



**TOHUM DAĞILIM ALANININ BELİRLEMESİNDE
İÇBÜKEY ZARF ALGORİTMASININ
UYGULANABİLİRLİĞİ**

**Alper GÜLBE
Yüksek Lisans Tezi**

**BIYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Danışman: Doç. Dr. Sefa ALTİKAT
2019**

T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOHUM DAĞILIM ALANININ BELİRLEMESİNDE İÇBÜKEY ZARF
ALGORİTMASININ UYGULANABİLİRLİĞİ**

Alper GÜLBE

BIYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

IĞDIR

2019

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Sefa ALTIKAT danışmanlığında Alper GÜLBE tarafından hazırlanan bu çalışma 08.04.2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ahmet ÇELİK İmza:

Üye: Doç. Dr. Sefa ALTIKAT İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Emrah KUŞ İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ... / ... / 2019 tarih ve 2019/ sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(İmza)

.....

Doç. Dr. Süleyman TEMEL
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Alper GÜLBE

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

ÖZET

TOHUM DAĞILIM ALANININ BELİRLEMESİNDE İÇBÜKEY ZARF ALGORİTMASININ UYGULANABİLİRLİĞİ

GÜLBE, Alper

Yüksek Lisans Tezi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sefa ALTIKAT

Nisan 2019, 42 sayfa

Bu araştırmada tohum dağılım alanının hesaplamasında kullanılan standart sapmalı elips (SDE), integral yöntemi (IM), Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları (VPDT) yöntemlerinin yanı sıra iç bükey zarf (CH) algoritmasının etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı ekim hızları kullanılarak mısır tohumu ekimi yapılmış ve tohum dağılım alanları ve bu alanlara ait varyasyon katsayıları belirlenerek analizlere tabi tutulmuştur. Araştırmada geleneksel toprak işleme yöntemi kullanılmıştır. Ekim işlemi pnömatik ekim makinasıyla 1,5, 2 ve 3 m·s⁻¹ olmak üzere üç farklı hızda gerçekleştirilmiştir. Araştırmada makine ilerleme hızlarındaki artış hem tohum dağılım alanlarında hem de bu alanların varyasyon katsayılarında artışa neden olmuştur. Bu traktör ilerleme hızlarında en küçük yatay tohum dağılım alanları sırasıyla 15.243, 17.572, 24.864 mm² olarak içbükey zarf yöntemiyle hesaplanmıştır. Dikey tohum dağılım alanlarında ise en iyi sonuçlar 1,5 m·s⁻¹ hızda SDE ile 186 mm², 2 ve 3 m·s⁻¹ hızlarda ise CH ile sırasıyla 264 ve 463 mm² olarak kaydedilmiştir. Araştırmada içbükey zarf algoritmasının tohum dağılım alanlarının hesaplanmasında başarıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Çimlenme ile ilgili analizler incelendiğinde tarla filiz çıkışı oranı (TFÇO), ortalama çıkış süresi (OÇS), çıkış oranı indeksi (ÇOI) ve birim alana düşen bitki sayısı değerlerinin traktör ilerleme hızlarından önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. En yüksek TFÇO ve birim alana düşen bitki oranı 1,5 m·s⁻¹ hızla ekim yapılan parsellerde gerçekleşmiştir.

Anahtar kelimeler: İçbükey zarf, Tohum dağılım alanı, İntegral yöntemi, Standart sapmalı elips, Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları

ABSTRACT

THE APPLICABILITY OF CONCAVE HULL ALGORITHM IN DETERMINATION OF SEED DISTRIBUTION AREA

GÜLBE, Alper

Master Thesis, Biosystem Engineering Main Discipline

Thesis Adviser: Assoc. Prof. Dr. Sefa ALTIKAT

April 2019, 42 Pages

In this study, in addition to the methods of standard deviational ellipse (SDE), integral method (IM) and Voronoi polygons with Delaunay triangulation (VPDT) used to calculate the seed distribution area it is aimed to determine the efficiency of concave hull (CH) algorithm. In accordance with this purpose maize seeds were sown, seed distribution areas and their coefficients of variation were identified and statistically analyzed. Conventional tillage was utilized in the research. Sowing procedure was performed with a pneumatic sowing machine in three different forward speeds such as 1.5, 2 and 3 m·s⁻¹. The research indicated that the increase in the tractor forward speed led to raise both the seed distribution area and its coefficient of variation. According to the results, it was observed that the concave hull method gave better results in comparison with the other methods mentioned. Concerning horizontal seed distribution areas for the forward speeds above, the best results were obtained using concave hull as follows: 15,243, 17,572, 24,864 mm². For the vertical seed distribution areas, the best results were recorded as 186 mm² with SDE at 1.5 m·s⁻¹, 264 and 463 m·s⁻¹ with CH at the speeds 2 and 3 m·s⁻¹. The research concluded that concave hull algorithm can successfully be applied in calculation of seed distribution areas. When the analysis concerned with emergence investigated, seed emergence rate, mean seed emergence time, seed emergence index and plants per m² were affected by the tractor forward speeds gradually. The highest seed emergence rate and plants per m² were observed in the parcels sown at 1.5 m·s⁻¹ speed.

Key words: Concave hull, Seed distribution area, Integral method, Standard deviational ellipse, Voronoi polygons with Delaunay triangulation

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tarımsal üretimde ekim performansını belirleyen en önemli etmenlerden biri tohum dağılım alanıdır. Tohum dağılım alanının düzgünlüğü aynı zamanda verimi artıran sebeplerdendir. Tohum dağılım alanını belirlemek için hâlihazırda üç farklı yöntem varken dördüncü ve hatta beşinci bir yönteme ihtiyaç duyulmasının en önemli sebebi mevcut yöntemlerin kısıtlarıdır. Standart sapmalı elips yöntemi, tohumların tamamını kapsamaktan ve dağılım alanını vermekten çok, nerede yoğunlaştığını ve eğilimini verir. İntegral yöntemi, tohumları belli bir noktadan itibaren ikiye ayırır ve her iki gruba ayrı ayrı üçüncü derece polinomlar uydurarak, polinomlar arasındaki alanı bulur. Fakat çoğunlukla bu polinomlar tohumların dağıldığı konumun ortasından geçer ve stabil değildir.

Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları ise diğer yöntemlere göre daha efektiftir. Bütün tohumları kapsayan bir zarf çizer. Fakat poligon tohumların dağılım karakterini ortaya koymaktan uzaktır. Poligon içerisinde büyük boşluklar olabilir. Bir tohum çok uzak bir köşeye düşmüş olabilir. Bu yöntem böyle noktaları da içine alan dışbükey bir zarf çizdiğinden tohum dağılım alanı çok büyük olabilir.

İçbükey zarf, başka bir deyişle karakter zarf yöntemi tohumların dağılırken çizdiği karakteri yakalamaya çalışır. İçerde veya kenarda büyük boşluklar varsa onları devre dışı bırakır. Böylece daha efektif bir yaklaşımla tohumların dağıldığı alanı bulmaya çalışır.

Bu tezi planlarken, işlem adımlarını kurgularken ve sonuçları bulmaya çalışırken değerli desteklerinden, tecrübelerinden, bilgeliğinden ve yardımlarından sonuna kadar yararlandığım, beraber çalışmaktan büyük haz aldığım ve her defasında ufkumu açan hocam, Sayın Doç. Dr. Sefa ALTIKAT'a,

Değerli görüş ve katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Ahmet ÇELİK'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emrah KUŞ'a,

Bu tezin arazi çalışmaları, istatistik analizleri ve yazımı dahil tüm aşamalarında yardımcı olan, Sayın Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM'e,

Yüksek lisans öğrenimim boyunca değerli bilgilerinden faydalandığım bütün hocalarıma,

Manevi desteklerini esirgemeyen eşim Neşe GÜLBE'ye saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Alper GÜLBE

Nisan, 2019



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL ve METOT	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Çalışma alanı	9
3.1.2. İklim özellikleri	9
3.1.3. Tohum yatağı hazırlama ve ekim	10
3.1.4. Kullanılan tohumluk	12
3.1.5. Deneme traktörü	12
3.1.6. Yazılım bilgileri.....	14
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi.....	14
3.2.2. Traktör ilerleme hızının belirlenmesi	14
3.2.3. Toprak nem içeriğinin belirlenmesi.....	14
3.2.4. Bitki çıkışlarının hesaplanması.....	14
3.2.5. Verilerin toplanması	16
3.2.6. Verilerin işlenmesi.....	17
3.2.7. Tohum dağılım alanlarının hesaplanması.....	17
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	25
4.1. Tohum dağılım alanlarına ilişkin sonuçlar	25

4.1.1. Standart sapmalı elips yöntemine ait sonuçlar.....	25
4.1.2. İntegral yöntemine ait sonuçlar	27
4.1.3. Delaunay üçgenlemesi Voronoi poligonları yöntemine ait sonuçlar.....	28
4.1.4. İçbükey zarf yöntemine ait sonuçlar.....	30
4.2. Toprak Nem İçeriğine İlişkin Sonuçlar.....	33
4.3. Bitki Çıkışlarına ilişkin Sonuçlar.....	25
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	43

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
g	Gram
$g \cdot cm^{-3}$	Santimetre küp başına gram
HP	Beygir gücü
kg	Kilogram
$kg \cdot ha^{-1}$	Hektar başına kilogram
$kg \cdot m^{-2}$	Metrekare başına kilogram
km	Kilometre
$km \cdot h^{-1}$	Saat başına kilometre
kW	Kilowatt
l	Litre
m	Metre
$m \cdot s^{-1}$	Saniye başına metre
mm	Milimetre
MPa	Mega Pascal
Nm	Newton metre
PSI	İnçkare başına pound kuvvet

Kısaltmalar

<i>CH</i>	İçbükey Zarf
<i>CV</i>	Varyasyon katsayısı
<i>ÇOI</i>	Çıkış Oranı İndeksi ($adet \cdot m^{-1} \cdot gün^{-1}$)
<i>GLM</i>	Genelleştirilmiş Lineer Model
<i>IM</i>	İntegral Yöntemi

<i>KO</i>	Kareler Ortalaması
<i>OÇS</i>	Ortalama çıkış süresi (gün)
<i>P</i>	Olasılık
<i>SD</i>	Serbestlik Derecesi
<i>SDE</i>	Standart Sapmalı Elips
<i>TDA</i>	Tohum Dağılım Alanı
<i>TFÇO</i>	Tarla filiz çıkış oranı (%)
<i>VPDT</i>	Delaunay Üçgenlemesiyle Voronoi Poligonları

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan pnömatik hassas ekim makinası.....	11
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan çizi açıcı (solda), gömücü ayaklar (ortada) ve baskı tekerlekleri (sağda).....	11
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan traktör.....	13
Şekil 3.4. Tohumların sıra üzerindeki sapma ve sıra üzerindeki mesafe ölçümleri.....	16
Şekil 3.5. Ekim derinliğinin ölçülmesi.....	17
Şekil 3.6. Tohumun 3B koordinat sisteminde yeri ve dikey tohum dağılım alanı için koordinat sistemi.....	18
Şekil 3.7. Verilerin işlenmesi için iş akışı	19
Şekil 3.8. Dikey tohum dağılım alanı için uygulanmış standart sapmalı elips yöntemi	21
Şekil 3.9. Dikey tohum dağılımı için uygulanmış integral yöntemi.....	22
Şekil 3.10. Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları (Kesik çizgiler: dışbükey zarf, ince çizgiler: Delaunay üçgenleri, kalın çizgiler: Voronoi poligonları).....	23
Şekil 3.11. İçbükey zarf yöntemi.....	24
Şekil 4.1. Traktör ilerleme hızlarının standart sapmalı elips ile hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanlarına etkisi.....	26
Şekil 4.2. Traktör ilerleme hızlarının VPDT ile hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanlarına etkisi.....	30
Şekil 4.3. Traktör ilerleme hızlarının CH ile hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanlarına etkisi.....	32
Şekil 1.4. Dört farklı yöntemle elde edilen yatay tohum dağılım alanlarının karşılaştırması.....	33
Şekil 1.5. Dört farklı yöntemle elde edilen dikey tohum dağılım alanlarının karşılaştırması.....	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Çalışma alanı toprak özellikleri.....	9
Çizelge 3.2. Iğdır iline ait uzun yıllar içerisinde (1950-2015) gerçekleşen aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri.....	10
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan pnömatik hassas ekim makinasına ait teknik özellikler.....	12
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan traktörün teknik özellikleri.....	13
Çizelge 3.5. Çimlenme periyodundaki toprak nem içeriği ortalamaları	15
Çizelge 4.1. Standart sapmalı elips yöntemine ait varyans analizi sonuçları.....	25
Çizelge 4.2. Standart sapmalı elips yöntemine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları	26
Çizelge 4.3. İntegral yöntemine (IM) ait varyans analizi sonuçları.....	27
Çizelge 4.4. Delaunay Üçgenlemesiyle Voronoi Poligonları (VPDT) yöntemine ait varyans analizi sonuçları.....	28
Çizelge 4.5. Delaunay Üçgenlemesiyle Voronoi Poligonları (VPDT) yöntemine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	29
Çizelge 4.6. İç bükey zarf (CH) yöntemine ait varyans analizi sonuçları.....	31
Çizelge 4.7. İç bükey zarf (CH) yöntemine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	31
Çizelge 4.8. Toprak nem değişimine ait varyasyon analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.9. Nem değişimine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları	34
Çizelge 4.10. Tarla filiz çıkışına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	35
Çizelge 4.11. Tarla filiz çıkışına ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları....	36

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler, şu an 7,3 milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılı itibarıyla 9,8 milyar ve 78 milyon olan Türkiye nüfusunun 95 milyon olacağını öngörmektedir (UN, 2017). Bu kısa zamanda dünya nüfusunun %30, Türkiye nüfusunun da %21 civarında artacak olması eldeki kaynakların daha efektif kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle, sınırlı olan tarım alanlarını artırmaktan ziyade, kullanılan alet ve makinaların en iyi performansla çalışmasını sağlamak büyük önem arz etmektedir.

Tohum dağılım alanı özellikle ekim makinalarının performansını belirlemede önemli bir faktördür. Mükemmel ekim makinası, tohumları sıra üzerinde aynı sıklıkla, sıra aralarında aynı mesafede ve toprak altında aynı sabit derinliğe bırakmalı ve tohum dağılım alanı mümkün olduğunca sifira yakın olacak kadar küçük olmalıdır. Tohum dağılım alanı ne kadar küçük olursa kullanılan ekim makinasının ekim performansı da o kadar yüksek demektir.

Tohum dağılımı, ekim sürecinde yatay ve düşey olarak ifade edilen ve tohum çimlenmesi ile verimliliğini etkileyen önemli bir etmendir. Bazı bitkilerin tohum dağılım düzgünlüğüne karşı duyarlılığı olmasa da çoğu bitki için tohum dağılımının düzgün olması ürün verimini artırmaktadır.

Dikey tohum dağılımı sıradan sapmalar ve ekim derinliği ile ifade edilmektedir. Tohumların toprak altından çıkış yapması, gelişimi ve verimini en çok etkileyen etmenlerin başında ekim makinasının düzgün ekim yapması gelmektedir. Tohumların toprak altında düzgün dağılım sağlanmasında ekici düzenekler büyük öneme sahiptir (Karayel, 2010).

Sıra üzerinde tohumlar arasındaki mesafeler ile ekim derinliği eşit olmadığında verim düşer. Bunun önüne geçmek için ekim makinalarının tohumları toprağa, düzgün aralıklarla sıra üzerine ve uygun ekim derinliğine bırakmasını sağlamak gerekir (Önal ve Ertuğrul, 2011).

Yatay düzlemde tohum dağılım alanını etkileyen faktörler, sıra üzerinde tohum aralıkları ile sıradan sapmalardır. Tohum dağılım alanı bitkilerin tarla filiz çıkışını, gelişimini dolayısıyla mahsul miktarını etkileyen önemli bir etmendir. Aynı zamanda ekim makinasının

hassasiyetini değerlendirmede etkili bir faktördür. Ekim işlemi esnasında yatay ve dikeydeki tohum dağılım alanlarından bahsedilir. Yatayda tohum dağılım düzgünlüğünü etkileyen faktörler sıradaki tohumların aralığı ile çiziden sapmalardır. Dikeyde ise tohumların sıradan sapması ve ekim derinliğindeki farklılıklardır.

Ekimin en önemli amacı tohumları sıra üzerinde arzu edilen derinliğe, belirlenen aralıklarla düzgün olarak yerleştirmektir. Yatay düzlemde tohumlar düzgün dağılırsa bitkiler arasındaki rekabet azalır ve verim artar (Karayel, 2010). Varyasyon katsayısı ekim derinliğinin standart sapmasıdır ve ortalama ekim derinliğinin yüzdesi olarak ifade edilir. Pnömatik hassas ekim makinalarında ekim derinliği düzgünlüğünü belirtmek için kullanılan bu değerin %30'un altında olması beklenir (ISO, 1984).

Karayel ve Özmerzi (2001) tohum dağılım alanıyla ilişkili dikey düzlemde tohum dağılımının ekim derinliğine bağlı olduğunu ifade etmiştir. Tohum dağılımının düzgünlüğü tohumun daha iyi çimlenmesine ve ürün rekoltesinin artmasına neden olmaktadır (Karayel, 2011). Ayrıca Wilkins *et al.* (1991), tohum aralığı düzgünlüğünün "Bolero" bezelyelerinin bitki aralığı düzgünlüğüne duyarlı olmamasına rağmen "Stampede" bezelyenin rekolte artışına neden olduğunu belirtmiştir.

Tohum dağılım alanını hesaplamak için kullanılan, kabul görmüş 3 yöntem bulunmakta olup bunlar; standart sapmalı elips, integral ve Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonlarından oluşmaktadır. Karayel ve Özmerzi (2007a) ilk iki yöntemi yatay ve dikey tohum dağılım hesaplamalarında kullanmışlardır. Karayel (2010) üçüncü yöntemi yatay düzlemde tohum dağılımını değerlendirmede ve sıraya ekimde bitki yaşam alanını belirlemede kullanmıştır.

Standart sapmalı elips ve integral yöntemlerinin çizdiği zarf hayalidir ve bütün noktaları içerisine almayabilir. Ama Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yönteminde bütün tohumları içine alan dışbükey bir poligon kullanır.

Bir ekimin ve doğal olarak ekim makinasının başarısı en çok sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü, ekim derinliği düzgünlüğü ve yüksek tarla filiz çıkışı derecesine bağlıdır. Sıra

üzeri bitki dağılım düzgünlüğü yatay tohum dağılım alanı ile belirlenir. Ekim derinliği düzgünlüğü ise düşey tohum dağılım düzgünlüğü olarak hesaplanır.

Karayel ve Özmerzi (2007a) çizi açıcıların yatay ve dikeyde tohum dağılımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında standart sapmalı elips ve integral yöntemlerini kullanmıştır. Bu iki yöntemin uygulamasıyla ilgili detaylara yer vermiştir.

Karayel (2010) sıraya ekimde yatay düzlemdeki tohumların dağılımını ve bitki yaşam alanını Voronoi poligonlarını kullanarak değerlendirmiştir. Delaunay üçgenlemesiyle tohumlar arasında üçgenler teşkil edilmiş, üçgenlerin kenarlarına orta noktalarından dik doğrular çizilerek Voronoi poligonları oluşturulmuştur.

Srivatsan *et al.* (1998) eğrilerden oluşan bir kümenin içbükey zarfını, noktaların kapladığı, dışbükey veya içbükey en küçük alanın zarfı olarak tanımlamıştır.

İçbükey zarf algoritması, dış bükey zarf ile benzerlikler göstermesine rağmen Duckham *et al.* (2008) Voronoi poligonlarının da kullandığı dışbükey zarfın, dışbükey yayılım göstermeyen noktaları temsil edemeyeceğini savunmuştur. Bu çalışmada nokta bulutundan Delaunay üçgenlemesiyle noktalar birleştirilmiş, belli bir mesafenin üzerindeki kenarlar iptal edilerek içbükey zarf elde edilmiştir.

Park and Oh (2012) dışbükey zarf veri kümesinin geometrik karakterini tam olarak yansıtmadığından, noktaların uzaysal dağılımını karakterize etmede içbükey zarf kullanılmasını önermiştir. Bu çalışmada önce bütün noktaları çevreleyen bir dış bükey zarf şeklinde bir poligon oluşturulmuştur. Poligonun herhangi iki noktası arasındaki mesafeden daha kısa olan bir üçüncü noktayı da poligona katarak içbükey bir poligon meydana getirilmiştir.

Günümüzde pek çok alanda, noktaların dağılım alanlarının hesaplanmasında içbükey ve karakteristik zarf denen bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntem noktaların karakteri hakkında yukarıda saydığımız yöntemlerden daha fazla bilgi vermektedir. Bu çalışmada mevcut yöntemlerde takip edilen prosedür izlenerek boyutlardan birisi ihmal edilip yatay ve

düŖey tohum dağılım alanlarında kullanılmak üzere önce iki boyutlu içbükey zarf yöntemi kullanılmıştır.

İki boyutlu düzlemde tohum dağılım alanını tespit etmek için uygulanan bu yöntemden elde edilen veriler mevcut yöntemlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Tohumların dağıldığı alanın hesaplamasında içbükey zarf yönteminin daha iyi bir sonuç vermesi beklenmektedir.

Bu tezin amacı tohum dağılım alanını belirlemek için içbükey zarf yöntemini uyarlamak ve bu yöntemden elde edilen değerleri diğer yöntemlerden elde edilenlerle karşılaştırmaktır. Tohum dağılım alanlarını belirleme yöntemleri; ismen standart sapmalı elips, integral yöntemi ve Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları, tohum dağılım alanlarını belirlerken tohumun ya derinlik bilgisini (yatay tohum dağılım alanı) ya da sıra üzeri mesafe bilgisini (dikey tohum dağılım alanı) ihmal edip iki boyuta indirgeyerek tohumların dağıldığı alanı hesaplar. Bu çalışmanın hedefi; günümüzde pek çok sahada nokta bulutunun dağılım alanlarını hesaplamada kullanılan karakter veya içbükey zarf (character / concave hull) yönteminin tohum dağılım alanını hesaplamada kullanılabilirliğini araştırmaktır. Bu yöntem önce sıra üzeri mesafelerin ortalamasını alarak iki boyuta indirgenmiş dikey tohum dağılım alanını belirlemede kullanılacaktır. Elde edilen değerler standart sapmalı elips, integral ve Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemleri ile karşılaştırılacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ekim işlemi, sürdürülebilir tarımsal üretimin en etkili faktörleri arasında yer almaktadır. Makinaların ekim performansına etki eden pek çok parametre bulunmaktadır. Ekim makinasının gömücü ayak tipi, traktör ilerleme hızı, baskı tekerinin yapısı ve kapatma düzenleri bunlar arasında sayılabilir. Bu faktörlerin birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışması etkin bir ekim için gereklidir. Ekim derinliği ve bitki yaşam alanı düzgünlüğü ekim başarısını etkileyen önemli etmenlerdendir. Bitki, olması gerekenden daha derine ekilirse çimlenme yeteneğini kaybedebilir. Bunların yanı sıra yüzlek ekimde de tohumlar, toprağın nem içeriğinden gerektiği kadar faydalanamazlar.

Knappenberger and Köller (2011), üç yıllık çalışmalarında 40, 50, 60, 70, 80, 90 mm derinliğe mısır ekmişler ve yüzlek ekilen mısıra göre derine ekilenlerin daha çok çimlendiğini, çimlenmenin elektrik iletkenliğini azalttığını bunun da verimi etkilediğini bildirmişlerdir.

Tohum dağılımı çimlenmeyi ve verimi etkileyen ve yatay ve düşey olarak ifade edilen önemli bir faktördür. Yatayda tohum dağılım düzgünlüğüne etki eden etmenler ise sıra üzeri tohum mesafeleri ile sıradan sapmalardır.

Ekimin amacı sıra üzerinde tohumları istenilen derinliğe ve sıra üzerinde uygun mesafelere yerleştirmektir. Ekim derinliği düzgünlüğünü belirlemek için kullanılan varyasyon katsayısı, ortalama ekim derinliğinin yüzdesi olarak ifade edilen ekim derinliğinin standart sapmasıdır. Yüzde varyasyon katsayısının %30'un altında olması kabul edilebilir ekim derinliğini ifade eder (ISO, 1984).

Taşer ve Altuntaş (1996), sıraya ekimde 1, 1,5 ve 2,5 m.s⁻¹'lik traktör ilerleme hızları ile tohum dağılım düzgünlüğü arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, traktör ilerleme hızının artmasıyla tohum dağılım düzgünlüğünün bozulduğunu bildirmişlerdir.

Altuntaş ve ark. (1999), tahıl ekim makinası ilerleme hızı ile tohum dağılım düzgünlüğü arasındaki etkiyi araştırmak için 3,6, 5,4, 7,2 ve 8,64 km·h⁻¹'lik dört farklı

ilerleme hızı kullanmışlardır. Sonuçta, kombine tahıl ekim makinasında ilerleme hızının artmasıyla sıra arası ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün bozulduğunu belirtmişlerdir.

Karayel ve Özmerzi (2001), düşey düzlemdeki tohum dağılımının ekim derinliğine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Chen *et al.*, (2004), ekim derinliğini yazlık fiğ bitkisinin mezokotil uzunluğunu ölçerek belirlemişlerdir.

Wilkins *et al.* (1991), “Stampede” bezelyelerinin dağılım düzgünlüğü arttıkça veriminin arttığını, fakat “Bolero” bezelyelerinin bitki dağılım düzgünlüğünden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Buradan da anlaşılıyor ki bazı bitkiler düzgün tohum dağılımına ihtiyaç duymaktadır.

Özmerzi ve ark. (2002), 6 kmh⁻¹'lik traktör ilerleme hızı ile 40, 60 ve 80 mm derinliklere ekilen mısır tohumları içinde mısır için en uygun ekim derinliğinin 60 mm olduğu sonucuna varmışlardır.

Jasper *et al.* (2011), 4, 6, 8 ,10, 12 kmh⁻¹'lik ekim makinesi ilerleme hızlarının, soya fasulyesi verimi ve tohum dağılım düzgünlüğü üzerindeki etkilerini incelemişler ve ilerleme hızından dikey tohum dağılım alanının etkilendiğini fakat yatay tohum dağılım düzgünlüğünün ve verimin etkilenmediği sonucuna varmışlardır.

Ivancan *et al.* (2004), ekim makinesi ilerleme hızının tohum dağılım düzgünlüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İlerleme hızı artışının hassas ekimi engellediğini ve ilerleme hızını 1,8 kmh⁻¹'den 5,2 kmh⁻¹'e çıkarınca kabul edilebilir tohum aralık oranında düşme yaşandığını (%80,4'ten %76,6'ya) bildirmişlerdir.

Lauer and Rankin (2004), mısır bitkisi için sıra üzeri mesafeler ve verim arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, sıradan sapma değerinin 12 cm'yi geçtiği her 1 cm için verimde %1,06'lık azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Buehring *et al.* (2002), sıra arası mesafeyi en uygun değerden daha aşağıya çekince tohumların birbirleri ile rekabete girdiğini, mesafeyi yukarıya çekince sıra aralarında yabancı bitki sayısının arttığını belirtmişlerdir.

Parish *et al.* (1999), sıra arası mesafelerin düzgünlüğünün soya fasulyesinde verimi artırdığını, sıra arası mesafeleri eşit olmayan soya fasulyesi veriminin %7 ilâ 8 oranında düştüğünü bildirmişlerdir.

Gil and Carnasa (1996), çalışmalarında sıra arası ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün bitkiler için önemli olduğunu ileri sürdükleri araştırmalarında, özellikle mısır bitkisi için düzgün dağılımın verimi %5 artırdığı sonucuna varmışlardır.

Tsybulya (2002), tohum dağılım alanı düzgünlüğünün bitki verimini etkileyen ortalama bir etmen olduğunu vurguladığı çalışmasında, tohum dağılım alanını bitki köklerini içeren daireler toplamı olarak kabul etmiştir. En iyi tohum dağılımının hassas ekim veya eş yayımlı ekim ile başarıldığını belirtmiştir.

Karayel ve Özmerzi (2005), tohum dağılımlarını belirlemek için mısır ve karpuz ile yaptıkları çalışmada yatay düzlemdeki tohum dağılımı için sıra üzeri uzaklık ve sıradan sapma, düşey düzlemdeki tohum dağılımı için ekim derinliğini ölçmüşlerdir.

Tohum dağılım alanını hesaplamada kullanılan kabul görmüş üç yöntem mevcut olup bunlar; standart sapmalı elips (SDE), integral yöntemi (IM) ve Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları (VPDT) yöntemleridir. İlk iki yöntemi Karayel ve Özmerzi (2007a), üçüncü yöntemi ise Karayel (2010) yürüttükleri çalışmalarında kullanmışlardır.

Karayel ve Özmerzi (2007a), mısır ve karpuz ekiminde dört farklı gömücü ayak (balta, çapa, tek ve çift diskli) kullandıkları çalışmalarında balta tip gömücü ayakların her iki bitki türü için en uygun olduğu sonucuna varmışlardır. En yüksek varyasyon katsayısını ise çapa tipi gömücü ayakların kullanıldığı parsellerde elde etmişlerdir. Çalışmada, tohum dağılım alanını hesaplamak için standart sapmalı elips ve integral yöntemini kullanmışlardır. Mısır için en büyük tohum dağılım alanı çapa tip gömücü ayakta, karpuzda ise tek diskli tip gömücü ayakta ölçülmüşlerdir. Sonuçta, integral yönteminin tohum dağılım alanını daha hassas bir biçimde belirlediğini bildirmişlerdir.

Karayel (2010) tohumların sıra üzerindeki mesafelerinin ve tohumların çizi üzerinde sıradan sapmalarının yatay tohum dağılım alanı düzgünlüğüne etki ettiğini, bunun

iyileştirilmesinin bitkiler arasındaki rekabeti azaltacağından verimi artıracığını bildirmiştir. Fakat yaşam alanının bitki gelişimi ve verim üzerine daha etkili olduğunu ve iki boyutlu olarak incelenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu çalışmada bitki yaşam alanını belirlemek için Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemi kullanılmıştır.

Karayel ve Özmerzi (2010), sıra üzeri uzaklık ile derinlik dağılımını temel alan değerlendirmelerin tek boyutlu olduğunu vurguladıkları çalışmalarında, tohum dağılımını değerlendirebilmek için yatay ve düşey düzlemdeki tohum dağılım karakteristiğini incelemek gerektiğini belirtmişlerdir. Tohum dağılımının incelenmesinde iki boyutlu değerlendirmeyi yeni bir yaklaşım olarak sunmuşlardır. Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemini kullanarak bitki yaşam alanını, standart sapmalı elips ve integral yöntemi ile tohum dağılım alanını belirlemişlerdir.

Kristensen *et al.* (2006), her bir bitkinin tarlada uzaysal dağılımının bitki büyümesi için önemli olduğunu vurgulamışlardır. Sayısallaştırılmış fotoğraflardan yüzlek ekilen buğday tohumlarının x ve y koordinatlarını bulmuş ve Voronoi veya Thiessen poligonlarının alanlarını toplayarak tohum dağılım alanını hesaplamışlardır. İkinci bir yöntem olarak tohum sayılarının ortalama ve varyans değerleri ile ifade edilen Morista dağılım indeksini kullanmışlardır.

Duckham *et al.* (2008), Voronoi poligonlarının kullandığı dışbükey zarfın dışbükey olmayan bir yayılım gösteren nokta kümelerinin karakteristiğini iyi bir şekilde ortaya koyamayacağını iddia etmişlerdir.

Park and Oh (2012), dışbükey zarfın veri kümelerinin geometrik karakteristiğini tam olarak yansıtmadığından, geometrik değerlendirmelerde içbükey zarf kullanılmasını önermişlerdir.

Srivatsan *et al.* (1998), içbükey zarfı, dışbükey veya içbükey olabilen noktaların etrafını saran en küçük alana sahip ve bir dizi eğrilerden oluşan zarf olarak tanımlanmaktadır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma, 2014 yılında Iğdır Üniversitesine ait Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi alanında yürütülmüştür. 39°55'02"N ve 44°03'00"E koordinatlarında Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü'nde yer alan Iğdır Merkez ilçeye 4 km mesafedeki çalışma alanı, 850 m rakıma sahiptir. Toprak yüzeyinden (0-12 cm) alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar analizlerine ait çalışma alanının toprak özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma alanı toprak özellikleri

Toprak Özellikleri		Değer
Bünye analizi	Kil (%)	52,5
	Kum (%)	15,75
	Silt (%)	31,75
Tekstür sınıfı		Kil
pH		7,98
Organik madde miktarı (%)		1,7
Hacim ağırlığı (g·cm ⁻³)		1,45
Porozite (%)		45,3
Penetrasyon direnci, (MPa) (0-30 cm)		0,801

3.1.2. İklim özellikleri

Çalışmanın yapıldığı Iğdır iline karasal iklim hâkimdir. İlin son 65 yıla ait yıllık yağış miktarı ortalaması 256,8 kgm⁻² olup, bu yağışın yarısına yakını Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında almaktadır. Çalışmanın yapıldığı Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için son 65 yıla ait ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 13,3, 17,8, 22,2, 25,9, 25,2 (°C) ve aylık yağış ortalamaları sırasıyla 34,2, 47,7, 33,4, 13,8, 9,8 (kg·m⁻²) olarak gerçekleşmiştir

(MGM, 2015). Çizelge 4.2.'de Iğdır iline ait aylık bazda son 65 yıla ait iklim verileri yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Iğdır iline ait uzun yıllar içerisinde (1950-2015) gerçekleşen aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, 2015).

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Ortalama sıcaklık (°C)	-3,3	-0,2	6,5	13,3	17,8	22,2	25,9	25,2	20,1	12,8	5,8	-0,4
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	2,3	4,6	5,2	6,6	7,3	9,4	10,1	9,4	8,4	6,1	4,2	2,3
Ortalama yağışlı gün sayısı	6,0	6,3	6,9	10,9	14,0	10,2	5,5	3,9	3,8	7,9	6,1	6,2
Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (kg·m⁻²)	13,6	16,3	20,8	34,2	47,7	33,4	13,8	9,8	11,1	25,1	17,1	13,1

3.1.3. Tohum yatağı hazırlama ve ekim

Araştırmada, tohum yatağı hazırlığı için geleneksel toprak işleme yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla; kulaklı pulluk, diskli tırmık, kültivatör ve tapan birleşimi ile toprak her bir ekipmanın uygun olduğu işleme derinliği esas alınarak tohum yatağı hazırlanmıştır. Ekim işlemi 2014 yılı Nisan ayının üçüncü haftasında gerçekleştirilmiştir.

Toprak işlemeyi müteakip toprak hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve toprak nem içeriğini belirlemek için 0 ila 12 cm derinliklerinden topraktan örnekler alınarak analize tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.1.'de yer almaktadır.

Ekim, Özdöken firmasının ürettiği 4 sıralı pnömatik hassas ekim makinasıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Ekim makinasına ait gömücü ayaklar Şekil 3.2'de verilmiştir. Ekim makinası 70 cm sıra arası ve 15 cm sıra üzeri mesafe ile 5 cm ekim derinliğine göre ayarlanarak ekim yapılmıştır. Pnömatik hassas ekim makinasının teknik özellikleri Çizelge 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan pnömatik hassas ekim makinası



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan gömücü ayaklar ve baskı tekerlekleri

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan pnömatik hassas ekim makinasına ait teknik özellikler

Teknik Özellikler	Değer
Ağırlık (kg)	665
Ayak sayısı (adet)	4
Ekici düzen sayısı (adet)	4
Ekim derinliği (mm)	10-100
Gübre sandığı hacmi (l)	175x2
İş genişliği (mm)	2.100
Lastik ebatları	5,00x15
Sıra arası mesafe (mm)	700-750
Tohum sandığı hacmi (l)	40x4
Toplam genişlik (mm)	3.000
Toplam uzunluk (mm)	2.000
Toplam yükseklik (mm)	1.450

3.1.4. Kullanılan tohumluk

Ekim için bin dane ağırlığı 288,675 g olan May Tohum firmasına ait Hido çeşidi mısır tohumu kullanılmıştır. Tohum ekim normu 25 kg ha^{-1} olarak dikkate alınmış ve m²'ye yaklaşık 9 adet tohum gelecek şekilde ekim yapılmıştır. Ekim makinası, tohum sıra arası mesafe 70 cm, sıra üzeri mesafe 15 cm ve ekim derinliği 5 cm olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.1.5. Deneme traktörü

Çalışmada, güç kaynağı olarak 85 kW gücünde, New Holland TD85D model traktör kullanılmıştır (Şekil 3.3). Bu traktöre ait teknik özellikler Çizelge 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan traktör

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan traktörün teknik özellikleri

New Holland TD85D	
Teknik Özellik	Değer
Maksimum güç (HP)	85
Silindir sayısı (adet)	4
Silindir hacmi (l)	2,9
Maksimum tork (Nm)	321
Kuyruk mili	Bağımsız çift hızlı (540-540E)
Toplam ağırlık (kg)	3.400
Lastik ölçüleri (Ön)	Lassa (12,4/11-24)
Lastik ölçüleri (Arka)	Lassa (18,4/15-30)
Lastik iç basıncı (PSI-kPa)	14-100

3.1.6. Yazılım bilgileri

Çalışmada üç boyutlu nokta bilgilerini düzenlemek, Standart Sapmalı Elips ve İntegral yöntemi ile alanları hesaplamak için bir hesap tablosu programı olan Microsoft Excel 2013 yazılımı kullanılmıştır. İntegral yöntemiyle alan hesaplamak için VBA ile bir modül yazılmıştır.

Delaunay üçgenleri ve Voronoi poligonlarını oluşturmak için Fortune algoritması kullanılarak Microsoft Visual C# 3.5 ile bir masaüstü uygulaması yazılmıştır. Program CSV formatında aldığı 3 boyutlu nokta verilerinden Delaunay üçgenlerini oluşturmakta, iki ve üç boyutlu olarak alan hesaplamaları yapmakta ve yine CSV formatında bu üçgenlere ait bilgileri dışarı aktarmaktadır.

Çizimleri iki boyutlu ve üç boyutlu olarak göstermek için Autodesk AutoCAD 2012 programı kullanılmıştır. Delaunay Üçgenlemesiyle Voronoi Poligonları ve Karakter Zarf yöntemleriyle alan hesaplamaları için CSV formatında verileri alarak işleyen AutoLISP diliyle script yazılmıştır.

İstatistiksel analizler için SAS for Windows 9.1 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım üzerinde programlar yazılarak çıktılar alınmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi ve yürütülmesi

Denemeler, 9 tekerrürlü ve 3 farklı ekim hızı esas alınarak 3x9 faktöriyel deneme deseninin tam şansa bağlı deneme planına göre düzenlenmiştir. Deneme alanı 3 m genişliğinde ve 20 m uzunluğunda parsellere ayrılmıştır. Parseller arasında 1 m ve her üç parselde bir 2 m mesafe bırakılmıştır. Bir geçişte 4 sıra ekim yapılan parsellerin sıralarından 5 m'lik mesafelerden örnekler alınmıştır.

3.2.2. Traktör ilerleme hızının belirlenmesi

Ekim işlemi tohum dağılım alanı düzgünlüğünü ortaya koymak üzere 1,5, 2 ve 3 ms⁻¹ olmak üzere 3 farklı traktör ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir (Yazgı ve ark., 2012). Bu hızlar (v), traktörün 100 metrelik mesafeyi (S) alma süreleri (t) belirlenerek Denklem 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$v = S/t \quad (3.1)$$

3.2.3. Toprak nem içeriğinin belirlenmesi

Toprak nem içeriğini belirlemek üzere Spectrum Field Scout TDR300 toprak nemi ölçme cihazı kullanılmıştır. Çimlenme sürecinde her parselin beş ayrı yerinden ölçümler alınarak cihaz üzerindeki kompakt flaş karta kaydedilmiş, sonrasında USB ara yüzüyle kompakt flaştan bilgisayara aktarılmıştır. Hesaplanan ortalama nem değerleri her parselin hacim ağırlığı ortalamasına bölünmüş, kuru ağırlık esasına göre yüzde nem içeriği saptanmıştır (Altıkat 2005). Çimlenme periyodundaki nem içeriği ortalamaları Çizelge 3.5.'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çimlenme periyodundaki toprak nem içeriği ortalamaları

Tarih	30	2	4	6	8	10	12	14
	Nisan	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs
Toprak nem içeriği ortalamaları	54,43	54,4	50,02	48,88	49,04	50,22	52,37	49,62

3.2.4. Bitki Çıkışlarının hesaplanması

Nisan ayının üçüncü haftasında ekim yapıldıktan sonra, tarla filiz çıkışı değerlendirilmesi için 30 Nisan'dan itibaren ikişer gün arayla, toplamda 7 kez sayım yapılmıştır. D_i , ekimden sonraki i . gün (kümülatif gün sayısı) ve N_i , i . günde yapılan sayım sonucunda çıkan yeni filizlerin sayısı olmak üzere gün cinsinden ortalama çıkış süresi (OÇS) Denklem 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$OÇS = \frac{N_1D_1 + N_2D_2 + \dots + N_iD_i + \dots + N_nD_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_i + \dots + N_n} \quad (3.2)$$

S , bir metrelik sıra üzerinde çimlenen tohum sayısı olmak üzere çıkış oranı indeksi ($\text{adet} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{gün}^{-1}$) Denklem 3.3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\zeta OI = \frac{S}{O\zeta S} \quad (3.3)$$

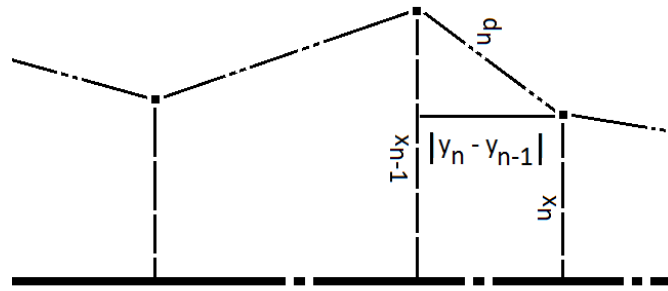
Tarla filiz çıkışı oranını hesaplamak için Denklem 3.4 kullanılmıştır.

$$TF\zeta O = \frac{N_x - N_0}{N_i} \cdot 100 \quad (3.4)$$

Burada N_x , bakılan sıradaki bitkilerin toplam sayısı, N_0 , o sıradaki ikizlenme sayısı, N_i , ise düzgün bir ekimde bu sırada olması gereken bitki aralıklarının sayısıdır (Karayel ve Özmerzi, 2007b).

3.2.5. Verilerin toplanması

Mısır filizlerinin yatay eksendeki yerinin belirlenmesi için sıranın sağına bir ip gerilmiştir. Bitki gövdesi ile ip arasındaki dik uzaklık bitkinin yatay eksendeki (x-ekseni) konumunu vermektedir. Bu değer aynı zamanda sıradan sapma olarak da kaydedilmiştir. Takip eden iki bitki gövdesi arasındaki mesafe ölçülmüş Şekil 3.4.'deki d_n , bu iki bitkinin sıradan sapma farkları da $-|x_n - x_{n-1}|$ kullanılarak hesap tablosu programı aracılığıyla dik mesafeler elde edilmiş, daha sonra Denklem 3.5 ve Denklem 3.6 kullanılarak dikey eksendeki (y-ekseni) konum bilgisine dönüştürülmüştür.



Şekil 3.4. Tohumların sıra üzerindeki sapma ve sıra üzerindeki mesafe ölçümleri.

$$|y_n - y_{n-1}| = \sqrt{d_n^2 - |x_n - x_{n-1}|^2} \quad (3.5)$$

$$y_n = \sum_{i=1}^n |y_i - y_{i-1}| = y_{n-1} + |y_n - y_{n-1}| \quad (3.6)$$

Sıra üzerindeki tüm bitkilerin yatay ve dikey konum bilgileri belirlendikten sonra her bir bitki için mezokotil uzunlukları ölçülerek ekim derinliği (z-ekseni) olarak kaydedilmiştir. Bitkiler kökünden sökülerek tohum kalıntısı ile bitkinin toprak içinde kalan, beyazdan mora geçiş sınırı arasındaki mesafe 0.01 mm hassasiyetinde dijital bir kumpas ile ölçülmüştür (Şekil 3.5.).



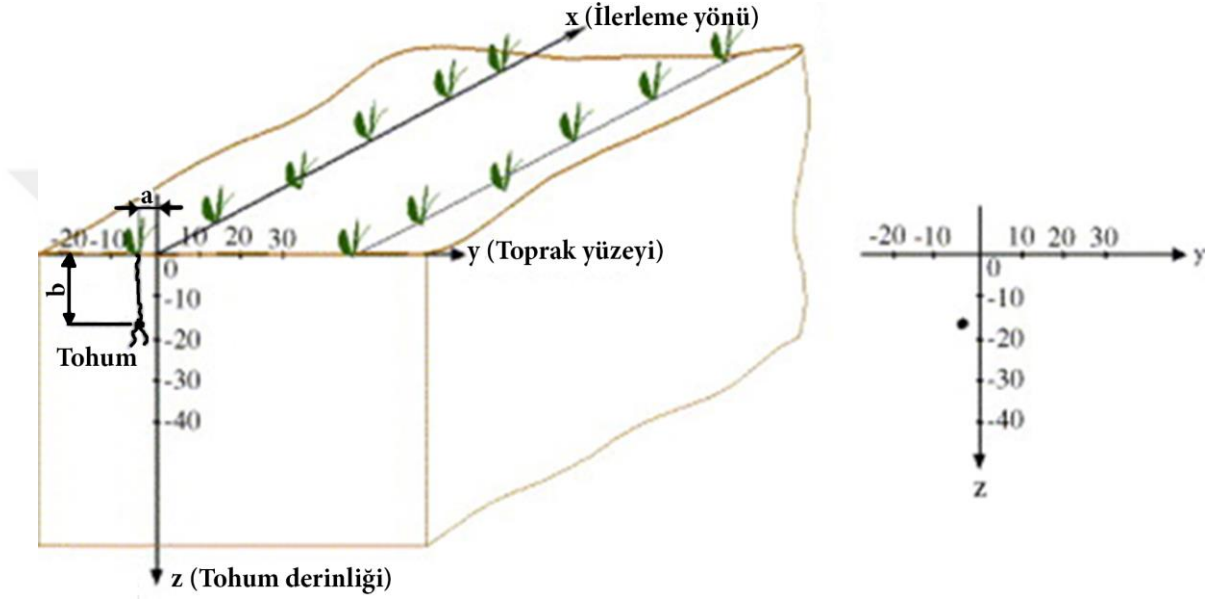
Şekil 3.5. Ekim derinliğinin ölçülmesi

3.2.6. Verilerin İşlenmesi

Toplanan konum bilgileri Şekil 3.6.'daki gibi üç boyutlu koordinat verilerine dönüştürülmüştür. Hesap tablosu programına kaydedilen tohumların üç boyutlu nokta bilgilerinden yatay ve dikey tohum dağılım alanları standart sapmalı elips ve integral metotları ile burada hesaplanmıştır. Standart sapmalı elips yöntemindeki S_a ve S_b değerlerini bulmak için Microsoft Excel 2013 uygulamasının STDSAPMA (STDDEV) işlevi kullanılmıştır.

İntegral yönteminde noktalar ikinci eksene göre sıralatılmış ve ortalamaları alınmıştır. Nokta kümeleri; ortalamannın altındakiler ve üstündekiler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Kümelerdeki nokta sayısının 4'ün altına düşmemesi için ortalama alma yöntemi olarak medyan kullanılmıştır. Her bir küme için DOT (LINEST) işlevi yardımıyla 3. derece

bir polinom üretilmiş, daha sonra bu polinomların arasında kalan alan VBA kullanılarak yazılan modülle hesaplatılmıştır. Yatay tohum dağılım alanı için x ve y koordinatları, dikey tohum dağılım alanı için ise x ve z koordinatları kullanılmıştır (Şekil 3.6).



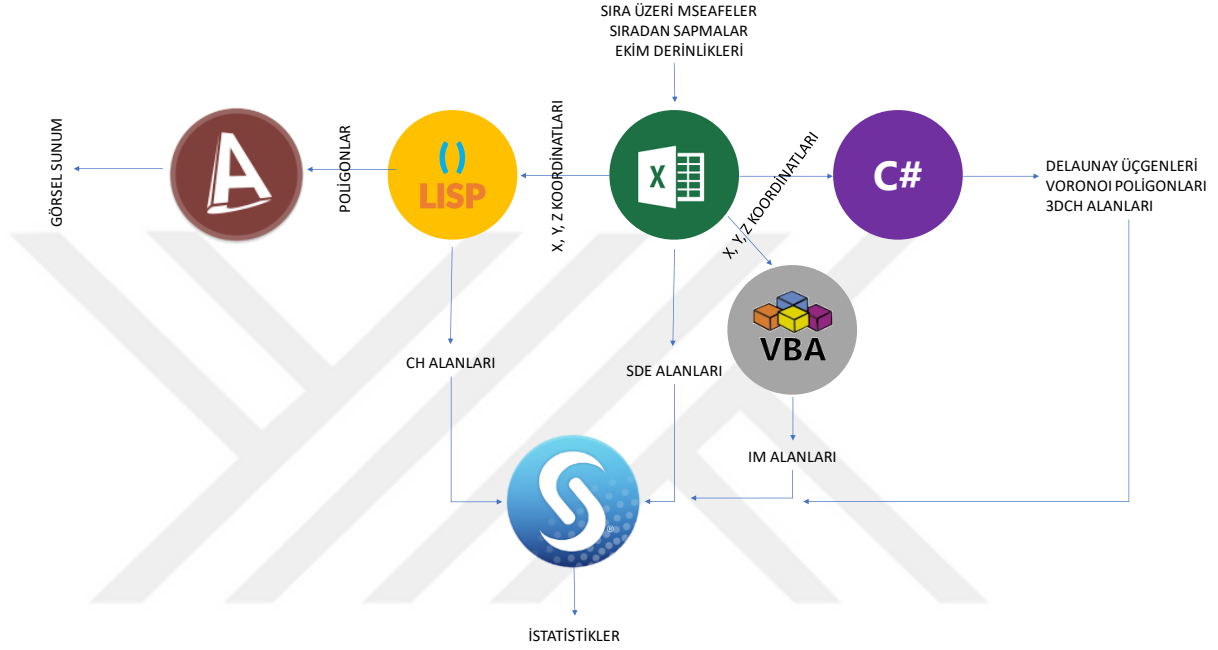
Şekil 3.6. Tohumun 3B koordinat sisteminde yeri ve dikey tohum dağılım alanı için koordinat sistemi

Her bir bloktaki noktalar ayrı ayrı CSV dosyalarına kaydedilmiştir. Bu dosyalar AutoLISP ile yazılmış programdan çağrılarak Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemiyle dışbükey zarf hem görsel olarak oluşturulmuş hem de alanı hesaplatılmıştır. Aynı dosya daha sonra içbükey zarf algoritması için kullanılmış ve alan hesaplatılmıştır.

Microsoft Visual C# ile bir program yazılmış ve CSV uzantılı dosyalar içindeki tohum koordinatları Fortune algoritması kullanılarak Delaunay üçgenlemesi yöntemiyle üçgenlere dönüştürülmüştür. Daha sonra, bu üçgenlerin alanları ve tohumların dağıldığı toplam yüzey bulunmuştur.

Elde edilen yatay tohum dağılım alanları, dikey tohum dağılım alanları ve üç boyutlu dağılım yüzey alanı değerlerinin ortalaması alınarak varyasyon katsayıları (% CV)

hesaplanmış, daha sonra hesaplanan değerler istatikselsel analize tabi tutulmuştur (Chen et al., 2004). Bu çalışma süresince uygulanan iş akışı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Verilerin işlenmesi için iş akışı

3.2.7. Tohum dağılım alanlarının hesaplanması

Tohum dağılım alanını hesaplamak için standart sapmalı elips, integral ve Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemleri kullanılır. İlk iki yöntem yatay ve dikey tohum dağılım hesaplamalarında kullanılmıştır (Karayel ve Özmerzi, 2007a). Üçüncü yöntem ise yatay düzlemde tohum dağılımını değerlendirmede ve sıraya ekimde bitki yaşam alanını belirlemede kullanılmıştır (Karayel, 2010).

Standart sapmalı elips ve integral yöntemleri ile çizilen zarf dağılımı bütün noktaları içerisine almayabilir. Ama Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları bütün tohumları içine alan dışbükey bir poligon kullanır (Karayel ve Özmerzi, 2010).

Günümüzde pek çok alanda, noktaların dağılım alanlarının hesaplanmasında içbükey veya karakteristik zarf denilen bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntem noktaların karakteri hakkında yukarıda saydığımız yöntemlerden daha fazla bilgi vermektedir. Bu çalışmada

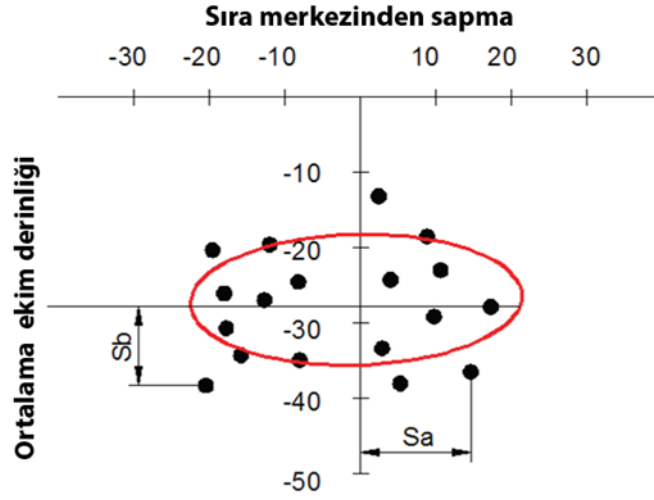
mevcut yöntemlerde takip edilen prosedür izlenerek boyutlardan birisi ihmal edilip yatay ve düşey tohum dağılım alanlarında kullanılmak üzere önce iki boyutlu içbükey zarf yöntemi kullanılmıştır. Üretilen bu yöntemde bütün noktaları içine alacak bir zarf oluşturulmuştur.

İki boyutlu düzlemde tohum dağılım alanını tespit etmek için uygulanan bu yöntemden elde edilen veriler mevcut yöntemlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak değerlendirme yapılmış ve etkinliği tartışılmıştır.

3.2.7.a. Standart sapmalı elips

Standart sapmalı elips, 1926 yılında Lefever tarafında önerilmiş ve tek değişkenli yayılmaları göstermek için kullanılan klasik istatistiksel bir yöntemdir. Suç işleyenlerin evlerinin dağılımı (Furfey, 1927), H1N1 virüsünün yayılımının yoğunlaştığı bölge (Wang ve ark., 2015) gibi pek çok coğrafi bilgi sistemi uygulamalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle elde edilen elips tüm noktaları içermez; yayılımın alanından çok odak merkezi, yoğunlaştığı alan ve eğilim eksenini bulmada kullanılır. Bu çalışmada merkez koordinatları ve eğilim eksenini çizgi eksenini ile aynı olduğundan dikkate alınmamıştır.

Standart sapmalı elips yöntemi dikey tohum dağılım alanını bulmak için uygulandığında, tohumların sıra merkezinden standart sapması (S_a) ve ekim derinliğinin standart sapmasından (S_b) bir elips tertip edilmiş ve tohum dağılım alanı $A=S_a \cdot S_b \cdot \pi$ formülü ile hesaplanmıştır (Karayel ve Özmerzi, 2007a). Yatay tohum alanına uygulandığında ise tohumların sıra merkezinden standart sapması (S_a) ve sıra üzeri standart sapmasından (S_b) bir elips oluşturulmuş ve tohum dağılım alanı yine $A=S_a \cdot S_b \cdot \pi$ eşitliği ile bulunmuştur (Karayel ve Özmerzi, 2010). Şekil 3.8’de standart sapmalı elips yöntemi şematize edilmiştir.



Şekil 3.8. Dikey tohum dağılım alanı için uygulanmış standart sapmalı elips yöntemi

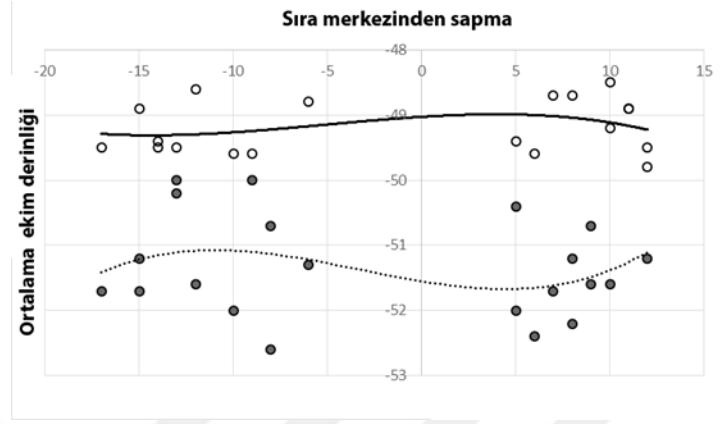
3.2.7.b. İntegral yöntemi

İntegral yönteminde, yatay tohum dağılım alanı hesaplamak için tohumlar, biri sıra üzerinde ortalamanın solundakiler ve diğeri ortalamanın sağındakiler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Dikey tohum dağılım alanı hesaplarken tohumlar, ortalama ekim derinliğinin altında veya üstünde olmak üzere iki gruba bölünmüştür. Her bir grup için en küçük kareler kestirimi kullanılarak gruptaki tohumların koordinatlarından bir kübik fonksiyon üretilmiştir. İki fonksiyon arasında kalan alan, farklarının belirli integrallerinin alınması ile bulunmuştur (Karayel ve Özmerzi, 2007a). Kolaylık olması açısından a en uygun ekim derinliği ve a_3, a_2, a_1 ve a_0 kübik fonksiyonun katsayıları olmak üzere, her bir grup tohumun dağıldığı alan Denklem 3.7 ile hesaplanmıştır.

$$\int_b^c (a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0)dx - \int_b^c adx$$

$$= (a_0 - a)[c - b] + \frac{a_1}{2}[c^2 - b^2] + \frac{a_2}{3}[c^3 - b^3] + \frac{a_3}{4}[c^4 - b^4] \quad (3.7)$$

Her iki eğri ile ortalama ekim derinliği arasında kalan alanlar toplandığında bu iki eğri arasındaki alan bulunmuştur. Şekil 3.9'da örnek nokta grubu için integral yöntemi gösterilmiştir.



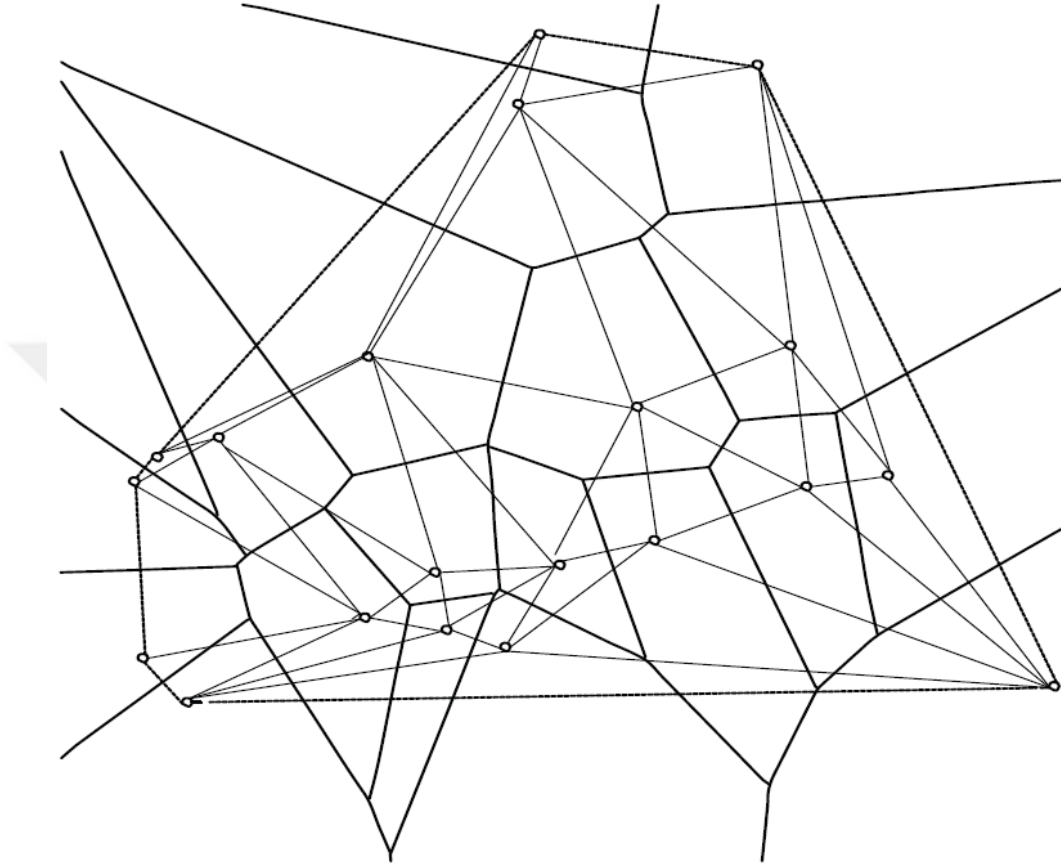
Şekil 3.9. Dikey tohum dağılımı için uygulanmış integral yöntemi

3.2.7.c. Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları

Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları ile bütün tohumları içine alan dışbükey bir poligon oluşturulmuştur. Daha sonra Delaunay üçgenleme yöntemiyle poligon uygun üçgenlere bölünmüştür. Bu üçgenlerin alanlarının toplamı poligonun alanını vermektedir. Dışbükey zarfın alanı, içindeki üçgenlerin alanlarının toplamı olarak hesaplanmıştır. Her bir üçgenin alanı bulmak için Heron yöntemi kullanılmıştır.

Yüzeyler, Delaunay yöntemiyle üçgenlere ayrılırken olası üçgenler içinden, iç açıları arasındaki en küçük açının en büyük olduğu üçgen seçilmiştir. Delaunay üçgenlemesinde mümkün olduğunca eşkenar üçgene yakın olan üçgenler oluşturulmaya çalışılmıştır.

Voronoi poligonları oluşturulurken üçgeni oluşturan kenarların ortasından onlara dik doğrular çizilmiştir. Bu çizgilerin kesişimleri Voronoi poligonlarını oluşturmaktadır. Şekil 3.10'da örnek nokta grubu için Voronoi poligonları ve Delaunay üçgenleri gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları (Kesik çizgiler: dışbükey zarf, ince çizgiler: Delaunay üçgenleri, kalın çizgiler: Voronoi poligonları)

3.2.7.d. İçbükey zarf yöntemi

Bu yöntemde Concave veya Character Hull algoritması kullanılmıştır. Önce noktaların etrafında, Şekil 3.11’de kesik çizgilerle ifade edilen bir dışbükey zarf oluşturulmuştur ve dış katman olarak adlandırılmıştır. Bu dış katman aynı zamanda başlangıç içbükey zarfın noktalarını oluşturmaktadır. Zarf içerisinde kalan noktalardan başka bir dışbükey zar oluşturulmuştur ve buna iç katman denmiştir. Dış katman üzerindeki tüm noktalar ile iç katman üzerindeki noktalar teste tabi tutulmuş ve dış katman üzerindeki takip eden iki noktanın her biriyle, içteki bir nokta arasında daha kısa mesafe varsa bu nokta içbükey zarf noktaları listesine eklenmiştir ve yeni dış katman oluşturulmuştur. Bu işlem iç

katman oluşturulamayana kadar veya dış katman üzerindeki noktalar ile iç katmandaki noktalar arasında daha kısa mesafeli noktalar kalmayana kadar devam ettirilmiştir (Şekil 3.11). İçbükey zarf, noktaların dağılımındaki karakteristiği ortaya koyduğundan karakter zarf veya “alpha shape” olarak da adlandırılmaktadır (Srivatsan *et al.*, 1998).



Şekil 3.11. İçbükey zarf yöntemi

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Tohum Dağılım Alanlarına İlişkin Sonuçlar

4.1.1. Standart sapmalı elips yöntemine ait sonuçlar

Standart sapmalı elips yöntemi (SDE) kullanılarak hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanları ve bu alanlara ait varyasyon katsayılarına (%CV) ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde, hem yatay hem de dikey tohum dağılım alanlarına ekim makinasının ilerleme hızlarının etkisi istatistiksel anlamda önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Varyans analizi sonucunda önemli bulunan bu değerler çoklu karşılaştırma testlerine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Standart sapmalı elips yöntemine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Yatay Tohum Dağılım Alanları		
	Yatay Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Tekerrür	8	0,5890	0,314
Hız	2	0,0133*	0,0383*
Hata	16		
Toplam	26		

Varyasyon Kaynakları	Dikey Tohum Dağılım Alanları		
	Dikey Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Tekerrür	8	0,3771	0,3087
Hız	2	0,0277*	0,0572
Hata	16		
Toplam	26		

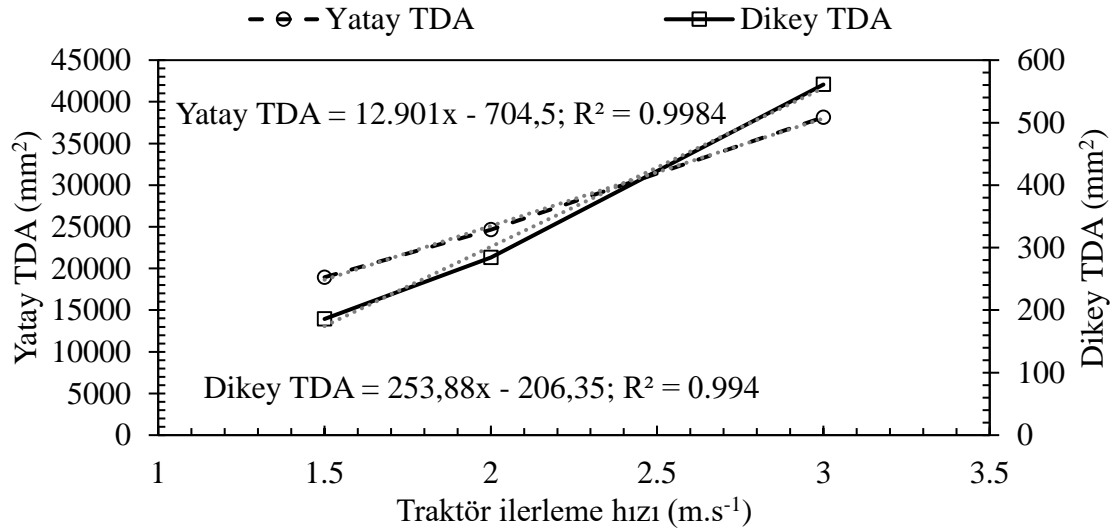
*: $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli.

Çizelge 4.2. Standart sapmalı elips yöntemine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

İlerleme Hızları	SDE ile Tohum Dağılım Alanları ve %CV Değerleri			
	Yatay TDA (mm ²)	% CV	Dikey TDA (mm ²)	% CV
1,5 ms ⁻¹	19.057 b*	2,25 b	192,51 b	3,68 a
2 ms ⁻¹	24.760 b	2,81 b	284,34 b	1,31 b
3 ms ⁻¹	39.592 a	9,65 a	560,97 a	5,68 a

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde, yatay ve dikey tohum dağılım alanlarının maksimum değerleri 3 ms⁻¹ ilerleme hızı ile ekim yapılan parsellerde gözlenirken, minimum değerler 1,5 ms⁻¹ ilerleme hızında ekim yapılan parsellerde elde edilmiştir (Şekil 4.1). Buna ilaveten tohum dağılım alanlarına ilişkin varyasyonlara bakıldığında ekim hızının artmasına bağlı olarak varyasyon katsayılarının da arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Traktör ilerleme hızlarının standart sapmalı elips ile hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanlarına etkisi

Standart sapmalı elips yöntemi (SDE) ile hesaplatılan tohum dağılım alanı değerleri, içbükey zarf yöntemi dışındaki yöntemlerle hesaplatılan tohum dağılım alanı değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bundaki en önemli faktör SDE yönteminin, tohumları içine alacak bir zarf oluşturmamasıdır.

4.1.2. İntegral yöntemine ait sonuçlar

İntegral yöntemi ile hesaplanan tohum dağılım alanları ve % CV değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, ekim hızlarının tohum dağılım alanı üzerinde istatistiksel anlamda önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. İntegral yöntemine (IM) ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Yatay Tohum Dağılım Alanları Verileri		
	Yatay Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Tekerrür	8	0,4472	0,4590
Hız	2	0,2136	0,6070
Hata	16		
Toplam	26		

Varyasyon Kaynakları	Dikey Tohum Dağılım Alanları Verileri		
	Dikey Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Tekerrür	8	0,3828	0,0963
Hız	2	0,1902	0,1126
Hata	16		
Toplam	26		

İntegral yöntemi de standart sapmalı elips yöntemi gibi tohumları içine alacak bir zarf çizmez. Verileri iki gruba ayırarak bu gruptaki verilere en uygun üçüncü derece bir polinom ile regresyon kurar. Bu iki polinom arasında kalan alan tohum dağılım alanı olarak kabul edilir. Bu yöntemde alanlar arasındaki değerler çok farklı olabilir. Bu nedenle ilerleme hızlarına bağlı olarak integral yöntemiyle hesaplanan dikey tohum dağılım alanları ve varyasyon katsayıları aralarındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

4.1.3. Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemine ait sonuçlar

Varyans analizi sonuçlarına göre, bu yöntemde ekim makinası ilerleme hızının yatay yöndeki tohum dağılım alanı ve varyasyon katsayısına, dikey yönde ise sadece dikey tohum dağılım alanlarına istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Delaunay Üçgenlemesiyle Voronoi Poligonları (VPDT) yöntemine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	VPDT ile Yatay Tohum Dağılım Alanları Verileri		
	Yatay Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Blok	8	0,6372	0,4408
Hız	2	0,0031**	0,0277*
Hata	16		
Toplam	26		

Varyasyon Kaynakları	VPDT ile Dikey Tohum Dağılım Alanları Verileri		
	Dikey Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Blok	8	0,2809	0,3092
Hız	2	0,0032**	0,3059
Hata	16		
Toplam	26		

** : $p < 0.01$ düzeyinde, * : $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Varyans analizi sonucunda elde edilen ortalamalara çoklu karşılaştırma testleri uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4. 5'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, hem yatay hem de dikey tohum dağılım alanları makine ilerleme hızının artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Yatay tohum dağılımlarında ekim makinasının $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ hızda kullanılarak ekim yapılan parsellerde 27.666 mm^2 değerinde olan yatay tohum dağılım alanı değerinin hızın 3 m.s^{-1} değerine çıkması durumunda 39.042 mm^2 ye yükseldiği görülmüştür. Buna ilaveten $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ ilerleme hızında yatay yöndeki tohum dağılımının varyasyon değeri %2,25 iken

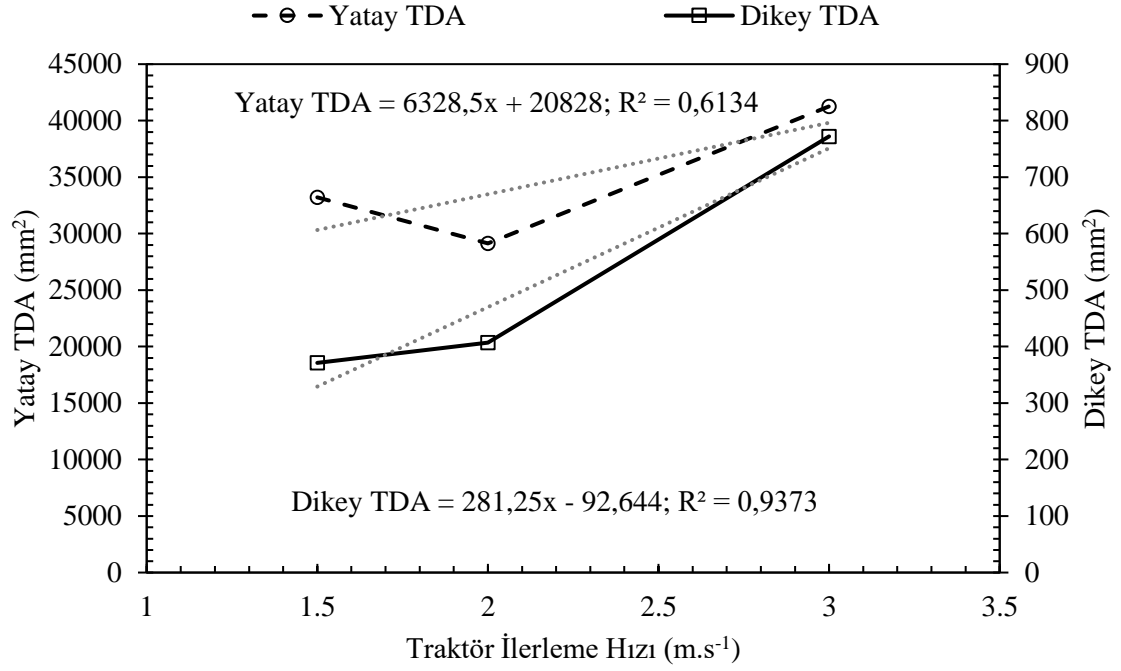
ilerleme hızının 3 m.s^{-1} değerine ulaşması sonucunda %9'a yükselmiştir. Benzer sonuçlar dikey tohum dağılım alanında da gözlenmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.5. Delaunay Üçgenlemesiyle Voronoi Poligonları (VPDT) yöntemine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

İlerleme Hızları	VPDT ile Tohum Dağılım Alanları ve %CV Değerleri			
	Yatay TDA (mm^2)	%CV	Dikey TDA (mm^2)	%CV
$1,5 \text{ ms}^{-1}$	27.666b	2,25b	371.22b	3,68a
2 ms^{-1}	29.134ab	2,81b	406.89b	1,31a
3 ms^{-1}	39.042a	9,65a	772.11a	5,68a

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.

Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yöntemi bütün noktaları içine alan dışbükey bir zarf çizer. Bu nedenle bu yöntemle hesaplanan hem yatay hem dikey tohum dağılım alanları standart sapmalı elips ve içbükey zarf yöntemleriyle hesaplanan değerlerden genelde daha yüksek olmaktadır.



Şekil 4.2. Traktör ilerleme hızlarının VPDT ile hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanlarına etkisi.

4.1.4. İçbükey zarf yöntemine ait sonuçlar

İçbükey zarf yönteminde elde edilen sonuçlar Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları yönteminde elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir. İçbükey zarf yönteminde makine ilerleme hızlarının yatay ve dikey yöndeki tohum dağılım alanına etkileri istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0.001$) bulunurken, tohum dağılım alanındaki varyasyonların ise sadece yatay tohum dağılım alanında önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). İçbükey zarf yöntemi ile hesaplanan tohum dağılım alanları ve %CV değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. İçbükey zarf (CH) yöntemine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Yatay Tohum Dağılım Alanları		
	Yatay Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Blok	8	0,5890	0,0607
Hız	2	0,0000**	0,0207*
Hata	16		
Toplam	26		

Varyasyon Kaynakları	Dikey Tohum Dağılım Alanları		
	Dikey Tohum Dağılım Alanı		% CV
	SD	P	P
Blok	8	0,1262	0,3777
Hız	2	0,0001**	0,4228
Hata	16		
Toplam	26		

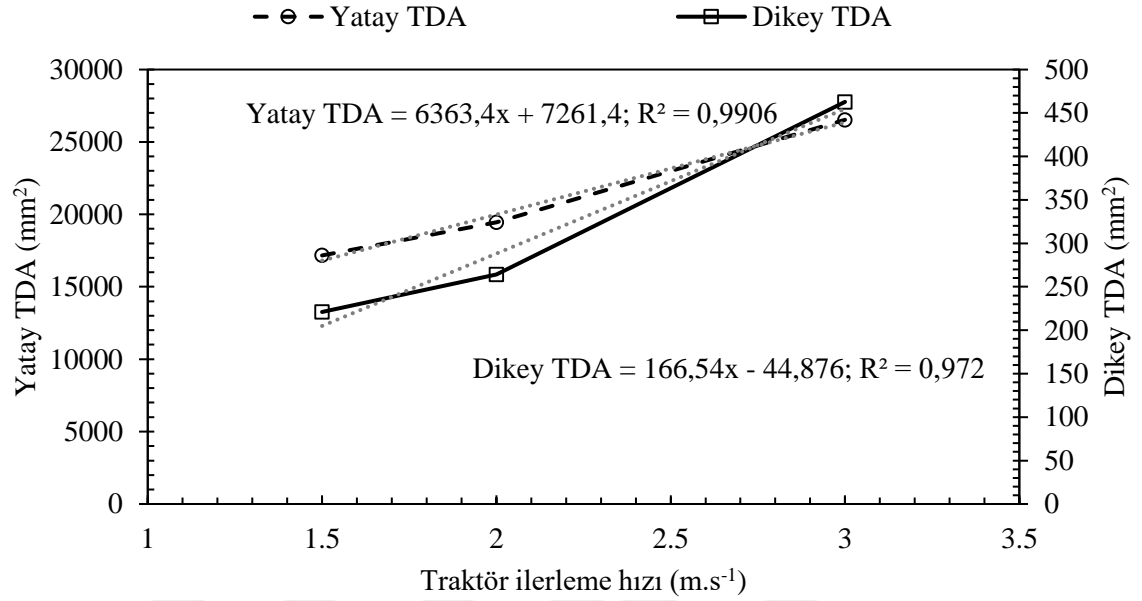
**: $p < 0.001$ düzeyinde; * $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamda önemli

Çizelge 4.7. İçbükey zarf (CH) yöntemine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

İlerleme Hızları	CH ile Tohum Dağılım Alanları ve %CV Değerleri			
	Yatay TDA (mm ²)	%CV	Dikey TDA (mm ²)	%CV
1,5 ms⁻¹	15.243,0c	0,76b	184,11b	3,91a
2 ms⁻¹	17.572,2b	3,65b	241,89b	1,97a
3 ms⁻¹	24.864,2a	7,33a	436,56 a	7,1a

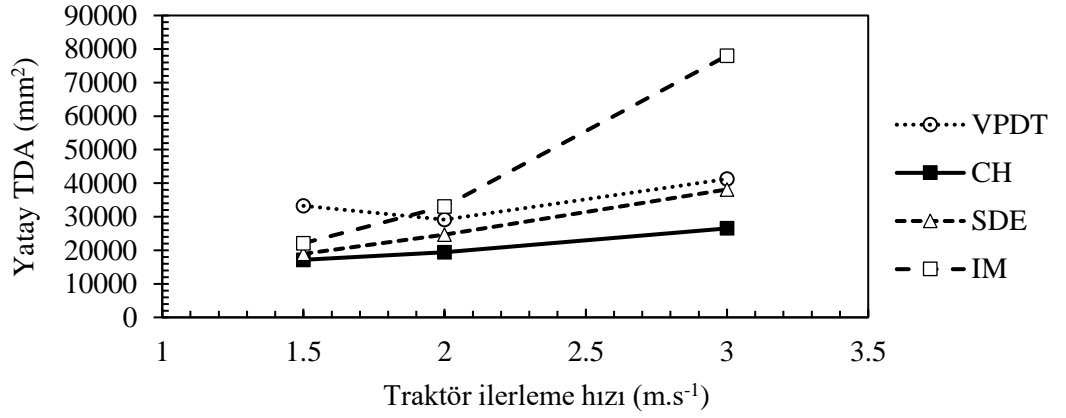
*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.

Bu yöntemde de diğer yöntemlerde olduğu gibi ekim makinasının ilerleme hızındaki artış hem yatay hem de dikey tohum dağılım alanlarında ve % CV değerlerinde artışa yol açmıştır (Şekil 4.3). Bu yöntemde elde edilen tohum dağılım alanlarının diğer yöntemlere göre daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni içbükey zarf yönteminin tohumların toprak içindeki dağılımlarına göre gerekirse içbükey olabilen bir zarf çizebilmesidir.

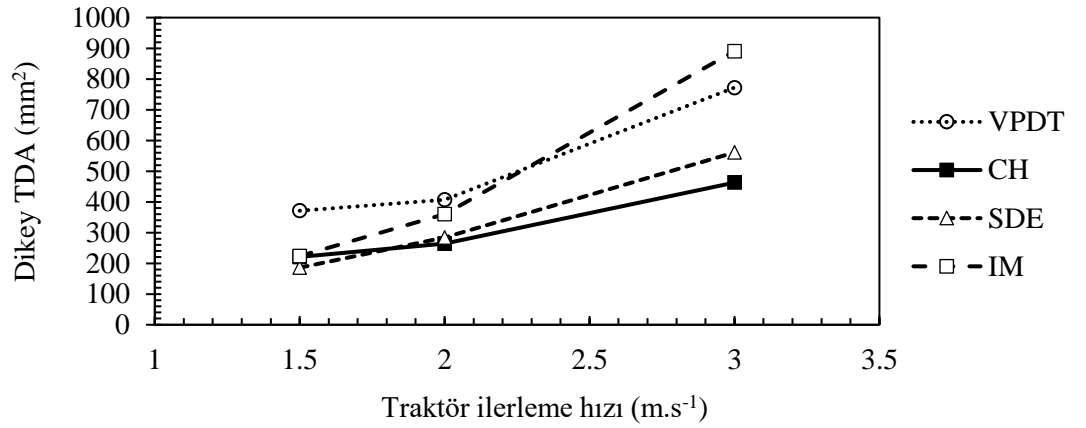


Şekil 4.3. Traktör ilerleme hızlarının CH ile hesaplanan yatay ve dikey tohum dağılım alanlarına etkisi

Yukarıda bahsedilen 4 farklı yöntemle elde edilen yatay (Şekil 4.4) ve dikey (Şekil 4.5) tohum dağılım alanları karşılaştırıldığında CH ile elde edilen alanların daha küçük olduğu görülmektedir. Yine grafiklerden SDE ile elde edilen alanlar, CH yöntemiyle elde edilen alanlara yakın sonuçlar vermiştir. En büyük alanların ise IM ve VPDT yöntemleriyle elde edilen tohum dağılım alanları olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Dört farklı yöntemle elde edilen yatay tohum dağılım alanlarının karşılaştırması



Şekil 4.5. Dört farklı yöntemle elde edilen dikey tohum dağılım alanlarının karşılaştırması

4.2. Toprak Nem İçeriğine İlişkin Sonuçlar

Ekim makinasının farklı ilerleme hızlarının çimlenme periyodu boyunca toprak nem içeriğine olan etkisini belirlemek üzere sıra üzerinden örnekler alınmıştır. İkişer gün arayla ölçülen toprak nemi değişimine ait sonuçlar Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına

göre traktör ilerleme hızının toprak nem içeriğine genel olarak büyük oranda önemli ($p<0,01$) etkisi olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Toprak nem değişimine ait varyasyon analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	30	2	4	6	8	10	12	14
		Nis	May	May	May	May	May	May	May
		P	P	P	P	P	P	P	P
Tekerrür	8	0,175	0,409	0,435	0,141	0,617	0,986	0,073	0,980
Hız	2	0,195	0,000**	0,000**	0,004**	0,004**	0,485	0,085	0,006**
Hata	16								
Toplam	26								

** : $p<0,01$ düzeyinde istatistiksel anlamda önemli

Toprak nemi ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma testine tabii tutulmuş ve analiz sonuçları Çizelge 4.9.'da verilmiştir. En yüksek ortalamalar 2 ms^{-1} 'lik traktör ilerleme hızında gözlemlenmiş ve genel olarak hızlara göre toprak nemi değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Nem değişimine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları

İlerleme Hızları	30	2	4	6	8	10	12	14
	Nisan	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs	Mayıs
$1,5 \text{ ms}^{-1}$	54,08ns	53,27b	49,43b	47,95b	50,37a	49,47ns	51,90ab	47,05b
2 ms^{-1}	53,92ns	55,52a	47,69b	51,25a	51,80a	51,06ns	54,17a	52,56a
3 ms^{-1}	55,29ns	50,24c	52,94a	47,43b	44,96b	50,14ns	51,03b	49,26b

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.

4.3. Bitki Çıkışlarına İlişkin Sonuçlar

Üç farklı traktör ilerleme hızının mısır bitki bitkisinin çimlenmesi üzerine etkisini belirlemek için ekim işleminin ardından ikişer gün arayla, toplamda 7 kez sayım yapılmıştır. Bu sayımlardan alınan sonuçlara göre çıkış oranı indeksi (ÇOI), tarla filiz çıkışı oranı (TFÇO), ortalama çıkış süresi (OÇS) ve birim alana düşen bitki sayısı değerleri

hesaplanmıştır. Daha sonra bu değerler varyans analizine tabii tutulmuştur (Çizelge 4.10). Tarla filiz çıkışı ile ilgili tüm değerlerin traktör ilerleme hızından önemli ölçüde ($p<0,01$) etkilendiği görülmüştür.

Çizelge 4.10. Tarla filiz çıkışına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Tarla Filiz Çıkışı			Bitki·m ⁻²
		TFÇO (%)	OÇS (gün)	ÇOI (adet·m ⁻¹ ·gün ⁻¹)	
		P	P	P	
Tekerrür	8	0,590	0,767	0,788	0,633
Hız	2	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
Hata	16				
Toplam	26				

** : $p<0,01$ düzeyinde istatistiksel anlamda önemli

Tarla filiz çıkışı ile ilgili veriler Duncan Çoklu Karşılaştırma testine tabii tutulmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.11.'de gösterilmiştir. Genel olarak traktör ilerleme hızı ile tarla filiz çıkışı değerleri arasında ters orantı tespit edilmiştir. Özellikle traktör ilerleme hızının artması ile birim alana tarla filiz çıkış oranı, ortalama çıkış süresi ve düşen bitki sayısının düştüğü görülmektedir.

Birim alana düşen bitki sayısı, $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ilerleme hızında $6,35 \text{ m}^{-2}$ iken, hız $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 'ye çıkarken kademeli olarak $5,62 \text{ m}^{-2}$ 'ye düşmüştür. Aynı şekilde tarla filiz çıkışı oranları hız arttıkça %93,466'dan %82,7'ye inmiştir. Çıkış oranı indeksi ise traktör ilerleme hızına bağlı olarak artmıştır. Tarla filiz çıkışı ve birim alana düşen bitki sayısı ortalamaları için bütün traktör ilerleme hızı değişimleri farklılık gösterirken, ortalama çıkış süresi ve çıkış oranı indeksi için 2 ve $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ilerleme hızları istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır.

Çizelge 4.11. Tarla filiz çıkışına ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

İlerleme Hızları	TFCÖ (%)	OÇS (gün)	ÇOI (adet.m⁻¹.gün⁻¹)	Bitki·m⁻²
1,5 m·s⁻¹	93,467a	16,419a	0,402b	6,35a
2 m·s⁻¹	88,878b	15,492b	0,426a	6,04b
3 m·s⁻¹	82,700c	15,385b	0,429a	5,62c

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada tohum dağılım alanı hesaplamasında kullanılan klasik yöntemlerin yanı sıra günümüzde pek çok alanda kullanılan ve karakter veya içbükey zarf olarak anılan yöntemin tohum dağılım alanına uyarlanarak etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı ekim hızları kullanılarak ekim yapılmış ve tohum dağılım alanları ile bu alanlara ait varyasyon katsayıları; standart sapmalı elips, integral, Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları ve içbükey zarf yöntemleri kullanılarak ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak analizlere tabi tutulmuştur. Araştırmada toprak işleme yöntemi olarak geleneksel toprak işleme yönteminden yararlanılmıştır. Ekim işlemi pnömatik ekim makinasıyla 1,5, 2 ve 3 m·s⁻¹ olmak üzere üç farklı hızda gerçekleştirilmiştir.

Yatay tohum dağılım alanları değerleri incelendiğinde integral yöntemiyle elde edilen yatay tohum dağılım alanlarının en yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. İntegral yöntemindeki tohum dağılım alanı değerleri 1,5, 2 ve 3 m.s⁻¹ makine ilerleme hızlarında sırasıyla 21.122, 33.112 ve 78.003 mm² olarak hesaplanmıştır. Tohum dağılım alanlarının en düşük değerleri ise içbükey zarf yönteminin kullanılması sonucunda elde edilmiştir. İçbükey zarf yöntemindeki yatay tohum dağılım alanları 15.243 ile 24.864 mm² değerleri arasında değişim göstermiştir.

Dikey tohum dağılım alanlarındaki değişimler incelendiğinde ise Delaunay üçgenlemesiyle Voronoi poligonları (VPDT) yöntemi ile hesaplanan alan değerleri 1,5 ve 2 m.s⁻¹ ilerleme hızlarında 371 ve 466 mm² ile en yüksek değerleri almıştır. Makine ilerleme hızının 3 m.s⁻¹'e ulaşması durumunda ise en yüksek tohum dağılım alanı 891 mm² değeri ile integral yönteminde belirlenmiştir.

Araştırmada yatay tohum dağılım alanlarındaki varyasyon değerleri incelendiğinde en düşük değerler 1,5 ve 3 m.s⁻¹ ilerleme hızlarında %0,76 ve %7,3 ile içbükey zarf yönteminde elde edilirken, en yüksek değerler tüm ilerleme hızlarında integral yönteminde belirlenmiştir. İntegral yöntemi kullanılarak hesaplanan % CV değerleri 1,5, 2 ve 3 m.s⁻¹ ilerleme hızları için sırasıyla % 5,64, % 2,62 ve % 30,8 olarak belirlenmiştir.

Araştırmada standart sapmalı elips yöntemi kullanılarak hesaplanan dikey tohum dağılım alanlarındaki varyasyon katsayıları değerleri tüm ilerleme hızlarında diğer yöntemlere göre daha düşük bulunmuştur. Bu yöntemde hesaplanan varyasyon katsayıları %3,68, %1,31, %5,68 ile 1,5, 2 ve 3 m.s⁻¹ ilerleme hızlarında elde edilmiştir. Dikey tohum dağılım alanlarındaki varyasyon katsayılarında elde edilen en yüksek değerler yine integral yönteminde hesaplanmıştır. İntegral yönteminde elde edilen %CV değerleri 1,5, 2 ve 3 m.s⁻¹ ilerleme hızlarında sırasıyla % 4,06, % 4,45 ve % 14,44 olarak belirlenmiştir.

Çimlenme boyunca toprak nem değişimi varyasyon analizi sonuçlarına bakıldığında; bazı günler (30 Nisan, 10 Mayıs, 12 Mayıs) istisna olmak üzere, genel olarak toprak nem değerinin traktör ilerleme hızından etkilendiği görülmektedir. Traktör ilerleme hızının toprak nem değerine etkisinin istatistiksel olarak (p<0,01 düzeyinde) önemli olduğu gözlenmiştir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre bu farklılık doğrulanmıştır.

Çimlenme ile ilgili varyasyon analizi sonuçlarına bakıldığında tarla filiz çıkışı oranı, ortalama çıkış süresi, çıkış oranı indeksi ve birim alana düşen bitki sayısı değerlerinin hepsinin traktör ilerleme hızına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre tarla filiz çıkışı oranı ve birim alana düşen bitki sayısı değerleri için traktör ilerleme hızlarının artmasıyla azalma göstermektedir. Ortalama çıkış süresi de ilerleme hızının artmasıyla azalma göstermesine rağmen 2 ve 3 m.s⁻¹ hızlar istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Çıkış oranı indeksi değerleri ise traktör ilerleme hızının artmasıyla artış eğilimi göstermiş fakat yine 2 ve 3 m.s⁻¹ hızlar istatistiksel olarak aynı olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak tohum dağılım alanının yatay ve dikey olmak üzere iki aşamada incelenecek olması durumunda, içbükey zarf yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle hem yatay hem de dikey tohum dağılım alanlarının hesaplanmasında içbükey zarf yönteminin uygulanabileceği kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Altıkat, S., 2005. *Farklı Toprak Parçalama ve Ekim Sırasında Sıkıştırma Düzeylerinin Buğdayda Tarla Filizi Çıkışına Olan Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Erzurum.
- Altuntaş, E., Çetin, M., Taşer, Ö. F., 1999. Kombine Ekim Makinasında Farklı Ekim Normları ve İlerleme Hızlarının Sıra Üzeri Tohum Dağılımına Etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 119-129
- Buehring, N.W., Harrison, M.P., Dobbs, R.R., 2002. Corn Response to Twin and Narrow Rows With Selected Seeding Rates. Annual Report, 43-49.
- Chen, Y., Monero, F.V., Lobb, D., Tessier, S., Cavers, C., 2004. Effects of Six Tillage Methods on Residue Incorporation and Crop Performance in a Heavy Clay Soil. *Transactions of the ASAE*, 47(4), 1003–1010.
- Duckham, M., Kulik, L., Worboys, M., Galton, A. 2008. Efficient generation of simple polygons for characterizing the shape of a set of points in the plane. *Pattern Recognition* 41, 3224 – 3236
- Furfey, P.H., 1927. A Note on Lefever's Standard Deviation Ellipse, *American Journal of Sociology*, 33(1), 94-98.
- Gil, E., Carnasa, R., 1996. Working Quality of Spacing Drills, Effects of Sowing Speed and Type of Seed. *International Conference on Agricultural Engineering*, Madrid, 57-58
- ISO, 1984. Sowing Equipment-Test Methods-Part I: Single Seed Drills (Precision Drills) ISO Standard 7256/1. *International Organization for Standardization*, Geneva, Switzerland, 14.

- Ivancan, S., Sito, S., Fabijanic, G., 2004. Effects of Precision Drill Operating Speed on the Intra-row seed Distribution for Parsley. *Biosystems Engineering*, 89(3), 373-376.
- Jasper, R., Jasper, M., Assumpcao, P. S., Rocil, J., Garcia, L. 2011. Speed of sowing on soybean crop. *Engenharia Agricola*, 31 (1), 102-110.
- Karayel, D., 2010. Sıraya Ekimde Yatay Düzlemdeki Tohum Dağılımı ve Bitki Yaşam Alanının Voronoi Poligonlarıyla Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16, 97-103
- Karayel, D., 2011. Direct Seeding of Soybean Using a Modified Conventional Seeder. *Soybean Applications and Technology*, Rijeka – Croatia, 3-18
- Karayel, D., Özmerzi, A., 2001. Effect of Forward Speed and Seed Spacing on Seeding Uniformity of a Precision Vacuum Metering Unit for Melon and Cucumber Seeds. *Akdeniz University Journal of Faculty of Agriculture*, 14(2): 63–67
- Karayel, D., Özmerzi, A., 2005. Hassas Ekimde Gömücü Ayakların Tohum Dağılımına Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 139-150
- Karayel, D., Özmerzi, A., 2007a. Comparison of Vertical and Lateral Seed Distribution of Furrow Openers Using a New Criterion. *Soil & Tillage Research*, 95, 69–75
- Karayel, D., Özmerzi, A., 2007b. Doğrudan Ekimde Farklı Gömücü Ayak ve Derinlik Ayar Sistemlerinin Tarla Filiz Çıkışına Etkisi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2) 153-161.
- Karayel, D. i Özmerzi, A., 2010. Sıraya Ekimde Yatay Düzlemdeki Tohum Dağılımı ve Bitki Yaşam Alanının Voronoi Poligonlarıyla Değerlendirilmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2010), 97-103.
- Knappenberger, T., Köller, K., 2011. Spatial Assessment Of The Correlation Of Seeding Depth With Emergence and Yield of Corn, *Precision Agric*, 13(2012), 163-180

- Kristensen, L., Olsena, J., Weiners, J., Griepentrog, H.W., Nørremark, M., 2006. Describing the Spatial Pattern of Crop Plants with Special Reference to Crop–Weed Competition Studies, *Field Crops Research*, 96 (2006), 207-215.
- Lauer, J. G., Rankin, M., 2004. Corn Response to Within Row Plant Spacing Variation. *Agronomy Journal*, 96(2004), 1464-1468.
- MGM, 2015. Meteoroloji Genel Müdürlüğü İklim Verileri, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>. Erişim Tarihi (30.12.2015)
- Önal, İ., Ertuğrul, Ö., 2011. Üstten Akışlı Oluklu Ekici Makaranın Soğan, Havuç ve Kanola Tohumları için Tohum Akışı ve Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğü, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17 (2011), 10-23
- Özmerzi, A., Karayel, D., Topakci, M., 2002. PM-Power Machinery: Effects of Sowing Depth on Precision Seeder Uniformity. *Biosystems Engineering*, 82 (2), 227-230.
- Park, J., Oh, S., 2012. A New Concave Hull Algorithm and Concaveness Measure for n-dimensional Datasets. *Journal of Information Science and Engineering* 28, 587-600
- Parish, R. L., McCoy, J. E., Bracy, R. P., 1999. Belt-Type Seeder for Soybeans. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(2), 103-106
- Srivatsan, R.A., Viswanath, A.V., Ramanathan, M., 1998. Concave Hull of Freeform Planar Curves. *Indian Institute of Technology Madras*, Chennai, 1-19
- Taşer, Ö. F., Altuntaş, E., 1996. Tokat Yöresinde Kullanılan Bazı Kombine Tahıl Ekim Makinalarında Tohum Dağılım Düzgünlüklerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13, 299-313.
- Tsybulya, M., 2002. Estimation of Seed Distribution Uniformity over an Area, *Die Bodenkultur*, 53(1), 1-7.

- UN, 2017. World Population Prospects - Population Division - United Nations, [Online] <https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Probabilistic/Population/>, Erişim Tarihi (29.12.2017)
- Wang, B., Shi, W., and Miao, Z., 2015. Confidence Analysis of Standard Deviatonal Ellipse and Its Extension Into Higher Dimensional Euclidian Space, *PLoS ONE*, 10(3), 1-17.
- Wilkins, D.E, Kraft, J. M., Klepper B.L., 1991. Influence of Plant Spacing on Pea Yield. *Transactions of the ASAE*, 34(5); 1957-1961
- Yazgi, A., Dumanoğlu, Z., Kuldemir, N., Aygün, İ. D., & Masoumi, A., 2012. Pnömatik Tahıl Ekim Makinası ile Buğday Ekiminde Makina Performansının Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(1), 35-40.

ÖZGEÇMİŞ

20.01.1969 tarihinde Iğdır'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Mühendisliği Bölümünden 1997'de mezun oldu. 2001 yılında Iğdır Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2013 yılında Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında lisansüstü eğitimine başladı. Halen Iğdır Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.