

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK
İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ**

Ali AKTAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANSTEZİ

AĞUSTOS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK
İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ**

Ali AKTAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞUSTOS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK
İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ**

**Ali AKTAŞ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANSTEZİ**

**Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından
FYL-2018-3153 nolu proje ile desteklenmiştir**

AĞUSTOS 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK
İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ

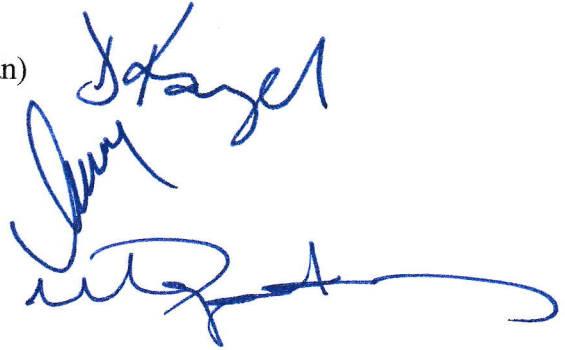
Ali AKTAŞ
TARIM MAKİNALARI
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 31/08/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Davut KARAYEL (Danışman)

Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI



ÖZET

TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Ali AKTAŞ

**Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Davut KARAYEL

Ağustos 2018; 27 sayfa

Kesintisiz sıravari ekim yapan mekanik tahıl ekim makinalarında tohumlar, tohum borusu içerisinde tamamen yerçekimi etkisiyle tesadüfi olarak hareket etmektedirler. Tohumların tohum borusu içerisindeki yörüngeleri farklı olduğu için düşme süreleri de farklı olmaktadır. Dolayısıyla tohum akışı ekici düzenden ne kadar düzenli başlarsa başlasın tohum borusunda bozulmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, tohum borusu içerisinde bozulan tohum akışının, tohumlar çiziye yerleştirilmeden hemen önce daha düzenli hale getirilebilmesi için yeni bir tohum borusu geliştirilmiştir. Bu amaçla geleneksel tohum borusunun uç kısmına, içerisine helezon yerleştirilen boru monte edilerek tohumların tohum borusunu terk etmeden hemen önce helezon üzerinde hareket etmesi, dolayısıyla akışının düzenlenmesi ve çiziye düşme hızının azaltılması hedeflenmiştir.

Geliştirilen tohum borusu, SW 3D parametrik katı modelleme yazılımında kinematik analiz ile tohumların tahıl ekim makinasında ekici düzenden düştükleri yükseklikler dikkate alınarak; tohum borularının üç farklı eğiminde (yatayla 70°, 80°, 90° açılarda), tohum borusu içine yerleştirilen helezonun üç farklı yüksekliğinde (100, 150, 200 mm) ve helezonun üç farklı hatve boyutunda (28, 32 ve 36 mm) denenmiş ve en iyi sonucun elde edildiği boyutlardaki tohum borusu seçilmiştir. Seçilen helezonlu tohum borusu 3D yazıcıdan imal edilerek 20 kg/da ekim normunda ekici makaranın 10 min⁻¹ dönü hızında laboratuvar, 20 kg/da ekim normu ve 1 m/s ilerleme hızında tarla denemelerine tabi tutulmuştur. Laboratuvar denemelerinde tohum akışı yüksek hızlı kamera ile 240 fps kayıt hızında kayıt edilip peş peşe düşen tohumlar arası süre ve tohumların tohum borusundan çıkış hızları belirlenmiş ve bu değerlerin ortalaması, standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Laboratuvar denemelerinde normal tohum borusunun %168.13 olan sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı helezonlu tohum borusu ile %79.02'ye, tarla denemelerinde ise normal tohum borusunun sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı %118.36'dan %77.2'ye kadar azaltılmıştır. Arazi denemelerinde normal tohum borusu ile ekimde 1.52 cm olan ortalama sıradan sapma değeri helezonlu tohum borusu ile 0.86 cm'ye kadar azalmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Buğday, Ekim, Ekim makinası, Helezon, Tohum borusu, Tahıl, Tohum dağılım düzgünlüğü

JÜRİ: Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI



ABSTRACT

DEVELOPING A NEW SEED TUBE DESIGN TO IMPROVE SEED DISTRUBITION UNIFORMITY OF SEED DRILLS

Ali AKTAŞ

MSc. Thesis in, Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Davut KARAYEL

August 2018; 27 pages

Seeds drop from seed tubes with the effect of gravity for seed drills (uninterrupted row drills). Because trajectory of seeds in seed tube is different, dropping period of seeds is different. Whatever the regular seed flow starts from seed metering unit it becomes irregular flow while dropping in seed tube.

This study is prepared to arrange the seed flow in seed tube just before dropping to furrow with the designing the new seed tube. For this reason, a tube including helicoids will be assembled with a conventional seed tube and seeds will flow on helicoids and therefore uniformity of seed flow will increase and falling speed of seeds to furrow will decrease.

The developed seed tube was analyzed by kinematic analysis in SW 3D parametric solid modeling software. Designed seed tube was tested at the three heights of helicoids screw (100, 150, 200 mm), three pitch of helicoids (28, 32 ve 36 mm) and three slopes of seed tubes (horizontal angels of 70°, 80°, 90°), the best seed tube dimension was selected according to results of kinematic analysis. The selected seed tube was manufactured from 3D printer and subjected to laboratory and field tests at the speed of metering roller 10 min⁻¹ and a seeding rate of 20 kg/da. In laboratory experiments seed flow was recorded with a high speed camera at a recording speed of 240 fps and the duration between succesive seeds and falling speed of seeds were determined and the mean, standard deviation and coefficient of variation values of these values were calculated. The coefficient of variation of 168.13% of the normal seed tube was decreased to 79.02% when the helix seed tube used. In the field experiments, coefficient of variation of 118.36% of the normal seed tube was decreased to 77.2% when the helix seed tube used. In the field experiments, the standard deviation of seed scattering decreased from 1.52 cm to 0.86 cm with the helicoid seed tube.

KEYWORDS: Grain, Helicoid, Seed tube, Seed distribution uniformity, Seed drill, Seeding, Wheat

COMMITTEE: Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI



ÖNSÖZ

Ekim işlemi, bitkisel üretim amacıyla ana bitkiyi oluşturacak tohumları tohum yatağına bitki isteklerine uygun yatay düzlemdeki bir dağılımla belirli bir derinliğe yerleştirme ve üzerini kapatma işlemidir.

Mibzer olarak da adlandırılan kesintisiz sıravari ekim yapan, mekanik tahıl ekim makinaları tarlada açılan çizilere tohumu bir sıra üzerinde olacak şekilde, kesintisiz biçimde yerleştiren makinalardır.

Kesintisiz sıravari ekim yapan mekanik tahıl ekim makinaları ülkemizde yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu makinaların tohum dağılım düzgünlüğü oldukça kötüdür. Ekici düzenden tohumlar ne kadar düzgün bir şekilde bırakılırsa bırakılsın tohumların tohum borusu içerisindeki hareketleri sonrası arazi yüzeyindeki tohum dağılımı bozulmaktadır.

Bu çalışmada kesintisiz sıravari ekim yapan mekanik tahıl ekim makinalarının tohum dağılım düzgünlüğünün düşük maliyetli ve basit bir yöntemle iyileştirilmesi, mevcut kullanımda olan makinalara da uygulanabilmesi amacıyla tohum dağılım düzgünlüğünün tohum borusu içinde düzenlenmesi üzerine yoğunlaşmış ve helezonlu tip yeni bir tohum borusu geliştirilmiştir.

Bu çalışmanın, bu konuda çalışanları bilgilendirmesi, bu konudaki sorunların çözümüne ve ülkemiz tarımına katkı sunması en büyük temennidir.

İÇİNDEKİLER

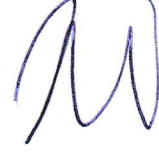
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Kauçuk Veya Plastik Tohum Boruları	4
2.2. Metal Tohum Boruları	5
2.2.1. Hunili tohum boruları	5
2.2.2. Helezonlu tohum boruları	5
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1. Bilgisayar Ortamındaki Tasarım Geliştirme Ve Analizler	9
3.2. Laboratuvar Denemeleri	12
3.2.1. Laboratuvar denemelerinde kullanılan araç ve gereçler	14
3.3. Tarla Denemeleri	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	18
4.1. Bilgisayar Analizi Sonuçları	18
4.2. Laboratuvar Denemeleri	21
4.3. Tarla Denemesi Sonuçları	22
5. SONUÇLAR	25
6. KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tahıl Ekim Makinalarının Tohum Dağılımını İyileştirmek İçin Yeni Bir Tohum Borusu Tasarımının Geliştirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

31/08/2018

Ali AKTAŞ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	: Santimetre
da	: Dekar
fps	: Saniyedeki görüntü sayısı
g	: Gram
ha	: Hektar
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre
Pa	: Pascal
s	: Saniye

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Köller ve Müller (1996) tarafından tohum akışını düzenlemek için geliştirilen V kanallı gömücü ayak.....	8
Şekil 3.1. (a) Bilgisayar ortamında tasarlanan helezonlu tohum borusu tasarımı (b) Helezonlu tohum borusunun teknik resmi.....	9
Şekil 3.2. (a) Bilgisayar ortamında tasarlanan buğday tohumu tasarımı (b) Buğday tohumu tasarımına ait değerler.....	10
Şekil 3.3. (a) Bilgisayar analizlerinde tohumların tohum borusu içinde konumlandırılmasına ait perspektif görünüş (b) Bilgisayar analizlerinde tohumların tohum borusu içinde konumlandırılmasına ait üstten görünüş.....	11
Şekil 3.4. Helezonlu tohum borusunun ekim makinası üzerindeki konumu.....	12
Şekil 3.5. 3D yazıcı kullanılarak imal edilen helezonlu tip tohum borusu.....	13
Şekil 3.6. Laboratuvar ve tarla denemelerinde kullanılan tahıl ekim makinası.....	14
Şekil 3.7. Laboratuvar denemelerinde kullanılan ekim makinası test düzeneği.....	15
Şekil 4.1. Bilgisayar ortamındaki analizlerde tohumların tohum borusunu terk edişlerine ait görüntü.....	18
Şekil 4.2. Bilgisayar ortamındaki analizlerde 90° açı ile konumlandırılmış tohum borusunda tohumun hız zaman grafiği.....	18
Şekil 4.3. Helezonlu tohum borusunda sıra üzerindeki her 2.5 cm uzunluktaki tohum sayılarının yüzde oranı.....	23
Şekil 4.4. Normal tohum borusunda sıra üzerindeki her 2.5 cm uzunluktaki tohum sayılarının yüzde oranı.....	23
Şekil 4.5. (a) Helezonlu tohum borusu yaşam alanları (b) Normal tohum borusu yaşam alanları.....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Bilgisayar ortamında tasarlanan dokuz adet helezonlu tohum borusuna ait teknik özellikler.....	9
Çizelge 3.2. Buğday tohumuna ait tasarım parametreleri.....	10
Çizelge 3.3. Analizlerde kullanılan dizüstü bilgisayara ait özellikler.....	11
Çizelge 3.4. Denemelerde kullanılan buğday tohumuna ait ortalama değerler.....	13
Çizelge 3.5. Fotoğraf makinasına ait özellikler.....	15
Çizelge 4.1. Bilgisayar ortamında helezonlu tohum borusunun tohum düşme hızına etkisi.....	19
Çizelge 4.2. Bilgisayar ortamında helezonlu tohum borusundan peş peşe düşen tohumlar arasındaki süreler	20
Çizelge 4.3. Helezonlu tip tohum borusunun sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğüne etkisi.....	21
Çizelge 4.4. Helezonlu tip tohum borusunun tohumun düşme (çıkış) hızına etkisi.....	21
Çizelge 4.5. Tarla koşullarında helezonlu tip tohum borusunun sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğüne etkisi.....	22
Çizelge 4.6. Helezonlu tip tohum borusunun bitki yaşam alanına etkisi.....	24

1. GİRİŞ

Ekim işlemi, bitkisel üretim amacıyla ana bitkiyi oluşturacak tohumları tohum yatağına bitki isteklerine uygun yatay düzlemdeki bir dağılımla belirli bir derinliğe yerleştirme ve üzerini kapatma işlemidir. Ekim yöntemleri genel olarak serpmeye, banda ve sıraya ekim olmak üzere üç grup altında toplanabilir. Serpme ekimde tohumlar tarla yüzeyinin %100'üne dağıtılırken, banda ekimde %50'sine, sıraya ekimde ise %10'una dağıtılır (Özmerzi 1996). Ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada insanlığın ana beslenme maddesi olan tahıllar, on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar hemen hemen tamamen elle serpilerek ekilirdi. Tarla yüzeyine el ile dağıtılan tohumlar daha sonra tırmıklar kullanılarak kapatılırdı. Günümüzde halen, ülkemizin bazı bölgelerinde santrifüjlü gübre dağıtma makineleri kullanılarak serpmeye ekim uygulamaları görülse de kolay uygulanabilmesi ve güvenilir olması nedeniyle sıraya ekimin büyük oranda serpmeye ekimin yerini aldığı söylenebilir.

Sıraya ekim yöntemi; kesintisiz sıraya ekim, banda ekim, şeritsel ekim, dar sıra ekim, çapraz ekim, hassas ekim ve ocaklara ekim şeklinde uygulanabilir. Bitkinin yaşam alanı ihtiyacı ekim yönteminin seçiminde önemli bir etmendir. Kesintisiz ekim yönteminde tohumlar 15-20 cm aralıklı paralel sıralar üzerine bırakılır. Tohumlar sıra üzerine kesintisiz akış şeklinde yerleştirilir ve aralarındaki uzaklıklar gelişmiş güzel bir dağılım göstermektedir. Tohumların kapatılması doğal toprak akışı ve çizileri açan ayakların arkasına bağlanmış olan zincir ya da tırmıklarla yapılır. Tahılların sıraya ekiminde bu yöntem kullanılmaktadır.

Genellikle “mibzer” olarak adlandırılan tahıl ekim makineleri, tarlada açılan çizilere tohumu bir sıra üzerinde olacak şekilde yerleştiren makinelerdir. Tahıl ekim makineleri, tohumların kesintisiz sıraya ekim yöntemiyle ekilmesine uygundur. 19. yüzyılın ortalarına doğru İngiltere’de daha çok tahıl ekimi için geliştirilmiş makinelerdir. Bu makinelerle aynı zamanda baklagil, şeker pancarı, yem bitkileri, ayçiçeği gibi bitkilerin tohumları da ekilebilmektedir. Ancak günümüzde ekim makineleri alanında görülen gelişmeler sayesinde şeker pancarı, ayçiçeği, pamuk gibi her ürüne özgü ekim makinelerinin gelişmesine paralel olarak bu makineler yalnızca tahıl ekiminde kullanılmaya başlanılmıştır. Tahıl ekim makinelerinde olduğu gibi ekim makinelerinin tipi ve yapısı ne olursa olsun makina esas itibarıyla tohum deposu, ekici düzen, tohum borusu, gömücü ayak, hareket iletim düzeni, kaldırma düzeni, şase, tekerlekler ve kapatma düzeninden oluşmaktadır (Erol ve Dursun 1998). Ülger vd. (1996)’ya göre sıraya ekim yapan makinelerin, bölge ve tarla koşullarına uygun ekim yapabilmesi için tarım tekniği, işletmecilik ve yapım özellikleri bakımından birtakım özellikler içermesi istenmektedir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Oluşturulan ekim sıraları birbirine eşit uzaklıkta olmalı,
- Her sıraya atılan tohum miktarı eşit olmalı,
- Ekici düzenler tarafından atılan tohum miktarı belirli bir ayar için tüm ekim süresince değişmemeli,
- Tohumlar sıra üzerinde düzgün dağılmalı ve bu durum ekim normuna uygun olmalı,
- Tohumlar ekim süresince istenilen derinliğe eşit olarak bırakılmalı,
- Ekim sırasında, tohumun üreme yeteneğini yok eden mekanik zedelenme

- oluşmamalı,
- Makina istenilen ekim normları ve ekim derinliklerine göre ayarlanabilmeli,
- Tohum sandığı ve ekici düzenler ekimden sonra kolaylıkla boşaltılabilir ve temizlenebilir olmalıdır.

Bir ekim makinasının ekim düzgünlüğü bitkilerin tarla filiz çıkışını, gelişimini ve sonuç olarak verimini etkileyen önemli bir faktördür. Toprak işleme, gübreleme, bitki koruma gibi üretimi arttırıcı etmenlerin yanında düzgün bir yaşam alanı sağlamak suretiyle verimde artış sağlanabilmektedir (Önal 2006). Ekim işleminde, tohumların toprak içerisindeki dağılımı yatay ve düşey dağılım şeklinde ifade edilir. Ekimde düzgün bir yatay düzlem tohum dağılımının sağlanmasında ekici düzenler birinci derecede etkilidir. Ancak; ekici düzen tarafından hareketlendirilen tohumların toprak içine yerleştirilene kadar oluşacak aksaklıkların da ekim kalitesi ve başarısı üzerine etkili olduğu dikkate alınmalıdır. Bir ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi bitkiler arasındaki rekabeti azaltarak verimi arttıracaktır. Yatay düzlemdeki tohum dağılım düzgünlüğüne, tohumların sıra üzeri uzaklık dağılımı yanında çizi ekseninden sapma miktarları da etkilidir. Bir bitkinin sıra üzeri ve sıra arası uzaklığı o bitkiye düşen yaşam alanını belirlemektedir. Teorik olarak hedeflenen sıra arası ve sıra üzeri uzaklıklardan sapma miktarları ise bitkinin yatay düzlemdeki ekim düzgünlüğünü oluşturmaktadır.

Ekim işleminde tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi, her bir tohuma düşen yaşam alanının birbirine daha yakın olmasına ve böylece verimin artmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanında, komşu tohumlar arası boşlukların azalmasıyla yabancı otların bastırılmasına yardımcı olmaktadır. Buna rağmen geleneksel tahıl ekim makinalarında tohum dağılım düzgünlüğü çok iyi değildir. Müller ve Köller (1996)'ya göre geleneksel tahıl ekim makinalarında ekim sonrası tohumlar üstel (exponential) bir dağılım göstermektedir. İstenen sıra üzeri uzaklıkta ekilen tohumların oranı çok düşük olmaktadır. Araştırmacılar tarafından mekanik tahıl ekim makinaları ile buğday ekimi sonrası sıra üzeri tohum aralıkları ölçülmüş ve bu uzaklıkların varyasyon katsayısının %100 ile %110 arasında olduğu, tohumların sıra üzeri uzaklıklarındaki sapmanın ortalama sıra üzeri uzaklıktan fazla olduğu belirlenmiştir. Buğday tohumu ile 300 kg/ha ekim normu ile yapılan ekim işleminde ortalama sıra üzeri mesafe 20 mm iken, sıra üzeri uzaklığın standart sapması 22 mm olarak gerçekleştiği bunun temel nedeninin de tohumların tohum borusu içerisindeki akışının olduğu vurgulanmıştır.

Daha iyi bir tohum dağılımı sağlanabilmesi için istenilen sıra üzeri uzaklıkta ekilen tohumların oranı arttırılmalıdır. Kesintisiz sıravari ekim yapan tahıl ekim makinalarında tohum dağılımının kötü olmasının temel nedeni tohumların tohum borusu içerisindeki hareketidir. Mekanik tahıl ekim makinalarında ekici üniteler tarafından hareketlendirilip tohum borusuna bırakılan tohumlar, tohum borusu içerisinde tamamen yerçekimi etkisiyle tesadüfi olarak hareket ederler. Tohumların tohum borusu çeperine çarpma sayıları ve izledikleri yörünge farklı olduğu için düşme süreleri de farklıdır ve dolayısıyla tohum akışı bozulmaktadır. Bunun sonucunda da tohum borusunu terk ederek toprağa yerleştirilen tohumların sıra üzerindeki dağılımları iyi değildir. Sonuç olarak ne kadar iyi bir ekici ünite ile çalışılırsa çalışılsın tohumların tohum borusu içerisindeki tesadüfi hareketleri tohum akışını bozmaktadır.

Bu nedenle bu çalışma kapsamında, tohum borusu içerisinde bozulan tohum akışının tohumlar çiziye yerleştirilmeden hemen önce daha düzenli hale getirilebilmesi için yeni bir tohum borusu geliştirilmiştir. Geliştirilen helezonlu tohum borusu ile;

- Tohumların, tohum borusu çıkışına yerleştirilen helezon üzerinde hareket etmesinin sağlanması ile akışlarının iyileştirilmesi ve
- Helezon üzerinde hareket eden tohumların sürtünme etkisi ile kinetik enerjilerinin, düşme hızlarının azaltılması böylece çizi içerisindeki sıçrama ve sürüklenme ile yer değiştirmelerinin önlenmesi ve dolayısıyla sıra üzerinde daha iyi bir tohum dağılımının sağlanması hedeflenmiştir.



2. KAYNAK TARAMASI

Tahıl ekim makinalarında ekim işlemi iki aşamada gerçekleşir. İlk olarak tohumluğun düzgün bir şekilde alınıp gömücü ayaklara ulaştırılması aşamasıdır. Bu aşamada tohumluğun tohum borusuna akıtılması ve tohumların tohum borusundaki hareket şekli önemlidir. İkinci olarak toprakta bir çizi hazırlanması ve tohumların bu çiziye düzgün ve eşit derinlikte gömülüp kapatılması aşamasıdır. Bu aşamada gömücü ayakların gerçekleştirdiği toprak deformasyonu önemlidir. Bu iki aşamanın sağlıklı olarak gerçekleşebilmesi için tahıl ekim makinalarında; tohum sandığı, ekici düzenler, tohum boruları, gömücü ayaklar, hareket iletim sistemi, çatı ve tekerlekler bulunmalıdır (Gökçebay 1986; Erol ve Dursun 1998).

Çatı ve tekerlekler üzerinde taşınan sistem, hareketini taşıma tekerleğinden alarak, hareket iletim sistemi vasıtasıyla ekici düzenlerin çalışmasını sağlar. Tohum sandığından gelen tohumların tek tek tutularak (hassas ekim) veya belirli bir ekim normu ile (sıravari ekim) ekici ayakların toprakta açtıkları çiziye bırakılması işlemi ise ekici düzenlerce sağlanır. Tohumların ekici düzenlerden ayrılma noktasından çiziye kadar taşınmaları ise genellikle tohum boruları yardımıyla olmaktadır (Ünal 2004).

Geleneksel mekanik tahıl ekim makinalarında tohumlar ekici düzenden gömücü ayağa kadar sadece yerçekimi etkisi ile taşınırlar. Tohumlar yerçekimi etkisi ile hareket eder fakat akışları tohum borusu cidarının sürtünme karakteristiğinden etkilenir. Tohum boruları tohum akışını kesmeyecek veya önemli düzeyde engellemeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu nedenle tohum borusundaki bükülmelere izin verilmemelidir. En iyi ekici düzen kullanılsa bile uygun olmayan bir tohum borusu tasarımı veya kullanımı tohum akışını bozacak ve ekim kalitesini düşürecektir. Bu nedenle tohum boruları hem tohum akışını kesintiye uğratmayacak hem de mümkün olduğunca tohum dağılımını bozmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Tohum borularından istenen özellikler şunlardır. Tohum boruları ekici düzene oynak mafsallı olarak bağlanmalı, tohum borusu her yönde bükülebilmeli ve bu sırada kesit alanı sabit kalmalı, tohum borusunun iç kesiti tohumların akışına engel olmayacak şekilde (pürüzsüz) olmalıdır.

Tohum boruları yapıları bakımından iki gruptur; kauçuk veya plastik borular, metal borular.

2.1. Kauçuk Veya Plastik Tohum Boruları

Hafif ve her çeşit tohumların akışına uygundur. Kolayca bükülebilirler. Saklanmaları özellik arz eder ve ısı değişikliğine dayanamazlar. Saklanacakları zaman, kauçuk boruların içine talaş veya kum doldurulmalıdır. Boyları uzayıp kısalamaz. Son zamanlarda 30-35 mm çapındaki şeffaf plastik hortumlar da tohum borusu olarak

kullanılmaktadır. Spiral takviyeli plastik hortumlar, bükülmelerde kesit daralması yapmazlar.

2.2. Metal Tohum Boruları

Hunili tohum boruları, helezonlu tohum boruları ve teleskop tohum boruları olarak üç gruba ayrılabilir.

2.2.1. Hunili tohum boruları

Bu tip tohum boruları belli sayıda iç içe geçirilmiş ve birbirlerine zincirlerle bağlanmış hunilerden oluşmaktadır. Bu hunilerin dış çapı iç çapından oldukça büyüktür. Zor bükülürler. Nemli ve otlulu tarlada çalışma sırasında hunilerin arasına toprağın girmesiyle hareket güçleşebilir. Fazla parçalıdır ve genellikle ufak tip parsel ekim makinalarında daha çok kullanılır.

2.2.2. Helezonlu tohum boruları

Çelik tel helezonlu borular: Çelik tellerin helezon şeklinde sarılmasından oluşmuştur. Fazla ağırdırlar, imalatları ve tamirleri güçtür.

Şerit helezonlu borular: Özel makinalarda 0.8 mm kalınlığındaki çelik şeritlerin 20°-25° spiral açıda bükülmesiyle elde edilir. İç çapları 50 mm'dir. Hafif ve kullanışlıdır, fakat tamiri güç ve pahalıdır.

Teleskop borular: Tek tek ve iç içe geçmiş iki veya üç borudan oluşur. Uzunlukları kolaydır. Tohumu gömücü ayağa çelik tel helezonlu borulardan daha düzgün iletirler. Ancak daha pahalıdırlar. Ağır ve yapıları güçtür. Günümüzde teleskop boruların imalinde polyamid kullanılarak bu borulara hafif bir yapı kazandırılmıştır. Boruların geçme yerlerine toprak dolduğunda oynama yeteneğini kaybederler. Bakımına çok dikkat etmek gerekmektedir (Önal 2006).

Ekici düzenler, tohum deposuna sabit bağlandığından ekici ayaklar iş sırasında düşey düzlemde aşağı yukarı yatay düzlemde sağa sola hareket etmek zorundadır. Tohum boruları, gömücü ayakların düşey ve yatay hareketlerine uyum gösterebilmelidir. Tohumlar, borudan akarken karşılıklı durumlarını koruyamamaktadır. Tohum borusu, tohumların karşılıklı durumlarını değiştirdiği için, ekimdeki düzgünlüğe olumlu ya da olumsuz yönde etki yapar. Tohum borularının ekim kalitesine etkisi şu şekilde belirlenir:

- i) Düşey durumda bulunan düz yüzeyli borular, düşmekte olan tohum hüzmesindeki tohumların karşılıklı durumlarını en az etkiler. Bu durumda tohumluğun akışkanlığı ve tanelerin ayrı ayrı ağırlıkları arttıkça tohum borusunun etkisi azalır.
- ii) Yüzeyleri pürüzlü olan silindirik ve konik (çelik telden yapılmış) borular düşey durumda tohumların karşılıklı yerlerini çok değiştirirler.

iii) Boru ekseninin düşey durumdan sapması veya hafif bükülmesi, tohumların fiziksel ve mekanik özellikleri nasıl olursa olsun, hüzme içindeki tanelerin karşılıklı durumlarını değiştirirler. Hafif ve kaba tohumların ekiminde, tohum borusunun eksenini düşey durumdan 18° - 22° sapma gösterdiği takdirde, tohum hüzmesindeki düzgünlük bozulur.

iv) Tohum borusunun düşey durumdan 30° - 35° sapması, tanelerin önemli derecede dağılmasına, dolayısıyla, karşılıklı durumlarının tamamen bozulmasına neden olabildiğinden, ekimdeki düzgünlüğü önemli derecede azaltır. Bu bakımdan, tohum borularının mümkün olduğu kadar düşey durumda olmalarına dikkat edilir.

v) Serbest düşü yapan tohumun dağılma derecesi, düşme yüksekliğiyle yakından ilgilidir. Tahıl ekim makinalarında tohum düşme yüksekliği, konstrüktif nedenlerle, 600-800 mm'dir. Bu yükseklikten düşen tohumların %60-80'i tohum borusu iç yüzeyine çarpmadan yere düşebilir (Önal 2006; Erol ve Dursun 1998).

Ünal (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, tohum borusu malzemesi, düşme açısı ve tohum boyutlarının düşme süresine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 4 farklı boru malzemesi (sac, sert PVC, yumuşak PVC ve spiral), 6 değişik düşme açısı (0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50°) ve 3 farklı sarımsak boyut ve ağırlığında (büyük, orta, küçük) denemeler yapılmıştır. Deney düzeneğine yerleştirilen optik algılayıcılar sarımsak dişlerinin tohum borusuna giriş-çıkış zamanlarını kontrol etmişlerdir. Araştırma sonucunda 20° 'den büyük düşey açılarda düşme süresindeki sapmaların arttığı gözlenmiştir. Sarımsak dişlerinin düşme süresi sırasıyla sac, sert PVC, yumuşak PVC ve spiral borularda artmıştır. Erol (1971)'e göre tohum borusunun ekseninden 30° - 35° 'lik bir sapma; tohumların boru içindeki rölatif hareketlerinde oldukça büyük değişimler oluşturmakta ve ekim düzenini bozmaktadır.

Kocher vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada yeni ve yıpranmış tohum borularının mısır ekiminde ekim kalitesine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yeni durumdaki tohum borusu gerek yuvarlak gerekse yassı tohumların sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğünü iyileştirmiştir. En yüksek hassaslık katsayısı %49.6 ile yuvarlak mısır tohumuyla yeni durumdaki tohum borusu kullanılan ekimin işleminde elde edilirken, en düşük hassaslık katsayısı %27.8 ile yassı tohum boruları ile eski durumdaki tohum boruları kullanılarak yapılan denemelerde elde edilmiştir.

Turgut vd. (1993) Türkiye'de kullanılan altı farklı gömücü ayağın tohum dağılımına etkisini tohum borularının düşeyle dört farklı açısında denemişlerdir. Deneme sonuçlarına göre kauçuk malzemeden imal edilen tohum boruları %23.2 varyasyon katsayısı ile en iyi tohum dağılımı sağlarken, çelik malzemeden imal edilen teleskopik tohum boruları ise %25.9 varyasyon katsayısı ile en kötü tohum dağılımı sağlamıştır. Düşeyle 0° , 10° , 20° ve 30° açı yapacak şekilde yerleştirilen tohum borularında, açıların tohum dağılımı üzerine etkisinin önemsiz olduğunu saptamıştır.

Endrerud (1999) tohumların tohum borularındaki hareketi sırasındaki kinetik enerjilerini incelemiştir. Denemeler farklı tohum borusu çapı (10, 20, 30, 40, 50, 60 ve 70 mm) ve yatayla 45°, 60° ve 90° açılarla yerleştirilerek yapılmıştır. Tohumun, tohum borusu çıkışındaki kinetik enerjisi, düşey tohum borusunun sonuna takılan yatay bir tohum borusundaki durma mesafesine göre belirlenmiştir. En yüksek tohum kinetik enerjisi 45° ile yerleştirilen tohum borusunda bulunmuştur. Tohum borusu çapının 45° eğimle yerleştirilen tohum boruları için tohumların kinetik enerjisi üzerine etkisi önemsizdir. Genel olarak tohum borusu çapının artması tohumların yatay düzlemde durma mesafesini artırmıştır. Bu nedenle daha küçük çaplı tohum borularının kullanımı önerilmiştir.

Tohumlar mümkün olduğunca tohum borusu içinde yüksek hızla hareket etmelidir. Ancak tohumun yüksek hızla ve yüksek kinetik enerjiyle tohum borusunu terk ederek çiziye düşmesi tohumun çizi içindeki sıçrama ve sürüklenme ile yer değiştirmesini artıracaktır. Bu nedenle özellikle tohum borusu çıkışında tohumun enerjisinin azaltılarak çiziye bırakılması tohum dağılımını önemli yönde etkileyebilmektedir. Bu çalışma kapsamında tohum borusu çıkışına yerleştirilen sabit helezon ile tohumların helezon üzerinde hareket etmesi hem akışın daha düzenli olmasını hem de helezon üzerindeki hareketi sonucu sürtünme etkisiyle kinetik enerjisinin ve hızının azaltılarak daha düşük hızla çiziye bırakılmasını sağlayacaktır.

İdeal koşullarda, tohum borusu içerisinde tohumun düşme hızı $V = \sqrt{2gh}$ eşitliği ile hesaplanır. Burada; V, tohumun düşme hızı (m/s), h, yükseklik (m), g, yerçekimi ivmesidir (9.81 m/s²). Bu eşitlikte hava direnci ve tohum ile tohum borusu arasındaki sürtünme ihmal edilmiştir. Hava direnci ve tohum ile tohum borusu arasındaki sürtünmede dikkate alınırsa tohumun düşme hızı;

$$V = V_0 \sqrt{1 - \frac{1}{K^2}} V_0 = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C_w A}} K = e^{\frac{\rho h}{V_0^2}} \quad (2.1)$$

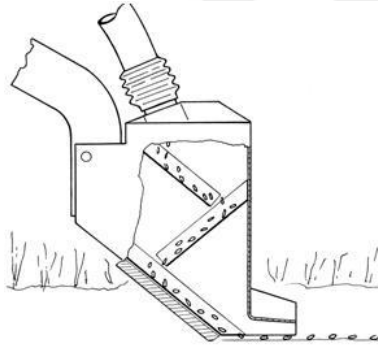
Burada; V₀, akış hızı (m/s), K, düşme yüksekliği ve ilk hıza bağlı katsayı, m, tohumun kütlesi (kg), ρ, özgül kütle (1250 kg/m³), C_w, hava direnci katsayısı veya sürüklenme (0.47 – 0.51), A, tohumun kesit alanıdır (m²) (Endrerud 1999).

Önal (2006)'ya göre tohum borusunun yeterli özelliklere sahip olmaması sonucu tohum düşmesindeki gecikme, ekimdeki hassasiyete büyük ölçüde etkili olabilir. Örneğin, tohum borusunda serbest düşme yüksekliği 60 cm ise, tohumun ekici düzenden çiziye varabilmesi için geçen zaman (hava direnci ve sürtünme ihmal edilirse) $t = \sqrt{2h/g} = \sqrt{(2 \times 0.6)/9.81} = 0.35$ saniye olarak hesaplanır. Serbest düşmede 0.01 saniyelik bir gecikme ise 1.5 m/s ilerleme hızında tohumun hedeften 1.5 cm uzağa düşmesine sebep olacaktır.

Bu çalışmadaki temel hedef, özellikle tahıl ekim makinalarında tohum akışının tohumlar çiziye yerleştirilmeden hemen önce daha düzenli bir akışa dönüştürülmesi ve

dolayısıyla tohum dağılımının iyileştirilmesidir. Müller ve Köller (1996) aynı amaçla fakat farklı bir yaklaşımla tahıl ekim makinalarında tohum akış düzgünlüğünün iyileştirilmesi için yeni bir gömücü ayak tasarımı geliştirmişlerdir. Geliştirilen gömücü ayak içine yerleştirilen V kanallar ile tohumun çiziye bırakılmadan önce bu kanallarda hareket etmesinin sağlanması ile akışın daha düzgün hale getirilmesi sağlanmaktadır. Böylece %100'den daha yüksek olan tohum dağılım varyasyon katsayısı %52'ye kadar düşürülebilmektedir. Tarla denemelerinde ise normalde %100-110 arasında olan tohum dağılım varyasyon katsayısı geliştirilen gömücü ayak ile yapılan ekimde 6 km/h, 9 km/h ve 12 km/h ilerleme hızları için %84, %93, %94'e düşmüştür.

Müller ve Köller (1996) tarafından geliştirilen gömücü ayak tohumların çiziye yerleştirilmeden önce akışını düzenlemekte başarıya ulaşmış ancak geliştirilen gömücü ayağın özel bir konstrüksiyon gerektirmesi ve her türlü gömücü ayağa uygulanamaması uygulamaya aktarılmasını kısıtlamıştır (Şekil 2.1). Bu çalışma ile aynı amaçla tohum borusu içine yerleştirilen bir helezon ile bu sorunun çözümü hedeflenmiştir. Böylece her tip gömücü ayak ile kullanılabilecek, gömücü ayaktan bağımsız ve daha basit bir konstrüksiyon ile sorunun çözümüne katkı sağlanabilir.



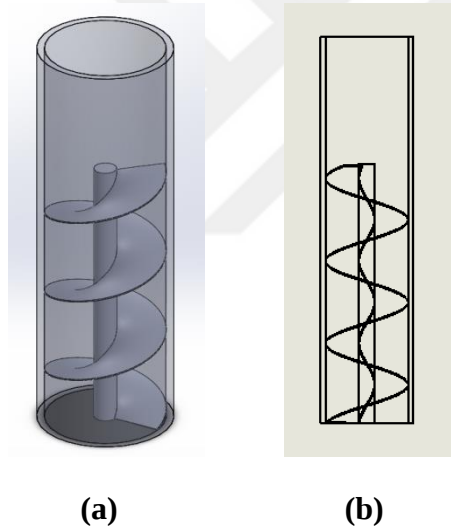
Şekil 2.1. Köller ve Müller (1996) tarafından tohum akışını düzenlemek için geliştirilen V kanallı gömücü ayak

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma bilgisayar ortamındaki tasarım geliştirme ve kinematik analizler, laboratuvar deneyleri ve tarla deneyleri olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bilgisayar Ortamındaki Tasarım Geliştirme Ve Analizler

İlk olarak bilgisayarda SW 3D parametrik katı modelleme yazılımı kullanılarak Şekil 3.1’de görülen tasarımda Çizelge 3.1’de özellikleri görülen dokuz adet helezon tasarımı yapılmıştır. Helezon tasarlanırken tohum borusu çapı ekim makinası üzerindeki tohum borusu çapı ile aynı büyüklükte 32 mm olarak alınmıştır. Denemelerde 100 mm, 150 mm ve 200 mm olmak üzere üç farklı helezon uzunluğu kullanılmıştır. Helezon hatvesi ise tipik tasarımlarda helezon çapı ile eşit alınmalıdır (Tunagil ve Eker 1985). Bu kapsamda bu çalışmada her uzunluktaki helezon için 28 mm, 32 mm ve 36 mm helezon hatvesi kullanılmıştır. Helezon orta mili 6 mm, helezon yaprak kalınlığı da 0,5 mm olarak tasarlanmıştır. SW 3D parametrik katı modelleme programında tohum borusu malzemesi olarak sert plastik seçilmiştir.

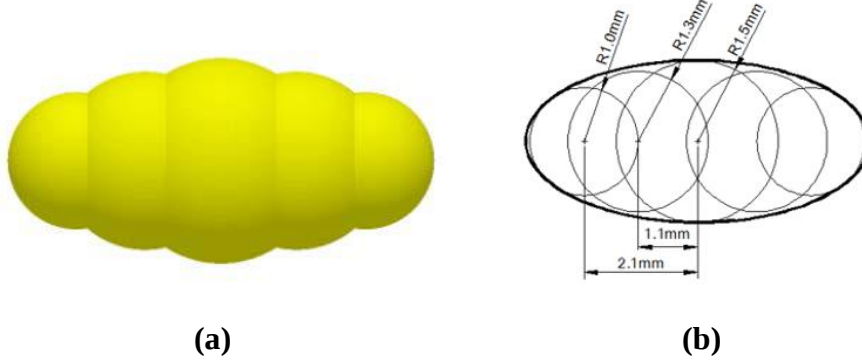


Şekil 3.1. (a) Bilgisayar ortamında tasarlanan helezonlu tohum borusu tasarımı
(b) Helezonlu tohum borusunun teknik resmi

Çizelge 3.1. Bilgisayar ortamında tasarlanan dokuz adet helezonlu tohum borusuna ait teknik özellikler

Helezon Uzunluğu (mm)	100	150	200
Helezon Hatve Uzunluğu (mm)	28	28	28
	32	32	32
	36	36	36

Bilgisayar denemeleri için buğday tohumu Liu ve Chen (2017) tarafından tanımlandığı gibi Şekil 3.2'deki tasarım ve ölçülerde tasarlanmıştır. Simülasyonda kullanılan buğday tohumuna ait parametreler Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

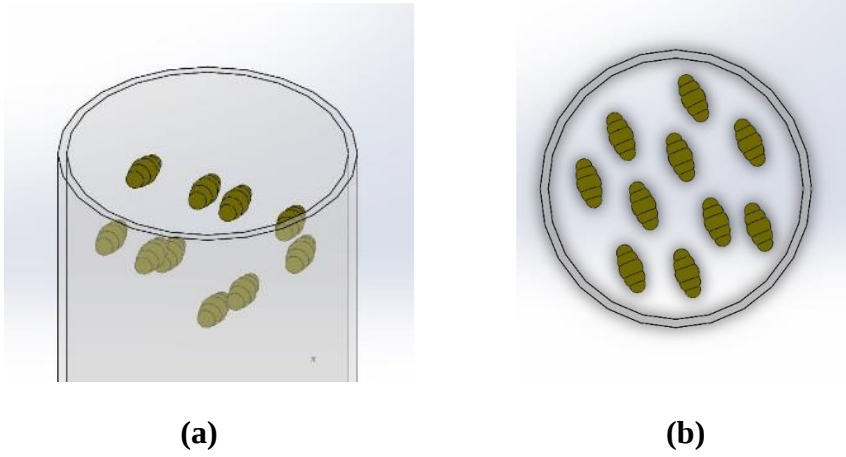


Şekil 3.2. (a) Bilgisayar ortamında tasarlanan buğday tohumu tasarımı
(b) Buğday tohumu tasarımına ait değerler

Çizelge 3.2. Buğday tohumuna ait tasarım parametreleri

Parametreler	Buğday Tohumuna Ait Değerler
Parçacık tipi	Elipsoid
Yoğunluk (kg/m^3)	1350
Poisson Oranı	0.42
Kayma Modülü (Pa)	5.1×10^7

Bilgisayar denemelerinde 32 mm çap, 80 cm uzunluğa sahip bir boru tasarımı kullanılmıştır. Daha önceden ekim makinası üzerinde ölçülen tohumların ekici düzenden düşme yüksekliği olan 70 cm yükseklik boru üzerinde işaretlenmiş ve tohumlar 70 cm ve üzeri yükseklikte Şekil 3.3'deki biçimde konumlandırılmıştır. Bu konumlandırma şablon olarak kaydedilmiş ve tüm analizler sırasında aynı şablon kullanılmıştır. Analizler; 0.01 doğruluk, hassas 3B temas çözünürlüğü ve 120 fps hareket hızında gerçekleştirilmiştir. Tasarım ve analizlerin gerçekleştirildiği bilgisayara ait donanım özellikleri Çizelge 3.3'deki gibidir.



Şekil 3.3. (a) Bilgisayar analizlerinde tohumların tohum borusu içinde konumlandırılmasına ait perspektif görünüş
(b) Bilgisayar analizlerinde tohumların tohum borusu içinde konumlandırılmasına ait üstten görünüş

Çizelge 3.3. Analizlerde kullanılan dizüstü bilgisayara ait özellikler

İşletim sistemi	Windows 10 Home Premium 64 Bit
İşlemci	Intel Core i7 2630QM 2.0 GHz
Ekran kartı	Nvidia GeForce GT 550M 2 GB DDR3
Ram	12 GB DDR3 1333 MHz SDRAM
Hard disk	240GB Sata 3.0 SSD Disk (555MB Okuma hızı / 540MB Yazma hızı)

Analiz şablonu hazırlandıktan sonra farklı özellikteki her helezonun ayrı ayrı tohum borusuna montajı gerçekleştirilmiştir. Analizler;

- Tohum borusu içine yerleştirilen helezonun üç farklı yüksekliğinde (100, 150, 200 mm)
- Helezonun üç farklı hatve boyutunda (28, 32 ve 36 mm) ,
- Tohum borusunun üç farklı eğiminde (yatayla 70°, 80°, 90° açılarda) denenmiştir.

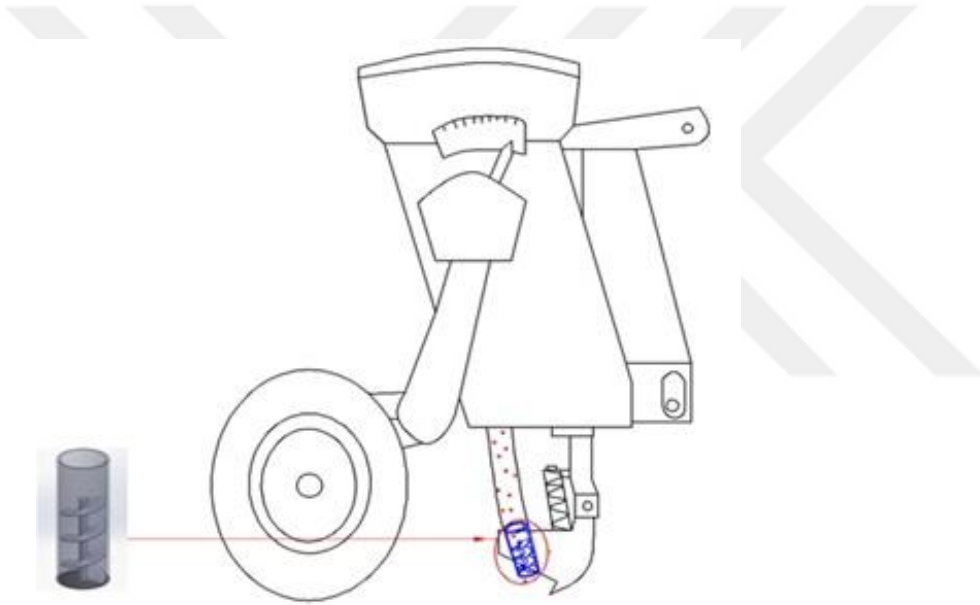
Analizlerde bilgisayar donanımı 10 adet buğday modeli için hesaplama gerçekleştirebildiği için 10 adet tohum modeli ile gerçekleştirilmiştir.

Tohum modeli ve helezon tohum borusu içine Şekil 3.3'teki biçimde konumlandırıldıktan sonra SW 3D parametrik katı modelleme yazılımının hareket analizi modülünde serbest düşmeye bırakılmış ve çıkış noktasında her bir tohum için düşmeye başladığı andan itibaren 2 saniyelik hız zaman grafiği oluşturulmuş ve tohum borusundan çıkış anındaki hızları ve düşmeye başladığı andan tohum borusundan çıkana kadar geçen süre hız zaman grafiği üzerinden belirlenmiş Ms Excel programına kaydedilmiştir. Bulunan değerler üzerinden peş peşe düşen tohumlar arası süreler ve tohumların tohum borusundan çıkış hızları belirlenmiştir. Tohumlar arası sürenin

ortalaması, standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanarak en iyi akışın olduğu helezon varyasyon katsayısı değerleri üzerinden saptanmıştır.

3.2. Laboratuvar Denemeleri

Bilgisayar ortamında akışın en iyi olduğu helezon belirlendikten sonra 3 boyutlu yazıcıdan helezon ve helezonu çevreleyen 200 mm uzunluğa ve 28 mm, 32 mm, 36 mm hatve uzunluğuna sahip 3 adet helezonlu tohum borusu 0.2 mm katman kalınlığında PLA PLUS malzemeden imal edilmiştir. İmal edilen helezonlu tohum boruları laboratuvar da denemeye alınan ekim makinasında tohum borusunun uç kısmına (tohum çıkış kısmına) Şekil 3.4’te görüldüğü gibi monte edilerek laboratuvar denemelerine tabi tutulmuştur. Toplam tohum borusu uzunluğunun değişmemesi için ekim makinasının tohum borusundan 3 boyutlu yazıcı ile imal edilen ve içerisinde helezon bulunan tohum borusu kadar kısım kesilmiş, bu bölüme geliştirilen tohum borusu monte edilmiştir.



Şekil 3.4. Helezonlu tohum borusunun ekim makinası üzerindeki konumu

Laboratuvar denemeleri için ekim makinasının deposu yalnızca en sağdaki iki ekici düzene tohum akışı olacak şekilde bölünmüştür. Ekim makinası, test düzeneği üzerinde askıya alınarak ekim normu ayarı yapılmıştır.

Ekim makinası norm ayarı tamamlandıktan sonra ekim makinası test düzeneği ile devir ölçer yardımıyla ekim makinası ekici makara hızı 10 min^{-1} olarak ayarlanmış ve ekim makinası test düzeneğinde hız ayarı sabitlenmiştir. Denemelerde kullanılan buğday tohumuna ait ortalama değerler Çizelge 3.4’teki gibidir.

Çizelge 3.4. Denemelerde kullanılan buğday tohumuna ait ortalama değerler

Uzunluk (mm)	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Bin dane ağırlığı (g/1000 dane)
7.33	3.31	2.79	47.21

Ekim makinası ekim normu ve ilerleme hızı ayarları tamamlandıktan sonra ekim makinasının en sağındaki normal tohum borusu yatay ile 90° açı ile duracak şekilde sabitlenmiş ve yüksek hızlı video kamera video kaydı için konumlandırılmıştır. Daha sonra sistem çalıştırılmış ve ekim makinasında tohum akışı rejime girdikten sonra yüksek hızlı video kamera ile 240 fps kayıt hızında 5 saniyelik video kayıtları alınmıştır. Normal tohum borusu ile çekim tamamlandıktan sonra tohum borusunun helezonlu tohum borusu kadar olan kısmı kesilmiş yerine helezonlu tohum borusu monte edilmiştir. Normal tohum borusunda olduğu gibi sistem çalıştırılmış ve ekim makinası rejime girdikten sonra kamera ile 5 saniyelik video kayıtları alınmıştır. Helezon uzunluğu 200 mm, helezon hatvesi 28 mm ve 32 mm olan helezonlu tohum borularında tohum akışı sırasında tıkanmalar oluştuğu için denemelerde yalnızca 200 mm helezon uzunluğu ve 36 mm helezon hatvesine sahip Şekil 3.5'deki helezonlu tohum borusuna ait değerler kullanılmıştır (Bilgisayarda gerçekleştirilen analizlerde de en iyi akış 36 mm hatve uzunluğuna sahip helezonlu tohum borusunda gerçekleşmiştir).

**Şekil 3.5.** 3D yazıcı kullanılarak imal edilen helezonlu tip tohum borusu

Daha sonra bu video kayıtları Free Video To JPG Converter isimli yazılım kullanılarak JPEG formatında resimlere dönüştürülerek tohumlar arası süre ve tohumların düşme hızı Karayel vd. (2006) ve Çakır vd. (2016) tarafından uygulanan yöntem uygulanarak belirlenmiştir. 240 fps kayıt hızında peş peşe çekilen iki resim arası süre 0.0042 saniyedir. Dolayısıyla tohum borusu çıkışında görüntülenen peş peşe

tohumlar arası çekilen resim sayısı ile 0.0042 s çarpılarak tohumlar arası süre belirlenmiştir. Peş peşe düşen tohumlar arası süre ile ilerleme hızı çarpılarak da sıra üzeri uzaklık değerleri belirlenmiştir. Sıra üzeri uzaklık değerleri ile bu uzaklıkların standart sapması ve varyasyon katsayı değerleri hesaplanmış ve her iki tohum borusu için hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Tohumların düşme hızını belirlemek için ise tohumların, tohum borusu çıkışında 5 cm'lik bir mesafeyi ne kadar sürede düştikleri ölçülerek (çekilen resimler arası süre dikkate alınarak) belirlenmiştir.

3.2.1. Laboratuvar denemelerinde kullanılan araç ve gereçler

3.2.1.1. Ekim makinası

Laboratuvar ve tarla denemelerinde MERT-SAN HASSAS M 2000 model dişli makaralı ekici ünite ve balta tip gömücü ayaklara sahip 15 sıralı ve 1.95 metre iş genişliğine sahip Şekil 3.6'daki mekanik tahıl ekim makinası kullanılmıştır.

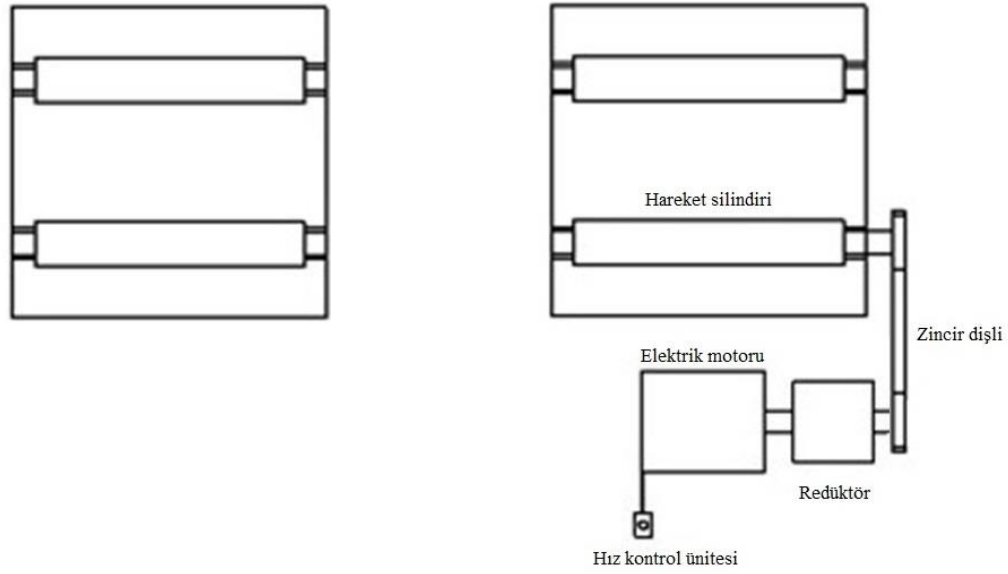
Buğday tohumu kullanılarak yapılan laboratuvar denemeleri ve tarla denemeleri için ekim makinasının deposu yalnızca en sağdaki iki ekici düzene tohum akışı olacak şekilde bölünmüştür.



Şekil 3.6. Laboratuvar ve tarla denemelerinde kullanılan tahıl ekim makinası

3.2.1.2. Ekim makinası test düzeneği

Ekim makinasının tekerleğini laboratuvar denemelerinde istenilen hızda döndürmek için kullanılmıştır. Şekil 3.7'de görülen tasarıma sahiptir.



Şekil 3.7. Laboratuvar denemelerinde kullanılan ekim makinası test düzeneği

3.2.1.3. Devir ölçer

Laboratuvar denemelerinde ekim makinasının makara dönüş hızının belirlenmesi ve istenilen hız değerinin ayarlanması için kullanılmıştır.

3.2.1.4. Yüksek hızlı kamera

Laboratuvar denemelerinde tohum borusundan buğday akışını kaydetmek için Çizelge 3.5’de özellikleri verilen Sony RX100 M5 model fotoğraf makinası kullanılmıştır. Fotoğraf makinası NTSC modunda 240, 480 ve 960 fps hızlarında yüksek hızlı görüntü kaydı yapabilmektedir. Yapılan ön denemelerde ve laboratuvar denemelerinde 240 fps kayıt hızının tohum akışının belirlenmesi için yeterli olduğu belirlenmiş ve denemeler bu kayıt hızında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Fotoğraf makinasına ait özellikler

Marka ve Model	Sony RX100 M5
Fotoğraf Çözünürlüğü	20.1 Megapiksel
Video Çözünürlüğü	4K
Yüksek Hızlı Görüntü Kayıt Hızı (fps)	NTSC modunda 240, 480 ve 960 fps
ISO Hassasiyeti	Otomatik, 125 - 12800 (Üst- Alt limit)
Boyutları ve Ağırlığı	101.6 x 58.1 x 41.0 mm, 299 g

3.3. Tarla Denemeleri

Tarla denemeleri 1 Mayıs 2018 tarihinde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde tınlı tip toprak bünyesine sahip (%28 kum, %46 silt, %26 kil) bir tarlada gerçekleştirilmiştir.

Tarla denemelerinde ilerleme hızının ayarlanmasında 50 metre mesafe ölçülmüş ve traktörün değişik vites kademelerinde bu mesafeyi kat ettiği zaman değeri kaydedilmiş ve istenilen 1 m/s ilerleme hızı değerleri elde edilmeye çalışılmıştır.

Tarla denemelerinde laboratuvar denemelerinde olduğu gibi ekim makinasının en sağındaki yan yana iki ekici düzenden tohum akışı sağlanmıştır. En sağdaki gömücü ayakta laboratuvar denemelerinde kullanılan helezonlu tohum borusu, yan sırada ise normal tohum borusu ile aynı anda ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekim işlemi 1 m/s ilerleme hızı ve 20 kg/da ekim normunda gerçekleştirilmiştir. Ekim deneme parselleri 50 metrelik 6 sıra olarak düzenlenmiştir. Ekim işlemi sırasında ayrıca tıkanma oluşup oluşmadığı da gözlemlenmiştir.

Tarla koşullarında tohum dağılımını belirlemek için tüm tohumlar çimlendikten sonra her iki tohum borusu içinde 2.5 metrelik şeritlerde ardışık tohumlar arası 3 tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin ortalaması, standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

Sıra üzerinde tohumlar arası uzaklığın ölçülmesi yanında 2.5 cm uzunluğunda ilerleme yönüne paralel şeritlerdeki tohumların sayılması, araştırmacı ve mühendisi seyreltme ve tekleme yönünden daha verimli düşünmeye yöneltmektedir (Önal 2006). Bu amaçla, sıra üzeri uzaklık ölçüldükten sonra her 2.5 cm'deki bitki sayıları ve 0, 1, 2.... r adet bitkiye sahip şeritlerin oranları belirlenmiştir. Daha sonra geliştirilen tohum borusu ve standart tohum borusuyla yapılan ekim işlemlerindeki bitki dağılımı oranları karşılaştırılmıştır. Her şeritteki bitki sayıları dağılımını karakterize etmek için Poisson dağılım eğrisi kullanılmıştır.

Poisson dağılım formülü $r = 0, 1, 2, \dots, r$ değerleri için;

$$f(r) = \frac{(\mu \cdot p)^{-r}}{r!} e^{-(\mu \cdot p)} \quad (3.1)$$

$$\mu = \frac{\text{Şeritlerdeki toplam tohum adedi}}{\text{Toplam şerit sayısı}} \quad (3.2)$$

Burada;

r - 2.5 cm uzunluğunda olan şeritlerin toplam sayısı,

μ - Poisson popülasyon ortalaması,

e - Tabi logaritmanın tabanı,

$f(r)$ - Her birinde r adet tohum bulunan şeritlerin nisbi miktarıdır (ondalık olarak),

p - Tarla filiz çıkış oranıdır.

Yatay düzlem tohum dağılımında sıra üzeri tohum dağılımının yanında tohumların çizgi ekseninden sapmalarında bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla sıra üzerinden sağa ve sola sapmalarının belirlenmesi için, tohumların çizgi ekseninden sapmaları ölçülerek, daha sonra sağa ve sola sapan tohumların yüzde oranları ve ortalama uzaklıkları bulunmuştur.

Karayel ve Özmerzi (2010) tarafından kullanılan yöntem ile bitki yaşam alanları hesaplanmıştır. Bitki yaşam alanı hesaplamasında MATLAB programı kullanılmıştır. Programda yaşam alanı hesabı için komut satırı aşağıdaki gibi olan bir m-dosya oluşturulmuştur.

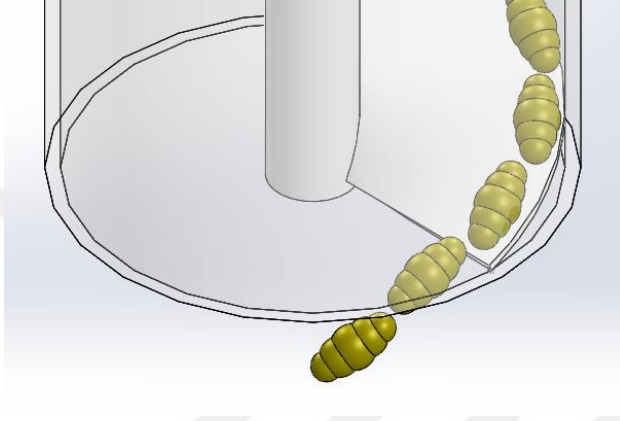
```
[v,c]=voronoin(x)
for j=1: length(c)
A=polyarea(v(c{j},1), v(c{j},2))
end
```

Elde edilen değerler t-testi uygulanarak karşılaştırılmıştır.

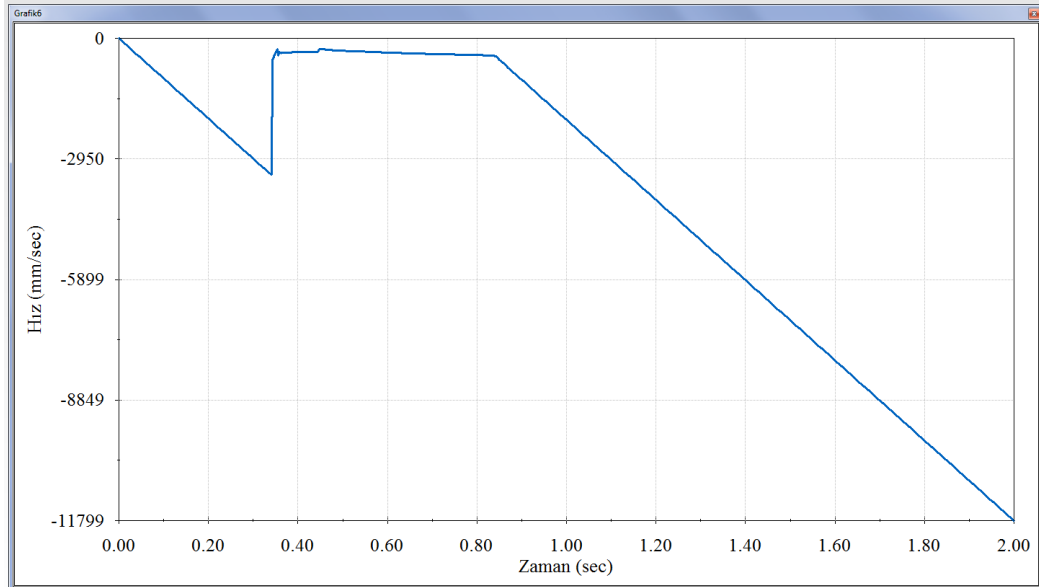
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bilgisayar Analizi Sonuçları

Bilgisayar analizlerinde tohumlar, tohum borusunu Şekil 4.1’de görüldüğü biçimde terk etmiştir. Yatayla 90° açı ile konumlandırılmış helezonlu tohum borularında tohumların hareketleri genel olarak Şekil 4.2’de görülen hız zaman grafiğindeki şekilde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.1. Bilgisayar ortamındaki analizlerde tohumların tohum borusunu terk edişlerine ait görüntü



Şekil 4.2. Bilgisayar ortamındaki analizlerde 90° açı ile konumlandırılmış tohum borusunda tohumun hız zaman grafiği

Çizelge 4.1. Bilgisayar ortamında helezonlu tohum borusunun tohum düşme hızına etkisi

Helezon Uzunluğu (mm)	Helezon Hatvesi Uzunluğu (mm)	Helezonun Yatayla Yaptığı Aç (°)	Tohumun Ortalama Düşme Hızı (m/s)	Düşme Hızı Standart Sapması (cm)	Düşme Hızı Varyasyon Katsayısı (%)
100	28	90	0.298	0.055	18.31
		80	0.465	0.069	14.76
		70	0.624	0.170	27.34
	32	90	0.359	0.048	13.35
		80	0.522	0.111	21.31
		70	0.698	0.135	19.40
	36	90	0.430	0.043	9.91
		80	0.502	0.019	3.84
		70	0.661	0.030	4.51
150	28	90	0.328	0.034	10.43
		80	0.489	0.038	7.82
		70	0.632	0.097	15.34
	32	90	0.394	0.036	9.21
		80	0.516	0.061	11.79
		70	0.597	0.042	7.01
	36	90	0.428	0.026	6.05
		80	0.611	0.086	14.14
		70	0.742	0.081	10.88
200	28	90	0.344	0.017	4.84
		80	0.508	0.033	6.60
		70	0.660	0.055	8.37
	32	90	0.403	0.029	7.16
		80	0.574	0.058	10.03
		70	0.715	0.063	8.82
	36	90	0.449	0.015	3.35
		80	0.616	0.044	7.17
		70	0.756	0.084	11.09

Çizelge 4.2. Bilgisayar ortamında helezonlu tohum borusundan peş peşe düşen tohumlar arasındaki süreler

Helezon Uzunluğu (mm)	Helezon Hatvesi Uzunluğu (mm)	Helezonun Yatayla Yaptığı Açı (°)	Peş peşe Düşen Tohumlar Arası Ortalama Süre (s)	Tohumlar Arası Süre Standart Sapması (s)	Tohumlar Arası Süre Varyasyon Katsayısı (%)
100	28	90	0.721	0.071	9.82
		80	0.722	0.213	29.55
		70	0.743	0.232	31.17
	32	90	0.650	0.066	10.15
		80	0.689	0.190	27.55
		70	0.714	0.188	26.39
	36	90	0.590	0.039	6.59
		80	0.678	0.075	11.03
		70	0.665	0.098	14.81
150	28	90	0.958	0.230	24.06
		80	0.896	0.257	28.74
		70	0.955	0.292	30.59
	32	90	0.782	0.068	8.65
		80	0.889	0.185	20.77
		70	1.075	0.255	23.70
	36	90	0.703	0.093	13.21
		80	0.716	0.135	18.89
		70	0.732	0.170	23.25
200	28	90	1.041	0.115	11.00
		80	1.057	0.248	23.44
		70	1.050	0.223	21.25
	32	90	0.917	0.095	10.33
		80	0.900	0.190	21.06
		70	0.928	0.207	22.26
	36	90	0.841	0.050	5.97
		80	0.809	0.134	16.62
		70	0.815	0.147	18.04

Çizelge 4.1'deki verilerden hareketle helezon boyu uzadıkça genel olarak tohumların tohum borusundan çıkış hızları düşmüştür. Tohum borusunun eğimindeki artış tohum borusundan tohum çıkış hızını artırmış ve 90° açıda en düşük değere ulaşmıştır. Çizelge 4.2'de helezonlu tohum borusunun çıkışından peş peşe düşen tohumlar arasındaki ortalama süreler verilmiştir. Bu çizelgeden hareketle en düşük varyasyon katsayısı değerine sahip 200 mm helezon uzunluğuna, 36 mm helezon hatvesine sahip tohum borusu seçilmiş laboratuvar ve arazi denemelerinde denenmiştir.

4.2. Laboratuvar Denemeleri

Laboratuvar denemeleri sonucu elde edilen sıra üzeri uzaklık dağılım değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre (t-testi) tohum borusu tipinin sıra üzeri uzaklığı etkilediği belirlenmiştir. Normal tohum borusunda ortalama sıra üzeri uzaklık 2.99 cm iken helezonlu tohum borusunda bu değer 1.96 cm'ye düşmüştür. Sıra üzeri uzaklığın standart sapması normal tohum borusunda 5.02 cm iken helezonlu tohum borusunda 1.55 cm'ye düşmüştür. Sıra üzeri uzaklığın varyasyon katsayısı normal tohum borusunda %168.13 iken helezonlu tohum borusunda % 79.02'ye düşmüştür.

Çizelge 4.3. Helezonlu tip tohum borusunun sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğüne etkisi

Tohum Borusu Tipi	Ortalama Sıra Üzeri Uzaklık (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Standart Sapması (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Varyasyon Katsayısı (%)
Düz (normal)	2.99	5.02	168.13
Helezonlu	1.96	1.55	79.02

Laboratuvar denemeleri sonucu tohumların tohum borusundan çıkış hızları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre (t-testi) tohum borusu tipinin tohumların düşme hızını etkilediği belirlenmiştir. Normal tohum borusunda tohumun ortalama düşme hızı 2.96 m/s iken helezonlu tohum borusunda bu değer 0.73 m/s'ye düşmüştür. Tohumların ortalama düşme hızlarının standart sapması normal tohum borusunda 0.77 cm iken helezonlu tohum borusunda 0.05 cm'ye düşmüştür. Tohumların ortalama düşme hızlarının varyasyon katsayısı normal tohum borusunda %26.17 iken helezonlu tohum borusunda % 7.16'ya düşmüştür.

Çizelge 4.4. Helezonlu tip tohum borusunun tohumun düşme (çıkış) hızına etkisi

Tohum Borusu Tipi	Tohumun Ortalama Düşme Hızı (m/s)	Düşme Hızı Standart Sapması (cm)	Düşme Hızı Varyasyon Katsayısı (%)
Düz (normal)	2.96	0.77	26.17
Helezonlu	0.73	0.05	7.16

Laboratuvar denemeleri sonucu elde edilen veriler ışığında helezonlu tohum borusu tohum akışı normal tohum borusuna göre daha düzenli hale gelmiştir. Helezonlu

tohum borusu tohumların sıra üzeri tohum dağılımını iyileştirmiştir. Helezonlu tohum borusu ortalama düşme hızını azaltarak tohumların çiziye normal tohum borusuna göre daha düşük hızlarda düşmesini sağlamıştır.

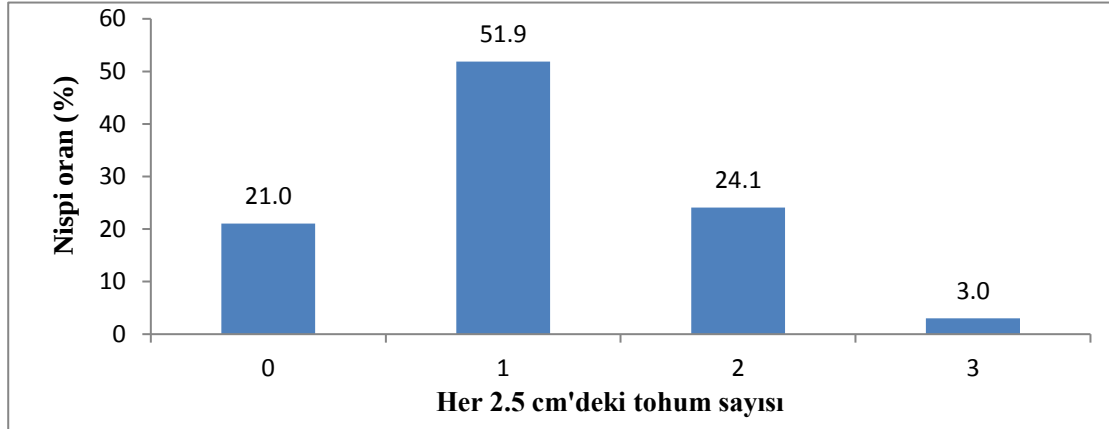
4.3. Tarla Denemesi Sonuçları

Normal ve helezonlu tohum borusu ile yapılan tarla denemesi sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğü değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre (t-testi) tohum borusu tipinin sıra üzeri uzaklığı ve sıradan sapma miktarını etkilediği belirlenmiştir. Normal tohum borusunda ortalama sıra üzeri uzaklık 3.73 cm iken helezonlu tohum borusunda 2.46 cm olmuştur. Normal tohum borusunda sıra üzeri uzaklığın standart sapması 4.4 cm iken helezonlu tohum borusunda 1.9 cm'ye düşmüştür. Sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı normal tohum borusunda %118.36 iken helezonlu tohum borusunda %77.2' ye düşmüştür. Ortalama sıradan sapma normal tohum borusunda 1.52 cm iken helezonlu tohum borusunda 0.86 cm'ye düşmüştür. Helezonlu tohum borusu istenilen sıra üzeri uzaklığa (2.5 cm) yakın, normal tohum borusundan daha düşük standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri ile arazi yüzeyindeki tohum dağılımını olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca sıradan sapma oranında da normal tohum borusuna oranla daha iyi bir dağılım sağlamıştır.

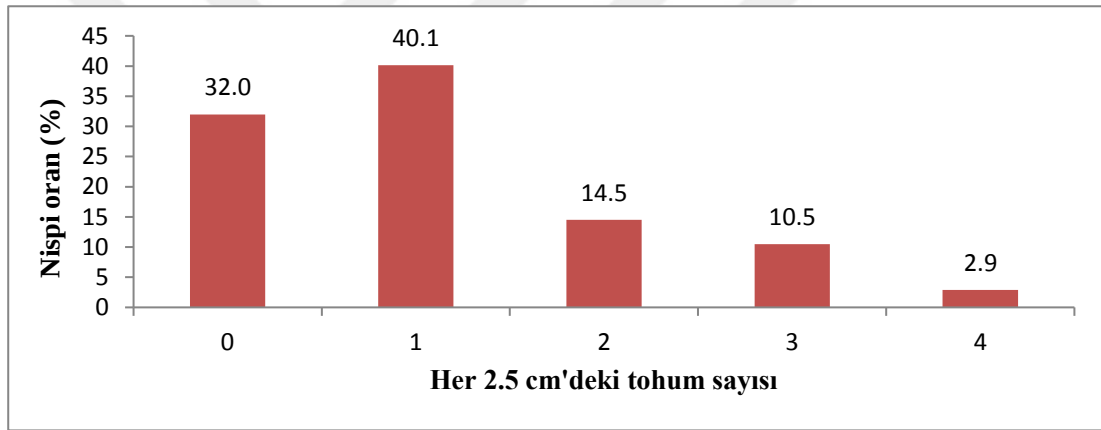
Çizelge 4.5. Tarla koşullarında helezonlu tip tohum borusunun sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğüne etkisi

Tohum Borusu Tipi	Ortalama Sıra Üzeri Uzaklık (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Standart Sapması (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Varyasyon Katsayısı (%)	Ortalama Sıradan Sapma (cm)
Düz (normal)	3.73	4.4	118.36	1.52
Helezonlu	2.46	1.9	77.2	0.86

Helezonlu tohum borusunda her 2.5 cm'deki tohumların dağılımı Şekil 4.3'de sunulmuştur. Burada istenen değer her 2.5 cm'ye 1 adet tohum düşmesidir. Helezonlu tohum borusunda her 2.5 cm'ye 1 adet tohum düşme oranı %51.9, 2 adet tohum düşme oranı %24.1, 3 adet tohum düşme oranı %3 ve 0 tohum düşme oranı (boşluk) %21'dir.



Şekil 4.3. Helezonlu tohum borusunda sıra üzerindeki her 2.5 cm uzunluktaki tohum sayılarının yüzde oranı



Şekil 4.4. Normal tohum borusunda sıra üzerindeki her 2.5 cm uzunluktaki tohum sayılarının yüzde oranı

Normal tohum borusunda her 2.5 cm'ye düşen tohum oranı Şekil 4.4'de verilmiştir. Normal tohum borusunda her 2.5 cm'ye 1 adet tohum düşme oranı %40.1, 2 adet tohum düşme oranı %14.5, 3 adet tohum düşme oranı %10.5, 4 adet tohum düşme oranı %2.9 ve 0 tohum düşme oranı(boşluk) %32'dir.

Grafiklerden de görüldüğü gibi, helezonlu tohum borusu ile ekilen sıralarda istenilen uzaklıkta ekilen tohumların oranının normal tohum borusu ile ekilen sıralardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda helezonlu tohum borusu ile ekim yapılan sıralarda her 2.5 cm'de bitki olmayan (boş) aralıkların oranının daha düşük olduğu ve dolayısıyla tohum dağılım düzgünlüğünün daha iyi olduğu saptanmıştır.

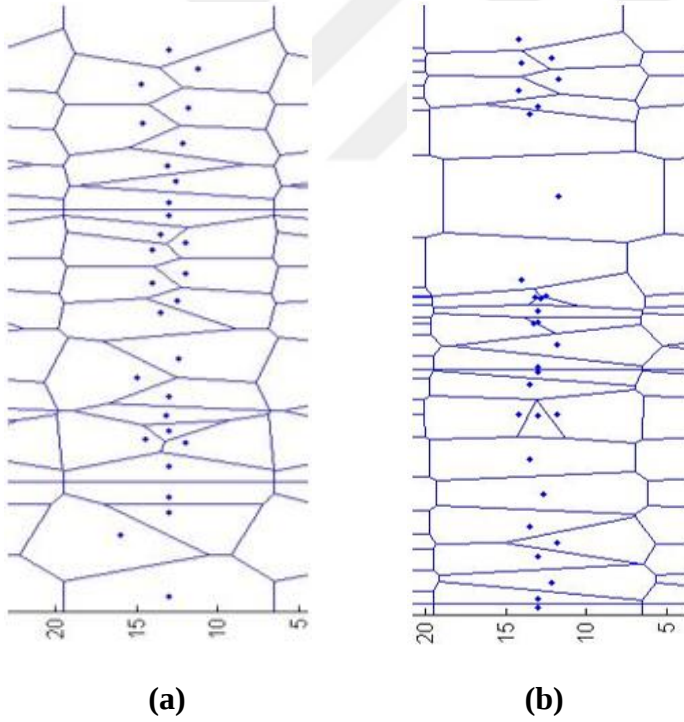
Normal ve helezonlu tohum borusunun yaşam alanına etkisi Çizelge 4.6'da verilmiştir. Helezonlu tohum borusu ile yapılan ekimde ortalama yaşam alanı 39.82 cm², yaşam alanı standart sapması 23.53 cm² ve yaşam alanı varyasyon katsayısı %59'dur. Normal tohum borusu ile yapılan ekimde ortalama yaşam alanı 60.83 cm²,

yaşam alanı standart sapması 55.13 cm² ve yaşam alanı varyasyon katsayısı %91'dir.

Çizelge 4.6. Helezonlu tip tohum borusunun bitki yaşam alanına etkisi

Tohum Borusu Tipi	Ortalama Yaşam Alanı (cm ²)	Yaşam Alanı Standart Sapması (cm ²)	Yaşam Alanı Varyasyon Katsayısı (%)
Helezonlu	39.82	23.53	59
Düz (normal)	60.83	55.13	91

Helezonlu tohum borusu yaşam alanı dağılımında normal tohum borusundan daha başarılı bir sonuç göstermiştir. Helezonlu tohum borusu ve normal tohum borusu ile ekim yapılan sıralara ait yaşam alanı biçimleri Şekil 4.5'de sunulmuştur. Şekilde de görüldüğü üzere helezonlu tohum borusu her bir bitkiye düşen yaşam alanının daha eşit bir şekilde dağılmasını sağlamıştır.



Şekil 4.5. (a) Helezonlu tohum borusu yaşam alanları (b) Normal tohum borusu yaşam alanları

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada kesintisiz sıravari ekim yapan mekanik tahıl ekim makinalarının tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla helezonlu tip tohum borusu geliştirilmiştir. Geliştirilen tohum borusunun tohum dağılımına etkisi bilgisayar ortamında kinematik analizler, laboratuvar ve tarla denemeleri ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Helezonlu tip tohum borusu laboratuvar ve tarla denemelerinde ekici makaranın 10 min^{-1} hızında, 20 kg/da ekim normunda ve 1 m/s ilerleme hızında tohumların ortalama sıra üzeri uzaklığını sıra üzeri uzaklık standart sapmasını ve varyasyon katsayısını azaltmıştır. Dolayısıyla sıra üzeri dağılımda normal tohum borusundan daha düzenli bir tohum dağılımı sağlamıştır.

Helezonlu tohum borusu her bir bitkiye düşen yaşam alanının daha eşit bir şekilde dağılmasını sağlamıştır.

Helezonlu tohum borusu, tohumların çiziye düşüş hızında azalma sağlamıştır. Böylece tohumların toprak yüzeyine daha düşük kinetik enerji ile düşmesini ve tohumların çizi yüzeyinde sıçrama ve sürüklenme ile yer değiştirmesini azaltmıştır. Böylece sıra üzerinde daha iyi bir tohum dağılımı ve sıra ekseninden daha az sapma elde edilmiştir.

Ayrıca denemeler sırasında yapılan gözlemlere göre; 3 boyutlu yazıcılarda oluşturulan yapıların katmanlı olarak inşasından kaynaklı helezonlu tohum borusu yüzeyinde pürüzlülükler oluşmuş olup bu pürüzlülükler ilerleme hızı artışı ile tohum borusundan çıkan tohum miktarındaki artışlarda tıkanmaya neden olduğu gözlemlenmiştir.

Tıkanmaların minimuma indirilmesi için helezon hatvesinin artırılması ve gerek duyulduğunda helezonlu tohum borusunun normal tohum borusundan daha büyük çapta seçilmesi önerilir. Ayrıca 3 boyutlu yazıcıda helezonlu tohum borusu imal edilirken 0.2 mm katman kalınlığının seçilmesi önerilebilir. Daha düşük katman kalınlıklarında helezon yüzeyindeki pürüzlülükte artış olmakta ve bu artış tohum akışını olumsuz yönde etkilemektedir.

6. KAYNAKLAR

- Çakır, E., Aygün, İ., Yazgı, A., Karabulut, Y. 2016. Determination of in-row seed distribution uniformity using image processing. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 874-881.
- Endrerud, H.A. 1999. Influence of tubeconfiguration on seed delivery to a coulter. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74: 177-184
- Erol, M.A. 1971. Orta Anadolu Ziraat Bölgesinde Kullanılan Ekim Makinaları Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 471, Ankara, 129 s.
- Erol, M.A., Dursun, İ. 1998. Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1499, Ders Kitabı, Ankara, 271 s.
- Gökçebay, B. 1986. Tarım Makinaları 1. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 979, Ders Kitabı, Ankara, 289 s.
- Karayel, D., Özmerzi, A. 2010. Ekim makinalarının tohum dağılımının incelenmesinde yeni yaklaşımlar: iki boyutlu değerlendirme. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6(2), 101-106.
- 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
- Kocher, M.F., Coleman, J.M., Smith, J.A., Kachman, S.D. 2011. Corn seed spacing uniformity as affected by seed tube condition. *Applied Engineering in Agriculture*, 27(2): 177-183
- Liu, F., Chen, J. 2017. Effect of Calibration Experiments on The Micro-Parameters of Wheat Required in Discrete Element Simulations. 2017 ASABE Annual International Meeting, Paper Number: 1701337, 16-19 July, Washington.
- Müller, J., Köller, K., 1996. Improvement Of Seed Spacing For Seed Drills. AgEng '96 International Conference on Agricultural Engineering, Paper 96A-030, pp. 323-324, 23-26 September, Madrid.
- Önal, İ. 2006. Ekim Dikim Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 490, Ders Kitabı, İzmir, 623 s.
- Özmerzi, A. 1996. Bahçe Bitkilerinin Mekanizasyonu. Akdeniz Üniversitesi Basımevi Yayın No: 63, Antalya, 148 s.
- Tunagil, B.G., Eker, B., 1985. Taşıma İletim Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 962, Ders Kitabı, Ankara, 146 s.
- Turgut, N., Özsert, İ., Erkmén, Y., Bastaban, S., Kara, M. 1993. The Effect of Seed Tubes on the Longitudinal Seed Distribution in Drills. 5th Int. Cong. On Mechanization and Energy in Agriculture, 11-14 Oct, Kuşadası, Türkiye
- Ülger, P., Güzel, E., Kayışoğlu, B., Eker, B., Akdemir, B., Pınar, Y., Bayhan, Y. 1996. Tarım Makineleri İlkeleri. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi: 29, Ders Kitabı, İstanbul, 435 s.

- Ünal, G.A. 2004. Sarımsakta tohum borusu malzemesi, düşme açısı ve tohum boyutlarının düşme süresine etkisinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (3): 287-290.



ÖZGEÇMİŞ

ALİ AKTAŞ
aliactas@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2018	Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2009-2014	Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Antalya