

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
2012-DR-007**

**OTOMATİK PAMUK SEYRELTME MAKİNASININ
GELİŞTİRİLMESİ**

Taner AKBAŞ

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN**

AYDIN

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Taner AKBAŞ tarafından hazırlanan “Otomatik Pamuk Seyreltme Makinasının Geliştirilmesi” başlıklı tez, 14.09.2012 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan : Prof.Dr. Cengiz ÖZARSLAN	ADÜ Ziraat Fakültesi
Üye : Prof.Dr. Ergin DURSUN	AÜ Ziraat Fakültesi
Üye : Prof.Dr. İbrahim YALÇIN	ADÜ Ziraat Fakültesi
Üye : Doç.Dr. İsmail BÖĞREKÇİ	ADÜ Mühendislik Fakültesi
Üye : Doç.Dr. Mustafa ÇETİN	ADÜ Ziraat Fakültesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun..... sayılı kararıyla/...../2012 tarihinde onaylanmıştır.

Prof.Dr. Cengiz ÖZARSLAN
Enstitü Müdürü

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

14/09/2012

Taner AKBAŞ

ÖZET

OTOMATİK PAMUK SEYRELTME MAKİNASININ GELİŞTİRİLMESİ

Taner AKBAŞ

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN
2012, 117 sayfa

Ülkemizin tarım ve tarıma dayalı endüstrisi açısından son derece önemli olan pamuk bitkisinin üretiminde, seyreltme işlemi yoğun işgücü gerektiren ve maliyetli bir işlemdir. Bu çalışmada, seyreltme işleminde insan işgücünden tasarruf ederek işlem maliyetini düşürecek bitki algılama sistemine sahip otomatik bir seyreltme makinasının uygulanabilirliğinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, optik algılamalı pnömatik esasa göre çalışan otomatik bir pamuk seyreltme makinasının tasarım ve prototip imalatı gerçekleştirilmiş ve makinanın tarla performansı belirlenmiştir. Makinanın tasarımı ve mukavemet analizleri bilgisayar destekli olarak gerçekleştirildikten sonra imalatı yapılmıştır. Algılama sistemi laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen fonksiyonellik denemelerinden sonra makina üzerine adapte edilmiştir. Prototip makinanın tarla denemelerinde teknik iş başarısı, sıra üzeri dağılım düzgünlüğü ve seyreltme başarısı değerleri 3 farklı hız (0.23, 0.58, 0.84 m/s) ve 3 farklı ekim mesafesi (5.8, 7.1, 9.8 cm) koşullarında belirlenmiştir. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre oluşturulan parsellerde gerçekleştirilmiştir.

Tarla denemeleri neticesinde elde edilen bulgulara göre makinanın en yüksek teknik iş başarısı değerine 0.84 m/s ilerleme hızı ve 9.8 cm sıra üzeri ekim mesafesinde, en yüksek seyreltme başarısına ise 0.23 m/s ilerleme hızı ve 9.8 cm sıra üzeri ekim mesafelerinde ulaştığı görülmüştür. Kabul edilen 70000 bitki/ha güvenilir sıklık değeri de dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler, makinanın en uygun çalışma koşullarının 0.58 m/s ilerleme hızı ve 7.1 cm sıra üzeri ekim mesafesi olduğunu göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Pamuk, seyreltme, seyreltme makinası, otomatik kontrol.

ABSTRACT**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED COTTON THINNING MACHINERY**

Taner AKBAŞ

Ph.D. Thesis, Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN

2012, 117 pages

Thinning is the labor intensive and high cost process of cotton plant cultivation. The cotton is one of the most important products of agriculture and agro-based industry in our country. In this study, the applicability of an automated cotton thinning machinery which will save human labor and reduce process costs based on plant sensing has been carried out. According to this purpose the design and prototype of an automated cotton thinning machinery based on optical sensing and pneumatic control have been conducted. Field performance of the machine was determined. The design and strength analysis of the proposed machine was performed using Computer-Aided Design techniques then the prototype of the proposed machine was manufactured. All systems were integrated after the functionality tests of the sensing system carried out under laboratory conditions.

In the field experiments, work efficiencies, uniformity of distribution and thinning efficiency have been determined for three different forward velocities (0.23, 0.58, 0.84 m/s) and three different planting distances (5.8, 7.1, 9.8 cm). Field experiments were carried out on parcels using randomized block design. The results from field experiments showed that the highest work efficiency for the automated cotton thinner was determined at 0.84 m/s forward velocity and 9.8 cm inter-row sowing distance. The highest success of thinning was obtained at 0.23 m/s forward velocity and 9.8 cm of inter-row sowing distance. It was observed from the results optimal working conditions of the machine are at 0.58 m/s forward velocity and 7.1 cm inter row sowing distance for the reliable plant density value of 70000 plants/ha in an acceptable range.

Key words: Cotton, thinning, thinning machinery, automatic control.

TEŞEKKÜR

“Otomatik Pamuk Seyreltme Makinasının Geliştirilmesi” başlıklı Doktora tez çalışmamın belirlenmesi, yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında değerli görüş, öneri ve katkılarından dolayı değerli hocam Sayın Prof.Dr. Cengiz ÖZARSLAN’a, işletmecilik ve yetiştiricilik konusundaki tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Prof.Dr. İbrahim YALÇIN’a, elektronik algılama konusunda değerli destek ve katkılarından dolayı sayın hocam Doç.Dr. İsmail BÖĞREKÇİ’ye, otomasyon ve kontrol sistemleri ile ilgili desteklerinden dolayı Celal Bayar Üniversitesi Turgutlu Meslek Yüksekokulu öğretim üyesi sayın hocam Doç.Dr. Sezai TAŞKIN’a, tez çalışmamı maddi olarak destekleyen ADÜ Araştırma Fon Saymanlığına, adlarını burada yazamadığım değerli arkadaşlarıma, arazi denemelerinin kurulması ve yürütülmesinde bana olanak sağlayan başta Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı olmak üzere tüm fakülte ve çiftlik personeline, tez çalışmam süresince göstermiş oldukları anlayıştan dolayı ADÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü öğretim elemanlarına, arazi denemelerimde kullanmış olduğum tezime konu prototip makinanın imalatındaki destek ve yardımlarından dolayı ALPLER Ziraat Aletleri San. A.Ş.’ye, bana vermiş oldukları emeklerinden dolayı değerli aileme, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı sevgili eşime sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
SİMGELER DİZİNİ	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
EKLER DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Seyreltme Tekniği ve Makinaları	5
1.1.1 Sıraya Dik Çalışan Kör Seyreltme Makinaları	6
1.1.2 Sıraya Paralel Çalışan Kör Seyreltme Makinaları	7
1.1.2.1 Döner bıçaklı seyreltme makinaları	7
1.1.2.2 Bıçağı salınan seyreltme makinaları	8
1.1.3 Kertikli Diskli Seyreltme Makinaları	10
1.1.4 Elektronik Kumandalı Tekleme Makinaları	10
1.1.4.1 Önden duyargalı elektronik tekleme makinası	11
1.1.4.2 Arkadan duyargalı elektronik tekleme makinası	12
1.1.4.3 Oynak bıçaklı seyreltme makinası	12
1.1.4.4 Temassız algılamalı seyreltme makinaları	14
1.2 Çalışmanın Amacı	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1 Materyal	23
3.1.1 Algılama Sistemi	23
3.1.1.1 Karanlık oda	24
3.1.1.2 PDA ve devre kartı	24
3.1.1.3 Işık kaynağı (LED)	27
3.1.1.4 Encoder	29
3.1.2 Data Kazanım ve Kontrol	30
3.1.2.1 Data kazanım kartı (DAQ)	30

3.1.2.2 Dizüstü bilgisayar	33
3.1.2.3 Bilgisayar yazılımı	34
3.1.2.4 Kontrol kartı	38
3.1.3 Güç Kaynağı	39
3.1.3.1 Tam sinüs inverter	39
3.1.3.2 Jeneratör	40
3.1.4 Pnömatik Sistem	40
3.1.4.1 Kompresör	42
3.1.4.2 Pnömatik selenoid valf	42
3.1.4.3 Pnömatik silindir	43
3.1.4.4 Seyreltme bıçağı	43
3.1.5 Çatı	44
3.1.6 Traktör	45
3.1.7 Deneme Yeri ve Özellikleri	46
3.1.7.1 Toprak özellikleri	47
3.1.7.2 İklim özellikleri	47
3.1.8 Bitkisel Materyal	48
3.1.9 Pnömatik Hassas Ekim Makinası	49
3.1.10 Denemelerde Kullanılan Ölçüm Araçları	49
3.1.10.1 El dinamometresi	49
3.1.10.2 Kronometre	50
3.1.10.3 Çelik şerit metre	50
3.2 Yöntem	51
3.2.1. Prototip Makinanın Tasarımı	53
3.2.1.1 Çatı tasarımı	53
3.2.1.2 Seyreltme ünitesi tasarımı	59
3.2.1.3 Pnömatik sistem tasarımı	66
3.2.2 Prototip Makinanın İmalatı	69
3.2.3 Laboratuvar Denemeleri	70
3.2.4 Tarla Denemeleri	71
3.2.4.1 Gerçek çalışma hızı ve patinajın belirlenmesi	73
3.2.4.2 Elle seyreltme süresinin ölçülmesi	74
3.2.4.3 Teknik iş başarısının belirlenmesi	75
3.2.4.4 Bitki dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi	75
3.2.4.5 Seyreltme başarısının belirlenmesi	76
3.2.5 İstatistiki Değerlendirme	78

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	79
4.1 Hız, Patinaj ve Teknik İş Başarısı	79
4.2 Bitki Dağılım Düzensizliği	82
4.3 Seyreltme Başarısı.....	86
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	93
KAYNAKLAR	97
EKLER.....	104
ÖZGEÇMİŞ	116

SİMGELER DİZİNİ

A	Silindirin etkili kesit alanı (m ²)
b	Blok mesafesi (mm)
b _e	Alet veya makinanın efektif (gerçek) iş genişliği (m)
CV	Varyasyon katsayısı (%)
d _d	Düz dişli yarıçapı (m)
D _d	Düz dişli etkili çapı (cm)
D _k	Piston kolu (rod) çapı (m)
D _p	Piston çapı (m)
F _f	Alet veya makinanın teknik iş başarısı (ha/h)
F ₁	Piston itme kuvveti (N)
F ₂	Bıçağa etkiyen kuvvet (N)
h	Bıçakların maksimum iş derinliği (mm)
L	Ölçüm uzunluğu (m)
L _ç	Seyreltme bıçağının konstrüktif kesme genişliği (mm)
L _b	Bıçak kolu uzunluğu (m)
L _k	Kramayer etkili diş uzunluğu (cm)
n	Bitki sayısı
n _p	Strok sayısı (strok/min)
P	Basınç (N/m ²)
q	Piston strokunun her santimetresi için gerekli hava miktarı (L)
Q	Silindir hava tüketimi (L/min)
r	Bıçak uzunluğu (mm)
SD	Standart sapma
S ²	Varyans
S _t	Toprakta oluşan sinüzoidal hareketin genişliği
S _p	Piston stroku (cm)
t	Ölçülen zamanların aritmetik ortalaması (s)
V _e	Gerçek çalışma hızı (km/h)
V _t	Teorik hız (km/h)
x _i	Sıra üzeri mesafe
x _o	Ortalama sıra üzeri mesafe
β	Salınım açısı
η	Teorik seyreltme etki derecesi
η _p	Verim
δ	Patinaj (%)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ege Bölgesi'nde yıllara göre kütlü pamuk ekim alanları (ha)	5
Şekil 1.2. Seyreltme makinaları ile seyreltme tekniği.....	6
Şekil 1.3. Sıraya dik çalışan seyreltme makinasında bıçak ayarı.....	6
Şekil 1.4. Döner bıçaklı seyreltme makinası.....	7
Şekil 1.5. Sarkaçlı bıçaklı seyreltme makinası.....	8
Şekil 1.6. Yatay salınlı seyreltme makinası	8
Şekil 1.7. Bıçağı salınan seyreltme makinasında uygun bıçak tahrik mekanizması.....	9
Şekil 1.8. Salınım hareketli seyreltme bıçaklarının topraktaki hareket diyagramı	9
Şekil 1.9. Blok seyreltme Eversman seyreltme makinası.....	10
Şekil 1.10. Önden duyarlı elektronik tekleme makinası.....	11
Şekil 1.11. Arkadan duyarlı elektronik tekleme makinası	12
Şekil 1.12. Oynak bıçaklı seyreltme makinası	13
Şekil 1.13. Temassız algılamalı seyreltme makinası.....	14
Şekil 3.1. Prototip seyreltme makinasının genel görünüşü (1. Karanlık oda, 2. Pnömatik silindir, 3. Seyreltme organı, 4. Encoder, 5. Kompresör, 6. Jeneratör).....	23
Şekil 3.2. Karanlık odanın alttan ve üstten görünüşü.....	24
Şekil 3.3. Çeşitli foto diyotlar	25
Şekil 3.4. Foto diyotun yapısı ve sembolü	25
Şekil 3.5. 225-2525 nm dalga boylarında taze ve kurutulmuş bitkilerde soğurma	26
Şekil 3.6. 225-2525 nm dalga boylarında yaş ve kurutulmuş toprakta soğurma	26
Şekil 3.7. Si photodiode array (S4111-16R)	27
Şekil 3.8. PDA devre kartı (C9004) ve devre şeması.....	27
Şekil 3.9. Karanlık odanın aydınlatılmasında kullanılan ışık kaynakları (LED)	28
Şekil 3.10. Rotary Encoder	29
Şekil 3.11. Encoder bağlantı şekli.....	30
Şekil 3.12. Data kazanım kartı (NI USB-6229)	31
Şekil 3.13. Sistemde kullanılan dizüstü bilgisayar.....	34
Şekil 3.14. Bilgisayarın traktör kabini içerisine yerleşimi	34
Şekil 3.15. Kullanılan bilgisayar programı açılış ekranı	35
Şekil 3.16. Sistemin çalışma algoritması	36
Şekil 3.17. LabVIEW yazılımına ait kullanıcı arayüzü (front panel)	37
Şekil 3.18. LabVIEW yazılımına ait örnek blok diyagramlar.....	37
Şekil 3.19. Valflerin kontrolünde kullanılan kontrol kartı ve bağlantı şeması....	38
Şekil 3.20. Tam sinüs inverter.....	39
Şekil 3.21. Jeneratör	40
Şekil 3.22. Festo Fluid Sim 4.2 demo versiyon arayüzü.....	41
Şekil 3.23. Pnömatik devre şeması	41
Şekil 3.24. Kompresör.....	42
Şekil 3.25. Pnömatik selenoid valf.....	42
Şekil 3.26. Çift kollu-çift etkili pnömatik silindir	43
Şekil 3.27. Seyreltme bıçağı ve kesit görünüşü	44

Şekil 3.28. Ön ve arka çatı bağlantı şekli	45
Şekil 3.29. Tarla denemelerinde kullanılan traktör	45
Şekil 3.30. Deneme arazisine ait uydu fotoğrafı.....	47
Şekil 3.31. Denemelerde kullanılan pnömatik hassas ekim makinası	49
Şekil 3.32. Dijital el dinamometresi Lutron FG-5020.....	50
Şekil 3.33. Zaman ölçümünde kullanılan dijital kronometre	50
Şekil 3.34. Makina çalışma ilkesi.....	52
Şekil 3.35. Sıra üzeri bitki dağılımı	52
Şekil 3.36. Prototip makinanın bilgisayar destekli tasarımı	53
Şekil 3.37. Çatı, üç nokta askı sistemi üç boyutlu görünüşü	57
Şekil 3.38. Çatı sonlu elemanlar ağı	57
Şekil 3.39. Çatı yer değiştirme analizi.....	58
Şekil 3.40. Çatı gerilme analizi	58
Şekil 3.41. Çatı emniyet katsayısı analizi.....	59
Şekil 3.42. Bıçak direncinin ölçülmesi.....	60
Şekil 3.43. Seyreltme bıçağı salınım açısı tespiti	60
Şekil 3.44. Düz alın dişli–kramayer çifti	61
Şekil 3.45. Düz alın dişli–kramayer çifti kurs mesafesinin belirlenmesi	61
Şekil 3.46. Seyreltme ünitesinin üç boyutlu görünüşü (a: önden görünüş, b: arkadan görünüş)	62
Şekil 3.47. Seyreltme organı sonlu elemanlar ağı	63
Şekil 3.48. Bıçak kolu yer değiştirme analizi	64
Şekil 3.49. Bıçak kolu gerilme analizi.....	64
Şekil 3.50. Bıçak kolu emniyet katsayısı analizi	65
Şekil 3.51. Seyreltme ünitesinin makine üzerine konumlandırılması	66
Şekil 3.52. Çift kollu–çift etkili pnömatik silindire etkiyen kuvvetler	68
Şekil 3.53. Prototip makinanın imalat aşamaları	70
Şekil 3.54. Laboratuvar denemeleri.....	71
Şekil 3.55. Tarla deneme planı	72
Şekil 3.56. Tarla denemesi	73
Şekil 3.57. El ile seyreltme.....	75
Şekil 3.58. Bitkilerin konumlarının belirlenmesi	78
Şekil 4.1. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayısı değişimi	84
Şekil 4.2. Sıra üzeri mesafesinin seyreltme öncesi ve sonrası değişimi	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya pamuk ekim alanları (1000 ha).....	3
Çizelge 1.2. Dünya pamuk üretimi (1000 Ton-Lif)	3
Çizelge 1.3. Ege Bölgesi kütlü pamuk ekim alanı ve rekolte bilgileri	4
Çizelge 3.1. PDA teknik özellikleri	27
Çizelge 3.2. Koyo TRD-J50-RZ Rotary Encodere ait teknik özellikler	29
Çizelge 3.3. Data kazanım kartına ait teknik özellikler	31
Çizelge 3.4. LGE500 dizüstü bilgisayarın teknik özellikleri	33
Çizelge 3.5. Tam sinüs inverter teknik özellikler.....	39
Çizelge 3.6. Pnömatik selenoid valfe ait teknik özellikler.....	43
Çizelge 3.7. New Holland TD95D teknik özellikler.....	46
Çizelge 3.8. Deneme arazisine ait toprak analiz sonuçları.....	47
Çizelge 3.9. Aydın ili 2010 yılı ve çok yıllık ortalama (1975–2010) aylık sıcaklık (°C), yağış (kg/m ²), güneşlenme süresi (saat) değerleri	48
Çizelge 3.10. Denemelerde kullanılan pamuk çeşidine ait karakteristikler	48
Çizelge 3.11. Piston kolunda kullanılan çeliğe ait kimyasal bileşim (%)	66
Çizelge 3.12. Pnömatik silindirlerde hava sarfiyatı tablosu (q)	69
Çizelge 3.13. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki konumlarını gösteren örnek çizelge	77
Çizelge 4.1. Tarla deneme planı kodlaması	80
Çizelge 4.2. Hız, patinaj ve teknik iş başarısı değerleri	81
Çizelge 4.3. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayıları ile seyreltilen bitki oranları	83
Çizelge 4.4. Seyreltme öncesi ve sonrası sıra üzeri bitki mesafeleri	85
Çizelge 4.5. Seyreltme başarısı	87
Çizelge 4.6. Sıra üzeri ekim mesafesi gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları	88
Çizelge 4.7. Hız gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları.....	89
Çizelge 4.8. Uygun sıra üzeri ekim mesafesi ve hız gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları	90
Çizelge 4.9. Sıra üzeri ekim mesafesi gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları	91
Çizelge 4.10. Hız gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları.....	92
Çizelge 4.11. Uygun sıra üzeri ekim mesafesi ve hız gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları	92

EKLER DİZİNİ

EK-1. Pnömatik sisteme ilişkin hesaplama sonuçları.....	104
EK-2. Prototip makinaya ait bazı teknik ölçüler	105
EK-3. Prototip makinaya ait bazı teknik ölçüler	106
EK-4. Prototip makinaya ait perspektif çizim	107
EK-5. Seyreltme ünitesine ait bazı teknik ölçüler (önden görünüş).....	108
EK-6. Seyreltme ünitesine ait bazı teknik ölçüler (arkadan görünüş).....	109
EK-7. Seyreltme ünitesine ait bazı teknik ölçüler (yandan görünüş).....	110
EK-8. Seyreltme ünitesine ait perspektif çizim.....	111
EK-9. Seyreltilen bitki oranı üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi.....	112
EK-10. Seyreltme sonrası bitki sayısının (BS) üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi.....	113
EK-11. Seyreltme sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafesinin (DS) üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi	114
EK-12. Seyreltme başarısı üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi.....	115

1.GİRİŞ

Pamuk, tekstilden barut ve film malzemesi yapımına kadar 50 çeşit sanayi koluna hammadde sağlayan en önemli tarımsal ürünlerden birisi olarak, lifi ile tekstil, tohumu ile yağ, küspesi ile yem sanayinin önemli hammaddelerinden birisini oluşturmaktadır (Özkan ve Kaya, 2002).

Dünyada sınırlı sayıda ülkenin ekolojisi pamuk tarımına uygun olduğundan, dünya üretiminin %80'ine yakını Türkiye'nin de içinde bulunduğu az sayıda ülke tarafından üretilmektedir (Anonim, 2010a).

Pamuk bir sıcak iklim bitkisidir ve yazlık olarak yetiştirilmektedir. Yetiştirme süresi 150–200 gün arasında değişmektedir. Pamuğun ekildiği ve hasat edildiği devrelerde aylık ortalama sıcaklığın 15°C'nin altına düşmemesi gerekmektedir. Yıllık yağış gereksinimi 500–700 mm olmasına karşın yetiştirme dönemi kurak olduğundan mutlak suretle sulama gerekli olmaktadır. Pamuk çimlenme yönünden oldukça hassas olup, çimlenme sırasında 5 cm'lik toprak tabakasında 13–15 °C sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca toprakta yeterli nemin de bulunması gerekmektedir. Ekimden itibaren çimlenme sonuçlanıncaya kadar yağış isteği yoktur. Yağışlar toprak yüzeyinde çimlenmeyi önleyen bir kaymak tabakası oluşturursa bu tabakanın bitkilere zarar vermeden kırılması gerekmektedir. Pamuk ekiminde genellikle 1000 tane ağırlığı 800–1200 g olan tohumluktan dekara 4–5 kg kullanılmaktadır. Bu durumda istenenden daha sık bitki bulunmaktadır. Fazla bitkiler en az 4 yapraklı fidecik durumundayken seyreltilmekte ve sıra araları çapalanmaktadır. Bitki gelişimi arttıkça çapalamaya devam edilmekte ve yabancı ot mücadelesi yapılmaktadır (Algan, 2002).

Ülkemizde yetiştirilen önemli stratejik ürünlerden olan pamuk yetiştiriciliğinde, birim alanda bulunan bitki sayısı, verime etkili unsurlardan birisidir. Teorik olarak, ekilen tohumların hepsinin çimlenip bir bitki meydana getirmesi durumunda yüksek ekim normlarında çalışmaya gerek kalmayıp, örneğin 20 cm sıra üzeri ve 70 cm sıra aralığı için yaklaşık olarak 650 g/da pamuk ekim normu yeterli olmaktadır. Fakat teorik olarak hesaplanan bu değer ancak %100 tarla filiz çıkış derecesi koşulları için söz konusu olup uygulamada bu durum geçerli olmamaktadır. Tohumluğun kalitesine, iklim koşullarına, zararlılara, tohum yatağı hazırlama tekniğine, toprak çeşidine, nem vb. faktörlere bağlı olarak tarla filiz çıkış derecesi farklılıklar göstermektedir. Bu durum üreticiyi daha yüksek ekim

normlarında çalışarak tarlada rezerv bitki bulundurmaya sevk etmekte ve bu şekilde ekimdeki riskin azaltılması sağlanmaktadır. Buna karşın yüksek ekim normlarında çalışmadan dolayı filizlenmeden sonra tarlada oluşan fazla bitki rezervini seyreltme ve tekleme işlemiyle uygun değerlere indirme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Önal, 1977; Özarıslan ve Yalçın, 2004).

Uluslararası Pamuk Danışma Kurulu'nun 2005–2012 arası 7 yıllık dönemin verileri incelendiğinde; dünyada ortalama 33 milyon hektar alanda pamuk ekimi yapıldığı ve bu ekimden ortalama 24 milyon ton lif pamuk elde edildiği görülmektedir (Çizelge 1.1, Çizelge 1.2). Dünyada pamuk üretim alanlarının en geniş olduğu ülke Hindistan'dır. Ardından sırasıyla Çin, ABD, Pakistan, Özbekistan ve Brezilya gelmektedir. Dünyada en çok pamuk üreten ilk 8 ülke sırasıyla Çin, Hindistan, ABD, Pakistan, Brezilya, Avustralya, Özbekistan ve Türkiye'dir. Tüketimde ise; ilk üç sırayı yine Çin, Hindistan ve Pakistan almakta, onları sırasıyla Türkiye, ABD ve Brezilya izlemektedir. Son 10 yılda birim alandan elde edilen verimlerin ortalamasına göre ilk yedi ülke Avustralya, İsrail, Türkiye, Brezilya, Suriye, Çin ve Meksika'dır. 2009–2010 döneminde dünya genelinde pamuk tüketiminin tekrar yükselişe geçmesi sonucu dünya stokları gerilemeye başlamış ve pamuk fiyatlarında artış yaşanmıştır. Yaşanan artış ve bir önceki sene elde edilen yüksek verimin etkisiyle 2010–2011 sezonunda pamuk ekim alanları genişlemiştir (Anonim, 2012a).

Ülkemizde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden sonra, Ege Bölgesi en fazla üretim alanına sahip bölgemiz olup en kaliteli pamuklar bu bölgemizde yetiştirilmektedir (Özkan ve Kaya, 2002). Son yıllarda özellikle önemli pamuk üretimi yapılan Ege ve Çukurova bölgelerinde gerek ürün fiyatlarının düşük ve girdi fiyatlarının yüksek, gerekse üreticinin üretim yapabileceği alternatif ürün çeşitliliğinin fazla olması ve ABD gibi ülkelerin uyguladığı politikalar sonucu dünya fiyatlarıyla rekabet edilememesi ve pamuk ekim alanlarında başka alternatif ürünlerin tercih edilmesi üreticinin, üretimi ve hasadı nispeten daha uğraştırıcı olan pamuk üretimine geri dönmeye istekli davranmaması gibi diğer çeşitli faktörlerin de etkisiyle üretim düşmüştür (Çizelge 1.3 ve Şekil 1.1). Buna karşın makinalı hasadın yaygınlaşması ve uygulanacak olan destekleme politikalarıyla bu alanların önümüzdeki yıllarda artış göstereceği tahmin edilmektedir.

Çizelge 1.1. Dünya pamuk ekim alanları (1000 ha) (Anonim, 2012a)

Ülkeler	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12*
Hindistan	9 144	9 439	9 373	10 120	11 142	12 191
Çin	6 199	6 317	6 317	5 419	5 166	5 528
ABD	5 152	4 245	3 063	3 112	4 330	3 945
Pakistan	3 075	3 055	2 850	3 110	2 800	3 000
Özbekistan	1 432	1 450	1 391	1 317	1 330	1 316
Brezilya	1 097	1 077	840	836	1 400	1 407
Türkmenistan	600	642	674	607	550	550
Burkina Faso	716	407	466	420	374	426
Arjantin	400	304	285	430	550	530
Tanzanya	409	450	400	348	460	500
Türkiye	630	500	365	280	380	475
Myanmar	310	310	310	310	349	349
Zimbabve	400	308	375	340	390	470
Diğer	5126	4332	3947	3644	4109	5433
DÜNYA	34 690	32 836	30 656	30 293	33 330	36 120

(*) Tahmin

Çizelge 1.2. Dünya pamuk üretimi (1000 Ton-Lif) (Anonim, 2012a)

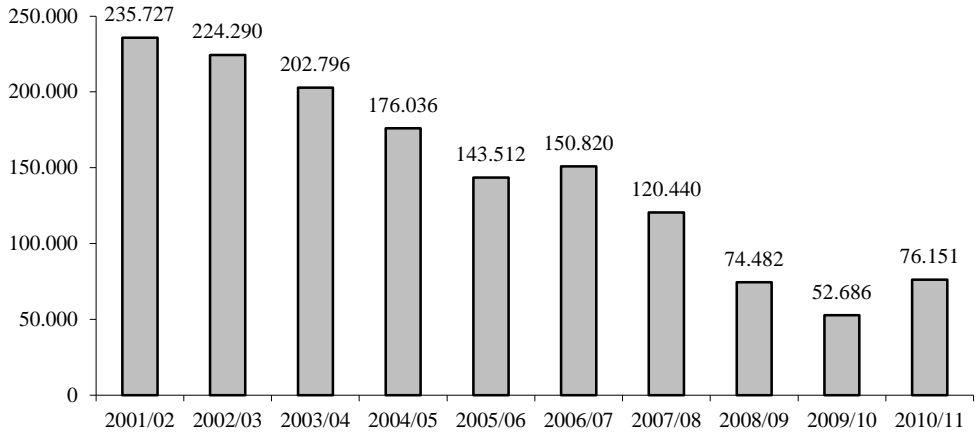
Ülkeler	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12(*)
Çin	7729	8056	7991	6967	6641	7294
Hindistan	4746	5225	4921	5182	5748	5879
ABD	4700	4182	2790	2654	3942	3413
Pakistan	2155	1872	1894	2090	1916	2264
Brezilya	1524	1602	1193	1187	1960	1960
Avustralya	294	139	327	386	914	1089
Özbekistan	1165	1165	1002	849	893	914
Türkiye	849	675	457	380	488	500
Diğer	4258	3144	2826	2642	2855	3543
DÜNYA	26 573	26 061	23 400	22 337	25 356	26 855

(*) Tahmin

Çizelge 1.3. Ege Bölgesi kütlü pamuk ekim alanı ve rekolte bilgileri
(Anonim, 2011a)

İller		2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
Ekim Alanı (ha)	Aydın	65916	52115	61805	54869	44156	35889	49479
	Balıkesir	4263	2575	1894	1249	443	338	379
	Bursa	500	510	500	50	50	40	25
	Çanakkale	3670	2860	2340	1690	496	271	112
	Denizli	13401	11600	12269	8223	3664	2698	3703
	İzmir	50110	40336	41452	34456	20413	10549	19825
	Manisa	28575	24642	22610	15050	3486	1913	1840
	Muğla	9601	8874	7950	4853	1774	988	788
	Ege Bölgesi	176036	143512	150820	120440	74482	52686	76151
Kütlü Pamuk Üretimi (ton)	Aydın	230535	177582	222172	171578	145070	132025	155827
	Balıkesir	8870	6103	5089	3136	1337	903	1033
	Bursa	500	600	500	50	95	36	23
	Çanakkale	10181	6910	5181	3828	1119	593	282
	Denizli	47755	39713	44697	28009	12650	10031	12331
	İzmir	182331	143817	149878	113585	69204	38911	63100
	Manisa	101717	83233	78590	47546	12409	7133	5966
	Muğla	32736	29177	27820	16396	6106	3446	2513
	Ege Bölgesi	614625	487135	533925	384128	247990	193078	241075

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki pamukta sıra üzeri çapalamadaki işgücü gereksinimi toplam işgücü gereksiniminin %28-30'u kadardır. Bakım masraflarının üretim masraflarındaki payı ise %20'dir (Önal, 1977). Pamuk hasadında işçilik maliyeti de önemli olup toplam gelirin %20-25'i gibi çok yüksek değerlerde olmaktadır (Demirtaş ve Doğan, 2003). Ayrıca seyreltme ve tekleme işlemleri ile sıra üzeri ot mücadelesinin zamanında yapılmamasının da verim düşüklüğüne sebep olduğu düşünülecek olursa bu işlemlerin ne derece önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.



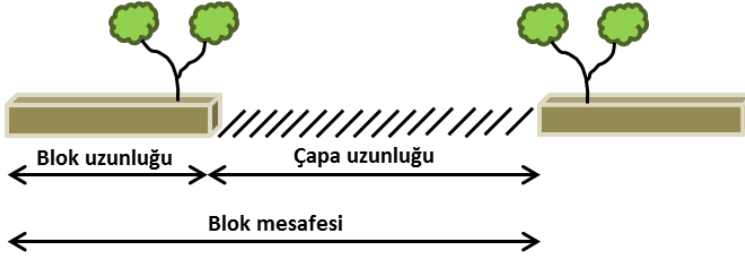
Şekil 1.1. Ege Bölgesi'nde yıllara göre kütlü pamuk ekim alanları (ha) (Anonim, 2011a)

Üreticinin kar oranını artırma yollarından birisi de yapılan masrafların yani girdilerin en aza indirgenmesi olmaktadır. Bu girdilerden önemli bir tanesi de sıra üzeri seyreltme işçiliğidir. Bu iş hem ekonomik hem de fiziksel açıdan son derece yorucu ve pahalı bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle bu dönemde ortaya çıkan yoğun iş gücü gereksinimi nedeni ile sorunlar yaşanmakta, buna bağlı olarak sıra üzeri ve sıra arası çapalama işleminin gecikmesiyle birlikte bitki yaşam alanında meydana gelen daralmayla birlikte yetersiz ve sağlıklı bir bitki gelişimi ortaya çıkmakta ve ürün kayıpları meydana gelmektedir.

1.1. Seyreltme Tekniği ve Makinaları

Bazı çapa bitkilerinde ekim işleminden sonra seyreltme işlemine gerek duyulmamasına karşın (yerfıstığı, mısır gibi) tarla filiz çıkış derecesinin düşük olduğu durumlarda pamuk ve şekerpancarında seyreltmeli üretim tekniği tercih edilmektedir. Buna karşın seyreltme ve teklemede el işçiliğini azaltmaya veya tamamen ortadan kaldırmaya yönelik yoğun çalışmalar olduğu görülmektedir. Seyreltmenin ve ot çapasının zamanında yapılamamasının ürünü ota boğduğu ve verim kayıplarına neden olduğu bilinen bir gerçektir (Önal, 1995).

Makinalı seyreltme işleminde sıra üzeri belli mesafede bloklara ayrılmaktadır. Bu blokların çapa uzunluğu kısmında bulunan bitkiler çapalanırken, blok uzunluğu kısmındaki bitkiler olduğu gibi bırakılmaktadır (Şekil 1.2). Tarlada istenen bitki

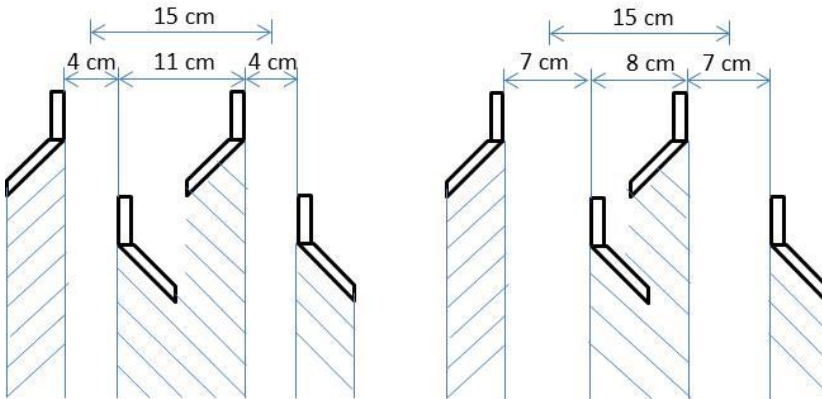


Şekil 1.2. Seyreltme makinaları ile seyreltme tekniği

sayısı kadar blok oluşmaktadır. Oluşturulan bu blokların çoğunda bitki bulunmalıdır. Ekim normunu arttırmak suretiyle her blokta bitki bulunması sağlanabilirse de makinalı seyreltme işleminden sonra düzeltme çapasına gerek duyulması nedeniyle optimum ekim normunun seçilmesine dikkat edilmelidir (Önal, 1995).

1.1.1. Sıraya Dik Çalışan Kör Seyreltme Makinaları

Sıraya dik çalışan seyreltme makinasıyla kör seyreltme işlemi yapılmak istendiğinde, her 15 cm veya 18 cm blok mesafesinde çift bıçak takımı kullanılması gerekmektedir. Şekil 1.3’de görüldüğü gibi sağa ve sola bükük iki bıçaktan oluşan bıçak çiftinin örtme payı dahil konstrüktif iş genişliği 11 cm ise, 15 cm blok mesafesinde 4 cm değerinde işlenmemiş blok uzunluğu bulunmaktadır. 15 cm blok mesafesinde çapalama uzunluğu 8 cm’ye indirildiğinde işlenmemiş blok uzunluğu 7 cm olmaktadır. Sıraya dik çalışan seyreltme makinasında çapa uzunluğu ayarlanarak seyreltme etki derecesi değiştirilebilmektedir (Önal, 1995).



Şekil 1.3. Sıraya dik çalışan seyreltme makinasında bıçak ayarı

1.1.2. Sıraya Paralel Çalışan Kör Seyreltme Makinaları

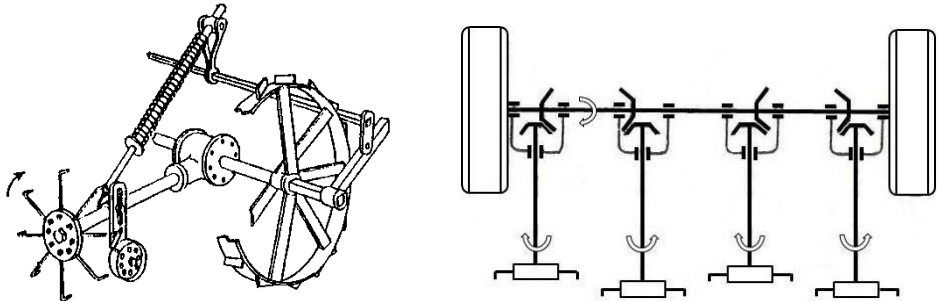
Sıraya paralel olarak çalışan kör seyreltme makinalarıyla sıra üzerinde belirli uzunlukta bloklar oluşturulmaktadır. Sıraya dik olarak veya diyagonal doğrultuda çalışan seyreltme bıçağı ile oluşturulmuş olan bloklardaki bitkiler yok edilmektedir. Bu amaca yönelik olarak geliştirilen seyreltme makinaları; döner bıçaklı seyreltme makinaları ve bıçağı salınan seyreltme makinaları olarak ikiye ayrılmaktadır. Bıçağı salınan seyreltme makinaları da sarkaçlı veya yatay salınımlı tipte olabilmektedir (Önal, 1995).

1.1.2.1. Döner bıçaklı seyreltme makinaları

Döner bıçaklı seyreltme makinaları L tipi veya yaylı bıçaklardan oluşan bir başlık, bıçakların batma derinliğini sabit tutan derinlik ayar tekeri, baskı yayı, tahrik tekeri ve transmisyon sisteminden oluşmaktadır (Şekil 1.4). Döner başlık yerden veya traktör kuyruk milinden tahrik edilmektedir.

Blok mesafesi b (mm), seyreltme bıçağının konstrüktif kesme genişliği L_c (mm) ile gösterilirse, makinanın teorik seyreltme etki derecesi η ondalık cinsinden aşağıdaki gibi formülize edilebilmektedir (Önal, 1995).

$$\eta = L_c/b \quad (1)$$



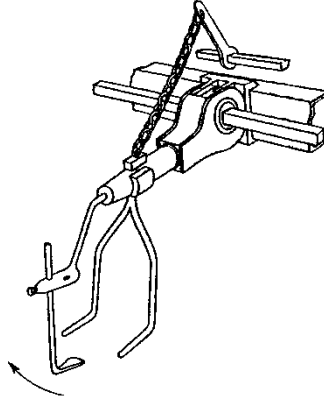
Şekil 1.4. Döner bıçaklı seyreltme makinası

Pratikte etkili bir seyreltme için döner bıçaklı seyreltme makinalarında çapa bıçağının konstrüktif kesme genişliği; 8 bıçaklı başlık için 35-50 mm, 16 başlık için 15-25 mm arasında seçilmektedir (Önal, 1995).

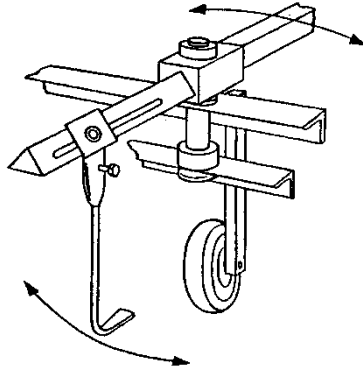
1.1.2.2. Bıçağı salınan seyreltme makinaları

Bıçağı salınan seyreltme makinaları sarkaçlı (Şekil 1.5) veya yatay salınlı tipte olabilmektedir (Şekil 1.6). Her iki tip de traktör kuyruk milinden veya yerden tahrik edilebilmektedir.

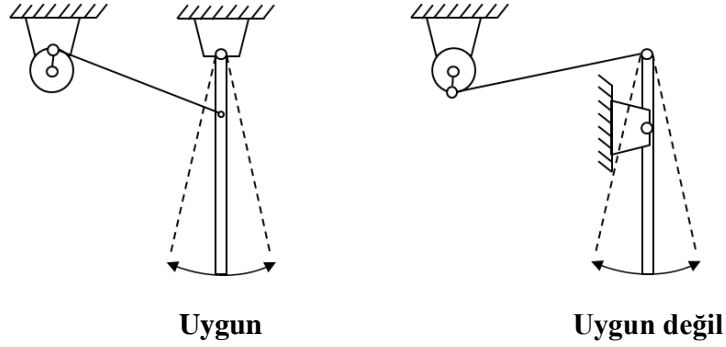
Bu makinalarda seyreltme bıçağının sıradan yana küçük sapmalar yapması halinde seyreltmenin az etkilenmesi için sarkaç tahrikinin Şekil 1.7'deki gibi yapılarak bıçak boyunun uzatılması sağlanmalı, mümkün olduğunca geniş tek bıçak yerine dar çift bıçak kullanılmalıdır (Önal, 1995).



Şekil 1.5. Sarkaçlı bıçaklı seyreltme makinası



Şekil 1.6. Yatay salınlı seyreltme makinası



Şekil 1.7. Bıçağı salınan seyreltme makinasında uygun bıçak tahrik mekanizması

Salınım hareketi yapan bıçakların topraktaki hareket diyagramı Şekil 1.8'de verilmiştir. Toprakta oluşan sinüzoidal hareketin genişliği (Önal, 1995);

$$S_t = 2 \times r \times \sin \beta / 2 \quad (2)$$

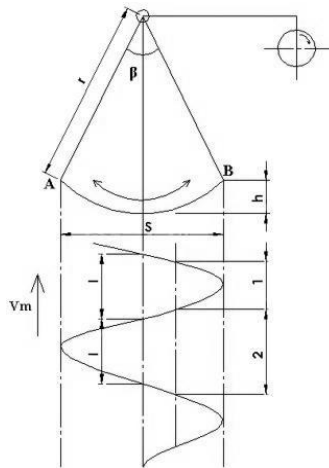
Bıçakların maksimum iş derinliği (Önal, 1995);

$$h = r \times (1 - \cos \frac{\beta}{2}) \quad (3)$$

Burada;

r : Bıçak uzunluğu (mm)

β : Salınım açısı



Şekil 1.8. Salınım hareketli seyreltme bıçaklarının topraktaki hareket diyagramı

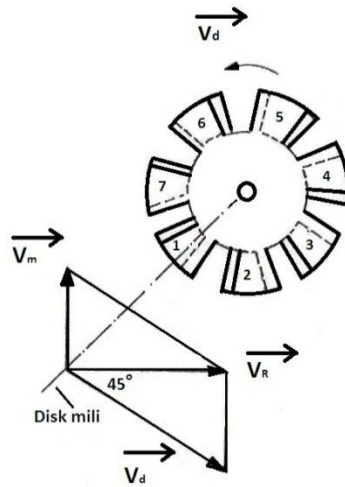
1.1.3. Kertikli Diskli Seyreltme Makinaları

Eversman seyreltme makinası olarak da tanımlanan kertikli diskli seyreltme makinasında sıraya 45° açıyla çapraz konumlandırılmış bir kertikli disk bulunmaktadır (Şekil 1.9). 49 cm çapında ve üzerinde 7 veya 5 kertik bulunan seyreltme diski, hareketini çapı 135 cm olan traktör tekerinin milinden almaktadır. Zincir-dişli sisteminin transmisyon oranı $i=4.03:1$ 'dir (Önal, 1995).

Kertikli diskli seyreltme makinalarında sabit blok mesafesinde çapa uzunluğunun ayarlanmasıyla seyreltme etki derecesi değiştirilebilmektedir. Çapa uzunluğunun ayarlanması üst üste duran aynı ölçülerdeki iki kertikli diskten birinin diğerine göre bir miktar döndürülmesiyle sağlanmaktadır (Önal, 1995).

1.1.4. Elektronik Kumandalı Tekleme Makinaları

Hassas (tek dane) ekim makinalarının ve selektif herbisitlerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte seyreltme ve tekleme işleminde de insan iş gücünü tamamen ortadan kaldıran elektronik kumandalı seçici tekleme makinaları önem kazanmıştır. İlk elektronik kumandalı seçici tekleme makinası 1935 yılında Fransız Ferté tarafından ortaya konmuştur. Bu makinanın temel elemanları; bitkiyi algılamaya yarayan duyurga veya fotodiyotlu ışık odası, elektronik kumanda kutusu ve hidrolik tahrikli çapa organıdır. Elektronik kumanda düzeninin görevi, elektronik duyurganın algılamasına göre çapa organını çalıştırarak sıra üzerindeki



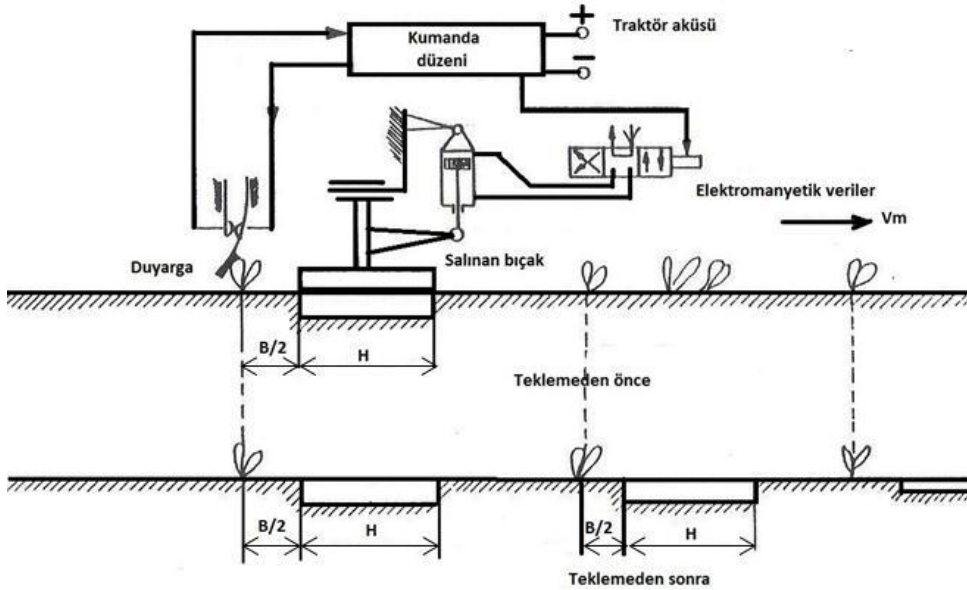
Şekil 1.9. Blok seyrelten Eversman seyreltme makinası

1.1.4.2. Arkadan duyargalı elektronik tekleme makinası

Bu makinalarda çapa organını izleyen elektro-mekanik bir duyarga bulunmaktadır. Duyarga ilk bitkiye rastlayınca hafif geriye doğru esnemek suretiyle mikro anahtar üzerinden elektrik devresini kapatmaktadır. Elektromanyetik valfin elektronik kumanda düzeni aracılığıyla çift etkili hidrolik pistonu harekete geçirmesi ile birlikte çapa organının bir yönde sarkaç hareketi yapması sağlanmaktadır. Bu hareketin tekrarlanmasıyla birlikte çapa ters yönde çapalama işlemini gerçekleştirmektedir. Çapa organı sıra üzerinde bir bitkiye rastlamadıkça yeniden çapalama yapmadığından blok mesafesi değişken olmaktadır. Çapa uzunluğu değişik genişlikte çapalar takılarak değiştirilebilmektedir. Sırada kültür bitkisi içermeyen ancak yabancı ot bulunan uzunca bir boşluk makinanın çalışma prensibi gereği çapalanmayacak olup makinanın olumsuz yanını oluşturmaktadır (Önal, 1995) (Şekil 1.11).

1.1.4.3. Oynak bıçaklı seyreltme makinası

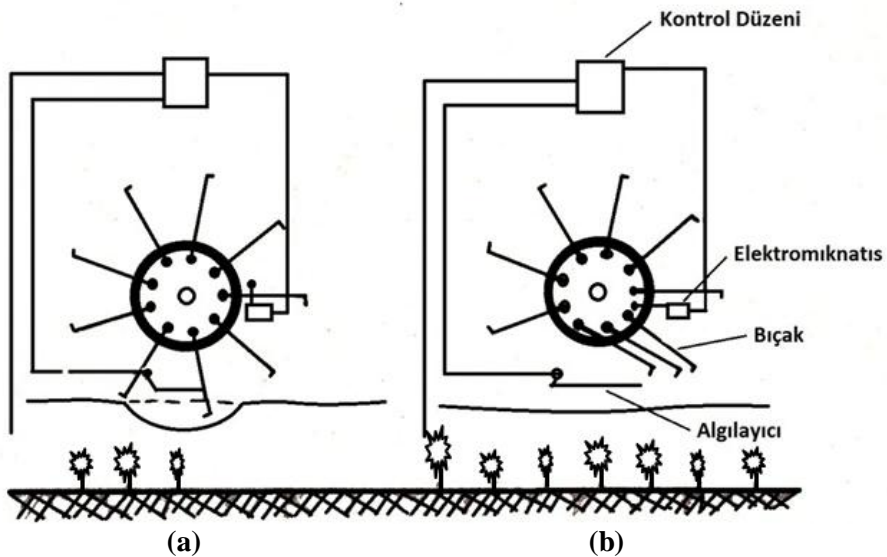
Dönme hareketli organlarla donatılmış bu seyreltme makinasında hareket sürekli olmasına karşın, kesilmemesi gereken bitki üzerinden bıçaklar yana bükülerek, dolayısıyla yukarı kalkarak geçmektedir (Şekil 1.12). Burada algılayıcı, bıçakların



Şekil 1.11. Arkadan duyargalı elektronik tekleme makinası

önüne yerleştirilmiştir ve ilk bitkiye rastladığında kontrol düzenini uyararak bir elektromıknatısın yardımıyla disk üzerindeki ayakların bükülmesini (Şekil 1.12 b) dolayısıyla bitki üzerinden geçmesini sağlamaktadır. Ayarlanan sıra üzeri mesafeye göre bıçaklar, algılayıcının uyarılarından etkilenmeksizin (Şekil 1.12 a) seyreltme işlemini yapmaktadır. Bu uzaklık sonunda algılayıcının ilk rastlayacağı bitki uyarısı ile ayaklar yine yukarı kalkarak istenen aralıklarda sıra üzerinde bitkilerin bırakılması sağlanmaktadır. Bu tip makinalarda algılamanın etkili bir biçimde yapılabilmesi için bitkilerin 3–4 cm'lik bir boya ulaşmış olması gerekmektedir. Ayrıca, tarlada bulunan yabancı otlar da algılamada sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle kontrollü seyreltme makinalarının çalıştırılacağı tarlalarda ekimden önce ya da hemen sonra kimyasal ot mücadelesi yapılması, algılama etkinliği açısından önemli olmaktadır. Böylelikle, makinanın yabancı otu kültür bitkisi varsayarak tarlada bırakması, buna karşın kültür bitkisini de yabancı ot olarak kesmesi önlenmiş olmaktadır (Gökçebay, 1986).

Seyreltme makinalarında güç üniteleri ve akım kaynağı dışındaki organlar her sıra için bağımsız bir ünite şeklinde olup çapa makinalarında olduğu gibi ortak bir taşıma çatısına bağlanarak çekilmektedirler. Bu çatı üzerindeki oturma yerinde oturan bir kişi ünitelerin bitki sıralarını izlemesi için gerekli yönlendirmeyi yapmaktadır (Gökçebay, 1986).



Şekil 1.12. Oynak bıçaklı seyreltme makinası

1.1.4.4. Temassız algılamalı seyreltme makinaları

Bu tip makinaların bir kısmı geliştirme aşamasında olup ticari olarak kullanımları çok yaygın değildir. Bu makinalarda bitkileri algılama işi bir çift optik sensör tarafından gerçekleştirilmektedir. Karşılıklı olarak yerleştirilen sensörlerden bir tanesi alıcı diğeri verici konumundadır ve aralarında sürekli bir ışın akışı vardır. Araya bir cisim girdiği takdirde bu ışın akışı kesilmekte ve bu cisim bitki olarak algılanmaktadır. Sisteme bağlı bulunan bir PLC ve encoder, istenen bitki aralığına bağlı olarak hidrolik silindiri tahrik etmekte ve seyreltme işi gerçekleştirilmektedir. Kullanıcı, kabin içerisinde bulunan bir kontrol paneli vasıtasıyla bu mesafeyi kolayca ayarlayabilmektedir. Makinanın ortalama ilerleme hızı 4 km/h olup bitki yoğunluğuna göre bu hız değişmektedir (Şekil 1.13) (Anonim, 2012b).



Şekil 1.13. Temassız algılamalı seyreltme makinası

1.2. Çalışmanın Amacı

Pamuk üretiminde yorucu ve maliyetli bir işlem olan seyreltme işini hafifletip kritik olan insan işgücünden tasarruf ederek, ülkemizin tarım ve tarıma dayalı endüstrisi açısından son derece önemli olan bu lif bitkisinin ekim alanlarının arttırabilmesi için bir makinanın imal edilip hayata geçirilmesi yararlı görünmektedir. Yapılan bu tez çalışmasında bitki algılama sistemine sahip otomatik bir seyreltme makinasının tasarlanıp imalatının yapılarak yapısal ve işlevsel olarak uygulanabilirliğinin ortaya konması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Önal (1977), yapmış olduğu çalışmada seyreltme ve tekleme yönünden değişik ekim metodlarının matematik-istatistik esaslarını ortaya koymuş ve elde edilen teorik bulgulardan hareketle, ülkemiz koşullarına uygun ve pamuk üretiminde özgül verimi ve kaliteyi düşürmeden seyreltme, tekleme ve sıra üzeri ot mücadelesinde masrafları minimuma indirebilecek metod ve makinaları araştırmış ve çalışmanın sonuçlarından geniş ölçüde faydalanarak prototip bir kör seyreltme ve ara çapa makinası imal ederek bu makinanın performansını tarla denemeleri ile saptamıştır. Deneme sonucunda, prototip seyreltme makinasıyla uygulanan seyreltmede, el çapasıyla yapılan klasik seyreltmeye göre insan işgücünden 13.427 İÇh/da değerinde bir tasarruf sağlandığı görülmüştür.

Özarlan ve Yalçın (2004), yapmış oldukları çalışmada geleneksel seyreltme yöntemine göre iki farklı seyreltme sistemini denemişlerdir. Bunlardan bir tanesi pnömomatik ekim makinasıyla seyrek ekimin arkasından elle seyreltme, diğeri mekanik ekim makinası ile ekim işleminden sonra makinalı seyreltme (sıraya dik çalışan kör seyreltme makinası) sistemleridir. Elde edilen sonuçları çimlenme derecesi, zaman gereksinimi, işlem maliyeti ve ürün verimi açısından karşılaştırmışlardır. İstatistiksel açıdan yapmış oldukları değerlendirmeler neticesinde, çimlenme derecesinin sistemler üzerinde istatistiksel açıdan önemli olmadığını, makinalı seyreltme işlemi yapılan sistemin zaman gereksiniminin ve işlem maliyetinin en düşük olduğunu, aynı zamanda en fazla ürün veriminin de bu sisteme ait olduğunu saptamışlardır.

Benson vd. (2003), yapmış oldukları çalışmada biçerdöver dümenlemesi için bir görüntü işleme algoritması oluşturmuşlar ve bunu mısır hasadında kullanmışlardır. Biçerdöverin ön tarafına yerleştirilen bir kamera ile alınan görüntüler bu algoritma doğrultusunda işlendikten sonra biçerdöverin biçilmiş taraf ile biçilmemiş tarafı ayırt ederek dümenlenmesi sağlanmıştır.

Kise vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada önünde kamera bulunan bir traktör ile bitki bulunan tarlada bitki sırasını belirleyip bitkileri ezmeden otomatik olarak dümenlenmesini sağlayacak bir algoritma üzerinde çalışmışlardır. Oluşturulan algoritma soya ekili bir arazide düz ve eğri bitki sıralarında denenmiş ve sistemin 3 m/s hızda hem düz hem de eğri soya sıralarında 0.05 m sapma ile çalışabildiğini göstermiştir.

Astrand ve Baerveldt (2002), yapmış oldukları çalışmada açık alanda mekanik yabancı ot kontrolü yapan mobil bir robot geliştirmişlerdir. Robotun iki adet görüntü algılama sistemi mevcuttur. Bunlardan birincisi bitki sıralarının yapısını tespit etmeye yarayan ve robota kılavuzluk eden gri seviye görüntü algılama sistemi, ikincisi ise ana bitki ile yabancı otu ayırt etmeye yarayan renkli görüntü algılama sistemidir. Bu sistem aynı zamanda yabancı otu sıradan söken bir çapalama organını da kontrol etmektedir. Sıra takip sistemi için yeni bir algoritma hazırlanmış olup açık alanda yapılan denemelerde robotu ± 2 cm doğrulukla yönlendirdiği görülmüştür. Çalışma aynı zamanda renkli görüntü algılama sistemlerinin tek bir bitkiyi tanımlayıp ana bitkiyi ve yabancı otu ayırt edebileceğini de göstermiştir. Sistemin bir bütün olarak verimli bir şekilde uyum içerisinde çalışabileceği de doğrulanmıştır.

Blasco vd. (2002), yapmış oldukları çalışmada kimyasal kullanmadan yabancı ot mücadelesi yapan bir makina geliştirmişlerdir. Makina, uç kısmında 15000 V gerilim üreten elektrot bulunan bir robot koluna sahiptir. Görüntü algılama sisteminde bulunan kameralar aracılığıyla tespit edilen yabancı ot koordinatları bu robot koluna iletilmekte ve kolun hedef bitki üzerine giderek yüksek gerilim uygulaması sonucu yabancı otu öldürmesi sağlanmaktadır. Makina %84 başarı ile yabancı otu, %99 başarı ile ana bitkiyi tanımış ve 482 ms zamana ihtiyaç duymuştur.

Alchanatis vd. (2005), arazi üzerinde bulunan yabancı otları tespit eden ve değerlendiren bir hiperspektral görüntü algılama sistemini test etmişlerdir. Hiperspektral sistem, bir AOTF (Acousto-optic tunable filters) sensör ve tespit etme algoritmasından oluşmaktadır. Görüntü algılama sistemi, bitki sıraları boyunca hareket eden bir traktör üzerine monte edilmiş ve belirlenen noktalarda durarak görüntüler elde edilmiştir. AOTF sistemi, görülebilir ve NIR spektral bölgede pamuk ve yabancı otların çoklu dalga boyunda görüntülerini almak için kullanılmıştır. Pamuk ve yabancı ot görüntülerini arka plan görüntülerinden ayırt edebilmek için 660 ve 800 nm dalga boyunda iki spektral kanal kullanılmıştır. Lokal histogramlara dayalı güçlü bir istatistiksel algoritma geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu sayede farklı şekillerde ve boyutlarda pamuk bitkisi ve yabancı ot farklı dönemlerde herhangi bir değişiklik yapılmadan algılanabilmiştir. Yabancı ot tespit algoritması bütün görüntülerde ortalama %15 hata ile algılama işlemini gerçekleştirmiştir.

Jafari vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada diskriminant analizi yöntemini kullanarak görüntü verilerinden bitki görüntülerini teşkil eden üç ana komponent (kırmızı, yeşil, mavi) arasındaki ilişkiyi çıkarmışlardır. Diskriminant analizi yöntemine destek olması için farklı ışık koşullarında 300 adet şeker pancarı bitkisi ile 7 çeşit yabancı ot görüntüleri kullanılmış ve diskriminant fonksiyonlarının yabancı ot belirlemede ve farklı bitkileri ayırt etme başarı dereceleri hesaplanmıştır. Güneş ışığında, semizotu hariç diğer bitkiler için %88.5 ve gölgede çit sarmaşığı hariç diğer bitkiler için %88.1 oranında bir sınıflama oranı elde edilmiştir.

Tangwongkit vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada şeker kamışı bitkisi sıra aralarına değişken oranlı herbisit uygulaması yapan bir aplikatör geliştirmişlerdir. Sisteme bağlı bir webcam (640×480 çözünürlükte USB portlu VGA kamera) tarafından yakalanan görüntüler (görüntü yakalama alanı 84×62 cm) yazılım desteğiyle işlenmiş ve yabancı otlar yeşil renk seviyelerine göre sınıflandırılmıştır. Bu yeşil renk seviyeleri dikkate alınarak, ilaçlama makinasının pompası farklı ilaç debisi sağlayacak şekilde çalıştırılmış ve yabancı ot yoğunluğuna göre ilaçlama yapılması sağlanmıştır. İşlem, 5 farklı hız kademesinde (0.46, 0.61, 0.77, 0.92 ve 1.08 m/s) ve 4 farklı yeşil renk seviyesinde başarıyla uygulanmıştır. Görüntü algılama sisteminin yeşil rengi algılama ve analiz hatası %0.31 ve standart sapması (SD)±0.25 olarak bulunmuştur. Bu çalışma, değişken oranlı herbisit uygulamasının kullanılan herbisit miktarını %20.6 oranında düşürebileceğini ortaya koymuştur.

Tillett ve Hague (2006), yapmış oldukları çalışmada görüntü algılama sistemini iki örnek uygulamada test etmişlerdir. Bunlardan birincisi, tahıllarda kullanılan 12 m iş genişliğine sahip 4 m'lik birbirinden bağımsız kontrol edilebilen ve üzerlerinde kamera bulunan 3 üniteden oluşan ara çapa aleti, ikincisi 20 m iş genişliğine sahip hassas bant ilaçlama yapan konvansiyonel bir pülverizatördür. Pülverizatör 4 m'lik yastıklarda 1 m sıra arası ile ekili bulunan brokoli bitkisinde kullanılmıştır. Araştırma neticesinde ara çapa aletinin 10 km/h hızda 10 mm, pülverizatörün ise 12 km/h hızda 22 mm'lik bir sapma ile çalıştıkları saptanmıştır.

Soogard ve Lund (2007), yapmış oldukları çalışmada bitki sırasında bulunan yabancı otlara hassas olarak herbisit verebilen bir robot geliştirmişlerdir. Robot, bitki algılama ve mikro dozajlama özelliklerine sahip bağımsız bir makinadır. Kontrollü laboratuvar koşullarında yapılan denemelerde, yabancı otlar görüntü

algılama sistemi tarafından algılanarak hedef yüzeyler seçilmiş ve mikro dozajlama ünitesi tarafından küçük miktarlarda herbisit hedeflere gönderilmiştir. Denemeler sonunda, 100 bitki/m² baz alınarak sistemin hektar başına 10.5 l sıvı ilaç kullandığı görülmüştür. Bu sonuçla, 100 bitki/m² sıklığında yabancı ot fidesi için hektara 4 g glifosatın yeterli olacağı bulunmuştur.

Wang vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada 2 adet optik yabancı ot sensörü ve kontrol modüllerini (merkezi kontrol modülü, GPS ünitesi, sprej kontrol modülü) gerçek zamanlı bir sisteme bütünleştirmişlerdir. Sistem, buğday ekili iki alanda geniş ölçüde kullanılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde, sistemin yabancı otu tanımlamasındaki doğruluk oranı %70'i geçmiştir. Sisteme eklenen ışık blok perdesi ve yapay aydınlatma ile birlikte sistem, değişken ışık ve gece koşullarında çalışmaya uygun hale gelmiştir. Denemeler sırasında, sınıflandırma doğruluğunun sensörlerin hedefe doğru yerleştirilme konumuna bağlı olduğu da ortaya konmuştur.

Piron vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada havuç sıralarının içinde bulunan çeşitli yabancı ot türlerini tespit etmede kullanılan filtre kombinasyonlarını seçmeyi amaçlamışlardır. Denemelerde, görülebilir ve yakın infrared spektral bölgede görüntü kazanımı için mobil bir görüntü algılama sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde 12 bit 1.3 MP monokrom bir kamera (C-Cam BCI-5) ve 22 adet bant geçirgen filtre (450-950 nm) dönen bir disk üzerine yerleştirilmiştir. Bu diskin dönüşü bir step motor tarafından kontrol edilmiştir. Tarla denemeleri, yapay ışık altında 19. günden itibaren 7 farklı yabancı ot türü üzerinde yapılmıştır. Denemeler sonucunda; 450, 550 ve 700 nm'lik filtre kombinasyonunun %72 oranında doğru sınıflandırma yaptığı tespit edilmiştir.

Tillett vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada görüntü algılama yöntemiyle lahana bitkisinde sıra arası yabancı ot kontrolünü gerçekleştiren bir makina geliştirmişlerdir. Makina, hidrolik motora bağlı disk şeklinde döner çapa elemanına sahiptir. Diskin bir kısmı kertik şeklinde çıkartılmış olup bu kısım yabancı otları kesme işlemini gerçekleştirmiştir. Görüntü algılama sistemi tarafından algılanan yabancı otlar döner çapa elemanı tarafından kesilirken, aynı zamanda diskin açılı yerleştirilmesinden dolayı toprağın da karıştırılıp kabartılması sağlanmıştır. Tarla denemeleri, normal ticari yetiştirme koşullarında fideden dikilmiş lahana bitkisinde düşük zararlanma ile yabancı ot miktarında %62–87 oranında bir azalma olduğunu göstermiştir.

Artizzu vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada kontrolsüz ışık koşullarında gerçek zamanlı olarak yabancı ot ve kültür bitkisini ayırabilen görüntü algılama sistemi tasarlamışlardır. Sistem, başlıca iki bağımsız alt kısımdan meydana gelmektedir. Bunlardan birincisi hızlı görüntü işleme ve gerçek zamanlı sonuç veren sistem (Fast Image Processing-FIP), diğeri ise yavaş fakat daha kesin sonuç veren ve birinci sistemin hatalarını düzelten (Robust Crop Row Detection-RCRD) sistemdir. Bu iki sistemin kombinasyonu çok farklı koşullar altında çok iyi sonuçlara ulaşmıştır. Sistemde kullanılan görüntüler, traktör üzerine yerleştirilen Sony DCR PC110E ve JVC GR-DV700E model 720×576 piksel çözünürlükte kameralar ile standart bir dizüstü bilgisayar kullanılarak elde edilmiştir. Farklı yıllarda ve farklı tarlalarda mısır bitkisi ile yapılan denemeler neticesinde sistem farklı aydınlatma, toprak nemi ve yetiştiricilik koşullarında yabancı otları ortalama %95 ve mısır bitkisini ise %80 doğruluk ile tespit etmiştir.

Cordill ve Grift (2011), yapmış oldukları çalışmada mısırdaki kimyasal ot mücadelesine alternatif olarak sıra arası mekanik ot mücadelesini hedeflemiştir. Sıra arasında bulunan yabancı otlar bir çift bıçak vasıtasıyla mısır sapına zarar vermeden uzaklaştırılmaya çalışılmıştır. Mısır sapları yabancı ot ve mısır yaprağından; mısır bitkisinin sapının üst kısmının silindire benzeyen yüzeyi, mısır sapının sınırlı çapı ve bitki arası mesafe sabit varsayılarak ayrılmıştır. Çalışmada 3 farklı koşulda ölümcül şekilde zarar görmüş bitkiler ile minimum zarar görmüş bitkilerin oranı belirlenmiştir. Yabancı ot bulunmayan deneme koşullarında %8.8, geniş yapraklı yabancı otların olduğu deneme koşulunda %23.7 ve çimensi yabancı ot koşullarında ise %23.7 oranında ölümcül zararlanma ve sırasıyla %17.6 %20 ve %25.9 oranında minimum zarar görülmüştür.

Jeon vd. (2011), yabancı otları tespit eden bir görüntü işleme algoritmasını geliştirmiş ve denemiştir. Geliştirilen algoritma, kontrolsüz dış ortam aydınlatmasında sağlam bir şekilde bitkiyi tespit edebilecek adaptif imaj segmentasyonu içermektedir. Bitkileri tespit etmek için bir seri görüntü manuel olarak ayar yapılmadan yeşil dönüşüm işlemi, eşik değerinin hesaplanması, adaptif imaj segmentasyonu ve medyan filtre işlemlerine tabi tutularak işlenmiştir. Otomatik olarak işlenmiş olan görüntülerden bitkinin morfolojik özellikleri belirlendikten sonra yabancı ot ve bitkilerin tespit edilmesi için yapay sinir ağı sistemine gönderilmiştir. Yapılan denemeler neticesinde, geliştirilen yapay sinir ağının mısır bitkilerinin %72.6'sını tespit ettiği görülmüştür.

Lee vd. (1999), yapmış oldukları çalışmada domates bitkisi için gerçek zamanlı robotik yabancı ot kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları sistem, sıra üstünde bulunan yabancı otlara seçici olarak hassas kimyasal ilaç uygulaması yapmaktadır. Denemeler sonucunda görüntü algılama sisteminin içerisinde 10 adet bitki bulunan 11.43×10.16 cm boyutlarında ve 256×240 piksel çözünürlüğünde bir resim karesini 1.20 km/h ilerleme hızında 0.34 s gibi bir sürede işleyebildiği ortaya konmuştur. Ticari olarak domates ekili alanlarda görüntü algılama sisteminin algoritmasının gerçek zamanlı çalışmada domates bitkisinin %73.1'ini, yabancı otların %68.8'ini doğru olarak algılayabildiği belirtilmiştir.

Midtiby vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada gerçek zamanlı bir mikrosprayer yabancı ot kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Sistem, bitki ve yabancı otu ayırt ederek tespit edilmiş olan yabancı ot üzerine herbisit uygulaması yapmıştır. Görüntü algılama sistemi, saniyede 140×105 mm ölçülerinde ve 800×600 piksel çözünürlüğünde 40 adet RGB formatında görüntü algılamıştır. Sistemin performansı, tarla koşullarını simüle edilerek laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Saksılar içerisine yerleştirilen mısır (*Zea mays* L.), kanola (*Brassica napus* L.) ve papatya (*Matricaria inodora* L.) bitkileri mikrosprayer sistemi tarafından işlem görmüştür. Mısır asıl ürünü temsil ederken diğer bitkiler yabancı ot olarak kullanılmıştır. Denemeler 0.5 m/s ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. İlaçlamanın ardından 2 hafta sonra zarar görmüş bitkiler görsel olarak tespit edilmiştir. Mısır bitkisinde herhangi bir zararlanma gözlenmezken kanolanın %94'ü ile papatyanın %37'sinin büyümesinde önemli ölçüde duraklama görülmüştür. Sistem etkin olarak 11×11 mm'den büyük bitkileri algılayabildiği için papatyaların sadece %64'ünün isabet aldığı saptanmıştır.

Zhang ve Salughther (2011), yapmış oldukları çalışmada domates yetiştiriciliğinde etkin bir yabancı ot haritalaması için çevre sıcaklığı değişimlerinin görünür ve yakın kızılötesi (NIR) bölgede hiperspektral görüntüleme özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. 6 farklı domates çeşidi ile 2 adet yabancı ot (*Solanum nigrum* L. ve *Amaranthus retroflexus* L.) çeşidi, Kaliforniya bölgesindeki domates yetiştirme sezonundaki bahar döneminde çeşitli günlük sıcaklık sınırlarını ve sera koşullarını simüle ederek yetiştirilmiştir. Değişen sıcaklıkla birlikte gölge yansımadaki esas değişimler $480-670$ nm ile $720-810$ nm bölgesinde gerçekleşmiştir. Düşük gece sıcaklıkları, $480-670$ nm bölgesinde yeşil yaprakların yansıtma özelliğinin değişkenliğini ve önemini azaltmış, buna karşın $720-810$ nm bölgesinde bu durumun tam tersi gerçekleşmiştir.

Pérez-Ruiz vd. (2012), yapmış oldukları çalışmada fideden dikilen bitkiler için tamamen otomatik olarak çalışan sıra üzeri yabancı ot kontrol bıçağı yörüngesi kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Bitkilerin coğrafik konumlarını otomatik olarak tespit etmek ve bitki sıraları arasında, sıranın merkezi boyunca hareket eden yabancı ot bıçağı çiftinin yörüngesini kontrol etmek amacıyla gerçek zamanlı bir global konumlama sistemi kullanmışlardır (RTK-GPS). Bıçakların hareketi ise bir çift yüksek hızlı pnömatik aktuatör tarafından gerçekleştirilmiştir. Domates tarlasında yapılan denemeler sırasında 0.8 ve 1.6 km/h ilerleme hızında 682 adet domates bitkisine zarar vermeden işlem gerçekleştirilmiştir. Arazi denemeleri, bıçak tasarımının kırmızı köklü tilkikuyruğu (*A. Retroflexus*), semizotu (*P. Oleracea*) ve siyah köpek üzümünü (*S. Nigrum*) yok etmede etkili olduğunu göstermiştir. Tarla denemelerinde, GPS destekli sistemin ortalama hatası 0.8 cm olarak tespit edilmiştir.

Siebert vd. (2006), 2003–2004 pamuk ekim sezonunda yapmış oldukları çalışmada elle çapalama sonrası 96.5 cm sıra arası mesafede ekim yapılan parsellerde 33975–152883 bitki/ha arasındaki yoğunlukta maksimum verim alınabildiğini belirtmişlerdir. Lif verimi; 6.8 cm sıra üzeri mesafe için (152883 bitki/ha) 1399 kg/ha, 13.5 cm sıra üzeri mesafe için (76466 bitki/ha) 1344 kg/ha, 20 cm sıra üzeri mesafe için (50958 bitki/ha) 1418 kg/ha ve 30.5 cm sıra üzeri mesafe için (33975 bitki/ha) 1264 kg/ha bulunmuştur.

Boz ve Doğan (2004), yapmış oldukları çalışmada Aydın ili pamuk ekim alanlarında görülen ve üretim maliyetini arttıran önemli faktörlerden birisi olan yabancı otlar ve mücadele yöntemlerini belirlemişlerdir. Pamuk bitkisinde yabancı otların erken dönemden itibaren kültür bitkisiyle rekabete girerek bitkinin gelişmesini engellediğini ve verimin azalmasına neden olduğunu söylemişlerdir. Bu verim kaybının önlenmesi için pamuk çıkışından 1-3. hafta ile 8-9. haftalık dönem boyunca yabancı ot mücadelesinin önemine değinmişlerdir. Yabancı otlarla etkili bir mücadele için bu yabancı otların biyolojik ve morfolojik özelliklerinin iyi bilinmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Pamukta yabancı ot mücadelesinin daha ekonomik ve çevreye daha az zarar verecek şekilde yürütülebilmesi için doğru zamanda doğru yöntemin kullanılmasının önemini vurgulamışlardır.

Yalçın vd. (2003), yapmış oldukları çalışmada geleneksel ve azaltılmış toprak işlemeli iki farklı pamuk yetiştirme yönteminde yabancı ot yoğunluğunun ve yabancı ot mücadele yönteminin toplam üretim masrafları içerisindeki rolünü

belirlemeye çalışmışlardır. Her yöntemde 4 farklı ekim normu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda azaltılmış toprak işleme yönteminin geleneksel yöntemin aksine yabancı ot yoğunluğunu arttırdığını söylemişlerdir. Geleneksel yöntemle kıyaslandığında azaltılmış toprak işleme yönteminde %22.83 daha fazla çalışma zamanına ve %24.14 fazla masrafa ihtiyaç olduğunu bulmuşlardır. Ancak, azaltılmış toprak işlemeli yöntemin toplam üretim masraflarını ve çalışma zamanını mekanizasyon yönetimi açısından düşürdüğü görülmüştür. Her iki işleme yönteminde de verim açısından bir fark bulunmamasına karşın azaltılmış toprak işleme yönteminde %9.1 erkencilik gözlenmiştir.

Leemans vd. (2002), yapmış oldukları çalışmada Golden Delicious ve Jonagold elma çeşitleri için görüntü algılama ile dış kusurlarını baz alarak sınıflandırma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Bu sınıflandırmada Avrupa standartları olan ekstra kalite, I. kalite, II. kalite ve işe yaramayanlar olmak üzere dört sınıfı kullanmışlardır. Önerilen yöntemin Golden Delicious elma çeşidinde %78 ve Jonagold elma çeşidinde %72 başarı ile sınıflandırma yaptığını belirtmişlerdir.

Bul vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada seçmiş oldukları örnek tarımsal ürün olan fasulyenin kalitesini görüntü işlemeye dayalı yöntemler kullanarak sınıflandırmaya çalışmışlardır. Bu amaca yönelik olarak 50'si iyi kalite 50'si kötü kalite olmak üzere toplam 100 adet fasulye kullanmışlardır. Bu fasulyelerin görüntüleri dijital kamera kullanmak suretiyle 302×200 piksel boyutunda "jpeg" formatında kaydetmişler ve MATLAB görüntü işleme araç kutusu (Image Processing Toolbox) ile oluşturulmuş bir yazılım tarafından işlemişlerdir. Yazılım resimleri öncelikle 256 renk gri tonlara dönüştürülmüş, daha sonra oluşturulan piksellerin ortalama değerleri hesaplanmıştır. Fasulyeler ilk önce parametre karşılaştırma yoluyla, daha sonra ise yapay sinir ağı (YSA) kullanılarak sınıflandırılmıştır. Birinci yöntem ile %87 civarında bir sınıflandırma başarısı elde edilirken YSA kullanılarak %93 civarında bir başarı elde edilmiştir.

Ören ve Yaşar (2003), yapmış oldukları çalışmada pamuk tarımında masraf unsurlarına göre Çukurova Bölgesi ve Türkiye için pamuk üretim maliyetlerini belirlemişlerdir. Elde edilen verilere göre seyreltme ve çapalama işlem masraflarının toplam üretim maliyetleri içerisindeki payının Çukurova Bölgesi için %8.8, Türkiye için ise %8.5 olduğunu ortaya koymuşlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tasarımlanan prototip seyreltme makinası asılır tip bir makina olarak dizayn edilmiş ve geliştirilmiştir. Makinanın, bilgisayar kontrollü optik algılama sistemi, data kazanım ve kontrol birimi, güç kaynağı ile basınçlı havayı üreten ve kullanan pnömomatik sistem olmak üzere dört ana kısımdan oluşması öngörülmüştür. Bu dört ana kısım bir çatı üzerine monte edilecek olup çatı taşıma tekerlekleri vasıtasıyla taşınacaktır (Şekil 3.1).



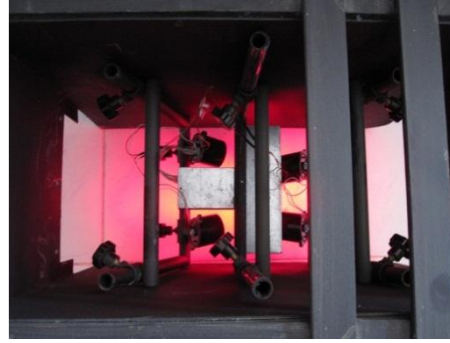
Şekil 3.1. Prototip seyreltme makinasının genel görünüşü (1. Karanlık oda, 2. Pnömatik silindir, 3. Seyreltme organı, 4. Encoder, 5. Kompresör, 6. Jeneratör).

3.1.1. Algılama Sistemi

Algılama sistemi, pamuk bitkisinin temassız algılanması ve alınan yolun ölçülmesi olarak iki grupta oluşturulmuştur. Algılama işlemleri traktör hareket halinde iken yapılmaktadır. Işık şiddeti gün içerisinde farklı şiddette ve açıda olduğundan temassız algılama işleminde elde edilen sinyallerin homojen olabilmesi için bir karanlık oda imalatı yapılmıştır.

3.1.1.1. Karanlık oda

Karanlık oda dış ortamdan ışığın içerisine giremeyeceği şekilde tasarlanmış olup ön ve arka kısmında bitki sırasının karanlık odanın içerisinden geçişine imkan verecek şekilde perdecikler konmuştur. Karanlık oda içerisine PDA ve ışık kaynakları monte edilmiştir. PDA, algılama yüzeyine bakacak şekilde yerleştirilmiş, ışık kaynakları ise PDA düzlemine 45° açı ile yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Işık kaynağı olarak kingbright kırmızı renkte (660 nm) ışık kaynağı kullanılmıştır. Kingbright, 52 mm cluster LED'den oluşan 20000 mcd ışık yoğunluğuna sahip bir ışık kaynağıdır. Bu ışık kaynağının kullanılmasının nedeni ise toprak ve bitki yansımalarının bu dalga boyunda (660 nm) farklı olmasından dolayıdır. Çoklu ışık kaynakları kullanıldığından karanlık oda içi ışık kaynağı ve PDA montaj yerleri gerektiğinde bitki yüksekliğine ve ışığın geliş açısına göre ayarlanabilir şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.2. Karanlık odanın alttan ve üstten görünüşü

3.1.1.2. PDA ve devre kartı

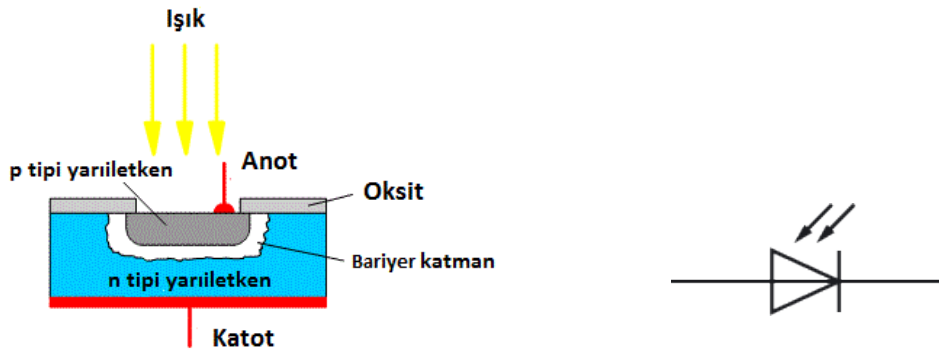
Foto diyot, ters polarize altında çalışan ve ters polarize akım üzerine gelen ışık şiddeti ile doğru orantılı olarak artan bir elemandır (Şekil 3.3). Ters bağlı foto diyot üzerine düşen ışık miktarı değiştikçe, foto diyotun ters yön akımı değişir. Bu değişen akımla transistör ve tristör gibi elektronik anahtarlar kontrol edilebilir. Görünen ışığa duyarlı foto diyotların yanı sıra kızılötesi ışıklara duyarlı foto diyotlar da vardır. Bunlar enfraruj (IR) foto diyot olarak isimlendirilir (Anonim, 2012c).



Şekil 3.3. Çeşitli foto diyotlar

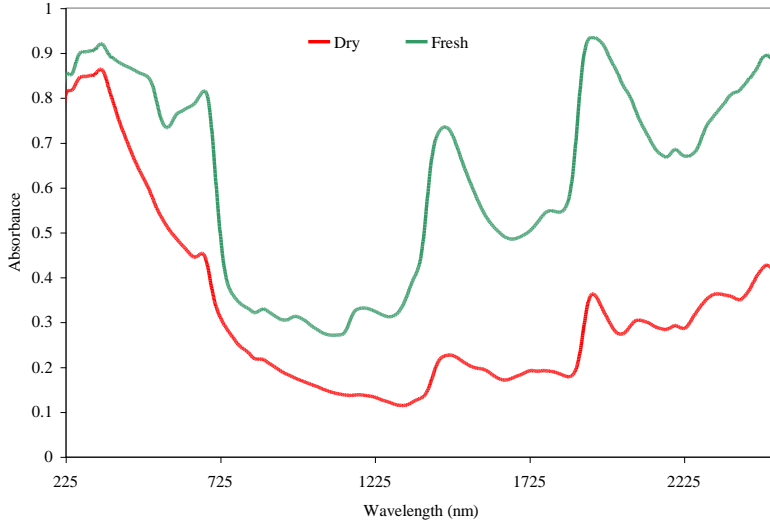
Şekil 3.4'te foto diyotun yapısı görülmektedir. Foto diyotların aydınlatılabilen bir P-N geçişleri vardır. Foto diyotlar planar tekniğine göre silisyumdan üretilirler. Foto diyotların P-N geçişlerindeki P tipi yarıiletkenin içerisine çok miktarda yabancı madde konulmuştur. Yani bu iletken P+ iletkenidir. Bilindiği gibi ışık foton denilen küçük parçacıklardan oluşur. Böyle bir foton P-N geçişine nüfuz ettiğinde yeterli enerji alarak, atom bağından ayrılabilen elektrona enerjisini verir. Bu sırada P-N ekleminden ek olarak akan, çift oluşturan elektronlar ve oyuklar meydana gelir. Bu olaya “iç foto elektrik etki” denir. Foto elektrik etki; yarıiletken maddeye, ışığın dalga boyuna ve aydınlatma şiddetine bağlıdır. İç foto elektrik etki sırasında yarıiletken madde aydınlatıldığında, akım taşıyıcı çiftleri oluşur. Foto diyottan geçen akım artar. Sonuçta foto diyotun ters yön akımı dolayısıyla iç direnci ışık şiddeti ile kontrol edilmiş olmaktadır (Anonim, 2012c).

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da toprak ve bitkilerin spektral sinyalleri verilmiştir. Toprak ve bitki segmentasyonu en etkili şekilde 725-900 nm civarlarında gerçekleşmektedir. Çalışmada, segmentasyonlarda bitki sinyalini toprak sinyalinden uzaklaştırmak için çoklu oranlama yöntemi kullanılmıştır. Algılama sisteminde kullanılan PDA sensörleri 340–1100 nm aralığında algılama yeteneğine sahip sensörlerden seçilmiştir.

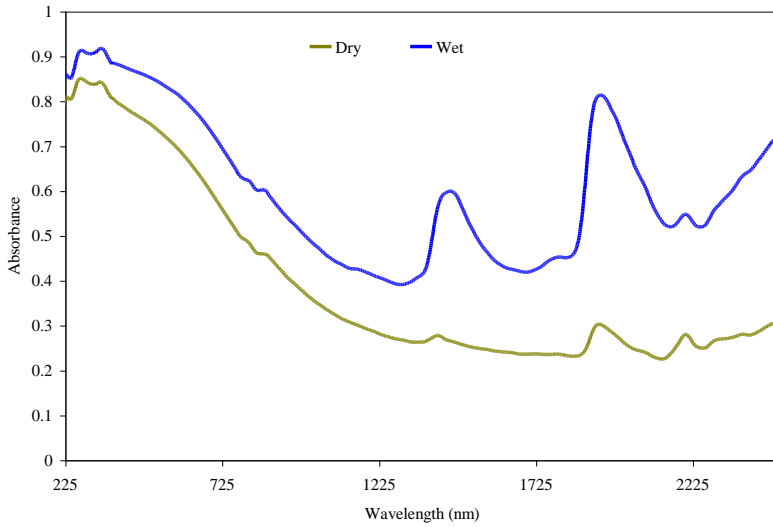


Şekil 3.4. Foto diyotun yapısı ve sembolü

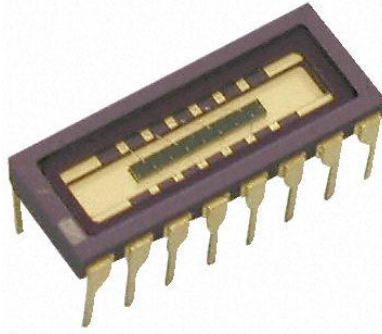
Optik algılama sisteminde kullanılan foto diyot dizisi $2 \times 8 - 16$ elemanlık olup (S4111-16R) (Şekil 3.7) teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Ayrıca bu foto diyotun data kazanım kartına (DAQ) bağlanmasını sağlayan devre kartı (C9004) ve devre şeması da Şekil 3.8’de gösterilmiştir (Anonim, 2011d).



Şekil 3.5. 225–2525 nm dalga boylarında taze ve kurutulmuş bitkilerde soğurma (Böğrekci ve Lee, 2004)



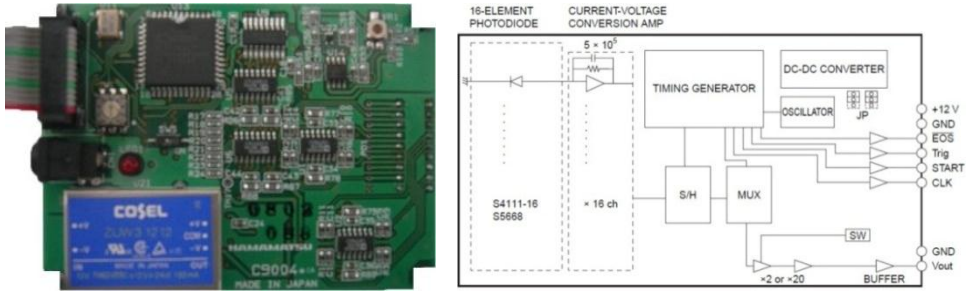
Şekil 3.6. 225-2525 nm dalga boylarında yaş ve kurutulmuş toprakta soğurma (Böğrekci ve Lee, 2004)



Şekil 3.7. Si photodiode array (S4111-16R)

Çizelge 3.1. PDA teknik özellikleri (Anonim, 2011e)

Dış Kılıf	Seramik
Aktif Alan	15,9×1,45 mm
Eleman Sayısı	16
Spektral Aralık	340 to 1100 nm
Tepe Dalga Boyu	960 nm
Fotosensitivite	0.58 A/W
Maksimum Karanlık Akım	0.005 nA
Tepki Süresi	0.5 us
Terminal Kapasitans	200 pF
Ölçüm Koşulları	Ta=25 °C



Şekil 3.8. PDA devre kartı (C9004) ve devre şeması

3.1.1.3. Işık kaynağı (LED)

LED, İngilizce'de Light Emitting Diode kelimelerinin kısaltılmış halidir ve "Işık Yayan Diyot" anlamına gelir. Ledler yarı iletken malzemelerdir. LED'lerin ortama yaydığı ışığın frekansı, spektrumun görünür ışık bölgesine denk düşmektedir.

Bununla birlikte gözle görülemeyen frekansta ışık yayan kızılötesi (infrared,IR) veya morötesi (ultraviyole,UV) LED'ler de bulunmaktadır. LED'in en önemli kısmı, yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan LED çipidir. LED çipi, noktasal bir ışık kaynağıdır ve kılıf içine yerleştirilmiş yansıtıcı eleman sayesinde ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlanmaktadır. Şeffaf kılıflı bir LED'e dikkatli bakılırsa LED çipi gözle görülebilmektedir. LED'lerin yaydığı ışık, LED çipi içerisindeki yarı iletken katkı maddeleri ile ilgilidir. LED'in hangi renkte ışık yayması isteniyorsa galyum, arsenit, alüminyum, fosfat, indiyum, nitrit gibi kimyasal malzemelerden uygun oranda yarı iletken malzemeye katkı yapılır (GaAlAs, GaAs, GaAsP, GaP, InGaAlP, SiC, GaN). Böylece LED çipinin istenen dalga boyunda ışımaya yapması sağlanır. Örneğin kırmızı renk (660 nm) için GaAlAs, sarı renk (595 nm) için InGaAlP, yeşil renk (565 nm) için GaP, mavi renk (430 nm) için GaN kullanılır. LED imal eden firmalar, kataloglarında LED'in yaydığı ışığın dalga boyunu vermektedir. LED çipinde kullanılan katkı maddesine bağlı olarak aynı renkli LED'lerin dalga boyu farklı olabilmektedir. Örneğin InGaAlP katkılı LED 640 nm dalga boyunda; GaAlAs katkılı LED 660nm dalga boyunda; GaP katkılı LED ise 700 nm dalga boyunda kırmızı ışık yayar (Anonim, 2012d).

Sistemde kullanılan LED'ler GaAlAs (660 nm) tipinde olup kırmızı ışık vermektedirler. Işığı veriş açılırları 40 derece ve çalışma gerilimleri 9.25–12.5 V'tur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Karanlık odanın aydınlatılmasında kullanılan ışık kaynakları (LED)

3.1.1.4. Encoder

Encoderler; açısal yer değiştirme, lineer ve dairesel hareket, d6nüş hızı ve ivme gibi büyüklükleri ölçmek için kullanılan donanımlardır. Çıkış tipine göre mutlak tip (absolute) ve artımsal tip (incremental) olarak ikiye ayrılırlar (Anonim, 2011b). Sistemde kullanılan encoder (Koyo TRD-J50-RZ Rotary Encoder) artımsal tipte olup her pozisyonda benzer çıkış sinyalleri (kare dalga) üretmekte ve bu sinyaller DAQ aracılığı ile bilgisayara iletilmektedir (Şekil 3.10). Sistemde kullanılan encodera ait özellikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.



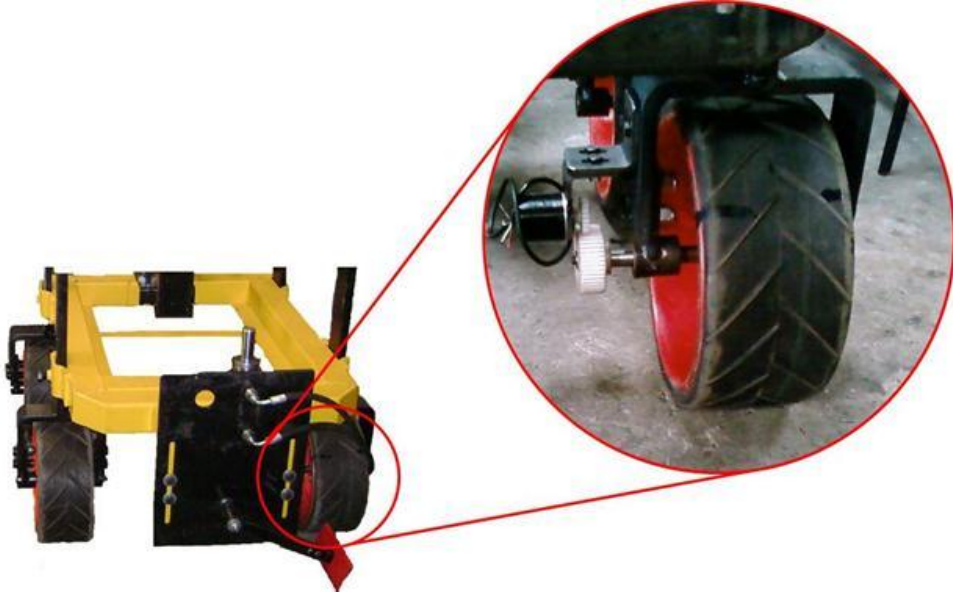
Şekil 3.10. Rotary Encoder

Çizelge 3.2. Koyo TRD-J50-RZ Rotary Encodere ait teknik özellikler
(Anonim, 2011i)

Model		TRD-J□-RZ□	
Power source	Power source voltage	4.75 to 30 VDC	
	Allowable ripple	3% rms max.	
Output wave form	Output signal type	Two-phase+home position	
	Duty ratio	50±25% (square wave)	
	Signal width at home position	50 to 150%	
	Rise/Fall time	3 µs (Max. Cable 50 cm) max.	
Output	Output Type	Totem-pole	
	Output current	Outflow “H”	10 mA max.
		Inflow “L”	30 mA max.
	Output voltage	“H”	[(Load power)-2.5 V] min.
		“L”	0.4 V max.
Output standart	TTL 5V	10 TTL	
Load power voltage		30 VDC max.	

Encoder, prototip makinanın tekerleklerinden birinin miline düz dişli çifti ile bağlı olarak çalışan ve tekerlek devir sayısına uyumlu olarak puls üreten bir cihazdır (Şekil 3.11). Makinanın ilerleme hızına bağlı olarak hedef bitkiden itibaren alınan yolun, encoder ile hassas olarak belirlenmesi planlanmıştır.

Hedef bitki tespit edildikten sonra, encoder tarafından sinyal işleme sistemine gönderilen sinyaller analiz edilerek, seyreltme bıçağını tahrik eden pnömomatik silindirin harekete geçme zamanı belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Encoder bağlantı şekli

3.1.2. Data Kazanım ve Kontrol

3.1.2.1. Data kazanım kartı (DAQ)

Sistemde kullanılan data kazanım kartı (DAQ), 32 analog, 48 dijital giriş ile 4 analog çıkış ve 48 dijital çıkışa sahip bir karttır. Kartın bilgisayar ile olan haberleşmesi USB portu üzerinden olmaktadır (Şekil 3.12). Data kazanım kartına ait bazı özellikler Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.12. Data kazanım kartı (NI USB-6229)

Çizelge 3.3. Data kazanım kartına ait teknik özellikler (Anonim, 2011f)

General

Product Name	USB-6229
Product Family	Multifunction Data Acquisition
Form Factor	USB
Operating System/Target	Windows
DAQ Product Family	M Series
Measurement Type	Quadrature encoder, Voltage
RoHS Compliant	Yes

Analog Input

Channels	32, 16
Single-Ended Channels	32
Differential Channels	16
Resolution	16 bits
Sample Rate	250 kS/s
Max Voltage	10 V
Maximum Voltage Range	-10 V – +10 V
Maximum Voltage Range Accuracy	3100 μ V
Maximum Voltage Range Sensitivity	97,6 μ V
Minimum Voltage Range	-200 mV – +200 mV
Minimum Voltage Range Accuracy	112 μ V
Minimum Voltage Range Sensitivity	5.2 μ V
Number of Ranges	4
Simultaneous Sampling	No
On-Board Memory	4095 samples

Çizelge 3.3. (Devamı)

Analog Output

Channels	4
Resolution	16 bits
Max Voltage	10 V
Maximum Voltage Range	-10 V – +10 V
Maximum Voltage Range Accuracy	3230 μ V
Minimum Voltage Range	-10 V – +10 V
Minimum Voltage Range Accuracy	3230 μ V
Update Rate	833 kS/s
Current Drive Single	5 mA

Digital I/O

Bidirectional Channels	48
Input-Only Channels	0
Output-Only Channels	0
Number of Channels	0 – 48
Timing	Software, Hardware
Max Clock Rate	1 MHz
Logic Levels	TTL
Programmable Input Filters	Yes
Current Drive Single	24 mA
Current Drive All	896 mA
Watchdog Timer	No
Maximum Input Range	0 V – +5 V
Maximum Output Range	0 V – +5 V

Counter/Timers

Counters	2
Buffered Operations	Yes
GPS Synchronization	No
Maximum Range	0 V – +5 V
Max Source Frequency	80 MHz
Pulse Generation	Yes
Resolution	32 bits
Timebase Stability	50 ppm
Logic Levels	TTL

Physical Specifications

Length	26.67 cm
Width	17.09 cm
Height	4.45 cm
I/O Connector	Screw terminals

Timing/Triggering/Synchronization

Triggering	Digital
------------	---------

3.1.2.2. Dizüstü bilgisayar

Çalışmada kullanılan paket programın çalıştırılabilmesi için traktör kabini içerisine Çizelge 3.4'te özellikleri verilen bir adet dizüstü bilgisayar yerleştirilmiştir (Şekil 3.13). Bilgisayarın kabin içine yerleşimi sırasında sürücünün kolay görebileceği ve gerektiğinde kolaylıkla müdahale edebileceği bir yer olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3.14).

Çizelge 3.4. LGE500 dizüstü bilgisayarın teknik özellikleri (Anonim, 2011g)

Genel Özellikler	Ağırlık	2.7 Kg.
Boyutlar	358 x 259 x 27 mm	
Chip Seti	Mobile Intel PM/GM 965 Express / SiS M67 1DX	
İşletim Sistemi	Vista Home Premium	
İşlemci Özellikleri	İşlemci Hızı	1.86 Ghz
İşlemci Modeli	L2 Cache	
İşlemci Ön Belleği	1 MB	
İşlemci Tipi	Core 2 Duo	
İşlemci Veri Yolu Hızı	533 Mhz	
Hafıza Özellikleri	Bellek Hızı	DDR2 667 Mhz
Bellek Miktarı	2 GB	
Depolama Özellikleri	HDD Kapasitesi	320 GB
HDD RPM	5400	
HDD Tipi	SATA	
Ekran Özellikleri	Ekran Boyutu	15.4"
Ekran Çözünürlüğü	1280x800 Piksel	
Ekran kartı	NVIDIA GeForce 8600M GS	
Ekran Tipi	WXGA	
Ethernet	10/100	
Kablosuz Bağlantı	802.11b/g/n	
Modem	56K	
Diğer Özellikler	Dahili Kamera	1.3 MP
Hoparlör	Dahili Hoparlör	
Optik sürücü	DVD Dual RW	
Portlar	4×USB, 1× VGA, 1× RJ45, 1× RJ11, 1× S–Video, 1× IEEE1394, 1× Line–in, 1× Mic–in,	
Ses Kartı	Dahili Ses Kartı	
Güç Özellikleri	Pil Ömrü	3 Saat
Pil Tipi	Li–Ion	



Şekil 3.13. Sistemde kullanılan dizüstü bilgisayar

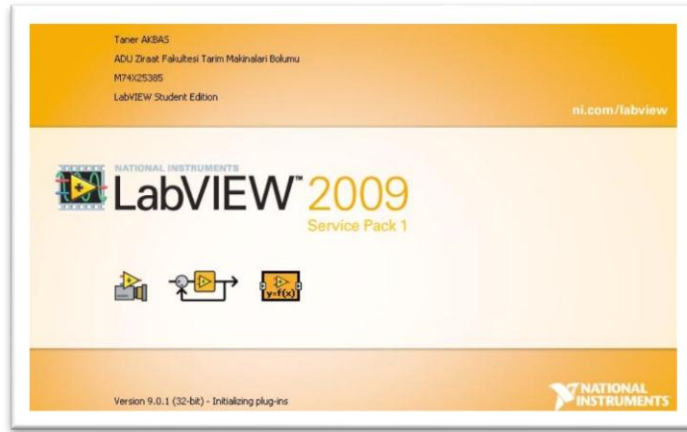


Şekil 3.14. Bilgisayarın traktör kabini içerisine yerleşimi

3.1.2.3. Bilgisayar yazılımı

Sistemin programlanmasında, National Instruments firmasının LabVIEW 2009 Service Pack 1 Student Edition sürümü kullanılmıştır (Şekil 3.15). LabVIEW, PC üzerinde çalışabilen güçlü ve esnek bir enstrümantasyon ve analiz yazılımı olup, LabVIEW C veya Basic gibi bir program geliştirme uygulamasıdır. LabVIEW bir özelliği ile bu diğer yazılımlardan ayrılmaktadır. Diğer programlama dilleri, kod satırları oluşturmak için metin tabanlı bir dil kullanırken LabVIEW grafiksel bir programlama dili olan G kullanmaktadır. G ile akış şemasına benzer bir formda program yazılır ve bu forma blok diyagram adı verilmektedir. LabVIEW, C programlama dillerinin esnekliğini ve kapsamlı işlevselliğini sağlarken,

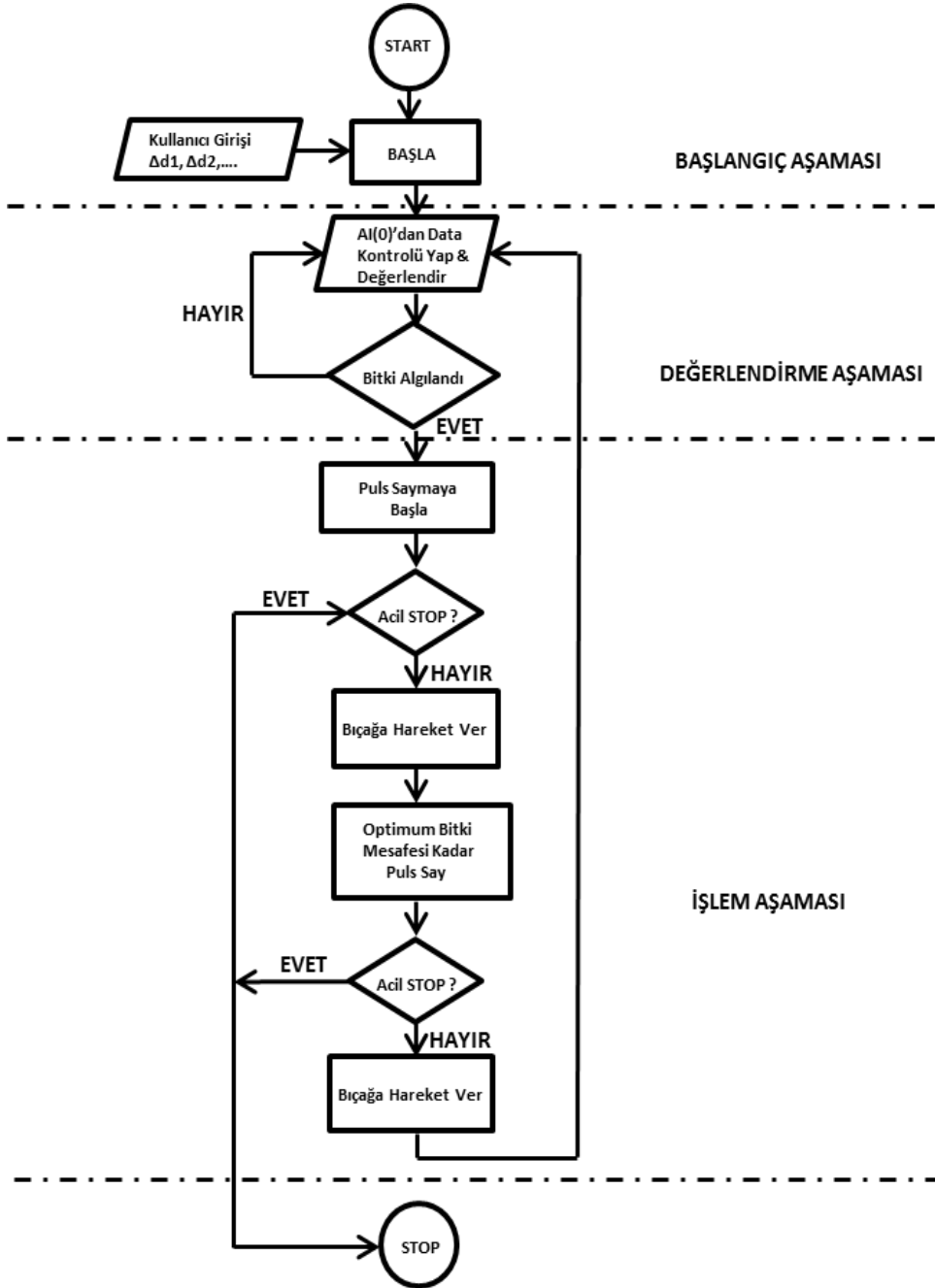
kullanıcılara, C'ye göre 5 ile 10 kat daha fazla verimlilik de sunmaktadır. LabVIEW'de oluşturulan yazılımlara VI (Virtual Instrument) “sanal enstrüman” denilmektedir. Bunun nedeni gerçekte kullandığımız multimetre, osiloskop veya göstergeler gibi birçok cihazı taklit etmesidir (Artuğ ve Uzun, 2011). Sistemin çalışma algoritması Şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.15. Kullanılan bilgisayar programı açılış ekranı

Hazırlanan kullanıcı arayüzü tamamen sistemin kontrolüne yönelik olarak program paletlerinden seçilerek meydana getirilmiştir. Bu arayüz üzerinde sistem kontrol ayarlarının yapıldığı bir panel, sensörden algılanan ışık şiddetine bağlı olarak oluşan gerilimin görsel olarak okunabildiği bir grafik, algılama ve bıçak konumunu gösteren LED’ler ile stop butonu bulunmaktadır (Şekil 3.17).

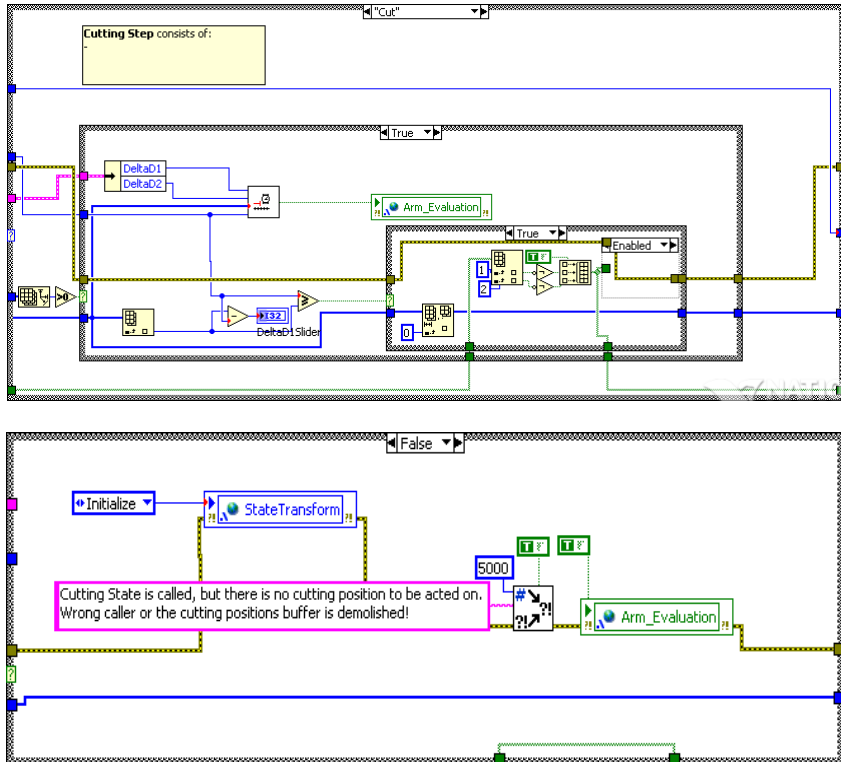
Sistem kontrol ayarları kısmı programın en önemli kısımlarından biri olup esnek olarak değiştirilebilmektedir. Sensör ile bıçak arasındaki mesafenin ayarı, iki bitki arasında olması istenen aralık ile sensörün algılayacak olduğu alt ve üst sınır bu panelden değiştirilebilmektedir. Sensör üst ve alt sınır arasında kalan bölgede bir algılama yapılması durumunda bu pamuk bitkisi olarak kabul edilmekte ve pamuk bitkisinin algılandığına dair LED yeşile dönmektedir. Yine bıçağın bulunduğu konum da kullanıcı arayüzünün alt kısmında bulunan yeşil bir LED ile gösterilmektedir. Program üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmak istendiğinde veya sistemin çalışması durdurulmak istendiğinde arayüz üzerinde stop butonuna basılması yeterli olmaktadır. Oluşturulan bu arayüzün çalışmasını sağlayan ve bu sanal enstrümanların (VI) birbiri ile olan bağlantılarını gösteren blok diagram Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.16. Sistemin çalışma algoritması



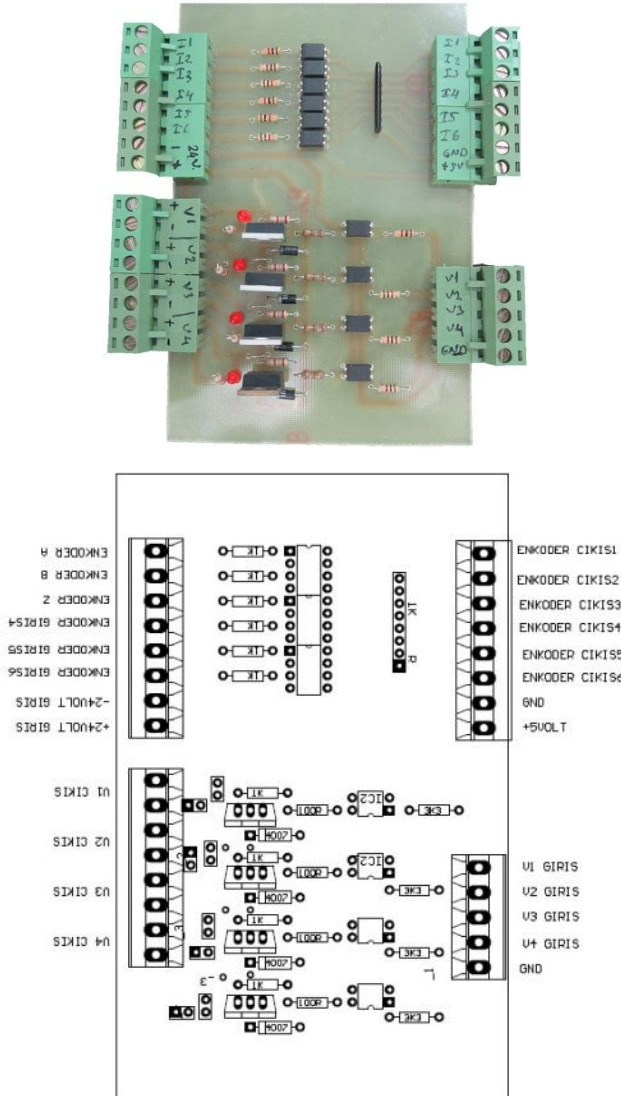
Şekil 3.17. LabVIEW yazılımına ait kullanıcı arayüzü (front panel)



Şekil 3.18. LabVIEW yazılımına ait örnek blok diyagramlar

3.1.2.4. Kontrol kartı

Data kazanım kartının bilgisayardan almış olduğu komut neticesinde analog bir çıkış sinyali üretilmektedir. Bu analog çıkış sinyalinin valfleri komuta edebilmesi için data kazanım kartı ile pnömomatik selenoid valflerin arasına bir kontrol kartı yerleştirilmiştir (Şekil 3.19). Analog çıkış sinyali, bu kart üzerinden valfin tetiklenmesi için gerekli olan 24 V'luk gerilimi anahtarlamakta ve valfin çalışması sağlanmaktadır.



Şekil 3.19. Valflerin kontrolünde kullanılan kontrol kartı ve bağlantı şeması

3.1.3. Güç Kaynağı

3.1.3.1. Tam sinüs inverter

Sistemde yer alan lambalar ve elektronik devrelerin beslenmesinde kullanılmak üzere traktör içerisine genel özellikleri Çizelge 3.5’te verilen 1000 W gücünde bir tam sinüs inverter (Linetech 100S-E) yerleştirilmiştir. Bu inverter, traktör aküsünden aldığı 12 V DC akımı 220 V AC akıma dönüştürmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Tam sinüs inverter

Çizelge 3.5. Tam sinüs inverter teknik özellikler (Anonim, 2011h)

Model	100S-E
Güç	1000 W
Demeraj Gücü	2000 W
Giriş Gerilimi	12VDC
Çıkış Gerilimi	220V
Verim	%89
Frekans	50/60 Hz
Toplam Harmonik Distorsiyon (THD)	<%6
Çıkış Dalga Şekli	Tam Sinüs
Boyutlar (G x D x Y)	395×236×83 mm
Ağırlık	4 kg
Sertifikalar	UL / e-13 / CE / FCC onaylı

3.1.3.2. Jeneratör

Prototip makinada kullanılan kompresörün elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanmasında, maksimum çıkış gücü 5.5 kVA olan, 50 Hz frekans ve 220 Volt gerilimli fırçasız alternatörlü, 4 zamanlı motora sahip, marşlı, 10 saat/depo çalışma kapasitesi olan, üzerinde voltmetre, yakıt seviye göstergesi bulunan 78 kg ağırlığında bir jeneratör (AKSA AAP 5500E) kullanılmıştır (Şekil 3.21).



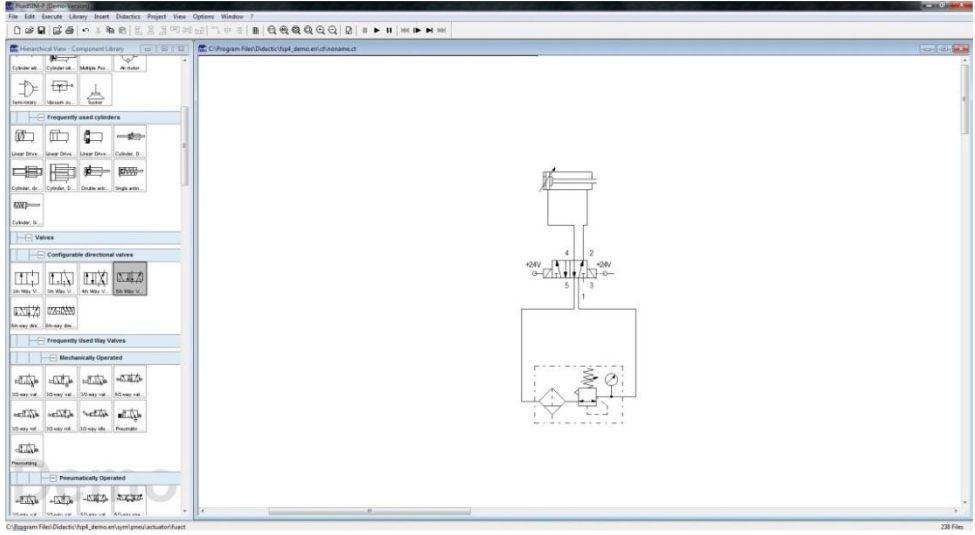
Şekil 3.21. Jeneratör

3.1.4. Pnömatik Sistem

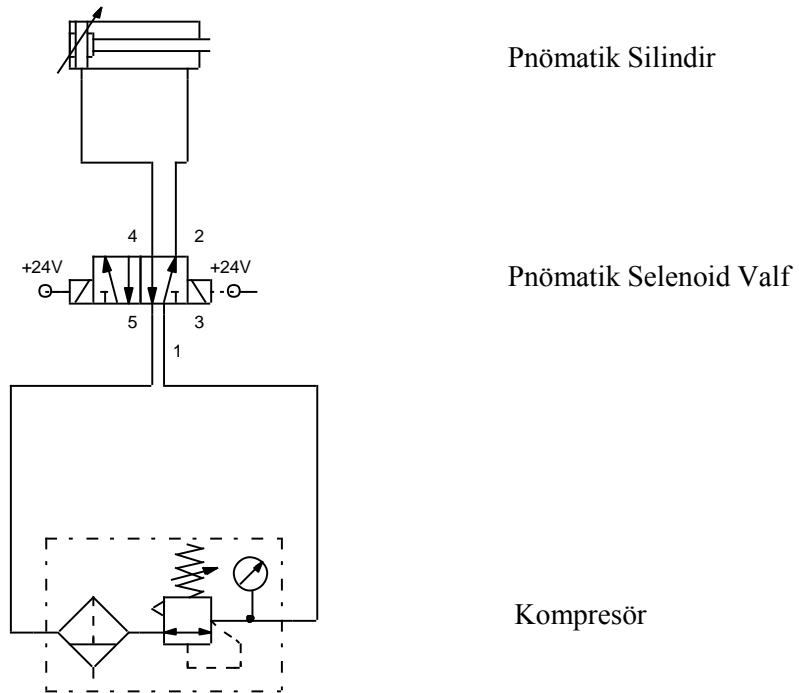
Makinanın seyreltme ünitesinin tahrikinde kullanılan pnömatik sistem başlıca 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

- 1- Kompresör
- 2- Pnömatik selenoid valf
- 3- Pnömatik silindir

Pnömatik sisteme ait devre şeması Festo Fluid Sim 4.2 paket programı demo versiyonu kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.22). Pnömatik sistemin bilgisayar ortamında gerçekleştirilen ve simülasyonu yapılan devre şeması Şekil 3.23'te sunulmuştur.



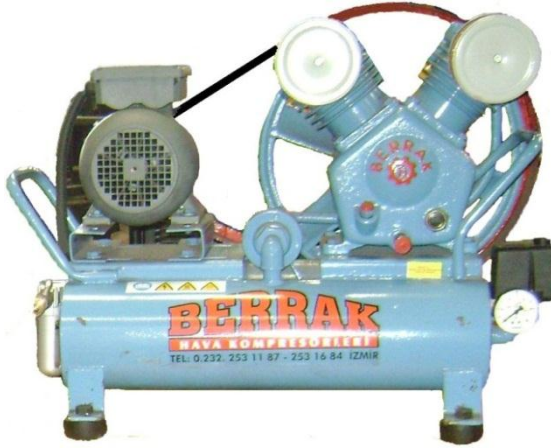
Şekil 3.22. Festo Fluid Sim 4.2 demo versiyon arayüzü



Şekil 3.23. Pnömatik devre şeması

3.1.4.1. Kompresör

Prototip makinanın seyreltme bıçağının tahrik edilmesinde kullanılan pnömatik silindirin beslenmesi amacıyla traktör kuyruk milinden bağımsız olarak çalışan 2 silindirli, 8 bar çalışma basıncına ve 16 L depo kapasitesine sahip, 2 kW monofaze elektrik motoru ile tahrik edilen özel yapım bir kompresör kullanılmıştır (Şekil 3.24). Böylece farklı traktörlerle çalışmada traktör sisteminin özelliklerinin uyumsuzluğu sorunu ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 3.24. Kompresör

3.1.4.2. Pnömatik selenoid valf

Pnömatik devrelerde elektrik akımının kullanılmasına olanak sağlayan elektro-pnömatik valfler 3 veya 5 yollu olabilir. Selenoidte tel bir sargı mevcuttur ve elektrik akımı geçtiğinde sargı etrafında manyetik alan oluşur. Enerjilenmiş sargı önüne demir bir armatür yerleştirilirse, demir armatür sargıya doğru çekilir ve bu hareket valfin kumandasında kullanılır. Sistemde kullanılan valf (Şekil 3.25) bu tipte olup teknik özellikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.



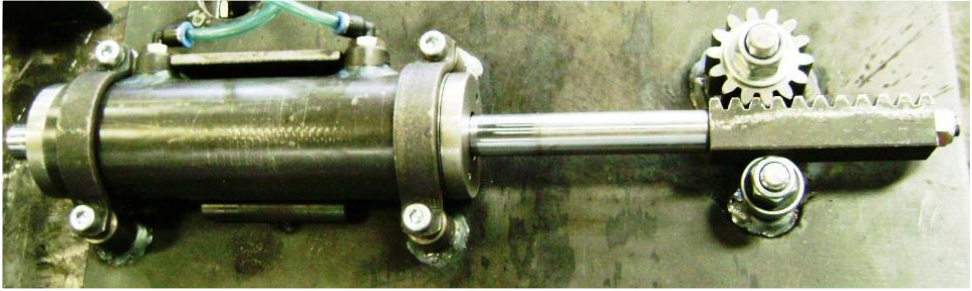
Şekil 3.25. Pnömatik selenoid valf

Çizelge 3.6. Pnömatik selenoid valfe ait teknik özellikler

Kod	Özellik	Bağlantı	Çalışma Basıncı	Voltaj
SVN-52	5 yollu-çift etkili (5/2)	¼"	1-10 bar	24 V

3.1.4.3. Pnömatik silindir

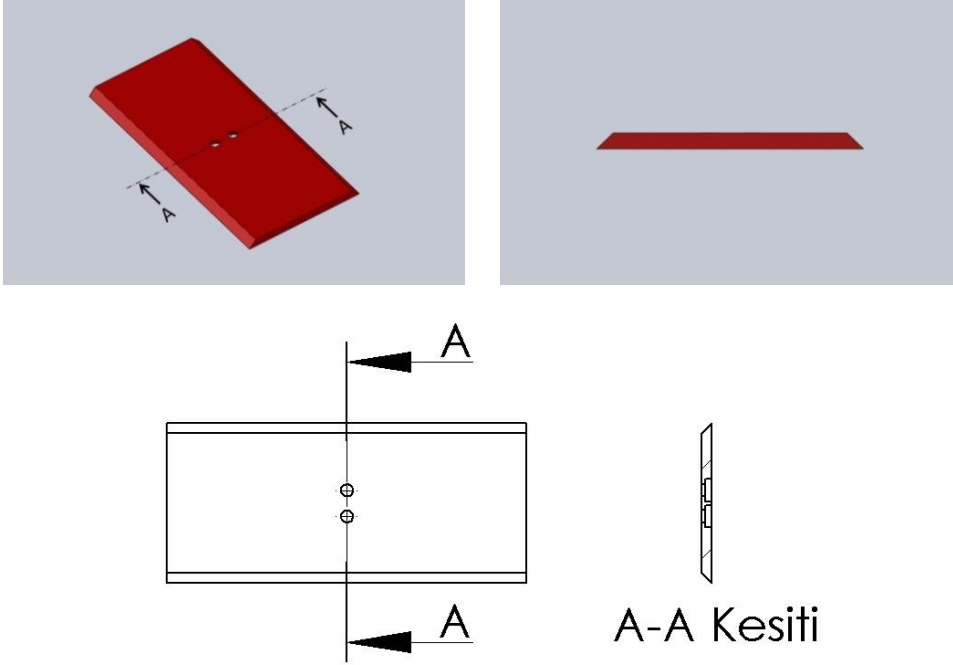
Prototip makinanın seyreltme bıçağını tahrik etmek için tasarlanmış olan mekanizmada kullanılmak üzere çift kollu, çift etkili pnömatik bir silindir imal edilmiştir (Şekil 3.26). İleri-geri hareket sırasındaki hız farkını ortadan kaldırmak amacıyla çift milli bir silindir seçilmiştir. Düşey pozisyonda yerleştirilen pnömatik silindirin alttaki miline bağlanan bir kramayer dişli aracılığı ile seyreltme bıçağı kolunun bağlı bulunduğu mil üzerindeki düz alın dişlinin salınım hareketi sağlanmıştır.



Şekil 3.26. Çift kolu-çift etkili pnömatik silindir

3.1.4.4. Seyreltme bıçağı

Seyreltme bıçağı, seyreltilecek olan bitkilerin kesilmesinde kullanılmıştır. Özellikle sıra üstündeki iki bitki arasında istenen mesafe (20 cm) göz önünde bulundurularak yapılan ön denemeler neticesinde bitkilere zarar vermeyecek şekilde uygun boyutlarda imal edilmiştir. Lamanın uzun kenarları bilenmek suretiyle keskin iki kenar elde edilmiş ve bıçağın gidiş-dönüşü sırasında kesme işlemini gerçekleştirmesi sağlanmıştır. Bıçak, bıçak koluna iki adet cıvata yardımıyla bağlanmış olup istendiği takdirde kolayca sökülüp farklı bir bıçak takılabilecek özelliktedir (Şekil 3.27).

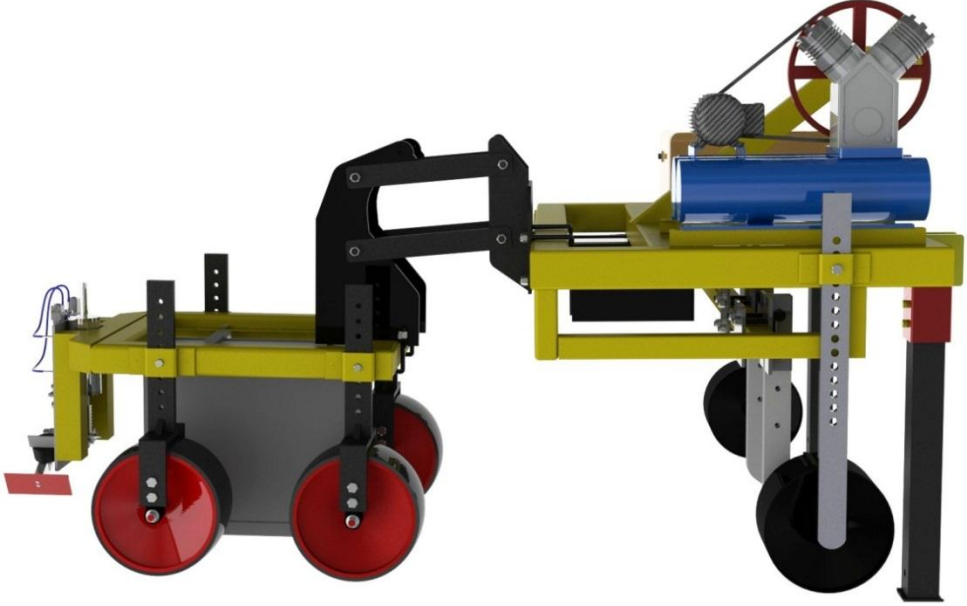


Şekil 3.27. Seyreltme bıçağı ve kesit görünüşü

3.1.5. Çatı

Makina çatısı, ön ve arka olmak üzere iki adet çatının birbirine dört çubuk mekanizması ile bağlanmasından meydana gelmektedir (Şekil 3.28). Ön kısımda bulunan çatı, kompresör ve jeneratörü üstünde taşımakta olup makinanın üç nokta askı sistemiyle traktöre bağlantısını sağlamaktadır. Makinanın toprakta ilerlemesi sırasında daha stabil kalabilmesi amacıyla ön çatının kenarlarına yükseklikleri ayarlanabilen iki adet demir tekerlek yerleştirilmiştir. Ayrıca, makinanın park halinde traktörden bağımsız olarak durabilmesi için ön kısımda bulunan çatının alt bağlantılarının yan tarafına gelecek şekilde iki adet sabitleme ayağı konmuştur.

Arka kısımda bulunan çatı ise yükseklikleri ayarlanabilen dört adet lastik tekerlek vasıtasıyla karanlık oda ile seyreltme ünitesini üstünde taşımakta ve tekerlerinden bir tanesi ile encoderin mesafe ölçümüne yardımcı olmaktadır. Daha küçük yapılı olan bu çatı, gerek traktörün titreşimlerinden etkilenmemesi, gerekse optik algılama sistemi ile bıçağın sürekli olarak zemine paralel kalabilmesi için dört çubuk mekanizması yardımıyla ön çatıya bağlanmıştır.



Şekil 3.28. Ön ve arka çatı bağlantı şekli

3.1.6. Traktör

Prototip makinanın denemeleri sırasında teknik özellikleri Çizelge 3.7’de verilen 95 HP (70 kW) gücünde, 12 ileri–12 geri vites kademesine sahip New Holland marka TD95D model traktör kullanılmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Tarla denemelerinde kullanılan traktör

Çizelge 3.7. New Holland TD95D teknik özellikler (Anonim, 2007)

Motor

Maksimum Güç	95 HP
Silindir Sayısı	4 (Turbo)
Silindir Hacmi	3.9 l
Maksimum Tork	345 Nm
Yakıt Depo Kapasitesi	105 l

Transmisyon

Tipi	Tam senkromeçli-mekanik mekik kollu-12 ileri-12 geri
Debriyaj Tipi	Kuru disk-mekanik

Hidrolik

Maksimum Kaldırma Kapasitesi	3565 kg
Hidrolik Güç Çıkışı	4 adet

Kuyruk Mili

Standart Hızlar	540-750 (540E)
-----------------	----------------

Ağırlıklar

Ek Ağırlıksız	3770 kg
Ön Ağırlıklar	10×40 kg
Arka Ağırlıklar	6×50 kg

Ölçüler

Dingil Açıklığı	2222 mm
Toplam Uzunluk	4148 mm
Ön İz Genişliği	1540-2054 mm
Arka İz Genişliği	1503-2021 mm
Alt Açıklık	640 mm
Toplam Yükseklik	2841 mm

3.1.7. Deneme Yeri ve Özellikleri

Teze konu olan araştırma, 2010 yılı pamuk ekim sezonunda Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çakmar / Aydın'daki Araştırma ve Uygulama Çiftliği bünyesinde bulunan "Kademe" olarak adlandırılan tarlada yürütülmüştür. Deneme arazisine ait uydu fotoğrafı "Google Maps" programı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Deneme arazisine ait uydu fotoğrafı (Anonim, 2012d)

3.1.7.1. Toprak özellikleri

Deneme arazisi Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Kademe serisi Büyük Menderes nehrinin genç terasları üzerinde oluşmuş, bütün profilleri boyunca az kireçli (% 1.9–5.7) ve orta alkali reaksiyonlu bir yapıya sahiptir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Deneme arazisine ait toprak analiz sonuçları (Aydın vd. 1999)

Derinlik (cm)	pH	Total Tuz (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	Tane İrilik Dağılımı (%)			Tekstür Sınıfı
					Kum	Silt	Kil	
0–30	7.80	0.027	3.4	1.74	65.2	23.2	11.6	SL

3.1.7.2. İklim özellikleri

Denemenin yapıldığı Aydın ilinde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak olmak üzere tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Deneme arazisine ait bitkinin vejetasyon devresine rastlayan, 2010 yıllı ile çok yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve güneşlenme süresi değerleri Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Aydın ili 2010 yılı ve çok yıllık ortalama (1975–2010) aylık sıcaklık (°C), yağış (kg/m²), güneşlenme süresi (saat) değerleri (Anonim, 2011c)

AYDIN	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975–2010)					
Ortalama Sıcaklık (°C)	15.8	21.0	26.0	28.4	27.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	28.4	33.5	36.1	35.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	10.1	14.1	18.1	20.4	20.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	7.1	8.9	10.7	11.1	10.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	8.8	6.0	2.5	1.8	1.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	53.7	33.2	15.7	8.9	5.7
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Maks. ve Min. Değerler (1975–2010)					
En Yüksek Sıcaklık (°C)	33.8	41.5	44.4	44.6	43.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.8	4.6	8.4	13.4	13.7

3.1.8. Bitkisel Materyal

Denemelerde, Beyaz Altın MİG 119 çeşidi havsız pamuk tohumu kullanılmıştır. Çizelge 3.10'da, denemelerde kullanılan pamuk çeşidine ait karakteristikler görülmektedir. Denemelerde kullanılan pamuk tohumlarının ekiminde kuyruk milinden hareket alan, asma tip Gaspardo marka pnömatik (hava emişli) hassas ekim makinası kullanılmıştır.

Çizelge 3.10. Denemelerde kullanılan pamuk çeşidine ait karakteristikler (Anonim, 2010b)

Olgunlaşma grubu		Erkenci		
Bitki boyu		Orta		
Hastalık mukavemeti		Çok iyi		
Makinalı hasada uygunluk		Çok iyi		
Adaptasyon kabiliyeti		Mükemmel		
Verim (kg/da)	Randıman (%)	Mukavemet (g/tex)	Uzunluk (mm)	İplik olabilme kabiliyeti (SCI)
563	43.4	34–36	28–30	160–170

Ekim sıklığı 75000-80000 bitki/ha

*2004-05 sezonunda Ege, Çukurova, Hatay ve Güney Doğu Anadolu yörelerinde yürütülen denemelerin ortalama sonuçlarıdır.

3.1.9. Pnömatik Hassas Ekim Makinası

Denemelerde, havsız pamuk tohumlarının istenilen sıra üzeri mesafelerde ekimi için kuyruk milinden hareket alan, asma tip, 4 üniteli pnömatik esasa göre çalışan bir hassas ekim (tek dane) makinası kullanılmıştır (Şekil 3.31).

Teknik özellikler:

Uzunluk : 2100 mm

Genişlik : 3400 mm

Yükseklik : 1590 mm

Ünite sayısı : 4



Şekil 3.31. Denemelerde kullanılan pnömatik hassas ekim makinası

3.1.10. Denemelerde Kullanılan Ölçüm Araçları

3.1.10.1. El dinamometresi

Çalışmada, bıçağın toprakta karşılaşmış olduğu direnç kuvvetini ölçmek amacıyla elektronik bir el dinamometresi kullanılmıştır (Lutron FG-5020). El dinamometresi 4 haneli dijital bir ekrana sahip olup çeki ve bası kuvvetlerini ölçebilmektedir. Ölçüm kapasitesi 20 kg ve ölçüm hassasiyeti 0.01 kg olan cihaz ölçülen en yüksek değeri hafızasında tutabilme özelliğine sahiptir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Dijital el dinamometresi Lutron FG-5020

3.1.10.2. Kronometre

Denemeler sırasında traktörün parsel boyunca ilerleme zamanını ölçerek traktör ilerleme hızını belirlemek amacıyla dijital bir kronometre kullanılmıştır (Şekil 3.33).



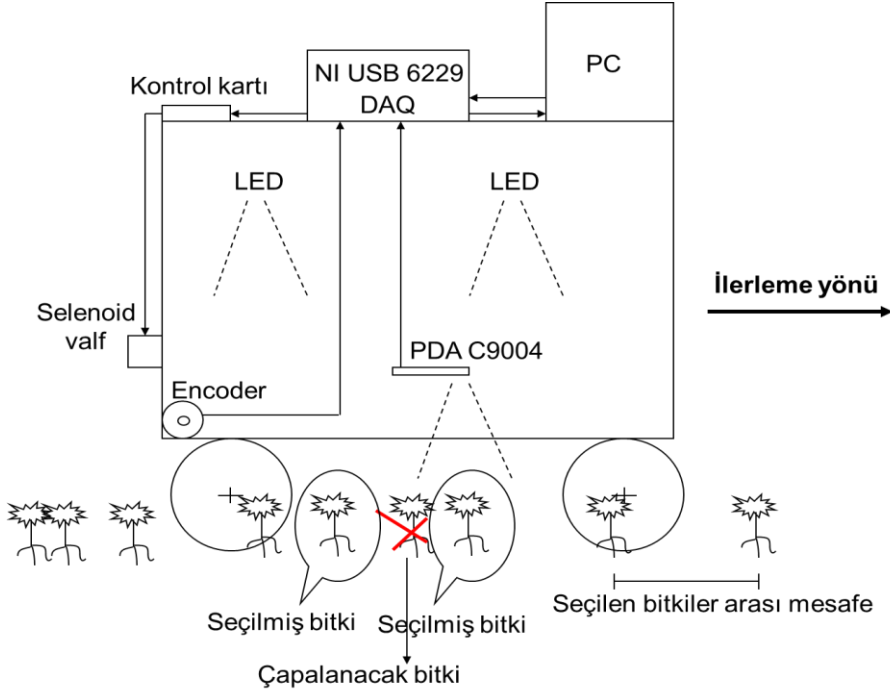
Şekil 3.33. Zaman ölçümünde kullanılan dijital kronometre

3.1.10.3. Çelik şerit metre

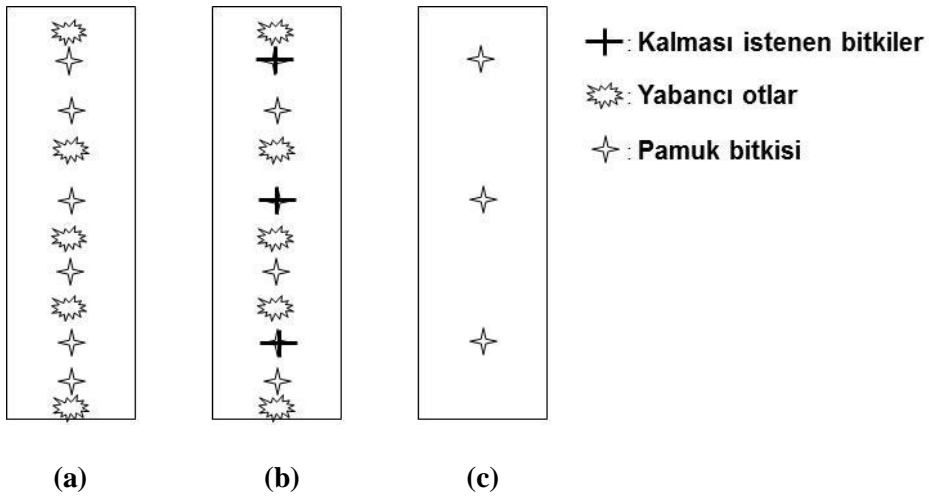
Bitkilerin sıra üzerindeki konumlarını belirleyip bitkiler arasındaki mesafelerin ölçülmesi amacıyla 10 m uzunluğunda bir çelik şerit metre kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Yapılan çalışmalar yüksek verim değerine ulaşmadaki en büyük engellerden birinin düşük tarla filiz çıkış derecesi olduğunu göstermektedir. Üreticiler bu durumun yarattığı olumsuzluğu ortadan kaldırmak amacıyla daha yüksek ekim normlarında çalışmakta ve tarlada rezerv bitki bulundurmaktadırlar. Filizlenmeden sonra da tarlada oluşan fazla bitki rezervini seyreltme ve tekleme işlemiyle uygun değerlere indirmektedirler. Bu işlemleri otomatik olarak gerçekleştirmeye yönelik olarak tasarım ve imalatı yapılan prototip makina üzerinde yer alan optik algılama sistemi, PDA (Photo Diot Array) ve devre kartından (C9004) oluşmaktadır. Bu donanımlar, sinyalin sağlıklı alınabilmesi için bir karanlık oda içerisine yerleştirilmiştir. Bu karanlık odanın aydınlatılması için açılırları ve konumları ayarlanabilir şekilde monte edilmiş LED'ler kullanılmıştır. LED'lerden bitki üzerine gönderilen ışığın yansıması sonucu PDA tarafından algılanan ışığın oluşturduğu elektriksel sinyal, traktör kabini içerisinde bulunan bir bilgisayar ve buna bağlı bulunan data kazanım kartı (DAQ) tarafından bilgisayar yazılımı (LabVIEW) aracılığı ile analiz edilmekte ve pamuk bitkisi tespit edilmektedir (Şekil 3.34). Eğer gelen sinyal programlanan aralıkta ise bu bitki pamuk bitkisi olarak kabul edilmekte, aralığın dışında ise bitki olmadığı varsayılmaktadır. Makina arka tekerleğine bağlı bulunan bir encoder sürekli olarak puls üretmektedir. Bu puls bilgisi, herhangi bir pamuk bitkisi algılandıktan sonra program ara yüzünde ayarlanmış olduğumuz mesafeye ulaşana kadar DAQ tarafından sayılmakta ve istenen sayıya ulaşıldığında bir çıkış sinyali gönderilerek kontrol kartı aracılığı ile pnömatik silindirin hareket etmesi sağlanmaktadır. Pnömatik silindirin hareket etmesiyle birlikte bu silindire bağlı bulunan seyreltme organı bir salınım hareketi yapmakta ve belirlenmiş olan pamuk bitkisinin ön kısmı çapalanmak suretiyle şayet bu kısımda pamuk bitkisi varsa bunların kesilmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.35). Encoder ilk bitkiyi algıladıktan sonra sistemde ayarlanmış olduğumuz mesafe kadar algılama işlemi gerçekleştirmemekte ancak bu mesafeden sonra algılamaya tekrar başlamaktadır. İlk bitkinin algılanmasıyla birlikte bu işlemler tekrar başlamakta ve sürekli olarak bu döngü devam etmektedir.



Şekil 3.34. Makina çalışma ilkesi



(a) İşlem öncesi bitki sırası

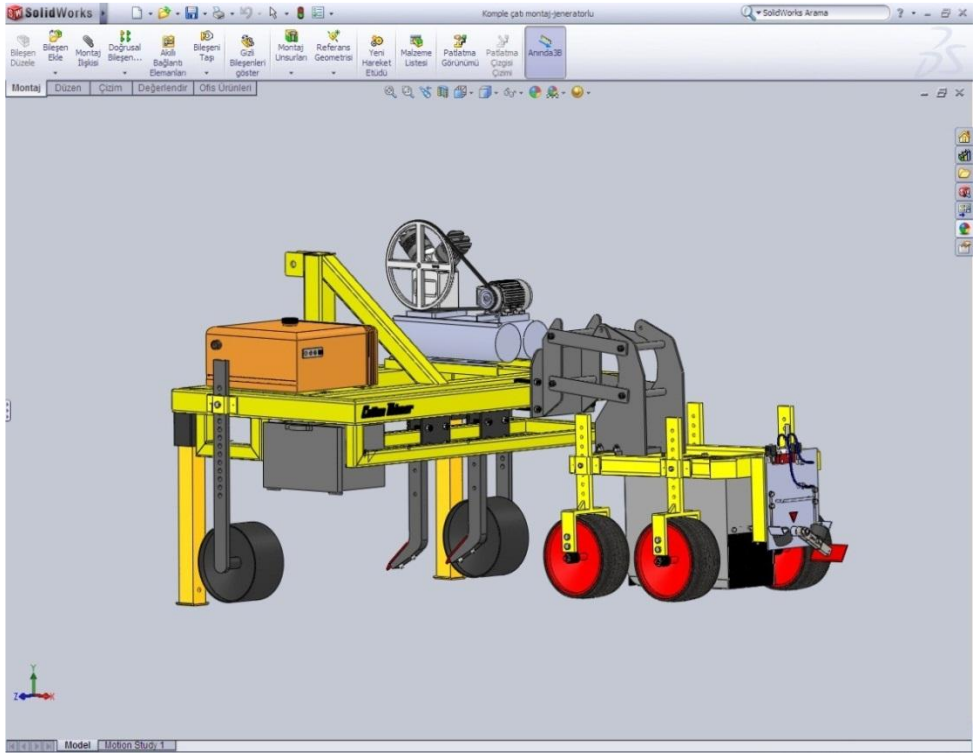
(b) Sistemin analizi sonucunda kültür bitkilerinin işaretlenmesi

(c) Seyreltme işlemi sonrası sırada kalan seçilmiş kültür bitkileri

Şekil 3.35. Sıra üzeri bitki dağılımı

3.2.1. Prototip Makinanın Tasarımı

Çalışma, tek sıralı bir pamuk seyreltme makinasının tasarım ve imalat aşaması ile imal edilen bu makinanın laboratuvar koşullarında fonksiyonellik, tarla koşullarında ise dayanım ve performans değerlerini ortaya koymak üzere iki kısımda gerçekleştirilmiştir. Otomatik olarak çalışacak seyreltme makinasının tasarımı aşamasında, bilgisayar destekli tasarım programından “SolidWorks 2010” yararlanılmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Prototip makinanın bilgisayar destekli tasarımı

3.2.1.1. Çatı tasarımı

Prototip makinanın çatısı, kompresör ile jeneratörü üzerinde taşıdığı için arazi koşulları da göz önünde bulundurularak yüksek dayanımlı olarak 5 mm et kalınlığına sahip 100×100 mm kare profil malzemeden tasarlanmış ve imal edilmiştir. Ayrıca traktöre asılır şekilde monte edebilmek için ön kısmına üç nokta askı sistemi bağlantı muyluları eklenmiştir. Makinanın ağır kısımlarını üzerinde barındıran çatının tasarımı sırasında, SolidWorks Simulation programı deneme

sürümü kullanılarak malzeme analizi gerçekleştirilmiş, sonlu elemanlar yöntemine göre gerilme, yer değiştirme ve emniyet katsayısı değerlerine bakılmıştır.

Sonlu elemanlar yöntemiyle sistemlerin analizi, yapısal mühendislik problemlerinin çözümünde yıllardan beri, sayısal çözümleme amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayısal yaklaşım yöntemi her ne kadar karmaşık geometriye sahip mühendislik yapı sistemleri için geliştirilmiş olsa da, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere de paralel bir şekilde, farklı alanlarda da kullanım alanları bulmaktadır. Karmaşık geometrilerin analizinde kullanılan sonlu elemanlar yöntemi ile bir yapının, bir, iki veya üç boyutlu analizi sayısal olarak yapılabilmektedir. Sonlu elemanlar analizinde, analiz edilecek yapıların bilgisayar ortamına aktarılarak gerçeğe en yakın şekilde modellenmesi yapılmaktadır. Tüm model, matematiksel olarak anlamlı daha basit geometrik parçalara (elemanlara) bölünmektedir. Elemanlar birbirlerine düğümlerle bağlı olup değişik geometrik şekillerde olabilmektedir. Düğümler aracılığıyla, bir elemandaki fiziksel değişiklik diğer elemanlara da yansımaktadır. Kuvvet dağılımı hesaplaması, yapının tamamı yerine, her eleman için ayrı ayrı bulunacağından dolayı daha hassas bir analiz için eleman sayısı çoğaltılabilmektedir. Böylece boyutları belirlenmiş bir modelde, yazılımlar ile belirlenen şiddet, yön ve alandaki kuvvet uygulamasına bağlı olarak ortaya çıkan gerilimler (stress), gerinimler (strain) ve yer değiştirmeler (deplasman) ölçülebilmektedir. Sonlu elemanlar analiz yönteminin diğer yöntemlere göre birçok avantajları bulunmaktadır. Karmaşık geometriye sahip katı cisimler modellenenilmekte, gerçekçi malzeme kabulleri ile gerçeğe yakın model, yazılımlar aracılığıyla oluşturulabilmektedir. İstenilen sayıda değişik malzeme ile farklı modeller oluşturulabilmekte, gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri hassas bir şekilde elde edilebilmektedir. Uygulanan kuvvetlerin, malzeme özelliklerinin, geometrinin kolayca değiştirilmesi ile analizin kolayca ve tekrarlanabilir olarak yapılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Sonlu elemanlar analizi daha spesifik olarak kuvvet yüklemesi, yapıların yer değiştirmesi eğilme, bükülme, kırılma, gerilme, titreşim, materyallerin elastik ve plastik deformasyonları ve bağlanma dayanıklılıklarının sayısal olarak belirlenmesinde kullanılmaktadır (Adıgüzel, 2010).

Sonlu elemanlar yönteminde modeller, sonlu sayıda "eleman" olarak adlandırılan basit geometrik şekillere bölünmektedir. Bu elemanlar belli noktalardan birbirleriyle bağlanmakta ve bu noktalara düğüm (node) denmektedir. Sonlu elemanlar yönteminde sistemi tanımlayan bölge, eleman (element) olarak

adlandırılan basit geometrik şekillere bölünmektedir. Bu elemanlar, "düğüm" olarak adlandırılan özel noktadaki bilinmeyen değerler cinsinden ifade edilmektedir. Sınır koşullarını da içerecek şekilde, elemanların birleştirilmesi sonucu lineer veya lineer olmayan cebirsel denklem seti elde edilmekte ve bu denklemlerin çözümü, sistemin gerçeğe yakın davranışını vermektedir. Model ne kadar çok sayıda elemana bölünürse daha gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmektedir. Düğüm noktalarının ve elemanların koordinatları, ağ (mesh) oluşturma işlemi ile oluşturulmaktadır. Mesh üretimi, programlar tarafından otomatik olarak yapabildiği gibi kullanıcıya da mesh üretme imkanı tanınmaktadır. Mesh oluşturmada modeller sonlu sayıda elemanlara bölünmektedir. Genellikle, önemli olduğu veya kendi içinde büyük değişime sahip olduğu bilinen veya tahmin edilebilen bölgelerde, birim alana daha fazla eleman yerleştirilmektedir. Mesh işleminden sonra, cismin nereden sabitlendiğini ve kuvvetin neresinden uygulandığını gösteren sınır şartları belirlenmektedir. Eleman sayısı arttırılarak, eleman tipi değiştirilerek, mesh üretim yöntemi değiştirilerek, yeniden mesh oluşturularak çözüm tekrarlanabilmektedir (Adıgüzel, 2010).

Sınır şartları, gerilmelerin ve yer değiştirmelerin (deplasman) sınır ifadelerini kapsamaktadır. Cismin nereden sabitlendiğini ve kuvvetin neresinden uygulandığını göstermektedir. Analizi yapılan cismin hangi bölgesine kuvvet uygulanacaksa sınır şartları da ona göre belirlenmektedir (Adıgüzel, 2010).

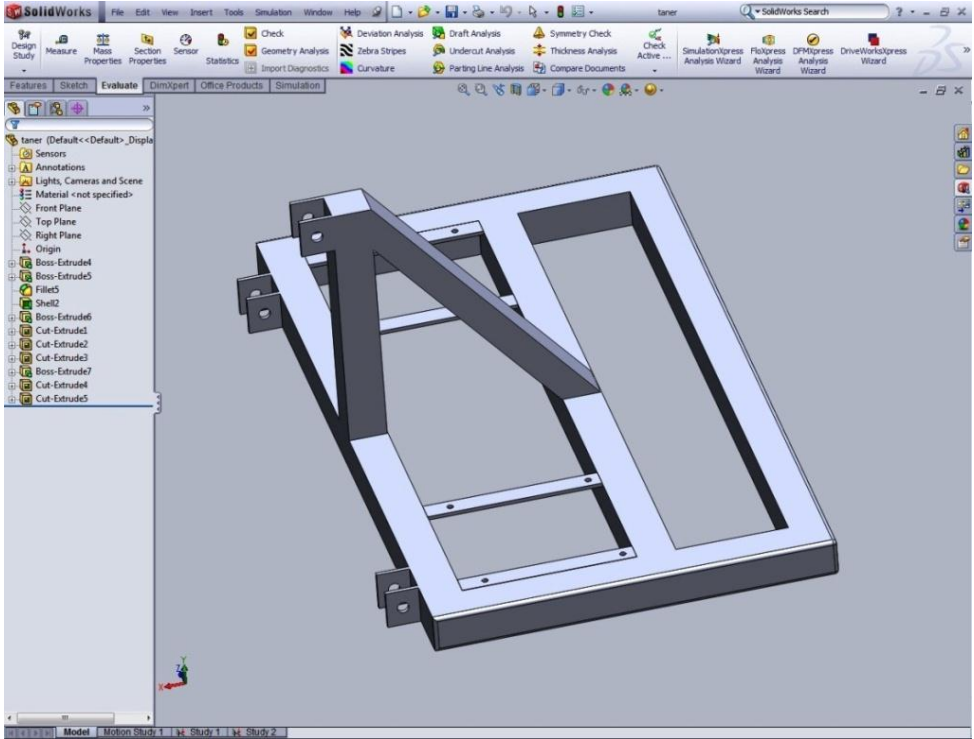
Sonlu elemanlar analizinin ilk aşamasında kullanılacak tüm materyaller bilgisayar ortamına aktararak modellenmektedir. Bu şekilde cismin iç ve dış geometrisinin gerçeğe en yakın tanımı yapılmış olmaktadır. Böylece ağırlık, moment gibi parametreler hesaplanıp kesitler alınarak cismin iç geometrik formu daha detaylı bir şekilde incelenebilmektedir. Cisimlerin katı modellenmesi için CAD (Computer Aided Design–Bilgisayar Destekli Tasarım) programları kullanılmaktadır. CAD ortamında hızlı bir veri, iletişim ve işlem gücüne sahip süper bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Katı modelleme ile bir ürünün üretilmeden önce istenen şekil ve işlevi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilmektedir. Dayanım ve malzeme özellikleri ve buna ilişkin hesaplar da yüksek maliyetli testler yerine, yazılım destekli olarak yapılabileceğinden dolayı hızlı ve ucuz olmaktadır (Adıgüzel, 2010).

Stres, birim alan başına düşen kuvvetin miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bir cisme dışarıdan bir kuvvet uygulandığında, o yapının iç kısmında karmaşık iç

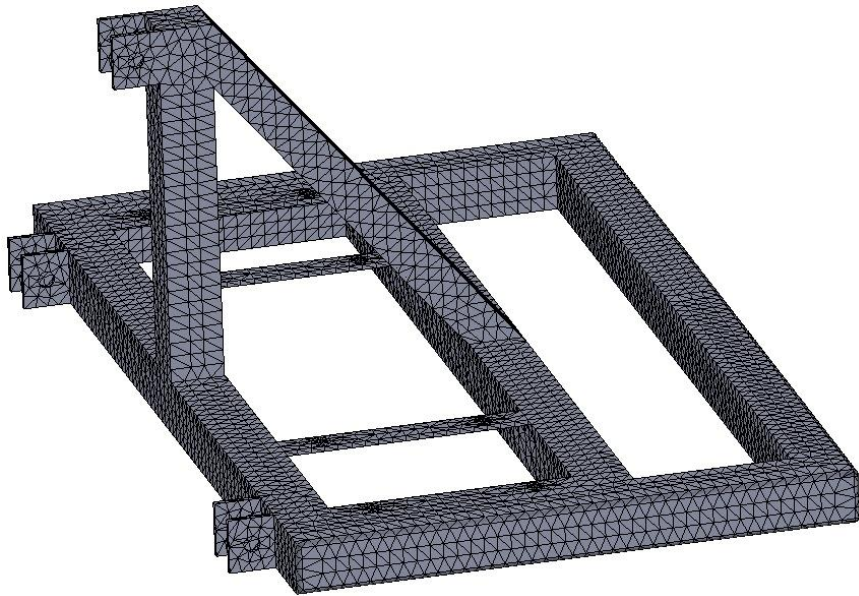
gerilmeler oluşmaktadır. İç gerilmeler; çekme (tensile), basma (compressive) ve makaslama (shear) gerilimi olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır. Von Mises stresi, çekilebilir materyaller için şekil değiştirmenin başlangıcı olarak tanımlanmaktadır. Von Mises stresi, materyal üzerinde oluşan stres dağılımları ve yoğunlaşmaları hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılmaktadır. İki veya üç boyutta oluşan stresleri birleştirerek, tek yönde yüklenen materyalin çekme (tensile) dayanıklılığını vermektedir (Adıgüzel, 2010).

İleri işlemci yeteneği ve hesaplama hızına sahip süper bilgisayarların gelişmesi, sonlu elemanlar teknolojisi ve bu alanda kullanılan yazılım paketlerinin de gelişmesine neden olmaktadır. Bu tip bilgisayarların özelliklerinden tümüyle yararlanabilmek için paralel sayısal algoritmalar ve programlama dilleri geliştirilmektedir. Sonlu eleman analiz yazılımları arasında linear, non-linear, implicit (kapalı sonlu) ve explicit (açık sonlu) olma yönünden farklılıklar bulunmaktadır. Mühendislik uygulamalarında, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerde kullanılan yazılım paketlerinden bazıları; ALGOR, ABAQUS, ADINA, ANSYS COMSOL, FEMPRO, FEMTOOLS, I-DEAS, MARC, NASTRAN, PAFEC 75, PATRAN, PROENGINEER, SOLIDWORKS, SAP 80, SAP2000, STRAND7, VISUALFEA ve ZEBULON'dur. Bu yazılımlar karmaşık geometriye sahip iki veya üç boyutlu sistemleri analiz edebilmektedir (Adıgüzel, 2010).

Şekil 3.37'de bilgisayar ortamında oluşturulan çatı ve üç nokta askı sistemine ait üç boyutlu katı model görülmektedir. Şekil 3.38'de çatının bilgisayar ortamında sonlu elemanlar yöntemiyle oluşturulmuş ağ yapısı (solid mesh) görülmektedir. Çatıya gelen yükün etkisi altında çatının yer değiştirme ve gerilme ile emniyet katsayısı analizleri sırası ile Şekil 3.39, Şekil 3.40 ve Şekil 3.41'de gösterilmiştir. Şekil 3.39 incelendiğinde, en yüksek yer değiştirme değerinin 0.79 mm gibi bir değerle arka çatının ön çatıya bağlandığı noktada olduğu görülmektedir. Gerilmelere baktığımızda ise en yüksek gerilmenin 53.3 MPa ile ön çatının traktöre bağlandığı alt bağlantı noktasında olduğu görülmektedir (Şekil 3.40). Şekil 3.41 incelendiğinde emniyet katsayısı için de en düşük bölgelerin 5.16 ile alt bağlantı noktalarında olduğu görülmektedir. Makinanın prototip oluşu göz önünde bulundurularak ana çatısı yüksek dayanımlı olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir.

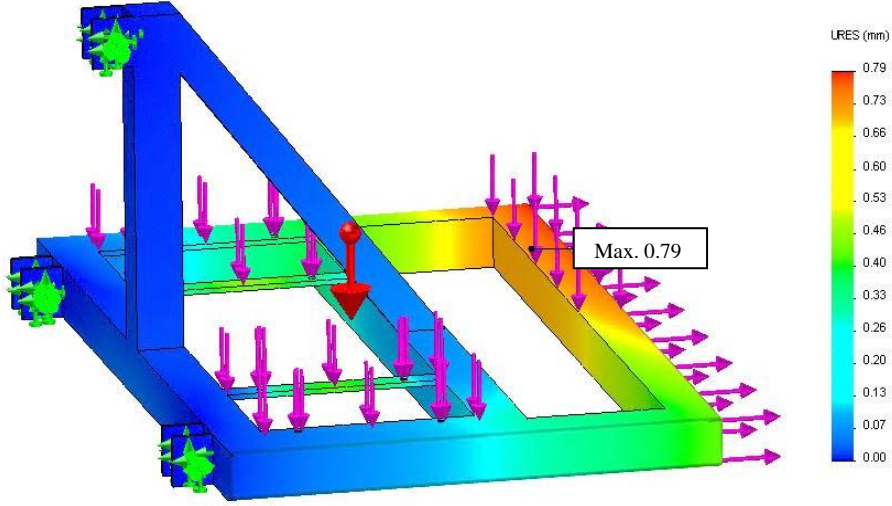


Şekil 3.37. Çatı, üç nokta askı sistemi üç boyutlu görünüşü

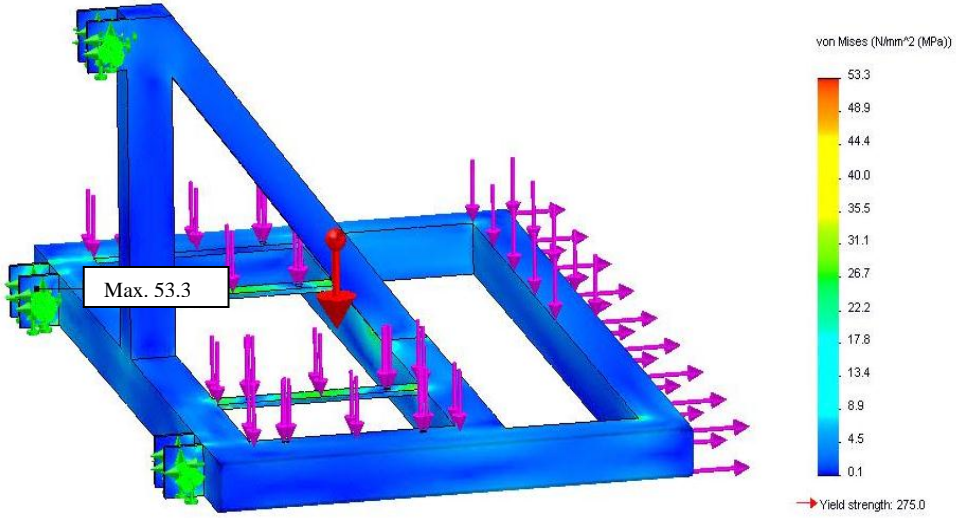


Şekil 3.38. Çatı sonlu elemanlar ağı

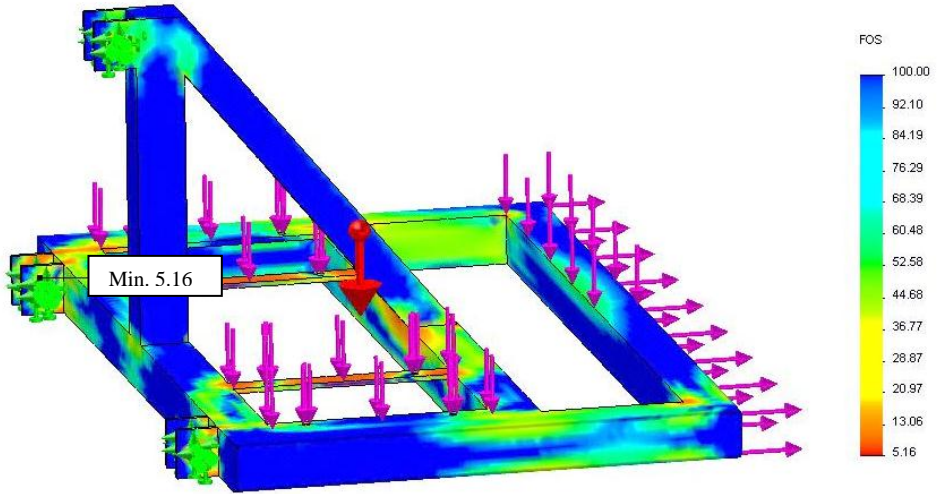
Eleman sayısı : 32 251
Düğüm noktası sayısı : 64 312
Serbestlik derecesi : 191 964



Şekil 3.39. Çatı yer değıştirme analizi



Şekil 3.40. Çatı gerilme analizi

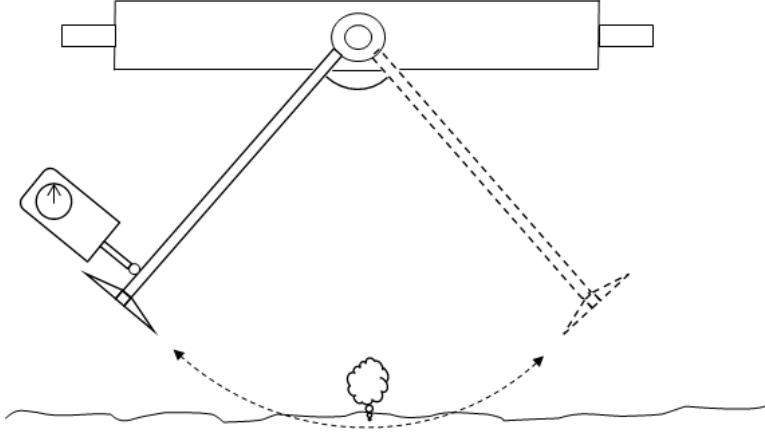


Şekil 3.41. Çatı emniyet katsayısı analizi

3.2.1.2. Seyreltme ünitesi tasarımı

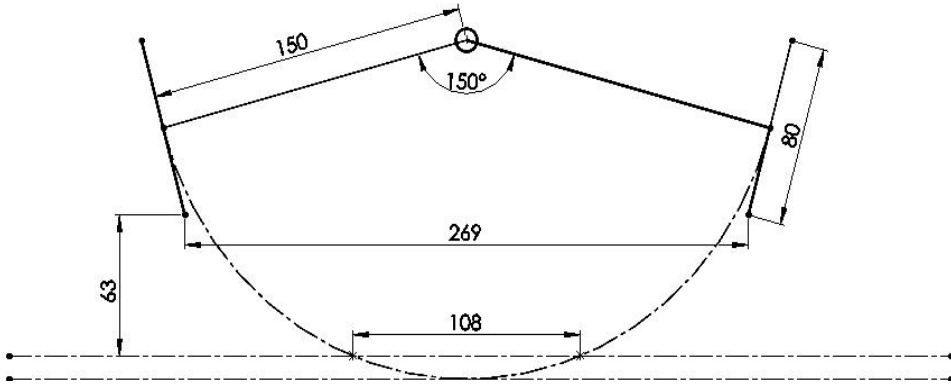
Tasarımı yapılan makinanın en önemli kısımlarından birisi de seyreltme ünitesidir. Sıra üstünde bulunan fazla pamuk bitkilerini kesmek suretiyle yok eden bu ünitenin başarısı, makina başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple seyreltme ünitesinin tasarımı önem teşkil etmektedir.

Seyreltme ünitesi tasarımı yapılırken, seyreltme bıçağının toprakta karşılaştığı direnci tespit edebilmek amacıyla traktörün alt bağlantı kollarının arasına bir lama ve bu lamanın üzerine basit bir bıçak mekanizması takılarak traktör pamuk ekimi yapılmış tarlada düşük bir hızda ilerletilmiştir. El dinamometresinin kancası, bıçak koluna bıçağa yakın bir noktadan bağlanmıştır. Dinamometre çekilmek suretiyle bıçağın, elle pamuk seyreltme işleminde olduğu gibi bir miktar toprağa dalması sağlanarak direnç kuvveti ölçülmüştür (Şekil 3.42). 20 farklı noktadan yapılan denemeler neticesinde bıçağın 10 mm kadar dalmasının gerek bitkiyi kolayca kesmesi, gerekse toprak direncini yenmesi için yeterli olduğu görülmüştür. Bu noktadan hareketle bıçak tasarımında kullanılmak üzere alınan ölçümler neticesinde 160 N'luk maksimum direnç değeri bulunmuş ve seyreltme ünitesi tasarımı bu değer in ışığında gerçekleştirilmiştir.



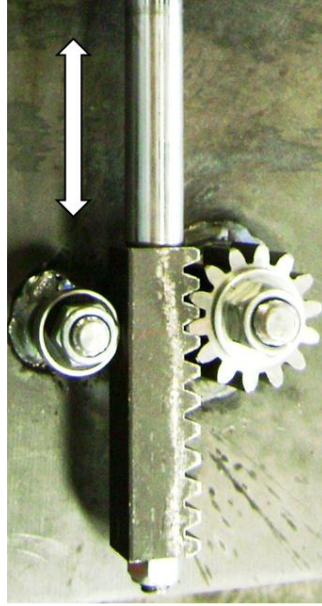
Şekil 3.42. Bıçak direncinin ölçülmesi

Yapılan denemeler neticesinde seyreltme bıçağının, piston durağan haldeyken toprağa temas edip zarar görmemesi için bıçağın en alt noktasının 60–70 mm gibi yukarıda durmasının yeterli olduğu görülmüştür. Bu parametreler ışığında, bilgisayar ortamında bıçak yörüngesi çizilmiş, 10 mm derinlik ve 63 mm bıçak yüksekliği için 150° 'lik bir salınım açısının uygun olduğu görülmüştür (Şekil 3.43). Seyreltme bıçağı, seyreltilecek olan bitkilerin kesilmesinde kullanılan 5 mm kalınlığında çelik lamadan imal edilmiş olup 180 mm uzunluğunda ve 80 mm genişliğindedir.



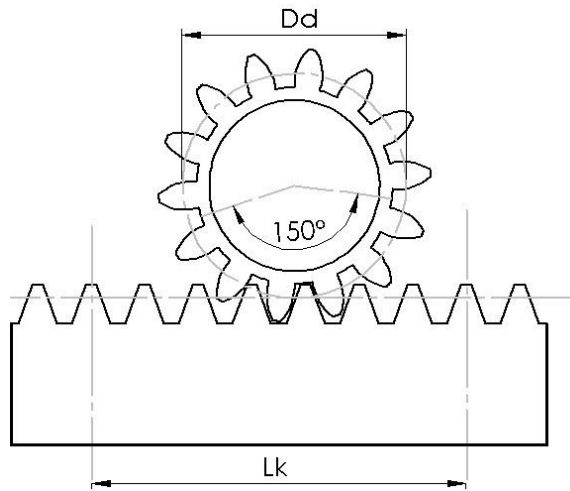
Şekil 3.43. Seyreltme bıçağı salınım açısının tespiti

Seyreltme ünitesinde kullanılan kramayer-düz alın dişli çiftinin belirlenmesi sırasında, bu dişli grupları ürün kataloglarındaki dişlilerinden seçilmiştir (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Düz alın dişli–kramayer çifti

Bıçak kolunun 150° lik salınım açısı göz önünde bulundurularak düz alın dişlinin bu salınım açısına karşılık kramayer dişlideki ilerleme miktarı hesaplanmıştır. İmal edilecek olan pnömatik silindirin strok mesafesi olan 60 mm değeri bulunmuş ve silindirin imalatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. Düz alın dişli–kramayer çifti kurs mesafesinin belirlenmesi

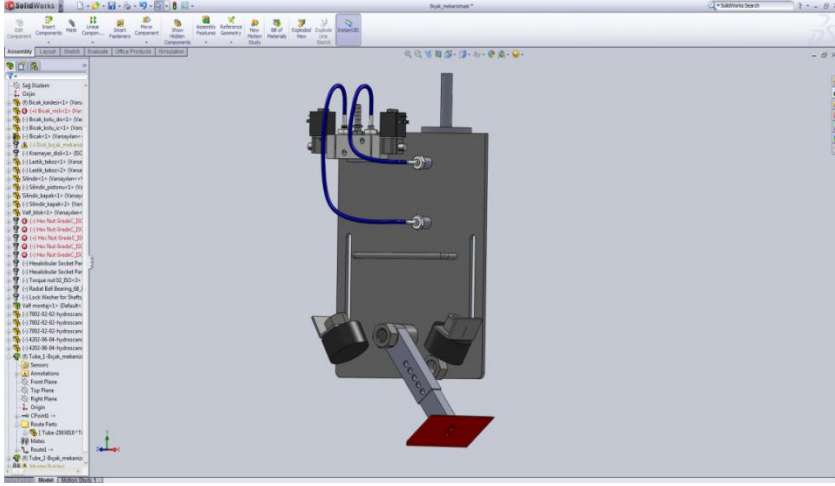
$$L_k = \pi \cdot D_d \cdot \frac{150}{360} \quad (4)$$

Eşitlikte;

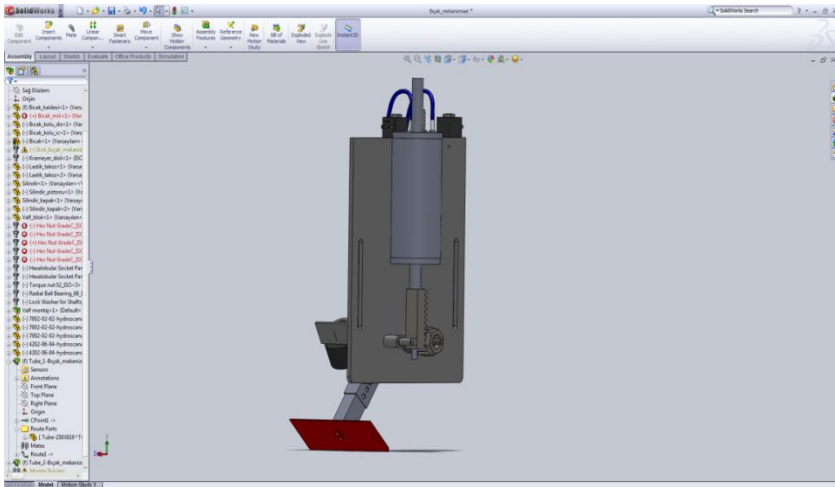
L_k : Kramayer etkili diş uzunluğu (cm)

D_d : Düz dişli etkili çapı (cm)

Şekil 3.46’da bilgisayar ortamında oluşturulan seyreltme ünitesi resmi verilmiştir.



(a)

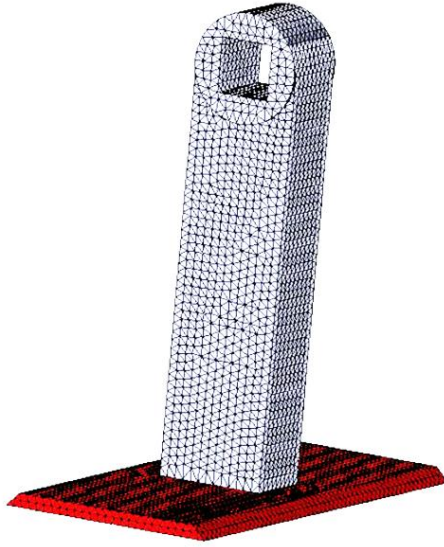


(b)

Şekil 3.46. Seyreltme ünitesinin üç boyutlu görünüşü (a: önden görünüş, b: arkadan görünüş)

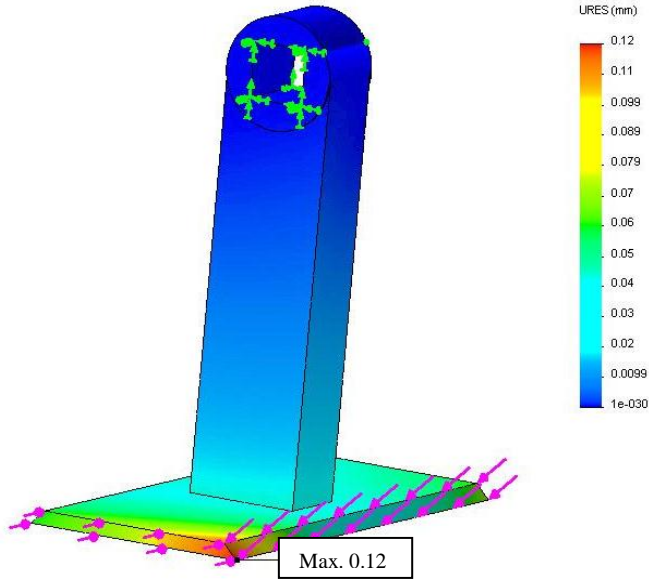
Şekil 3.47’de ise seyreltme organının bilgisayar ortamında sonlu elemanlar yöntemiyle oluşturulmuş ağ yapısı (solid mesh) görülmektedir. Bıçak koluna gelen yükün etkisi altında kolun yer değiştirme, gerilme ve emniyet katsayısı analizleri sırası ile Şekil 3.48, Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’de gösterilmiştir.

Şekil 3.48 incelendiğinde, en yüksek yer değiştirme değerinin bıçağın uç kısmında 0.12 mm olarak gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 3.49’da bıçak kolu gerilme analizi incelendiğinde bıçak kolunun bıçağa temas ettiği köşe noktasında gerilmenin 48.3 MPa ile en yüksek değerini aldığı görülmektedir. En düşük emniyet katsayısı değerinin ise Şekil 3.50’den de görüldüğü üzere 3.11 olarak gerilmenin en yüksek olduğu noktada olduğu görülmektedir.

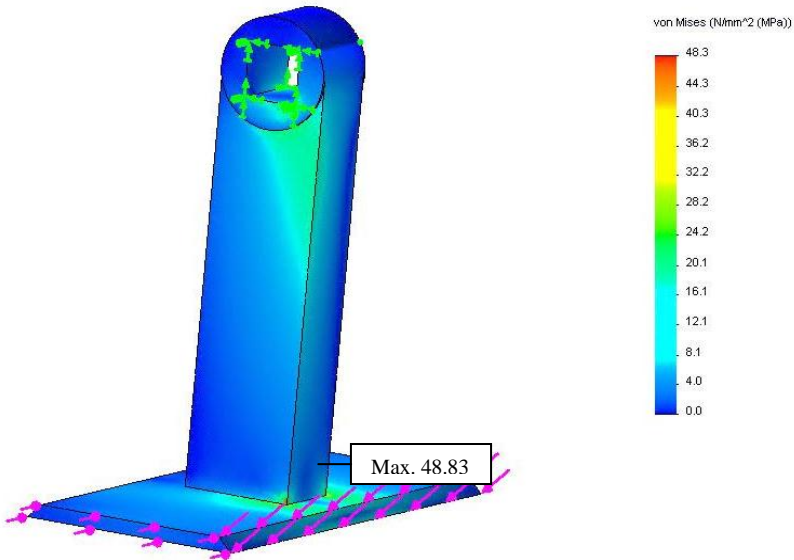


Şekil 3.47. Seyreltme organı sonlu elemanlar ağı

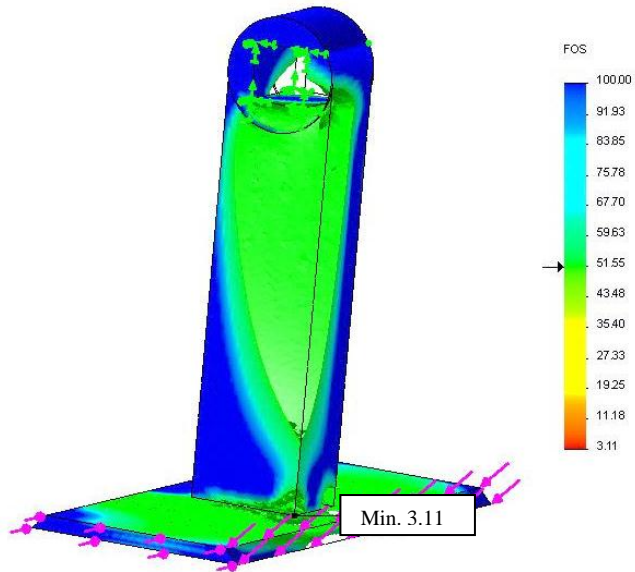
Eleman sayısı : 56 341
Düğüm noktası sayısı : 86 241
Serbestlik derecesi : 256 890



Şekil 3.48. Bıçak kolu yer değıştirme analizi



Şekil 3.49. Bıçak kolu gerilme analizi



Şekil 3.50. Bıçak kolu emniyet katsayısı analizi

Seyreltme ünitesinde, seyreltme organının mili üzerindeki bir düz alın dişlisi, çift etkili pnömatik bir silindirin miline bağlı bulunan bir kramayer dişli aracılığı ile tahrik edilmektedir. Her bir salınım sırasında iki kültür bitkisi arasında bir çapa uzunluğu kadar alan çapalanarak bu bölgedeki bitkiler uzaklaştırılmaktadır. Seyreltme ünitesi makinanın arka kısmında olup, yüksekliği ayarlanabilecek şekilde imal edilmiş ve arka çatıya civatalarla tutturulmuştur (Şekil 3.51). Bu ünitenin bağlı bulunduğu arka çatı ön çatıya dört çubuk mekanizması ile bağlı olup kompresörün ve jeneratörün oluşturabileceği titreşimlerden bağımsız ve yüzey engbelerine uyumlu olarak hareket edebilmektedir.



Şekil 3.51. Seyreltme ünitesinin makine üzerine konumlandırılması

3.2.1.3. Pnömatik sistem tasarımı

Prototip makinanın seyreltme organını tahrik etmek için tasarlanmış olan mekanizmada kullanılmak üzere çift kollu-çift etkili pnömatik bir silindir tasarlanmıştır. Yüksek piston hızı elde etmek için piston mili ile silindir iç çapı arasındaki mesafe küçük seçilmiştir. 0.84 m/s traktör ilerleme hızı ve 20 cm sıra üstü mesafe dikkate alındığında silindirin 1 saniyelik süre içerisinde maksimum 4 strok tamamlamasının yeterli olacağı öngörülmüştür. Piston çalışma basıncı standart kompresörlerin çalışma basıncı olan 8 bar olarak belirlenmiş ve hesaplamalarda bu değer dikkate alınmıştır. Özellikle piston kolunun maruz kalacağı zorlanmalar da dikkate alınarak piston kolunun imalatında Ç 4140 serisi çelik seçilmiştir (Çizelge 3.11). Pistonun hareketi sırasında elde edilen itme kuvveti aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (Karacan, 2003).

Çizelge 3.11. Piston kolunda kullanılan çeliğe ait kimyasal bileşim (%) (Uzkut ve Özdemir, 2001)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo
Ç 4140	0.43	0.26	0.79	0.018	0.024	0.86	0.23	0.23	0.165

İhtiyaç duyulan piston kuvveti, moment kuralından (Şekil 3.52);

$$F_1 = \frac{(F_2 \cdot L_b)}{d_d} \quad (5)$$

şeklinde bulunur. Eşitlikte;

F_1 : Piston itme kuvveti (N)

F_2 : Bıçağa etkiyen kuvvet (N)

d_d : Düz dişli yarıçapı (m)

L_b : Bıçak kolu uzunluğu (m)

İhtiyaç duyulan piston kuvveti belirlendikten sonra imal edilecek olan pistonun silindire ait etkili kesit alanı (Karacan, 2003);

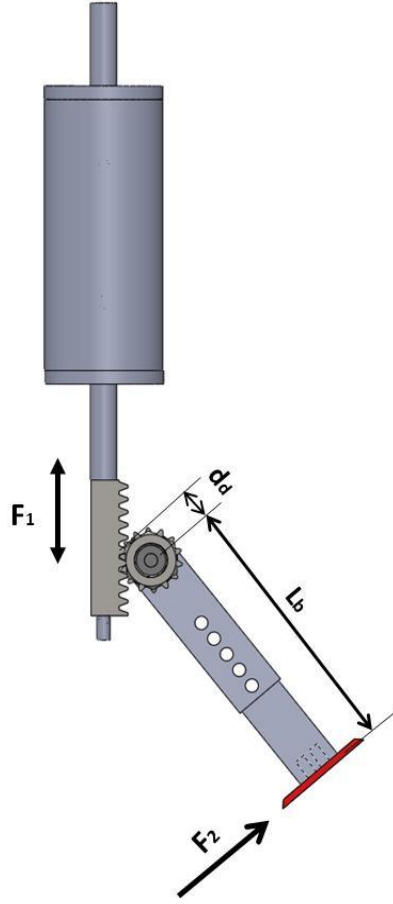
$$A = \frac{F_1}{P \cdot \eta_p} \quad (6)$$

eşitliğinden bulunur. Eşitlikte;

A : Silindirin etkili kesit alanı (m²)

P : Basınç (N/m²)

η_p : Verim (% 80–90 alınabilir)



Şekil 3.52. Çift kollu-çift etkili pnömatik silindire etkiyen kuvvetler

Silindirin etkili kesit alanına bağlı olarak mevcut standartlar da dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla piston ve piston kolu çapları belirlenir.

$$A = \frac{\pi (D_p^2 - D_k^2)}{4} \quad (7)$$

Eşitlikte;

D_p : Piston çapı (m)

D_k : Piston kolu (rod) çapı (m)

Sistemde kullanılacak olan kompresörün debisinin belirlenmesi için silindirin hava tüketiminin bilinmesi gerekir. Silindirin hava tüketimi (Karacan, 2003);

$$Q = 2 \cdot (S \cdot n_p \cdot q) \quad (8)$$

şeklinde bulunur. Eşitlikte;

Q : Silindir hava tüketimi (L/min)

S_p : Piston stroku (cm)

n_p : Strok sayısı (strok/min)

q : Piston strokunun her cm'si için gerekli hava miktarı (L) (8 bar ve 55 mm piston çapı için bu değer 0.213 alınmıştır)

Çizelge 3.12. Pnömatik silindirlerde hava sarfiyatı tablosu (q)

Piston çapı (mm)	Hava basıncı (bar)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Piston strokunun her cm'si için hava tüketimi (L)							
40	0.025	0.037	0.049	0.061	0.073	0.085	0.097	0.110
50	0.039	0.058	0.077	0.096	0.115	0.134	0.153	0.172
70	0.076	0.113	0.150	0.187	0.225	0.262	0.299	0.335
100	0.155	0.231	0.307	0.383	0.459	0.535	0.611	0.687

Pnömatik sisteme ilişkin hesaplama sonuçları EK-1'de sunulmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen prototip makinaya ait teknik ölçü ve çizimler EK-2...EK-8'de verilmiştir.

3.2.2. Prototip Makinanın İmalatı

Prototip makinanın imalat aşaması, Aydın ilinde uzun yıllardır faaliyet gösteren ALPLER Ziraat Aletleri San. A.Ş. firmasının fabrikasında yürütülmüştür. İmalat sırasında öncelikle çatıların imalatı yapılmış, daha sonra taşıyıcı tekerlekler monte edilerek makina boyanmaya hazır hale gelmiştir. Boya işleminin ardından makina üzerine kompresör ve jeneratörün montajı yapılarak prototip makina ortaya çıkarılmıştır. İmalat aşamasına ait bazı fotoğraflar Şekil 3.53'te verilmiştir.



Şekil 3.53. Prototip makinanın imalat aşamaları

3.2.3. Laboratuvar Denemeleri

İmalatı tamamlanan prototip makinanın elektronik aksamının fonksiyonellik denemeleri, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü laboratuvar imkanlarından faydalanılarak yapılmıştır. Denemeler sırasında imalatı yapılmış olan karanlık oda içerisine LED ve PDA'lar yerleştirilerek bilgisayar, data kazanım kartı (DAQ) ve kontrol kartına bağlantısı yapılmış ve sisteme enerji verilmiştir. Tarla koşullarını simüle etmek üzere karanlık odanın alt kısmına gelecek şekilde 5 m uzunluğunda bir bant yerleştirilmiştir. Hidrolik motorun miline takılan bir makaraya bağlı bulunan ipin bu makaraya sarılması ile bantın hareketi sağlanmış ve farklı ilerleme hızlarında denemeler gerçekleştirilmiştir (0,2, 0,6, 0,8 m/s). Bant üzerine bant görülmeyecek şekilde toprak serilmiştir. Toprağın üzerine de tarladan koparılmış olan pamuk bitkileri sabitlenerek bitki sıraları oluşturulmuştur. Sıralar oluşturulurken özellikle bantın da rejime girmesi düşünülerek başlangıçtan itibaren 2 m'lik kısmın boş bırakılmasına dikkate edilmiştir. Aynı tarla koşullarında olduğu gibi bitkiler düzensiz sıra üzeri mesafelerde yerleştirilmiş ve gerçek tarla koşulları simüle edilmeye çalışılmıştır. Kontrollü koşullarda yapılan denemeler neticesinde

sistemin, tarla koşullarına uygun hale getirilmesi için elektronik algılama sisteminde kalibrasyon işlemleri yapılmıştır. Bu kalibrasyonlar sırasında öncelikle karanlık oda içerisinde bulunan LED'lerin açısı ve ışık şiddetleri değiştirilmiştir. Buna bağlı olarak da bilgisayar yazılımı üzerindeki sınır değerler değiştirilerek ideal algılama koşulları elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar sonucunda, oluşturulan bitki sıralarında %90'a kadar başarıyla algılama yapabildiği görülmüştür (Şekil 3.54).

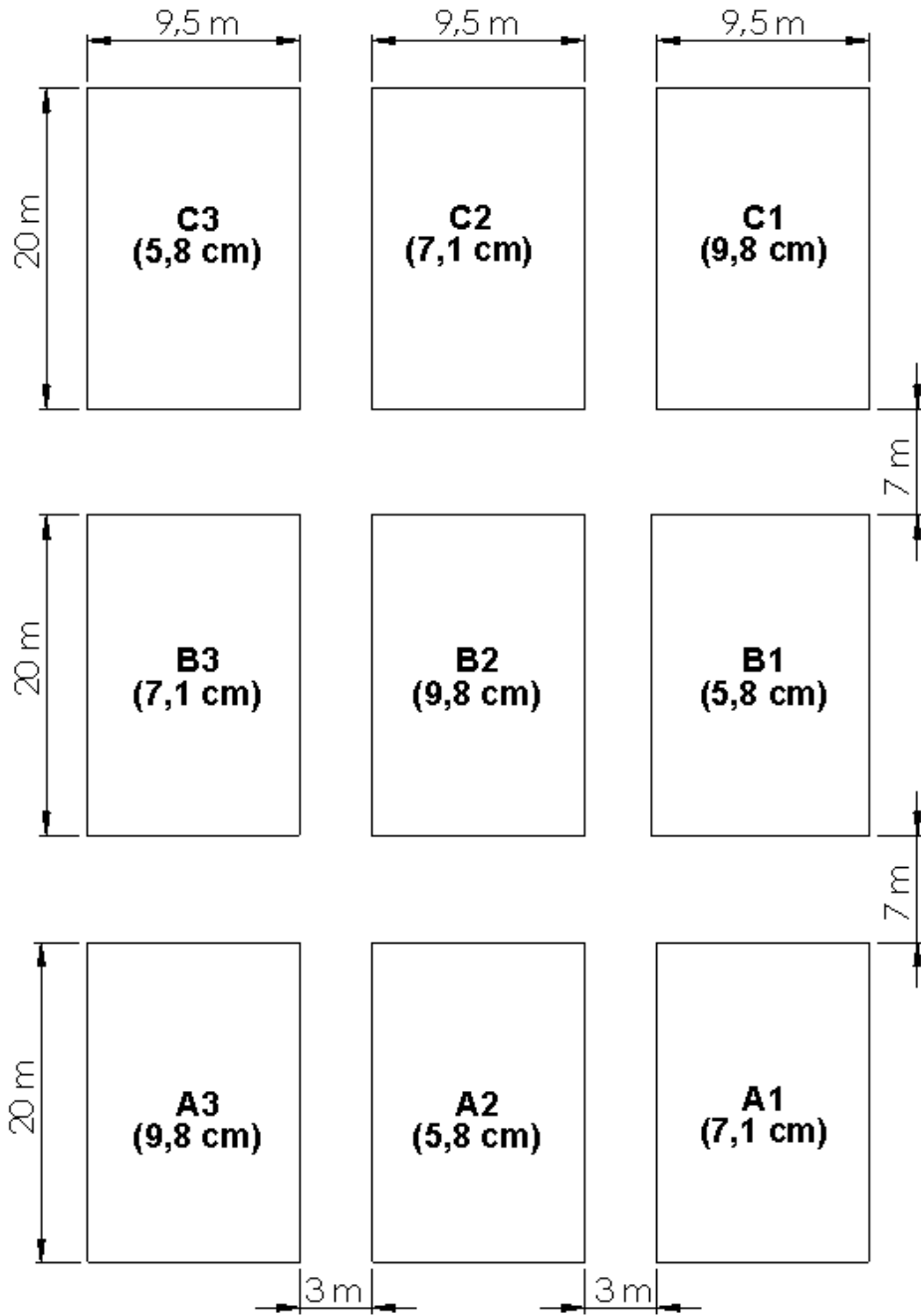


Şekil 3.54. Laboratuvar denemeleri

3.2.4. Tarla Denemeleri

İmalatı tamamlanan prototip makinanın dayanım ve performansa yönelik ön denemeleri ile asıl tarla denemeleri, 2010 yılında Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazilerinde yürütülmüştür.

Tarla denemeleri, tesadüf blokları deneme desenine göre 3×3 faktöriyel olarak düzenlenmiştir. Parsel uzunlukları 20 m alınmış olup her parsel arasında 3 m, ayrıca parsel grupları arasında traktörün rahat dönebilmesi için 7 m boşluk bırakılmıştır (Şekil 3.55). Ekim işlemi, mevcut traktörün iz genişliğinin fazla olması da dikkate alınarak, prototip makinanın rahat çalışabilmesi için 79 cm sıra aralığı mesafesinde yapılmıştır (Şekil 3.56). Denemeler sırasında, ölçüm yapılan pamuk bitkilerinin ortalama yüksekliği 17 cm ve ortalama yaprak sayısı 5 olarak tespit edilmiştir. Denemelerde kullanılan bitkilerin yetiştirilmesi sırasında, seyreltme aşamasına kadarki bütün işlemler tüm parsellere geleneksel yöntemle ve aynı şekilde uygulanmıştır.



Şekil 3.55. Tarla deneme planı



Şekil 3.56. Tarla denemesi

Denemeler, pnömomatik hassas ekim makinasıyla farklı sıra üzeri mesafelerinde (5.8, 7.1, 9.8 cm) ekilmiş parsellerde üçer tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ayrıca, kontrol amacıyla elle seyreltme süresi saptanıp, makinalı seyreltme ile iş başarılarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Ekimi takiben yaklaşık üç haftanın sonunda, prototip seyreltme makinası vasıtasıyla seyreltme işlemi yapılmış ve makinanın performans denemeleri farklı ilerleme hızlarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan traktörün gerçek hız değerleri, arazi koşullarında yapılan ölçümler neticesinde tespit edilmiştir. Özellikle elektronik algılama ve kontrol sisteminin performans aralığını görebilmek için traktörün hareket edebildiği minimum hız ile bunun iki farklı üst değeri seçilmiştir (0.23, 0.58, 0.84 m/s).

Prototip seyreltme makinasının tarla denemeleri için belirlenen başarı kriterleri:

- Elle seyreltme işine göre yüksek iş başarısı,
- Sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğünde iyileşme,
- Yüksek seyreltme başarısıdır.

3.2.4.1. Gerçek çalışma hızı ve patinajın belirlenmesi

Arazi denemeleri sırasında kullanılan gerçek hızın saptanabilmesi için bitki sıralarının başında ve sonunda olacak şekilde belli mesafeler işaretlenmiştir. Bu

mesafeler işaretlenirken traktörün rejime gireceği mesafe de göz önünde bulundurulmuş ve başlama noktası ona göre seçilmiştir. Bu işlem, öngörülen her 3 hız için de tekerrürlü olarak yapılarak gerçek çalışma hızı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Yalçın, 1999).

$$V_e = 3,6 \frac{L}{t} \quad (9)$$

Burada;

V_e : Gerçek çalışma hızı (km/h)

L : Ölçüm uzunluğu (m)

t : Ölçülen zamanların aritmetik ortalaması (s) dir.

Traktörün belirli vites kademesi ve motor devrinde gitmesi gereken teorik hızı, tekerleklerde meydana gelen kaymalardan dolayı hiçbir zaman ulaşılamamaktadır. Tekerleklerde meydana gelen kaymaya patinaj denmektedir ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Sungur, 1974; Özer, 1991).

$$\delta = \left(1 - \frac{V_e}{V_t}\right) \cdot 100 \quad (10)$$

Eşitlikte;

δ : Patinaj (%)

V_t : Teorik hız (km/h)

3.2.4.2. Elle seyreltme süresinin ölçülmesi

Prototip pamuk seyreltme makinasının birim zamanda yapmış olduğu işi geleneksel elle seyreltmedeki iş başarısı ile karşılaştırabilmek amacıyla denemeye tabi tutulan parsellerde elle seyreltme için zaman ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.57). Ölçümler neticesinde, ortalama bir işçinin tarla iş başarısının 0.012 ha/h değerinde olabildiği görülmüştür.



Şekil 3.57. El ile seyreltme

3.2.4.3. Teknik iş başarısının belirlenmesi

Alet veya makinanın devamlı olarak çalıştığı ve efektif işin yapılamadığı zaman kısımlarının dikkate alınmadığı durumda yapılan iş miktarı teknik iş başarısı olarak anılmaktadır (Mutaf ve Uçucu, 1980). Alet veya makinanın iş genişliğinin ve ilerleme hızının bir fonksiyonu olan teknik iş başarısı;

$$F_f = 0.1 \cdot b_e \cdot V_e \quad (11)$$

Burada;

F_f : Alet veya makinanın teknik iş başarısı (ha/h)

b_e : Alet veya makinanın efektif (gerçek) iş genişliği (m)

3.2.4.4. Bitki dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi

Tek üniteli olarak imal edilen prototip pamuk seyreltme makinası ile yapılan tarla denemeleri sonucunda, yapılan işin kalitesini istatistiksel anlamda belirleyebilmek amacıyla bitki sıra üzeri dağılım düzgünlüğü değerlerine bakılmıştır. Bu amaca yönelik olarak her bir sırada bulunan bitkiler seyreltme öncesi ve sonrası sayılmış ve aralarındaki mesafeler tespit edilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak seyreltme öncesi ve sonrası sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğünü ifade etmek için standart sapma (SD) ve varyasyon katsayısı (CV) değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla

bulunmuştur. Varyasyon katsayısının büyüklüğü, dağılım düzgünlüğündeki bozulmanın bir göstergesidir (Yalçın, 1999).

$$x_o = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (12)$$

şeklinde bulunur. Eşitlikte;

x_o : Ortalama sıra üzeri mesafe
 x_i : Sıra üzeri mesafe
 n : Bitki sayısı

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_o)^2}{n-1} \quad (13)$$

eşitliğinden bulunur. Eşitlikte;

S^2 : Varyans

$$SD = \sqrt{S^2} \quad (14)$$

SD : Standart sapma

$$CV = \left(\frac{SD}{x_o}\right) \cdot 100 \quad (15)$$

CV : Varyasyon katsayısı (%)

3.2.4.5. Seyreltme başarısının belirlenmesi


Prototip pamuk seyreltme makinasını değerlendirmede en önemli ölçütlerden bir tanesi de seyreltme başarısı diye tabir ettiğimiz, makinanın doğru etki (+) ile seyreltmiş olduğu bitki sayısının seyreltilmesi gereken bitki sayısına oranı olarak söylenebilir. Bu başarı oranını belirlemek amacıyla seyreltme işleminden önce parseldeki bitki sırası boyunca başlangıç ve bitiş noktası işaretlenerek 10 m uzunluğunda bir çelik şerit metre ilk bitki sıfır kabul edilmek suretiyle sıra boyunca yatırılmış ve her bitkinin metre üzerinde karşılığı olan mesafe başlangıçtan itibaren tek tek yazılarak bitkilerin konumları belirlenmiştir (Şekil 3.58). Bu işlemin ardından söz konusu parsellerde öngörülen çalışma hızında denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemeyi takiben yine ilk bitkiden başlamak üzere

sıra üzerinde kalan bitkilerin konumları tekrar yazılarak bilgisayar ortamında karşılaştırılmıştır.

Örnek bir uygulama Çizelge 3.13’te verilmiştir. Çizelgeden yola çıkarak seyreltme işleminden sonra kalan bitkilerin konumları, kalması istenen bitkilerin konumlarına göre değerlendirilmiştir. Seyreltme işlemi ile kalması istenen bitkiler çapalanmamış ve seyreltilmesi istenen bitki seyreltilmiş ise (+), tersi durumunda ise (-) ile işaretlemek suretiyle bu çizelge oluşturulmuştur. Bu çizelgedeki toplam uygulama sayısı içerisindeki (+) uygulamaların oranı makina başarısı olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.13. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki konumlarını gösteren örnek çizelge

Parsel No: C3-8			
Hız (0.58 m/s)			
Sıra üzeri ekim mesafesi (5.8 cm)			
Seyreltme işleminden önce bitkilerin konumları	Seyreltme işleminden sonra bitkilerin konumları	Kalması istenen bitkilerin konumları	Doğru etki (+) Yanlış etki. (-)
10.5	10.5	10.5	+
18.5	18.5		-
30	30	30	+
34.5	34.5		-
59		59	-
63			+
68.5			+
79	79	79	+
89			+
92			+
99	99	99	+
101.5	101.5		-
109	109		-
113.5			+
116		116	-
126	126		-

 : Makina tarafından seyreltilmiş bitkiler



Şekil 3.58. Bitkilerin konumlarının belirlenmesi

3.2.5. İstatistiki Değerlendirme

Çalışmada, elde edilen değerler tesadüf blokları 3×3 faktöriyel deneme desenine uygun olarak "SPSS18" istatistik analiz hazır paket programı kullanılarak $p<0.05$ olasılık değerine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler neticesinde varyans analiz tabloları faktörlerin önem seviyeleri $p<0.05$ olasılık değerine göre en küçük önemli fark (LSD) belirlenerek oluşturulmuştur. Ayrıca seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayıları ile ortalama sıra üzeri mesafeler arasında regresyon analizleri yapılarak, elde edilen "R" değerleri $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunduğundan grafikleri çizilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

İmalatı yapılan prototip pamuk seyreltme makinasının performansını ortaya koyabilmek için arazi koşullarında tarla denemeleri gerçekleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Denemeler, her bir parselde 10 m'lik mesafelerde 3 farklı hız kademesi (0.23, 0.58, 0.84 m/s) için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Makinanın etkinliğini görebilmek için öncelikle seçilen bitki sıralarındaki bitkilerin konumları bölüm 3.2.4.5'te anlatıldığı şekilde ölçülmüştür. Seyreltme işleminin ardından bu işlem tekrarlanarak kesilmiş olan bitkilerin konumları ve seyreltme sonrası bitkiler arası mesafe belirlenmiştir. Bu değerlerden yola çıkılarak prototip makinanın performans değerleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Değerlendirmeler sırasında her bir deneme ayrı bir kod ile tanımlanmıştır (Çizelge 4.1). Bu kodlamada ilk harf ve sonraki iki rakam parsel ile sıra numarasını, "V" hız kademesini ve "X" ise sıra üzeri ekim mesafesini belirtmektedir. Örneğin; A11V1X2 şeklindeki bir kodlama A1 numaralı parselin 1. denemesindeki 1. hız kademesi olan 0.23 m/s hızı ve sıra üzeri ekim mesafesinin 2. kademesi olan 7.1 cm sıra üzeri mesafeyi ifade etmektedir.

4.1. Hız, Patinaj ve Teknik İş Başarısı

Patinaj, makinanın zorlanmasının bir göstergesi olmakla birlikte makina tekerleği ile toprak arasındaki bir takım parametrelere de bağlıdır. Çizelge 4.2 incelendiğinde, ortalama patinaj değerinin %2.87 ile %8.70 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek patinaj değerleri 1. hız grubu olan 0.23 m/s teorik hızında gerçekleşirken diğer hız gruplarında çok da düzenli olmayan patinaj değerleri ortaya çıkmıştır. Bu düzensizliğin nedeni olarak, özellikle arazi yüzeyinin çok homojen bir yapıda olmayışının etkili olduğu söylenebilir. Çizelge 4.2'de verilen değerler incelendiğinde, %2.87 patinaj değeri dışında diğer ölçümlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2'de incelenen bir başka parametre de teknik iş başarısı değeridir. Denemeler tek sıralı prototip makinanın sırada çalışma performansının belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirildiği için bu hesaplamalar sadece makinanın efektif olarak çalıştığı zaman dikkate alınarak yapılmıştır. Hızın ve iş genişliğinin bir fonksiyonu olan teknik iş başarısı değeri hızın yükselmesine bağlı olarak yükselmektedir. En düşük değeri 0.23 m/s hız için 0.14 ha/h ve en yüksek değeri 0.84 m/s hız için 0.58 ha/h olarak gerçekleşmiştir. Makinaya ait elde edilen

bu teknik iş başarısı değerleri ile geleneksel el işçiliği ile elde edilen tarla iş başarısı değerleri (0.012 ha/h) irdelenecek olursa makinanın bu konuda bir üstünlüğünün olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.1. Tarla deneme planı kodlaması

Parsel No	Sıra No	İlerleme Hızı (m/s)	Sıra Üzeri Ekim Mesafesi (cm)	Deneme Kodu
A1	1	0.23	7.1	A11V1X2
	2	0.58	7.1	A12V2X2
	3	0.84	7.1	A13V3X2
A2	1	0.23	5.8	A21V1X1
	2	0.58	5.8	A22V2X1
	3	0.84	5.8	A23V3X1
A3	1	0.23	9.8	A31V1X3
	2	0.58	9.8	A32V2X3
	3	0.84	9.8	A33V3X3
B1	1	0.23	5.8	B11V1X1
	2	0.58	5.8	B12V2X1
	3	0.84	5.8	B13V3X1
B2	1	0.23	9.8	B21V1X3
	2	0.58	9.8	B22V2X3
	3	0.84	9.8	B23V3X3
B3	1	0.23	7.1	B31V1X2
	2	0.58	7.1	B32V2X2
	3	0.84	7.1	B33V3X2
C1	1	0.23	9.8	C11V1X3
	2	0.58	9.8	C12V2X3
	3	0.84	9.8	C13V3X3
C2	1	0.23	7.1	C21V1X2
	2	0.58	7.1	C22V2X2
	3	0.84	7.1	C23V3X2
C3	1	0.23	5.8	C31V1X1
	2	0.58	5.8	C32V2X1
	3	0.84	5.8	C33V3X1

Çizelge 4.2. Hız, patinaj ve teknik iş başarısı değerleri

Deneme Kodu	Teorik Hız (m/s)	Gerçek Hız (m/s)	Ortalama Patinaj (%)	Teknik İş Başarısı (ha/h)
A23V3X1	0.84	0.77	8.33	0.54
B13V3X1	0.84	0.71		0.50
C33V3X1	0.84	0.83		0.58
A22V2X1	0.58	0.57	2.87	0.40
B12V2X1	0.58	0.56		0.39
C32V2X1	0.58	0.56		0.39
A21V1X1	0.23	0.21	8.70	0.15
B11V1X1	0.23	0.20		0.14
C31V1X1	0.23	0.22		0.15
A13V3X2	0.84	0.79	7.54	0.55
B33V3X2	0.84	0.83		0.58
C23V3X2	0.84	0.71		0.50
A12V2X2	0.58	0.56	5.17	0.39
B32V2X2	0.58	0.54		0.38
C22V2X2	0.58	0.55		0.39
A11V1X2	0.23	0.21	8.70	0.15
B31V1X2	0.23	0.22		0.15
C21V1X2	0.23	0.20		0.14
A33V3X3	0.84	0.81	7.14	0.57
B23V3X3	0.84	0.82		0.57
C13V3X3	0.84	0.71		0.50
A32V2X3	0.58	0.56	6.32	0.39
B22V2X3	0.58	0.53		0.37
C12V2X3	0.58	0.54		0.38
A31V1X3	0.23	0.20	8.70	0.14
B21V1X3	0.23	0.22		0.15
C11V1X3	0.23	0.21		0.15

4.2. Bitki Dağılım Düzgünlüğü

Ege Bölgesi koşullarında pamuk yetiştiriciliğinde uygun bitki sıklığının gerek 70 cm, gerekse 95 cm sıra arası mesafe koşullarında 50000–110000 bitki/ha alınabileceği fakat verimli topraklarda bu değer 50000–70000 bitki/ha alınmasının uygun olacağı söylenmektedir (Önal, 1995). Güvenilir sıklık değerinin 70000 bitki/ha olması durumunda %50 tarla filiz çıkış derecesi için, ekim mesafelerinin, 70 ve 90 cm sıra aralıkları için sırasıyla 10 ve 7.5 cm olma zorunluluğu belirtilmektedir (Yalçın, 1999). Yapılan bu çalışmada, verimli topraklar için tavsiye edilen 50000–70000 bitki/ha bitki sıklık değerinin üst sınırı olan 70000 bitki/ha değeri güvenilir sıklık değeri olarak kabul edilmiş ve değerlendirmeler bu bitki sayısı esas alınarak yapılmıştır.

Seyreltme öncesi ve sonrası tarladaki bitkiler sayılmak suretiyle, hektardaki bitki sayıları ve seyreltilen bitki oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Seyreltilen bitki oranı, seyreltme işleminden sonraki bitki sayısının başlangıçtaki bitki sayısına oranıdır. Seyreltilen bitki oranının, farklı çalışma koşullarında %17.14 ile %56.67 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değişim üzerinde etkili parametrelerin belirlenmesine yönelik olarak yapılan istatistiksel analiz sonucunda; sıra üzeri ekim mesafesinin ve ilerleme hızının seyreltilen bitki oranı üzerine etkisinin önemsiz ($p < 0.05$) çıktığı ortaya konulmuştur (EK-9). Seyreltilen bitki oranı, makinanın seyreltme başarısının bir göstergesi değildir. Çünkü, makina seyreltilmesi istenmeyen bitkileri de seyreltmıştır. Çizelgeden görüldüğü üzere A11V1X2, A31V1X3, B21V1X3, B22V2X3 ve C13V3X3 kodlu denemelerde, seyreltme sonrası bitki sayıları istenen değerlerin altına düşmüştür. Bu denemelerde dikkat çekici olan sonuçlar elde edilen en düşük ve en yüksek seyreltilen bitki oranlarının istenmeyen bitki sıklıklarının bulunduğu denemelerde yer almasıdır.

Seyreltme sonrası bitki sayısının, önerilen 50000-110000 bitki/ha aralığın dışına A31V1X3, B21V1X3, B22V2X3 ve C13V3X3 denemelerinde çıktığı görülmektedir. 50000 bitki/ha'ın altında bitki sayısına sahip olan bu denemelerin ortak özelliği geniş sıra üzeri ekim mesafeleridir (9.8 cm). Sıra üzeri mesafenin yüksek olması yanında makinanın seyreltilmemesi gereken bitkileri seyreltmesinden kaynaklanan hata da eklenince bitki sayısı istenen sınırların altına düşmüştür. Seyreltme sonrası bitki sayısı üzerine, sıra üzeri ekim mesafesinin ve

ilerleme hızının etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) ancak bu iki parametrenin ikili etkilerinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (EK-10).

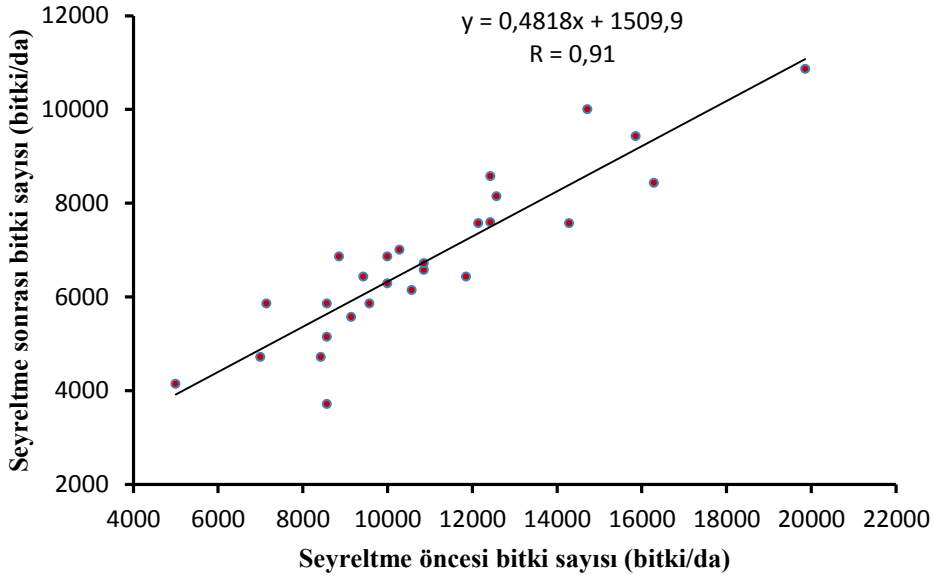
Çizelge 4.3. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayıları ile seyreltilen bitki oranları

Deneme Kodu	BÖ	BS	Seyreltilen Bitki Oranı (%)
A11V1X2	85710	51430	40.00
A12V2X2	100000	62860	37.14
A13V3X2	124290	85710	31.04
A21V1X1	162860	84290	48.24
A22V2X1	125710	81430	35.22
A23V3X1	147140	100000	32.04
A31V1X3	85710	37140	56.67
A32V2X3	105710	61430	41.89
A33V3X3	102860	70000	31.95
B11V1X1	118570	64290	45.78
B12V2X1	108570	65710	39.48
B13V3X1	124290	75910	38.93
B21V1X3	70000	47170	32.61
B22V2X3	84290	47140	44.07
B23V3X3	88570	68570	22.58
B31V1X2	91430	55710	39.07
B32V2X2	121430	75710	37.65
B33V3X2	142860	75710	47.00
C11V1X3	71430	58570	18.00
C12V2X3	85710	58570	31.66
C13V3X3	50000	41430	17.14
C21V1X2	94290	64290	31.82
C22V2X2	100000	68570	31.43
C23V3X2	95710	58570	38.80
C31V1X1	108570	67140	38.16
C32V2X1	198570	108570	45.32
C33V3X1	158570	94290	40.54

BÖ : Seyreltme öncesi bitki sayısı (bitki/ha)

BS : Seyreltme sonrası bitki sayısı (bitki/ha)

Şekil 4.1 incelendiğinde, regresyon analizine göre bitki sayısının seyreltme öncesi ve sonrası sayısal değişimleri arasındaki doğrusal ilişki $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu ilişki, makinanın bitki sayısından bağımsız olarak seyreltme işini kararlı olarak yapabildiğinin bir göstergesidir.



Şekil 4.1. Seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayısı değişimi

Prototip makina ile yapılan seyreltme işleminin kalitesini belirlemek amacıyla seyreltme öncesi ve sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafeleri bölüm 3.2.4.5'te açıklandığı şekilde tespit edilmiştir. Elde edilen değerler yardımıyla standart sapma (SD) ve varyasyon katsayısı (CV) değerleri hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Çizelge 4.4 incelendiğinde, standart sapma değerlerinde bir kısım artışlar olmasına karşın dağılım düzgünlüğünün bir göstergesi olan varyasyon katsayısında (Yalçın, 1999); A21V1X1, A31V1X3, B23V3X3 ve C32V2X1 denemeleri dışında düşüş görülmesi, dağılım düzgünlüğünün bu dört parsel dışında düzeldiğini ifade etmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda; sıra üzeri ekim mesafesinin ve ilerleme hızının, seyreltme sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafesi üzerine etkisinin önemsiz ($p < 0.05$) olduğu ortaya konulmuştur (EK-11). Pamuk bitkisinin, sıra üzeri dağılımdaki düzgünsüzlüğe karşı toleransının yüksek oluşu ve sıklığın geniş sınırlar arasında verimde düşüklüğe neden olmadan değiştirilebilir olması (Önal, 1995) prototip makinanın esnek sınırlar arasında çalışmasına olanak tanımaktadır.

Çizelge 4.4. Seyreltme öncesi ve sonrası sıra üzeri bitki mesafeleri

Deneme Kodu	DÖ	SD	CV	DS	SD	CV
A11V1X2	16.82	17.28	102.72	26.61	22.56	84.77
A12V2X2	14.12	12.21	86.45	22.66	15.60	68.85
A13V3X2	11.37	10.23	90.00	16.56	13.46	81.29
A21V1X1	8.79	9.37	106.60	17.08	18.24	106.82
A22V2X1	11.12	8.14	73.22	17.69	10.17	57.51
A23V3X1	9.74	9.55	98.05	14.54	13.70	94.22
A31V1X3	16.58	13.15	79.33	34.72	34.57	99.58
A32V2X3	13.54	10.85	80.19	23.51	17.91	76.16
A33V3X3	13.94	8.71	62.53	20.59	11.90	57.77
B11V1X1	12.13	13.45	110.93	22.60	19.26	85.19
B12V2X1	13.17	11.08	84.14	21.94	18.17	82.79
B13V3X1	11.52	12.27	106.47	19.39	17.17	88.53
B21V1X3	20.71	17.64	85.18	27.94	22.56	80.74
B22V2X3	16.97	14.67	86.47	30.75	19.89	64.69
B23V3X3	16.16	14.00	86.68	23.13	20.94	90.54
B31V1X2	15.67	15.79	100.81	26.00	20.10	77.32
B32V2X2	11.77	9.75	82.86	19.34	14.09	72.84
B33V3X2	9.89	6.87	69.44	18.83	9.93	52.76
C11V1X3	20.19	15.59	77.19	23.71	16.12	67.97
C12V2X3	16.81	13.35	79.43	24.55	16.93	68.96
C13V3X3	29.10	22.54	77.45	35.34	24.57	69.52
C21V1X2	15.12	13.09	86.54	22.36	14.21	63.53
C22V2X2	14.28	12.54	87.85	20.91	16.13	77.11
C23V3X2	14.91	13.42	90.01	24.85	16.78	67.51
C31V1X1	13.20	15.17	114.92	21.52	18.95	88.07
C32V2X1	7.17	4.68	65.29	13.19	8.84	67.02
C33V3X1	9.03	11.60	128.38	15.28	17.59	115.07

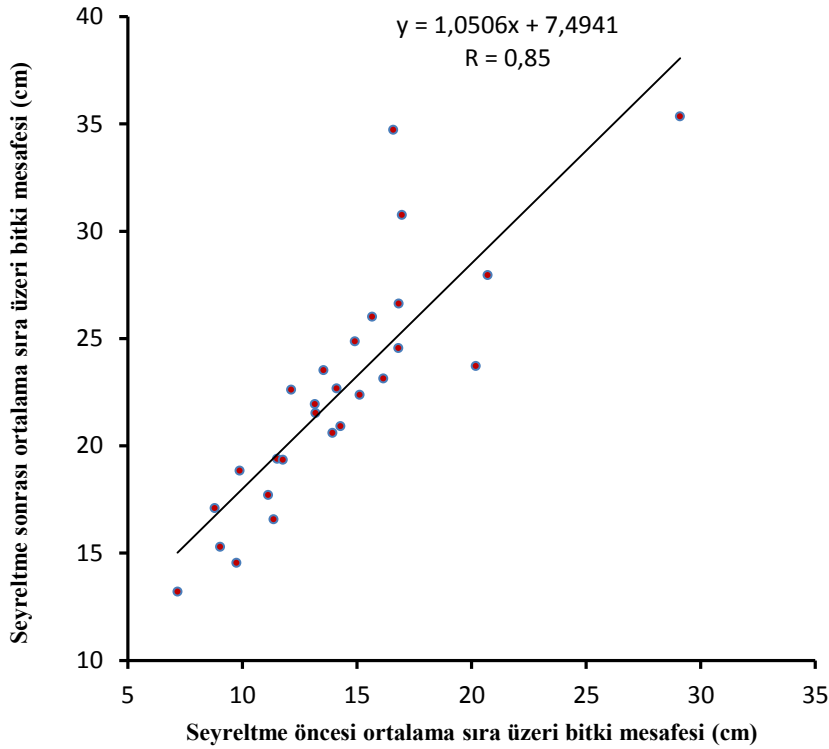
DÖ : Seyreltme öncesi ortalama sıra üzeri bitki mesafesi (cm)

DS : Seyreltme sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafesi (cm)

SD : Standart sapma

CV : Varyasyon katsayısı (%)

Şekil 4.2 incelendiğinde, regresyon analizine göre ortalama sıra üzeri bitki mesafesinin seyreltme öncesi ve sonrası sayısal değişimleri arasındaki doğrusal ilişkinin $p < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Bu ilişki, prototip makinanın farklı ilerleme hızı ve sıra üzeri ekim mesafesi kombinasyonlarında kararlı bir çalışma yaptığını göstermektedir.



Şekil 4.2. Sıra üzeri mesafesinin seyreltme öncesi ve sonrası değişimi

4.3. Seyreltme Başarısı

Prototip makinanın diğer bir başarı göstergesi de seyreltme başarısıdır. Direkt olarak makinanın algılama ve işlem yapma kabiliyetinin göstergesi olan bu başarı oranı, çalışma parametrelerinin belirlenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Çizelge 4.5 incelendiğinde, seyreltme başarısının değerinin düşük hız (V1) ve yüksek sıra üzeri ekim mesafesi (X3) koşullarında yüksek olduğu ve %46.43 değerine kadar çıktığı görülmektedir. Bu başarı oranı, hızın yükselmesi ve sıra üzeri ekim mesafenin azalmasıyla birlikte %31.08 değerine kadar düşmektedir. Seyreltme başarısı üzerine sıra üzeri ekim mesafesinin ve ilerleme hızının etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) ancak bu iki parametrenin ikili etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (EK-12).

Sıra üzeri ekim mesafesinin düşük olması, birbiri içerisine geçmiş bitki gruplarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu bitki grupları, sıra üzerinde makina tarafından yeşil şeritler halinde algılandığından tek bir bitki gibi işlem yapılmaktadır. Tarla filiz çıkış değerine bağlı olarak bu yeşil şeritler bitki sırası boyunca farklı

konumlarında olabilmektedir. Dolayısıyla makina bu bitki gruplarını algıladığında tek bir bitki olarak işlem yaptığı için seyreltilmeyen bitkiler kalmakta ve seyreltme başarısı düşmektedir.

Hızın 0.23 m/s'den 0.84 m/s'ye yaklaşık 4 kat artmasıyla, algılama işleminin gerçekleştiği karanlık odanın ön ve arka bölümlerindeki perdelerin bitkiler tarafından temaslara açık kalma süreleri artmaktadır. Bu da karanlık odanın içerisine güneş ışığının girmesine ve algılama hatalarının oluşmasına yol açmaktadır.

Çizelge 4.5. Seyreltme başarısı

Deneme Kodu	Toplam Bıçak Darbesi (Adet)	Doğru Etki (Adet)	Yanlış Etki (Adet)	Seyreltme Başarısı (%)	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A23V3X1	74	23	51	31.08	31.78
B13V3X1	60	19	31	31.67	
C33V3X1	89	29	60	32.58	
A22V2X1	52	18	34	34.62	35.34
B12V2X1	55	20	35	36.36	
C32V2X1	117	41	76	35.04	
A21V1X1	93	36	57	38.71	39.70
B11V1X1	65	26	39	40.00	
C31V1X1	52	21	31	40.38	
A13V3X2	54	19	35	35.19	35.75
C23V3X2	45	16	29	35.56	
B33V3X2	74	27	47	36.49	
A12V2X2	47	18	29	38.30	40.17
B32V2X2	60	24	36	40.00	
C22V2X2	45	19	26	42.22	
A11V1X2	40	17	23	42.50	43.33
B31V1X2	39	17	22	43.59	
C21V1X2	41	18	23	43.90	
A33V3X3	44	17	27	38.64	39.91
B23V3X3	34	13	21	38.24	
C13V3X3	14	6	8	42.86	
A32V2X3	51	22	29	43.14	43.08
B22V2X3	36	15	21	41.67	
C12V2X3	36	16	20	44.44	
A31V1X3	48	22	26	45.83	45.04
B21V1X3	28	13	15	46.43	
C11V1X3	28	12	16	42.86	

Çalışma koşulları içinde uygun ilerleme hızı ve sıra üzeri mesafelerin belirlenmesine yönelik olarak gruplandırma esas alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Öncelikle 3 farklı sıra üzeri mesafeye ilişkin yapılan gruplandırma Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Çizelge 4.6 incelendiğinde, seyreltme işleminden sonra kabul edilen güvenilir bitki sıklık değeri olan 70000 bitki/ha değerine en yakın olan 66506 bitki/ha sıklık değerine %39.75'lik ortalama başarı oranıyla X2 (7.1 cm sıra üzeri mesafe) grubunda ulaşıldığı görülebilir.

Çizelge 4.6. Sıra üzeri ekim mesafesi gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları

Deneme Kodu	BÖ	Ort. BÖ	BS	Ort. BS	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A21V1X1	162860	139205	84290	82403	35.61
A22V2X1	125710		81430		
A23V3X1	147140		100000		
B11V1X1	118570		64290		
B12V2X1	108570		65710		
B13V3X1	124290		75910		
C31V1X1	108570		67140		
C32V2X1	198570		108570		
C33V3X1	158570		94290		
A11V1X2	85710		106191		
A12V2X2	100000	62860			
A13V3X2	124290	85710			
B31V1X2	91430	55710			
B32V2X2	121430	75710			
B33V3X2	142860	75710			
C21V1X2	94290	64290			
C22V2X2	100000	68570			
C23V3X2	95710	58570			
A31V1X3	85710	82697		37140	54446
A32V2X3	105710		61430		
A33V3X3	102860		70000		
B21V1X3	70000		47170		
B22V2X3	84290		47140		
B23V3X3	88570		68570		
C11V1X3	71430		58570		
C12V2X3	85710		58570		
C13V3X3	50000		41430		

Çizelge 4.7’de ise benzer bir sınıflandırma hız grupları için yapılmıştır. Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, başlangıçta ortalama 114443 bitki/ha sıklığa sahip olan V2 (0.58 m/s) grubunun ortalama sıklık değeri seyreltme işleminin ardından 69998 bitki/ha gibi istenen güvenilir sıklık değerine ortalama %39.53 gibi bir başarıyla ulaşmıştır.

Çizelge 4.8 incelendiğinde, X2 sıra üzeri ekim mesafesi (7.1 cm) ve V2 makina ilerleme hızı (0.58 m/s) kombinasyonunun, seyreltme öncesi ortalama 107143 bitki/ha olan bitki sayısını seyreltme sonrasında ortalama 69046 bitki/ha değerine düşürdüğü ve %40.17 başarı ile bu işlemi gerçekleştirdiği görülmektedir.

Çizelge 4.7. Hız gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları

Deneme Kodu	BÖ	Ort. BÖ	BS	Ort. BS	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A11V1X2	85710	98730	51430	58892	42.69
A21V1X1	162860		84290		
A31V1X3	85710		37140		
B11V1X1	118570		64290		
B21V1X3	70000		47170		
B31V1X2	91430		55710		
C11V1X3	71430		58570		
C21V1X2	94290		64290		
C31V1X1	108570		67140		
A12V2X2	100000		114443		
A22V2X1	125710	81430			
A32V2X3	105710	61430			
B12V2X1	108570	65710			
B22V2X3	84290	47140			
B32V2X2	121430	75710			
C12V2X3	85710	58570			
C22V2X2	100000	68570			
C32V2X1	198570	108570			
A13V3X2	124290	114921		85710	74465
A23V3X1	147140		100000		
A33V3X3	102860		70000		
B13V3X1	124290		75910		
B23V3X3	88570		68570		
B33V3X2	142860		75710		
C13V3X3	50000		41430		
C23V3X2	95710		58570		
C33V3X1	158570		94290		

Söz konusu parametrelerin seyreltme sonrası güvenilir sıklık değeri olarak kabul etmiş olduğumuz bitki sayısına (70000 bitki/ha) ulaşmada daha uygun oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Uygun sıra üzeri ekim mesafesi ve hız gruplarına göre bitki sayıları ve başarı oranları

Deneme Kodu	BÖ	Ort. BÖ	BS	Ort. BS	Seyreltme Başarısı (%)	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A12V2X2	100000	107143	62860	69046	38.3	40.17
B32V2X2	121430		75710		40	
C22V2X2	100000		68570		42.22	

Çizelge 4.9 incelendiğinde, seyreltme öncesi ortalama 10.65 cm ve 13.77 cm sıra üzeri bitki mesafelerine sahip olan X1 (5.8 cm sıra üzeri ekim mesafesi) ve X2 (7.1 cm sıra üzeri ekim mesafesi) gruplarının seyreltme işleminden sonra sırasıyla ortalama 18.14 cm ve 22.01 cm sıra üzeri mesafe değerlerine ulaştığı görülmektedir. Her iki değer de prototip makinayla hedeflenen 20 cm sıra üzeri bitki mesafesi değerine yakın olmasına karşın başarı oranı daha yüksek olan X2 grubunun uygun olduğu söylenebilir.

Hız grupları dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre, seyreltme öncesi ortalama 13.22 cm ve 13.96 cm sıra üzeri bitki mesafelerine sahip olan V2 (0.58 m/s) ve V3 (0.84 m/s) hız gruplarının seyreltme işleminden sonra sırasıyla ortalama 21.62 cm ve 20.95 cm sıra üzeri mesafe değerlerine ulaştığı görülmektedir. Her iki değer de prototip makinayla hedeflenen 20 cm sıra üzeri mesafe değerine yakın olmasına karşın, başarı oranı daha yüksek olan V2 grubunun uygun olduğu söylenebilir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11 incelendiğinde, X2 sıra üzeri ekim mesafesi (7.1 cm) ve V2 makina ilerleme hızı (0.58 m/s) kombinasyonunun, seyreltme öncesi ortalama 13.39 cm olan sıra üzeri bitki mesafesini seyreltme sonrasında prototip makinayla hedeflenen 20 cm sıra üzeri mesafe değerine yakın olan 20.97 cm değerine ulaştırdığı ve %40.17 başarı ile bu işlemi gerçekleştirdiği görülmektedir.

Çizelge 4.9. Sıra üzeri ekim mesafesi gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları

Deneme Kodu	DÖ	Ort. DÖ	DS	Ort. DS	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A21V1X1	8.79	10.65	17.08	18.14	35.61
A22V2X1	11.12		17.69		
A23V3X1	9.74		14.54		
B11V1X1	12.13		22.60		
B12V2X1	13.17		21.94		
B13V3X1	11.52		19.39		
C31V1X1	13.20		21.52		
C32V2X1	7.17		13.19		
C33V3X1	9.03		15.28		
A11V1X2	16.82		13.77		
A12V2X2	14.12	22.66			
A13V3X2	11.37	16.56			
B31V1X2	15.67	26.00			
B32V2X2	11.77	19.34			
B33V3X2	9.89	18.83			
C21V1X2	15.12	22.36			
C22V2X2	14.28	20.91			
C23V3X2	14.91	24.85			
A31V1X3	16.58	18.22		34.72	27.14
A32V2X3	13.54		23.51		
A33V3X3	13.94		20.59		
B21V1X3	20.71		27.94		
B22V2X3	16.97		30.75		
B23V3X3	16.16		23.13		
C11V1X3	20.19		23.71		
C12V2X3	16.81		24.55		
C13V3X3	29.10		35.34		

Çizelge 4.10. Hız gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları

Deneme Kodu	DÖ	Ort. DÖ	DS	Ort. DS	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A11V1X2	16.82	15.47	26.61	24.73	42.69
A21V1X1	8.79		17.08		
A31V1X3	16.58		34.72		
B11V1X1	12.13		22.60		
B21V1X3	20.71		27.94		
B31V1X2	15.67		26.00		
C11V1X3	20.19		23.71		
C21V1X2	15.12		22.36		
C31V1X1	13.20		21.52		
A12V2X2	14.12	13.22	22.66	21.62	39.53
A22V2X1	11.12		17.69		
A32V2X3	13.54		23.51		
B12V2X1	13.17		21.94		
B22V2X3	16.97		30.75		
B32V2X2	11.77		19.34		
C12V2X3	16.81		24.55		
C22V2X2	14.28		20.91		
C32V2X1	7.17		13.19		
A13V3X2	11.37	13.96	16.56	20.95	35.81
A23V3X1	9.74		14.54		
A33V3X3	13.94		20.59		
B13V3X1	11.52		19.39		
B23V3X3	16.16		23.13		
B33V3X2	9.89		18.83		
C13V3X3	29.10		35.34		
C23V3X2	14.91		24.85		
C33V3X1	9.03		15.28		

Çizelge 4.11. Uygun sıra üzeri ekim mesafesi ve hız gruplarına göre bitki mesafeleri ve başarı oranları

Deneme Kodu	DÖ	Ort. DÖ	DS	Ort. DS	Seyreltme Başarısı (%)	Ortalama Seyreltme Başarısı (%)
A12V2X2	14.12	13.39	22.66	20.97	38.30	40.17
B32V2X2	11.77		19.34		40.00	
C22V2X2	14.28		20.91		42.22	

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, otomatik bir pamuk seyreltme makinası prototipinin tasarım ve imalatı yapılarak, prototip makinanın laboratuvar ve tarla performansı belirlenmeye çalışılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında, optik sistemin fonksiyonelliğini test edebilmek üzere karanlık odanın alt kısmına gelecek şekilde sabit hızda hareket ettirilebilen bir bant yerleştirilmiş ve bu bant üzerine bant görülmeyecek şekilde toprak serilmiştir. Toprak üzerine tarladan sökülmiş olan pamuk bitkileri sabitlenerek tarladakine benzer şekilde bitki sıraları oluşturulmuştur. Bant, tarla denemelerinde planlandığı gibi üç farklı hız kademesinde hareket ettirilerek laboratuvar denemeleri gerçekleştirilmiştir. Tarla denemeleri ise seyreltme olgunluğuna ulaşmış pamuk bitkisi bulunan parsellerde gerçekleştirilerek makinanın tarla koşullarındaki performansı tespit edilmeye çalışılmıştır. Makinanın tarla performansının tespitinde; teknik iş başarısı, sıra üzeri dağılım düzgünlüğü ve seyreltme başarısı değerleri incelenerek, bu değerlerin istatistiki olarak önem dereceleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Elde edilen bulgular neticesinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir:

— Prototip makinanın teknik iş başarısı değerleri incelendiğinde, düşük hız koşullarında (0.23 m/s) 0.14 ha/h, yüksek hız koşullarında (0.84 m/s) ise 0.58 ha/h değerlerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.2). Makinanın prototip ve tek üniteli olduğu düşünülecek olursa bu iş başarısı değerlerinin, makinanın geliştirilip çok üniteli hale getirilmesi ile birlikte artış göstereceği düşünülmektedir.

— Çalışmada kullanılan makina prototip olmasına rağmen elde edilen teknik iş başarısı değerleri incelendiğinde, el ile seyreltme uygulamasına göre belirgin bir üstünlüğünün olduğu görülmektedir. Özarslan ve Yalçın (2004) yapmış oldukları çalışmada, makinalı seyreltme işlemi yapılan sistemin zaman gereksiniminin ve işlem maliyetinin el ile seyreltme yapılan sisteme göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Önal (1977) çalışmasında, makina ile seyreltme işlemini el ile seyreltme işlemiyle karşılaştırmış ve makinalı seyreltme işleminin insan iş gücü gereksiniminin daha düşük olduğunu ortaya koymuştur.

— Seyreltme öncesi ve seyreltme sonrası elde edilen sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü değerleri incelenecek olursa A21V1X1, A31V1X3, B23V3X3 ve C32V2X1 denemeleri dışındaki parsellerde varyasyon katsayısının (CV) düşüş

gösterdiği görülmektedir. Yalçın (1999) çalışmasında, varyasyon katsayısının büyüklüğünün tohum dağılım düzgünlüğündeki bozulmanın bir ifadesi olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla varyasyon katsayısındaki bu düşüş, dağılım düzgünlüğündeki iyileşmenin göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Önal (1995) Bainer ve arkadaşlarına atfen pamuk bitkisinin sıra üzeri bitki dağılımındaki düzgünsüzlüğe karşı toleranslı olduğu ve sıklığın geniş sınırlar arasında (100 cm sıra arasında 50000...170000 bitki/ha) verimde düşüğe neden olmadan değiştirilebileceğini söylemiştir. Buna karşın sıklığın artmasıyla pamuk bitkisinde zayıf gövde ve yan dalların oluşmasının makinalı hasatta sakıncalı olduğunu, bunun için de optimum bitki sıklığının önem kazandığını belirtmiştir. Benzer şekilde, Siebert vd. (2006) yapmış oldukları çalışmada, elle seyreltme sonrası 96.5 cm sıra arası mesafeye sahip parsellerde 33975...152883 bitki/ha arasındaki bitki yoğunluğunda maksimum verim alınabildiğini ve bitki sıklığının bu aralıkta olması durumunda elde edilen verimlerin birbirine yakın olduğunu belirtmişlerdir.

— Makinanın performans değerlerine bakılacak olursa, kabul edilen güvenilir bitki sıklığına (70000 bitki/ha) ulaşmada en yüksek başarı oranları 7.1 cm sıra üzeri ekim mesafesi ve 0.58 m/s ilerleme hızı koşullarında elde edilmiştir (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.11). Daha yüksek başarı oranları, düşük hız (0.23 m/s) ve yüksek sıra üzeri ekim mesafesi (9.8 cm) koşullarında elde edilmiş ve bu koşullar istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli çıkmıştır (EK-12). Ancak, bu değerler kabul edilen güvenilir bitki sıklık değerini (Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7) ve seyreltme sonrası istenen bitki mesafesi değerini (20 cm) (Çizelge 4.9) sağlayamamışlardır. Çalışma koşulları göz önünde bulundurulduğunda, daha yüksek başarı oranlarının elde edilmesi nedeniyle, yüksek sıra üzeri ekim mesafesi ile hassas ekim uygulamalarının uygun olacağı söylenebilir.

— Çalışmada seyreltme öncesi ve sonrası dekadaki bitki sayıları istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve $p < 0.05$ önem seviyesinde doğrusal ($R=0.91$) bir ilişki bulunmuştur. Makina başarı oranı yaklaşık %40 olmasına karşın, seyreltme öncesi ve sonrası bitki sayıları arasındaki ilişkinin bu derece yüksek olması makinanın kararlı çalıştığını göstermektedir. Prototip makina üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile başarı oranı artırıldığı takdirde, seyreltme sonrası istenilen bitki sayılarına rahatlıkla ulaşılabileceği tahmin edilmektedir (Şekil 4.1). Ortalama bitki sıra üzeri mesafesinin seyreltme öncesi ve sonrası sayısal değişimleri arasında da

benzer bir ilişkinin bulunması ($R=0.85$), makinanın kararlı çalıştığı öngörüsünü güçlendirmektedir (Şekil 4.2).

— Prototip pamuk seyreltme makinasının performans değerlerine bakıldığında, özellikle optik algılama sisteminin laboratuvar koşullarındaki başarısını tarla denemelerine yansıtamadığı görülmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri de laboratuvar ortamındaki kontrollü koşulların yerini arazide tamamen kontrolsüz koşulların almasıdır. Özellikle düzgün olmayan tarla yüzeyinden ileri gelen makinanın salınımı ile aydınlık şiddetinin sürekli ve düzensiz olarak değişimi, makina performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Arazi koşullarında önlenmesi son derece güç olan bu salınım, hem makinanın algılamasını zorlaştırmış hem de makinanın karanlık odasının içerisine dışarıdan ışık girmesine neden olarak iç aydınlık şiddetini değiştirmiş ve algılama sisteminin hatalı algılama yapmasına neden olmuştur. İleriye dönük olarak yapılacak çalışmalar ile karanlık oda tasarımında ortaya çıkan bu aksaklıkların iyileştirilmesinin makina performansını olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

— Prototip makinanın algılama sistemindeki sensör 15.9×1.45 mm aktif alana sahip ve spektral tepki aralığı 340–1100 nm olan yetenekleri sınırlı bir sensördür. Özellikle düşük maliyetli bir sistem oluşturma düşüncesiyle seçilen bu sisteme alternatif olarak gösterilebilecek daha etkili sistemler, önceki çalışmalarda da bazı örnekleri verilen kameralı görüntü algılama sistemleridir (Cordill ve Grift, 2011). Algılama performanslarının yüksek oluşu sebebiyle son yıllarda daha çok tercih edilmelerine rağmen, gerek pahalı oluşları gerekse daha fazla donanım gerektirmeleri sebebiyle özellikle ülkemiz tarım makinalarında henüz yaygınlaşmamışlardır. Bu çalışmanın bir basamak sonrası olarak çalışılması düşünülen kameralı bir görüntü algılama sisteminin daha yüksek performans vermesi ve ülkemiz tarım makinaları sektöründe benzer uygulamaların artması beklenmektedir.

— Prototip makinanın elektronik algılama ünitesini oluşturan ana elemanlar yurtdışı kaynaklı olup yüksek maliyetlidirler. Bu sebepten dolayı farklı tiplerde sensör temin edip denemek çalışmanın bütçe imkanları ile mümkün olamamıştır. Dolayısıyla teknik ve ekonomik açıdan uygun olan tek tip sensör temin edilerek çalışmada kullanılmıştır. Sensörlerin teknik özellikleri bilinse de çalışılan koşullar endüstriyel uygulamalarda olduğu gibi izole ortamlar olmayıp birçok çevresel

faktörün etkisinde olmaktadır. Bu da doğal olarak sensörün performansını etkilemektedir.

— Prototip makinanın seyreltme ünitesinde kullanılan bıçak mekanizması, pnömatik tahrikli olup makina üzerine yerleştirilen bir kompresör ve bu kompresörün enerji kaynağı olan jeneratörden oluşmaktadır. Çatı üzerine yerleştirilmiş olan kompresör ve jeneratör hem ağırlık hem de titreşim meydana getirirse de pnömatik sistemlerin daha hızlı tepkime sürelerine sahip olmaları ve basit yapılı oluşları tercih sebebi olmuştur. Arazi koşullarında tozlu ortamlarda çalışılması göz önünde bulundurulduğunda, sistem dezavantajlı gibi görünse de iyi bir filtrasyon sistemi ile bunun önüne geçilmesi mümkün görünmektedir.

— Elektronik cihazlar yapıları itibariyle hassas olmaktadır. Bu sebepten dolayı bunların beslemelerinin daha hassas güç kaynaklar ile sağlanması gerekmektedir. Elektronik sistemlerin beslemesinin jeneratörden bağımsız olarak tam sinüs bir inverter ile yapılması daha uygun olmaktadır. Bunun temel nedeni, kompresörün, elektrik motorunun ilk hareketi sırasında yüksek akım çekmesi sonucu elektronik sistemi geçici bir süre içinde olsa devre dışı bırakıp çalışmasını durduruyor olmasıdır.

— Prototip makinanın algılama sistemi, bitkiden yansıyan ışık şiddetine bağlı olarak bir fotodiyot üzerinde oluşan gerilim şiddetinin büyüklüğüne bakarak bu değer istenilen aralıktaysa pamuk bitkisi diye tanımlayarak algılama yapmaktadır. Dolayısıyla bitkinin morfolojik özelliklerine bağlı olarak algılama yapma şansı bulunmamaktadır. Ancak, bitkiden yansıyan ışık şiddetine bağlı olarak tanımlama yapıldığı için, benzer yansıma, zaman zaman da olsa bazı yabancı ot türlerinde de meydana gelmekte, buna bağlı olarak yabancı ot kültür bitkisi olarak tanımlanmakta ve hataya sebep olabilmektedir. Bu hataların önüne geçerek daha kaliteli bir seyreltme işlemi gerçekleştirebilmek için, ekimden önce yabancı ot ilaçlaması yapılmasının makinanın başarısını arttırması yönünde olumlu katkı yapacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Anonim, 2004. Crop Thinner Pre-Bid Conference, S:96. New Mexico.

Anonim, 2007. New Holland Trakmak, Traktör Ürün Kataloğu. 2007

Anonim, 2010a. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Teşkilatlandırma Genel Müdürlüğü 2010 Yılı Pamuk Raporu.

Anonim, 2010b. http://www.ozbugday.com.tr/index_tr.html, Erişim Tarihi : Mayıs 2010.

Anonim, 2011a. 88.255.131.84/pamukweb/Pamuk_Ege_Turkiye_Dunya.xls, Erişim Tarihi: Haziran 2011.

Anonim, 2011b. <http://www.xdelete.com/elektronik/encoder-nedir-kullanim-alanlari-ve-cesitleri-nelerdir.html>, Erişim Tarihi: Şubat 2011

Anonim, 2011c. <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=AYDIN>, Erişim Tarihi: Haziran 2011.

Anonim, 2011d. http://jp.hamamatsu.com/products/sensor-ssd/pd041/pd071/C9004/index_en.html, Erişim Tarihi: Temmuz 2011

Anonim, 2011e. <http://sales.hamamatsu.com/en/products/solid-state-division/si-photodiode-series/si-photodiode-array/part-s4111-16r.php>, Erişim Tarihi: Temmuz 2011

Anonim, 2011f. <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203482>, Erişim Tarihi: Temmuz 2011

Anonim, 2011g. <http://www.lg.com/hk/it-product/notebook/LG-E500-K.jsp>, Erişim Tarihi: Temmuz 2011

Anonim, 2011h. <http://www.solarburada.com/1000W-Tam-Sinus-Inverter,PR-328.html>, Erişim Tarihi: Temmuz 2011

Anonim, 2011i. <http://www.koyoele.co.jp/english/product/encoder/pdf/TRDJ.pdf>, Erişim Tarihi: Temmuz 2011

Anonim, 2012a. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Teşkilatlandırma Genel M¼d¼rl¼ę¼ 2011 Yılı Pamuk Raporu.

Anonim, 2012b. <http://www.cemcoturbo.com/ctm.html>, Erişim tarihi: Haziran 2012.

Anonim, 2012c. <http://www.suatatagan.net/temel-elektronik/diyotlar-diyotlar-hakkinda-bilgiler/foto-diyot>, Erişim Tarihi: Ocak 2012

Anonim, 2012d. <http://maps.google.com/maps?q=Aydin+%C3%87akmar,+T%C3%BCrkiye&hl=tr&ie=UTF8&ll=37.760495,27.757097&spn=0.007159,0.016512&sl=37.0625,-95.677068&sspn=57.902911,135.263672&oq=aydin+cakmar&hnear=%C3%87akmar,+T%C3%BCrkiye&t=h&z=17>, Erişim Tarihi: şubat 2012.

Anonim, 2012e. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/led.html>, Erişim tarihi: Haziran 2012.

Adıę¼zel, Ö. 2010. Sonlu elemanlar analizi. **Dicle Diş Hekimlięi Dergisi**, 11: 18-23.

Alchanatis, V., Ridel, L., Hetzroni, A., Yaroslavsky, L. 2005. Weed detection in multi-spectral images of cotton fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, 47: 243-260.

Algan, N. 2002. Tarla Bitkileri (End¼stri Bitkileri). Ege Üniversitesi Ziraat Fak¼ltesi, İzmir.

- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A. 2005. Deneme Tekniği (2. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1543, Ankara.
- Artizzu, X., P., B., Ribeiro, A., Guijarro, M., Pajares, G. 2011. Real-time image processing for crop/weed discrimination in maize fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, 75: 337-346.
- Artuğ, N.,T., Uzun, T. 2011. LabVIEW ile mikrodenetleyicili bir endüstriyel otomatik sıcaklık kontrol sistemi. **Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu**, Cilt I. (5-7 Ekim 2011), pp. 254-258, Elazığ.
- Astrand, B., Jan Baerveldt, A. 2002. An agricultural mobile robot with vision-based perception for mechanical weed control. **Autonomous Robots**, 13(1): 21-35.
- Aydın, G., Aksoy, E., Seferoğlu, S. 1999. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazisi topraklarının önemli karekteristikleri ve sınıflandırılması. (ADÜ araştırma fonu).
- Babalık, F., C. 2008. Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, 3. Baskı, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa.
- Bayat A., Y. Zeren, O. Yıldız ve O. Gençer, 1993. Havsız pamuk tohumluğu ekim teknikleri üzerinde bir araştırma. **5. Uluslararası Tarımda Mekanizasyon ve Enerji Kongresi**, 11-14 Ekim, S:246-256. Kuşadası.
- Benson, E.R., Reid, J.F., Zhang, Q. 2003. Machine Vision-based guidance system for agricultural grain harvesters using cut-edge detection. **Biosystems Engineering**, 86(4): 389-398.
- Blasco, J., Aleixos, N., Roger, J.M., Rabatel, G., Moltó, E. 2002. Robotic weed control using machine vision. **Biosystems Engineering**, 83(2): 149-157.

- Boz, Ö., Doğan, N. 2004. Aydın ili pamuk ekim alanlarındaki yabancı otlar ve mücadelesi. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 1(2): 13-16.
- Böğrekcı, İ., W. S. Lee. 2004. Determining phosphorus concentration using spectral reflectance of grass and soil samples in the lake Okeechobee Basins in UV, VIS, and NIR regions. In Proc. **7th International Conference on Precision Agriculture**, (Full text, Sunulu), Minneapolis, Minnesota.
- Bul, E., Gelen, G., Altun, H. 2005. Görüntü işlemeye dayalı tarımsal ürün sınıflandırma. **Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi**, (22-25 Eylül 2005), İstanbul.
- Cordill, C., Grift, T.E. 2011. Design and testing of an intra-row mechanical weeding machine for corn. **Biosystems Engineering**, 110: 247-252.
- Çiftçi Ü., 1999. Kompresör seçimi. **1. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi**, 3-5 Aralık, S:105-109. İzmir.
- Demirtaş, M., Doğan, T. 2003. Traktöre monte edilebilir tip pamuk hasat makinasının bazı pamuk çeşitlerinin lif kalite değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongresi** (6-8 Eylül 2003), pp. 271-276, Çanakkale.
- Gökçebay, B., 1986. Tarım Makinaları I. Ziraat Fakültesi Yayınları: 979, Ders Kitabı: 289, Ankara.
- Jafari, A., Y., Mohtasebi, S., S., Jahromi, H., Omid, M. 2006. Weed detection in sugar beet fields using machine vision. **International Journal of Agriculture and Biology**, 8(5): 602-605.
- Jeon, H., Y., Tian, L., F., Zhu, H. 2011. Robust crop and weed segmentation under uncontrolled outdoor illumination. **Sensors**, 11: 6270-6283.
- Karacan, İ. 2003. Hidrolik ve Pnömatik, Karabük.

- Kise, M., Zhang, Q., Rovira Mas, F. 2005. A stereovision-based crop row detection method for tractor-automated guidance. **Biosystems Engineering**, 90(4): 357-367.
- Lee, W.S., Slaughter, D.C., Giles, D.K. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. **Precision Agriculture**, 1: 95-113.
- Leemans, V., Magein, H., Destain, M.-F. 2002. On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. **Biosystems Engineering**, 83(4): 397-404.
- Midtby, H.S., Mathiassen, S.K., Andersson, K.J., Jørgensen, R.N. 2011. Performance evaluation of a crop/weed discriminating microsprayer. **Computer and Electronics in Agriculture**, 77: 35-40.
- Mutaf, E., Uçucu R. 1980. Tarımsal Mekanizasyon. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Önal, İ., 1977. "Seyreltme Yönünden Değişik Ekim Metotlarının Matematik-İstatistik Esasları ve Ülkemiz Koşullarında Pamuk Seyreltmesinin Mekanizasyon Olanakları Üzerinde Bir Araştırma" E.Ü.Z.F. Yayınları No: 388, Bornova-İzmir.
- Önal, İ., 1995. "Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları" E.Ü.Z.F. Yayınları No:490, Bornova –İzmir.
- Ören M.N., Yaşar, B. 2003. Türkiye’de pamuk hasat makinesi kullanımının ekonomik ve sosyal açıdan değerlendirilmesi. **Türkiye VI. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu**, 24-25 Nisan, S:175-181, Antalya.
- Özarlan, C. ve Yalçın, İ. 2004. Comparison of different thinning applications in cotton farming. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 7 (5): 763-767.
- Özer, Y. 1991. Traktörler (ikinci baskı). İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul.

- Özkan, İ. ve T. Kaya, 2002. Aydın ilinde pamuğa dayalı sanayinin bugünkü durumu ve geleceği. **Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu**, 28-29 Nisan, S:230-233, Diyarbakır.
- Piron, A., Leemans, V., Kleynen, O., Lebeau, F., Destain, M.-F. 2008. Selection of the most efficient wavelength bands for discriminating weeds from crop. **Computers and Electronics in Agriculture**, 62: 141-148.
- Pérez-Ruiz, M., Slaughter, D.C., Gliever, C.J., Upadhyaya, S.K. 2012. Automatic GPS-based intra-row weed knife control system for transplanted row crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, 80: 41-49.
- Siebert, J., D., Stewart, A., M., Leonard, B., R. 2006. Comparative growth and yield of cotton planted at various densities and configurations. **Agronomy Journal**, 98: 562-568.
- Sogaard, H., T., Lund, I. 2007. Application accuracy of a machine vision-controlled robotic micro-dosing system. **Biosystems Engineering**, 96: 315-322.
- Sungur, N. 1974. Tarım Makinaları İşletme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 215, İzmir.
- Tangwongkit, R., Salokhe, V., Jayasuriya, H. 2006. Development of a tractor mounted real-time, variable rate herbicide applicator for sugarcane planting. **Agricultural Engineering International CIGR Journal**, Manuscript PM 06 009. Vol. VIII
- Tillet, N.D., Hague, T. 2006. Increasing work rate in vision guided precision banded operations. **Biosystems Engineering**, 94(4): 487-494.
- Tillet, N.D., Hague, T., Grundy, A.C., Dedousis, A.P. 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. **Biosystems Engineering**, 99: 171-178.

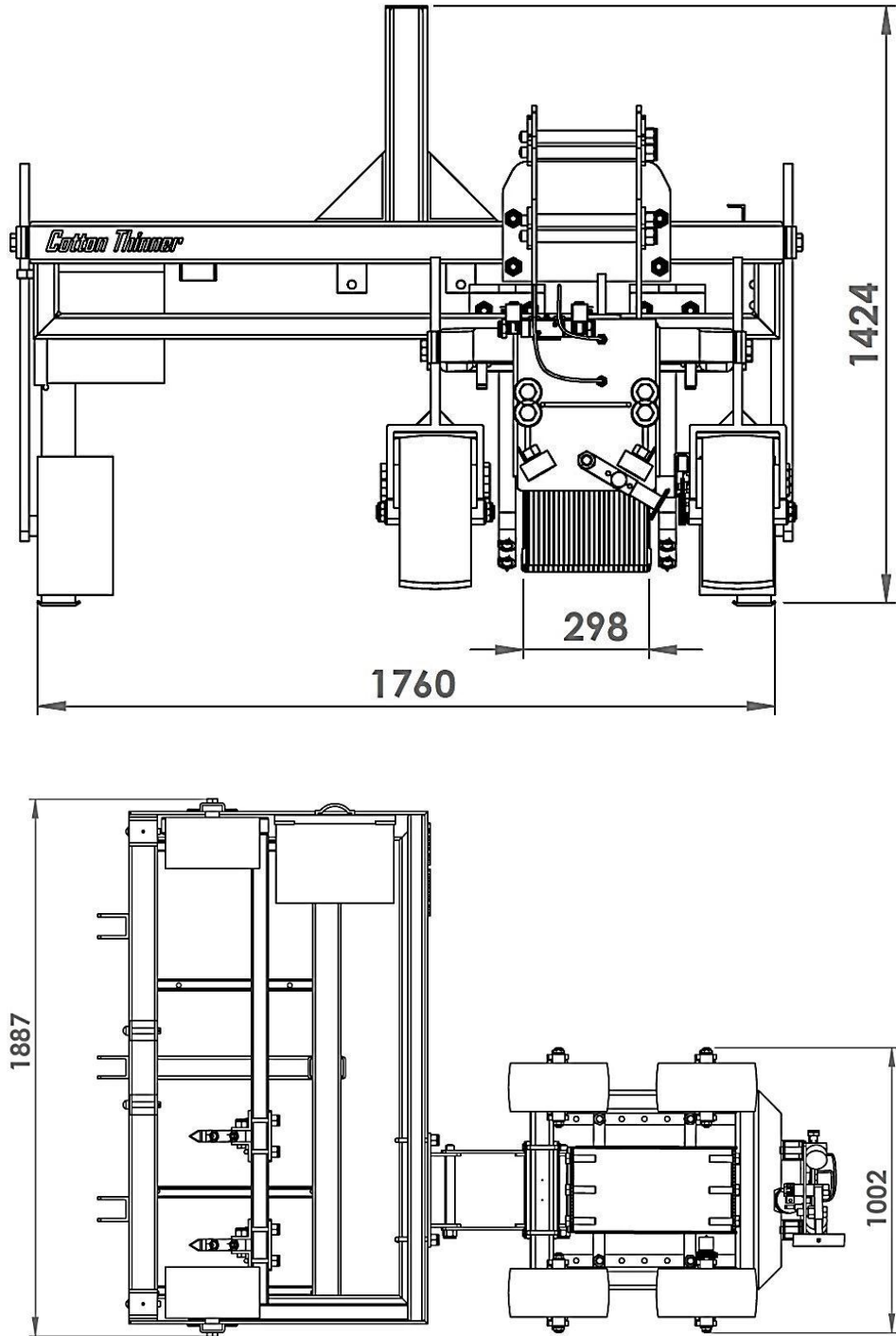
- Uzkut, M., Özdemir, İ. 2001. Farklı çeliklere uygulanan değişen ısıtma hızlarının mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. **DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 3: 65-74.
- Wang, N., Zhang, N., Wei, J., Stoll, Q., Peterson, D.E. 2007. A real-time, embedded, weed-detection system for use in wheat fields. **Biosystems Engineering**, 98: 276-285.
- Yalçın, İ., 1999. Değişik Toprak İşleme ve Pamuk Eki Tekniklerinin Aydın Yöresi Koşullarına uygulama Olanakları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), İzmir.
- Yalçın, İ., Boz, Ö., Uçucu, R. 2003. Effects of different mechanisation applications on weed control in cotton farming and its significance in terms of mechanisation management. **Asian Journal of Plant Sciences**, 2(1): 18-22.
- Zhang, Y., Slaughter, D., C. 2011. Hyperspectral species mapping for automatic weed control in tomato under thermal environmental stress. **Computers and Electronics in Agriculture**, 77: 95-104.

EKLER

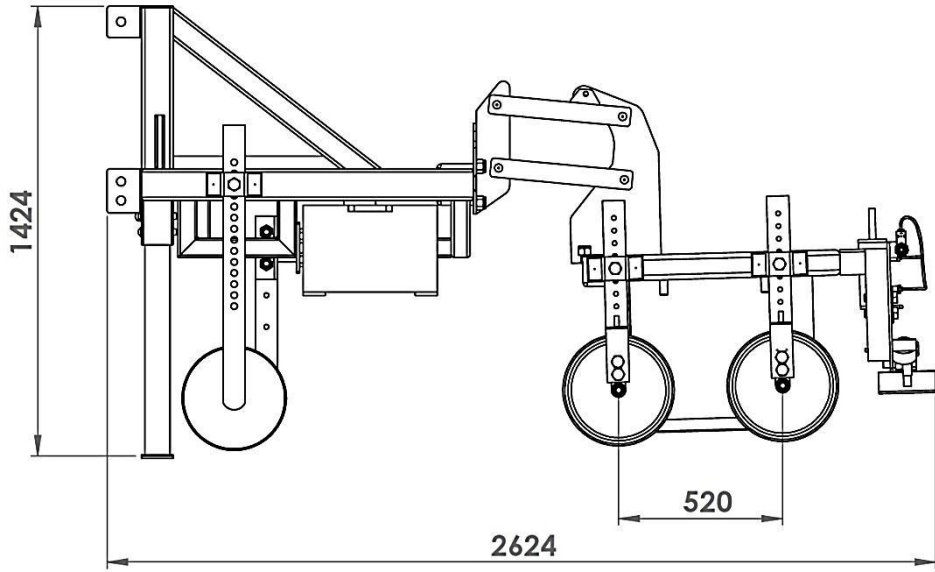
EK-1. Pnömatik sisteme ilişkin hesaplama sonuçları

Parametre	Değer	Birimi	Açıklama
F_1	1066.67	N	Piston itme kuvveti (Hesaplandı)
F_2	160	N	Bıçağa etkiyen kuvvet (Ölçüldü)
d_d	22.5	mm	Düz dişli yarıçapı (Katalogdan seçildi)
L_b	150	mm	Bıçak kolu uzunluğu (Öngörü)
P	8	bar	Basınç (Öngörü)
η_p	0.8	%	Verim (Öngörü)
A	0.1668	m ²	Silindirin etkili kesit alanı (Hesaplandı)
D_p	0.055	m	Piston çapı (Katalogdan seçildi)
D_k	0.030	m	Piston kolu (rod) çapı (Katalogdan seçildi)
Q	613.44	L/min	Silindir hava tüketimi (Hesaplandı)
S_p	0.6	cm	Piston stroku (Hesaplandı)
n_p	240	Strok/min	Strok sayısı (Öngörü)
q	0.213	L	Piston strockunun her cm'si için gerekli hava miktarı (Çizelgeden seçildi)
L_k	6	cm	Kramayer etkili diş uzunluğu (Hesaplandı)
D_d	4.5	cm	Düz dişli etkili çapı (Katalogdan seçildi)
β	150	°	Salınım açısı (Öngörü)

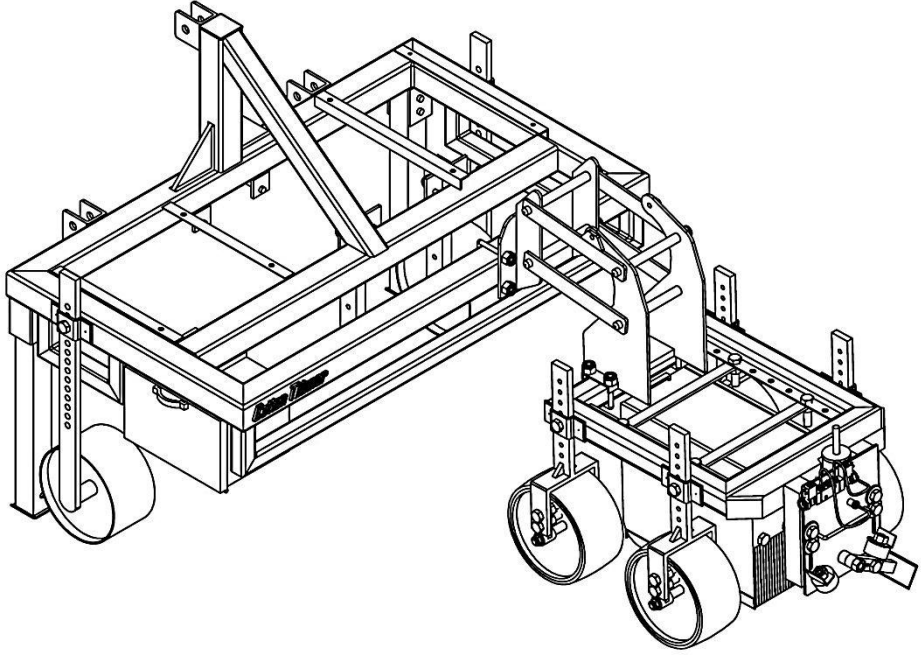
EK-2. Prototip makinarya ait bazı teknik ölçüler



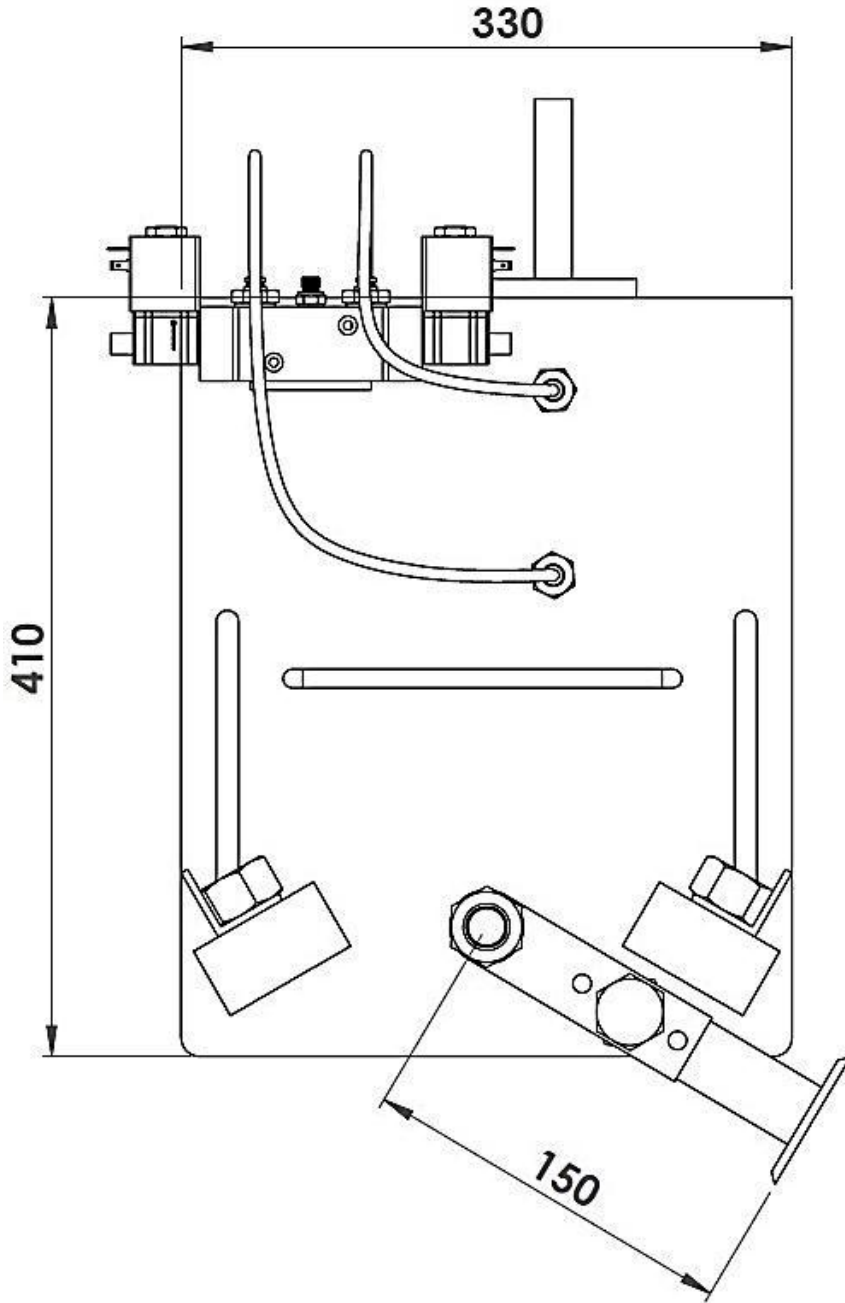
EK-3. Prototip makinaya ait bazı teknik ölçüler



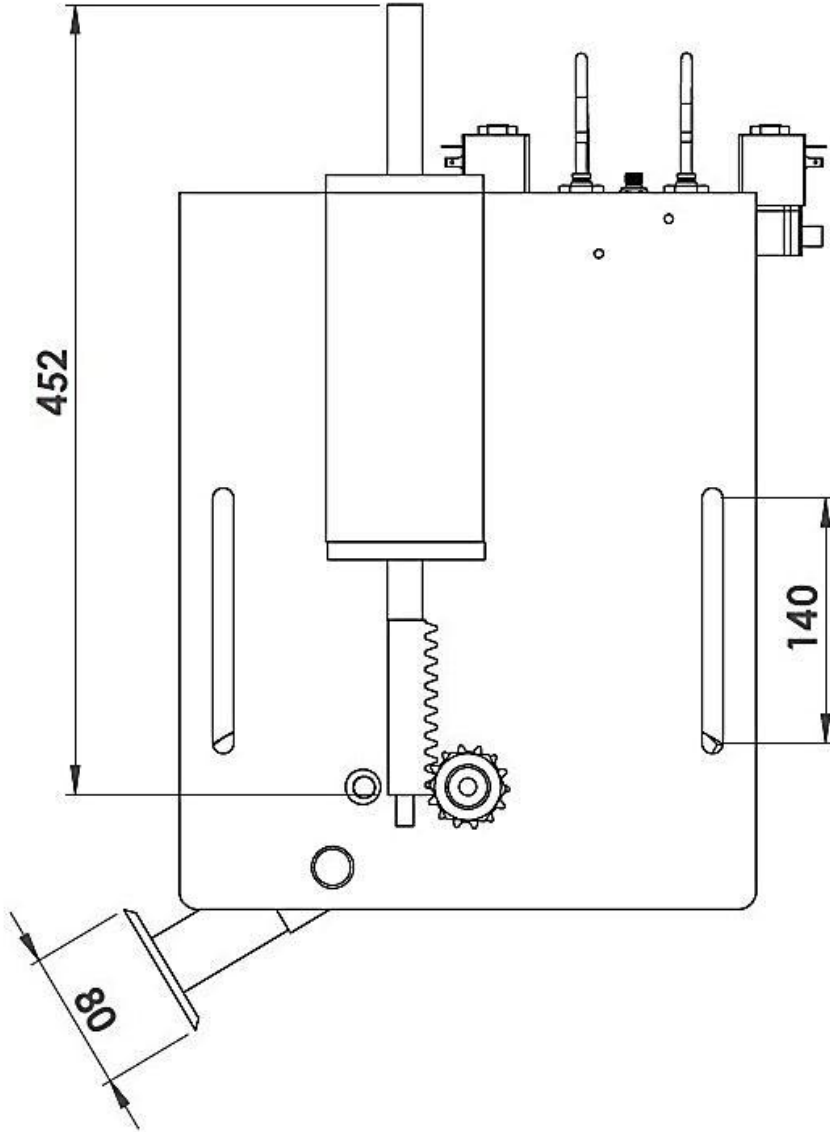
EK-4. Prototip makinaya ait perspektif çizim



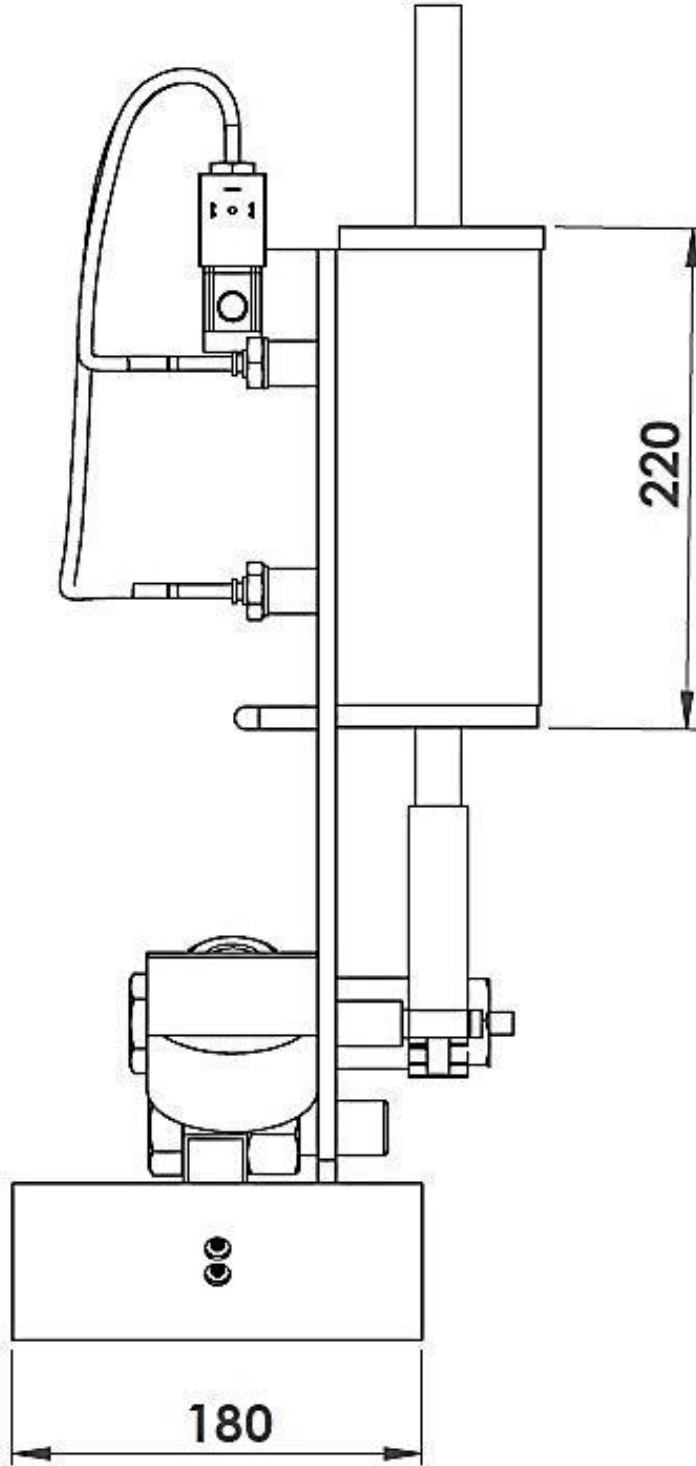
EK-5. Seyreltme ünitesine ait bazı teknik ölçüler (önden görünüş)



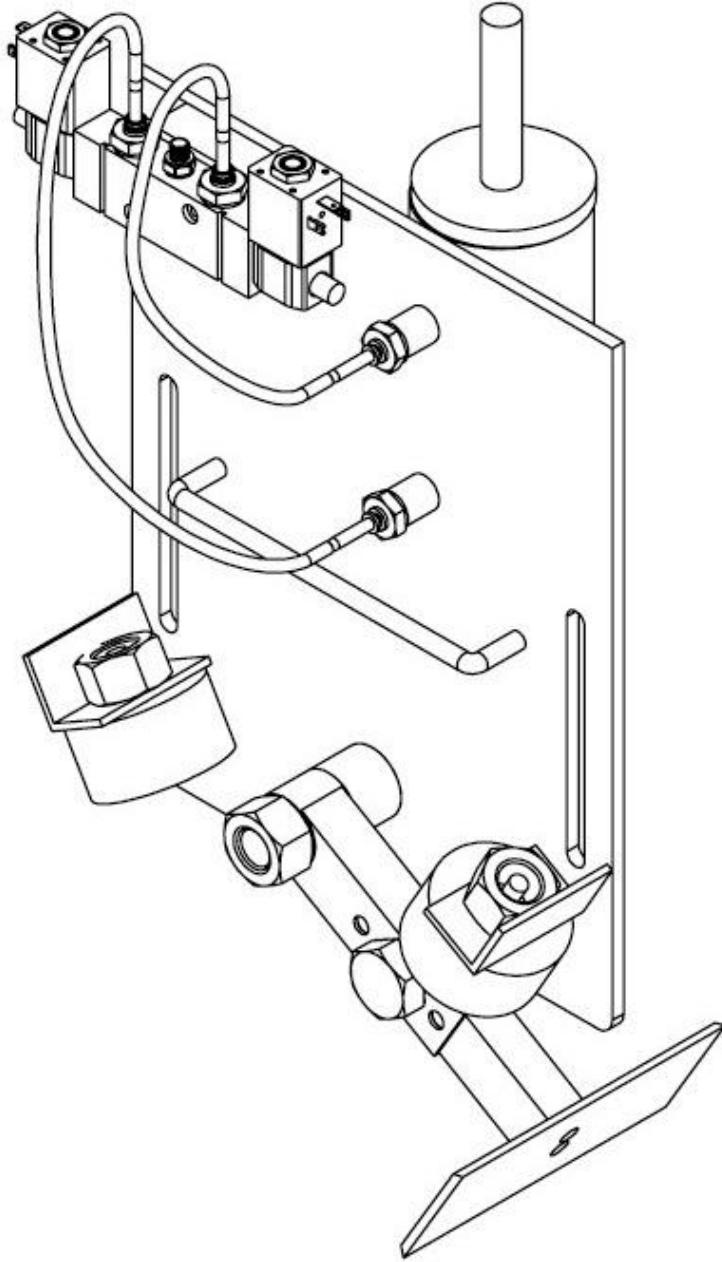
EK-6. Seyreltme ünitesine ait bazı teknik ölçüler (arkadan görünüş)



EK-7. Seyreltme ünitesine ait bazı teknik ölçüler (yandan görünüş)



EK-8. Seyrelme ünitesine ait perspektif çizim



EK-9. Seyreltilen bitki oranı üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi

	V1	V2	V3	Ortalama
X1	44,06	40,01	37,17	40,41 a
X2	36,96	35,41	38,95	37,11 a
X3	35,76	39,21	23,89	32,95 a
Ortalama	38,93 a	38,21 a	33,34 a	
LSD x	ns			
LSD v	ns			
LSD x*v	ns			

ns: önemsiz

EK–10. Seyreltme sonrası bitki sayısının (BS) üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi

	V1	V2	V3	Ortalama
X1	7190,67	8523,67	9006,67	8240,33 a
X2	5714,33	6904,67	7333,00	6650,66 b
X3	4762,67	5571,33	6000,00	5444,67 b
Ortalama	5889,22 a	6999,89 ab	7446,56 b	
LSD x	5332,89			
LSD v	5332,89			
LSD x*v	ns			

ns: önemsiz

EK-11. Seyreltme sonrası ortalama sıra üzeri bitki mesafesinin (DS) üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi

	V1	V2	V3	Ortalama
X1	12,66	7,97	11,14	10,59 a
X2	15,39	11,50	10,17	12,35 ab
X3	15,46	12,96	15,08	14,50 b
Ortalama	14,50 a	10,81 ab	12,13 b	
LSD x	ns			
LSD v	ns			
LSD x*v	ns			

ns: önemsiz

EK-12. Seyreltme başarısı üzerine sıra üzeri ekim mesafesi ve ilerleme hızının etkisi

	V1	V2	V3	Ortalama
X1	39,69	35,34	31,77	35,6 c
X2	43,33	40,17	35,74	39,74 b
X3	45,04	43,08	39,91	42,67 a
Ortalama	42,68 a	39,53 b	35,80 c	
LSD x	6,13			
LSD v	6,13			
LSD x*v	ns			

ns: önemsiz

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Taner AKBAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Almanya-1975

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi
Doktora Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Coşkun, M.B. ve Akbaşı. T. 2000. Pnömatik Teknolojisinin Tarımsal Mekanizasyonda Uygulama Olanakları. **Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi**, Erzurum.

Coşkun, M.B. ve Akbaşı, T. 2001. Zeytinyağı İşletmelerindeki Atık Suların Değerlendirilmesine Yönelik Bir Uygulama Örneği. **Mersin Üniversitesi Çevre Müh. Bölümü Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı**, S:41, Mersin.

Özarlan, C., Saraçoğlu, T., Akbaşı, T. 2001. Elle Taşınan Pnömatik Bir Zeytin Çırpıcısının Geliştirilmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongre Bildiri Kitabı**, S: 239-244, Şanlıurfa.

Akbaşı,T. ve Coşkun, M.B. 2006. Zeytinyağı İşletmeleri İçin Atık Su Değerlendirme Sisteminin Geliştirilmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongre Bildiri Kitabı**, S: 83-90, Çanakkale.

Akbaşı, T. ve Özarlan, C. 2007. Nanoteknoloji ve Tarımda Uygulama Olanakları. **Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongre Bildiri Kitabı**, S:308-314, Kahramanmaraş.

Çetin, M., Akbaşı, T., Şimşek, E. 2009. Farklı Toprak İşleme Alet ve Makinalarının Toprağın Penetrasyon Direncine Etkilerinin Belirlenmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 25. Ulusal Kongre Bildiri Kitabı**, S: 361-366, Isparta.

Çetin, M., Kayhan. E.B., **Akbaş, T.**, Şimşek, E. 2010. Sağım makinelerinde Kullanılan Meme Başlığı Lastiklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi. **Tarımsal Mekanizasyon 26. Ulusal Kongre Bildiri Kitabı**, S: 292-297, Hatay.

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

Yalçın İ., Özarlan C., **Akbaş T.** 2007. Physical Properties of Pea (*Pisum sativum*) Seed, *Journal of Food Engineering*, 79, 2, 731-735.

Gürhan R. , Özarlan C. ,Topuz N. , **Akbaş T.** , Şimşek E. 2009. Effects of Moisture Content on Physical Properties of Black Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum L.*) Seed. *Asian Journal of Chemistry*, 21, 4, 3270-3278.

Çetin, M., Şimşek, E., **Akbaş, T.**, Özarlan, C. 2010. Physical Properties of Radish (*Raphanus sativus L.*) Seed as a Function of Moisture Content, *The Philippine Agricultural Scientist*, 93 (3), 291-298.

PROJELER

Özarlan C., **Akbaş, T.**, Otomatik Pamuk Seyreltme Makinasının Geliştirilmesi, ADÜ Bilimsel Araştırma Projeleri , FBE-08040, 03/04/2008 - (**Devam ediyor**)

Özarlan C., Yalçın İ., Bögrekci İ., **Akbaş, T.**, Görüntü Algılama Sistemli Otomatik Çapalama Makinası Geliştirilmesi, TÜBİTAK 109O742 nolu proje (**Devam ediyor**)

Topuz N., Özarlan C., Yalçın İ., **Akbaş, T.**, Üçer N., Sap Parçalama Makinasının Farklı Çalışma Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi, ADÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (**Devam ediyor**)

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Adnan Menderes Üniversitesi 1999–2001
Adnan Menderes Üniversitesi 2003–Devam

İLETİŞİM

E-posta Adresi : taner@adu.edu.tr

Tarih : 14.09.2012