

## Tek Diskli Gübre Dağıtma Makinalarında Farklı Debilerde Besleme Yarıçapının Dağılım Düzgünlüğüne Etkisi

Yıldıran YILDIRIM İsmail ÖZTÜRK

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 25240-Erzurum (yildiran@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 22.12.2006

**ÖZET:** Tek diskli gübre dağıtma makinalarında istenen gübre normu depo tabanı ya da yan yüzeyinde bulunan orifislerden akan gübre miktarının değiştirilmesiyle elde edilmektedir. Herhangi bir makina için belirli bir biçimde olan orifislerin alan büyüklüklerinin büyütülmesi ya da küçültülmesiyle gübre debisi ve bununla birlikte, ortalama besleme yarıçapı da değişmektedir. Dolayısıyla, değişen debi ile birlikte değişen ortalama besleme yarıçapı dağılım desenini etkilemektedir. Bu çalışmada, üç farklı orifis çapıyla (30 mm, 40 mm ve 50 mm) birlikte, beş farklı gübre besleme yarıçapının (50 mm, 65 mm, 80 mm, 95 mm ve 110 mm) gübre dağılım düzgünlüğüne etkisini belirlemek için denemeler yürütülmüştür. Denemelerden elde edilen dağılım desenlerinin analizleri sonucunda, hem gübre debisinin hem de besleme yarıçapının dağılım düzgünlüğüne etkisi olduğu belirlenmiştir. Besleme yarıçapı ve debideki artışa bağlı olarak dağılım düzgünlüğü nisbi olarak bozulmuştur. Fakat dağılım düzgünlüğü değerleri, 110 mm (besleme yarıçapı) x 50 mm (orifis çapı) kombinasyonu hariç, %20'den küçük bulunmuştur. Dağılım düzgünlüğü yönünden en olumlu sonuçlar 50 mm besleme yarıçapı ile 30 mm orifis çapı arasındaki kombinasyondan elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gübre dağıtma makinası, besleme yarıçapı, debi, dağılım düzgünlüğü

### Effect of Feeding Radius on Distribution Uniformity in Single-Disc Rotary Fertilizer Spreaders with Different Flow Rates

**ABSTRACT:** The desired application rate in single disc rotary fertilizer spreaders is achieved by changing the amount of fertilizer through orifices, at the bottom or wall of hopper, onto disc. Increasing or decreasing the size of the orifice, which has a specific shape for any spreader, shifts mean feeding radius along with flow rate. So, the mean feeding radius changing along with varying flow rate affect the distribution pattern. In this study, the experiments were conducted to determine the effect of five different fertilizer feeding radius (50, 65, 80, 95, and 110 mm) along with three different orifice diameters (30, 40, and 50 mm) on fertilizer distribution uniformity. Analysis results of the distribution patterns from the experiments indicated that both the fertilizer feeding radius and the flow rate significantly affected the distribution uniformity. With increasing of feeding radius and flow rate, the distribution uniformity relatively got worse, but it was still under 20%, except for the 110 mm (feeding radius) x 50 mm (orifice diameter) combination. The best results in point of distribution uniformity were obtained from the combination between the feeding radius of 50 mm and the orifice diameter of 30 mm.

**Keywords:** Fertilizer spreader, feeding radius, flow rate, distribution uniformity

### GİRİŞ

Tek diskli gübre dağıtma makinaları satın alma fiyatlarının düşük, iş başarılarının yüksek ve kullanımlarının kolay olması gibi nedenlerden dolayı serpmeye gübrelemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makinalarda gübrenin depodan disk üzerine aktığı orifisin büyüklüğü, kanat konum açıları ve gübre besleme noktasının açılmal konumu (besleme noktasının ilerleme yönü ile yaptığı açı) ayarlanabilir olarak imal edilmektedirler. Fakat gübre besleme yarıçapı herhangi bir makina için belirli bir değerde sabit olmaktadır. Gübreleme normunu değiştirmek amacıyla orifislerin alan büyüklükleri değiştirildiğinde ise debi ile birlikte ortalama gübre besleme yarıçapı da bir miktar değişmektedir.

Depodaki gübre, depo tabanı ya da depo yan yüzeyinde bulunan orifis veya orifislerden öncelikle disk üzerindeki kanatsız bölgeye akmaktadır. Daha sonra disk dönü hızının ve gübre ile disk arasındaki sürtünme kuvvetinin etkisiyle, kanadın etki alanına giren gübre, kanat ucundan fırlatılarak diski terk etmektedir (Önal, 1995).

Kanatsız disk bölgesine toplu halde dökülen gübre, disk dönü yönünün tersi yönde yayılarak bir

aksiyon bölgesi oluşturmaktadır. Besleme yarıçapı arttıkça aksiyon bölgesi daralmakta ve gübre diski daha erken terk etmektedir (Çarman, 1992; Önal, 1995). Besleme yarıçapının artması ya da büyük olmasıyla, gübrenin fırlatılma noktası diskin dönme yönüne doğru kaymaktadır (Taşer, 1988). Konak vd. (2000) üç farklı disk yarıçapında (200 mm, 225 mm ve 250 mm), üç farklı besleme yarıçapında (70 mm, 80 mm ve 90 mm) ve üç farklı gübre besleme konumunda yaptıkları çalışmalarında besleme yarıçapının dağılım düzgünlüğü üzerine etkili olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar 250 mm'lik disk yarıçapı ile +20° ve -20°'lik gübre besleme konumlarında, 70 mm ve 90 mm'lik besleme yarıçaplarının kullanılmasının uygun olacağını bildirmektedirler.

Disk üzerine akan gübre miktarının artması durumunda, kanatsız disk bölgesinde, gübre, disk dönü yönünün aksi yönünde yelpaze şeklinde açılmakta ve gübrenin disk üzerinde kalma süresi artmaktadır (Önal, 1995). Bununla birlikte, disk üzerine akan gübre miktarının artması gübre dağılım düzgünlüğüne olumsuz yönde etki etmektedir

(Glover ve Baird, 1973; Özmerzi, 1974; Olierslagers vd., 1996; Parish, 2002; Yıldırım, 2002; Yıldırım ve Kara, 2003). Parish (2002), disk üzerine yüksek miktarlarda gübre akışıyla dağılım düzgünlüğünün bozulmasına sebep olarak, artan gübre miktarıyla birlikte gübrenin disk üzerine düştüğü noktanın değişmesini göstermektedir.

Bu çalışmada, tek diskli gübre dağıtma makinalarında, ortalama besleme yarıçapının gübre dağılım düzgünlüğüne etkisi ve farklı debiler için en uygun gübre besleme yarıçapının belirlenmesi amaçlanmıştır.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Denemelerde tek diskli bir gübre dağıtma makinası ve kalsiyum amonyum nitrat (%26 N) gübresi kullanılmıştır. Bu gübrenin hacim ağırlığı, doğal yığılma açısı, nem içeriği ve ağırlıklı ortalama tane çapı değerleri, sırasıyla, 1082 kg/m<sup>3</sup>, 28.25<sup>0</sup>, %0.65 (y.b.) ve 2.37 mm olarak belirlenmiştir.

Denemeler için ortalama besleme yarıçapı değerleri 50 mm, 65 mm, 80 mm, 95 mm ve 110 mm olarak alınmıştır. Bu yarıçap değerlerini elde etmek için depo tabanında bulunan orifis çıkışına, sökülebilir şekilde monte edilen saç malzemenin yapılmış yönlendirme hunileri kullanılmıştır. Farklı gübre debileri elde edebilmek için yönlendirme hunilerinin çıkış kısımlarında 30 mm, 40 mm ve 50 mm çaplarında daire şekilli orifisler yerleştirilmiştir. Bu orifislerden elde edilen gübre debileri, sırasıyla, 12.85 kg/min, 25.35 kg/min ve 51.62 kg/min olarak belirlenmiştir. Daire şekilli orifisler kullanıldığından, herhangi bir besleme yarıçapı için, orifis çapının artmasıyla, dolayısıyla gübre debisinin artmasıyla, ortalama besleme yarıçapı değişmemiştir.

Çıkış orifislerinin disk üzerinden olan yüksekliği bütün besleme yarıçapı ve debilerde 65 mm olarak alınmıştır. Denemelerde düz bir disk üzerinde radyal olarak yerleştirilen 120 mm uzunluğunda ve 55 mm yüksekliğinde 6 adet  $\Gamma$  profil şekilli kanat kullanılmıştır. Kanatlar disk üzerine serbestlik yarıçapı 145 mm olacak şekilde yerleştirilmiş ve böylece bütün denemelerde disk yarıçapı 265 mm olacak şekilde sabit tutulmuştur.

Denemeler, ASAE Standart (1998)'larına uygun olacak şekilde yürütülmüştür. Bütün denemelerde diskin, toplama kutularının üst yüzeyinden yüksekliği 650 mm, disk devri 540 min<sup>-1</sup> ve traktör ilerleme hızı 4.5 km/h olacak şekilde sabit olarak ayarlanmıştır.

Dağılım desenlerinin belirlenebilmesi için traktör ilerleme yönüne dik olacak şekilde birbirine bitişik olarak yerleştirilen 500 mm x 500 mm ölçülerinde kare kutular kullanılmıştır. Traktör tekerleklerinin toplama kutularının arasından geçebilmesi için orta eksenin her iki yanında birer kutu kaldırılmıştır. Bu boşluklara, boşlukların sağ ve solundaki kutularda toplanan gübrenin ortalama

kadar gübre düştüğü kabul edilmiştir. Bu şekilde 26 m 'lik gübre toplama genişliği elde edilmiştir. Dağıtılan gübrenin kutulardan dışarıya sıçramasını önlemek amacıyla, kutuların içerisine 100 mm x 100 mm x 100 mm ölçülerinde mukavvadan yapılmış petekler yerleştirilmiştir. Denemeler durgun hava şartlarında ve düz zeminde gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde her bir tekerrür için traktör, toplama kutularının üzerinden bir defa geçirilmiştir. Parish (1999), toplama kutularının üzerinden tek geçiş ya da çok geçiş yapılmasıyla elde edilen değerler arasında fark olmadığını bildirmektedir. Toplama kutularında biriken gübre, hassas terazi ile tartılmış ve tartım değerleri bilgisayara aktarılmıştır.

Disk üzerine akıtılan gübrenin, açılal konumunun dağılım düzgünlüğü üzerine etkisi son derece önemlidir (Parish ve Chaney, 1986; Çarman, 1988; Yıldırım, 2002). Simetrik olmayan dağılım desenlerini düzeltmek için, diğer değişkenler sabit tutularak, sadece gübre besleme noktasının açılal konumunun değiştirilmesiyle simetrik desenler elde edilebilir. Dolayısıyla aynı makina ayarında, uygun açılal konumlar seçilerek çok yüksek varyasyon katsayısı (CV) değerlerinden, düşük CV değerleri elde edilebilmektedir. Tekerrürlü denemelerden önce her bir besleme yarıçapı ve debi kombinasyonu için simetrik desen elde edilinceye kadar gübre besleme noktasının açılal konumu değiştirilmiş ve simetrik desen elde edildikten sonra tekerrürlü denemeler yapılmıştır.

Denemeler beş farklı besleme yarıçapında, üç farklı gübre debisinde, üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve toplam 45 adet dağılım deseni elde edilmiştir. Dağılım desenleri dönerek çalışma şekline göre değerlendirilerek, dağılım deseninin kenarından merkeze kadar her defasında birer kutu genişliğinde örtme yapılmıştır. Her bir örtmede makina eksenleri arasında kalan gübre ağırlık değerleri analiz edilerek, dağılım düzgünlüğünün değerlendirilmesinde kullanılan CV değerleri % olarak hesaplanmıştır. Bu şekilde her bir desen için en düşük CV değeri belirlenmiştir. En düşük CV değerinin elde edildiği örtme durumunda makina eksenleri arasındaki mesafe ise efektif iş genişliği olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca en düşük CV değerinin elde edildiği örtme durumunda makina eksenleri arasında kalan ortalama gübre miktarının %' si olarak maksimum ve minimum değerler hesaplanmıştır. Kabul edilebilir bir dağılım deseninde CV değeri %20'den düşük olmalıdır (Parish, 1999; Önal, 1995). Ayrıca efektif iş genişliğindeki ortalama gübre miktarının %'si olarak hesaplanan maksimum ve minimum değerler, sırasıyla, <%120 ve >%80 olmalıdır (Parish, 1999). Bunların dışında, örtmeli gübrelemede makina ekseninin sağına ve soluna atılan gübre miktarları da % olarak hesaplanmıştır. Önal (1995) 'a göre makina eksenlerinin sağına ve

soluna atılan gübre ağırlık oranları arasındaki fark % 4'ü aşmamalıdır. Parish (2002) 'e göre ise makina ekseninin sağındaki ve solundaki gübre oranları arasındaki farkın artması elde edilen CV değerlerinin yüksek olmasına, dolayısıyla dağılım düzgünlüğünün bozulmasına neden olmaktadır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Beş farklı besleme yarıçapı ve üç farklı orifis çapı ile üç tekerrürlü olarak yürütülen denemelerden

Çizelge 1. %CV değerleri varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F
Besleme Yarıçapı (BY)	4	406.704	101.676	150.19**
Orifis Çapı (OÇ)	2	267.489	133.744	197.56**
BY x OÇ	8	31.984	3.998	5.91**
Hata	30	20.310	0.677	
Genel	44	726.488		

\*\* : P<0.01

Her bir besleme yarıçapı ve orifis çapı kombinasyonu için gübre besleme noktasının açılmal konumu, simetrik desen elde edilinceye kadar değiştirilmiş ve bundan sonra tekerrürlü denemeler yapılmıştır. Bu şekilde elde edilen dağılım desenleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu sayede, bütün kombinasyonlar için en uygun dağılım desenleri ayrı ayrı belirlenmiş ve bu desenlerden elde edilen minimum CV değerleri istatistik olarak karşılaştırılmıştır. Varyans analizi sonuçları bu kombinasyonlardan elde edilen CV değerleri arasında önemli farklılıklar (p<0.01) olduğunu göstermektedir (Çizelge 1). Bu kombinasyonlardan elde edilen dağılım desenlerine ait bazı değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgede, ayrıca, minimum ortalama CV değerleri arasındaki farklılıkları göstermek için yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde, herhangi bir besleme yarıçapında orifis çapı arttıkça ve herhangi bir orifis çapında besleme yarıçapı arttıkça elde edilen CV değerlerinin de arttığı görülmektedir. Dağılım düzgünlüğü açısından en iyi kombinasyon 50 mm'lik besleme yarıçapı ile 30 mm'lik orifis çapından, en olumsuz kombinasyon ise 110 mm'lik besleme yarıçapı ile 50 mm'lik orifis çapı kombinasyonundan elde edilmiştir. En büyük orifis çapı ve 110 mm'lik besleme yarıçapında elde edilen CV değeri %23.30 iken, besleme yarıçapı 50 mm'ye düşürüldüğünde elde edilen CV değeri %44 azalarak %13.10 'a düşmüştür. Bu durum, özellikle yüksek gübre debilerinde besleme yarıçapının daha düşük seçilmesi

elde edilen 45 dağılım deseninin analizi sonucunda, her bir tekerrür için belirlenen minimum CV değerlerine yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 1 'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, hem besleme yarıçapı ve orifis çapının (gübre debisinin) hem de bu iki parametre kombinasyonunun dağılım düzgünlüğüne etkisi çok önemli (p<0.01) bulunmuştur.

ile gübre dağılım düzgünlüğünün daha iyi olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 2'ye göre, bütün orifis çapları (bütün debiler) için en düşük CV değerleri 50 mm 'lik besleme yarıçapında elde edilmiştir. Bununla birlikte, 65 mm besleme yarıçapı ile 30 ve 40 mm orifis çapı, 80 mm besleme yarıçapı ile 30 mm orifis çapı kombinasyonlarında elde edilen CV değerleri ≤%10 olarak belirlenerek 'iyi' sınırlar içerisinde yer almıştır. Önal (1995) ve Hofstee vd. (1999)'ne göre %5 ile %10 CV aralığı 'iyi' olarak bildirilmektedir.

Denemelerden elde edilen dağılım desenlerine ait grafikler Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu grafiklerde yer alan her bir dağılım deseni üç tekerrürün ortalamasıdır. Dağılım desenleri incelendiğinde, 50 mm 'lik besleme yarıçapında elde edilen desenlerin diğer desenlere göre normal dağılıma daha yakın oldukları görülmektedir. Özellikle 95 mm ve 110 mm besleme yarıçaplarında elde edilen desenlerde 'W' şekilli bir görünüm ortaya çıkmaktadır. Bu görünüm debi arttıkça daha da belirgin hale gelmektedir. Dağılım desenlerinin normal dağılıma benzer olması, gübre dağılım düzgünlüğü bakımından istenilen özelliklerdendir (Grift, 2000). Normal dağılıma benzer olamayan 'W' şekilli dağılım desenleri örtme payındaki değişikliklere karşı çok hassas olduklarından gübre dağılım düzgünlüğü bakımından istenmeyen desen tiplerindedir (Glover ve Baird, 1973). Bu tür desenlerde, tarlada çalışma sırasında gidış ve dönüşlerde iş genişliğindeki küçük sapmalardan dolayı, CV değerleri bir anda çok yüksek değerlere ulaşmakta ve dağılım düzgünlüğü bozulmaktadır.

Çizelge 2. Besleme yarıçapı ve orifis çapı kombinasyonlarından elde edilen değerler<sup>+</sup>

Besleme yarıçapı x Orifis çapı (mm x mm)	CV <sup>a</sup> (%)	Be <sup>b</sup> (m)	İş genişliği değişim sınırları <sup>c</sup> (m)	Sol / Sağ <sup>d</sup> (%/%)	Min. <sup>e</sup> (%)	Max. <sup>e</sup> (%)
50 x 30	07.92 h <sup>++</sup>	12.5	10...14	51/49	83	118
50 x 40	10.14 g	12.5	9...14	53/47	86	124
50 x 50	13.10 f	14	13...15	50/50	71	129
65 x 30	08.38 gh	10	8...11.5	48/52	87	122
65 x 40	09.71 gh	10	8...12	48/52	87	122
65 x 50	14.48 def	13.5	12.5...14.5	47/53	71	132
80 x 30	10.27 g	8.5	8...9.5	46/54	84	118
80 x 40	13.16 f	11	8...12	46/54	79	128
80 x 50	15.28 cde	13.5	12.5...14	48/52	80	134
95 x 30	14.26 def	10	8.5...11	47/53	76	134
95 x 40	16.09 cd	11.5	10.5...12.5	50/50	78	136
95 x 50	18.25 b	14	13.5...14.5	48/52	78	147
110 x 30	14.00 ef	10.5	9.5...11	48/52	75	121
110 x 40	16.96 bc	13	12.5...13.5	46/54	65	128
110 x 50	23.30 a	---	---	44/56	67	153
LSD	1.067					
S <sub>x̄</sub>	0.2743					

<sup>+</sup>: Çizelgedeki değerlerin her biri üç tekrerrün ortalamasıdır.

<sup>a</sup>: Örtmeli gübrelemede elde edilen minimum CV değeridir.

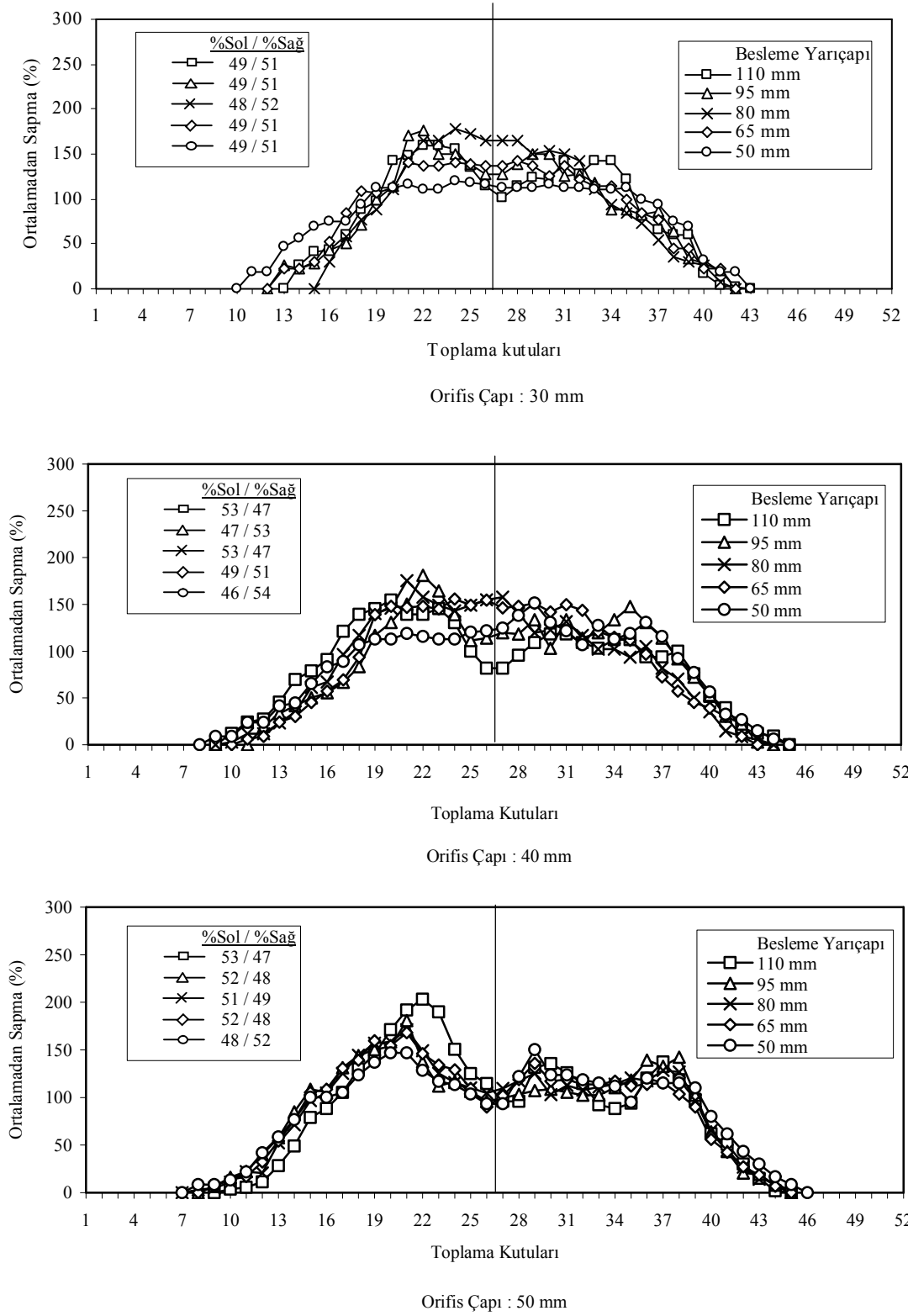
<sup>b</sup>: Minimum CV değerinde elde edilen efektif iş genişliğidir.

<sup>c</sup>: %20'den küçük CV değerlerine ait minimum ve maksimum iş genişlikleridir.

<sup>d</sup>: Makina ekseninin sağına ve soluna atılan gübre miktarlarının ağırlık olarak % oranlarıdır.

<sup>e</sup>: Efektif iş genişliğindeki ortalama gübre miktarının %'si olarak minimum ve maksimum değerlerdir.

<sup>++</sup>: Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre, aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar, %1 düzeyinde, istatistiksel olarak önemli değildir.



Şekil 1. Denemelerden elde edilen dağılım desenleri (Dağıtıcı diskin merkezi 26. ve 27. toplama kutularının arasından geçmektedir)

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, farklı gübre debilerinde, farklı gübre besleme yarıçaplarının gübre dağılım düzgünlüğüne etkisinin olduğunu göstermiştir. Denemelerde kullanılan bütün debilerde (bütün orifis çaplarında), besleme yarıçapı arttıkça (50 mm, 65 mm, 80 mm, 95 mm ve 110 mm) elde edilen CV değerleri de artmış, dolayısıyla gübre dağılım düzgünlüğü bozulmuştur. Gübre dağılım düzgünlüğünün en iyi olduğu sonuçlar 50 mm besleme yarıçapı ile 30 mm orifis çapı kombinasyonundan elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan 30 mm, 40 mm ve 50 mm orifis çaplarından elde edilen, sırasıyla, 12.85 kg/min, 25.35 kg/min ve 51.62 kg/min gübre debileri için 50 mm'lik besleme yarıçapı kullanılması durumunda belirlenen CV değerleri %7.92 ile %13.10 arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar herhangi bir besleme yarıçapında orifis çapı (debi) arttıkça CV değerlerinin de arttığını göstermektedir. Özellikle 110 mm'lik besleme yarıçapı ile 50 mm'lik orifis çapı kombinasyonundan elde edilen CV değeri %23.30 iken, aynı orifis çapı ile 50 mm'lik besleme yarıçapı kullanıldığında bu değer %13.10'a düşerek kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almıştır. Bu bakımdan, tek diskli gübre dağıtma makinalarında farklı gübre normları elde etmek için orifis alan büyüklüğü değiştirildiğinde, uygun dağılım desenlerinin elde edilmesi için, gübre besleme noktasının açılmal konumunun yanında, gübre besleme yarıçapının da değiştirilebilir olarak imal edilmesi yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- ASAE Standards, 45th Ed., 1998. S341.2. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Çarman, K., 1988. Santrifüjli Kimyasal Gübre Dağıtma Makinalarında Bazı Yapısal Özelliklerin Dağılım Düzgünlüğüne Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Konya

- Çarman, K., 1992. Diskli Gübre Dağıtma Makinalarında Besleme Ağız Şeklinin Dağılım Desenine Etkilerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt: 2, Sayı: 3, Konya.
- Glover, J. W., Baird, J. V., 1973. Performance of spinner type fertilizer spreaders. *Transactions of the ASAE* 16(1): 48-51.
- Grift, T. E., 2000. Spread pattern analysis tool (spat): I. Development and theoretical examples. *Transactions of the ASAE* 43(6): 1341-1350.
- Hofstee, J. W., Speelman, L., Scheufler, B., 1999. Fertilizer distributors. *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol.III, Plant Production Engineering*, 240-268. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Konak, M., Mengeş, H.O., Asma, S., 2000. Tek Diskli Gübre Dağıtma Makinalarında Bazı Yapısal Özelliklerin Dağılım Desenine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(22): 64-73, Konya.
- Olierslagers, R., Ramon, H., Baerdemaeker, J. De., 1996. Calculation of fertilizer distribution patterns from a spinning disc spreader by means of a simulation model. *J. of Agriculture Engineering Research* 63(2): 137-152.
- Önal, İ., 1995. Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.: 490, Bölüm 4, S: 481-606, Bornova/İzmir.
- Özmerzi, A., 1974. Ülkemizde İmal Edilen Bazı Tek Diskli Gübre Dağıtma Makinaları Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 788, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 468, Ankara.
- Parish, R. L., Chaney, P. P., 1986. Pattern sensitivity to location of fertilizer drop point on a rotary spreader impeller. *Transactions of the ASAE* 29(2): 374-377.
- Parish, R. L., 1999. Granular Spreaders: Selection, Calibration, Testing, and Use. Louisiana Agricultural Experiment Station Bulletin No. 866. Baton Rouge, La.
- Parish, R. L., 2002. Rate setting effects on fertilizer spreader distribution patterns. *Applied Engineering in Agriculture* 18(3): 301-304.
- Taşer, Ö. F., 1988. Diskli Gübre Dağıtma Makinalarında Değişik Kanat Profillerinin Gübre Dağılımına Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Bölümü (Doktora Tezi), Ankara.
- Yıldırım, Y., 2002. Diskli Gübre Dağıtma Makinalarında Dağılım Düzgünlüklerinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Erzurum.
- Yıldırım, Y., Kara, M., 2003. Effect of vane height on distribution uniformity in rotary fertilizer spreaders with different flow rates. *Applied Engineering in Agriculture* 19(1): 19-23.