



Tarım Bilimleri Dergisi  
Tar. Bil. Der.  
Dergi web sayfası:  
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences  
Journal homepage:  
www.agri.ankara.edu.tr/journal

## Sıraya Ekimde Yatay Düzlemdeki Tohum Dağılımı ve Bitki Yaşam Alanının Voronoi Poligonlarıyla Değerlendirilmesi

Davut KARAYEL<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 07070, Antalya, TÜRKİYE

### ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi — Tarım Teknolojileri

Sorumlu Yazar: Davut KARAYEL, e-posta: dkarayel@akdeniz.edu.tr, Tel: +90(242) 310 65 32

Geliş tarihi: 20 Temmuz 2009, Düzeltmelerin gelişi: 09 Şubat 2010, Kabul: 05 Mayıs 2010

### ÖZET

Bu çalışmada, ekim sonrası tarladaki tohum dağılımını incelemek için her bitkiye düşen yaşam alanı hesaplanmıştır. Bitkilerin yaşam alanının belirlenmesinde Delaunay üçgenlemesi ve bunun eşleniği olan Voronoi poligonları kullanılmıştır. Tarla denemeleri için buğday, soya ve mısır ekimi yapılmış, ekim sonrası yatay düzlemdeki tohum dağılımı düzgünlüğünü değerlendirmek için bitkilerin sıra üzeri uzaklık ve yaşam alanı değerleri ölçülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, soya ve mısır ekiminde, yaşam alanı kullanılarak yapılan değerlendirmeye paralel sonuçlar elde edilmiştir. Buğday ekiminde ise sıra arası uzaklık daha dar olduğu için, sadece sıra üzeri uzaklık kullanılarak yapılan değerlendirmenin yetersiz olacağı saptanmıştır. Dar sıra arası uzaklıklarda, sıra üzeri uzaklık kadar, tohumların sıradan sapma miktarı da yaşam alanını ve dolayısıyla yatay düzlemdeki tohum dağılımını etkilemiştir. Buğday ekiminde ilerleme hızının  $0.7 \text{ m s}^{-1}$ 'den  $1.5 \text{ m s}^{-1}$ 'e yükselmesi ise, tohumların çizi içerisindeki yer değiştirmesini arttırdığı için, bitkilerin gerçek yaşam alanının şekli ile ideal yaşam alanı şekli arasındaki farklılık artmıştır.

Anahtar sözcükler: Ekim; Bitki yaşam alanı; Hesaplamalı geometri; Delaunay üçgenlemesi; Voronoi poligonu

## Evaluation of Seed Distribution in the Horizontal Plane and Plant Growing Area for Row Seeding Using Voronoi Polygons

### ARTICLE INFO

Research Article — Agricultural Technologies

Corresponding author: Davut KARAYEL, e-mail: dkarayel@akdeniz.edu.tr, Tel: +90(242) 310 65 32

Received: 20 July 2009, Received in revised form: 09 February 2010, Accepted: 05 May 2010

### ABSTRACT

The growing area of the each plant was calculated using Delaunay triangulation and Voronoi polygons to analyse the seed distribution uniformity after seeding. Wheat, soybean and maize were sown for field trials. Seed distribution uniformity in the horizontal plane was analysed by seed spacing and growing area criteria. The results of the both criteria were compared. The results of the research showed that seed spacing and growing area evaluation criteria gave similar results for soybean and maize because of the larger row spacing of these seeds. Analysing the seed distribution in the horizontal plane using only seed spacing criterion was insufficient for wheat. Because row spacing of wheat was narrower and growing area of wheat plants was affected by the lateral scatters of the seeds as much as

seed spacing. The shape of growing area of wheat seeds was much more different than the shape of ideal growing area when the forward speed of the seeder was increased from 0.7 to 1.5 m s<sup>-1</sup> because of increased displacement of seeds from the intended position.

Keywords: Seeding; Plant growing area; Computational geometry; Delaunay triangulation; Voronoi polygons

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

## 1. Giriş

Bir ekim makinasının ekim düzgünlüğü bitkilerin tarla filiz çıkışını, gelişimini ve sonuç olarak verimini etkileyen önemli bir faktördür. Ekim işleminde, tohumların toprak içerisindeki dağılımı yatay ve düşey dağılım ile ifade edilir. Ekimde düzgün bir yatay düzlem tohum dağılımının sağlanmasında ekici düzenler, birinci derecede etkilidir. Bir ekim makinasının yatay düzlemdeki tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi, bitkiler arasındaki rekabeti azaltarak verimi artırır. 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 düzgünlüğünün incelenmesi için yapılan pek çok araştırmada sadece sıra üzeri uzaklıklar ölçülmekte ve değerlendirilmektedir. Fakat yukarıda da açıklandığı gibi yatay düzlemdeki tohum dağılımı açısından, bitki gelişimi ve verim üzerine etkili olan esas faktör bitki yaşam alanıdır. Yaşam alanı iki boyutlu olarak incelenmelidir. Bugüne kadar yapılan birçok araştırmada, tek boyutlu olarak yapılan incelemeler ile sıra üzeri uzaklıklar kullanılarak, yaşam alanı dağılım düzgünlüğü tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Kachman & Smith (1995), Karayel & Özmerzi (2001), Karayel & Özmerzi (2002), Gaikwad & Sirohi (2008) tarafından hassas ekim makinaları ile yapılan çalışmalarda, yatay düzlemdeki tohum dağılım düzgünlüğünü belirlemek için sıra üzeri tohum düzgünlüğü kullanılmıştır. Denemeler sonucu, ikizleme, boşluk ve kabul edilebilir tohum oranı gibi kriterler hesaplanmıştır.

Yazgi & Degirmencioglu (2007) tarafından yatay düzlemdeki tohum dağılımını değerlendirmek için sıra üzeri tohum uzaklığı kullanılarak tohumların ikizleme, boşluk ve kabul edilebilir aralıkları hesaplanmıştır. Ekim makinası performansının optimizasyonu için tepki yüzeyleri metodolojisi uygulanmış ve denemeler, merkezi birleşik tasarım prensiplerine göre kurulmuştur. Denemeler sonucu bir hava emişli hassas ekim makinası ile pamuk ekimi için optimum vakum ve plaka delik çapının sırasıyla 5.5 kPa ve 3 mm olması gerektiği vurgulanmıştır.

Buğday ekimi gibi sıraya kesintisiz olarak yapılan ekim işleminde, ekim makinalarının yatay düzlem tohum dağılımını belirlemek için sıra üzerinde tohumlar arası uzaklığın ölçülmesi yerine 2.5 cm uzunluğunda ilerleme yönüne paralel şeritlerdeki tohumların sayılması, araştırmacı ve mühendisi seyreltme ve tekleme yönünden daha verimli düşünmeye yöneltmektedir. Bunun için her 2.5 cm'deki bitki sayıları belirlenmeli ve her şeritteki bitki sayıları dağılımı Poisson dağılım eğrisi ile karşılaştırılmalıdır (Önal 1995). Bu yöntem ile her ne kadar bitkilerin sıra üzeri uzaklığı ölçülmesinde de, belirli bir uzunluktaki bitki sayıları belirlendiği için tek boyutlu bir değerlendirilmez. Seyreltme ve tekleme karar vermek için ideal bir yöntemdir. Ancak yatay düzlemdeki tohum dağılımının değerlendirilmesi açısından, diğer yöntemlerde olduğu gibi sadece tek boyutlu değerlendirme yapılmaktadır. Griepentrog (1998) serpmeye ekimde tohumların yatay düzlemdeki dağılımını yaşam alanı ile değerlendirmiştir. Denemelerde her bir bitkinin yaşam alanını, poligon alanı ile ifade etmiştir. Birim alana ortalama 60 adet m<sup>-2</sup> tohum düşen ve sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı (VK) %101 olan ekim işlemi sonucu, bitkilerin ortalama yaşam alanını 169 cm<sup>2</sup>, yaşam alanları arasındaki standart sapma ise 56 cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Bir araştırma dalı olarak ortaya çıkan ve diğer kuramsal alanlarda nispeten yeni denenebilecek hesaplamalı geometri, günümüz dünyasında pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Örneğin, sayısal arazi modellerinin oluşturulması, bir harita üzerinde iki nokta arasındaki en kısa (engellerin içinden geçmeyen) yolun bulunması ve bir arazideki noktaları temsil eden alanların hesaplanması, bu alanda sayılabilecek en önemli problemlerden birkaçıdır. Düzlemde yer alan sonlu nokta kümesine ait herhangi bir noktaya, kümedeki diğer noktalardan daha yakın konumda bulunan düzlem noktalarının geometrik yerine, o noktanın Voronoi poligonu denilmektedir. Kümedeki tüm noktaların Voronoi poligonlarının birleşimi, o kümenin Voronoi diyagramını oluşturur. Bildirici & Selvi (2005) alan-çizgi dönüşüm yöntemlerinden üçgenleme, su çizgileri, basit iskelet ve çatı ve inceltme yöntemlerini inceleyerek, bu yöntemlerin üstün ve zayıf yönlerini belirlemiştir. Araştırma sonucunda uygulanabilirlik açısından en iyi yöntemin Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi olduğu bildirilmiştir.

Yanalak'a (1997) göre Delaunay üçgenlemesi tek anlamlıdır ve başlangıç noktasından bağımsızdır. Her bir noktayı kendisine en yakın nokta ile birleştiren doğru parçası bir üçgen kenarını oluşturmaktadır. Elde edilen üçgenler en olası eşkenar üçgendir. Üçgenlerin çevrel çemberi içerisinde bir başka nokta yer almamaktadır ve bir nokta kümesinin dışbükey çerçevesi o kümeyi içine alan en küçük çokgendir. Benzer üçgenleme tekniği sonlu elemanlar modeli oluşturulurken yapının sonlu sayıda elemana ayrılmasında uygulanmaktadır (Topakci et al 2010).

Bitkilerin yatay düzlemdeki tohum dağılımının incelenmesi için, sadece sıra üzeri tohum dağılımını ölçerek yapılacak tek boyutlu değerlendirme yerine, iki boyutlu olarak her bitkiye düşen yaşam alanının hesaplanması ile daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Ancak, her bitkiye düşen yaşam alanının matematiksel olarak hesaplanması, oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bu nedenle yatay düzlemdeki tohum dağılımının yaşam alanı dağılımı ile değerlendirilmesi yeterince yaygın değildir.

Bu çalışmada, sıraya ekimde yatay düzlemdeki tohum dağılımının bitkilerin yaşam alanları

kullanarak incelenebilirliğinin araştırılması, yaşam alanı ile sıra üzeri uzaklık kriterleri kullanılarak yapılan değerlendirmeler arasındaki farklılıkların belirlenmesi ve yaşam alanı hesabının MATLAB (Matrix Laboratory) kullanılarak daha basit ve hızlı bir şekilde yapılmasının sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırmada, Akdeniz Üniversitesi Aksu Araştırma ve Uygulama Çiftliği'ne ait bir tarlada, hava emişli bir hassas ekim makinası ile soya ve mısır, tahıl ekim makinası ile ise buğday ekimi yapılmıştır.

Deneme yapılan tarla toprağı; %2 kum, %56 silt ve %42 kil içeren siltli-kil bünyeye sahiptir. Denemelerde, 40x450 m boyutlarındaki bir tarla, buğday, soya ve mısır ekimi için üç parsel ayrılmıştır. Denemelerde kullanılan tohumların boyutları Çizelge 1'de verilmiştir.

### Çizelge 1-Denemelerde kullanılan tohumlara ait genel özellikler

Table 1-General dimensions of the seeds used in this research

Tohum Cinsi	Ortalama Tohum Boyutları, mm			Bin dane ağırlığı, g
	Uzunluk	Kalınlık	Genişlik	
Buğday	6.5±0.07	2.3±0.03	3.4±0.04	47±0.73
Soya	6.8±0.07	4.8±0.05	5.2±0.07	193±2.89
Mısır	10.5±0.12	5.8±0.06	7.8±0.08	235±3.52

### 2.2. Yöntem

Tohumların yatay düzlemdeki dağılımı, geleneksel olarak sadece sıra üzeri uzaklık ve yeni bir yöntem olan yaşam alanı kullanılarak belirlenmiştir. Her iki yöntem kullanılarak elde edilen sonuçları farklı koşullarda karşılaştırmak için buğday, soya ve mısır tohumları ekim makinalarının üç farklı ilerleme hızında (0.7, 1.0 ve 1.5 m s<sup>-1</sup>) ekilmiştir.

Buğday ekiminde, ekim normu 250 kg ha<sup>-1</sup>, ekim makinasının sıralar arası uzaklığı 130 mm; soya ekiminde sıra üzeri uzaklık 90 mm, sıra arası uzaklık 400 mm; mısır ekiminde ise sıra üzeri uzaklık 210 mm, sıra arası uzaklık ise 700 mm olarak ayarlanmıştır. Mısır ve soya denemelerinde kullanılan hava emişli hassas ekim makinasının ortalama negatif hava basıncı değeri 4 kPa

seçilmiştir. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her bir tekerrür için ortalama 10×30 m boyutlarındaki parsellere ekim yapılmıştır.

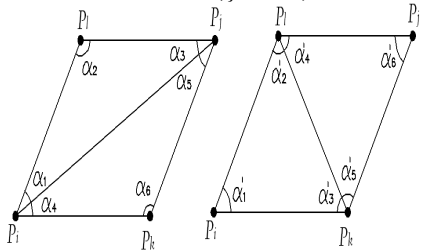
Sıra üzeri tohum uzaklığı kullanılarak yapılan değerlendirmede, ekim sonrası bitkiler çimlendikten sonra aynı sıra üzerindeki ilk bitkiden başlayarak sıra üzerindeki ardışık bitkiler arası uzaklıklar ölçülmüştür. Ölçülen sıra üzeri uzaklık değerlerinden, teorik sıra üzeri uzaklığın iki katı ve daha fazla olan uzaklıklar değerlendirmeye alınmamıştır (ISO 1984). Bu ölçümlerden sıra üzeri uzaklık ortalaması ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

Yaşam alanı kullanılarak yapılan değerlendirmede ise sıra üzeri uzaklıkları ölçülen her bitkinin yaşam alanı belirlenmiştir. Yaşam alanını belirlemek için öncelikle her tohumun tarla yüzeyindeki iki boyutlu koordinatı tespit edilmiştir. Koordinatları belirlenen bitkilerin yaşam alanının belirlenmesinde hesaplamalı geometrinin bir dalı olan Delaunay üçgenlemesi ve Voronoi poligonu (çokgeni) kullanılmıştır.

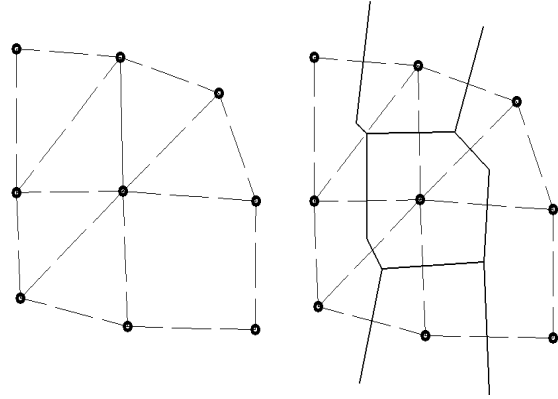
Bir yüzey, Delaunay üçgenlemesi ile üçgenlere ayrılırken dikkat edilecek en önemli nokta; tüm üçgenler içindeki en küçük açının en büyük olduğu üçgenlemeyi bulmaktır. Diğer bir deyişle, elde edilen üçgenler eşkenara en yakın üçgenler olmalıdır. Örneğin Şekil 1’de de görüldüğü gibi;

$$\min \alpha_i < \min \alpha'_i \text{ ise}$$

$p_i p_j$  kenarı hatalıdır, üçgenleme için  $p_l p_k$  kenarı kullanılmalıdır. Delaunay üçgenlemesi yapıldıktan sonra üçgeni oluşturulan kenarlara orta noktalarından dik doğrular çizilerek Voronoi poligonları elde edilebilir (Şekil 2).



**Şekil 1-Delaunay üçgenlemesi (Şekildeki noktalar tarla yüzeyindeki tohumları simgelenmektedir)**  
Figure 1-Delaunay triangulation (Points on the figures are the seeds)



**Şekil 2-Voronoi poligonunun oluşturulması**  
(● Tohum, ——— Delaunay üçgenlemesi,  
———— Voronoi poligonu, yaşam alanı)  
Figure 2-Forming the Voronoi polygons  
(●Seed, ——— Delaunay triangulation,  
———— Voronoi polygon, growing area)

Tarla denemeleri sonucu koordinatları belirlenen bitkilerin yaşam alanının oluşturulması için MATLAB’in *voronoi* komutu, oluşturulan yaşam alanlarının değerinin belirlenmesi için *voronoin* komutu kullanılmıştır. Yaşam alanı hesabı için komut satırları 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
```

Teorik olarak bir bitkinin ideal yaşam alanı dairedir. Oluşturulan yaşam alanlarının, ideal yaşam alanı olan daireye geometrik olarak ne kadar yakın olduğunu belirlemek için şekil katsayısı adı verilen bir katsayı kullanılmıştır (Griepentrog 1998). Şekil katsayısının 1’e yaklaşması yaşam alanının da aynı oranda daire şekline yaklaştığını göstermektedir. Şekil katsayısı, ideal yaşam alanı olan daireyi çevreleyen çemberin çevresinin bitkinin yaşam alanı olarak hesaplanan poligonun çevresine oranıdır.

$$C_{ideal} = 2\pi\sqrt{\frac{A_i}{\pi}} \quad (1)$$

$$r = \frac{C_{ideal}}{C_{poligon}} \quad (2)$$

$$r_{ort} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_{ideal}}{C_{poligon}} \quad (3)$$

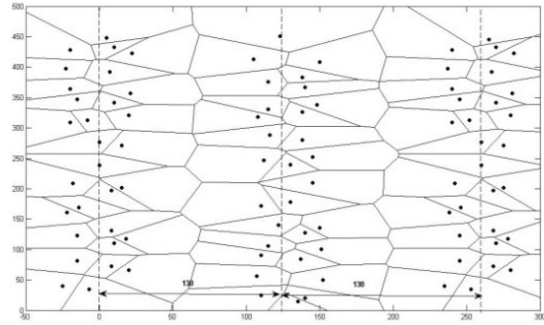
Burada  $C_{ideal}$ , ideal yaşam çevresi,  $A_i$ , poligon alanı,  $C_{poligon}$ , poligonun çevresi,  $r$ , şekil katsayısı,  $r_{ort}$ , ortalama şekil katsayısı ve  $n$ , hesaplanan yaşam alanı sayısıdır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Soya ve mısır ekiminde sıra arası uzaklıklar buğday ekimine göre daha fazla olduğu için soya ve mısır ekiminde bitkilere düşen yaşam alanlarının daha geniş olduğu özellikle mısır ekiminde dikdörtgene yakın yaşam alanları oluştuğu görülmektedir (Şekil 3).

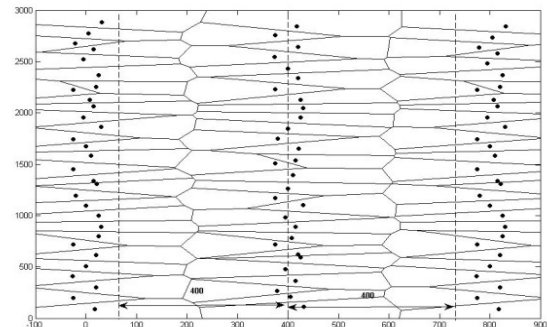
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, bu araştırma kapsamında uygulanan farklı ilerleme hızlarının ( $0.7, 1.0, 1.5 \text{ m s}^{-1}$ ) buğday, soya ve mısır için sıra üzeri uzaklık ve yaşam alanı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Farklı ilerleme hızlarında, her üç tohumla yapılan denemelerde de ortalama sıra üzeri uzaklık ve yaşam alanı açısından birbirine paralel sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 2). Panning et al (2000) tarafından şekerpancarı tohumu, Karayel & Özmerzi (2002) tarafından ise mısır tohumu kullanılarak yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş ve ilerleme hızının ortalama sıra üzeri uzaklık üzerine etkisinin önemsiz olduğu ancak ilerleme hızının artması ile sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısının da arttığı vurgulanmıştır.

Sıra üzeri uzaklık ve yaşam alanı varyasyon katsayıları arasındaki ilişkiyi incelemek için Şekil 4'de görüldüğü gibi regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizi sonuçlarına göre daha geniş sıraya ekim yapılan soya ve mısır denemelerinde sıra üzeri uzaklık ile yaşam alanı varyasyon katsayıları arasında daha güçlü bir doğrusal ilişki olduğu görülmüştür.



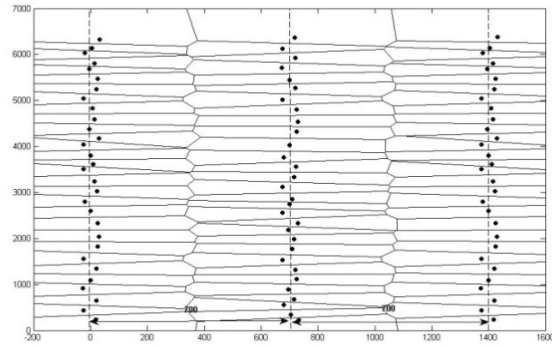
**Buğday**

(Sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı %74, yaşam alanı varyasyon katsayısı %39)



**Soya**

(Sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı %26, yaşam alanı varyasyon katsayısı %15)



**Mısır**

(Sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı %21, yaşam alanı varyasyon katsayısı %14)

**Şekil 3-Tarla yüzeyindeki tohum dağılımı ve Voronoi poligonları ile elde edilen yaşam alanları**  
Figure 3-Seed distribution on the field and plant growing areas formed via voronoi polygons

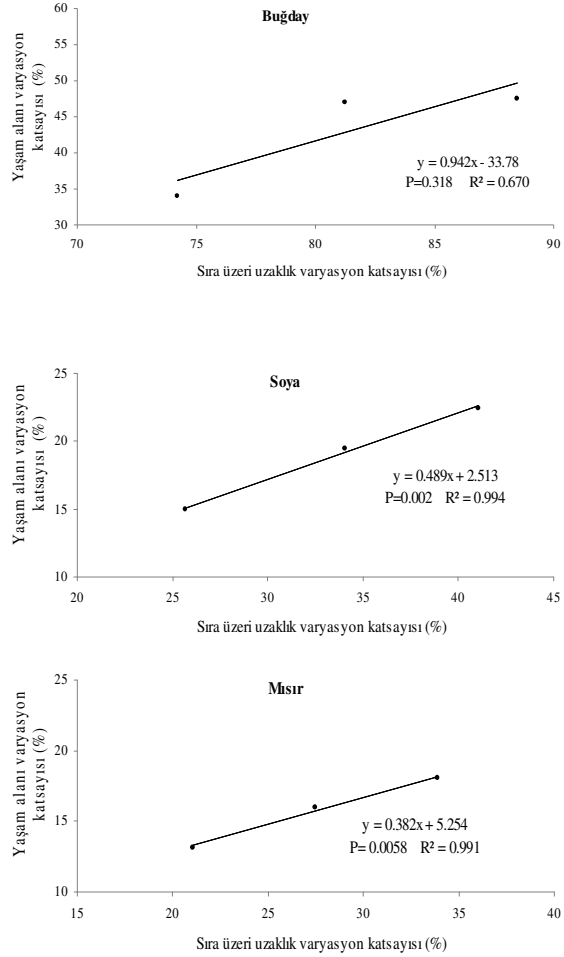
Buğday ekiminde, daha dar sıra arası uzaklıkta ekim yapıldığı için Voronoi poligonları kullanılarak hesaplanan yaşam alanlarının değişimi sıra üzeri uzaklıkların değişiminden farklıdır. Mısır ve soya ekiminde ise sıra arası uzaklık daha geniş olduğu için, tohumların sıradan sapma miktarının yaşam alanı üzerine etkisi daha azdır. Dolayısıyla, sıra üzeri uzaklıkların değişimi ile Voronoi poligonları kullanılarak hesaplanan yaşam alanlarının değişimi birbirine paraleldir.

Denemeler sonucu ölçülen şekil katsayıları Çizelge 3'de verilmiştir. Soya ve mısır ekimine göre sıra arası uzaklığı daha dar olan buğday ekiminde şekil katsayısı daha yüksektir. Mısır ve soya ekiminde sıra arası uzaklığın sıra üzeri uzaklığa göre çok fazla olması Voronoi çokgenlerinin yanlara doğru sünmesine neden olmuştur. Dolayısıyla buğday bitkilerinin yaşam alanlarının şekli mısır ve soya bitkilerine göre daireye daha yakın bulunmuştur. Buğday ile diğer bitkiler arasındaki bu farklılık tarladaki tohum dağılım düzgünlüğünden çok tohumların sıra üzeri ile sıra arası uzaklıkları arasındaki farklılıktan kaynaklanabilir. Benzer sonuçlar Griepentrog (1998) tarafından yapılan araştırma sonucunda da elde edilmiştir. Araştırmacı tarafından, sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısının % 50 olduğu bir ekim işleminde, aynı sıra üzeri uzaklıkta, sıra arası uzaklığın 6 cm'den 18 cm'ye yükselmesinin şekil katsayısını 0.9'dan 0.8'e düşürdüğü vurgulanmıştır.

#### Çizelge 2-Ortalama sıra üzeri uzaklık ve yaşam alanı değerleri

Table2-Mean seed spacing and growing area

Tohum	İlerleme hızı $m s^{-1}$	Sıra üzeri uzaklık, mm	Yaşam alanı, $mm^2$
Buğday	0.7	14.7±1.52	2022±128
	1.0	14.9±1.57	2051±132
	1.5	15.2±1.61	2065±135
P		0.235	0.717
Soya	0.7	94.8±3.32	37799±1229
	1.0	94.5±3.33	37659±1232
	1.5	94.9±3.36	37258±1236
P		0.314	0.512
Mısır	0.7	212.4±8.2	149146±4429
	1.0	211.1±8.4	149155±4452
	1.5	211.7±8.9	149242±4461
P		0.285	0.422



Şekil 4-Bitkilerin sıra üzeri uzaklık ve yaşam alanı varyasyon katsayılarının karşılaştırılması  
Figure 4-Coefficient of variation of the seed spacing and growing area of plants

İlerleme hızının şekil katsayısı üzerine etkisi mısır ve soya denemeleri için önemsiz iken buğday denemelerinde %5 önem düzeyinde önemlidir. Buğday denemelerinde ilerleme hızının artması tohumların çizi içerisindeki sıçrama ve sürüklenme ile yer değiştirmesini arttırdığı için bitkilerinin yaşam alanlarının şekli, ideal yaşam alanı olan daireden daha fazla uzaklaşmıştır.

### Çizelge 3-Bitki yaşam alanlarının ortalama şekil katsayıları

Table 3-Mean shape coefficients of the growing areas

Tohum	İlerleme hızı, m s <sup>-1</sup>	Şekil katsayısı
Buğday	0.7	0.74±0.015 <sup>a</sup>
	1.0	0.70±0.017 <sup>b</sup>
	1.5	0.67±0.021 <sup>c</sup>
<i>P</i>		0.0082
Soya	0.7	0.63±0.015 <sup>d</sup>
	1.0	0.61±0.017 <sup>d</sup>
	1.5	0.60±0.019 <sup>d</sup>
<i>P</i>		0.194
Mısır	0.7	0.60±0.016 <sup>e</sup>
	1.0	0.59±0.018 <sup>e</sup>
	1.5	0.57±0.018 <sup>e</sup>
<i>P</i>		0.178

a-e; her tohum için ilgili faktöre ait farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ( $P < 0.05$ )

## 4. Sonuçlar

Dar sıraya ekilen buğdayda (13 cm) yatay düzlemdeki tohum dağılımını belirlemek için, sıra üzeri uzaklık kullanılarak yapılan tek boyutlu değerlendirme ile Voronoi poligonlarıyla hesaplanan yaşam alanları kullanılarak yapılan iki boyutlu değerlendirme arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Soya ve mısır gibi daha geniş sıra arası uzaklıklarda (40 ve 70 cm) ekilen ürünlerde ise sıra üzeri uzaklık kullanılarak yapılan değerlendirme ile Voronoi poligonlarıyla hesaplanan yaşam alanları kullanılarak yapılan değerlendirme arasındaki farklılık önemsizdir. Dar sıra arası uzaklıklarda, sıra üzeri uzaklık kadar bitkilerin çizi ekseninden sapma miktarları da Voronoi poligonlarıyla hesaplanan yaşam alanlarını etkileyen önemli bir boyut olduğu için, sıra üzeri uzaklıklar ile yaşam alanları arasında daha zayıf bir ilişki saptanmıştır.

## Teşekkür

Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Bildirici İ Ö & Selvi H Z (2005). Model genelleştirmesinde geometri değişimlerinden alan-çizgi dönüşüm yöntemleri. *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* Mart 2005, Ankara
- Gaikwad B B & Sirohi N P S (2008). Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays. *Biosystems Engineering* **99**: 322-329
- Griepentrog H W (1998). Seed distribution over the area. *AgEng, Oslo, Paper 98-A-059*
- ISO (1984). Sowing Equipment - Test Methods. Part I: Single Seed Drills (Precision Drills), 7256/1
- Kachman S D & Smith J A (1995). Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. *Transactions of the ASAE* **38**(2): 379-387
- Karayel D & Özmerzi A (2001). Hava emişli bir tek dane ekici düzen ile kavun ve hıyar ekiminde sıra üzeri uzaklık ve ilerleme hızının ekim düzgünlüğüne etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **14**(2): 63-67
- Karayel D & Özmerzi A (2002). Effect of tillage methods on sowing uniformity of maize. *Canadian Biosystems Engineering* **44**: 23-26
- Önal İ (1995). Ekim-Dikim-Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova, İzmir
- Panning J W, Kocher M F, Smith J A & Kachman S D (2000). Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugarbeet planters. *Applied Engineering in Agriculture* **16**(1): 7-13
- Topakci M, Celik H K, Canakci M, Rennie A E W, Akinci I & Karayel D (2010). Deep tillage tool optimization by means of finite element method: Case study for a subsoiler tine. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **8**(2): 531-536
- Yanalak M (1997). Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), İstanbul
- Yazgi A & Degirmencioglu A (2007). Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. *Biosystems Engineering* **97**: 347-356