

Pnömatik Gübre Dağıtıcısı Tasarımı*

Kâmil SAÇILIK¹ Rahmi KESKİN¹

Geliş Tarihi: 27.01.2004

Özet : Bu çalışmada, pnömatik gübre dağıtıcısının çalışma koşullarını etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, bilgisayar destekli tasarım sisteminde tasarım parametreleri belirlenen dağıtıcı başlığın imalatı yapılarak, hazırlanan deney düzeneğinde pnömatik gübre dağıtıcısının karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Denemeler, laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan denemelerde gübre çeşidi, dağıtıcı başlık tipi, gübre besleme devri ve fan devri faktörlerinin gübre dağılım karakteristiklerine olan etkileri incelenmiştir. Gübre dağılım karakteristiklerinin incelenmesinde ise enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü kriterlerinden yararlanılmıştır. Yapılan varyans analizinde, incelenen dört faktörün enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü üzerine etkisinin önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tasarlanan dağıtıcı başlığın gübreleri arzu edilen düzeyde yönlendirebildiği, fan devrinin dağılım düzgünlüğünü etkileyen en önemli faktör olduğu, diamonyum fosfat gübresinin daha iyi bir dağılım düzgünlüğü gösterdiği ve gübre besleme düzenindeki gübre akış düzgünlüğünün ise iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler : pnömatik gübre dağıtıcısı, kimyasal gübre, dağıtıcı başlık, enine dağılım düzgünlüğü, uzunluğuna dağılım düzgünlüğü

Design of Pneumatic Fertiliser Spreader

Abstract : In this study, the factors affecting the operation conditions of the pneumatic fertiliser spreader were especially emphasized. For this purpose, design factors were determined on spreader head in order to criticize its characteristics by manufacturing four different head types in laboratory conditions. In these experiments, the influence of fertiliser type, spreader head type, fertiliser delivery speed and fan speed on distribution characteristic of pneumatic fertiliser spreader were studied. In the determination of the distribution characteristic of pneumatic fertiliser spreader, the criteria of the evenness of transverse and longitudinal distribution were also used. The effects of each level of four factors on the evenness of transverse and longitudinal distribution were found to be significant ($p<0.01$) in analysis of variances. According to the approached research findings, it was determined that spreader head's projection ability of fertiliser was very satisfactory, fan speed was the most important factor on the evenness of the distribution, diammonium phosphate was better than ammonium nitrate in terms of the evenness of the distribution and the unevenness in fertilizer delivery mechanism needs to make it more improvement.

Key Words : pneumatic fertiliser spreader, chemical fertiliser, spreader head, evenness of transverse distribution, evenness of longitudinal distribution

Giriş

Dünyada artan nüfusu besleyebilmek için tarımsal üretimi de buna paralel artırmak tarımla uğraşanların ortak bir amacı haline gelmiştir. Tarımsal faaliyetin bir dalı olan bitkisel üretimdeki verimliliği artırmak için diğer teknik koşullar ve girdiler yanında gübreleme, en önemli girdilerden birisidir. Bazı kaynaklara göre uygun çeşit, şekil, zaman ve miktardaki bir gübrelemenin bitkisel üretimde verimliliği yaklaşık olarak %58 oranında artırdığı belirtilmektedir (Aydeniz 1991). Bitkiler toprakta azot, potasyum, fosfat ve kireç gibi bitki besin maddelerine ihtiyaç duymaktadır. Bu maddeler toprağa ya organik ya da kimyasal gübre olarak verilmektedir. Kimyasal gübreler ise katı, sıvı ya da gaz halinde bulunabilirler. Katı kimyasal gübreler ise toz, kristal veya granül halde bulunmaktadır. Ülkemizde en çok kullanılan kimyasal gübreler azotlu, fosfatlı ve potaslı gübreler olup bunların kullanımında sürekli artış olmaktadır (Kasap ve ark. 1990).

Yoğun tarımın sürdürülebilmesi için kimyasal gübrelerin uygun zaman ve miktarlarda kullanılması kaçınılmaz bir zorunluluktur. Ancak üretimi yenilenemez enerjiye dayalı olan ve bitkisel üretimde önemli bir girdiyi oluşturan kimyasal gübrelerin sağlanması, her geçen yıl

daha da güçleşmektedir. Bu nedenle, kimyasal gübrelerin etkin bir şekilde tarımda kullanılması gerekmektedir. Bu da kimyasal gübrelerin tarlaya verilme yöntemine bağlı olmaktadır. Gübre dağıtıcısının çalışması sırasında uzunluğuna ve enine dağılım desenleri, dağıtıcının performansını ortaya koymaktadır. Bu iki dağılımdan enine dağılım deseni, dağıtıcının performansını en iyi ortaya koyması bakımından, uzunluğuna dağılım desenine göre daha önemli olmaktadır (Gökçebay 1986).

Kimyasal gübre dağıtıcısından beklenen en önemli özelliklerden birisi, iyi bir dağılım düzgünlüğü göstermesidir. Gübre dağılım düzgünlüğü, gübrenin tarlaya verilme şekline ve kullanılan gübre dağıtıcısına göre değişmektedir. Serpme yöntemi, kimyasal gübrelerin tarlaya verilmesinde en çok kullanılan yöntem olup, bu amaçla en yaygın olarak santrifüj dağıtıcılar kullanılmaktadır. Ancak, bu dağıtıcıların yüksek iş verimine karşın düşük iş kalitesi, gübre dağılım düzgünlüğünü arzu edilen düzeye ulaştırılmamıştır. Kimyasal gübrelerin fizikomekanik özelliklerinin iyileştirilmesi sonucu, gübre dağıtıcılarının yapısal özellikleri değişime uğramıştır. Aynı büyüklükteki gübrelerin hava akımı yardımıyla tarlaya

* Ankara Üniv. Araş. Fonu tarafından desteklenen Doktora Tezi'nden hazırlanmıştır

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

verilmesi, son yıllarda çok kullanılan bir yöntem olmuştur. Gelişmiş hidrolik sistemler kullanılarak artırılan iş genişliği, geniş alanların gübrenenmesinde yararlı olmaktadır. Özellikle bu durum yoğun tarımın yapıldığı bölgelerde iş verimini artırmaktadır. İş genişliği büyük olan pnömatik dağıtıcıların iş verimi ve iş kalitesi, santrifüj dağıtıcılara göre yüksek olmasına karşın, imalatta karşılaşılan sorunlar ve yapılarının karmaşık olması sonucu ülkemizde fazla uygulama alanı bulamamıştır.

Bu çalışmada; hava akımı yardımıyla fizikomekanik özellikleri farklı olan kimyasal gübreleri serpebilecek bir dağıtıcı başlık tasarlanmış ve geliştirilen deney düzeneğinde, dağıtıcı başlık ile gübre dağılımına etkili diğer faktörlerin gübre dağılım düzgünlüğüne olan etkileri belirlenmiştir. Ayrıca, dağılım düzgünlüğüne etki eden bazı önemli parametreler belirlendikten sonra, bunların kendi aralarındaki etkileşimlerinin dağılım düzgünlüğüne etkileri belirlenmiş ve en iyi kombinasyonlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada araştırma materyali olarak, pnömatik gübre dağıtma makinasında dağılım düzgünlüğüne en önemli etkiyi yapan dağıtıcı başlıkların tasarımı ele alınmıştır. Bu amaçla, dağılım düzgünlüğünü etkilediği düşünülen 4 adet değişik kanat eğriliklerine sahip dağıtıcı başlık tasarlanmış ve imal edilmiştir (Şekil 1). Bu eğriliklerin seçiminde, gübreleri değişik yönlerde dağıtabilmesi gözönüne alınmıştır. İmal edilen dağıtıcı başlıkların dağılım düzgünlüğüne olan etkilerini belirlemek amacıyla, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Toprak Kanalı Laboratuvarında bulunan deney tesisi kullanılmıştır. Bu tesise daha sonra pnömatik gübre dağıtma makinasının ana organlarından olan gübre deposu, gübre besleme düzeni, iletici boru ve hava akımını sağlayan fan yerleştirilmiştir.

Makina tarafından dağıtılan gübrelerin toplanması için hazırlanan 200x200x150 mm ölçülerinde 110 adet toplama kutusu, toplama kasalarına dizilmiştir. Toplama kasaları ise hareket yönüne dik olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 2). Toprak kanalı arabası simetri ekseninin, toplama kasasına olan uzaklığı 3 m'dir. Bu uzaklığın, toprak kanalı arabasının kutulara ulaşmadan önce düzgün doğrusal bir hızla ulaşması için yeterli olduğu belirlenmiştir. Toprak kanalı arabasının durma noktası ise kasadan 6 m uzaklıkta gerçekleştirilmiştir.

Denemeler sırasında toprak kanalı arabasının hızı, gerçek çalışma koşullarına uygun olması açısından 6.12 km/h seçilmiştir. Deneme başlangıcında, gübre besleme düzeni ile fan çalıştırılmış ve dağıtıcı başlıktan gübre akışının normal duruma gelmesi için 60 saniye beklenmiştir. Daha sonra toprak kanalı arabası motoru çalıştırılmış ve avare düzenle yol verilerek arabanın, toplama kutuları üzerinden geçmesi sağlanmıştır. Toprak kanalı arabası, gübrelerin kutulara ulaşamayacağı uzaklığa vardıkdan sonra durdurulmuştur.

Toplama kutuları üzerinden üç geçişte toplanan gübreler, 0.1 gram hassasiyetli elektronik terazi ile tek tek tartılarak, önceden hazırlanmış çizelgelere kaydedilmiştir. Her deneme üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. toprak kanalı arabası raylarının geçeceği yerlere 3 kutu genişliğinde boşluk bırakılmış ve bu boşluğa düşen gübre

miktarları ölçülmemiştir. Dağılım desenlerinin değerlendirilmesinde bu boşluğa, iki yandaki kutuların ortalamaları kadar gübre düştüğü kabul edilmiştir. Çeşitli araştırmalarda aynı yolu benimsemiştir (Özmerzi 1974, Çarman 1988).

Varyasyon katsayısı, gübre dağıtma makinalarının fonksiyonel yönden iyiliğini göstermektedir. Özmerzi (1974), Önal ve Tozan (1984), Gallı ve ark. (1988), varyasyon katsayısını, gübre dağıtma makinalarında dağılım düzgünlüğünün değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Bu çalışmada da, dağılım desenlerinin değerlendirilmesinde de varyasyon katsayısından yararlanılmıştır. Genel olarak santrifüj kimyasal gübre dağıtma makinalarında, gübre dağılım düzgünlüklerini değerlendirebilmek için örtmeli gübrelemeden sonra elde edilen enine gübre dağılımına ait varyasyon katsayısı, %20'den az olması gerekmektedir (Özmerzi 1974, Bull ve Crowe 1985). Bu çalışmada, denemelerin bir temele dayanması bakımından örtmeli gübreleme yapılmamış ve varyasyon katsayısı için de bir alt sınır verilmemiştir.

Dağılım karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla deney tesisi üzerinde, değişik kanat eğriliklerine sahip 4 dağıtıcı başlık, 2 gübre çeşidi, 4 gübre besleme devri ve 6 değişik fan devrinde denemeler yapılmıştır. Denemelerde kontrollü değişken olarak seçilen parametrelerin her bir seviyesi için dağıtıcı başlığın oluşturduğu dağılım desenleri incelenmiş ve en iyi dağılım düzgünlüğünü sağlayan kombinasyonlar belirlenmeye çalışılmıştır. Fanın geliştirdiği hava akımı, boru içerisindeki gübre parçacıklarını taşımaktadır. Fan devri yükseldikçe gübrelerin dağıtıcı başlıktan kesiksiz bir akışı gözlenmiş ve dağılım genişliği ise artmıştır. Bu yüzden dağılım düzgünlüğünü etkilemesi açısından fan devri 1600 ile 2600 min⁻¹ geniş bir aralıkta alınmış ve bu parametrenin 6 farklı seviyesi ile denemelere devam edilmiştir. Denemelerde gübre olarak, boyut bakımından birbirinden farklı amonyum nitrat ve diamonyum fosfat gübreleri kullanılmıştır. Hava akımının farklı çaplı gübreleri taşınmasıyla dağılım desenlerini nasıl etkileyeceği düşünülmüştür. Uygulamada kullanılan gübreleme normuna bağlı olarak gübre besleme düzeni devir sayısının 4 farklı kademesi alınmıştır. Değişik kanat eğriliklerine sahip dağıtıcı başlığın 4 farklı kademesi alınmıştır. Bu eğriliklerin seçiminde, gübreleri değişik yönlerde dağıtması gözönüne alınmıştır. Denemelerde kontrollü değişken olarak seçilen parametreler Çizelge 1'de topluca verilmiştir. Denemeler sırasında

Çizelge 1. Denemelerde kontrollü değişken olarak seçilen parametreler

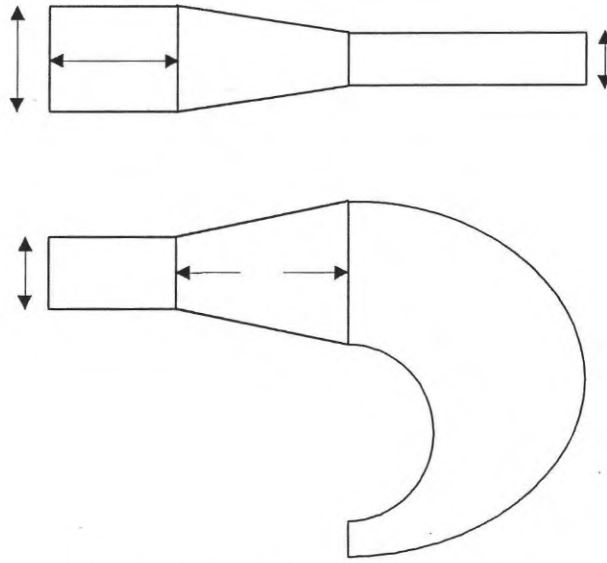
Parametreler	Kademeleri	Kullanılan simge
Fan Devri (min ⁻¹)	2600	VD ₁
	2400	VD ₂
	2200	VD ₃
	2000	VD ₄
	1800	VD ₅
	1600	VD ₆
Gübre tipi	Amonyum nitrat	GT ₁
	Diamonyum fosfat	GT ₂
Gübre besleme devri (min ⁻¹)	60	GBD ₁
	80	GBD ₂
	100	GBD ₃
	120	GBD ₄
Dağıtıcı başlık	1. Dağıtıcı başlık	DB ₁
	2. Dağıtıcı başlık	DB ₂
	3. Dağıtıcı başlık	DB ₃
	4. Dağıtıcı başlık	DB ₄

dağılım düzgünlüğünü etkileyebilecek nitelikteki diğer parametreler, literatür bilgilerine uygun olarak olanaklar ölçüsünde sabit tutulmuştur.

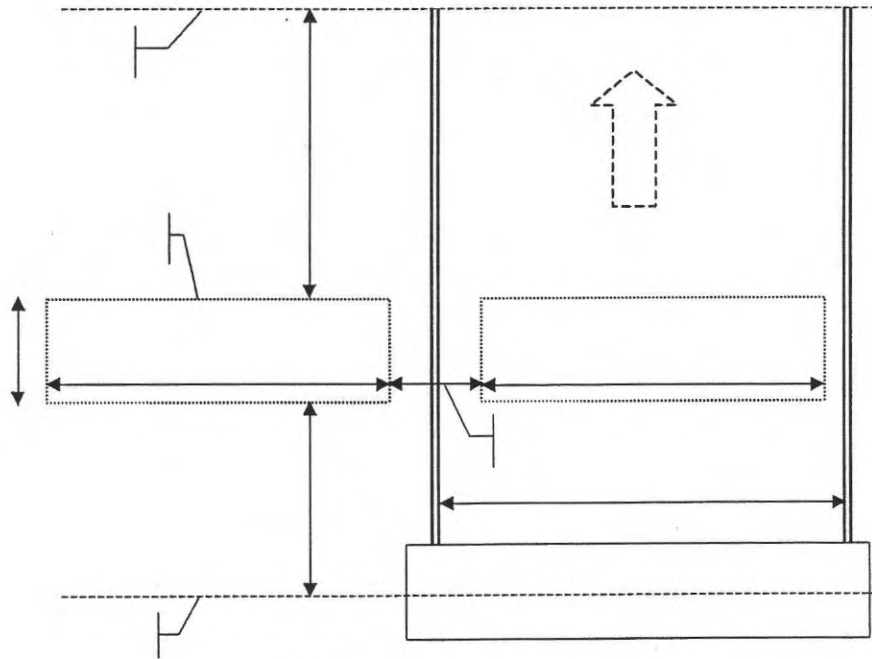
Denemeler, tesadüf parsellerinde 6x2x4x4 faktöryel deneme tekniği ile üç tekerrürlü olacak şekilde düzenlenmiştir. Parametrelerin meydana getirdiği kombinasyondan dolayı toplam 576 deneme yapılmıştır.

Çeşitli yöntemlerle ölçülen veya hesaplanan değerler üzerinde, gerçek anlamdaki ilişkilerin belirlenebilmesi ve daha güvenli yorumlara varabilmek amacıyla istatistiksel

analizler yapılmıştır. Gübre dağılım desenlerinin dağılım düzgünlüklerinin değerlendirilmesinde gübre tipi, dağıtıcı başlık, gübre besleme devri ve fan devri faktörlerinin enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü üzerine etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre farkın önemli çıktığı durumlarda bunun hangi grupların etkisinden ileri geldiğini belirlemek amacıyla DUNCAN çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Yurtsever 1984). Duncan testi sonuçlarına göre enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü farklı faktör seviyelerinde incelenmiştir.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan dağıtıcı başlık



Şekil 2. Toplama kasalarının yerleşim düzeni

Bulgular ve Tartışma

Deneme sonuçlarına göre, elde edilen enine ve uzunluğuna varyasyon katsayısı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları, Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi gübre tipi, dağıtıcı başlık, gübre besleme devri ve fan devrinin enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Denemelerde elde edilen bulgulara göre, enine dağılım düzgünlüğü gübre tipleri açısından değerlendirildiğinde, diamonyum fosfat gübresi amonyum nitrat gübresine göre daha iyi bir dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Diğer bir deyişle, diamonyum fosfat gübresinde ortalama enine varyasyon katsayısı, amonyum nitrat gübresine göre %12.14 daha düşük bulunmuştur. Bu sonuca diamonyum fosfat gübresinin parçacık çapının % 93.78'inin 2 mm'den büyük olması dolayısıyla pnömatik sistemde daha iyi iletilmesinin etkili olduğu gösterilebilir. Pnömatik gübre dağıtıcılarında küçük çaplı parçacıkların iletimindeki güçlüğü Önal (1987)'de işaret etmiştir.

1. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde; 1600 min⁻¹ fan devri dışındaki tüm koşullarda amonyum nitrat gübresi daha iyi bir enine dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Ancak, 2. dağıtıcı başlık kullanıldığında ise diamonyum fosfat gübresinde enine dağılım düzgünlüğünün daha iyi olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). 3. dağıtıcı başlık ile yapılan deneme sonuçlarına göre, 2600 min⁻¹ fan devrinde amonyum nitrat gübresi daha iyi enine dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Aynı koşulda 2400 ve 2200 min⁻¹ fan devirlerinde, gübre seviyeleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. 2000, 1800 ve 1600 min⁻¹ fan devirlerinde ise enine dağılım düzgünlüğü, diamonyum fosfat gübresinde daha iyi olduğu belirlenmiştir. 4. dağıtıcı başlık ile yapılan deneme sonuçlarına göre, 2600 min⁻¹ fan devrinde amonyum nitrat gübresi daha iyi enine dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Aynı koşulda, 2400 min⁻¹ fan devrinde gübre seviyeleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. 2200, 2000, 1800 ve 1600 min⁻¹ fan devirlerinde ise enine dağılım düzgünlüğü, diamonyum fosfat gübresinde daha iyi olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$).

Enine dağılım düzgünlüğü dağıtıcı başlık tipleri açısından değerlendirildiğinde, 3. dağıtıcı başlık diğerlerine göre daha iyi bir enine dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Diğer bir deyişle, 3. dağıtıcı başlıkta ortalama enine varyasyon katsayısı; 2. dağıtıcı başlığa göre %3.26, 4. dağıtıcı başlığa göre %5.85, 1. dağıtıcı başlığa göre ise %8.52 daha düşük bulunmuştur. Denemelerde, 1. ve 3. dağıtıcı başlığın gübreleri sağa ve sola dengeli dağıttığı gözlenmiştir. 2. ve 4. dağıtıcı başlık ise gübreleri daha çok sağa doğru dağıtmıştır (Çizelge 3). Bunun nedeni olarak bu dağıtıcı başlıklarda yörüngelerin diğer dağıtıcılara göre kanat uzunluğunun daha büyük olması gösterilebilir.

Enine dağılım düzgünlüğü gübre besleme devirleri açısından değerlendirildiğinde, 60 min⁻¹ gübre besleme devri, diğerlerine göre daha iyi bir enine dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Ancak gübre besleme devrinin diğer seviyeleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır.

Çizelge 2. Denemelerde kontrollü değişken olarak seçilen parametrelerin enine ve uzunluğuna dağılım üzerine etkisi

Varyasyon kaynağı	Enine dağılım	Uzunluğuna dağılım
Fan devri	*	*
Gübre tipi	*	ns
Gübre besleme devri	*	ns
Dağıtıcı başlık	*	*
GTxDB	*	*
GTxGBD	*	ns
DBxGBD	*	*
GTxVD	*	*
DBxVD	*	*
GBDxVD	*	ns
GTxDBxGBD	*	*
GTxDBxVD	*	ns
GTxGBDxVD	*	ns
DBxGBDxVD	*	ns
GTxDBxGBDxVD	*	ns

* : % 1 seviyesinde önemli ($p<0.01$)

ns : önemli değil

Çizelge 3. Deneme sonucu elde edilen bazı varyasyon katsayısı değerleri ve gübreleri sağa ve sola yönlendirebilme yetenekleri

Kombinasyon	Sol (%)	Sağ (%)	CV (%)
GT ₂ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₁	45,6	54,4	53,79
GT ₂ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₂	50,2	49,8	57,66
GT ₂ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₃	46,8	53,2	64,75
GT ₂ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₄	47,8	52,2	66,89
GT ₂ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₅	52,1	47,9	69,90
GT ₂ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₆	66,1	33,9	70,10
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₁	21,2	78,8	58,65
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₂	20,5	79,5	60,10
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₃	21,2	78,8	65,52
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₄	22,8	77,2	68,90
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₅	24,6	75,4	69,10
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₆	32,0	68,0	70,12
GT ₂ xDB ₃ xGBD ₁ xVD ₁	43,8	56,2	49,96
GT ₂ xDB ₃ xGBD ₁ xVD ₂	42,5	57,5	51,80
GT ₂ xDB ₃ xGBD ₁ xVD ₃	42,9	57,1	58,01
GT ₂ xDB ₃ xGBD ₁ xVD ₄	46,1	53,9	60,88
GT ₂ xDB ₃ xGBD ₁ xVD ₅	48,7	51,3	65,80
GT ₂ xDB ₃ xGBD ₁ xVD ₆	52,5	47,5	68,97
GT ₂ xDB ₄ xGBD ₁ xVD ₁	21,2	78,8	59,70
GT ₂ xDB ₄ xGBD ₁ xVD ₂	22,8	77,2	61,90
GT ₂ xDB ₄ xGBD ₁ xVD ₃	24,1	75,9	66,15
GT ₂ xDB ₄ xGBD ₁ xVD ₄	22,9	77,1	68,10
GT ₂ xDB ₄ xGBD ₁ xVD ₅	24,4	75,6	69,85
GT ₂ xDB ₄ xGBD ₁ xVD ₆	29,7	70,3	71,02

Enine dağılım düzgünlüğü fan devirleri açısından değerlendirildiğinde, 2600 min⁻¹ fan devri, fan devrinin diğer seviyelerine göre daha iyi bir enine dağılım düzgünlüğü göstermiştir. Diğer bir deyişle, 2600 min⁻¹ devrindeki ortalama enine varyasyon katsayısı; 2400 min⁻¹ fan devrine göre %3.06, 2200 min⁻¹ fan devrine göre %4.80, 2000 min⁻¹ fan devrine göre %11.18, 1800 min⁻¹ fan devrine göre %17.21, 1600 min⁻¹ fan devrine göre ise %33.38 daha düşük bulunmuştur. Fan devri, denemeler esnasında enine dağılım düzgünlüğünü etkileyen en önemli parametre olduğu belirlenmiştir. Fan devrinin artması, enine dağılım düzgünlüğünü iyileştirip dağıtma genişliğini ise artırmıştır. Benzer sonuçta, Solie ve ark. (1994) tarafından yapılan araştırmada da varılmıştır.

Amonyum nitrat gübresi ile yapılan denemelerde, en iyi enine dağılım düzgünlüğü, 2600 min^{-1} fan devrinde olmuştur. 1. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde 60 min^{-1} ve 80 min^{-1} gübre besleme devirlerinde, fan devrinin 2400 min^{-1} 'in altına düşmesi enine dağılım düzgünlüğünü oldukça kötüleştirmiştir. Aynı koşullarda, 100 min^{-1} gübre besleme devrinde, fan devrinin 2200 min^{-1} 'in, 120 min^{-1} gübre besleme devrinde ise fan devrinin 2600 min^{-1} 'in altına düşmesi, enine dağılım düzgünlüğünü olumsuz olarak etkilediği belirlenmiştir. Amonyum nitrat gübresi ve 2. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde, fan devrinin 2400 min^{-1} 'in altına düşmesi, enine dağılım düzgünlüğünü oldukça kötüleştirmiştir. Amonyum nitrat gübresi ve 3. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde, 60 min^{-1} gübre besleme devrinde fan devrinin 2400 min^{-1} 'in, 80 min^{-1} gübre besleme devrinde ise fan devrinin 2000 min^{-1} 'in altına düşmesi, enine dağılım düzgünlüğünü olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Aynı koşullarda, 100 min^{-1} ve 120 min^{-1} gübre besleme devirlerinde, fan devrinin 2600 min^{-1} 'in altına düşmesi, enine dağılım düzgünlüğünü olumsuz olarak etkilediği belirlenmiştir. Amonyum nitrat gübresi ve 4. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde, 60 min^{-1} , 80 min^{-1} , 100 min^{-1} gübre besleme devirlerinde fan devrinin 2600 min^{-1} 'in, 120 min^{-1} gübre besleme devrinde ise fan devrinin 1800 min^{-1} 'in altına düşmesi, enine dağılım düzgünlüğünü oldukça kötüleştirmiştir.

Diamonyum fosfat gübresi ve 1. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde, 60 min^{-1} ve 100 min^{-1} gübre besleme devirlerinde fan devrinin 2200 min^{-1} 'in, 80 min^{-1} gübre besleme devrinde fan devrinin 2000 min^{-1} 'in, 120 min^{-1} gübre besleme devrinde ise fan devrinin 2400 min^{-1} 'in altına düşmesi, enine dağılım düzgünlüğünü olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Diamonyum fosfat gübresi ve 2, 3 ve 4. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde ise, fan devrinin altı seviyesi arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır.

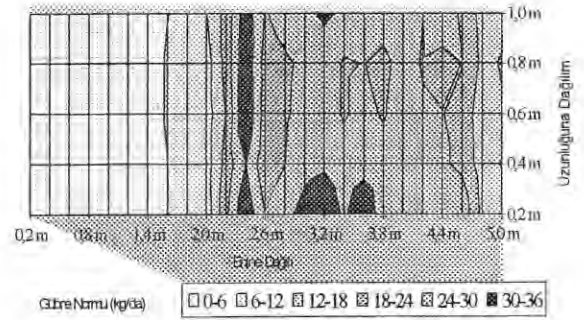
Denemelerde elde edilen değerlere göre, uzunluğuna dağılım düzgünlüğü gübre tipleri açısından değerlendirildiğinde, diamonyum fosfat gübresi amonyum nitrat gübresine göre daha iyi bir dağılım düzgünlüğü göstermiştir. 1. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde; 100 min^{-1} gübre besleme devrinde, amonyum nitrat gübresi daha iyi bir uzunluğuna dağılım düzgünlüğü göstermiş olup, diğer gübre besleme devirlerinde ise gübre tipleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. 2. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde; 100 min^{-1} gübre besleme devrinde, diamonyum fosfat gübresi daha iyi bir uzunluğuna dağılım düzgünlüğü göstermiş olup, diğer gübre besleme devirlerinde ise gübre tipleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. 3. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde, gübre seviyeleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamış olup, 4. dağıtıcı başlıkta ise 80 min^{-1} gübre besleme devrinde amonyum nitrat gübresi, daha iyi bir uzunluğuna dağılım düzgünlüğü göstermiştir ($p < 0.01$).

Uzunluğuna dağılım düzgünlüğü dağıtıcı başlık tipleri açısından değerlendirildiğinde, amonyum nitrat gübresi ile yapılan denemelerde en iyi uzunluğuna dağılım düzgünlüğü; 60 ve 100 min^{-1} gübre besleme devirlerinde 1. dağıtıcı başlıkta, 80 ve 120 min^{-1} gübre besleme devirlerinde ise 4. dağıtıcı başlıkta olduğu görülmüştür.

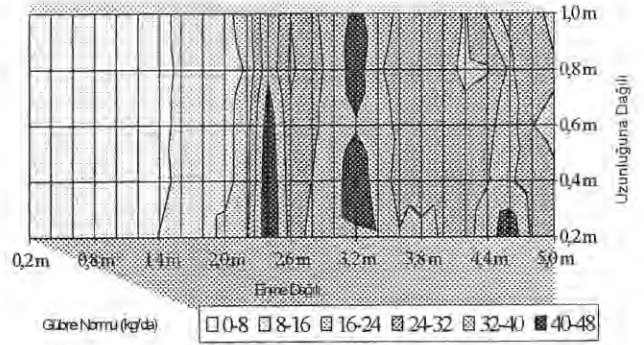
Diamonyum fosfat gübresi ile yapılan deneme sonuçlarına göre uzunluğuna dağılım düzgünlüğü en iyi; 80, 100 ve 120 min^{-1} gübre besleme devirlerinde 2. dağıtıcı başlıkta olup, 60 min^{-1} gübre besleme devrinde ise 4 dağıtıcı başlık arasında, istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır.

Denemelerde elde edilen verilere uygulanan istatistiksel analiz sonucunda belirlenen en iyi kombinasyonların dağılım desenleri Şekil 3-7'de verilmiştir.

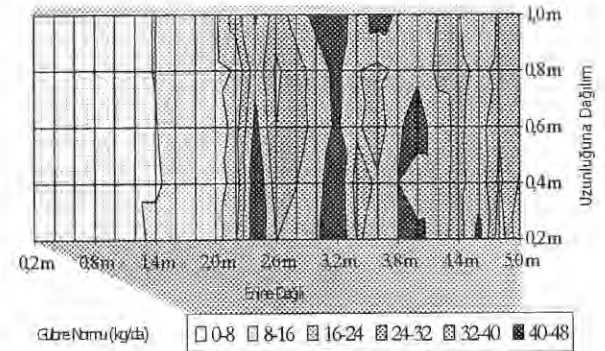
Bazı kombinasyonlarda elde edilen gübre normu ile dağıtma genişliği değerleri ise Çizelge 4'de verilmiştir.



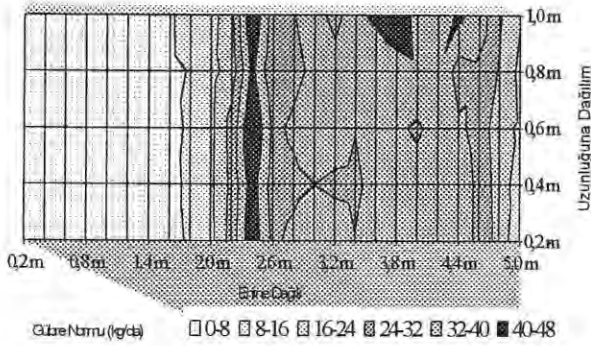
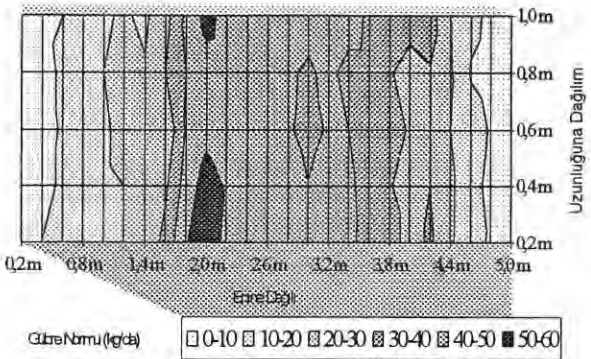
Şekil 3. GT₂ x DB₂ x GBD₁ x VD₁ kombinasyonunun dağılım deseni



Şekil 4. GT₂ x DB₂ x GBD₃ x VD₁ kombinasyonunun dağılım deseni



Şekil 5. GT₂ x DB₂ x GBD₄ x VD₁ kombinasyonunun dağılım deseni

Şekil 6. GT₂ x DB₂ x GBD₁ x VD₂ kombinasyonunun dağılım deseniŞekil 7. GT₁ x DB₁ x GBD₁ x VD₁ kombinasyonunun dağılım deseni

Çizelge 4. Deneme sonucu elde edilen bazı gübre normu ve dağıtma genişliği değerleri

Kombinasyon	Gübre normu (kg/da)	Dağıtma genişliği (m)
GT ₁ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₁	28,14	5,0
GT ₁ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₂	30,03	4,6
GT ₁ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₃	34,89	4,4
GT ₁ xDB ₁ xGBD ₁ xVD ₄	39,98	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₁	20,08	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₂	25,09	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₃	36,80	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₄	44,39	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₅	44,25	3,8
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₁ xVD ₆	69,16	3,4
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₂ xVD ₁	25,44	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₂ xVD ₂	33,05	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₂ xVD ₃	42,74	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₂ xVD ₄	48,23	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₂ xVD ₅	50,36	3,8
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₂ xVD ₆	63,45	3,4
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₃ xVD ₁	25,60	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₃ xVD ₂	31,18	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₃ xVD ₃	40,54	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₃ xVD ₄	45,31	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₃ xVD ₅	55,72	3,6
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₃ xVD ₆	70,87	3,4
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₄ xVD ₁	28,10	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₄ xVD ₂	37,61	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₄ xVD ₃	53,37	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₄ xVD ₄	46,53	4,0
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₄ xVD ₅	55,75	3,6
GT ₂ xDB ₂ xGBD ₄ xVD ₆	70,21	3,4

Gübre normu ve dağıtma genişliği değerlendirildiğinde fan devri, gübre normu ile dağıtma genişliğini etkileyen en önemli parametre olmuştur. Yani fan devri azaldıkça gübre normu yükselip dağıtma genişliği ise düşmüştür (Çizelge 4.). Özellikle amonyum nitrat gübresi ile yapılan denemelerde, fan devrinin 2000 min⁻¹'in altına düşmesiyle kesikli bir gübre akışı gözlenmiş ve gübre normu oldukça yükselmiştir. Bu durumda dağıtma genişliği ise 3.2 m'ye kadar düştüğü görülmüştür. Bu sonuçlara, amonyum nitrat gübresi çapının küçük olmasının, gübre besleme düzenindeki gübre akışını zorlaştırması gösterilebilir. Nitekim, diamonyum fosfat gübresi ile yapılan denemelerde, gübre akışının daha iyi olduğu gözlenmiş ve enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü ise amonyum nitrat gübresine göre daha iyi olmuştur. Kısacası, gübre besleme düzenindeki gübre akışının daha da iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Sonuç

Pnömatik gübre dağıtıcısının tasarımına ilişkin çalışmaya ilişkin deneme sonuçlarının uygulamaya yararlı öneriler haline dönüştürülebilmesi için şu değerlendirmeler yapılmıştır:

1. Gübre tipi, dağıtıcı başlık, gübre besleme devri ve fan devrinin enine ve uzunluğuna dağılım düzgünlüğü üzerine etkisi p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

2. Diamonyum fosfat gübresi, amonyum nitrat gübresine göre daha iyi bir dağılım düzgünlüğü göstermiştir.

3. Tasarım aşamasında dağıtıcı başlığın kanat eğrilikleri, istenilen yörüngede seçilerek gübreleri simetrik olarak sağa ve sola dağıtılması sağlanmıştır. 1. ve 3. dağıtıcı başlık gübreleri sağa ve sola dengeli dağıtması bakımından önerilmektedir. Ancak 2. ve 4. dağıtıcı başlıkta gübreleri özellikle sağa atmasından dolayı çalışma koşullarına göre seçilebilir. Kısaca, geliştirilen dağıtıcı başlık, gübreleri arzu edilen düzeyde dağıtmıştır.

4. Gübre besleme devrinin artması, dağılım düzgünlüğünü olumsuz yönde etkilemiştir. Dağılım düzgünlüğü, en iyi 60 min⁻¹ gübre besleme devrinde olmuştur. Ancak, gübre akış düzgünlüğünün iyileştirilmesi sonucu yüksek gübre besleme devirlerinde çalışılabilir.

5. Fan devrinin, dağılım düzgünlüğünü etkileyen en önemli parametre olduğu belirlenmiştir. Yükselen fan devri ile dağıtma genişliğinde sağlanan artış karşısında, gübre normu azalarak dağılım düzgünlüğünü iyileştirmiştir. Amonyum nitrat gübresi ile yapılan denemelerde, fan devrinin 2000 ile 2600 min⁻¹ arasında olması, gübre dağılım düzgünlüğünü olumlu yönde etkilemiştir. Diamonyum fosfat gübresi ve 2, 3 ve 4. dağıtıcı başlık ile yapılan denemelerde ise, fan devrinin 6 seviyesi arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olmasından dolayı, 1600 ila 2600 min⁻¹ gibi geniş bir fan devri aralığında çalışılabileceği belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Aydeniz, A. 1991. Gübrenin verim ve kalkınmadaki yeri. II Ulusal Gübre Kongresi, 36-46, Ankara.
- Bull, D. A. and J. M. Crowe, 1985. Fertilizer spreading mechanism and their performance in practice: part I, developments in the application of fertilizer. The Fertilizer Society, Proceedings, 241; 1-30.
- Çarman, K. 1988. Santrifüjli kimyasal gübre dağıtma makinalarında bazı yapısal özelliklerin dağılım düzgünlüğüne etkisi üzerinde bir araştırma. Doktora tezi (basılmamış), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Galili, N., I. Shmullevich and C. G. Coble, 1988. Wide-swath vertical type centrifugal spreader. Transactions of the ASAE, 31(1), 58-62.
- Gökçebay, B. 1986. Tarım Makinaları I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayını, 979, 395 s., Ankara.
- Kasap, A., G. Erdem, ve G. Ergüneş, 1990. Katı mineral gübre dağıtma makinalarının dağılım performansı üzerine etki eden faktörler. Tarım Makinaları Bilimi ve Tekniği Dergisi, 2(1);77-82.
- Önal, İ. 1987. Ekim Dikim Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayını:490, 372 s., İzmir.
- Önal, İ. ve M. Tozan, 1984. Ege bölgesinde imal edilen tek diskli gübre dağıtma makinaları üzerinde bir araştırma. T.Z.D.K. yayını:30, 94 s., Ankara.
- Özmerzi, A. 1974. Ülkemizde imal edilen bazı diskli gübre dağıtma makinaları üzerinde bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayını:788, 61 s., Ankara.
- Saçılık, K. 2002 Pnömatik Gübre dağıtıcısı Tasarımı. Doktora tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Solie, J.B., R. W. Whitney and M. F. Broder, 1994. Dynamic pattern analysis of two pneumatic granular fertilizer applicators. Applied Engineering in Agriculture, 10(3);335-340.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metodları. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayını:121, 623 s., Ankara.

İletişim adresi:

Kâmil SAÇILIK
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü - Ankara
Tel : +90(312) 317 05 50 / 1592
Fax: +90(312) 318 38 88
E-mail: sacilik@agri.ankara.edu.tr