

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
2015-DR-003**

**PIEZOELEKTRİK ÖLÇME SİSTEMİ İLE HASSAS
EKİCİ DÜZENDE SIRA ÜZERİ TOHUM DAĞILIM
DÜZGÜNLÜĞÜNÜ BELİRLEME OLANAKLARI**

Necmiye ÜÇER

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. İbrahim YALÇIN**

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Necmiye ÜÇER tarafından hazırlanan Piezoelektrik Ölçme Sistemi İle Hassas Ekici Düzendeki Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünü Belirleme Olanakları başlıklı tez, 30 Şubat 2015 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan: Prof. Dr. İbrahim YALÇIN	Adnan Menderes Üniv.	
Üye : Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN	Adnan Menderes Üniv.	
Üye : Prof. Dr. İsmail KAVDIR	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.	
Üye : Doç. Dr. Ahmet KILIÇKAN	Adnan Menderes Üniv.	
Üye : Yrd. Doç. Dr. Cihangir SAĞLAM	Namık Kemal Üniv.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu doktora tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY

Enstitü Müdürü

T.C.
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 kuralları gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Necmiye ÜÇER

ÖZET

PIEZOELEKTRİK ÖLÇME SİSTEMİ İLE HASSAS EKİCİ DÜZENDE SIRA ÜZERİ TOHUM DAĞILIM DÜZGÜNLÜĞÜNÜ BELİRLEME OLANAKLARI

Necmiye ÜÇER

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim YALÇIN
2015, 94 sayfa

Bu çalışmada tek dane hassas ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü belirlemek amacıyla Piezoelektrik ölçme sistemi tasarlanmıştır. Denemeler fiziksel özellikleri birbirinden farklı tohum çeşitleri (mısır, pamuk, ayçiçeği, karpuz) ile gerçekleştirilmiştir. Piezoelektrik ölçüm sistemin çalışma parametreleri ön denemeler ile belirlenmiştir. Pnömatik hassas ekim makinasında denemeler üç farklı ilerleme hızında (0.5 m/s, 1.0 m/s ve 1.5 m/s) gerçekleştirilmiş ve kabul edilebilir tohum aralığı, ikizlenme oranı, boşluk oranı ve varyasyon katsayısı değerleri saptanmıştır. Yapışkan bant deneme düzeneği ile ölçümler tekrar yapılmış ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Her iki deneme süresince zaman ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda piezoelektrik ölçüm sistemine ilişkin en yüksek KETA ortalama değerleri; mısırdaki 0.5 m/s’de %97.75, pamukta 1 m/s’de %90.24, ayçiçeğinde 1 m/s ilerleme hızında %88.00 olduğu ve bu tohumlar için piezoelektrik ölçüm sisteminin kullanılabilir olduğu saptanmıştır. Çalışmada karpuz tohumu KETA değerleri normal dağılım göstermemiştir. Zaman ölçümü neticesinde, Yapışkan bant deneme düzeneği işlem aşamaları için geçen zamanın, piezoelektrik ölçüm sistemine göre 2.26 kat daha fazla zaman aldığı saptanmıştır.

Anahtar sözcükler: Pnömatik hassas ekim makinası, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü, piezoelektrik, yapışkan bant

ABSTRACT

THE POSSIBILITIES OF DETERMINING IN-ROW SEED DISTRIBUTION OF PRECISE SEED DRILLS USING PIEZOELECTRIC MEASUREMENT SYSTEM

Necmiye ÜÇER

PhD. Thesis, Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim YALÇIN

2015, 94 pages

In this study, piezoelectric measurement system is used in order to determine in row seed distribution at Precision Drill. System measured time data are calculated as seed spacing. Experiments were carried out by using different type of seeds (corn, cotton, sunflower, watermelon) with different physical properties. Piezoelectric Measurement System's working parameteres are identified by preliminary tests. Experiments were conducted at different speeds such as 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s. Beside, acceptable seed spacing, multiple index, miss and coefficient of variation values are identified during the reserch. The test were repeated with the sticky belt stand and the results compared with Piezoelectric Measurement System in the study. Times were recorded during 2 different test ways. According to the research results, max KETA values have been found out %97.75 for 0.5 m/s feed rate in corn seed, %90.24 for 1 m/s feedrate in cotton seed and %88.00 for 1 m/s feed rate in sunflower seed. It was observed that all type of seeds which were tested would be used at Piezoelectric Measurement System. During the study, watermelon seed KETA value results are observed below %80 and watermelon seeds results showed as nonparametric distribution. According to the time-related test results, time consumption belt systems process orders are 2.26 times greater than Piezoelectric Measurement System.

Key words: Precision seeder, in-row seed distribution, piezoelectric, sticky belt

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının belirlenmesi, yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında değerli görüş, öneri ve katkılarından dolayı değerli hocam Sayın Prof. Dr. İbrahim YALÇIN'a, çalışmam boyunca değerli görüş ve katkılarıyla desteklerini esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN ve Prof. Dr. İsmail KAVDIR'a, verdikleri maddi destekten ötürü Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığına, çalışmamın yürütülmesinde bana olanak sağlayan Ziraat Fakültesi Dekanlığı tüm fakülte ve çiftlik personeline, tez çalışmam süresince her zaman destek ve katkılarını yanımda hissettiğim ADÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü öğretim elemanlarına, İzmir Tarım İl Müdürlüğündeki değerli çalışma arkadaşlarıma, çalışmamın istatistiksel analizlerinde yardım ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Burcu MESTAV'a, bana vermiş oldukları emeklerinden dolayı sevgili aileme ve eşimin ailesine, göstermiş oldukları sabır, anlayış ve hoşgörü için sevgili eşim ve oğluma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tek Dane Ekici Düzen Konstrüksiyonunda Genel Esaslar	4
1.2. Pnömatik Tek Dane Ekici Düzen Konstrüksiyonunda Genel Esaslar	5
1.3. Tek Dane Ekim Makinaları Deney İlkeleri	7
1.3.1. Laboratuvar Deneyleri	8
1.4. Piezoelektrik Etki	10
1.5. Amaç	11
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Bitkisel Materyal	19
3.1.2. Pnömatik Hassas Ekim Makinası	20
3.1.3. Yapışkan Bant Deneme Düzeneği	25
3.1.4. Ön Deneme Düzeneği	30
3.1.5. Elektrik Motoru	33
3.1.6. İnvörtör	34
3.1.7. Piezoelektrik ölçme sistemi	35

3.1.8. Piezoelektrik algılayıcı cisim.....	36
3.1.9. Audacity Programı.....	37
3.1.10. Dizüstü Bilgisayar	38
3.1.11. Denemede Kullanılan Ölçüm Aletleri	39
3.1.11.1. Kumpas.....	39
3.1.11.2. Hassas terazi	39
3.1.11.3. Kronometre.....	39
3.1.11.4. Takometre.....	39
3.1.11.5. Çelik şerit metre	39
3.1.11.6. Statik sürtünme katsayısı belirleme düzeni	39
3.1.11.7. Kritik hız belirleme düzeni	39
3.1.11.8. Vakum ölçer	40
3.2. Yöntem	40
3.2.1. Tohumların Fiziksel Özelliklerinin Hesaplanması	40
3.2.2. Ön Deneme Düzeneği İle Sistem Performansının Belirlenmesi.....	42
3.2.3. Piezoelektrik Ölçme Sistemi İle Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzensizliğinin Belirlenmesi.....	43
3.2.4. Yapışkan Bant Deneme Düzeneği İle Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzensizliğinin Belirlenmesi.....	45
3.2.5. Zaman Ölçümleri.....	45
3.2.6. Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzensizliğinin Hesaplanması	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	48
4.1. Tohumların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar	48
4.2. Ön Denemelere İlişkin Sonuçlar.....	48
4.3. Piezoelektrik Ölçme Sistemine İlişkin Sonuçlar	53
4.3.1. Pamuk Tohumuna İlişkin Sonuçlar	53

4.3.2. Mısır Tohumuna İlişkin Sonuçlar	61
4.3.3. Ayçiçeği Tohumuna İlişkin Sonuçlar.....	65
4.3.4. Karpuz Tohumuna İlişkin Sonuçlar	69
4.4. Zaman Etüdü	74
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	79
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	91

SİMGELER DİZİNİ

a	Uzunluk
b	Genişlik
c	Kalınlık
BO	Boşluk oranı (%)
CV	Varyasyon katsayısı (%)
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
İO	İkizlenme oranı (%)
K	Küresellik
KETA	Kabul edilebilir tohum aralığı (%)
n	Değişken sayısı
s	saniye
S ²	Varyans
TÇD	Tarla Çıkış Derecesi
X _i	Değişken değeri,
X _o	Ortalama tohum uzaklığı
V _p	Plaka çevre hızı
Z	Olması gereken ardışık tohum uzaklığı
Z _t	teorik tohum aralığı değeri
μ	Statik sürtünme katsayısı
α	Yüzey eğim açısıdır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ekim makinası genel parçaları.....	2
Şekil 1.2. Piezoelektrik algılayıcı cismin davranışı	11
Şekil 3.1. Pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumu	19
Şekil 3.2. Pnömatik hassas ekim makinası genel görünüşü	20
Şekil 3.3. Pnömatik hassas ekim makinası tek dane ekici düzen genel görünüş	21
Şekil 3.4. Pnömatik hassas ekim makinası tek dane ekici düzeni.....	22
Şekil 3.5. Pnömatik hassas ekim makinasında dişliler.....	23
Şekil 3.6. Sıra üzeri tohum aralığı ayar olanakları.....	24
Şekil 3.7. Pnömatik hassas ekim makinasına ait ekici plakalar	25
Şekil 3.8. Yapışkan bant genel görünüşü	25
Şekil 3.9. Yapışkan bant deneme düzeneği genel görünüşü	26
Şekil 3.10. Taşıyıcı makara.....	26
Şekil 3.11. Tambur genel görünüşü	27
Şekil 3.12. Bant gergi mekanizması.....	27
Şekil 3.13. Konveyör bant.....	28
Şekil 3.14. Yapışkan bant.....	28
Şekil 3.15. Ekim makinasına hareket veren elektrik motoru	29
Şekil 3.16. Yapışkan bant deneme düzeneği kontrol paneli.....	30
Şekil 3.17. Ön deneme düzeneği genel görünüş	31
Şekil 3.18. Ön deneme düzeneği.....	31
Şekil 3.19. Bölmeli konveyör bant.....	32
Şekil 3.20. Ön deneme düzeneği taşıyıcı makaralar	32
Şekil 3.21. Bölmeli konveyör bant (yuvalı)	33
Şekil 3.22. Elektrik motoru ve redüktör genel görünüşü.	34
Şekil 3.23. İnvörtör genel görünüşü	34

Şekil 3.24. Piezoelektrik ölçme sistemi.....	35
Şekil 3.25. Piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu plastik yüzey	36
Şekil 3.26. Piezoelektrik algılayıcı cisim	36
Şekil 3.27. Audacity programı.....	37
Şekil 3.28. Dizüstü bilgisayar.....	38
Şekil 3.29. Pulsotest cihazı	40
Şekil 3.30. Text dosya örneği	44
Şekil 4.1. Pamuk tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması	56
Şekil 4.2. Mısır tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması.	63
Şekil 4.3. Ayçiçeği tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması	67
Şekil 4.4. Karpuz tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması	72
Şekil 4.5. Yapışkan bant deneme düzeneği zaman etüdü.....	77
Şekil 4.6. Piezoelektrik ölçüm sistemi zaman etüdü	78
Şekil 5.1. Tohumların hareketi	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Sıra üzeri tohum aralığına ($z=$ anma ekim aralığına) göre sıra üzeri tohum dağılım sınıflandırması.....	9
Çizelge 1.2. Kabul edilebilir sıra üzeri tohum aralıkları, ikizlenme ve boşluk oranlarının sınıflandırılması.	9
Çizelge 3.1. Pnömatik hassas ekim makinası teknik özellikleri.....	21
Çizelge 3.2. Elektrik motoru genel özellikleri	34
Çizelge 3.3. İnvörtör genel özellikleri.....	35
Çizelge 4.1. Denemelerde kullanılan tohumların bazı fiziksel özellikleri	48
Çizelge 4.2. Pamuk Tohumu Ön Deneme Sonuçları	49
Çizelge 4.3. Mısır Tohumu Ön Deneme Sonuçları	50
Çizelge 4.4. Ayçiçeği Tohumu Ön Deneme Sonuçları	51
Çizelge 4.5. Karpuz tohumu ön deneme sonuçları.....	52
Çizelge 4.6. Pamuk tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları.....	54
Çizelge 4.7. Pamuk tohumu yapışkan bant deneme sonuçları	55
Çizelge 4.8. Yapışkan bant ve piezoelektrik ölçüm sistemi karşılaştırmasına ait alt gruplar ve seviyeleri.....	56
Çizelge 4.9. Pamuk tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.10. Pamuk tohumu varyans analiz sonuçları.....	59
Çizelge 4.11. İlerleme hızına göre KETA ve BO değişkeni alt grupları.....	60
Çizelge 4.12. Mısır Tohumu Piezoelektrik Ölçme Sistemi Sonuçları	61
Çizelge 4.13 Mısır tohumu yapışkan bant deneme sonuçları.....	62

Çizelge 4.14. Mısır tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları.....	63
Çizelge 4.15. Mısır tohumu varyans analiz sonuçları.....	64
Çizelge 4.16. Ayçiçeği tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları.....	65
Çizelge 4.17 Ayçiçeği tohumu yapışkan bant deneme sonuçları	66
Çizelge 4.18. Ayçiçeği tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları	67
Çizelge 4.19. Ayçiçeği tohumu varyans analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.20. İlerleme hızına göre KETA değişkeni alt grupları	69
Çizelge 4.21. Karpuz tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları.....	70
Çizelge 4.22. Karpuz tohumu yapışkan bant deneme sonuçları.....	71
Çizelge 4.23. Karpuz tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.24. Karpuz tohumu İO değerleri varyans analizi.....	73
Çizelge 4.25. Karpuz tohumu KETA ve BO değerleri Mann Whiyney U testi ..	74
Çizelge 4.26. Yapışkan Bant Deneme Düzeneği iş süreleri	75
Çizelge 4.27. Piezoelektrik Ölçme Sistemi iş süreleri.....	76

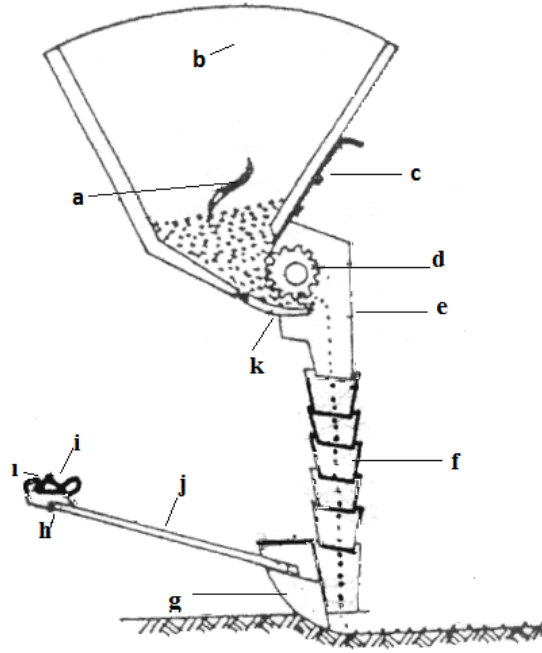
1. GİRİŞ

Yeni bir bitki meydana getirmek amacıyla, ana bitkiyi oluşturacak tohumların, çimlenme ve çıkış özelliklerine uygun olarak önceden hazırlanmış tohum yatağına yatay düzlemde istenen bir dağılımla ve eşit bir derinlikte yerleştirilip üzerinin toprakla kapatılması işlemi ekim olarak adlandırılmaktadır (Barut, 1996; Yurdusever, 2006). Tarım tekniğinde çeşitli ekim yöntemleri vardır. Bu yöntemler tarımdaki gelişmeler ve ekilecek bitkinin cinsine bağlı olarak gelişme göstermiştir. Ekim yöntemleri genel olarak serpme ve sıravari ekim olarak iki grupta incelenebilmektedir (Keskin ve Erdoğan, 1992).

Serpme ekim tohum ekiminde kullanılan en eski yöntemdir. En basit şekli ile serpme ekim, tohumların avuç avuç alınıp toprağa saçılması şeklinde uygulanır. Serpme ekimde tohumların tarla yüzeyinde dağılması düzgün değildir. Ayrıca diğer ekim yöntemlerine oranla %25-30 daha fazla tohumluk kullanma zorunluluğu vardır (Keskin ve Erdoğan, 1992). Sıravari ekim yöntemi ise; farklı çeşit ve büyüklükteki tohumları, ayarlanan ekim normlarında birbirine paralel sıralara ekebilen makinalardır. Küçük tohumlu yem bitkilerinden, büyük tohumlu baklagil tohumlarına kadar her türlü tohumu ekebilecek özeliğe çeşitli tip sıraya ekim makinaları geliştirilmiştir (Yiğit, 2006).

Toprağa bırakılan tohumun çimlenmesi, büyümesi, olgunlaşması ve meyve verebilmesi için yeteri kadar ışık, nem, hava, sıcaklık ve besin maddelerini sağlayabileceği optimum bir yaşam alanına gereksinimi vardır. Bu durum her bitki için aynı büyüklükte yaşam alanının sağlanmasını, dolayısıyla tohumların yatay düzlemde toprağa eşit aralıklarla dağıtılmasını zorunlu kılmaktadır (Barut, 1996). Tohumun, toprağa eşit aralıklarla dağıtılması ve optimum yaşam alanına sahip olması için ekim işlemi, ekim makinaları ile gerçekleştirilir.

Sıraya ekim yapan bir ekim makinasının genel parçaları; karıştırıcı, tohum sandığı, sürgü, ekici çark, tohum hücresi, tohum borusu, ayak, mafsal, gergi, taşıyıcı kiriş, bağlantı kolu ve taban klapesinden oluşmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Ekim makinası genel parçaları a-karıştırıcı, b-tohum sandığı, c-sürgü, d-ekici çark, e-tohum hücresi, f-tohum borusu, g-ayak, h-mafsal, ı-gergi, i-taşıyıcı kiriş, j-bağlantı kolu, k-taban klapesi (Keskin ve Erdoğan, 1992)

Bir ekim makinasından, bölge ve tarla koşullarına uygun ekim yapabilmesi için beklenen özellikler şu şekildedir (Keskin ve Erdoğan, 1992):

- Toprakta açılan sıralar birbirine eşit uzaklıkta olmalıdır.
- Her sraya atılan tohum miktarı eşit olmalıdır.
- Ekici düzenler tarafından atılan tohum miktarı ekim süresi boyunca değişmemelidir.
- Tohumlar sıra üzerinde düzgün dağılmalı ve bu durum ekim normuna uygun olmalıdır.
- Tohumlar istenilen ve eşit derinliğe ekilmelidir.
- Ekim sırasında tohumlarda mekanik zedelenme meydana gelmemelidir.

- Makina çeşitli ekim normları ve ekim derinlikleri için ayarlanabilmelidir.
- Tohum sandığı ve ekici düzenler ekimden sonra kolaylıkla boşaltılabilir ve temizlenebilir olmalıdır.
- Makina, kullanılması ve bakımı kolay, ucuz, basit ve sağlam bir yapıya sahip olmalıdır.

Bir ekim makinasının en önemli parçasını ekici düzenler oluşturur. Çünkü ekim tekniğine uygun bir ekimin yapılabilmesi birinci derecede ekici düzenlere bağlıdır. Ekim makinalarının gelişim süreci içerisinde çeşitli ekici düzenler ortaya atılmıştır. Günümüz tarımında en çok kullanılan ekici düzenler sıraya kesiksiz ekim yapan ekici düzenler, ocağa (küme) ekim yapan ekici düzenler ve tek tek tohum eken (hassas) ekici düzenlerdir (Barut, 1996; Yurdusever, 2006).

Günümüzde kullanılan hassas ekim makinaları çalışma ilkesi yönünden, mekanik ve pnömatik ekim makinaları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Keskin ve Erdoğan, 1992).

Mekanik ekici düzenler, ekim makinası tekerleğinden aldığı hareketle tohum deposu altındaki tohum hücrelerinde çalışırlar. Tohum hücrelerinden ekici düzen tarafından tek tek alınan tohumlar kendi aralığı ile çizi ayarları tarafından açılan çiziye iletilir. Arkadan gelen baskı tekeri tohumu toprağa bastırır ve kapatıcılar tohumun üzerini gevşek toprak tabakasıyla kapatarak konik baskı tekerinin geçişiyle ekim işlemi tamamlanmaktadır (Yiğit, 2006).

Pnömatik ekici düzenlerde ise; tohumun depodan alınıp çiziye kadar taşınması traktör kuyruk milinden hareket alan bir aspiratörün oluşturduğu vakumlu hava ile yapılır. Tohumlar düşey düzlemde dönerek delikli tohum plakasına vakumla tutularak düşme noktasına kadar taşınır. Delikli plaka, tohum deposunun alt yanında yer alan hücreyi ikiye bölmektedir. Hücrenin bir yanı vakumlu hava kanallarının bulunduğu hava hücrelerini diğer yanı ise depodan gelen tohumların bulunduğu tohum hücrelerini oluşturmaktadır. Tohum plakası üzerindeki deliklerin çapı tohum boyutlarından daha küçüktür. Plakanın arka yüzünden etki eden vakumlu hava delikler üzerinde tohumların tutulmasını sağlar. Ekim makinası tekerleğinden hareket alan plakanın dönüşüyle tutulan tohumlar yukarı doğru taşınır. Bazen tohum deliği tam olarak kapatamamasından dolayı aynı deliğe

birden fazla tohum tutunabilmektedir. Çoklu tohum ekimini önlemek için tohumların özelliğine göre ayarlanabilen bir sıyırıcı kullanılarak, fazla tohumların hücreye geri düşmesi sağlanır. Böylece her delikte bir tohum taşınmış olur. Plakanın dönmesiyle tohumlar ekici ayağın üstündeki düşme noktasına gelirler. Bu arada delik üzerine etki eden vakum kanallarının olmaması nedeniyle havanın emme etkisi kesilir ve bir iticinin etkisiyle tohum deliği terk ederek açılan çizi içine düşer (Yiğit, 2006).

Tek dane ekim tekniği ile daha sonra yapılması gereken seyreltme ve tekleme işlemleri gereksiz kılınmakta veya azaltılmakta dolayısıyla önemli ölçüde yakıt, işgücü ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır (Yazgı, 2010). Ülkemizde pnömatik tek dane ekim makinası sayısı, 2013 yılı itibarıyla 30.921 adettir (Anonim, 2014a).

1.1. Tek Dane Ekici Düzen Konstrüksiyonunda Genel Esaslar

Tarlada düzgün bir bitki dağılımı iyi bir tarla hazırlığını ve doğru bir ekim işlemini gerektirir. Uygun bir ekim işlemi; tohum diski veya tohum plakası tarafından tohumun boşluksuz olarak toprağa düzgün sıra üzeri aralığında ve istenilen derinlikte nispeten sıkıştırılmış nemli tohum yatağına bırakılması ve üzerinin belli granül iriliğinde toprakla örtülmesi ile oluşur (Önal, 2011).

Günümüz uygulamalarında tek dane ekim makinasının iş başarısını etkileyen en önemli etmenler makina ilerleme hızı ve iş genişliğidir (Yazgı, 2010). İş genişliği 3 m'nin üzerine çıktığında nakliye sorunu ve traktör hidrolik sisteminde zorlanmalar ortaya çıkmaktadır. İlerleme hızı ise 5 km/h'in üzerine çıktığında tohum diski veya plakası üzerinde bulunan tohum yuvalarının doluluk katsayısı azalmakta, tohumların zedelenme oranları artmakta, tohumların çizide sürüklenme riski artmakta ve bu durumda ekimde hassasiyet azalmaktadır. Tohumun, depodan alınıp çiziye bırakılması 4 aşamada meydana gelmektedir (Önal, 2011):

- Tohum yuvalarının tohumla dolması,
- Vakum etkisinden kurtulan tohumun, tohum yuvasından ayrılışı
- Tohum yuvası-tohum yatağı arasındaki düşüş,
- Tohum yatağında tohumun hareketi

Son aşama olan tohum yatağında tohumun hareketinde, çizi şekli ve baskı tekerleği etkilidir. İlk üç aşama, yapışkan bant testi ile oluşturulan tohum dağılım diyagramlarıyla değerlendirilebilmektedir (Önal, 2011). Yapışkan bant denemelerinde elde edilen teorik (anma=katalog değeri) tohum aralığı değerine göre (Z_t) üç farklı tohum aralığı grubu oluşturularak, üç farklı kalite indeksi tanımlanabilir (Önal, 2011).

- I. İkizlenme indeksi ($0 \leq 0.5Z_t$),
- II. Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) ($> 0.5 Z_t - \leq 1.5Z_t$)
- III. Boşluk indeksi ($>1.5Z_t$)

Ana tohum dağılımının (II) tohum aralığı düzgünlüğünün tanımlanmasında hassasiyet değeri olarak varyasyon katsayısı değerinden yararlanılır (Önal, 2011).

1.2. Pnömatik Tek Dane Ekici Düzen Konstrüksiyonunda Genel Esaslar

Günümüz uygulamalarında tek dane ekim makinasının iş başarısını etkileyen en önemli etmenler makina ilerleme hızı ve iş genişliğidir. İş genişliği 3 m'nin üzerine çıktığında nakliye sorunu ve traktör hidrolik sisteminde zorlanmalar ortaya çıkmaktadır. İlerleme hızı ise 5 km/h'in üzerine çıktığında tohum diskindeki deliklerin doluluk oranı azalmakta ve çiziye bırakılan tohumun çizide sürüklenme riski artmaktadır. Bu durumda ekim hassasiyeti önemli oranda düşmektedir. Tek dane ekim makinalarında olması gereken özellikler aşağıda belirtilmiştir (Önal, 2011).

- Ekici düzenler belli sınırlar dışında ikizlenme veya boşluk yapmamalıdır.
- Ekici düzenler tohumları kalibre etmeden ekmeye olanak vermelidir.
- Ekici düzenlerde tohum düşme yüksekliği mümkün olduğunca az olmalıdır.
- Ekici düzenler tohumu zedelememelidir.
- Ekici düzenler yüksek ilerleme hızlarında da ikizlenme, boşluk ve zedelenme yapmadan çalışabilmelidir.

- Ekici düzenlerin laboratuvarında yapışkan bantta oluşturduğu tohum dağılımı düzgün olmalıdır. 0.5Z – 1.5Z içerisinde bulunan tohum oranı ne kadar yüksekse, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü de o oranda yüksek kabul edilir (Önal, 2011).

Tek dane ekim makinalarının seçiminde sıra aralığı son derece önemlidir. Çapa bitkisi tohumlarının ekiminde kullanılan pnömatik prensibe göre çalışan ekim makinalarında delikli plakalı veya diskli ekici düzenler kullanılırken, dar sıra aralığında ekilen tahıl tohumları için delikli silindirik ekici düzenler daha pratik olmaktadır. Vakum prensibine göre çalışan düşey delikli plakalı veya diskli pnömatik tek dane ekici düzenlerde ekim kalitesine;

- Ekici plakanın çevre hızı,
- Ekici plakadaki deliklere tohumu yönlendiren ve tohumun hızını plakanın hızına senkronize eden tekleme düzeninin bulunup bulunmaması,
- Vakum basıncı etkilidir (Önal, 2011).

Vakum prensibine göre çalışan düşey tohum diskli pnömatik tek dane ekim makinasında 0.5 m/s'lik plaka çevre hızına kadar %90-95 oranında olan tohum yakalama oranı; çevre hızı 0.8 m/s'ye artırıldığında %75 değerine inmektedir. Vakum etkisiyle plakadaki deliğin tohumu yakalaması sırasında etki eden kuvvetler şunlardır (Önal, 2011):

- Tohumun ağırlığı,
- Santrifüj kuvvet,
- Tohumla plaka arasındaki sürtünme kuvveti,
- Tohumun delik tarafından yakalanması ve tohuma V_p (plaka çevre hızı) hızı kazandırılması sırasında oluşan atalet kuvveti,
- Plakadaki delik tarafından yakalanan ve tohum kütlesi içinde bir süre sürüklenen tohuma diğer tohumların gösterdiği direnç.

Pratikte tohum, şekli nedeniyle her zaman tam olarak deliği kapatmamakta ya da tam delik üzerinde emilememektedir. Bu nedenle konstrüktif hesaplamalarda bu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır (Önal, 2011).

Delikli plakalı ekici düzene sahip pnömatik tek dane ekim makinalarıyla boşluk ve ikizlenme olmadan ekim yapabilmek için işletme hava basıncı belli sınır değerlerinin altında ya da üzerinde olmamalıdır (Önal, 2011).

Tohumun deliği her zaman tamamen kapatması ve her zaman tam delik üzerinde emilmesi de söz konusu değildir. Delik açıklığından uzaklaştıkça emme kuvvetinde büyük düşüşler gözlenmektedir. Bunun nedeni, delikten uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak hava hızının azalmasıdır. Hava bir deliğe radyal olarak bütün yönlerde akar. Akış çizgilerinin oluşturduğu zarf bir yarım küre yüzeyidir ve yarım kürenin yarıçapını dane ile delik arasındaki uzaklık belirler (Önal, 2011).

1.3. Tek Dane Ekim Makinaları Deney İlkeleri

Standartlara uygun tarımsal mekanizasyon araçlarının, çevrenin korunması, iş ve yol güvenliği açısından incelenmesi, mevcut standartlar çerçevesinde aracın teknik, teknolojik ve yapısal özellikleri ile işletme değerlerinin belirlenmesi, tarım tekniğine uygunluğunu, ekonomik verimliliğini, kullanım ve bakım kolaylıklarını incelenmesi amaçlarıyla, tarımsal mekanizasyon araçlarına deney raporları verilmektedir. Deney raporu değerlendirme esasları, aşağıda belirtilmiştir (Anonim, 1999).

- Deneyler sonucu elde edilen ekim normu değerlerinin hızlara göre değişiminin varyasyon katsayısı, en çok %6 olmalıdır.
- %20 eğimdeki çalışma koşullarında ekim normunda meydana gelen değişim en çok %10 olmalıdır.
- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü bozan en düşük depo doluluk oranı %10 olmalıdır.
- Elde edilen Tarla Çıkış Derecesi (TÇD) değerleri; tarla hazırlığı, toprak özellikleri, tohumun biyolojik değeri ve çıkış zamanındaki iklim koşulları dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü denemelerinde elde edilen kabul edilebilir tohum aralıklarının nisbi oranı en az %80 olmalıdır.
- Sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü denemelerinde saptanan kabul edilebilir bitki aralıkları, ikizlenme ve toplam boşluk oranlarının değerlendirilmesi, elde edilen TÇD değeri yardımıyla yapılır.
- Deneyler sonucu 3 çeşit tohumda değişik hızlar için gözlenen zedelenme oranı, ağırlık cinsinden en çok %0.3 olmalıdır.
- Ekim derinliği dağılımının varyasyon katsayısı, en çok %25 olmalıdır.
- Gömücü ayakların sertlikleri en az 40 RSD-C olmalıdır.
- Tahrik tekerleği kayma oranı en çok %10 olmalıdır.

Tekdane ekim makinalarının deney raporu esaslarına göre kullanım değerlerinin saptanması amacıyla gözle ilk kontrolü yapıldıktan sonra genel teknik ölçüleri alınmakta ve laboratuvar-tarla deneylerine tabi tutulmaktadır (Anonim, 1999).

1.3.1. Laboratuvar Deneyleri

Laboratuvar deneyleri, ekim normu, sıra üzeri tohum düzgünlüğü, tohum zedelenme oranı, gömücü ayak sertlik derecesi, gürültü düzeyi gibi ölçütleri saptamaktadır.

Ekim normunun saptanması amacıyla, ekim makinası tekerleğinin, 4-8 km/h ilerleme hızındaki 20 devrinde atılan tohum miktarı, yöre koşullarına uygun olarak seçilen 2 değişik sıra üzeri mesafeleri için 3 tekerrürlü olarak, düzde, %20 öne-arkaya ve yana eğimde yapılan deneylerle saptanır (Anonim, 1999).

Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün saptanmasında laboratuvarda yapışkan bant deneme düzeneği kullanılır. Uygulama normuna ayarlanmış olan düz konumdaki ekim makinasının yapışkan sonsuz bant üzerine yerleştirilmiş olan veya elektronik ölçme düzenine bağlanmış olan tesadüfen seçilen 1 ekici ünitesi önceden belirlenen 2 sıra üzeri tohum aralığına ayarlanır. 15 m sıra uzunluğunda ve 4-8 km/h ilerleme hızlarında denemeler gerçekleştirilir ve Çizelge 1.1'de verilen deneme planına göre değerlendirilir (Anonim, 1999).

Çizelge 1.1. Sıra üzeri tohum aralığına (z = anma ekim aralığına) göre sıra üzeri tohum dağılım sınıflandırması (Anonim, 1999)

Sıra üzeri tohum aralığı	Tanım	Sıra üzeri bitki aralığı
$< 0.5 z$	İkizlenme	$< 0.5 z$
$(0.5-1.5) z$	Kabul edilebilir aralıklar	$(0.5-1.5) z$
$(1.5-2.5) z$	Boşluk	$(1.5-2.5) z$
$(2.5-3.5) z$	Boşluk	$(2.5-3.5) z$
$> 3.5 z$	Boşluk	$> 3.5 z$

Ayarlanan sıra üzeri aralığın ($z =$ anma ekim aralığı) yarısından küçük olanlar istenmeyen sıklıkta, 1.5 katından büyük olan aralıklar ise istenmeyen boşluktaki aralıklardır. Bu nedenle; 0.5 z değerinden küçük (ikizlenmeler), 0.5-1.5 z değerleri arasında kalan (kabul edilebilir aralıklar) ve 1.5 z değerinden büyük olan aralıkların (boşluklar) nisbi oranları ve ekim makinasının birim zamanda attığı tohum sayısı saptanır. Elde edilen değerler Çizelge 1.2'ye göre değerlendirilir (Anonim, 1999).

Çizelge 1.2. Kabul edilebilir sıra üzeri tohum aralıkları, ikizlenme ve boşluk oranlarının sınıflandırılması (Anonim, 1999)

Kabul edilebilir tohum aralık oranı (%)	İkizlenme oranı (%)	Toplam boşluk oranı (%)	Değerlendirme
> 99	< 0.5	< 0.5	Çok iyi
$> 95 - 99$	$= 0.5-2.5$	$= 0.5-2.5$	İyi
$> 90 - 95$	$> 2.5-5.0$	$> 2.5-5.0$	Orta
$= 80-90$	$> 5.0-10.0$	$> 5.0-10.0$	Yeterli
< 80	> 10	> 10	Yetersiz

Tohum zedelenme oranının saptanması amacıyla, uygulama normunda değişik hızlarda yapılan deneyler sırasında atılan tohumlardan belirli oranda örnek alınır ve üçe bölünür. Bu gruplar içerisinde gözle görülebilecek şekilde zedelenmiş olan tohumlar ayrılır. Her hız kademesi ve her tohum çeşidi için ağırlık cinsinden yüzde oranları hesap edilir (Anonim, 1999).

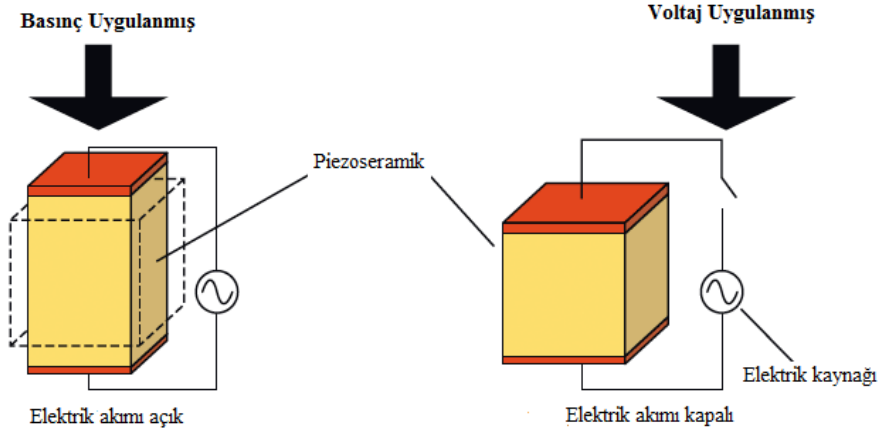
Gömücü ayakların sertliklerinin ölçümünde, gömücü ayaklarından rastgele seçilen en az 3 adedinin sertliği ölçülür. Gürültü düzeyinin ölçümünde, gürültü ölçüm cihazı kullanılır (Anonim, 1999).

1.4. Piezoelektrik Etki

Piezo kelimesi, Yunanca'dan türetilmiştir; “sıkıştırmak, basınç uygulamak” anlamlarına gelmektedir (Anonim, 2014b). Piezoelektrik etki ise, basınçla elektrik oluşturma anlamına gelmektedir (Deniz, 2007). Piezoelektrik özellik, bazı malzemelere uygulanan mekanik basınç sonucunda, malzemenin elektrik alan değiştirme yeteneğidir (Anonim, 2014b).

Piezoelektrik etkinin ilk ispatı Pierre Curie ve Jacques Curie kardeşler tarafından 1880 yılında yapılmıştır. Turmalin, kuartz, topaz, şeker kamışı, roşel tuzu kristalleri gibi temel bazı kristal minerallerin olağan dışı karakteristik gösterdiklerini saptamışlardır.

Aynı polariteye sahip voltaj değeri kutuplandırma voltajı olarak bu seramik minerallere uygulandığında, kutuplanmış voltaj doğrultusunda seramik uzamakta ve çapı küçülmektedir. Kutuplanma doğrultusunun dikine kutuplandırma voltajı uygulandığında ise seramik kısalmakta ve genişlemektedir. Alternatif voltaj uygulandığında ise seramik uygulanan voltaj değerinin frekansına bağlı olarak periyodik olarak kısalıp uzamaktadır (Anonim, 2013a). Şekil 1.2'de piezoelektrik algılayıcı cismin davranışı görülmektedir.



Şekil 1.2. Piezoelektrik algılayıcı cismin davranışı (Anonim, 2014c)

Piezoelektrik algılayıcı cismin ilk pratik uygulaması I. Dünya Savaşı sırasında kullanılan “sonar”lardır. 1917’de Fransa’da Paul Langevin ve beraberinde çalışanlar “ultrasonik denizaltı dedektörü” üretmişlerdir. Sonarlarda piezoelektrik kullanımı ve bu projenin başarısı piezoelektrik aletler üzerindeki ilginin gelişmesine neden olmuştur (Anonim, 2014b). Piezoelektrik olgunun başlıca kullanım alanları arasında; ses algılama, düşük akımlı yüksek gerilim üretimi, elektronik frekans üretimi, mikro ölçekte çalışan teraziler ve optik donanımın ince ayarlı odaklanması sayılabilir (Anonim, 2013b).

1.5. Amaç

Ekim makinalarının, ekim düzgünlüğünü belirlemek amacıyla makinanın sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün araştırılması gerekmektedir. Ekim makinalarında, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü tespit edebilmek için yapılan araştırmalar tarla ve laboratuvar koşullarında yürütülmektedir. Bu çalışma kapsamında, halen yaygın şekilde kullanılan yöntem olan yapışkan sonsuz bant yöntemine alternatif olarak piezoelektrik ölçme sistemi geliştirilerek pnömomatik hassas ekim makinasında, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde piezoelektrik ölçme sisteminin uygulamaya aktarılabilirliği araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hassas ekim makinaları için, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü, makina performansının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Makina performanslarının laboratuvar ya da tarla şartlarında belirlenmesini konu alan pek çok çalışma bulunmaktadır.

Çolak vd. (1995), yapmış oldukları bir çalışmada fiğ, ayçiçeği, buğday, yonca ve havuç tohumlarının sıra üzeri mesafelerinin bulunmasında, ultrasonik tabanlı bir yöntem kullanmışlardır. Çalışma, ekim borusu içine ultrasonik dalgalar gönderilmiş ve ultrasonik dalgalar içine giren cismin giriş frekansı algılanarak, bir frekans alıcı tarafından elektriksel sinyale dönüştürülmüştür. Ultrasonik algılayıcının çıkışında alınan elektriksel sinyaller bilgisayarda dosyalanmıştır. Denemede tohumlar, ultrasonik sayıcının bulunduğu boruya serbest düşmeye bırakılmış ve ultrasonik sayıcının borusundan geçen tohumlar borunun altındaki banda düşürülmüştür. Sonuç olarak yapılan analizlerde ölçülen süre ve sıra üzeri uzaklık değerleri arasındaki farklılığın %1 önem seviyesinde olduğu, ultrasonik tohum sayıcının sıra üzeri tohum mesafelerinin belirlenmesinde kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Kachman ve Smith (1995), yapmış oldukları bir çalışmada, tarla koşullarında bitki çıkışından önceki tohum sıra üzeri mesafesi ile çıkıştan sonraki bitki sıra üzeri mesafesi dağılım değerlerinde değişiklikler olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda, ekim makinalarının laboratuvar koşullarında denemeler sonucunda sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüklerinin belirlenmesi gerektiğini saptamışlardır.

Taşer (1997), yapmış olduğu bir çalışmada, sıra üzeri tohum aralığını fotosel algılama yöntemi ile hesaplamıştır. Yöntem, tohum kanalından geçen tohumun fotoselin ışığını engellemesi sonucu, fotoselin gerilim üretmemesi veya üretilen gerilimin azalması esasına göre çalışmaktadır. Fiğ, yeşil mercimek, mısır, nohut ve fasulye tohumları ile yapılan çalışmada, 5 V'luk zaman dilimi uzunluğu iki tohum arasındaki zaman farkını, 0 V'luk zaman dilimi uzunluğu ise tohum boyu zaman farkını vermiştir. Bu zaman farkları makinanın ilerleme hızına bağlı olarak mm cinsinden tohumlar arası uzaklığa dönüştürülmüştür. Bilgisayarda kaydedilen verilerle, yapışkan bant denemesi ile elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak tohumların ölçümle bulunan uzaklıkları ile bunlara ilişkin bilgisayardan

okunan değerler arasında mercimekte %5 önem seviyesinde fark bulunmuş, diğer ürünlerde ise fark bulunmamıştır.

Karayel (1998), karpuz ve soğan tohumları kullanarak yürüttüğü çalışmasında, hava emişli düşey plakalı bir hassas ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım değerlerini laboratuvar ve tarla koşullarında araştırmıştır. Laboratuvar koşullarında yapılan denemelerde hareketli sonsuz bantlı deneme düzeni kullanmış ve bant 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s ilerleme hızlarında çalıştırılmıştır. Tarla denemelerinde ise 1.5 m/s ilerleme hızı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda her iki tohum için tüm denemelerde laboratuvarda ve tarla şartlarında elde edilen sıra üzeri tohum dağılımları arasındaki farklılık istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

Lan vd. (1999), yapmış oldukları bir çalışmada, sıra üzeri tohum aralığının hesaplanmasında optik algılayıcı sensör kullanmışlardır. Sistem, tohumları algılayan fotodiyotlar, görüntü analizi için bir mikro denetleyici ve bilgisayardan oluşmaktadır. Optik algılayıcıda verici ve alıcı olarak kızıl ötesi ışık yayan fotodiyotlar bulunmaktadır. Tohumlar, alıcı ve verici arasındaki düz yolu kestiğinde, alıcı fotodiyotun elektriksel tepkisi değişmektedir. Denemelerde hindiba ve şeker pancarı tohumları kullanılmıştır. Denemeler sonucunda yapışkan bant denemeleri ile optik algılayıcı sensör verileri arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Dursun ve Dursun (2000), buğday, mısır, havuç, domates, fiğ ve şeker pancarı tohumlarının sıra üzeri mesafelerini hesaplamak için yapmış oldukları bir çalışmada hız kamerası kullanmışlardır. Farklı sıra üzeri mesafelerde hazırlanan örnekleri fotoğraflarını çekmişlerdir. Bu örneklerin görüntülerini bilgisayar ortamına aktarmışlar ve bir görüntü işleme programı ile analiz etmişlerdir. Araştırma sonuçları, el ile ölçülen ve görüntü işlemeden elde edilen sıra üzeri tohum dağılımları arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğunu göstermiştir. Bu ilişkiye ait korelasyon katsayıları (R) tohum çeşidine bağlı olarak 0.925 ile 1.000 arasında değişmiştir.

Singh vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada, vakum prensibine göre çalışan ekici düzenin farklı vakum ve delik şeklinin ekim kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada makina performansı, boşluk, ikizlenme oranı ve kabul edilebilir tohum aralığı saptanmıştır. Pamuk tohumları için 2.5 mm çapında

deliklere sahip plaka kullanımıyla gerçekleşen çalışmada en uygun plaka çevre hızı 0.42 m/s, vakum değeri 2 kPa ve kabul edilebilir tohum aralığı değeri ise %94.7 olarak bulunmuştur.

Karayel (2005), yapmış olduğu çalışmada tohumların sıradan sapma ve düşey düzlemdeki dağılımlarını bir arada değerlendirmek için tohumların düşey düzlemdeki dağılım alanlarını hesaplamıştır. Bu yöntemle çimlenen bitkiler üzerinden ölçülen ekim derinliği ve sıradan sapma değerleri bir grafiğe aktarılmıştır. Her uygulama için belirli bir çizi uzunluğunda ölçülen tohumlara ait ekim derinliği ve sıradan sapma miktarları aynı grafik üzerinde birleştirilmiş ve tohumların toprak içerisinde dağılımları belirlenmiştir.

Karayel vd. (2006), buğday ve soya tohumu ile yürüttükleri bir çalışmada tohum akışını kaydetmek için yüksek hızlı bir dijital kamera kullanmışlardır. Çalışmada kamera, hassas ekim makinasının 1 m/s hızında, tohum borusundan düşen tohumları görüntülemektedir. Kamera tarafından çekilen resimler bir bilgisayara aktarılmıştır. Kameranın çekebildiği iki resim arasında geçen sürenin, ilerleme hızı ile çarpılması sonucu sıra üzeri uzaklık bulunmuştur. Sonuç olarak sistemde düşük bir ölçüm hatası bulunmuş ve bu hataların daha çok görüntülerin incelenmesi sırasında olduğu ve kullanıcıdan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Yiğit (2006), tarafından yürütülen bir çalışmada, tek dane ekim makinasında ardışık düşen tohumlar arası uzaklığı kolay ve hassas bir şekilde ölçebilen elektronik tabanlı bir ölçme sistemi geliştirilmiştir. Elektronik tabanlı ölçme sistemi içinde bulunan mikrokontroller ünitesi yardımıyla düşen tohumların zaman farkları mesafeye dönüştürülmüş ve bilgisayara aktarılmıştır. Karşılaştırılan iki test sisteminin sonuçları arasında varyans analizine göre istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde farklılık belirlenmiştir. Elektronik tabanlı ölçme sistemi ve yapışkan bant ölçüm sisteminde elde edilen tohum aralık değerlerinin regresyon katsayısı 0.7735 olarak bulunmuştur.

Karayel (2007), bir ekim makinasında sıra üzeri tohum dağılımının belirlenmesinde optik algılayıcı ve yüksek hızlı dijital kamera ölçme sistemlerini, laboratuvar koşullarında soya ve buğday tohumu kullanarak denemiştir. Tüm denemeler için ilerleme hızı 1 m/s alınmıştır. Söz konusu çalışmadan elde edilen elde edilen en önemli sonuç optik algılayıcı ölçme sisteminde, ekim makinasının

denemeye alınan tüm makara devirlerinde, kameralı ölçme sistemine göre daha yüksek ölçme hatası oluşması şeklindedir.

Yazgı ve Değirmencioğlu (2007), vakum prensibine göre çalışan tek dane ekim makinasının delik çapı, plaka çevre hızı ve vakum basıncı değişimlerinin makina performansına etkilerini incelemişlerdir. Pamuk ve mısır tohumu kullanılan yapışkan bant denemelerinde sıra üzeri tohum aralık değerleri ölçülmüştür. Denemeler 1, 1.5 ve 2 m/s hızlarında, 6.3 kPa vakum basıncında yürütülmüştür. Çalışmada her iki tohum için de 20, 26, 36, 52, 72 delikli ekici ve pamuk için 3.5 mm, mısır için 4.5 mm çapında ekici plakalar kullanılmıştır. En iyi performans değerinin denemenin 1 ve 1.5 m/s hızlarında, ekici plakanın ise pamuk ve mısır için sırasıyla 26 ve 36 delik çapında gerçekleştiği belirtilmiştir.

Önal ve Önal (2009), yürüttükleri bir çalışmada, tek dane ekimde sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde kullanılmak üzere, yapışkan bant deney düzeni ile kombine edilmiş, bilgisayar destekli ölçme sistemi geliştirmişlerdir. Bilgisayar destekli ölçme sistemi, bir dizüstü bilgisayar ve lazer ışınli işaretleyici ile birleştirilmiş, yüksek duyarlıklı optik fareden oluşmuştur. Sistem, tohum koordinat bilgilerini bilgisayar'a göndermektedir. Çalışmadan elde edilen önemli sonuç; bilgisayar destekli ölçme sisteminin, laboratuvarında sıra üzeri tohum aralığı düzgünlüğünün daha çabuk ve doğru bir şekilde belirlenmesinde kullanılabileceği yönündedir.

Anantachar vd. (2011), yapmış oldukları bir çalışmada fıstık ekiminden yüksek verim elde edebilmek için tohumun ekim makinasından en az hasarla, doğru tohum oranı ve dağılımıyla ekilmesi gerektiğini ve bu faktörlere ekim makinası ve plaka hızının etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla laboratuvarında konveyör bir bant üzerine opto-elektronik bir tohum sayacı ile denemeler yapılmış ve yapay sinir ağı modelleri geliştirilmiştir. Sonuç olarak tohum boyutu, ilerleme hızı ve plaka hücre boyutları arasında bir korelasyon olduğu ve optimum sonuçların; 0.237m/s plaka çevre hızında ve 95.42-123.01 mm² tohum alanında elde edildiği belirtilmiştir.

Navid vd. (2011), domates tohumu kullanarak yapmış oldukları bir çalışmada sıra üzeri tohum dağılımının belirlenmesinde dijital bir fotoğraf makinası (Nikon D70) kullanmışlardır. Fotoğraf makinası ile elde edilen görüntüler bilgisayara aktarılmış ve işlenerek sonuçların doğruluğu yapışkan bant denemeleri ile kontrol edilmiştir.

Değerlendirme sonucunda görüntü işleme yönteminde kullanılan tohum ve bant farklı renkte olduğu takdirde, görüntü işleme yönteminin, yapışkan bant yöntemine göre tohum aralıklarını yakalamakta daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Önal vd. (2012), yürüttükleri bir çalışmada, tek dane ekim ünitesinde tohumların vakum plakası tarafından yakalanma mekanizmasını, pamuk ve mısır tohumu kullanarak laboratuvarında yapışkan bant denemeleri ile test etmişlerdir. Söz konusu çalışmada; pamuk ve mısır için dane atım frekansının üst sınır değerinin saniyede 16 tohum ve vakum plakası çevre hızının üst sınır değerinin 0.34 m/s olduğu tespit edilmiştir. Pamuk için 72 yerine 26 delikli vakum plakası kullanıldığında, ikizlenme indeksinin arttığı ve 0.05-0.10 m tohum aralıklarında, sırasıyla, 1.0 ve 1.5 m ilerleme hızlarının uygun olduğu ve mısır tohumu ekiminde yaygın olarak kullanılan 26 delikli vakum plakasının uygun olduğu görülmüştür.

Yazgı (2013), yapmış olduğu bir çalışmada, çapa bitkilerinin (pamuk, mısır, ayçiçeği vb.) ekiminde yaygın olarak kullanılan pnömatrik tek dane ekim makinalarında, farklı yükseklikte konumlandırılan aynı özelliğe sahip ekici plakaların, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü üzerindeki etkisini saptamıştır. Denemeler, pamuk ve mısır tohumları kullanılarak, iki farklı sıra üzeri tohum aralığında, 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s ilerleme hızlarında gerçekleştirilmiştir. Deneme sonucunda; yüksek ekim üniteli makinalarda tohum dağılım düzgünlüğünün, alçak ekim üniteli makinalara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca sıra üzeri tohum aralığının artmasıyla makina performanslarının yükseldiği belirlenmiştir.

Okopnik ve Falate (2014), mısır tohumu kullanarak yapmış oldukları bir çalışmada, tohumlar arasındaki mesafenin ölçümünde kızılötesi sensörlü bir mikro denetleyici kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar kızılötesi sensörün tohum mesafe testlerinde kullanılabilir hassaslıkta olduğunu göstermektedir. Mikro denetleyici sistem ile ölçülen mesafe ve el ile ölçülen mesafe arasındaki elde edilen korelasyon katsayısı 0.9998'dir. Mikrodenetleyici sensör tohumların %96.5'inin ölçümünde başarılı olmuş ve sistemin kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Çalışmanın temelini oluşturan piezoelektrik algılayıcılara ilişkin mühendislik alanında pek çok çalışma bulunmaktadır.

Köksal (1995), dairesel olmayan iş parçalarını tornada işleyebilecek bir sistemin geliştirilmesini amaçladığı çalışmada piezoelektrik algılayıcıları kullanmıştır.

Üretilmek istenen piston profillerini seri iletim ile sisteme aktaracak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Tornanın açılma pozisyonunu ölçmek için torna miline bir çözümleyici bağlanmıştır. Çözümleyiciden gelen verilere göre bilgisayardan aktarılmış profil değerleriyle orantılı analog voltaj üretebilen bir sayısal-analog çevirici kullanılarak piezoelektrik denetleyicinin giriş sinyali elde edilmiştir. Piezoelektrik algılayıcı cismin hareketi kesici kaleme aktarılmış ve deneyler hem bilgisayar programı ile üretilen sinüs sinyalleri ile hem de gerçek piston profilleri ile yapılmıştır. Üretilen profillerdeki hatanın yüksek kesim hızlarında ve yüksek nominal kesme derinliğinde arttığı fakat ilerlemenin artırılmasıyla fazla değişmediği piezoelektrik algılayıcı cismin kullanılabilmesi gözlenmiştir.

Koç (2002), yapmış olduğu bir çalışmada, açık kanaldan geçen suyun yüksekliğini ve verisini piezoelektrik algılayıcılar kullanarak ölçmüştür. Pompa deneme tesisinde bulunan açık kanala yerleştirilen piezoelektrik algılayıcılar tarafından suyun yükseklik ve verdi bilgileri bilgisayara aktarılmıştır. Piezoelektrik algılayıcı sistem ile ölçülen değerler ve savakla ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. Karşılıklı alıcı-vericinin kullanıldığı denemede 40 mm den 280 mm'ye kadar, her 20 mm'de bir ölçüm yapılmış standart sapma ve ortalama değer %5 yanılma olasılığına göre araştırılmıştır. Sistemin sulama alanında uygulama olanağı bulacağı düşünülmektedir.

Afacan (2006), Manyetik Rezonans görüntülemenin kalp piline verebileceği zararları azaltmaya yönelik yapmış olduğu çalışmada piezoelektrik algılayıcı cisim kullanmıştır. Manyetik Rezonans görüntüleme, kalp pili üzerinde oluşan akımlarla kalp dokularına zarar verebilmekte veya ters bir akım oluşması halinde kalp pili cihazını bozabilmektedir. Çalışmada artan güç tüketimi piezoelektrik güç üreticisi kullanarak karşılamak için efektif uzunluğu arttıran yeni bir piezoelektrik şekil dizayn edilmiştir. Bu dizayn ile rezonans frekansı düşürülmüştür. Yeni dizayn 2.83 mikrowatt enerji üretirken standart dizaynlar 1 mikrowatt'tan daha az enerji üretmiştir.

Hosainpour vd. (2011), patates hasadında patates ve toprak parçalarının ayrılmasına olanak sağlayan akustik tabanlı bir sistem üzerinde çalışmışlardır. Akustik sistem, patatesin üzerinde ilerlediği konveyör bantda yerleştirilmiştir. Patates yumruları ve toprak parçalarından oluşan karışım, hasattan sonra 1 m/s hızlı konveyör bant üzerinde ilerlerken akustik sistem tarafından alınan sinyaller analiz edilmiştir. Sistemin algılama hassasiyetinin %97.3 olduğu tespit edilmiştir.

Buerano vd. (2012), hasarlı pirinç tanelerinin ayrılmasında kullanılabilir akustik tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem, akrilik ve metal iki farklı yüzeyin altına yerleştirilmiş 3 farklı mikrofondan oluşmaktadır. Pirinçler bu yüzeyler üzerine serbest düşürülmüştür. Sonuçta hasarlı ve hasarsız pirinç tanelerinin farklı frekanslar gösterdiği, sistemin hasarlı pirinç tanelerinin belirlenmesinde her üç mikrofon için %93.3, %91.1 ve %88.9 başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Karimi vd. (2012), gerçekleştirmiş oldukları bir çalışmada laboratuvar ortamında, ekim makinasından çıkan hasarlı tohumların tespitinde akustik tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem, bant üzerinde bir yüzeye yerleştirilen mikrofon ve bağlı bulunduğu bir bilgisayardan oluşmuştur. Çalışmada mikrofon üzerine düşürülen domates tohumlarının oluşturduğu akustik sinyaller kaydedilmiştir. Hasarlı tohumların farklı akustik sinyalleri analiz edilmiş ve sistem hasarlı tohumların tahmininde %99.49 başarılı olmuştur.

Özbek vd., (2012), elma darbe testlerinde çürük hacminin belirlenebilmesi için düşük maliyetli bir ölçüm düzeneği kurmuşlardır. Çalışmada, bilgisayara bağlı piezoelektrik bir mikrofon, üzerine düşürülen elmanın darbe ile oluşturduğu sesi kaydetmiştir. Çürük hacminin tahmininde kullanılan darbe ile algılanan ses, Shannon entropi eğrileri ile değerlendirilmiştir. Denemeler altı farklı düşme yüksekliği ve iki farklı sıcaklık ile yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlarda; çürük elma hacim tahminlerinin R^2 değerinin 0.98 ve üzeri bulunduğu ve soğuk elmaların, sıcak olanlara göre daha az darbe aldığı görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemede farklı tohumların ekiminde kullanılan pnömatik hassas ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü karşılaştırmalı olarak yapışkan bant ve piezoelektrik ölçme sistemi ile belirleyebilmek amacıyla kullanılan materyal, alet ve makinalar aşağıda sunulmuştur. Çalışma Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü laboratuvar ve atölyesinde yürütülmüştür.

3.1.1. Bitkisel Materyal

Denemelerde hassas ekim makinaları tanıtım kataloglarında öngörülen ve hassas ekim makinaları tarafından ekilebilen, farklı fiziksel özellikleri dikkate alınarak seçilmiş, pamuk (Nazilli 84; *Gossypium hirsutum*), mısır (Pioneer; *Zea mays*), ayçiçeği (May; *Helianthus annuus*) ve karpuz (Crimson Sweet; *Citrullus lanatus*) tohumları kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumu

3.1.2. Pnömatik Hassas Ekim Makinası

Denemelerde, Çizelge 3.1’de teknik özellikleri verilen, Gaspardo marka kuyruk milinden hareket alan, dört sıralı, pnömatik esasa göre çalışan asma tip tek dane hassas ekim makinası kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Pnömatik hassas ekim makinası genel görünüşü

Pnömatik hassas ekim makinası, hava akımı ile çalışmaktadır. Hava akımını sağlayan fan hareketini kuyruk milinden almakta ve maksimum 110 mbar vakum oluşturmaktadır. Fanın yarattığı vakum ile tohumların ekici plakaya tutunması sağlanmaktadır.

Çizelge 3.1. Pnömatik hassas ekim makinası teknik özellikleri (Anonim, 2014d)

Ekici Ünite Sayısı	4
Uzunluk (mm)	2100
Genişlik (mm)	3400
Yükseklik (mm)	1590
Kuyruk Mili Devri	540
Ağırlık (kg)	800
Çalışma Hızı (Mak.) (km/h)	6-8

Pnömatik hassas ekim makinasının ekici düzeni, tohum plakası, tekleme düzeni ve gömücü ayaktan oluşmaktadır (Şekil 3.3).



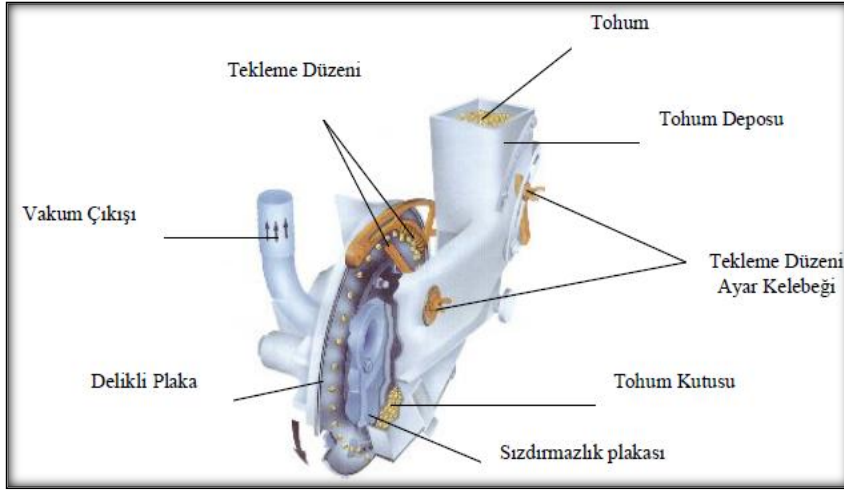
Şekil 3.3. Pnömatik hassas ekim makinasının ekici düzen genel görünüş

Ekim makinasının tahrik tekerleğinden alınan hareket zincir-dişli sistemi ile dişli kutusuna ve oradan da ekici ünitelere iletilmektedir. Ekici ünitelerin her birinin içerisine seçilmiş olan tohum cinsine uygun delikli plakalardan birer adet yerleştirilmiştir.

Hava akımını sağlayan fanın oluşturduğu vakum sonucunda tohumlar emilerek plaka üzerindeki deliklere kısmen girip, vakum yardımıyla orada tutunmaktadır.

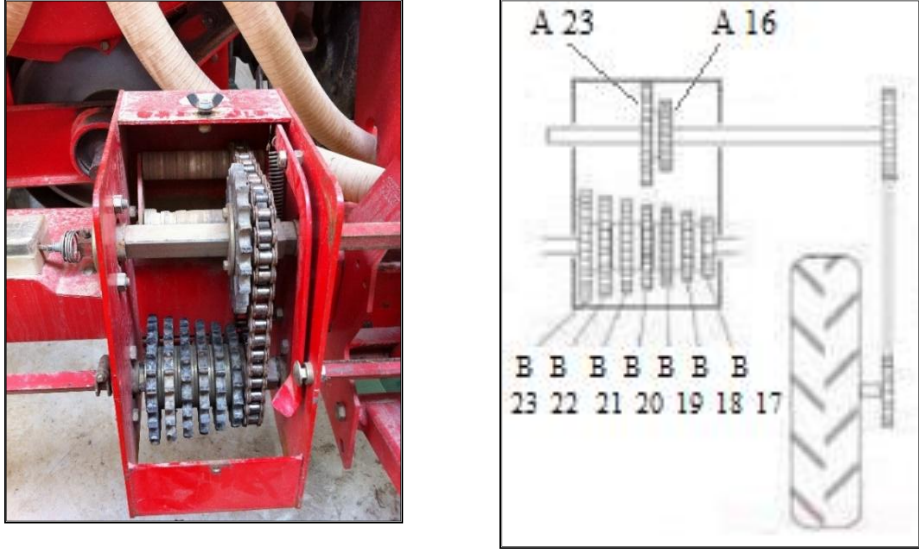
Diskin dönmesi ile birlikte tohumlar ekici ünitenin alt kısmına doğru inmekte ve oradan da hava emişinin kesilmesi ile tohumlar düşmektedir (Anonim, 2014d).

Ekici plaka üzerinde bulunan ve ayarlanabilen tohum tekleme düzeni ise delik tarafından emilen birden çok tohumun tekrar tohum kutusuna düşmesini sağlar (Yazgı, 2010). Pnömatik hassas ekim makinası tek dane ekici düzen genel görünüşü Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Pnömatik hassas ekim makinası tek dane ekici düzeni (Yazgı, 2010)

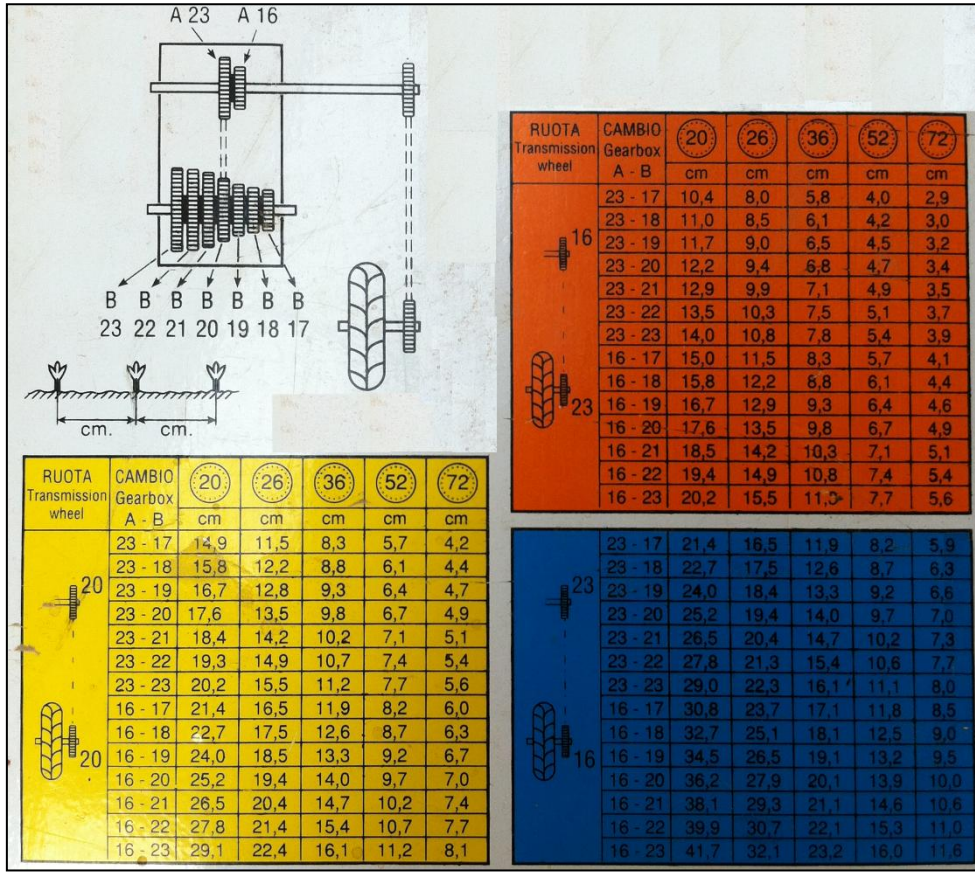
Farklı anma ekim aralıklarını elde edebilmek amacıyla pnömatik hassas ekim makinasında bulunan dişli sistemi Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Pnömatik hassas ekim makinasında dişliler

Tohumların sıra üzerindeki mesafesi tohum diskindeki delik sayısı, dişli kutusundaki; diş sayısı, dişliyi harekete geçiren tekerlekteki dişlilerin konumu, dişli grubu tarafından belirlenir ve dişli kutusunun üzerinde tohum mesafesinin ayarı için kullanılan bir tablo bulunmaktadır (Anonim, 2014d).

Pnömatik hassas ekim makinasında dişlilerin değiştirilmesi ile elde edilebilen farklı anma ekim aralıklarını gösteren çalışmada kullanılan Gaspardo marka ekim makinası 5.00-15 tekerlek ölçüsüne ait tablo Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Sıra üzeri tohum aralığı ayar olanakları

Şekil 3.6'da A ve B olarak sınıflandırılan dişli grupları ve pnömatik hassas ekim makinasında kullanılan ekici plakaların delik sayıları görülmektedir. Pnömatik hassas ekim makinası, dişli grubununun (Şekil 3.5) farklı kombinasyonlarda kullanılmaları ve tohuma uygun istenilen ekici plakasının seçilmesi ile tohumların sıra üzeri mesafeleri istenilen şekilde ayarlanabilmektedir. Denemede sıra üzeri ekim aralığı, kullanılan tohumların tek dane ekimine uygun olarak 11.2 cm alınmıştır. Çalışmada sıra üzeri ekim aralığı, 23-16 dişli grubunda, 72 delikli ekici plaka için A-B dişlileri 16-22, 23-23 dişli grubunda 36 delikli ekici plaka için A-B dişlileri 23-23, 16-23 dişli grubunda, 26 delikli ekici plaka için A-B dişlileri 16-17 seçilmiştir. Denemede kullanılan ekici plakalar, pnömatik hassas ekim makinası kullanma kılavuzu ve tohum çeşidine uygun olarak pamuk tohumu için 72 delikli ve 3.5 mm çapında, mısır ve ayçiçeği tohumu için 26 delikli ve 4.5 mm çapında, karpuz tohumu için 36 delikli ve 3.5 mm delik çapında seçilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Pnömatik hassas ekim makinasına ait ekici plakalar

3.1.3. Yapışkan Bant Deneme Düzeneği

Yapışkan bant deneme düzeneği, pnömatik hassas ekim makinasının, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün tespitinde kullanılmıştır (Şekil 3.8, Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Yapışkan bant genel görünüşü



Şekil 3.9. Yapışkan bant deneme düzeneği genel görünüşü

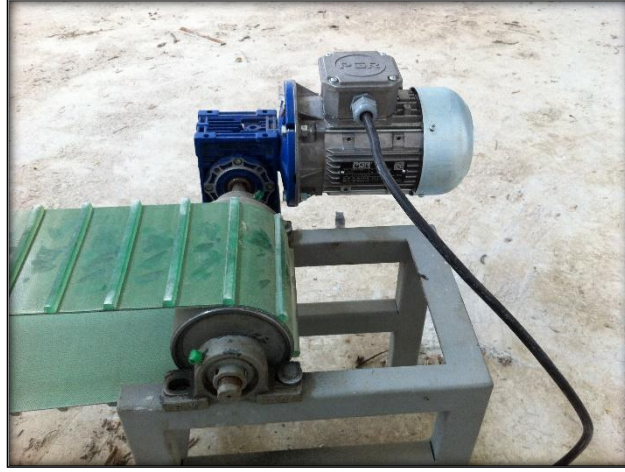
Yapışkan bant deneme düzeneği; konveyör bir bant ve bu bantın istenilen ilerleme hızında çalışmasına olanak veren redüktörlü elektrik motoru ve devri ayarlayan invertörden meydana gelmektedir. Yapışkan bant düzeneğini oluşturan çatı ise; yere sabitlenmiş metal platform ayaklar, iki adet tambur, gergi mekanizması ve taşıyıcı makaralardan meydana gelmektedir.

İki tambur arasına yerleştirilmiş sonsuz banttıan oluşan yapışkan bant düzeneği, yüksekliği 400 mm olan, 10 adet metal profil ayak ile yere sabitlenmiştir. Bantı taşıyan ve onun sarkmasını engelleyen üst ve alt taşıyıcı makaralar 200 mm genişliğinde olup profil ayaklara yerleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Taşıyıcı makara

Sisteme hareket veren tamburlar 100 mm çapında ve 200 mm uzunluğunda olup, elektrik motoruna bağlı olan tahrik tamburu ve dönüş tamburu olmak üzere iki adettir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Tambur genel görünüşü

Denemeler esnasında bandın uzamasından kaynaklanan gevşekliklerin ve bant montajı aşamasında ihtiyaç duyulan gergi miktarının ayarlanabilmesi için dönüş tamburuna vidalı bir gergi mekanizması eklenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Bant gergi mekanizması

Çalışmada kullanılan konveyör bant, 150 x 22600 mm ebatlarında ve 2 mm kalınlığında olup, kauçuk yeşil renkli bir üst tabaka, sağlamlığı sağlayan bez dokuma orta tabaka ve tabakaların yapışmasını sağlayan lastik bir alt tabakadan oluşmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Konveyör bant

Denemelerde, pnömatik hassas ekim makinasından düşen tohumların belli bir ilerleme hızına sahip bant üzerinde hareketsiz durması istenmektedir. Tohumların bant üzerinde hareket etmeden durabilmesi için banda yapışkanlığını sağlamak üzere arap sabunu kullanılmıştır (Şekil 3.14).



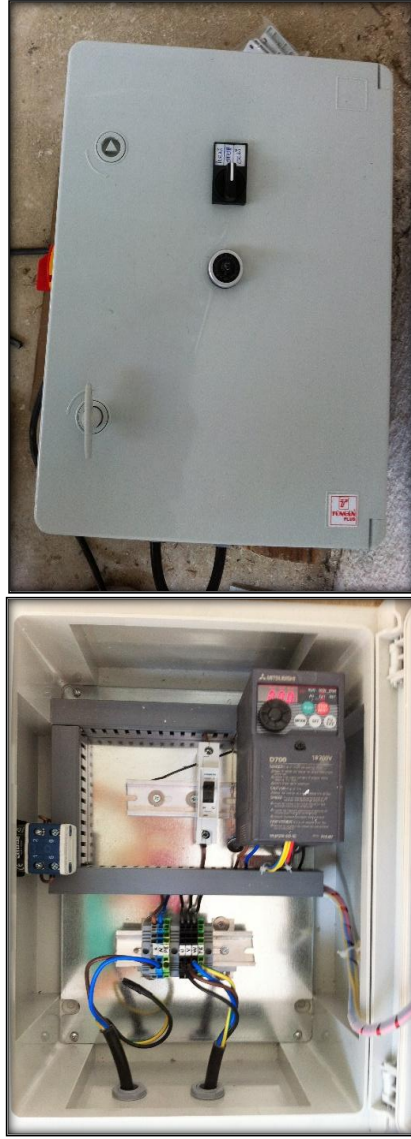
Şekil 3.14. Yapışkan bant

Yapışkan bant deneme düzeneğinde, bandın istenilen ilerleme hızında hareket etmesi 0.65 kW değerinde redüktörlü bir elektrik motoru ve invertör ile sağlanmıştır. Pnömatik hassas ekim makinası tohum plakası ve makina ilerleme hızının uygun bir şekilde çalışması, 1 kW değerindeki bir elektrik motoru ve invertör ile sağlanmıştır. Elektrik motorunun, ekim makinasına göre montajında sütunlu bir matkap gövdesi kullanılmıştır (Şekil 3.15)



Şekil 3.15. Ekim makinasına hareket veren elektrik motoru

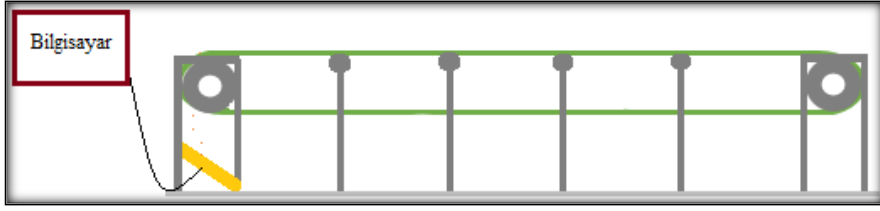
Denemede, sistemin elektronik aksamının kontrolünü sağlayan, bandın ileri-geri hareketine imkan veren ve üzerinde ana şalterin bulunduğu bir kontrol paneli kullanılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Yapışkan bant deneme düzeneği kontrol paneli

3.1.4. Ön Deneme Düzeneği

Çalışmanın temelini oluşturan piezoelektrik ölçme sisteminin optimum çalışma koşullarının belirlenmesi, kalibrasyonu ve kontrolü aşamasında ön deneme düzeneği oluşturulmuştur. Ön deneme düzeneği, piezoelektrik algılayıcı cisim ve bağlandığı plastik tabaka, sonsuz bölmeli kauçuk bir bant düzeneği ve bilgisayardan meydana gelmiştir (Şekil 3.17; Şekil 3.18).



Şekil 3.17. Ön deneme düzeneği genel görünüş



Şekil 3.18. Ön deneme düzeneği

Sonsuz bölmeli bant düzeneği, laboratuvar ortamında pnömatik hassas ekim makinası yerine kullanılmıştır. Sistemin yapışkan bant deneme düzeneğinden farkı kullanılan konveyör bandın şeklindedir. Sonsuz bölmeli bant düzeneğinin ana elemanları, çatısı, hareket ve devir aksamı 3.1.3. bölümünde anlatılan yapışkan bant deneme düzeneği ile aynıdır.

Ön denemelerde kullanılan bölmeli konveyör bant; 150 x 22600 x 2 mm ebatlarında ve kauçuk yeşil renkli üst tabaka, bez dokuma orta tabaka ve lastik bir alt tabakadan oluşmakta olup üzeri şeffaf silikon profiller ile tohum sıra üzeri ekim mesafelerine uygun olarak 20 mm, 30 mm ve 50 mm aralıklara bölünmüştür. Silikon profil genişliği 10 mm ve yüksekliği 5 mm'dir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Bölmeli konveyör bant

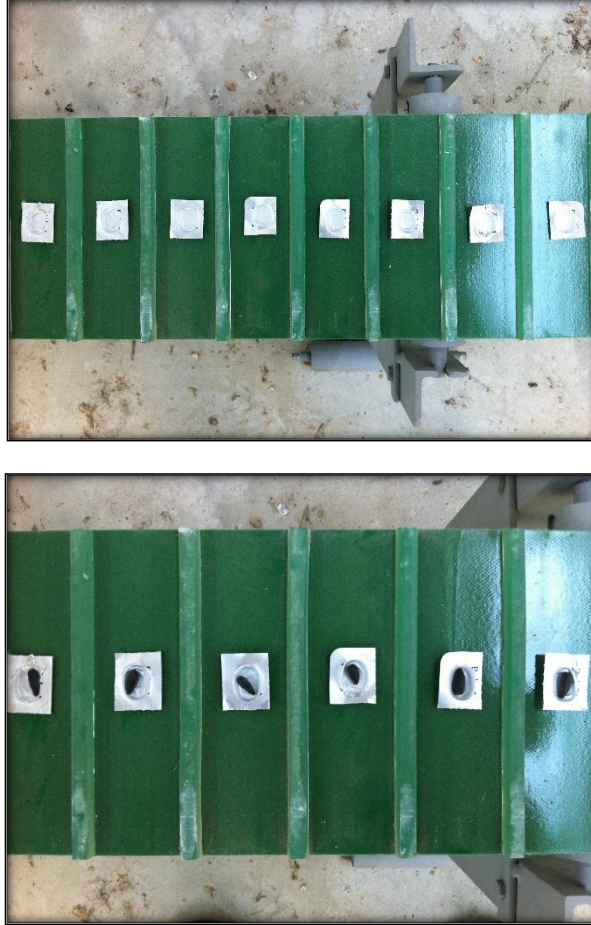
Yapışkan bant düzeneğinde bantı taşıyan ve sarkmasını engelleyen Şekil 3.10'da verilen taşıyıcı alt makaralar, ön deneme düzeneğinde, silikon profillerin yüksekliği nedeniyle, bantın hareketini yavaşlatmıştır. Ön denemelerde bantın hareketini aksatmamak için alt taşıyıcı makaralar çıkarılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Ön deneme düzeneği taşıyıcı makaralar

Piezoelektrik ölçme sisteminin çalışma parametrelerinin belirlenebilmesi ve kalibrasyon ayarlarının yapılabilmesi için oluşturulan ön deneme düzeneğinde, bölmeli konveyör banttın, piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu plastik yüzey üzerine tohumlar düşürülmüştür. Çalışmada tohumlar, önceden belirlenmiş sıra üzeri ekim mesafelerinde bölünmüş olan bant aralıklarına yerleştirilmiştir. Ancak denemeler esnasında, bantın hareketi ve titreşimi ile tohumların yerlerinden oynadığı ve belirlenen mesafelerden kaydığı saptanmıştır. Bu duruma

karşı, iki silikon profil arasına tohumların büyüklüğüne uygun plastik yuvalar yapıştırılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Bölmeli konveyör bant (yuvalı)

Şekil 3.21’de görüldüğü gibi denemede tohumlar konveyör bant üzerine yapıştırılan plastik yuvalara yerleştirilmiştir.

3.1.5. Elektrik Motoru

Sistemde kullanılan elektrik motorları ve redüktör Polat Grup Redüktör San. ve Tic. A.Ş. firmasından sağlanmış olup, redüktörün model numarası NMRV040’dır (Şekil 3.22). Elektrik motorlarına ait özellikler ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.22. Elektrik motoru ve redüktör genel görünüşü

Çizelge 3.2. Elektrik motoru genel özellikleri

Marka	Polat Redüktör
Gücü	0.65 kW
Devri	1665 min ⁻¹
Frekans	50 Hz
Cos φ	0.62

3.1.6. İnvörtör

Sistemde hız kontrol ünitesi olarak kullanılan invertörler Mitsubishi Electric markadır (Şekil 3.23). Çizelge 3.3’de invertöre ilişkin özellikler verilmiştir.



Şekil 3.23. İnvörtör genel görünüşü

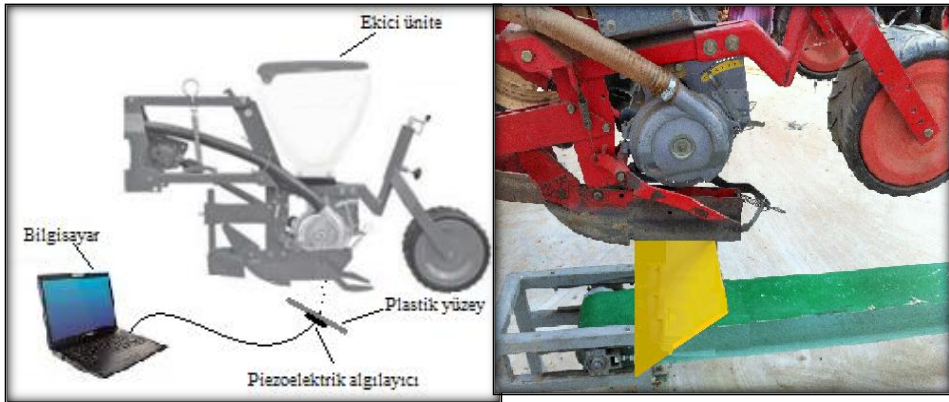
Çizelge 3.3. İnvörtör genel özellikleri

Markası	Mitsubishi Electric
Model	FR-D700
Gücü	0.4 – 2.2 kW
Giriş fazı	1
Giriş Gerilimi	200 – 240 V
Çıkış Fazı	3
Çıkış Gerilimi	380-480 V
Frekans	0.2 – 400 Hz

3.1.7. Piezoelektrik Ölçme Sistemi

Çalışmada vakum prensibiyle çalışan pnömatrik hassas ekim makinasının, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde piezoelektrik ölçme sistemi kullanılmıştır.

Piezoelektrik ölçme sistemi; piezoelektrik algılayıcı cisim, piezoelektrik algılayıcının bağlandığı plastik bir yüzey, bilgisayar ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Piezoelektrik ölçme sistemi

Sistemde, pnömatrik hassas ekim makinası ekici ünitesinden tohumlar, piezoelektrik algılayıcı cismin monte edildiği bir plastik bir yüzey üzerine düşmektedir. Düşen her tohumun basıncı farklı bir piezoelektrik etki oluşturmaktadır.

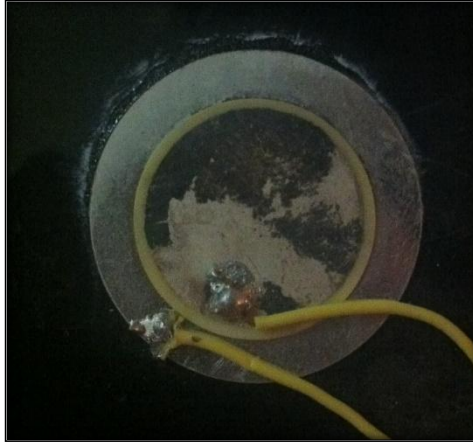
ve piezoelektrik algılayıcı, piezoelektrik etki ile tohumları yüzeye değdiği anda algılamaktadır. Piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu yüzey 0.5 mm kalınlığında, sarı renkli plastik bir yüzeydir ve denemede, algılamanın doğruluğunu artırmak için plastik yüzeyin 60° eğimli durması sağlanmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu plastik yüzey

3.1.8. Piezoelektrik Algılayıcı Cisim

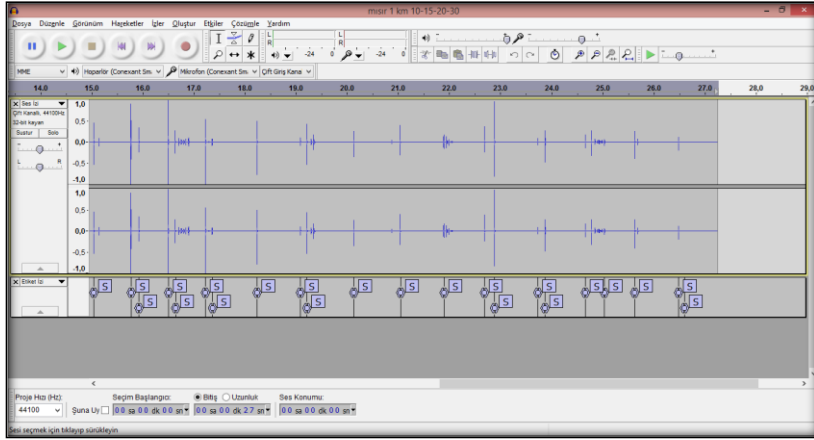
Çalışmada piezoelektrik algılayıcı cisim olarak; çalışma kolaylığı, yüzey üzerinde fazla yer tutmaması ve istenilen yere monte edilebilmesi nedeniyle, 6 cm çapında 1 mm kalınlığında, iki metal plaka arasına yerleştirilmiş seramik malzemedan oluşan dairesel bir piezoelektrik algılayıcı cisim kullanılmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Piezoelektrik algılayıcı cisim

3.1.9. Audacity Programı

Piezo elektrik ölçme sisteminin performansının belirlenmesinde Audacity programı kullanılmıştır. Program, Windows, Mac, Linux gibi birçok platformda çalışabilen sayısal bir ses düzenleme ve ses kaydetme yazılımıdır ve denemede Audacity 2.0 deneme sürümü kullanılmıştır. Programda, piezo elektrik ölçme sisteminde piezo algılayıcı üzerine düşen her bir tohumun basınç etkisi ile oluşan sinyal pikleri kaydedilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Audacity programı

Audacity programının başlıca özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Anonim, 2014e):

- Ses dosyaları üzerinde kes, yapıştır, birleştir gibi düzenleme işlemleri yapılabilir.
- Çeşitli uzantılı dosya biçimleri, dosya biçimleri desteği ile çevrilebilir.
- Mikrofondan ve diğer kaynaklardan canlı ses kaydı yapılabilir.
- Kasetlerdeki ve plaklardaki ses kayıtlarını sayısal kayıtlara ya da CD'lere dönüştürebilir.
- Bazı ses kartları ve Windows Vista-7-8 işletim sistemi kullanarak, bilgisayarda oynatılmakta olan sesleri kaydedebilir.
- Yapılan işlemleri sınırsız sayıda geriye ve ileriye alabilir.

- Ses dosyaları üzerinde çok çeşitli efektler gerçekleştirilebilir.
- Çırtırtı, vızıltı ve parazit gibi sabit artalan gürültüleri kaldırılabilir.
- Sıkıştırma, Yükseltme, Normalleştirme ve Artarak Giriş/Azalarak Çıkış etkileri ile ses düzeyi ayarlanabilir.
- Hızı (tempoyu) değiştirmeden ton değiştirilebilir ya da tersi yapılabilir.
- Dengeleme, Bas Güçlendirme, Alçak/Yüksek Geçiren ve Çentik Süzgeç etkileri kullanılarak frekanslar değiştirilebilir.
- Eklenti desteği mevcuttur.

Çalışmada Audacity Programı yukarıda da belirtildiği gibi, yapılan işlemleri sınırsız sayıda geriye ve ileriye alabilme, arka plandaki cızırtı, parazit ve gürültüleri kaldırabilme özellikleri ile kolay kullanımı nedeniyle tercih edilmiştir. Denemelerde dışarıdan gelebilecek diğer etkileri yok etmek için program içinde bir filtreleme yapılmıştır.

3.1.10. Dizüstü Bilgisayar

Denemede, piezoelektrik ölçme sisteminin performansı için kullanılan dizüstü bilgisayar Casper marka olup, Intel Celeron 2 GHz işlemcili, 60 GB'lık sabit diske sahiptir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Dizüstü bilgisayar

3.1.11. Denemede Kullanılan Ölçüm Aletleri

3.1.11.1. Kumpas

Çalışma bitkisel materyali olan tohumların boyut ölçümünde kullanılmak üzere 0.01 mm hassasiyete ve 0-200 mm ölçüm aralığına sahip dijital kumpas kullanılmıştır.

3.1.11.2. Hassas terazi

Çalışmada tohumların bindane ağırlığı ölçümlerinde 0.001 g hassasiyetinde dijital göstergeli Denver Instrument marka elektronik hassas terazi kullanılmıştır.

3.1.11.3. Kronometre

Çalışmada piezoelektrik ölçme sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği ile yapılan denemelerde zaman ölçümünde dijital bir kronometre kullanılmıştır.

3.1.11.4. Takometre

Yapışkan bant deneme düzeneği hızının ve pnömatik hassas ekim makinasının devrinin ölçülmesinde dijital bir takometre kullanılmıştır.

3.1.11.5. Çelik şerit metre

Tohumların sıra üzeri konumlarını belirleyip tohumlar arasındaki mesafelerin ölçülmesi amacıyla 10 m uzunluğunda bir çelik şerit metre kullanılmıştır.

3.1.11.6. Statik sürtünme katsayısı belirleme düzeni

Çalışmada tohumların kauçuk yüzey üzerindeki statik sürtünme katsayısını belirlenmesi amacıyla yüzey eğimi ayarlanabilir eğik sürtünme düzleminden faydalanılmıştır.

3.1.11.7. Kritik hız belirleme düzeni

Çalışmada, tohumun vakum etkisiyle ekici plaka deliğinde tutulmasında etkili olan kritik hız değerlerinin saptanmasında; elektrik motoru, fan, siklon ve hız ölçüm cihazından oluşan kritik hız ölçüm düzeni kullanılmıştır.

3.1.11.8. Vakum ölçer

Denemede, hassas ekim makinasında, tohumların plaka üzerinde yakalanmasını sağlayan vakum değerinin ölçülmesi için Westfalia marka dijital pulsotest cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Pulsotest cihazı

3.2. Yöntem

Bu çalışmada tek dane hassas ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü belirlemek amacıyla piezo algılayıcı cisim kullanılarak bir piezoelektrik ölçme sistemi tasarlanmıştır. Piezoelektrik ölçme sisteminin tasarlanması, imalatı ve denemeleri Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde yürütülmüştür.

3.2.1. Tohumların Fiziksel Özelliklerinin Hesaplanması

Çalışma ana materyali olan pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumunun fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan tohumlar rastgele seçilmiştir.

Tohumların küreselliğinin belirlenmesinde kumpas ile her tohum çeşidi için 100 adet tohumun uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçümleri olarak yapılmış ve daha sonra ortalamaları hesaplanmıştır. Tohumların küresellik değerlerinin

hesaplamalarında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır. (Alayunt, 2000; Mohsenin 1970; Özarslan 2002; Yalçın, 1999; Yalçın ve Özarslan, 2004).

$$K = (a \cdot b \cdot c)^{1/3} / a \quad (1)$$

Eşitlikte;

K= Küresellik,

a= Uzunluk,

b= Genişlik,

c= Kalınlıktır.

Tohumların bindane ağırlığının belirlenmesinde ise her bir tohum çeşidi için 1000 adet tohumun elektronik tartı ile ölçümleri yapılmış ve ortalama değerleri esas alınmıştır (Alayunt, 2000; Baryeh 2002).

Tohumların statik sürtünme katsayısının belirlenmesinde, eğimi değiştirilebilir sürtünme düzlemi kullanılmıştır. Sistem sabit bir platformun üzerinde bulunan açısı ayarlanabilen hareketli bir başka platform ve açının değişmesini sağlayan bir koldan oluşmaktadır. Tohumlar, platform üzerinde bulunan 50 mm çapında ve 50 mm yüksekliğindeki bir silindir içerisine yerleştirilmiştir. Tohum ile dolu olan silindir platformdan yükseltilerek silindir yüzeyinin platforma değmesi engellenmiştir. Tohumların platformdan aşağı kaymaya başladığı eğimdeki açının tanjantı statik sürtünme katsayısını vermektedir (Üçer vd., 2010). Denemeler pleksiglas yüzeyde her bir tohum için 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Statik sürtünme katsayılarının hesaplanmasında 2'nolu eşitlikten yararlanılmıştır (Özarslan, 2002).

$$\mu = \tan \alpha \quad (2)$$

Burada;

μ : Statik sürtünme katsayısı

α : Yüzey eğim açısıdır.

Pnömatik hassas ekim makinasında etkili olan kritik hız, pleksiglas boru içerisine yerleştirilen dijital hava hızı ölçme cihazı yardımıyla ölçülebilmektedir. Şeffaf bir borudan bırakılan tohum, vakumun etkisiyle boru içerisinde hareket etmektedir. Boru kesit alanına göre değişen hava hızına maruz kalan tohumun, askıda kaldığı andaki hava hızı değeri kritik hız olarak tanımlanmaktadır (Yazgı, 2010). Kritik hız değeri pleksiglas boru içerisine yerleştirilen, 0.01 m/s hassasiyetinde bir anemometre ile ölçülmüştür (Baryeh, 2002; Yalçın ve Özarslan, 2004).

3.2.2. Ön Deneme Düzenegi İle Sistem Performansının Belirlenmesi

Piezoelektrik ölçme sisteminin çalışma parametrelerinin belirlenmesi ve fonksiyonelliğinin ortaya konulabilmesi için laboratuvar ortamında ön denemeler yürütülmüştür. Ön denemelerde tanıtım kataloglarında öngörülen ve hassas ekim makinaları tarafından ekilebilen ayçiçeği, pamuk, mısır ve karpuz tohumları kullanılmıştır.

Ön deneme düzenegi bölmeli sonsuz konveyör bir bant, elektrik motoru, redüktör, invertör, bilgisayar ve piezoelektrik ölçme sisteminden oluşmaktadır. Sonsuz bölmeli bant düzenegi ile laboratuvar ortamında, piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu yüzeye tohumların düşmesi sağlanmıştır. Sistemin yapışkan bant deneme düzeneginden farkı kullanılan konveyör bandın şeklidir. Sonsuz bölmeli bant düzeneginin ana elemanları, çatısı, hareket ve devir aksamı bölüm 3.1.3.'de anlatılan yapışkan bant deneme düzenegi ile aynıdır.

Ön denemeler her tohum için bandın 1 m/s ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. Tohumların bölmeli sonsuz bant üzerinde yerleştirilme aralıkları; 20 mm, 30 mm, 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm ve 300 mm şeklindedir. Tohumlar konveyör banttın piezoelektrik algılayıcınının bağlı bulunduğu yüzeye üç farklı yükseklikten (5-10-15cm) düşürülmüştür. Tohumların plastik yüzeye ikinci kez temasının engellenebilmesi için piezoelektrik algılayıcı cismin bağlandığı plastik yüzeyin 30° ve 60° eğiminde denemeler yürütülmüştür.

Piezo algılayıcı cisimler üzerlerine gelen basınca göre bir elektrik akımı üretmekte ve her bir tohum için algılanan bu elektrik akımı ses dosyası verileri olarak bilgisayara aktarılmaktadır. Piezoelektrik algılayıcıdan alınan bu veriler, bilgisayarda bir ses işleme ve analiz programı olan Audacity programı ile analiz edilmiştir. Bu sayede belirlenen tohumlar arası mesafe ile piezoelektrik ölçüm

sistemi ön denemelerinden elde edilen mesafeler karşılaştırılmıştır. Ön denemeler sonucunda ölçüm sisteminin konumu ve performansına ilişkin çalışma parametreleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar ışığında pnömatis hassas ekim makinası ile denemelere geçilmiştir.

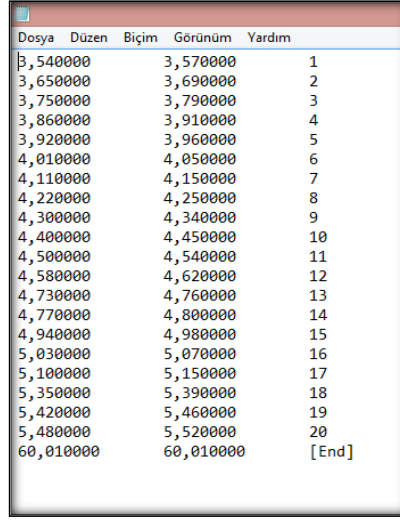
3.2.3. Piezoelektrik Ölçme Sistemi İle Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünün Belirlenmesi

Çalışmada vakum prensibiyle çalışan pnömatis hassas ekim makinasının, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde, piezoelektrik ölçme sistemi kullanılmıştır. Piezoelektrik ölçme sistemi, piezo algılayıcı cisim, algılayıcı cismin bağlı bulunduğu plastik yüzey ve bilgisayardan oluşmaktadır.

Mısır, pamuk, ayçiçeği ve karpuz tohumları kullanılan çalışma, üç farklı ilerleme hızında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan tohumların çeşidine ve hassas ekim makinası kullanma kılavuzuna uygun olarak seçilmiş delikli plakalar düşey plakalı hassas ekici ünite içerisine yerleştirilmiştir. Ekim makinası fanının oluşturduğu vakum sonucunda tohumlar emilerek plaka deliklerine tutunmaktadır. Denemeler, tüm tohum çeşitleri için hassas ekim makinasının 70 mbar vakum değerinde yürütülmüştür. Ekim makinalarında ekilecek tohumun büyüklüğüne göre uygulanacak olan vakum değeri oldukça önemlidir. Örneğin mısır için vakum değeri 50-70 mbar iken iri fasulye için 90-100 mbar ve pancar için 30-40 mbar gereklidir (Yurdusever, 2006). Plakanın dönmesi ile deliklere tutunmuş olan tohumlar, ekici ünitenin alt kısmına inerler ve hava emişinin kesilmesiyle tohumlar, düşey plakalı hassas ekici düzenden plastik bir yüzey üzerine düşmektedir. Bu plastik yüzeye piezoelektrik algılayıcı cisim monte edilmiş ve bilgisayara mikrofon girişi ile bağlantı sağlanmıştır.

Piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu yüzeyin konumu ön denemeler ile belirlenmiştir. Ekim makinasından düşen tohumların piezoelektrik yüzeye ikinci kez temas etmesine karşı, eğimli yüzeylerde yürütülen ön denemeler sonucunda tohumların yüzeye ikinci kez temasının 60° eğimde en az olduğu saptanmıştır. Piezoelektrik algılayıcın bağlı bulunduğu eğimli yüzeye düşen her tohumun basıncı farklı bir piezoelektrik etki oluşturmakta ve piezoelektrik algılayıcı, piezoelektrik etki ile tohumları yüzeye değdiği anda algılamaktadır.

Piezoelektrik algılayıcıdan alınan veriler, bilgisayarda bir ses işleme ve analiz programı olan Audacity programı ile analiz edilmiştir. Audacity programı, ses kaydının yanında, kayıtlı sesleri de sayısallaştırabilmektedir. Piezoelektrik ölçüm sisteminde, tohumların sıra üzeri aralığı zaman olarak ölçülmüştür. Audacity programı ile iki tohum arası düşme süresi elde edilmiş ve veriler text dosyası olarak kaydedilmiştir. Şekil 3.30’da Audacity programı ile kaydedilmiş çalışmaya ait bir text dosyası örneği görülmektedir.



Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
3,540000			3,570000	1
3,650000			3,690000	2
3,750000			3,790000	3
3,860000			3,910000	4
3,920000			3,960000	5
4,010000			4,050000	6
4,110000			4,150000	7
4,220000			4,250000	8
4,300000			4,340000	9
4,400000			4,450000	10
4,500000			4,540000	11
4,580000			4,620000	12
4,730000			4,760000	13
4,770000			4,800000	14
4,940000			4,980000	15
5,030000			5,070000	16
5,100000			5,150000	17
5,350000			5,390000	18
5,420000			5,460000	19
5,480000			5,520000	20
60,010000			60,010000	[End]

Şekil 3.30. Text dosya örneği

Şekil 3.30’da görüldüğü gibi çalışmada pnömomatik hassas ekim makinasından düşürülen tohumların aralıkları zaman olarak belirlenmiştir ve iki tohum arasındaki düşme süresi farkı hesaplanmıştır. Ölçülen bu aralıklar ile tohumların sıra üzeri mesafeleri ile hassas ekim makinasının değerlendirilmesinde kullanılan kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA), ikizlenme oranı (İO), boşluk oranı (BO) ve varyasyon katsayısı (CV) değerleri tespit edilmiştir (Önal, 2011; Karayel, 1998; Yalçın,1999).

Dışarıdan gelebilecek diğer etkileri yok etmek için program içinde bir filtreleme yapılmıştır. Filtreleme ile belli bir sinyal büyüklüğünün altındaki ve üstündeki değerler değerlendirme dışı bırakılarak daha doğru verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca verilerin anlık olarak bilgisayar ortamında alınabilmesi deneme sonuçlarının anlık kontrolüne olanak vermiş, denemelerde meydana gelebilecek hatalar minimuma indirilmiştir.

3.2.4. Yapışkan Bant Deneme Düzeneği İle Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünün Belirlenmesi

Yapışkan bant deneme düzeneği, çalışmada pnömatik hassas ekim makinasının, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün tespitinde kullanılmıştır. Piezoelektrik ölçme sisteminin etkinliğinin belirlenebilmesi için hassas ekici düzenin sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü, yapışkan bant denemeleri ile tekrar ölçülmüş ve iki sistem karşılaştırılmıştır. Sistemde, ekim makinası sabit buna karşın bant hareketlidir. Ekici düzen ve yapışkan bant hareketi invertör ve redüktörlü elektrik motoru ile sağlanmıştır. Tohumların bant üzerinde hareket etmeden durabilmesi için banda yapışkanlığını sağlamak üzere arap sabunu kullanılmış ve bandın sarkmasını engellemek için denemeler esnasında gergi mekanizması ile bandın gerginliği ayarlamıştır.

Yapışkan bant üzerine, ekim makinasının ilerleme yönüne göre en soldaki ekici ünitesi yerleştirilmiştir. Yapışkan banda hareket veren 100 mm çapındaki tambur hareketini elektrik motorundan almaktadır. Denemeler yapışkan bandın 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s hızlarında, pamuk, mısır, karpuz ve ayçiçeği tohumları ile üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Denemede sıra üzeri teorik tohum aralığı (Z), kullanılan tüm tohumlar için 11.2 cm seçilmiştir.

3.2.5. Zaman Ölçümleri

Piezoelektrik ölçme sistemi ve yapışkan bant için denemeler yürütülürken, iş zamanı gereksinmesini belirleyebilmek amacıyla zaman analizleri yapılmış ve yöntemler karşılaştırılmıştır. İş zamanları çerçevesinde deneme öncesinde, deneme anında ve deneme sonrasında zaman ölçümleri yapılmıştır. Zaman analizi için deneme hazırlık aşaması, deneme aşaması, deneme sonrası veri değerlendirme aşamalarında gerekli zaman ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek, her bir işlem aşaması için işgücü gereksinmesi değerleri saptanmış ve bunlardan yararlanılarak deneme işlemindeki toplam zaman gereksinimi ortaya konmuştur (Uçucu, 1982).

3.2.6. Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünün Hesaplanması

Denemelerde sıra üzeri tohum dağılımının belirlenmesinde TS-6424 numaralı “Hassas Ekim Makinalarının Deney Metotları”na ilişkin standart göz önüne alınmıştır (Anonim, 1999).

Denemede sıra üzeri teorik tohum aralığı (Z), kullanılan tohumların tek dane ekimine uygun olarak tüm tohumlar için 11.2 cm seçilmiştir. $Z= 11.2$ cm sıra üzeri ekim mesafesinde (anma ekim mesafesi $Z= 11.2$ cm), 0.5 Z 'den küçük, 0.5 $Z-1.5 Z$ arası ve 1.5 Z 'den büyük ekim mesafeleri hesaplanmıştır. Anma ekim mesafesinin 0.5 katından küçük olan aralıklar ikizlenme olarak, 1.5 katından büyük aralıklar ise boşluk olarak değerlendirilmiştir. Bu değerler sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün ifadesinde kullanılmıştır. 0.5 $Z-1.5 Z$ tohum aralığı ne kadar yüksek ise, ekici düzenin oluşturduğu tohum dağılımının o kadar iyi olduğu kabul edilmektedir (Önal, 2011).

Denemeler 0.5 m/s, 1.0 m/s ve 1.5 m/s ilerleme hızlarında yapılmıştır. Her hız kademesi için ayrı ayrı KETA, İO, BO ve CV değerleri hesaplanmıştır. Denemeler sonucunda elde edilecek verilerin hesaplamalarında kullanılacak eşitlikler aşağıda verilmiştir (Önal, 2011; Yalçın, 1999).

$$X_o = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

Eşitlikte;

X_o = Ortalama değer

X_i = Değişken değeri

n = Değişken sayısı

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_o)^2}{n - 1} \quad (4)$$

Eşitlikte;

$S^2 = \text{Varyans,}$

$$S = \sqrt{S^2} \quad (5)$$

Eşitlikte;

S= Standart sapma,

$$CV = \left(\frac{S}{X_o} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

Eşitlikte;

CV = Varyasyon katsayısı'dır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Tohumların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Denemede kullanılan mısır, pamuk, ayçiçeği ve karpuz tohumlarının bazı fiziksel özelliklerine ilişkin bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemelerde kullanılan tohumların bazı fiziksel özellikleri

100 adet tohum ortalaması	Pamuk	Mısır	Karpuz	Ayçiçeği
Uzunluk (mm)	8.46	10.38	11.88	11.6
Genişlik (mm)	4.74	7.21	8.09	5.80
Kalınlık (mm)	4.47	5.7	2.23	3.8
Küresellik (%)	66	72	50	54
Bin Dane Ağırlığı (g)	91.58	310.14	52.23	59.82
Statik Sürtünme Katsayısı	0.60	0.52	1.10	0.67
Kritik Hız (m/s)	6.10	8.20	4.35	5.60

4.2. Ön Denemelere İlişkin Sonuçlar

Piezoelektrik ölçüm sistemi ön denemelerinde, yöntem 3.2.1'de anlatıldığı şekilde, tohumlar 20 mm, 30 mm, 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm ve 300 mm aralıklarla, bölmeli bant üzerine el ile yerleştirilmiştir. Denemelerde çalışılacak tohum düşme yüksekliği, piezoelektrik algılayıcının bulunduğu yüzey eğimi, sistemde dış seslere karşı uygulanacak ses filtresinin belirlenmesi amacıyla ön çalışmalar yapılmış ve sistemin çalışma parametreleri belirlenmiştir.

Çalışmada, tohumlar bölmeli konveyör banda belli mesafelerde yerleştirilmiştir. Ancak denemeler esnasında, hareket halindeki bandın titreşimi ile tohumların yerlerinden oynadığı ve istenilen mesafelerden kaydığı saptanmıştır. Bu durumun ön deneme sonuçlarını etkilediği görülmüş ve tohumların istenilen mesafede

durması için, banda plastik ilaç yuvaları yapılandırılmış ve tohumlar bu yuvalara yerleştirilmiştir.

Pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumu kullanılarak yapılan ön denemeler, konveyör bandın 1 m/s hızında, iki farklı yüzey eğiminde, üç farklı tohum düşme yüksekliği ve yedi farklı sıra üzeri mesafede gerçekleştirilmiştir. Denemeler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş olup ortalamaları alınmıştır. Ön denemelere ilişkin sonuçlar; Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.2. Pamuk tohumu ön deneme sonuçları

	Piezoelektrik Yüzey Eğimi 30°			Piezoelektrik Yüzey Eğimi 60°		
	Tohum Düşme Yüksekliği (cm)			Tohum Düşme Yüksekliği (cm)		
	5	10	15	5	10	15
Sıra Üzeri Mesafe(cm)	Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)			Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)		
2	1.2228	1.0001	2.0002	1.2277	2.0001	1.7777
3	1.9988	2.9999	2.0001	2.2222	2.3355	2.6666
5	4.8888	4.9999	4.6333	3.5544	4.9999	4.8844
10	7.2222	9.8887	8.2222	9.8055	9.8055	9.6944
15	13.5556	14.6666	13.1111	13.4444	14.2777	14.0555
20	19.8884	18.7778	17.8888	19.1112	19.3666	18.8866
30	29.8887	29.1111	29.3333	29.2222	29.8886	29.7776
R ²	0.9921	0.998	0.9941	0.9979	0.9991	0.9986

Çizelge 4.2'de pamuk tohumu ile yapılan ön demeler görülmektedir. Çizelgede, iki farklı yüzey eğiminde, üç farklı düşme yüksekliğinden elde edilen veriler ile regresyon analizi yapılmıştır. Veriler arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan regresyon analizi ile yüzey eğiminin ve tohum düşme yüksekliğinin, piezoelektrik ölçme sistemi ile ölçülen sıra üzeri tohum mesafesi arasındaki ilişkinin varlığı ortaya konmaktadır.

Analiz sonucunda, üç farklı düşme yüksekliği ve yüzey eğimi için, ön deneme sonuçları ile belirlenen sıra üzeri mesafe değerleri arasındaki farkın oldukça düşük olduğu ve regresyon katsayısı değerlerinin (R²) 0.99'un üzerinde olduğu

görülmektedir. Pamuk tohumu ile gerçekleştirilen ön deneme sonuçları; hassas ekim makinasında pamuk tohumu ile çalışmada, sıra üzeri mesafelerin tespitinde piezoelektrik ölçme sisteminin kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3. Mısır tohumu ön deneme sonuçları

	Piezoelektrik Yüzey Eğimi 30°			Piezoelektrik Yüzey Eğimi 60°		
	Tohum Düşme Yüksekliği (cm)			Tohum Düşme Yüksekliği (cm)		
	5	10	15	5	10	15
Sıra Üzeri Mesafe(cm)	Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)			Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)		
2	1.0088	1.0002	1.1112	1.0222	1.0833	2
3	1.7777	1.888	2.7755	2.0888	2.1111	1.8889
5	3.8888	4.9998	4.7778	3.7777	4.2	3.0001
10	8.9888	8.8888	9.0004	8.5277	9.7447	7.9722
15	13.2222	13.9999	14.2221	13.4166	14	13.7555
20	18.8004	19.0005	18.5	17.4445	19.202	18.0002
30	28.7747	28.7555	29.003	28.4444	29.5551	28.3666
R ²	0.9993	0.9985	0.9986	0.9982	0.9994	0.9956

Çizelge 4.3'te mısır tohumu ile yapılan ön demelere ilişkin veriler incelendiğinde, iki farklı yüzey eğimi ve üç farklı düşme yüksekliğinde piezoelektrik algılayıcı ile elde edilen ölçüm sonuçlarına ait regresyon analizi değerlerinin 0.99'un üzerinde olduğu görülmektedir. Bu değerler, piezoelektrik ölçme sisteminin, mısır tohumu sıra üzeri tohum mesafelerinin belirlenmesinde kullanılabilir etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4. Ayçiçeği tohumu ön deneme sonuçları

	Piezoelektrik Yüzey Eğimi 30°			Piezoelektrik Yüzey Eğimi 60°		
	Tohum Düşme Yüksekliği (cm)			Tohum Düşme Yüksekliği (cm)		
	5	10	15	5	10	15
Sıra Üzeri Mesafe(cm)	Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)			Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)		
2	1.6330	1	1.0111	1.1188	1.7777	1.0666
3	1.8888	1.1122	1.2222	1.5555	1.6666	2.3555
5	2.255	2.0111	2.5555	3.5544	4.4444	2.0007
10	6.1122	7.8111	8.2222	7.3333	8.6666	7.5555
15	12.7777	11.6666	9.5666	11.2222	13.5555	12.9955
20	16.2224	16.7777	15.7777	15.9222	17.1111	16.3333
30	25.3387	26.9998	27.6666	26.2115	27.6666	25.2226
R²	0.9895	0.9956	0.9790	0.9953	0.9969	0.9931

Ayçiçeği tohumu ile yapılan ön deneme sonuçlarına ilişkin verilerin bulunduğu Çizelge 4.4 incelendiğinde; 60°'lik açıyla yerleştirilen piezoelektrik algılayıcı yüzey deneme sonuçlarında regresyon verilerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Ön denemelerde en düşük regresyon analiz sonucu 0.9895 ve 0.9790 ile piezoelektrik yüzey eğimi 30 derece iken, sırasıyla 5 ve 15 cm tohum düşme yüksekliğinde görülmektedir. Çalışmada en yüksek regresyon analiz sonucu 10 cm düşme yüksekliğinde ve piezoelektrik yüzeyin 60° eğiminde gerçekleşmiş olup sistemin ayçiçeği tohumunun sıra üzeri tohum mesafesinin belirlenmesinde kullanılabilirliğini göstermektedir.

Çizelge 4.5. Karpuz tohumu ön deneme sonuçları

	Piezoelektrik Yüzey Eğimi 30°			Piezoelektrik Yüzey Eğimi 60°		
	Tohum Düşme Yüksekliği (cm)			Tohum Düşme Yüksekliği (cm)		
	5	10	15	5	10	15
Sıra Üzeri Mesafe(cm)	Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)			Piezoelektrik ölçüm sistemi ile ölçülen sıra üzeri mesafe (cm)		
2	1.1112	1.0022	1.1117	1.1116	1.2222	1.1116
3	1.5555	1.1115	1.1111	1.2222	1.0222	1.0222
5	3.2232	2.3332	2.1112	3.2222	3.0222	2.1222
10	6.2232	7.1154	6.1122	6.1111	6.6666	7.3222
15	12.1111	11.7777	10.1111	12.1111	13.2222	13.1111
20	16.1112	15.4444	15.2444	15.2222	16.1111	15.5555
30	24.2221	24.7777	23.1111	24.2215	24.6666	24.4444
R ²	0.9772	0.9785	0.9790	0.9813	0.9864	0.9781

Karpuz tohumu ile yapılan ön deneme sonuçlarını içeren Çizelge 4.5 incelendiğinde, istenilen sıra üzeri mesafe değerleri için en iyi sonucu, piezoelektrik algılayıcı yüzeyin 60°'lik eğiminde ve 10 cm tohum düşme yüksekliğinde elde edildiği görülmektedir. Regresyon katsayısı; 60 derece eğim ve 10 cm düşme yüksekliği için 0.9864 olarak bulunmuştur. Karpuz tohumu ile yapılan ön denemelerde en düşük regresyon değeri, 15 cm olan tohum düşme yüksekliğinde bulunmuş ve söz konusu değer, 30 derece yüzey eğiminde 0.9790, 60 derece yüzey eğiminde ise 0.9781 olarak tespit edilmiştir.

Sıra üzeri mesafe ölçümlerinde kullanılmak üzere, yapışkan bant yöntemine alternatif olarak tasarlanan piezoelektrik ölçme sisteminin çalışma parametrelerini belirlemek amacıyla; pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumu ile yapılan ön denemeler sonucunda, sistemin sıra üzeri mesafelerin belirlenmesinde kullanılabileceği görülmektedir. Kullanılan dört farklı tohum çeşidi için piezoelektrik ölçüm sistemi sonuçları regresyon analizine tabi tutulmuştur. Mısır ve pamuk tohumunda yüksek, ayçiçeği ve karpuz tohumunda daha düşük olmakla birlikte ön deneme regresyon analiz sonuçları, piezoelektrik ölçüm sisteminin tohumların sıra üzeri mesafelerinin belirlenmesinde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

4.3. Piezoelektrik Ölçme Sistemine İlişkin Sonuçlar

Bu araştırmada pnömatik hassas ekim makinasının performansının belirlenmesinde kullanılan yapışkan bant deneme düzenine alternatif bir yöntem olarak piezoelektrik ölçme sistemi geliştirilmiş ve sistemin performansını ortaya koyabilmek için pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumları ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Pnömatik hassas ekim makinasının performansı, kabul edilebilir tohum aralığı oranı, ikizlenme ve boşluk oranlarına göre belirlenmektedir.

Ön denemeler ile çalışma parametreleri belirlenen piezoelektrik ölçme sistemi denemeleri, üç farklı hız kademesinde (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s), dört farklı tohum çeşidi (mısır, pamuk, ayçiçeği, karpuz) için yürütülmüştür. Sistemde piezo algılayıcı cismin üzerine düşen tohumlar bir basınç oluşturmakta ve bu basıncın olduğu zaman Audacity programı ile bilgisayara kaydedilmektedir. Deneme de tohumların piezoelektrik algılayıcı cisim üzerine birden çok tohumun gelmesi ve tohumun ikinci kez çarpmasının önlenmesi için piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu yüzeyin 60° eğimli durması sağlanmıştır. Piezoelektrik ölçüm sisteminde, tohumlar arası mesafe, uzunluk olarak değil, tohumların piezoya çarpma zamanı esas alınarak ölçülmüştür. Piezoelektrik ölçme sisteminin başarısını ortaya koyabilmek için aynı hız kademelerinde, aynı tohumlar kullanılarak sıra üzeri tohum mesafesi yapışkan bant deneme düzeni ile tekrar ölçülmüş ve iki sistemin karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Pamuk Tohumuna İlişkin Sonuçlar

Pnömatik hassas ekim makinasının pamuk tohumu için performans kriterleri olan kabul edilebilir tohum aralığı (KETA), ikizlenme oranı (İO), boşluk oranı (BO) ve varyasyon katsayısı (CV) değerlerinin tespitinde kullanılan sıra üzeri tohum mesafelerinin belirlenmesinde piezoelektrik ölçme sistemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Pamuk tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	88.78	4.00	7.22	30.22
	2	87.27	3.90	8.83	31.03
	3	88.53	4.10	7.37	30.20
Ort.		88.19	4.00	7.80	30.48
1	1	90.27	3.23	6.50	29.55
	2	90.59	3.20	6.21	29.43
	3	89.87	4.30	5.83	29.83
Ort.		90.24	3.57	6.18	29.60
1.5	1	90.77	4.21	5.02	29.22
	2	88.68	3.40	7.92	30.92
	3	89.23	4.10	6.67	30.10
Ort.		89.56	3.90	6.53	30.08

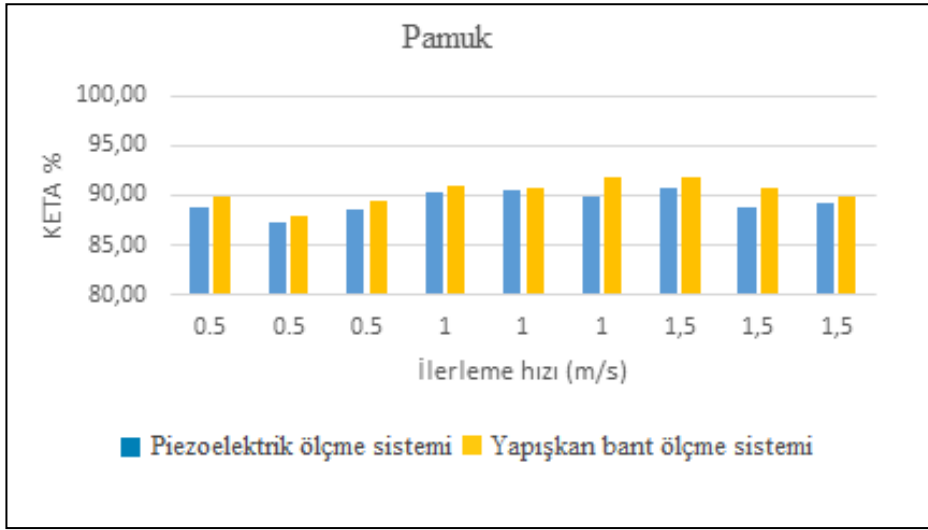
Çizelge 4.6 incelendiğinde, piezoelektrik ölçme sistemi ile pamuk tohumu için en yüksek KETA değeri ortalaması %90.24 ve en düşük CV değeri ortalaması %29.60 ile 1 m/s ilerleme hızında olduğu görülmektedir. Çalışmada en düşük KETA ortalama değeri 0.5 m/s ilerleme hızında %88.19, en yüksek CV değeri ise yine 0.5 m/s ilerleme hızında %30.48 olarak saptanmıştır. Kachman ve Smith (1995) ve Önal (2011), varyasyon katsayısı (CV) değerinin %29-30'dan az olmasını önermektedirler.

Pamuk tohumları ile yapışkan bantta, 11.2 cm sıra üzeri tohum aralığında, 3 farklı hız kademesinde tekerrürlü olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Pamuk tohumu yapışkan bant deneme sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	89.87	3.20	6.93	30.11
	2	87.83	3.70	8.47	31.32
	3	89.48	3.30	7.22	30.12
Ort.		89.06	3.40	7.54	30.51
1	1	90.87	2.73	6.40	29.15
	2	90.78	2.80	6.42	29.35
	3	91.75	3.32	4.93	28.93
Ort.		91.14	2.94	5.92	29.12
1.5	1	91.76	4.11	4.13	28.83
	2	90.73	3.14	6.13	29.22
	3	89.87	3.70	6.43	30.23
Ort.		90.79	3.65	5.56	29.42

Çizelge 4.7’de yapışkan bant ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek KETA değerinin 1 m/s ilerleme hızında %91.14 ortalama ile, en düşük KETA değerinin ise 0.5 m/s hızında %89.06 ortalama ile saptandığı görülmektedir. En yüksek CV değeri 0.5 m/s ilerleme hızında %30.51, en düşük CV değeri ise %29.12 ile 1 m/s ilerleme hızında ortaya çıkmıştır. Piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği, KETA karşılaştırılması grafiksel olarak Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Pamuk tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi iki ölçüm sistemi ve tekerrürler arasında belirli bir ilişki söz konusu olup bu ilişkiyi açıklayabilmek adına, KETA, İO, BO, CV yüzde değerleri ile istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan SPSS istatistiksel paket programında deneme, 2x2 faktöriyel tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulmuştur. Her tohum çeşidi için yapışkan bant ve piezoelektrik ölçüm sistemi ile ilerleme hızı faktör olarak belirlenmiş ve Çizelge 4.8’de alt gruplar gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Yapışkan bant ve piezoelektrik ölçüm sistemi karşılaştırmasına ait alt gruplar ve seviyeleri

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
ölçüm sistemi	1,00	yapışkan bant	9
	2,00	piezoelektrik	9
	1,00	0.5	6
İlerleme hızı	2,00	1	6
	3,00	1.5	6

İstatistiksel testlerin uygulanmasına geçilmeden önce dağılımın normalden sapma gösterebileceği göz önünde tutularak verilere normallik analizi yapmak gereği ortaya çıkmaktadır. Verilerin sürekliliği bozulduğu durumlarda, örnek genişliği 30'dan küçük olduğunda ve dağılımın sola ya da sağa yatık olması durumunda dağılım normalden uzaklaşabilmektedir. Verilerde normallik ön şartının yerine gelip gelmediğini test etmek için en etkin yöntemin kullanılması gerekir. Kullanılan testlerden hangisinin gücü daha yüksek ise normallik ön şartının sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesinde tercih edilmektedir (Özer, 2007). Çizelge 4.9'da normallik varsayımı sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.9. Pamuk tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KETAy	,112	18	,200*	,967	18	,737
İOy	,158	18	,200*	,927	18	,171
BOy	,127	18	,200*	,975	18	,881
CVy	,112	18	,200*	,975	18	,730

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Çalışmada verilerin normal dağılıma uygunluğunun tespiti, veri sayısı 30'dan az olduğu için Shapiro-Wilk testi ile gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık seviyesi $p < 0.05$ alınan normallik testi sonucunda, $p > 0.05$ olarak tespit edildiği için verilerin normallik varsayımını yerine getirdiği görülmektedir.

Çizelge 4.10'da verilen pamuk tohumu varyans analiz tablosuna bakıldığında, KETA ve İO değerleri açısından, piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant ölçüm sisteminden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. BO açısından ise iki ölçüm sistemi arasındaki fark ($p > 0.05$) önemsiz bulunmuştur.

Çalışmada, yüzde değer şeklindeki verilere transformasyon işlemi uygulanmış ve değerlere ArcSin transformasyonu en olumlu sonucu vermiştir. Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edildikten sonra ekim makinası sıra üzeri mesafesinin belirlenmesinde kullanılan piezoelektrik ölçüm yönteminin etkinliğini

belirleyebilmek için veriler varyans analizine tabii tutulmuştur. Çalışma sonuçlarını gösteren KETA, İO, BO ve varyasyon katsayısı analizin bağımlı değişkenleri olmaktadır. Değişken sayısı birden çok olduğu için MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) modeli ile bağımlı değişkenlerdeki değişiklik belirlenmiştir. Pamuk tohumuna ilişkin istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.10. Pamuk tohumu varyans analiz sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	KETAy	,009 ^a	5	,002	5,114	,010
	İOy	,000 ^b	5	4,344E-005	2,616	,080
	BOy	,001 ^c	5	,000	2,444	,095
Intercept	KETAy	22,446	1	22,446	60624,990	,000
	İOy	,023	1	,023	1388,833	,000
	BOy	,078	1	,078	781,987	,000
ölçüm sistemi	KETAy	,002	1	,002	6,374	,027
	İOy	,000	1	,000	6,695	,024
	BOy	,000	1	,000	1,133	,308
ilerlemehızı	KETAy	,007	2	,004	9,498	,003
	İOy	9,300E-005	2	4,650E-005	2,801	,100
	BOy	,001	2	,001	5,293	,022
ölçüm sis. ilerlemehızı	KETAy	7,351E-005	2	3,676E-005	,099	,906
	İOy	1,306E-005	2	6,529E-006	,393	,683
	BOy	5,037E-005	2	2,518E-005	,251	,782
Error	KETAy	,004	12	,000		
	İOy	,000	12	1,660E-005		
	BOy	,001	12	,000		
Total	KETAy	22,460	18			
	İOy	,023	18			
	BOy	,081	18			
Corrected Total	KETAy	,014	17			
	İOy	,000	17			
	BOy	,002	17			

a. R Squared = ,681 (Adjusted R Squared = ,547)

b. R Squared = ,522 (Adjusted R Squared = ,322)

c. R Squared = ,505 (Adjusted R Squared = ,298)

Piezoelektrik ölçüm sistemi, ilerleme hızı bakımından değerlendirildiğinde KETA ve BO değerlerinin ilerleme hızı bakımından farklılık ($p < 0.05$) oluşturduğu

görülmektedir. İlerleme hızı değişkeninin oluşturduğu farklılık Post Hoc test ile değerlendirilmiştir.

Veri grupları arasındaki farkın belirlenmesinde kullanılan varyans analizi, genel anlamda bir farkın olup olmadığını tespit etmeye çalışırken, farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını araştırmamaktadır. Gruplararası farkın olduğu durumda, farklılığın hangi gruptan kaynaklı olduğunu tespit eden istatistik Post Hoc test olarak bilinmektedir (Kayri, 2009).

İlerleme hızı, KETA ve BO bağımlı değişken ilişkisi Post Hoc testte Tukey seçilerek gerçekleştirilmiş, sonuçlar Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. İlerleme hızına göre KETA ve BO değişkeni alt grupları

KETA_y				
	İlerleme hızı	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	0.5	6	1,0896	
	1.5	6		1,1244
	1	6		1,1361
	Sig.		1,000	,559
BO_y				
	İlerleme hızı	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	1	6	,0605	
	1.5	6	,0605	
	0.5	6		,0768
	Sig.		1,000	1,000

Çizelge incelendiğinde, yapışkan bant ve piezoelektrik ölçüm sistemleri için ilerleme hızının değişiminin, kabul edilebilir tohum aralığı, boşluk oranı ve varyasyon katsayısı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık yarattığı görülmektedir. 1 ve 1.5 m/s ilerleme hızları aynı etkiye sahip olup, 0.5 m/s’ye göre yüksek ortalamaya sahiptir. İlerleme hızı değişkenine göre İO değişkeni için alt grup oluşmamış ve her üç hızda eşit etkiye sahip olduğu görülmüştür.

4.3.2. Mısır Tohumuna İlişkin Sonuçlar

Pnömatik hassas ekim makinasının, sıra üzeri tohum mesafesini belirlemek için geliştirilen piezoelektrik ölçüm yönteminde mısır tohumu kullanılarak gerçekleştirilen denemelere ilişkin kabul edilebilir tohum aralığı (KETA), boşluk oranı (BO), ikizlenme oranı (İO) ve varyasyon katsayısına (CV) ilişkin sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çalışma 3 farklı hız kademesinde, 11.2 cm sıra üzeri mesafede 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.12. Mısır tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	91.84	3.04	5.12	27.77
	2	91.56	3.20	5.24	27.33
	3	91.85	3.60	4.55	27.31
Ort.		91.75	3.28	4.97	27.47
1	1	92.75	3.52	3.73	26.35
	2	91.87	4.12	4.01	27.53
	3	90.32	4.32	5.36	29.87
Ort.		91.65	3.99	4.37	27.91
1.5	1	91.15	3.81	5.04	27.33
	2	91.21	3.50	5.29	27.22
	3	90.89	4.10	5.01	29.35
Ort.		91.08	3.80	5.11	27.96

Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi, mısır tohumuna ilişkin veriler incelendiğinde saptanan KETA değerlerinin her hız kademesi için %90’nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yine her hız kademesi için CV değeri de %30’un altında kalmıştır. Modern tek dane ekim makinalarında (0.5-1.5) Z aralığının %80’den az olmaması, ayrıca 0.5 Z’den küçük ve 1.5 Z’den büyük bitki aralıklarının %10’dan az olması istenmektedir (İrla, 1983; Tozan vd., 1990, Yalçın, 1999). Mısır tohumlarıyla,

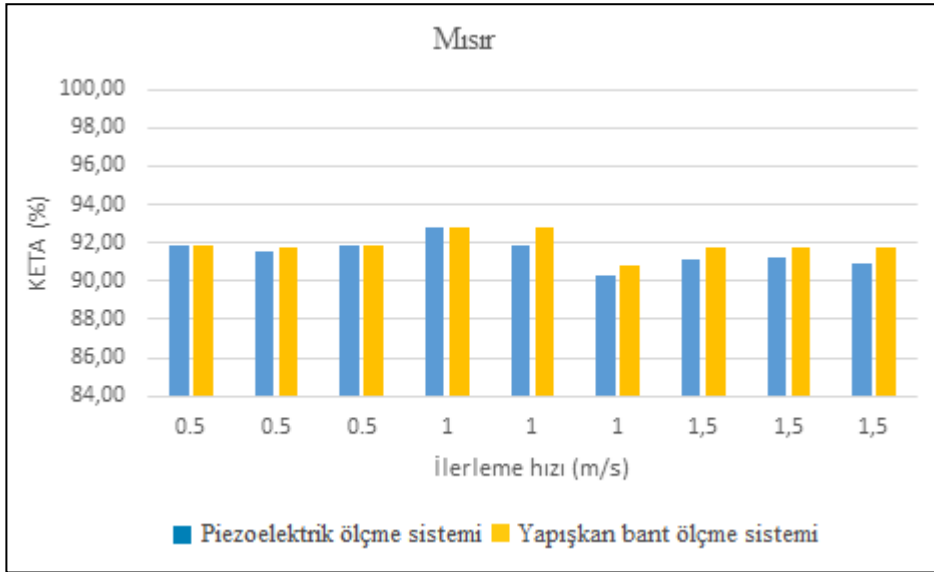
laboratuvarda yapışkan bant denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13’de sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Mısır tohumu yapışkan bant deneme sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	91.87	3.10	5.03	27.78
	2	91.78	3.70	4.52	27.58
	3	91.87	3.20	4.93	27.78
Ort.		91.84	3.33	4.83	27.71
1	1	92.76	3.53	3.71	26.57
	2	92.78	2.80	4.42	26.52
	3	90.87	4.30	4.83	29.83
Ort.		92.14	3.54	4.32	27.63
1.5	1	91.77	4.00	4.23	27.55
	2	91.73	3.50	4.77	27.57
	3	91.72	4.50	3.78	27.61
Ort.		91.74	4.00	4.26	27.57

Çizelge 4.13’te görüldüğü gibi, mısır tohumuna ilişkin yapışkan bant deneme sonuçlarına ilişkin veriler incelendiğinde, saptanan KETA değerlerinin %90’nın üzerinde, CV değerlerinin ise %30’un altında kaldığı tespit edilmiştir.

Mısır tohumu ile yapılan yapışkan bant denemeleri sonucunda, kabul edilebilir tohum aralık değerleri (KETA) makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında başarıyla ekebildiğini göstermektedir. Piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği karşılaştırması grafiksel olarak Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. Mısır tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması

Mısır tohumuna ilişkin veriler SPSS paket programı ile varyans analizine tabii tutulmuştur. Çalışmada elde edilen değerler yüzde olduğu için, değerler ArcSin data transformasyonuna tabii tutulmuş ve analiz yapılabilmesi için gerekli normallik varsayımı Çizelge 4.14’de, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.15’te verilmiştir. Test sonucunda verilerin normal dağılım göstermiştir ($p>0.05$). İstatistik analizde faktörler; ölçüm sistemleri ve ilerleme hızı, bağımlı değişkenler ise; KETA, İO, BO ve CV olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.14. Mısır tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KETAy	,237	18	,008	,915	18	,106
İOy	,104	18	,200*	,967	18	,738
BOy	,147	18	,200*	,911	18	,090
CVy	,114	18	,200*	,914	18	,080

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Çizelge 4.15. Mısır tohumu varyans analiz sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	KETAy	,001 ^a	5	,000	,791	,576
	İOy	,000 ^b	5	3,049E-005	1,447	,277
	BOy	,000 ^c	5	4,144E-005	1,592	,236
Intercept	KETAy	24,253	1	24,253	83690,856	,000
	İOy	,024	1	,024	1143,466	,000
	BOy	,039	1	,039	1491,300	,000
Ölçüm sistemi	KETAy	,000	1	,000	1,633	,225
	İOy	1,870E-006	1	1,870E-006	,089	,771
	BOy	5,455E-005	1	5,455E-005	2,095	,173
ilerlemehızı	KETAy	,001	2	,000	,895	,434
	İOy	,000	2	5,836E-005	2,770	,103
	BOy	9,432E-005	2	4,716E-005	1,811	,205
ölçüm * ilerlemehızı	KETAy	,000	2	7,756E-005	,268	,770
	İOy	3,389E-005	2	1,694E-005	,804	,470
	BOy	5,832E-005	2	2,916E-005	1,120	,358
Error	KETAy	,003	12	,000		
	İOy	,000	12	2,107E-005		
	BOy	,000	12	2,604E-005		
Total	KETAy	24,258	18			
	İOy	,024	18			
	BOy	,039	18			
Corrected Total	KETAy	,005	17			
	İOy	,000	17			
	BOy	,001	17			

a. R Squared = ,248 (Adjusted R Squared = -,065)

b. R Squared = ,376 (Adjusted R Squared = ,116)

c. R Squared = ,399 (Adjusted R Squared = ,148)

Mısır tohumu ile gerçekleştirilen varyans analizi sonucu; piezoelektrik ölçme sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği arasındaki fark önemsiz bulunmuştur

($p>0.05$). Mısır tohumunda, ilerleme hızı değişimi, kabul edilebilir tohum aralığı, ikizlenme oranı, boşluk oranı ve varyasyon katsayısı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık yaratmamıştır. Kısaca elde edilen bulgulardan, pnömomatik hassas ekim makinası sıra üzeri ekim mesafesinin belirlenmesinde mısır tohumu için piezoelektrik ölçüm sisteminin kullanılabilceği görülmektedir.

4.3.3. Ayçiçeği Tohumuna İlişkin Sonuçlar

Piezoelektrik ölçüm sisteminin performansının belirlenebilmesi için ayçiçeği tohumu ile gerçekleştirilen deneme sonuçları Çizelge 4.16'da, yapışkan bant deneme düzeneği kullanılarak elde edilen bulgular ise Çizelge 4.17'de verilmiştir. Denemeler ayçiçeği tohumu ile 11.2 cm sıra üzeri mesafede, 3 farklı hız kademesinde, 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.16. Ayçiçeği tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon - katsayısı (CV) (%)
0.5	1	86.06	4.82	9.12	32.36
	2	87.16	4.10	8.74	31.33
	3	87.88	4.70	7.42	31.13
Ort.		87.03	4.54	8.43	31.60
1	1	87.21	5.31	7.48	32.05
	2	88.32	4.30	7.38	30.35
	3	88.48	4.25	7.27	30.23
Ort.		88.00	4.62	7.38	30.87
1.5	1	87.73	5.38	6.89	31.22
	2	86.34	3.21	10.45	32.18
	3	87.36	4.57	8.07	31.88
Ort.		87.14	4.39	8.47	31.76

Çizelge 4.16 incelendiğinde, ayçiçeği tohumu için en yüksek KETA değeri %88.00 ortalama ile 1 m/s ilerleme hızında, en düşük KETA değerinin ise %87.03 ortalama ile 0.5 m/s ilerleme hızında gerçekleştiği görülmektedir. Denemede en

yüksek CV değeri de %31.76 ile 1.5 m/s hızında, en düşük CV değeri ise % 30.87 ile 1 m/s ilerleme hızında saptanmıştır.

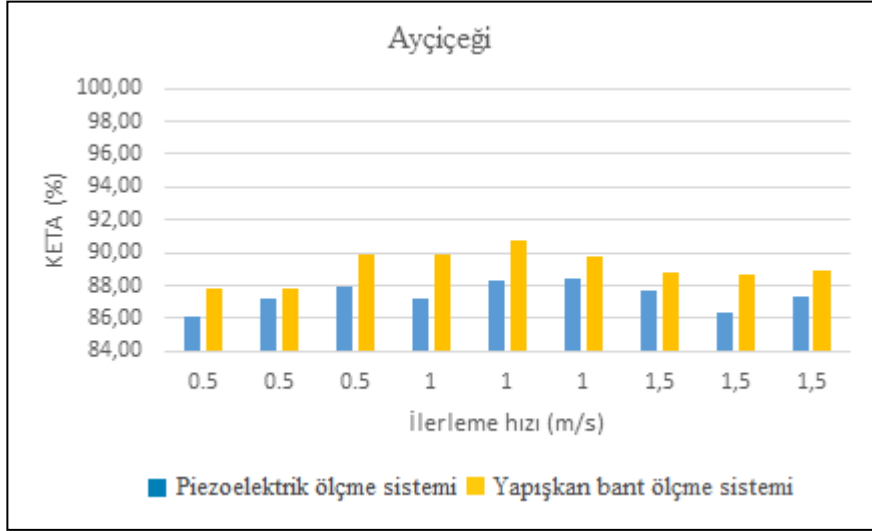
Çizelge 4.17. Ayçiçeği tohumu yapışkan bant deneme sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	87.78	4.20	8.02	31.22
	2	87.87	3.50	8.63	31.12
	3	89.88	4.50	5.62	29.58
Ort.		88.51	4.07	7.42	30.64
1	1	89.87	3.74	6.39	29.55
	2	90.77	3.00	6.23	28.35
	3	89.71	3.76	6.53	29.45
Ort.		90.12	3.50	6.38	29.11
1.5	1	88.77	5.10	6.13	30.17
	2	88.73	4.11	7.16	30.15
	3	88.87	4.70	6.43	30.05
Ort.		88.79	4.64	6.57	30.12

Çizelge 4.17 incelendiğinde yapışkan bant denemelerinde ayçiçeği tohumunun en iyi KETA sonucunun (%90.12), piezoelektrik ölçme sisteminde olduğu gibi 1 m/s ilerleme hızında elde edildiği görülmektedir. En düşük KETA değeri ortalaması ise %0.5 m/s ilerleme hızında %88.51 olarak saptanmıştır. Çalışmada en düşük CV değeri %29.11 ile 1 m/s hızında, en yüksek CV değeri ise 0.5 m/s hızında %30.64 ile tespit edilmiştir.

Şekil 4.3'de piezoelektrik ölçme sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği karşılaştırması ayçiçeği tohumu için görülmektedir. Pnömatik hassas ekim makinası yapışkan bant deneme sonuçları incelendiğinde ayçiçeği tohumu ile ekim makinasının en iyi performansının 1 m/s ilerleme hızında gösterdiği görülmektedir. Piezoelektrik ölçme sistemi kullanılarak yapılan çalışma da aynı sonuçları vermiş ve en iyi sonuç 1 m/s'de alınmıştır. Bu anlamda piezoelektrik ölçme sistemi, yapışkan bant ile aynı doğrultuda sonuçlar vermiştir. İki ölçüm

sistemi arasındaki ilişkinin daha iyi irdelenebilmesi için bulgulara varyans analizi yapılmıştır.



Şekil 4.3. Ayçiçeği tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması

Yüzde değere sahip bulgular ArcSin transformasyonuna tabii tutulmuş ve normal dağılım testi uygulanmıştır. Test sonucunda dağılımın normal olduğu belirlenmiş ($p>0.05$), dağılım test sonuçları Çizelge 4.18'de, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.18. Ayçiçeği tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KETAy	,128	18	,200*	,973	18	,850
İOy	,110	18	,200*	,976	18	,899
BOy	,155	18	,200*	,950	18	,422
CVy	,125	18	,200*	,950	18	,800

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Çizelge 4.19. Ayçiçeği tohumu varyans analiz sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	KETAy	,009 ^a	5	,002	6,813	,003
	İOy	,000 ^b	5	5,859E-005	1,457	,274
	BOy	,001 ^c	5	,000	2,028	,146
Intercept	KETAy	21,079	1	21,079	78224,016	,000
	İOy	,033	1	,033	825,108	,000
	BOy	,100	1	,100	859,175	,000
Ölçüm sistemi	KETAy	,006	1	,006	23,312	,000
	İOy	9,040E-005	1	9,040E-005	2,248	,160
	BOy	,001	1	,001	6,557	,025
İlerlemehızı	KETAy	,003	2	,001	5,011	,026
	İOy	6,144E-005	2	3,072E-005	,764	,487
	BOy	,000	2	,000	1,443	,275
Alet *	KETAy	,000	2	9,873E-005	,366	,701
	İOy	,000	2	7,057E-005	1,755	,214
	BOy	8,138E-005	2	4,069E-005	,350	,712
Error	KETAy	,003	12	,000		
	İOy	,000	12	4,021E-005		
	BOy	,001	12	,000		
Total	KETAy	21,091	18			
	İOy	,034	18			
	BOy	,102	18			
Corrected Total	KETAy	,012	17			
	İOy	,001	17			
	BOy	,003	17			

a. R Squared = ,740 (Adjusted R Squared = ,631)

b. R Squared = ,378 (Adjusted R Squared = ,119)

c. R Squared = ,458 (Adjusted R Squared = ,232)

Piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği varyans analiz tablosuna bakıldığında KETA ve BO değerleri açısından iki ölçüm sistemi arasındaki fark önemli iken ($p < 0.05$), İO değeri için fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). İlerleme hızını dikkate alarak değerlendirdiğimizde ise KETA değerinin ilerleme hızı bakımından farkı önemli ($p < 0.05$), İO ve BO değerleri bakımından ise fark önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur. İlerleme hızı değişkenine göre, KETA bağımlı değişkeni alt grupları Post Hoc testte Tukey seçilerek bulunmuş ve sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. İlerleme hızına göre KETA değişkeni alt grupları

KETA_y			
Tukey HSD ^{a,b,c}			
İlerleme hızı	N	Subset	
		1	2
0.5	6	1,0716	
1.5	6	1,0755	1,0755
1	6		1,0993
Sig.		,912	,066

Çizelge 4.20’de, ayçiçeği tohumuna ait KETA değerlerinin ilerleme hızına göre değişimi incelendiğinde, her hız kademesinin KETA değişiminde aynı etkiye sahip olduğu görülmektedir.

4.3.4. Karpuz Tohumuna İlişkin Sonuçlar

Pnömatik hassas ekim makinasının, sıra üzeri tohum mesafesini belirlemek için geliştirilen piezoelektrik ölçüm yöntemi ile karpuz tohumu denemelerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.21’de verilmiştir. 3 Farklı hız kademesinde, 11.2 cm sıra üzeri mesafede ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilen yapışkan bant deneme sonuçları Çizelge 4.22’de yer almaktadır.

Çizelge 4.21. Karpuz tohumu piezoelektrik ölçme sistemi sonuçları

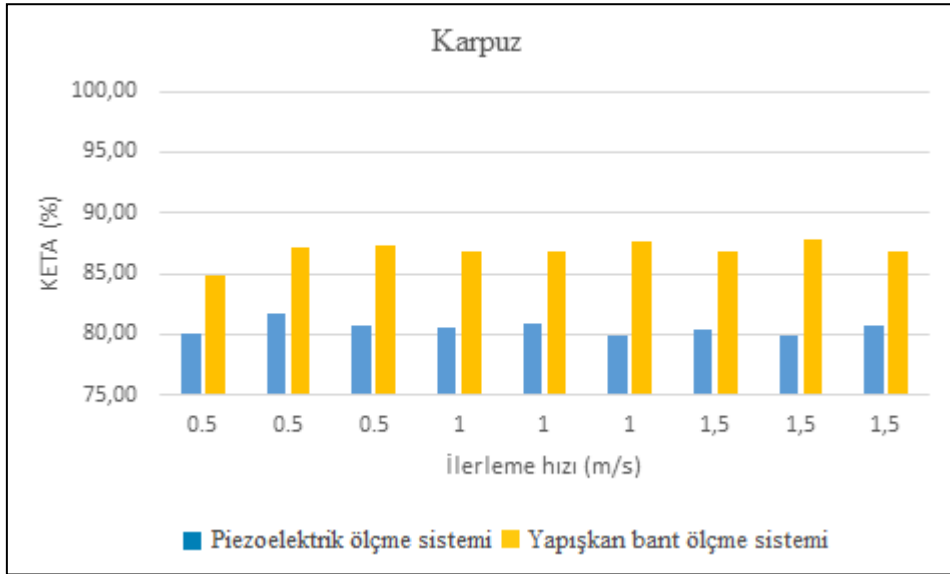
İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	80.05	5.45	14.50	35.82
	2	81.78	5.42	12.80	34.22
	3	80.77	5.12	14.11	35.56
Ort.		80.87	5.33	13.80	35.20
1	1	80.52	5.46	14.02	35.62
	2	80.87	5.32	13.81	34.65
	3	79.91	5.73	14.36	38.15
Ort.		80.43	5.50	14.06	36.14
1.5	1	80.32	5.90	13.78	35.47
	2	79.96	5.42	14.62	37.72
	3	80.72	5.20	14.08	35.45
Ort.		80.33	5.51	14.16	36.21

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi karpuz tohumuna ilişkin çalışmada en düşük KETA değeri %80.33 ortalama ile 1.5 m/s ilerleme hızında, en yüksek KETA değeri ise %80.87 ortalama ile 0.5 m/s’de elde edilmiştir. Karpuz tohumu piezoelektrik ölçme sistemi denemelerinde CV değerinin her hız kademesinde %30’un üzerine çıktığı saptanmıştır.

Çizelge 4.22. Karpuz tohumu yapışkan bant deneme sonuçları

İlerleme hızı (m/s)	Tekerrür	Kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) (%)	İkizlenme oranı (İO) (%)	Boşluk oranı (BO) (%)	Varyasyon katsayısı (CV) (%)
0.5	1	84.85	5.20	9.95	34.35
	2	87.17	4.50	8.33	31.22
	3	87.27	4.50	8.23	31.67
Ort.		86.43	4.73	8.84	32.41
1	1	86.77	4.00	9.23	33.17
	2	86.78	5.20	8.02	33.15
	3	87.72	4.57	7.71	31.23
Ort.		87.09	4.59	8.32	32.51
1.5	1	86.77	4.30	8.93	32.87
	2	87.78	5.11	7.11	31.26
	3	86.74	5.10	8.16	33.85
Ort.		87.10	4.84	8.07	32.66

Çizelgedeki bulgular incelendiğinde piezoelektrik ölçüm yöntemi ve yapışkan bant deneme düzeneği kabul edilebilir tohum aralığı ve varyasyon katsayısı değerleri arasında fark görülmektedir (Şekil 4.4). Yapışkan bant deneme sonuçlarında en yüksek KETA ortalama değeri %87.10 ile 1.5 m/s ilerleme hızında, en düşük KETA ortalama değeri %86.43 ile 0.5 m/s ilerleme hızında tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Karpuz tohumu piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant karşılaştırması

İki ölçüm sisteminin karşılaştırıldığı şekilden de görüldüğü gibi piezoelektrik ölçüm sonuçları, yapışkan bant deneme düzeneği ölçüm sonuçlarına göre düşük çıkmaktadır. Sonuçlar ArcSin transformasyonuna tabii tutulmuş ve normallik varsayım analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Karpuz tohumu için normallik varsayımı analiz sonuçları

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KETA _v	,263	18	,002	,783	18	,001
İO _v	,235	18	,010	,929	18	,185
BO _v	,252	18	,004	,810	18	,002
CV _y	,260	18	,002	,790	18	,002

a. Lilliefors Significance Correction

Çizelge 4.23 incelendiğinde karpuz tohumu deneme sonuçlarından normallik varsayımını sadece İO'nun (ikizlenme oranı) sağladığı görülmektedir. KETA ve BO normal bir dağılım göstermemektedir. Bu bulgular göz önüne alındığında varyans analizi sadece İO değerlerine uygulanmış ve Çizelge 4.24'de sonuçlar verilmiştir. KETA ve BO değerleri normal dağılım göstermediği için bu değerlere Mann Whiyney U testi uygulanmış elde edilen sonuçlar Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Karpuz tohumu İO değerleri varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: İOy

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,000 ^a	5	5,072E-005	3,214	,045
Intercept	,047	1	,047	2950,190	,000
ölçüm sistemi	,000	1	,000	15,096	,002
ilerlemehızı	7,109E-006	2	3,554E-006	,225	,802
ölçüm *	8,262E-006	2	4,131E-006	,262	,774
ilerlemehızı					
Error	,000	12	1,578E-005		
Total	,047	18			
Corrected Total	,000	17			

a. R Squared = ,573 (Adjusted R Squared = ,394)

Sadece İO için yapılan varyans analizinde iki ölçüm sistemi arasındaki fark önemli bulunurken ($p < 0.05$) ilerleme hızı açısından fark görülmemiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.25. Karpuz tohumu KETA ve BO değerleri Mann Whiyney U testi

Test Statistics^a		
	KETAy	BOy
Mann-Whitney U	,000	,000
Wilcoxon W	45,000	45,000
Z	-3,578	-3,576
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,000 ^b
a. Grouping Variable: alet b. Not corrected for ties.		
Test Statistics^a		
	KETAy	BOy
Mann-Whitney U	16,000	16,000
Wilcoxon W	37,000	37,000
Z	-,320	-,320
Asymp. Sig. (2-tailed)	,749	,749
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,818 ^b	,818 ^b
a. Grouping Variable: ilerlemehızı b. Not corrected for ties.		

Çizelge 4.25 incelendiğinde normal dağılım göstermeyen KETA ve BO değerlerine Mann Whiyney U testi uygulandığında piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant ölçüm sistemi arasındaki fark önemli çıkmaktadır ($p < 0.05$). İlerleme hızının için fark ($p > 0.05$) önemsiz bulunmuş yani karpuz tohumu ile çalışmada ilerleme hızının belli bir etkisi tespit edilmemiştir.

4.4. Zaman Etüdü

Piezoelektrik ölçme sisteminin performansını ortaya koyabilmek için laboratuvarında denemeler gerçekleştirilerek zaman etüdü yapılmıştır. Zaman etüdü için ölçümler yapışkan bant deneme düzeneği ve piezoelektrik ölçme sistemi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yapışkan bant deneme düzeneğine ve piezoelektrik ölçme sistemine ilişkin zaman etüdüne ilişkin değerler Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Yapışkan bant deneme düzeneği iş süreleri

Yapışkan Bant Deneme Düzeneği	Süre (s)		
	0.5 m/s	1 m/s	1.5 m/s
İlerleme Hızı			
Hazırlık	521.52	521.52	521.52
Tohum deposunun doldurulması	41.57	41.57	41.57
Bandın hazırlanması	486.16	486.16	486.16
Sistemin başlatılması	10.86	10.86	10.86
Sistemin çalışması	20	10	6.66
Sıra üzeri mesafelerinin ölçülmesi	456.57	456.57	456.57
Bandın temizlenmesi	420.6	420.6	420.6
Bilgisayara verilerin girilmesi	528.38	528.38	528.38
Verilerin hesaplanması	786.66	786.66	786.66
Bir deneme sonundaki toplam zaman	3272.32	3262.32	3258.98
3 Tekerrür sonundaki zaman	9816.96	9786.96	9776.94
Bandın gerilmesi	583.48	583.48	583.48
Toplam	10400.44	10370.44	10360.42

Çizelge 4.26 incelendiğinde; her hız kademesi için bandın dönüş süresinin farklı olduğu ve zaman etüdünün üç farklı ilerleme hızı için gerçekleştirildiği görülmektedir. Buna göre, sistemin çalışma süresi en uzun 20 s ile bandın 0.5 m/s ilerleme hızında kaydedilmiştir. Bunun dışında kalan tüm veriler üç hız kademesi için de aynıdır. Hazırlık aşaması, pnömatik hassas ekim makinasının traktöre bağlanma aşamalarını kapsamaktadır. Hazırlık aşaması ve ekim makinası tohum deposu doldurma aşaması için geçen zaman iki ölçme sistemi için de aynıdır.

Yapışkan bant deneme düzeneğinde; denemeler için banda arap sabunu sürülmesi 486.16 s ve sonrasında temizliği 420.6 s ile yapışkan bant ölçüm sisteminde zaman alan aşamalar olduğu görülmektedir. Bandı yapışkan hale getirmek için banda arap sabunu sürme işlemi bittiğinde, sistemi çalıştırmak için kontrol panosuna gidiş süresi 10.86 s olarak ölçülmüştür. Tohumların sıra üzeri mesafe ölçümü için geçen süre 456.57 s ölçülen mesafelerin bilgisayara aktarılması için geçen süre ise

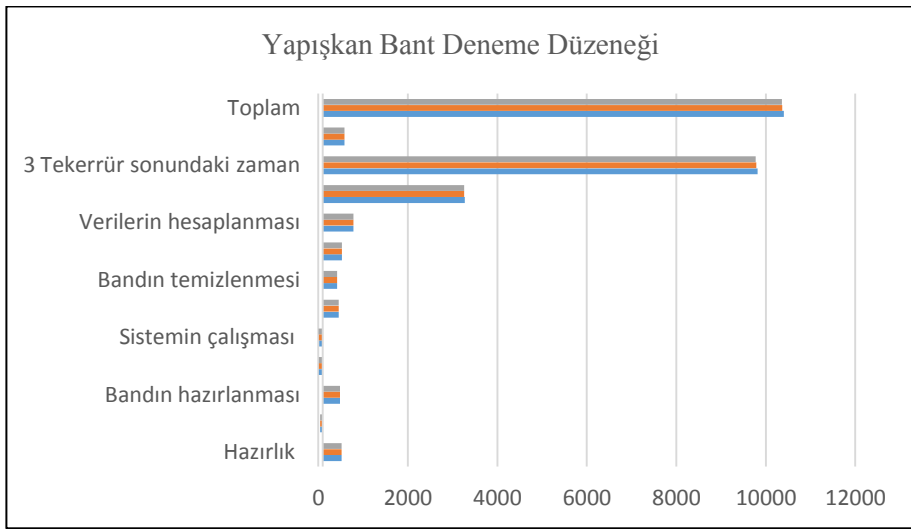
528.38 s'dir. Yapışkan bant deneme düzeneğinde en çok zaman alan aşamanın, bilgisayara aktarılan verilerin hesaplanması olduğu görülmektedir. Çalışmada, yapışkan bant deneme düzeneği ile denemeler üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. İlk deneme sonunda, 0.5 m/s hız için ölçülen toplam zaman 3272.32 s, üç tekerrür sonunda ölçülen toplam zaman ise 10400.44 s olarak saptanmıştır. Bandın uzamasından kaynaklanan sarkmanın giderilmesi amacıyla her üç tekerrür sonunda bandın gergeri miktarının artırılması gerekmiş ve bu işlem 583.48 s olarak ölçülmüştür. Üç tekerrür sonunda, yapışkan bant deneme düzeneği ile yapılan çalışma için gerekli toplam zaman 0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s ilerleme hızları için sırasıyla; 10400.44 s, 10370.44 s, 10360.42 s olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.27. Piezoelektrik ölçme sistemi iş süreleri

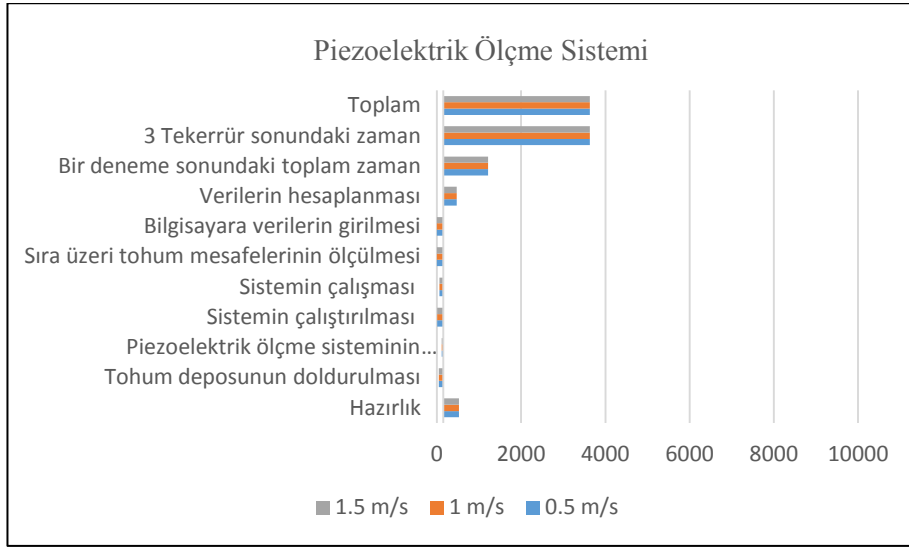
Piezoelektrik Ölçme Sistemi	Süre (s)		
	0.5 m/s	1 m/s	1.5 m/s
İlerleme Hızı			
Hazırlık	521.52	521.52	521.52
Tohum deposunun doldurulması	41.57	41.57	41.57
Piezoelektrik ölçme sisteminin hazırlanması	113.67	113.67	113.67
Sistemin çalıştırılması	7.15	7.15	7.15
Sistemin çalışması	60	60	60
Sıra üzeri tohum mesafelerinin ölçülmesi	0	0	0
Bilgisayara verilerin girilmesi	0	0	0
Verilerin hesaplanması	467.28	467.28	467.28
Bir deneme sonundaki toplam zaman	1527.76	1527.76	1527.76
3 Tekerrür sonundaki zaman	4583.28	4583.28	4583.28
Toplam	4583.28	4583.28	4583.28

Çizelge 4.27'de görüldüğü üzere; piezoelektrik ölçme sisteminde, pnömatrik hassas ekim makinasının traktöre bağlandığı hazırlık aşaması ve tohum deposunu doldurma işi için ölçülen zaman aynı olmaktadır. Piezoelektrik ölçme sisteminin denemeler için hazırlanması 113.67 s, sistemin çalışmaya başlaması için gerekli süre ise 7.15 s olarak ölçülmüştür. Sistem, ekim makinasının performansı için her üç hız kademesinde 60 s çalıştırılmıştır.

Piezoelektrik ölçme sisteminde, yapışkan bant deneme düzeneğinde olduğu gibi tohumların sıra üzeri mesafelerinin ölçülmesine ve bu verilerin bilgisayara tek tek girilmesine gerek olmamaktadır. Sistem, Audacity ses işleme programı ile kaydedilen ölçüm verilerini otomatik olarak wordpad uygulamasına aktarmaktadır. Verilerin hesaplanması için geçen zaman 467.28 s ve bir deneme sonunda geçen toplam zaman 1527.76 s'dir. Üç tekerrürlü gerçekleşen çalışma da tekerrürler sonunda geçen toplam zaman ise 4583.28 s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.5'de yapışkan bant deneme düzeneği ve piezoelektrik ölçüm sisteminin zaman etüt karşılaştırması görülmektedir.



Şekil 4.5. Yapışkan bant deneme düzeneği zaman etüdü



Şekil 4.6. Piezoelektrik ölçüm sistemi zaman etüdü

Şekil 4.5 ve 4.6 incelendiğinde, ekim makinalarının tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde kullanılan yapışkan bant düzeneğinin, piezoelektrik algılayıcı ölçüm sistemine göre zaman alıcı olduğu görülmektedir. Bandın hazırlığı, banda arap sabunu sürülmesi ve temizlenmesi, bant üzerindeki tohumlar arası uzaklıkların elle tek tek ölçülmesi ve verilerin bilgisayara tek tek girilmesi oldukça zahmetli olduğu ve zaman aldığı tespit edilmiştir. Yapışkan bant deneme düzeneği işlem aşamaları için geçen zamanın, piezoelektrik ölçüm sistemine göre 2.26 kat daha fazla zaman aldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü tespit edebilmek için halen en yaygın şekilde kullanılan yöntem olan yapışkan sonsuz bant yöntemine alternatif olabilecek piezoelektrik ölçme sisteminin, pnömomatik hassas ekici düzende, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde kullanılabilirliği ve uygulamaya aktarılabilirliği araştırılmıştır.

Piezoelektrik ölçme sistemi, piezo algılayıcı cisim, algılayıcı cismin bağlandığı plastik yüzey ve bilgisayardan oluşmaktadır. Piezoelektrik ölçme sistemi çalışma parametrelerinin belirlenebilmesi için ön deneme düzeneği oluşturulmuştur. Ön denemeler, bölmeli konveyör bandın 1 m/s hızında 7 farklı sıra üzeri mesafede, 2 farklı yüzey eğiminde, 3 farklı tohum düşme yüksekliğinde pamuk, mısır, karpuz ve ayçiçeği tohumları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ön demeler sonucunda, piezoelektrik ölçme sistemi en iyi sonuçları; piezonun bağlı bulunduğu yüzeyin 60 derece eğiminde ve ekici ünitenin 10 cm yüksekliğinde göstermiştir. Çalışma parametreleri belirlenen piezoelektrik ölçme sistemi ile pnömomatik hassas ekim makinasında denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemeler, 3 farklı hız kademesinde, pamuk, mısır, karpuz, ayçiçeği tohumları ile tesadüf parsellerinde 2x2 faktöriyel ile 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Piezoelektrik ölçme sisteminin etkinliğini ortaya koyabilmek için, tohumlar hareketli yapışkan sonsuz bant üzerine düşürülmüş ve ardışık tohumlar arası mesafe ölçülmüştür. Yapışkan bant deneme düzeneği ve piezoelektrik ölçüm sisteminden elde edilen verilerin sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğüne olan ilişkisi istatistiksel olarak ortaya koymak amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Her iki ölçüm sistemi süresince zaman ölçümleri yapılmış, elde edilen bulgular sonucunda aşağıdaki sonuç ve değerlendirmelere ulaşılmıştır.

- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün saptanması amacıyla geliştirilen piezoelektrik ölçme sistemi ile yapılan denemeler sonucunda piezoelektrik ölçüm sistemi en iyi performansı mısır tohumu için göstermiştir. Yapışkan bant deneme düzeneği ile yapılan kontrol denemesi sonucu; kabul edilebilir tohum aralığı, ikizlenme oranı, boşluk oranı ve ilerleme hızı değişkenlerinde istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Mısır tohumu için ilerleme hızı değişimi istatistiki olarak bir farklılık yaratmamış, her hız kademesi için KETA değeri %90'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Her iki ölçüm sistemi de en iyi KETA değerini 0.5 m/s ilerleme hızında vermiştir. Sonuç olarak, mısır tohumu için

pnömatik hassas ekim makinası sıra üzeri ekim mesafesinin belirlenmesinde piezoelektrik ölçüm sisteminin etkin bir şekilde kullanılabileceği görülmektedir.

- Pamuk tohumu sıra üzeri dağılım düzgünlüğünün piezoelektrik ölçüm sistemi ile belirlenerek elde edilen bulgularının yapışkan bant deneme düzeneği ile karşılaştırılması sonucu KETA ve İO değerleri arasında istatistiksel olarak farkın önemli olduğu ($p<0.05$), BO açısından ise farkın ($p>0.05$) önemsiz olduğu bulunmuştur. Pamuk tohumu ile çalışmada, ilerleme hızı değişimi KETA ve BO değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık yaratmıştır. 1 ve 1.5 m/s ilerleme hızlarındaki farklılık aynı etkiye sahip olup 0.5 m/s'ye göre daha yüksektir. İO değeri için ilerleme hızı değişimi fark oluşturmamıştır. Pamuk tohumu ile gerçekleştirilen denemede en düşük KETA değeri 0.5 m/s ilerleme hızında %88.19 olarak saptanmıştır. Hassas ekim makinalarında KETA değerinin %80'den az olmaması istenmektedir (İrla, 1983). Elde edilen bulgular neticesinde, pamuk tohumu için sıra üzeri tohum dağılımının belirlenmesinde piezoelektrik ölçüm sistemi kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

- Ayçiçeği tohumu kullanılarak gerçekleştirilen piezoelektrik ölçüm sistemi ile sıra üzeri dağılım düzgünlüğünün belirlendiği denemeler neticesinde KETA ve BO değerleri açısından iki ölçüm sistemi arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0.05$), İO değeri için ise farkın önemsiz ($p>0.05$) olduğu tespit edilmiştir. İlerleme hızı değişimi ayçiçeği tohumu için KETA değerinde fark oluşturmuş ($p<0.05$), ancak İO ve BO değerlerinde ise fark önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Tek dane ekim makinaları deney ilkelerinde de belirtildiği gibi KETA değeri %80'nin altında olması istenmeyen hassas ekim makinalarında, ayçiçeği tohumu ile çalışmada, en düşük KETA değeri %87.03 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak piezoelektrik ölçüm sisteminin ayçiçeği tohumu ile çalışmada kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

- Piezoelektrik ölçüm yönteminin karpuz tohumu ile gerçekleştirilen deneme sonuçlarında, sıra üzeri dağılım düzgünlüğü KETA değerlerinde %80'nin altına düşen değerler saptanmıştır. En düşük KETA değeri %79.91 ile 1 m/s ilerleme hızında tespit edilmiştir. KETA değerlerindeki düşüş ile birlikte CV değerlerinin de %30'un üzerine çıktığı belirlenmiştir. En yüksek KETA ortalama değeri 0.5 m/s ilerleme hızında %80.87, en düşük KETA ortalama değeri ise %80.33 ile 1.5 m/s ilerleme hızında saptanmıştır. Yapışkan bant deneme düzeneği yapılan kontrol

denemesinde ise KETA değeri %80'nin altına düşmemiş ancak en yüksek değer %87.78 olmuştur. Karpuz tohumu piezoelektrik ölçme sistemi denemelerinde CV değerinin ise % 30'un üzerine çıktığı saptanmıştır. Varyasyon katsayısının (CV) büyüklüğü, tohum dağılımındaki düzgünlüğün bozulduğunu göstermektedir (Özarslan vd., 1997; Yalçın, 1999). Kachman ve Smith (1995) ve Önal (2011), varyasyon katsayısı (CV) değerinin %29-30'dan az olmasını önermektedirler. Sonuç olarak karpuz tohumu ile çalışmada piezoelektrik ölçüm sistemi, yapışkan bant ölçüm sistemi değerlerine ulaşamamış ölçüm sistemi performansının uygun olmadığı saptanmıştır.

- Sıra üzeri dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde alternatif bir yöntem olarak tasarlanan piezoelektrik ölçüm yönteminin pamuk, mısır, ayçiçeği ve karpuz tohumları ile yapılan denemeler neticesinde, piezoelektrik ölçüm sisteminin mısır, pamuk ve ayçiçeği tohumları için kullanılabilir olduğu, karpuz tohumu için ise uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Karpuz tohumu ile yapılan deneme sonuçlarında ölçüm sistemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Karpuz tohumunda tespit edilen bu istatistiksel fark; tohum çeşidi ve özelliğinden kaynaklanabileceği, denemelerde ölçüm hatası olabileceği ya da pnömatik hassas ekim makinasının performansından kaynaklanabileceği düşüncesini akla getirmiştir. Ancak denemeler süresince meydana gelebilecek ölçüm hataları, laboratuvar ortamında, kontrollü çalışma koşullarında ön denemeler ile bertaraf edilmiştir. Tek dane ekim makinaları deney ilkelerinde, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün değerlendirilmesinde %90-95 değerleri arası ekim makinasını orta olarak sınıflandırmaktadır (Anonim, 1999). Denemeler kapsamında gerçekleştirilen yapışkan bant denemeleri neticesinde pamuk, mısır ve ayçiçeği tohumu için elde edilen en yüksek kabul edilebilir tohum aralığı ortalama değerleri sırasıyla %91.14, %92.14, %90.12 olarak bulunmuş, ekim makinasının orta sınıf ve kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

- Çalışmada pnömatik hassas ekim makinasının beklentileri sağlayacak şekilde çalıştığı ve ölçüm hatalarının ön denemeler ile bertaraf edildiği saptandıktan sonra karpuz tohumuna ilişkin sonuçların, tohumların farklı fiziksel özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmüş ve denemeler süresince kayıt altına alınan görüntüler incelenmiştir. Öngörüldüğü gibi farklı fiziksel özelliklere sahip tohumların, piezoelektrik algılayıcı cismin bağlı bulunduğu yüzeye düşerken de farklı hareket ettiği saptanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Tohumların hareketi

- Şekil 5.1 incelendiğinde mısır tohumunun, diğer tohumlara göre daha önce hareket ettiği ve neticesinde daha önce düşmeye başladığı görülmektedir. Pamuk ve ayçiçeği tohumu da mısır tohumunun ardından hareket ederken karpuz tohumunun hareketsiz durduğu görülmektedir. Bu durumun Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere fiziksel özelliklerin farklılığından kaynaklandığı, dört tohum çeşidi arasında mısır tohumunun en yüksek küresellik, bin dane ağırlığı, kritik hız değerine ve en düşük statik sürtünme katsayısı değerine sahip olması nedeniyle oluştuğu öngörülmektedir.
- Piezoelektrik ölçüm sistemi ve yapışkan bant deneme düzeneği arasındaki zaman tüketimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla her ölçüm sistemi için gerekli zaman tüketim değeri ölçülmüştür. Ölçüm sistemleri arasında toplam zaman tüketimi karşılaştırıldığında yapışkan bant deneme düzeneği için geçen toplam zamanın, piezoelektrik ölçüm sistemine göre 2.26 kat daha fazla zaman aldığı görülmektedir. Yapışkan bant deneme düzeneği için gerekli toplam zaman 0.5 m/s ilerleme hızında 10400.44 s ile en yüksek değerini alırken piezoelektrik ölçme sistemi ise tüm ilerleme hızları için 4583.28 s değerini almıştır. Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27 incelendiğinde, yapışkan bant deneme düzeneğinde bandın hazırlanması, banda arap sabunu sürülmesi ve temizlenmesi, bant üzerindeki tohumlar arası uzaklıkların elle tek tek ölçülmesi ve verilerin bilgisayara tek tek girilmesinin denemede en çok zaman alan işlem aşamaları olduğu görülmektedir.

Piezoelektrik ölçme sisteminin, zaman gereksinmesini azaltarak iş kolaylığı sağladığı ve daha kolay bir ölçüm yöntemi olduğu ortaya konmuştur.

- Yapışkan bant yönteminde işlem aşamaları çok fazla zaman kaybına neden olmasının yanı sıra işgücüne bağlı ve oldukça da zahmetlidir. Yapışkan bant deneme düzeneği ile çalışmada, çalışma ortam sıcaklığının ayarlanması yönündeki yetersizlik, bandın yapışkan hale getirilmesi, temizlenmesi ve tohumların ölçümünde sürekli eğilerek iş yapma zorunluluğu ve tohumların hareketini önlemek için banda sürülen arap sabunu, gres yağı gibi maddelerin çalışma koşullarını zorlaştırması uygun olmayan çalışma koşulları oluşturmaktadır. Bu olumsuz unsurlar, iş gücü performansını da olumsuz yönde etkilemektedir. Bir diğer yandan banda sürülen arap sabunu, gres yağı gibi yapışkan maddeler tohum sarfiyatına da neden olmaktadır. Piezoelektrik ölçme yönteminde ise deneme için kullanılan tohumlar başka hiçbir maddeyle temas etmemekte ve yeniden kullanılması sağlanabilmektedir. Özellikle hassas ekimde kullanılan tohumların daha pahalı olduğu düşünüldüğünde tohum sarfiyatı önemli bir etmen olmaktadır.
- Yapışkan bant deneme düzeneği, tohum sarfiyatına neden olması yanında ilk kurulum maliyeti de yüksek ve zahmetli bir ölçüm sistemidir. Piezoelektrik ölçüm sistemi ise kurulum ve montaj maliyeti ucuz ve aynı zamanda kurulumu da zahmetli bir işçilik gerektirmemektedir. Bu anlamda piezoelektrik ölçüm sistemi ekonomik avantajının yanında, zaman, materyal ve işgücünden de tasarruf sağlamaktadır.
- Hassas ekim makinalarının makina performansının araştırılmasında önemli bir faktör olan sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yapışkan bant deneme düzeneğinin fazla olan zaman ve işgücü gereksiniminin azaltılması hedeflenmiştir. Piezoelektrik ölçme sistemi sayesinde, hassas ekim makinasının, ekim düzgünlüğü daha kısa sürede tespit edilebilecek ve yapışkan sonsuz bant yöntemine göre daha rahat bir çalışma ortamı sağlanacaktır. Bunların yanında sistem, yapışkan sonsuz bant yöntemine göre daha basit elemanlarla oluşturulabilmekte ve sistem oluşturma maliyeti de daha düşük olmaktadır.
- Bu çalışmanın hayata geçirilmesi ile hassas ekim makinalarının ekim düzgünlüğünün belirlenmesinde yeni bir yöntem ortaya konmuştur. Piezoelektrik ölçme sistemi, diğer yöntemlere alternatif olmasının yanı sıra işgücü

gereksinmesini ve zaman tüketimini azaltarak iş kolaylığı sağlamakta ve bu sayede daha etkin ve kullanımı daha kolay bir yönteme ulaşılması hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen denemeler ile mısır, pamuk ve ayçiçeği tohumu ile çalışmada piezoelektrik ölçüm sistemi ile doğruluğu yüksek sonuçlar alınmıştır. Karpuz tohumu için elde edilen sonuçların, ileride yapılacak çalışmalarda, piezoelektrik ölçme sisteminin başarısını artırmaya yönelik düzenlemelere ışık tutması, ileride yapılacak çalışmalarda daha farklı fiziksel özelliklere sahip tohumlar ile çalışılması hataların önüne geçerek ölçüm sistemi başarısının yükselmesi yönünde olumlu katkı yapacağı düşünülmektedir. Piezoelektrik ölçüm sistemi, şu aşamada bilgisayar ve Microsoft Office programlarını kullanabilmeyi gerektirmektedir. Montajı ve bilgisayar ile kullanımı kolay olan piezoelektrik ölçüm yöntemi otomasyona da uygundur. İleride ölçüm sisteminin bu yönde geliştirilmesi, piezoelektrik ölçüm sisteminin ekim makinalarına montajını mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşımla piezoelektrik ölçme sisteminin farklı tohumlar ve farklı ekim makinaları içinde kullanılabilir olması umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Afacan, O., 2006. Piezoelectric power generation using heart motion, Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Alayunt, F.N., 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 541, İzmir.
- Anantachar, M., Kumar, P.G.V., Guruswamy, T. 2011. Neural network prediction of performance parameters of an inclined plate seed metering device and its reverse mapping for the determination of optimum design and operational parameters. **Computers and Electronics in Agriculture**, 72: 87–98.
- Anonim, 1999. Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metodları, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2013a. <http://elektrik.blogspot.com/2011/05/piezoelektrik-gelecegin-jeneratorleri.html>, Erişim tarihi: Eylül, 2013
- Anonim, 2013b. http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=4&SORU_ID=4967, Erişim tarihi: Eylül, 2013
- Anonim, 2014a. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/tarimalet.zul>, Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Erişim Tarihi: Ekim, 2014.
- Anonim, 2014b. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrik>, Erişim Tarihi: Ekim 2014.
- Anonim, 2014c. <http://electronicdesign.com/components/what-s-difference-between-piezoelectric-and-piezoresistive-components>, Erişim Tarihi: Ekim 2014.
- Anonim, 2014d. <http://www.ekilavuz.com/kilavuz/977c630288502bfb14/gaspardo/sp-pnomatik-hassas-ekim-makinasi/mibzer>, Erişim Tarihi: Ekim,2014.
- Anonim 2014e, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Audacity>, Erişim Tarihi: Ekim 2014
- Barut, Z.B., 1996. Farklı Tohumların Ekiminde Kullanılan Düşey Plakalı Hava Emişli Hassas Ekici Düzenin Uygun Çalışma Koşullarının Saptanması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

- Baryeh, E.A., 2002. Physical properties of millet. **Journal Food Engineering**. 51: 39-46.
- Buerano, J., Zalameda, J., Ruiz, R.S. 2012. Microphone system optimization for free fall impact acoustic method in detection of rice kernel damage. **Computers and Electronics in Agriculture**. 85: 140-148.
- Çolak, A., Acar, A.İ, Öztürk, R., Çilingir, İ., 1995. Ultrasonik Tohum Sayıcının Ekim Makinası Deneylerinde Kullanılabilme Olanakları, **Tarım Mekanizasyonu 16. Ulusal Kongresi**, (5-7 Eylül), Bursa.
- Deniz, C., 2007. Geniş Bantlı 3 MHz Ultrasonik Dönüştürücünün Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Dursun, İ. G., Dursun, E. 2000. Ekim Makinası Sıra Üzeri Tohum Dağılımının Görüntü İşleme Yöntemi İle Belirlenmesi. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 4: 21-28.
- Hosainpour, A., Komarizadeb, M.H., Mahmoudic, A., Shayesteh, M.G. 2011. High speed detection of potato and clod using an acoustic based intelligent system. **Expert Systems with Applications**, 38: 12101–12106.
- Irla, E., 1983. Vergleichsprüfung von Einzelkornsämaschinen und Granulstreuen. **Blätter für Landtechnik**. pp:1-11, Tanikon.
- Kachman, D.S., Smith, J.A. 1995. Alternative Measures Of Accuracy In Plant Spacing For Planters Using Single Seed Metering. **Transactions of the ASAE**, 38(2): 379-387.
- Karayel, D., 1998. Düşey Plakalı hava Emişli Bir Hassas ekim Makinasının Bazı Sebze Tohumları için Laboratuvar ve Tarla Koşullarında Sıra Üzeri Tohum Dağılım Değerlerinin Karşılaştırılması, Akdeniz Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Karayel, D., 2005. Hassas Ekimde Farklı Tip Gömücü Ayak ve Derinlik Ayar Sistemlerinin Ekim Kalitesine Etkisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- Karayel, D., Wiesehoff, M., Özmerzi, A., Müller, J., 2006. Laboratory Measurement of Seed Drill Seed Spacing and Velocity of Fall of Seeds

- Using High-Speed Camera System. **Computers and Electronics in Agriculture**, 50(2): 89-96.
- Karayel, D., 2007. Ekim Makinası Denemelerinde Kullanılan Optik Algılayıcı ve Kameralı Ölçme Sistemlerinin Karşılaştırılması. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 3(1):59-64.
- Karimi, H., Navid, H., Mahmoudi, A. 2012. Detection Of Damaged Seeds In Laboratory Evaluation Of Precision Planter Using İmpact Acoustics And Artificial Neural Networks. **Artificial Intelligence Research**, 1(2): 67-74.
- Kayri, M., 2009. Araştırmalarda Gruplar Arası Farkın Belirlenmesine Yönelik Çoklu Karşılaştırma (Post-Hoc) Teknikleri. **Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 19(1): 51-64.
- Keskin, R., Erdoğan, D., 1992. Tarımsal Mekanizasyon, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:1254 Ankara.
- Koç, C., 2002. Piezoelektrik Yöntemle Verdi Ölçüm Sisteminin Tasarımı, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Köksal, Ö., 1995. Development of a piezoelectric tool actuator for turing applications, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Lan, Y., M.F. Kocher and J.A. 1999. Smith, Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 72 (1): 119–127.
- Mohsenin, N.N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- Navid, H., Ebrahimian, S., Gassemzadeh, H.R., Mousavi, M.J. 2011. Laboratory evaluation of seed metering device using image processing method. **Australian Journal of Agricultural Engineering**, 2(1): 1-4.
- Okopnik D.,ve Falate R. 2014. Usage of the DFRobot RB-DFR-49 Infrared Sensor to detect maize seed passage on a conveyor belt. **Computers and Electronics in Agriculture**, 102: 106-111.
- Önal, O., Önal, İ., 2009. Development of a Computerized Measurement System for in-Row Seed Spacing Accuracy. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 33: 99-109.

- Önal, İ., 2011, Ekim Bakım Gübreleme Makinaları (IV. Basım), Ege Üniversitesi , Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No.490, İzmir.
- Önal, İ., Değirmencioğlu, A., Yazgı, A., 2012. An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiments. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 36: 133-134.
- Özarlan, C., Coşkun M.B., Yalçın, İ., 1997. Prototip Sarımsak Dikim Makinalarının Performanslarının Belirlenmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi** (17-19 Eylül), pp. 932-944, Tokat.
- Özarlan, C., 2002. Physical properties of cotton seed. **Biosystems Engineering**, 83(2): 169-174.
- Özbek, İ.Y., Boydaş, M.G., Kara, M., Demir, B., 2012. Low cost measurement setup based on a piezoelectric microphone for estimating apple bruising using Shannon entropy. **Postharvest Biology and Technology**. 98: 23-29.
- Özer, A., 2007. Normallik Testlerinin Karşılaştırılması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Singh, R.C., Singh, G., Saraswat, D.C., 2005. Optimisation of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds. **Biosystems Engineering**, 92(4) :429-438.
- Taşer, Ö.F., 1997. Sıra Üzeri Tohum Dağılımının Fotosel Algılama Yöntemi ile ve Bilgisayar Destekli Saptanabilmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi** (17-19 Eylül), pp. 444-456, Tokat.
- Tozan, M., Önal, İ., Zender, F.N., 1990. Çift Sıralı Ekim Tekniği ve Uygulama Olanakları. **4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiri Kitabı** (1-4 Ekim), pp. 222-231, Adana.
- Uçucu, R. 1982. Buğday ve Arpa Hasat-Harmanında Uygulanan Değişik Tesislerin Ege Bölgesi Koşullarında İş Başarıları, İşgücü Gereksinimleri ve Maliyetleri. Doçentlik Tezi. E.Ü. Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Üçer N., Kılıçkan A. ,Yalçın İ. 2010. Effects of moisture content on some physical properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. **African Journal of Biotechnology** 9(24): 3555-3562.

- Yalçın, İ., 1999. Değişik Toprak İşleme ve Pamuk Ekim Tekniklerinin Aydın Yöresi Koşullarına Uygulama Olanakları, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Yalçın, İ., Özarslan, C. 2004. Physical properties of vetch seed. **Biosystems Engineering**, 88(4): 507-512.
- Yazgı, A., Değirmencioglu, A. 2007. Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate. **Measurement**, 56: 128-135.
- Yazgı, A., 2010. Vakumlu Tek Dane Ekimde Optimizasyon Ve Makina Performansının Matematiksel Modellemesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Yazgı, A., 2013. Pnömatik Tek Dane Ekim Makinalarında Ekici Plaka Konumunun Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzensizliğine Etkisi. **Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi**, 50(3): 251-260
- Yiğit, K., 2006. Ekim Makinalarında Elektronik Tabanlı Tohumlar Arası Uzaklık Ölçme Sistemi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Yurdusever, E., 2006. Hassas Ekim Makinalarında İlerleme Hızının Farklı Küresellik Katsayısındaki Tohumların Dağılımı Üzerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Necmiye ÜÇER

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli-1980

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Ege Üniversitesi Tarım Teknolojisi Bölümü
Tarım Makinaları Alt Programı (2003).

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Tarım Makinaları
A.B.D. (2007).

Doktora Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Tarım Makinaları
A.B.D. (2015).

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Saraçoğlu T., Üçer N., Özarslan C., Selected Geometric Characteristics, Hydrodynamic Properties, and Impact Parameters of Quince Fruit (*Cydonia vulgaris Pers.*), *International Journal of Food Properties*, 15(4) p: 758-769, 2012.

Saraçoğlu T., **Apaydin N.**, Özarslan C., Engineering Properties and Susceptibility to Bruising Damage of Table Olive (*Olea europaea*) Fruit, *International Journal of Agriculture & Biology*, 13(5) p: 801-805, 2011.

Üçer N., Kılıçkan A., Yalçın İ., Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of Red Pepper (*Capsicum Annuum L.*) Seed, *African Journal of Biotechnology*, 9(24) p: 3555-3562, 2010.

Kılıçkan A., Üçer N., Yalçın İ., Some Physical Properties of Spinach (*Spinacia oleracea L.*) Seed, *African Journal of Biotechnology*, 9(5) p: 648-655, 2010.

Kılıçkan A., Üçer N., Yalçın İ., Moisture-dependent Physical Properties of Black Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed, *Scientific Research and Essays*, 5(16) p: 2226-2233, 2010.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

Yalçın İ., Kılıçkan A., Üçer N., Some Physical Properties of White Pepper (*pipper nigrum* L.), 1st International Congress on Food Technology, Antalya, 2010.

Apaydın, N., Coşkun. M.B. Determination of the Drying Behaviour of a Fig Dried in a Solar Dryer with Natural Convection, 10. International Congress on Mecanization and Energy in Agriculture, p: 888-892, Antalya, 2008.

Yalçın, İ., Özarslan, C., **Apaydın, N.**, Analysis of Soil Crust in Cotton Farming in Terms of Agriculture Machinery Management 10. International Congress on Mecanization and Energy in Agriculture, p: 670-674, Antalya, 2008.

Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Saraçoğlu T., Üçer N., Özyılmaz Ü., Özarslan C., “Satsuma Mandarin (*Citrus Unshiu* Marc.) Çeşidinin Sıçrama Özellikleri” *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* ,7,1, s: 87-93, 2010.

Üçer, N., Yalçın, İ., “Ekim Makinalarında Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünün Belirlenmesinde Kullanılan Ölçme Yöntemleri” *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi* 5, 2, s: 87-95, 2008.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan, bildiri kitabında basılan ve tam metni yayımlanan poster bildiriler

Yalçın İ., Saraçoğlu T., Topuz N., Üçer N., Aydın İli Sofralık Zeytin İşleme Tesislerinde Yapısal Durumun Belirlenmesi, 26.Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Poster 2010.

Kılıçkan A., Üçer N., Yalçın İ., Pamuk Üretiminde Sırta Ekim Yöntemi ve Makinalı Hasat, 26. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Hatay, Poster, 2010.

Kılıçkan A., **Üçer N.**, Coşkun M.B., Ürün Depolanmasında Atmosfer Kontrollü Depoların Kullanımı, 26. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Hatay, Poster, 2010.

Saraçoğlu T., **Üçer N.**, Özarslan C., Yabani ve Limon Çeşidi Ayva Meyvelerinin Bazı Fiziksel ve Hidrodinamik Özelliklerinin Belirlenmesi, 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Hatay, Poster, 2010.

Apaydın, N., Doğan Ö.İ., İşletmelerde Enerji Yönetimi Ve Verimliliğe Etkisi, 8. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, sunulu bildiri, İstanbul 2008.

Apaydın, N., Coşkun. M.B. Determination of the Drying Behaviour of a Fig Dried in a Solar Dryer with Natural Convection 10. International Congress on Mecanization and Energy in Agriculture, p: 888-892, Antalya, 2008.

Yalçın, İ., Özarslan, C., **Apaydın, N.**, Analysis of Soil Crust in Cotton Farming in Terms of Agriculture Machinery Management” 10. International Congress on Mecanization and Energy in Agriculture, p: 670-674, Antalya, 2008.

Yüksek Lisans Tezi

Aydın Yöresinde İncir Kurutmada Kullanılacak Olan Doğal Akımlı Bir Güneş Enerjili Kurutucunun Modellenmesi.

Doktora Tezi

Piezoelektrik Ölçme Sistemi İle Hassas Ekici Düzende Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzensizliğini Belirleme Olanakları.

Sunulan Doktora ve Yüksek Lisans Seminerleri

Bulanık Mantık ve Tarımda Uygulama Olanakları (2008)

Ekim Makinaları Denemelerinde Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzensizliğünün Belirlenmesinde Kullanılan Ölçme Sistemleri (2008)

Güneş Enerjili Kurutma Sistemleri (2006)

PROJELER

Yalçın, İ., Üçer, N., Piezoelektrik Ölçme Sistemi İle Hassas Ekici Düzendeki Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünü Belirleme Olanakları, ADÜ Bilimsel Araştırma Projeleri, FBE-09017.

Topuz N., Özarslan 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 : İzmir Tarım İl Müd. (2011-halen devam ediyor).

: Araştırma Görevlisi Adnan Menderes Üniversitesi
Tarım Makinaları Bölümü, (2005-2011).

İLETİŞİM

E-posta Adresi : necmiyeapaydin@yahoo.com

Tarih : 03.02.2015