır (Şekil 64 ve 65). Çizi içi penetrasyon direncinde 0-5 cm ölçüm derinliğinde C tipi gömücü ayak geometrik özellikleri, optimum kesme açısı ve sabit tip bağlantı kolunun etkisi ile en düşük dirence sahip olmuştur. 5-10 cm ölçüm derinliğinde ise çizi tabanı penetrasyon direncinin azalmasında kesme açısı, ayak geometrik özellikleri ve bağlantı kolunun aynı seviyede etkisi olduğu görülürken, penetrasyon direncinin artması üzerinde yalnız bağlantı kolunun etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 68 ve 69).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kontrollü toprak kanalı koşullarında yürütülen bu çalışmada, anıza doğrudan ekim makinelerinde kullanılan çapa tip gömücü ayakların performansını iyileştirmek amacı ile A, B, C, D ve E olarak ifade edilen beş yeni geniş çapa tip gömücü ayak tasarımı, imalatı ve denemeleri yapılmıştır. Gömücü ayakların toprak kanalı arabasına bağlantısında, sabit, yaylı ve yarı yaylı tip bağlantı kolları kullanılmıştır. Sabit ve yarı yaylı tip bağlantı kollarının tasarımı ve imalatı çalışma kapsamında yapılırken, yaylı tip bağlantı kolu piyasadan temin edilmiştir. Tam şansa bağlı deneme desenine göre planlanan araştırma, 50 ile 75 mm olmak üzere iki çizi derinliği ve 1500 ile 3000 kg/ha olmak üzere iki anız yoğunluğunda üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Geniş çapa tip gömücü ayaklara etki eden düşey, yan ve çeki kuvvetleri toprak kanalı arabasına monte edilen yük hücreleri, datalogger ve ona bağlı bilgisayar aracılığıyla ölçülmüştür. Etki eden kuvvetlere ilave olarak, gömücü ayakların çizi profilleri çizi kesit alanları, çizi kabarma alanları, çizi derinliği, çizi genişlikleri ve anız üzerindeki etkileri ölçülmüştür. Buna ilave olarak, gömücü ayakların geçişinden sonra çizi kenarı ile çizi tabanı toprak penetrasyon direnci ölçülerek gerekli analizler yapılmıştır.

Araştırmada yatay (X) yönde gömücü ayaklara etki eden kuvvetlerin değerlendirilmesinde, C tipi gömücü ayağın sabit bağlantı kolu ile kombinasyonu (19,94 N) en düşük, B tipi ayağın yaylı bağlantı kolu ile (26,54 N) en yüksek değerler elde edilmiştir. Anız yoğunluğu ve çizi derinliği yönünden incelendiğinde C tipi ayağın sırasıyla 1500 kg/ha anız yoğunluğu ve 50 mm çizi derinliğinde en düşük yan kuvvete yol açtığı tespit edilmiştir. D tipi gömücü ayakta 75 mm çizi derinliği ve E tipi ayakta 3000 kg/ha anız yoğunluğunda en düşük yan kuvvet meydana gelmiştir.

Düşey yönde (Y) gömücü ayaklara etki eden kuvvetlerin ölçümünde, C tipi ayağın her üç bağlantı kolu ile kombinasyonunda en düşük değerler ölçülmüştür. C tipi gömücü ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda 42,01 N ile en düşük ve D tipi ayak ile yaylı bağlantı kolunda 56,57 N ile en yüksek düşey kuvvet ortaya çıkmıştır. Çizi derinliği ve anız yoğunluğuna göre düşey kuvvet ölçümlerinde, C tipi gömücü ayağın diğer ayaklara göre daha az düşey kuvvete yol açtığı ve en uygun tip gömücü ayak olduğu belirlenmiştir.

Gömücü ayak ve bağlantı kollarına çeki (Z) yönünde etki eden kuvvetler değerlendirildiğinde, D tipi ayak ile sabit bağlantı kolu 51,00 N ile en düşük çeki kuvveti

ihtiyacı ortaya çıkaran kombinasyon olmuştur. C tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda 58,89 N ile en yüksek çeki kuvveti meydana gelirken, çizi derinliği ve anız yoğunluğuna göre karşılaştırmada, C tipi ayak 50 mm ve A tipi ayak 75 mm çizi derinliklerinde en az çeki kuvvetine ihtiyaç duyan ayaklar olmuştur. Anız yoğunluğuna göre ise D tipi ayak 3000 kg/ha ve A tipi ayak 1500 kg/ha anız yoğunluğu seviyelerinde en düşük çeki kuvveti gerektiren ayaklar olmuştur.

Geniş çapa tip gömücü ayaklar ile bağlantı kollarına düşey, yan ve ilerleme yönünde maruz kaldıkları kuvvetleri etkileyen en önemli faktörün, bu ayak ve bağlantılarının geometrik şekilleri ile boyutları olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi C tipi gömücü ayak yan ve düşey yönlerde diğer ayaklara göre daha uygun bulunmuştur. Çeki (Z) yönünde ise C tipi ayağın genişliğinin az olması derinlik-genişlik oranında dezavantaja dönüşmüş ve çizi derinliklerinin her ikisinde de en büyük çok orana sahip ayak tipi olmuştur.

Çizi kesit alanı ile ilgili sonuçlarda, C tipi gömücü ayak ile yaylı bağlantı kolunda 13,88 cm² ile en küçük ve B tipi ayak ile sabit bağlantı kolunda 24,75 cm² ile en büyük çizi kesit alanı elde edilmiştir. Genel olarak, B tipi ayak her üç bağlantı kolu ile en büyük çizi kesit alanlarına sahip olmuştur. Çizi kabarma alanı incelendiğinde, C tipi ayak ile yaylı bağlantı kolunda 16,17 cm² ile en küçük ve B tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda 24,31 cm² ile en büyük kabarma alanı ortaya çıkmıştır. B tipi gömücü ayak ile her üç bağlantı kolu kombinasyonunda diğer ayak tiplerine göre büyük çizi kabarma alanları elde edilmiştir.

Çizi genişliği yönünden C tipi ayak ile yaylı bağlantı kolunda 5 cm ile en düşük ve B tipi ayak ile sabit bağlantı kolunda 7,83 cm ile en yüksek genişlik kaydedilmiştir. C tipi ayakta sabit ve yarı yaylı bağlantı kolları ile dar çizi genişlikleri elde edilmiştir. Elde edilen çizi derinlikleri incelendiğinde, D tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolunda 5,67 cm ile en derin çalışma derinliğine ulaşılmıştır. En düşük derinlik, A tipi ayak ile sabit bağlantı kolunda 4,14 cm olarak elde edilmiştir. Bağlantı kollarından bağımsız olarak çizi derinliği incelendiğinde C tipi ayak hedef derinlikler bakımından en derin çiziye ulaşırken, C tipi ayağı D tipi ayak izlemiştir. Anız yönünden bakıldığında benzer şekilde C tipi ayağın en yüksek derinliğe ulaştığı tespit edilmiştir. D tipi ayağın en yüksek derinliğe ulaşmasında bağlantı kolunun etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

A, E ve B tipi gömücü ayaklar, üç bağlantı koluyla da hedef 50 mm çalışma derinliğine nüfuz edemezken, C ve D tipi ayaklar bu hedef çalışma derinliğine ulaşabilmiştir. Ayrıca, hiçbir gömücü ayak ve bağlantı kolu kombinasyonu ile 75 mm hedef derinliğe nüfuz

edememiştir. Hedef çalışma derinliğine optimum ayak göğüs açısı $22,5^0$ - 90^0 aralığında tutulmasına rağmen gerçekleşmemiştir.

Çizi kenarı penetrasyon direncine ilişkin sonuçlarda, 0-5 cm derinlikte en düşük değer 0,75 MPa ile E tipi gömücü ayak ve sabit bağlantı kolu ve en yüksek değer ise 1,15 MPa ile B tipi ayak ve yaylı bağlantı kolu ile elde edilmiştir. 5-10 cm ölçüm derinliğinde en düşük penetrasyon direnci 0,86 MPa ile E tipi ayak ve sabit bağlantı kolunda ve en yüksek değer ise 1,48 MPa ile A tipi ayak ve sabit bağlantı kolunda tespit edilmiştir.

Çizi tabanı penetrasyon direnci ölçümlerinde, 0-5 cm derinlikte en düşük değer 0,683 MPa ile C tipi ayak ve sabit bağlantı kolu ve en yüksek değer ise 1,283 MPa ile D tipi ayak ve sabit bağlantı kolu ile çalışmada ortaya çıkmıştır. 5-10 cm ölçüm derinliğinde 1 MPa ile en düşük direnç C tipi ayak ile sabit bağlantı kolu, A tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolu ve E tipi ayak ile sabit bağlantı kolu ile çalışmada ve 1,658 MPa ile en büyük direnç D tipi ayak ile yarı yaylı bağlantı kolu ile çalışmada elde edilmiştir.

Çalışmada, C tipi gömücü ayak ilerleme yönünde etkili olan çeki (Z) kuvveti ihtiyacı ve hedef çalışma derinliğini sağlaması yönünde ortalama bir performans gösterirken, diğer parametrelerde daha iyi performans göstermiştir. İleriye dönük çalışmalarda C tipi ayağın iyileştirilmesi ve tüm parametrelerde verimli hale getirilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, bağlantı kollarının yapısal özelliklerinin iyileştirmesi ile doğrudan ekim makinelerinde C tipi gömücü ayağın performansına olumlu katkı sunması beklenmektedir.

Çalışmada, çapa tip gömücü ayakların geçişi ile çizi bölgesine serilen anız çizinin bir veya iki tarafına doğru atılmıştır. Anızın gömücü ayak performansına etkisini daha detaylı incelemek için iyileştirilmiş C tipi gömücü ayağın uygun bağlantı koluyla bir ekim makinesine monte edilerek tarla koşullarında denenmesi önem arz etmektedir. İleriye dönük çalışmalarda iyileştirilmiş C tipi ayak ile hem kuru, hem de sulu koşullarda ekilen bitkilerin ekim düzgünlüğü, çıkışları ve çizi özellikleri üzerinde durulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aikins, K.A., Antille, D.L., Jensen, T.A., Barr, J.B., Ucgul, M., Desbiolles, J.M.A., 2018. No-tillage tine furrow opener performance: soil-tool-residue interactions, tool geometry and settings. ASABE 2018 Annual International Meeting, USA.
- Akıncı, İ., Sabancı, A., 1994. Toprak işleme Makinaları ile Çalışmada Temel işletmecilik Verileri Üzerinde Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 20-22 Eylül 1994, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fak., Tarım Makinaları Bölümü, Antalya.
- Al-Dousari, A.M., Misak, R. Shahid, S., 2000. Soil compaction and sealing in Al-Sami area, western Kuwait. Land Degradation and Development, 11(5), 401-418.
- Alessi, J., Power, J.F., 1971. Corn emergence in relation to soil temperature and seeding depth. Agron. J., 63, 717-719.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J., 2012. World Agriculture Towards 2030/2050. The 2012 Revision. Rome, [http:// www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf](http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf), (05.03.2013).
- Altay, H. Tok, H. H., 1989. Tarla trafiğinin toprak verimliliği üzerindeki etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 12. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Tekirdağ.
- Altıkat, S., 2011. Doğrudan Ekim Makinelerinde 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.
- Altutaş, E., Özgöz, E., Taser, F., Tekelioğlu, O., 2006. Assesment of different Types Furrow Openers Using a Full Automatic plantert. Asian Jornal of plant Scince, 5(3), 537-542.
- 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.
- Anastasios S.L., Constantinos A.T., Kico V.D., 2005. Tillage Effects on Corn Emergence, Silage Yield, and Labor and Fuel Inputs in Double Cropping with Wheat. Crop Science Society of America, 45 (6), 2523-2528.
- Anonymous, 2006. ASAE Standard EP291.3. Terminology and definitions for soil, tillage and soil-tool relationships. In ASAE standards. 131-134. St. Joseph, MI: ASABE.
- Anonymous, 2011. Save and Grow, a Policymaker's Guide to Sustainable Intensification of Small Holder Crop Production. <http://www.fao.org>, (2011).
- Anonymous, 2013. ASABE Standard S477.1: Terminology for Soil-Engaging Components for Conservation-Tillage Planters, Drills and Seeders. ASABE, St. Joseph, MI.
- Anonymous, 2014. What is conservation agriculture? <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>, (15.05.2018).
- Armin, A., 2014. Mechanics of Soil-Blade Interaction. PhD Thesis, The Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon.

- Baker, C.J. 1976. Experiments relating to techniques for direct drilling of seeds into untilled dead turf. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 21(2), 133-134.
- Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W. R., Chamen, W. C. T., Reicosky, D. C., Ribeiro, M. F. S., Hobbs, P. R., 2007. No-tillage seeding in conservation agriculture. In: Baker, C. J., Saxton, K. E. (Editors), 2nd Edition. Oxford, U.K., CAB International and Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bayhan, Y., Kayisoglu, B., Gonulol, E., Yalcin, H., Sungur, N., 2006. Possibilities of Direct Drilling and Reduced Tillage in Second Crop Silage Corn Article. *Soil and Tillage Research*, 88 (1-2), 1-7.
- Bona, S., Vamerali, T., Mosca, G., 1995. Response of the root system of maize (*Zea mays* L.) to reduction of inputs. *Rivista di Agronomia*, 29 (3), 339–347.
- 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.
- Bueno, J., Hernandez, J.L., Alvarez, M., Amiana, C., 2002. Seeding opener and fertilizer placement in no-tillage silage corn production. In: *Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering*, Budapest, Hungary.
- Busscher, W.J., and Sojka, R.E., 1987. Enhancement of sub soiling effect on soil strength by conservational tillage. *Transactions of the ASAE*, 30(4), 888-892.
- Camp, C. R., Lund, Z. F., 1968. Effect of mechanical impedance on cotton root growth. *Transactions of the ASAE*, 11(2), 188-190.
- Carter, M.R., 1994. A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. *Soil Till. Res.* 31 (4), 289–301.
- Carter, M.R., 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. U.S. Department of Agriculture Agricultural Research Service. *Agron. J*, 94, 10-18.
- Chaudhry, M.A., Baker C.J., Springett, J.A., 1990. Direct drilling (No Till) opener design specifications and soil micro-environmental factors to influence barley seedling establishment in a wet soil. 4.Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiri Kitabı, Adana.
- Chaudhuri, D., 2001. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills—a review. *J. Agric. Eng. Res*, 79 (2), 125–137.
- Chen, Y., Tessier, S. and Irvine, B., 2004. Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till seeding. *Soil and Tillage Research*, 77(2), 147-155.
- Collins, B.A., Fowler, D.B. 1996. Effect of soil characteristics, seeding depth, operating speed, and opener design on draft force during direct seeding. *Soil and Tillage Research*, 39, 199-211.
- 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 makinelerinin performansına etkili faktörler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 101-108.

- Çelik, A., 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., 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 Science*, 18, 226-238.
- Darmora, D.P., Pandey, K.P., 1995. Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertiliser drills. *Soil Till. Res.* 34 (2), 127–139.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, 130 s, Erzurum.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen, L., 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Int J Agric & Biol Eng*, 3(1), 1-24.
- Derpsch, R., Franzluebbers, A.J., Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sa, J.C.M., Weiss, K., 2014. Why do we need to standardize no-tillage research? (Letter to the Editor). *Soil and Tillage Research*, 137(3), 16-22.
- Dilmaç, M., 1976. Bazı toprak işleme aletlerinin karıştırma etkileri üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Ankara.
- Du, B., Bekele, A., Morrison, J.E., 2004. Drill furrow opener effects on wheat and sorghum establishment in no-till fields. *American Society of Agricultural Engineers*, 20(2), 179-185.
- Ekeberg, E., Riley, H.C.F., 1997. Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on morainic loam soil in southeast Norway. *Soil and Tillage Research*, 42, 277–293.
- Ergene, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 267, Erzurum.
- Francetto, T.R., Alonço, A.S., Brandelero, C., Machado, O.D.C., Veit, A.A., 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), 1-10.
- Gebresenbet, G., Joñsson, H., 1992. Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles. *J. Agric. Eng. Res.* 52 (2), 121–145.
- Gill, W.R., Glen, E.V., 1968. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agriculture Handbook No: 316, U.S. Department of Agriculture, Washington, USA.
- Gill, K.S., Aulakh, B.S., 1990. Wheat yield and soil bulk density response to some tillage systems on an oxisol. *Soil Till. Res.*, 18 (1), 37–45.
- Godwin, R.J., Spoor, G., 1977. Soil failure with narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 22, 213–228.
- Godwin, R.J., Spoor, G., Somroo, M.S., 1984. The effect of tine arrangement on soil forces and disturbance. *J. Agric. Eng. Res.*, 29, 47–56.
- Godwin, R.J., O'Dogherty, M.J., 2007. Integrated soil tillage force prediction models. *Journal of Terramechanics*, 44, 3–14.

- Gomez, J.A., Giraldez, J.V., Pastor, M., Fereres, E., 1999. Effects of tillage method on soil physical properties infiltration, and yield in an olive orchard. *Soil and Tillage Research*, 52, 167–175.
- 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.
- Guo, P.Y. and Choudhary, M.A., 1985. Preliminary studies of a modified slot opener for direct drilling seeds. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 13, 85-95.
- 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., 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.
- Hasimu, A., Chen, Y., 2014. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. *Soil Till Res.*, 140, 48-54.
- Heege, H.J. 1993. Seeding methods performance for cereals, rape, and beans. *Transactions of the ASAE*, 36(3), 653-661.
- Hemmat, A., Khashoei, A.A., 2003. Emergence of irrigated cotton in flatland planting in relation to furrow opener type and crust breaking treatments for Cambisols in central Iran. *Soil Till. Res.* 70 (2), 153–162.
- Horn, R., Domzal, H., Jurkiewicz, A.S., Ouwerkerk, C., 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and environment. *Soil and Tillage Research*, 35 (1), 23-36.
- 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., 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.
- Hultgreen, G., 2000. Residue Management. Direct Seeding Manual— A Farming System for the New Millennium. PAMI, SSCA, SAF, Saskatchewan, Canada, 19–26.
- Iqbal, M., Marley, S.J., Erbach, D.C., Kaspar, T.C., 1998. An evaluation of seed furrow smearing. *Transactions of the ASAE*, 41(5), 1243-1248.
- Jafari, R., Raoufat, M.H., 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., 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., Klik, A., 2005. Soil surface roughness measurement-methods, applicability and surface representation. *Catena*, 64(2), 174-192.
- Karaağaç, H.A., Barut, Z.B., 2007. II. Ürün Silajlık Mısır Tarımında Farklı Toprak İşleme ve Ekim Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması, Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, Kahramanmaraş.
- Karayel D., Özmerzi A., 2003. Doğrudan ekim makinalarında kullanılan gömücü ayaklar. I. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, İzmir.
- Karayel, D., Özmerzi, A., 2006. Gömücü ayakların çizi kesit alanı ve toprak kabarmasına etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 279-287.

- Karayel, D., 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.
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., 2018. Global spread of Conservation Agriculture. *International journal of environmental studies*, 1-21.
- Korucu, T., 2002. Çukurova Bölgesi'nde İkinci Ürün Mısırın Doğrudan Ekim Olanaklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Kushwaha, R.L., Vaishnav A.S., Zoerb, G.C., 1983. Shear strength of wheat straw. *Can. Agric. Eng.*, 25, 163-166.
- Kushwaha, R.L., Vaishnav, A.S., Zoerb, G.C., 1986a. Performance of powered-disc coulters under no-till crop residue in the soil bin. *Canadian agricultural engineering*, 28(2), 85-90.
- Kushwaha, R.L., Vaishnav, A.S., Zoerb, G.C., 1986b. Soil Bin Evaluation of Disc Coulters Under No-Till Crop Residue Conditions. *American Society of Agricultural Engineers*, 29, 40-44.
- Lindstrom, M.J., Papendick, R.I., Koehler, F.E., 1976. A model to predict winter wheat emergence as affected by soil temperature, water potential and depth planting. *Agron. J.* 68 (1), 137-141.
- Linke, C., 2006. Development of no-till systems. *Land technique (Agricultural Engineering)*, 61, 312-313.
- Lisowski, A., Klonowski, J., Green, O., Świętochowski, A., Sypula, M., Strużyk, A., Nowakowski, T., Chlebowski, J., Kaminski, J., Kostyra, K., Mieszkalski, L., Lauryn, D., 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.
- Logsdon, S.D., Cambardella, C.A., 2000. Temporal changes in small depth in cremental soil bulk density. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 710-714.
- Logsdon, S.D., Karlen, D.L., 2004. Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. *Soil and Till. Res.*, 78, 143-149.
- Magalhaes, P.S.G., Bianchini, A., Braunbeck, O.A., 2007. Simulated and experimental analyses of a toothed rolling coulters for cutting crop residues. *Bio systems Engineering*, 96(2), 193-200.
- Malaslı, M.Z., 2018. Doğrudan ekim makinelerinde tek diskli tip gömücü ayak açılarının farklı anız koşullarındaki performansı üzerine bir araştırma.. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Erzurum.
- Mahdi, L., Bell, C.J., Ryan, J., 1998. Establishment and yield of wheat (*Triticum turgidum* L.) after early sowing at various depths in a semi-arid Mediterranean environment. *Field Crop Res.*, 58 (3), 187-196.
- McLeod, J.G., Dyck, F.B., Campbell, C.A., Vera, C.L., 1992. Evaluation of four zero-tillage drills equipped with different row openers for seeding winter wheat in the semi-arid prairies. *Soil Till. Res.*, 25 (1), 1-16.
- McNabb, D.H., Startsev, A., Nguyen, H., 2001. Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.*, 65 (4), 1238-1247.

- McVay, K.A., Budde, J.A., Fabrizzi, K., Mikha, M.M., Rice, C.W., Schlegel, A. J., Peterson, D.E., Sweeney, D.W., Thompson, C., 2006. Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 434-438.
- Mirreh, H.F., Ketcheson, J. W., 1972. Influence of soil bulk density and metric pressure on soil resistance to penetration. *Can. J. Soil Sci.*, 52, 477-483.
- Morrison, J.E., Allen, R.R., 1987. Planter and drill requirements for soils with surface residues. Southern Region No-Till Conference Proceedings, College Station, Texas, USA.
- Munir, M. A., Iqbal, M., 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., Basnet, B.B., 2006. Planters and their Components; types, attributes, functional requirements, classification and description. Australian Centre for International Agricultural Research Publication, 121, 178 p, Canberra, Australia.
- Nandede, B.M., Raheman, H., Deore, H.V., 2014. Selection of Suitable Furrow Opener and Furrow Closer for Vegetable Transplanter. *Agricultural mechanization in Asia, Africa, and Latin America*, 45(2), 1-7.
- 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.
- Önal, İ., 1995. Ekim-dikim-gübreleme makinaları. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova, 605 s. İzmir.
- Patterson, D.E., Chamen, W.C.T., Richardson, C. D., 1980. Long-term experiments with tillage systems to improve the economy of cultivations for cereals. *J. Agric. Engng. Res.*, 25, 1-35.
- 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).
- Richard, G., Cousin, I., Sillon, J.F., Bruand, A., Guerif, J., 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. *European J. of Soil Sci.*, 52, 49-58.
- Richard, C., Daniel, V., Murphy, M., Roper, 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, 763-777.
- Riethmuller, G.P., 1995. The influence of seed drill shape size and covering implements on wheat emergence and yield on a sandy clay loam. *Journal of Society for Engineering in Agriculture*, 24 (2), 16-20.
- Sahu, R.K., Raheman, H., 2005. An approach for draft prediction of combination tillage implements in sandy clay loam soil. *Soil & Tillage Research* 90, 145-155.
- Sahu, R.K., Raheman, H., 2006. Draught prediction of agricultural implements using reference tillage tools in sandy clay loam soil. *Biosystems Engineering*, 94(2), 275-284.

- Samiee, S., Rezaei-Moghaddam, K., 2015. The proposed alternative model to predict adoption of innovations: The case of no-till technology in Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 1-10.
- Sanavi Shiri, N., 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., 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.
- Sands, R., Greacen, E., Gerard, C.J., 1979. Compaction of sandy soils in radiate pine forest. I. A penetrometer study. *Aust. J. Soil Res.*, 17, 101-113.
- Sarauski, E., Vaiciukevicius, E., Romaneckas, K., Sakalauskas, A., 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.
- Sartori, L., Peruzzi, A., 1994. The evolution of no-tillage in Italy: a review of the scientific literature. In: Tebru'gge, F., Bo'hrnsen, A. (Eds.), *Experiences with the Applicability of No-Tillage Crop Production in the West European Countries*, Wissenschaftlicher Fachverlag, Giessen, Germany. *Proceedings of the First EC Workshop*. Giessen, Germany, Wissenschaftlicher Fachverlag, Langgo'ns, pp. 119–130.
- Sartori, L., Sandri, R., 1995. Technical and qualitative aspects of three no-tillage row crop planters on large amount of residues. In: Tebru'gge, F., Bo'hrnsen, A. (Eds.), *Experiences with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West European Countries*, Wissenschaftlicher Fachverlag, Giessen, Germany. *Proceedings of the Second EC Workshop*. Silsoe, pp. 171–181.
- Saunders, C., Godwin, R.J., O'Dogherty, M.J., 2000. Prediction of soil forces acting on mould board ploughs. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Soil Dynamics*, Adelaide, Australia.
- Schjonning, P. and Rasmussen, K.J., 2000. Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils. *Soil and Tillage Research*, 57, 69–82.
- Schneider, E.C., Gupta, S.C., 1985. Corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential and aggregate size distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49 (2), 415–422.
- Schulte, R.P.O., Creamer, R.E., Donnellan, T., Niall Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., O'hUallachain, D., 2014. Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*, 38, 45–58.
- 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.
- Shinde, G.U., Badgujar, P.D., Kajale, S.R., 2011. Experimental Analysis of Tillage Tool Shovel Geometry on Soil Disruption by Speed and depth of operation. *International Conference on Environmental and Agriculture Engineering*, Singapore.
- Siemens, M.C., Wilkins, D.E., Correa, R.F., 2004. Development and evaluation of a residue management wheel for hoe-type no-till drills. *American Society of Agricultural Engineers*, 47(2), 397–404.

- Singht, K.K., Colvin, T.S., Erbach, D.C. and Mughal, A.Q., 1992. Tilth Index: An approach to quantifying soil tilth. *Transactions of the ASAE*, 35(6), 1777-1785.
- Smith, L. A., Williford, J.R., 1989. Power requirements of conventional, Triplex, and Parabolic Subsoilers. *Transaction of the ASAE* 31 (6), 1685-1688.
- Solhjou A., Fielke J.M., Desbiolles J.M.A., 2012. Soil translocation by narrow openers with various rake angles. *Bio systems engineering*, 112, 65-73.
- Spoor, G., Godwin, R.J., 1978. An experimental investigation into deep loosening of soil by rigid tines. *Journal of Agric. Engineering Research*, 23(3), 243-258.
- Spoor, G., Fry, R. K., 1983. Soil disturbance generated by deep-working low rake angle narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28(3), 217-234.
- Sutherland, R.A., Busen, J.O., Plondke, D.L., Evans, B.M. and Ziegler, A.D., 2001. Hydrophysical degradation associated with hiking-trailuse: A case study of Hawai'i loo ridge trail, O'ahu, Hawai'i. *Land Degradation and Development*, 12, 71-86.
- Taki, A., Asadi, A., 2008. Development of a direct drill with active openers for using in no-tillage system. In: *Proceedings of the Fifth National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization*, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Tebrügge, F., Böhrnsen, A., 2000. Direct drilling: Opinions of farmers and experts in the EU and Nebraska. *Land technique (Agricultural Engineering)*, 55(1), 17-19.
- Tessier, S., Saxton, K.E., Papendick, R.I., Hyde, G.M., 1991a. Zero-tillage furrow opener effects on seed environment and wheat emergence. *Soil and Tillage Research*, 21, 347-360.
- Tessier, S., Hyde, G.M., Papendick, R.I., Saxton, K.E., 1991b. No-till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence. *Transactions of the ASAE*, 34(3), 733-739.
- 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.
- Tricai, E., Furlani, C.E.A., Bertonha, R.S., Silva, V.F.A., Compagnon, A.M., Cassia, M.T., 2016. Energy demand of furrow openers and corn yield according to the soil disturbance in no till system. *African Journal of Agricultural Research*, 11(17), 1538-1542.
- Troger, H.C.H., Reis, A.V., Machado, A.L.T., Machado, R.L.T., 2012. Analyzing the efforts in furrow openers used in low power planters. *Engenharia Agricola Jaboticabal*, 32(6), 1133-1143.
- Tsegaye, T., Mullins, C.E., 1994. Effects of mechanical impedance on root growth and morphology of two varieties of pea (*Pisum sativum* L.) *New Phytol.*, 126 (4), 707–713.
- Vameralli, T., Bertocco, M., Sartori, L., 2006. Effects of a new wide-sweep opener for no till planter on seed zone properties and root establishment in maize (*Zea mais*, L): A comparison with double disk opener. *Soil and Tillage Research*, 89, 196-209.
- Vanden, A.J., Protz, R., Tomlin, A.D., 1999. Changes in pore structure in a no-till chronosequence of silt loam soils, southern Ontario. *Can. J. Soil Sci.* 79, 149– 160.

- Van Oost, K., Cerdan, O., 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.
- Vomocil, J. A., Chancellor, W. J. 1967. Compressive and tensile failure strengths of three agricultural soils. *Transactions of the ASAE*, 10(6), 0771-0774.
- Whalley, W.R., Dumitru, E., Dexter, A.R., 1995. Biological effects of soil compaction. *Soil and Tillage Research*, 35 (1), 53-68.
- Wilkins, D.E., Muilenburg, G.A., Allmaras, R.R., Johnson, C.E., 1983. Grain-drill opener effects on wheat emergence. *T. ASAE*, 26 (3) 651–655.
- Willatt, S.T., Willis, A.H., 1965. A Study of the Through Formed by The Passage of Tines Through Soil. *Journal of Agric. Engineering Research*, 10(1), 1-4.
- Willatt, S.T., 1986. Root growth of winter barley in a soil compacted by the passage of tractors. *Soil Till. Res.*, 7 (1–2), 41–50.
- Yalcin, H., Cakir, E., 2006. Tillage Effects and Energy Efficiencies of Sub soiling and Direct Seeding in Light Soil on Yield of Second Crop Corn for Silage in Western Turkey. *Soil and Tillage Research*, 90, 250–255.
- Zhang, Y., 2016. On the Mechanics of Disc-Soil-Planter Interaction. MS Thesis, The Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Ali KHATAMI
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Dr. Sheriati Lisesi Zencan/İRAN
Lisans:	İslami Azad Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Reşt/İRAN
Yüksek lisans:	İslami Azad Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Şuşter/İRAN
Doktora:	Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Intermediate
Farsça:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Ziraat ve Tabii Kaynaklar Mühendisleri Kurumu/ İRAN	