



## Döner Diskli Memede Disk Konum Açısı ve İlerleme Hızının Hacimsel Dağılım Düzgünlüğüne Etkisi

Bahadır SAYINCI<sup>IDa\*</sup>  
Bünyamin DEMİR<sup>IDa</sup>

Ruĉhan ÇÖMLEK<sup>IDb</sup>

Mustafa Gökalp BOYDAŞ<sup>IDc</sup>

<sup>a</sup>Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 33340, Yenişehir, Mersin, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, 25240, Yakutiye, Erzurum, TÜRKİYE

<sup>c</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 25240, Yakutiye, Erzurum, TÜRKİYE

(\*) Corresponding author, [bsayinci@mersin.edu.tr](mailto:bsayinci@mersin.edu.tr); +90-324-3610001, Fax: +90-324-3610008

### ÖZET

Bu araştırmanın amacı, düşük hacimli pestisit uygulamalarında kullanılan döner diskli memede disk konum açısı (0° ve 30°), ilerleme hızı (0.4 ve 1.2 m s<sup>-1</sup>) ve memeler arası mesafe (0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 ve 1.2 m) faktörlerinin hacimsel dağılım düzgünlüğüne olan etkisini incelemek ve optimum işletme parametrelerini belirlemektir. Laboratuvar koşullarında yürütülen püskürtme uygulamalarında doğrusal hareketli bir püskürtme simülatörü kullanılmıştır. Döner diskin devir sayısı 7000 min<sup>-1</sup> ve püskürtme yüksekliği 40 cm olarak ayarlanmıştır. Püskürtme sıvısına 1 g l<sup>-1</sup> konsantrasyonda Tartrazine karıştırılmıştır. Uygulamalar 30 l ha<sup>-1</sup> norm değerinde yapılmıştır. Örneklem için 35 mm çaplı petri kutusu kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre tüm uygulamalarda püskürtme paterni asimetrik görünümde oluşmuştur. 0° ve 30°'lik disk konum açıları için en düşük varyasyon katsayısı (CV) 0.4 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızında ve 0.7-0.9 m meme aralığında elde edilmiştir. 1.2 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızında belirlenen CV ortalamaları 0.4 m s<sup>-1</sup> hıza göre daha yüksektir. Ancak disk konum açısı 30° olduğunda 1.2 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızında elde edilen CV ortalamaları 0°'lik konum açısına göre kısmen iyileşmiştir.

### ARAŞTIRMA MAKALESİ

Alınış tarihi: 13.07.2020

Kabul tarihi: 27.08.2020

### Anahtar Kelimeler:

- Püskürtme paterni,
- Disk konum açısı,
- Döner diskli meme,
- Düşük hacimli pestisit uygulamaları,
- İlerleme hızı

**Alıntı için:** Sayıncı B, Çömlek R, Boydaş MG, Demir B (2020). Döner Diskli Memede Disk Konum Açısı ve İlerleme Hızının Hacimsel Dağılım Düzgünlüğüne Etkisi. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(2): 311-323.  
<https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.008>

## Effect of Disc Position Angle and Spraying Speed on Volumetric Distribution Uniformity of Spinning Disc Nozzle

### ABSTRACT

The aim of this study was to examine the effect of disc position angle ( $0^\circ$  and  $30^\circ$ ), spray speed ( $0.4$  and  $1.2 \text{ m s}^{-1}$ ) and distance between nozzles ( $0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1$  and  $1.2 \text{ m}$ ) on volumetric distribution uniformity, and determine optimal operational parameters in the spinning disc nozzle used in low volume pesticide application. The spray application was performed using a linear moving - spray simulator under controlled laboratory conditions. The revolution of the spinning disc was set to  $7000 \text{ rpm}$  and the spray height was stable at  $40 \text{ cm}$ . Tartrazine at  $1 \text{ g l}^{-1}$  concentration was mixed into the spray liquid. The application rate was  $30 \text{ l ha}^{-1}$ . Petri dishes of  $35 \text{ mm}$  diameter were used for sampling. According to the results of the research, the spray pattern was formed in an asymmetrical appearance in all applications. For disc position angles of  $0^\circ$  and  $30^\circ$ , the lowest variation coefficient (CV) was obtained at  $0.4 \text{ m s}^{-1}$  spraying speed and  $0.7\text{-}0.9 \text{ m}$  nozzle distances. The CV means determined at  $1.2 \text{ m s}^{-1}$  spraying speed were higher than  $0.4 \text{ m s}^{-1}$ . However, when the disc position angle was  $30^\circ$ , the CV means obtained at  $1.2 \text{ m s}^{-1}$  spraying speed partially improved according to the  $0^\circ$  disc position angle.

#### RESEARCH ARTICLE

Received: 13.07.2020

Accepted: 27.08.2020

#### Keywords:

- Spray pattern,
- Disc position angle,
- Spinning disc nozzle,
- Low volume pesticide application,
- Spraying speed

**To cite:** Sayıncı B, Çömlek R, Boydaş MG, Demir B (2020). Effect of Disk Position Angle and Spraying Speed on Volumetric Distribution Uniformity of Spinning Disc Nozzle. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(2): 311-323.  
<https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.008>

### GİRİŞ

Pestisit uygulama yöntemleri alanında yapılan araştırmalar çevre kirliliğini azaltmaya yönelik bir takım yeni püskürtme teknolojilerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Sadece hidrolik esasa göre çalışan konvansiyonel püskürtme memeleri değil, aynı zamanda düşük hacimde uygulama yapan döner diskli memelerin de mevcut teknolojiler arasında yer aldığı görülmektedir. Günümüzde püskürtme sistemleri tarafından üretilen damlaların yapısı pülverizatörün işletme parametrelerine bağlı olarak oldukça geniş bir spektrumda değişmektedir. Hidrolik memelerle üretilen kaba yapılı damlalar penetrasyon açısından önemli bir avantaj sağladığı düşünülse de son yıllarda yapılan araştırmalarda bu iyileşmenin sınırlı olduğu görülmektedir (Sayıncı ve ark., 2019). Bazı araştırmalara göre damla penetrasyonunun bitki kanopisinin geometrik yapısıyla yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Spillman, 1984). Nitekim bitki kanopisinin ölçüleri, yaprak morfolojisi ve yaprak alan indeksi değişkenleri damlaların hedefe taşınmasını ve yüzeyde tutunmasını önemli ölçüde etkilemektedir (Smith ve ark., 2000; Zhu ve ark., 2004).

Döner diskli memelerde merkeze yakın bir noktaya iletilen akışkan, diskin dönerek kazandığı kinetik enerjiyle kenara doğru yayılmakta ve diski teğetsel yönde terk etmektedir. Bu esnada damlalar, akışkanın santrifüj kuvvet etkisiyle parçalanması sonucu oluşmaktadır. Disk kenarı düz ya da tırtıklı bir yapıdadır. Diskin çapı, devri ve yüzey pürüzlülüğü damla oluşumunu etkileyen faktörlerdir. Ayrıca akışkanın fiziksel özellikleri, debisi, disk yüzeyinde kazandığı atalet momenti ve damla ve çevre havası

arasındaki sürtünmenin büyüklüğü damla spektrumunun değişmesine neden olmaktadır (Çilingir ve Dursun, 2002). Düşük disk devri ve yüksek debi koşullarında damlalar sıvı filmi tabakasından parçalanarak oluşmaktadır. Yüksek disk devri ve düşük debi koşullarında damlalar ipliksi forma geçtikten sonra parçalanarak oluşmaktadır (Matthews, 2000).

Döner diskli memelerde; uygulama hacmi ULV formülasyonları için 1-3 l ha<sup>-1</sup>, su bazlı karışımlar için 10-30 l ha<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bu pülverizatörlerin en önemli avantajlarından biri damla spektrumunun dar olması ve hidrolik memelere göre daha homojen yapıda damlalar üretmesidir. Damlalar dairesel bir yörüngede yayılmaktadır (Monaco ve ark., 2002). Döner diskli memenin işletme parametrelerinin belirlenmesine yönelik yürütülen bir araştırmada farklı disk devri ve debi koşullarında damla çapının (D<sub>V0.50</sub>) 59-98 µm aralığında değiştiği belirlenmiştir (Ishfaqe ve ark., 2005). Buna karşın düşük devirde (2000 min<sup>-1</sup>) işletilen döner diskli memede damla çapının 260 µm olduğu rapor edilmiştir (Matthews, 2000).

Düşük hacimli püskürtme sistemlerinin avantajlarından dolayı döner diskli memelerle ilgili çeşitli bilimsel araştırmalar yürütülmüştür. Bode ve ark. (1983) tarafından farklı işletme parametrelerinde kullanılan döner diskli memenin hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisi araştırılmıştır. Bayat ve Bozdoğan (2005) döner diskli memeye monte edilen aksel akışlı bir fanın farklı işletme koşullarında sürüklenme ve damla tutunmasına olan etkilerini incelemişlerdir. Coates ve Palumbo (1997) kavunda beyazsinek (*Bemisia tabaci*) mücadelesinde; Piggott ve ark. (2003) nematod uygulamasında; Parnell ve ark. (1999) pamuk yeşil kurdu (*Helicoverpa armigera* H.) mücadelesinde; Mason ve ark. (1998, 1999) ve Lello ve ark. (1996) lahanaya yaprak güvesi (*Plutella xylostella* L.) mücadelesinde döner diskli meme kullanmışlardır. Ancak çok ince yapılı damlalar üreten döner diskli memelerde sürüklenme düzeyinin yüksek olması ve damlaların hedefe taşınmasında karşılaşılan zorluklar nedeniyle son yıllarda kaba yapılı damlalar üreten hidrolik memelerin yaygın olarak kullanılmaya başlandığı görülmüştür (Zhu ve ark., 2004; Sayıncı ve ark., 2019, 2020). Gelişen püskürtme teknolojilerinde pestisit uygulamalarının robotik ya da insansız hava aracı gibi uzaktan kontrollü sistemlere adapte edildiği görülmektedir. Bu sistemler yapı itibarıyla hafif olduklarından düşük hacimli püskürtme sistemlerine olan ilgi ve gereksinim artmaktadır (Wang ve ark., 2019, 2020).

Düşük hacimli püskürtme sistemleri, küçük tank kapasiteleri sayesinde az miktarda ya da hiç su kullanmadan büyük alanlarda zararlı, hastalık ve yabancı otlarla mücadeleyi mümkün kılmaktadır. Ayrıca mekanizasyonu elverişli olmayan eğimli ya da engebeli arazilerde havadan ilaçlama yöntemiyle düşük hacimde pestisit uygulamaları yapılabilmektedir. Konvansiyonel püskürtme sistemlerine göre lojistik sorununun yaşanmaması ve daha düşük enerji gereksinimleri nedeniyle önemli avantajlara sahiptirler. Ayrıca döner diskli memelerde damla spektrumu disk devir sayısına bağlı olarak değişebilmekte ve zararlı, hastalık ve yabancı ot etmenlerini için uygun damlalar üretilmektedir.

Zararlı ve hastalık etmenleriyle mücadelede ince yapılı damlalar üreten püskürtme sistemlerinin kullanılması tavsiye edilirken (Shapiro-Ilan ve ark., 2006), hacimsel dağılım düzgünlüğünün kaba yapılı damlalar üreten sistemlere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. İnce yapılı damlalar üreten püskürtme sistemlerinde homojen bir dağılımın elde edilebilmesi için uygulamaların düşük ilerleme hızında yapılması gerektiği belirtilmiştir (Sayıncı ve ark., 2020). Ayrıca, damlaların hem yatay hem de

düsey konumdaki yüzeylere taşınma etkinliği açısından meme konum açısının önemli olduğu belirtilmektedir. Nitekim hidrolik memelerde meme konum açısı arttığında düsey düzlemde yüzey kaplama oranının %40 oranında arttığı saptanmıştır (Sayıncı ve ark., 2019).

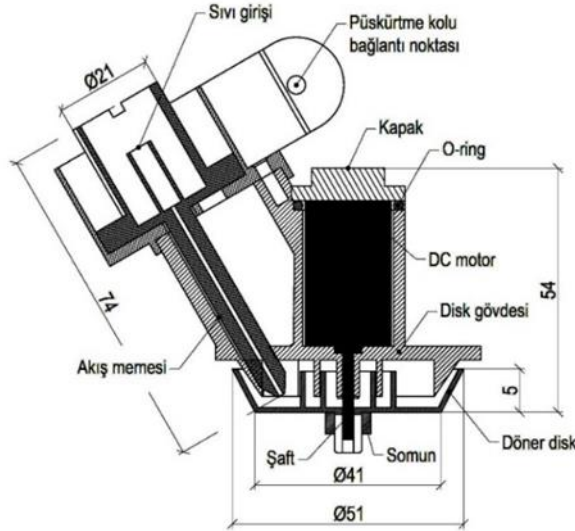
Döner diskli memelerde damla dağılım düzgünlüğünü etkileyen faktörler arasındaki interaksiyonların incelenerek optimum çalışma parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Gupta ve Duc (1996) tarafından yürütülen araştırmada döner diskli memede disk devir sayısı ve meme debisi arttığında hacimsel dağılım düzgünlüğüne ait CV değerinin arttığı belirlenmiştir. Bu çalışmalar düşük hacimli yeni püskürtme teknolojilerinin geliştirilmesi ve optimum işletme parametrelerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın amacı, döner diskli memede disk konum açısı, ilerleme hızı ve memeler arası mesafenin hacimsel dağılım düzgünlüğüne olan etkilerini belirlemektir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Döner diskli meme

Denemede kullanılan döner diskli memenin bazı teknik ölçüleri ve diğer bağlantı parçaları Şekil 1'de gösterilmiştir. Döner disk ve gövde termoplastik malzemeden yapılmıştır. Disk, 12 V'luk DC motor ile çalışmaktadır. Akışkan bir meme aracılığıyla doğrudan disk üzerine iletilmektedir. Diskin konum açısı bağlantı noktasından ayarlanmaktadır.



Şekil 1. Döner diskli meme ve bazı ölçüleri

Figure 1. Spinning disc nozzle and some dimensions

### Püskürtme simülatörü

Püskürtme uygulamaları doğrusal hareketli bir püskürtme simülatörü kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2). Simülatör kızak ve araba olmak üzere 2 ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2a). Uzunluğu 12 metre olan kızak bölümü 90×180 mm ölçülerinde iki adet sigma profilden oluşmaktadır. Doğrusal hareket profil kanallarına yerleştirilen 20 mm çaplı miller üzerinden sağlanmaktadır. Püskürtme sistemini monte etmek için araba çatısına 2.2 metre uzunluğunda tek tarafa açılır bir bum kolu monte edilmiştir. Kızak üzerinde doğrusal hareket eden arabada güç kaynağı olarak 1000 W'lık servo

motor (Delta ASDA-B2, Tayvan, TW) kullanılmıştır (Şekil 2b). Motor milinin hareketi kayış-kasnak aracılığıyla (çevrim oranı 1/2.5) arabanın tahrik tekerleklerine iletilmektedir. Arabanın hız kontrolü servo motor sürücüsüne bağlı bir bilgisayardan sağlanmıştır. Motor mili devri 1-5000  $\text{min}^{-1}$  aralığında değişmekte olup simülatör hızı 0.28-12.00  $\text{m s}^{-1}$  aralığında kontrol edilebilmektedir. Denemelerde depo kapasitesi 600 litre olan bir tarla pülverizatörü (TP600 Piton Taral®, TR) kullanılmıştır (Şekil 2c). Pülverizatör pompası piston-membranlı (TAR30, çift pistonlu, 40  $\text{kg cm}^{-2}$  anma basıncı, 30  $\text{l dk}^{-1}$  anma debisi, %67 verim, Taral®, TR) olup pompa mili redüktörlü bir elektrik motoruyla (MSD 90L2, 2780  $\text{min}^{-1}$ , Gamak, TR) 600  $\text{min}^{-1}$  hızda çalıştırılmıştır.

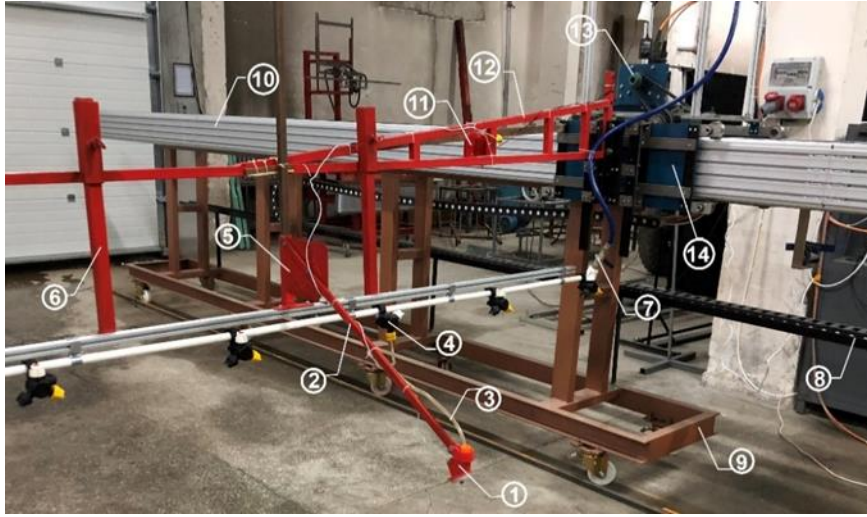


**Şekil 2.** Püskürtme simülatörü (a) Kızak, ray ve bum kolu (b) Servo motor ve kayış-kasnak mekanizması (c) Akışkan deposu, basınç regülatörü, redüktörlü elektrik motoru ve pülverizatör pompası

**Figure 2.** Spray simulator (a) Guide rail and spray boom (b) Servo motor and belt-pulley mechanism (c) Fluid tank, pressure regulator, electric gearmotor, spray pump

### Simülatöre monte edilen döner diskli meme

Bum koluna monte edilen döner diskli meme Şekil 3'te gösterilmiştir. Püskürtme yüksekliği mekanik olarak ayarlanmıştır. Disk konum açısı bum kolu üzerine monte edilen ayar plakasıyla değiştirilmiştir. Akışkan iletimi için hidrolik meme gövdesi ve döner diske bağlı meme arasında iletim borusu kullanılmıştır. Döner diskin devir sayısını ayarlamak için diski çalıştıran DC motora hız kontrol devresi bağlanmıştır. Diskin devir sayısı optik takometreyle (Testo 465,  $\pm 0,02\%$ , SE & Co KGaA) ölçülmüş ve hız kontrol devresiyle ayarlanmıştır.



**Şekil 3.** Püskürtme simülatörünün bum koluna monte edilen döner diskli meme (1: döner diskli meme, 2: disk gövdesi bağlantı kolu, 3: akışkan iletim hattı, 4: membranlı meme gövdesi, 5: disk konum açısı ayar plakası, 6: püskürtme yüksekliği ayar kolu, 7: akış ayar valfi, 8: hareketli kablo kanalı, 9: simülatör çatısı, 10: simülatör kızak profili, 11: disk devir sayısı kontrol devresi, 12: bum kolu, 13: servo motor ve kayış-kasnak mekanizması, 14: doğrusal hareketli araba)

**Figure 3.** Spinning disc nozzle mounted on the boom of the spray simulator (1: spinning disc nozzle, 2: disc body connection arm, 3: fluid transmission line, 4: membrane nozzle body, 5: disc position angle adjustment plate, 6: spray height adjustment arm, 7: flow control valve, 8: moving cable channel, 9: simulator frame, 10: guide rail profile, 11: disc speed control circuit, 12: spray boom, 13: servo motor and belt-pulley mechanism, 14: linear moving unit)

### Çalışma parametreleri

Döner diskli memenin debisi, basınç hattına monte edilen akış ayar valfiyle ayarlanmıştır. Debi ölçümü 0.6 bar basınçta disk çalıştırılmadan yapılmıştır. Memenin ıslatma çapı 2.4 metre belirlenmiştir. Bu değer Dante ve Gupta (1991) tarafından yürütülen araştırmada döner diskli memenin püskürtme genişliğiyle uyumlu bulunmuştur. Wang ve ark. (2020) döner diskli memenin püskürtme genişliğini 3 m olarak bildirmiştir. Püskürtme denemeleri iki farklı disk açısı ( $0^\circ$  ve  $30^\circ$ ) ve iki farklı ilerleme hızında ( $0.40 \text{ m s}^{-1}$  ve  $1.20 \text{ m s}^{-1}$ ) gerçekleştirilmiştir. Disk devir sayısı  $7000 \text{ dk}^{-1}$  ve püskürtme yüksekliği 40 cm olarak ayarlanmıştır. İlerleme hızı  $0.40 \text{ m s}^{-1}$  ve  $1.20 \text{ m s}^{-1}$  için meme debisi sırasıyla  $0.18 \text{ l dk}^{-1}$  ve  $0.50 \text{ l dk}^{-1}$  olarak ayarlanmış ve tüm denemeler sabit  $30 \text{ l ha}^{-1}$  uygulama hacminde yapılmıştır. Püskürtme denemeleri 3 kez tekrarlanmıştır.

### Örnekleme

Örnekleme için 35 mm çapında polistren (PS) petri kutusu kullanılmıştır. Petriler 3 metre uzunluğunda alüminyum-L profil üzerine 70 mm aralıklarla yan yana yerleştirilmiştir. Her denemede toplam 34 adet petri kutusu kullanılmış ve bir klipsle sabitlenmiştir. Uygulamadan sonra toplanan petri kutularının kapakları kapatılmış ve konularına göre numaralandırılmıştır.

### Püskürtme sıvısı

Denemelerde püskürtme sıvısı olarak şebeke suyu kullanılmıştır. Kantitatif ölçümler için pülverizatörün deposuna 1 g l<sup>-1</sup> konsantrasyonda toz formda Tartrazin ilave edilmiştir. Gıda boyası olarak kullanılan Tartrazin'in bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Sayıncı ve Çömlek (2015) tarafından yapılan araştırmada Tartrazin'in kuruduktan sonra bozulmadığı ve geri kazanımının yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Tartrazin'in bazı özellikleri (NCBI, 2020; Sigma-Aldrich, 2020)

**Table 1.** Some properties of Tartrazine

Kimyasal formülü	: C <sub>16</sub> H <sub>9</sub> N <sub>4</sub> Na <sub>3</sub> O <sub>9</sub> S <sub>2</sub>
Avrupa Birliği kodu	: E102
Renk indeks numarası	: C.I. 19140
Suda çözünürlük	: 20 g/100 mL
Diğer isimleri	: Acid Yellow 23; Food Yellow 4; FD&C Yellow 5

### Kantitatif analizler

Kantitatif analizler için 0.00-12.00 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyon aralığında standart seri hazırlanmış ve UV/VIS spektrofotometresinde (T60 U Model, PG Instruments Ltd., UK) 427 nm dalga boyunda absorban okumaları yapılmıştır (Sayıncı ve Çömlek, 2015). Konsantrasyon (x) ve absorban (y) arasında  $y = 0.0426x - 0.0087$  doğrusal eşitliği (R<sup>2</sup>= 0.9987) elde edilmiştir.

Püskürtmeden sonra toplanan petri kutularının her birine 5 ml saf su konulmuş ve karıştırılarak yüzeydeki Tartrazin'in yıkanması sağlanmıştır. Yıkanan çözeltilerin absorbanları spektrofotometrede belirlenmiş ve doğrusal eşitlik formülünde yerine yazılarak çözeltinin konsantrasyonu (µg ml<sup>-1</sup>) hesaplanmıştır. Birim alana püskürtülen sıvı hacmi Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Zhu ve ark., 2002).

$$M = \frac{[(C \cdot P)/S]}{A_y} \quad (1)$$

- M : petri yüzeyine ulaşan sıvı hacmi (µl cm<sup>-2</sup>)  
 C : örneğin konsantrasyonu (µg ml<sup>-1</sup>)  
 P : yüzeydeki maddeyi yıkamak için kullanılan çözücü miktarı (ml)  
 S : püskürtülen karışımın konsantrasyonu (µg µl<sup>-1</sup>)  
 A<sub>y</sub> : örnekleme alanı (cm<sup>2</sup>)

### Hacimsel dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi

Hacimsel dağılım düzgünlüğü Eşitlik 2'de verilen varyasyon katsayısı (CV) eşitliğiyle hesaplanmıştır (Yıldız ve ark., 2005). CV değeri, iki döner diskli meme arasındaki mesafenin 0.6 m, 0.7 m, 0.8 m, 0.9 m, 1.0 m, 1.1 m ve 1.2 m olması koşullarında belirlenmiştir.

$$CV = SS \cdot n \cdot \left( \sum_{i=1}^n M \right)^{-1} \cdot 100 \quad (2)$$

- CV : varyasyon katsayısı (%)  
 SS : birim yüzeye ulaşan ortalama sıvı hacminin standart sapması (µl cm<sup>-2</sup>)

n : örnek sayısı (adet)

### İstatistik analiz

Döner diskli memede farklı memeler arası mesafelerde disk konum açısı ve ilerleme hızının hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisi varyans analiziyle (ANOVA) test edilmiştir. Önemli bulunan faktörlerin ortalamaları arasındaki fark %95 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

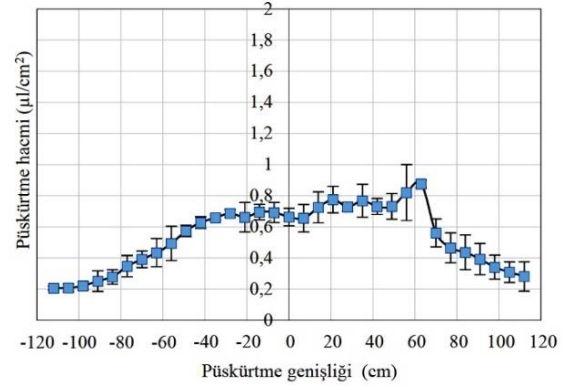
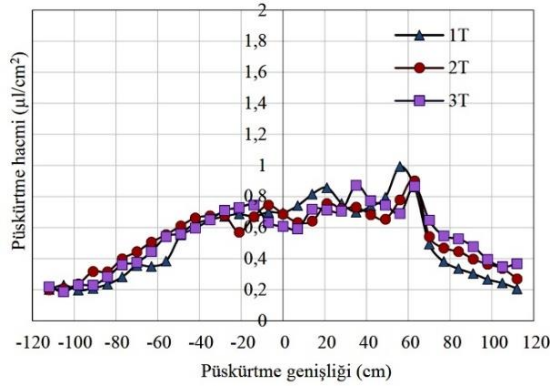
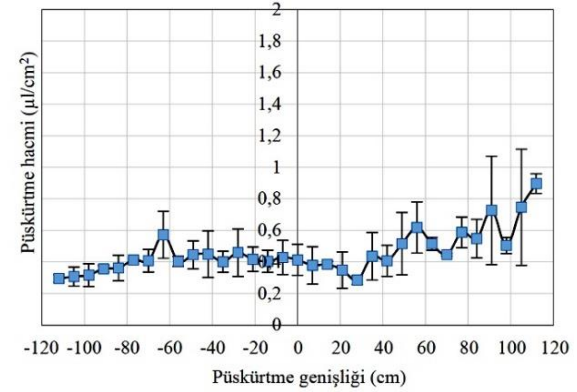
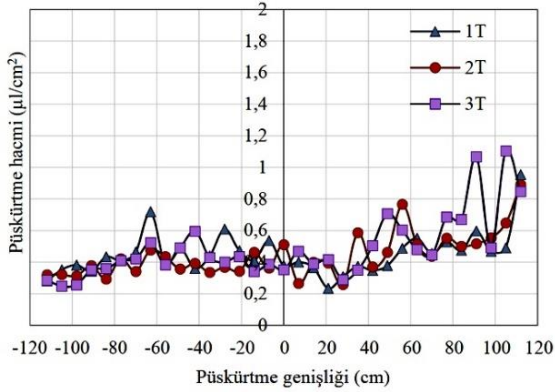
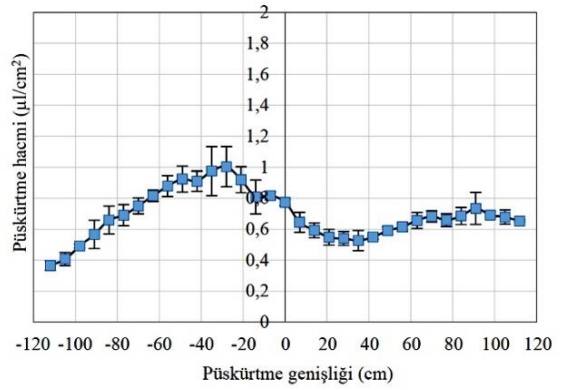
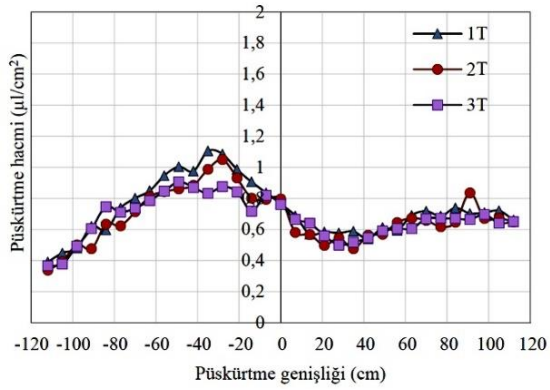
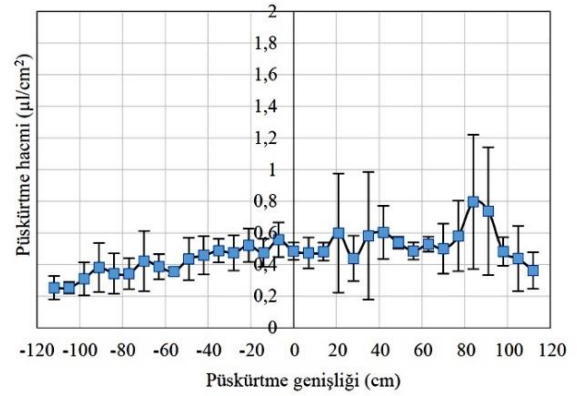
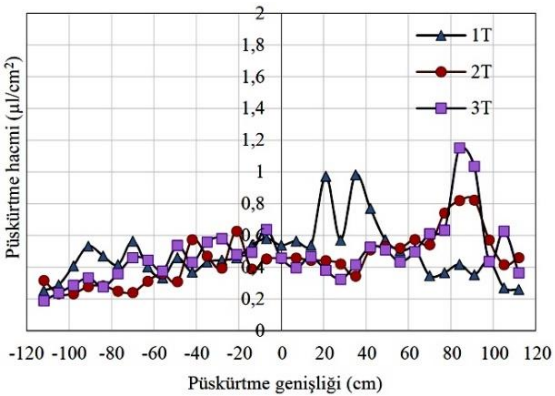
Farklı konum açıları ve ilerleme hızlarında kullanılan döner diskli memenin püskürtme paterni değişimleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 4a ve Şekil 4c'deki dağılımlar  $0.4 \text{ m s}^{-1}$  ilerleme hızında elde edilmiştir. Düşük ilerleme hızında üniform olmayan ve asimetrik bir dağılım elde edilmiştir. Disk konum açısı  $0^\circ$  olduğunda hafif sola çarpık bir dağılım elde edilirken, konum açısı  $30^\circ$  olduğunda dağılım sağa çarpık oluşmuştur. İlerleme hızı  $1.2 \text{ m s}^{-1}$  olduğunda elde edilen püskürtme paternleri Şekil 4b ve Şekil 4d'de gösterilmiştir. İlerleme hızı arttığında püskürtme dağılımının belirgin şekilde etkilendiği görülmektedir. Yüksek ilerleme hızında elde edilen püskürtme paterni çizgisel formda olmasına rağmen hedefe taşınan akışkanın hacmi sağa doğru artmıştır. Bu artışın diskin dönme yönüne doğru olması dikkat çekmektedir. Meme debisine bağlı olarak disk üzerine gelen akışkanın kütesinden dolayı disk devrinin azaldığı tahmin edilmiş ve buna bağlı olarak püskürtülen damlaların diskin dönme yönüne doğru tek tarafta birikime neden olduğu kanısına varılmıştır. Grafik üzerinde birikimin arttığı yöne doğru varyasyonun da arttığı görülmektedir.

Gupta ve Duc (1996), farklı disk devirlerinde çalıştırılan döner diskli memenin püskürtme paternini incelemişlerdir. Stabil koşulda paternatörde yapılan ölçümlerde disk devri arttıkça akışkanın merkezde daha fazla biriktiği ve düşük devirlere göre üçgene benzeyen daha sivri bir paternin oluştuğu belirlenmiştir. Kontrollü laboratuvar koşullarında stabil halde döner diskin ürettiği damlalar, hava hareketliliğinin olmadığı bir ortama yayıldığından püskürtme paterni düzgün ve simetrik bir yapıda oluşmuştur. Yürüttüğümüz bu araştırma ise döner diskli memenin püskürtme paterni dinamik koşullarda ölçülmüştür. Sabit hızda doğrusal hareket eden döner diskin püskürtme dağılımını etkileyen en önemli etmenin hava hareketliliği olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ilerleme hızı arttığında püskürtme dağılımı belirgin şekilde değişmiştir.



Her tekrarda belirlenen hacimsel dağılım

Ortalama hacimsel dağılım ve standart hata (2.SH)

(a) 0° konum açısı ve 0.4 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızı(b) 0° konum açısı ve 1.2 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızı(c) 30° konum açısı ve 0.4 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızı(d) 30° konum açısı ve 1.2 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızı

Şekil 4. Meme konum açısı ve ilerleme hızına bağlı olarak hacimsel dağılım

Figure 4. Volumetric distribution based on nozzle position angle spraying speed

Memeler arası mesafe azaldıkça bindirme oranı artmaktadır. Bu durumda üçgen ve simetrik bir püskürtme paterni gösteren dağılımda örtme oranının büyük olması hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmektedir.

İlerleme hızı, disk konum açısı ve memeler arası mesafe değişkenlerine ait CV ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Döner diskli memenin nominal 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 ve 1.2 m aralıklarda kullanılması durumunda CV ortalamaları farklı bulunmuştur. Yüksek ilerleme hızında CV ortalamaları artmıştır. Her iki konum açısı için en düşük CV, 0.4 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızında bulunmuştur. Memeler arası mesafeye göre en düşük CV ortalamaları, 0° ve 30°lik konum açıları için 0.7-0.9 m aralığında bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Memeler arası mesafeye göre disk konum açısı ve ilerleme hızının hacimsel dağılım düzgünlüğüne (%CV) etkisi (ort±SS)

**Table 2.** Effect of disc position angle and spraying speed on volumetric distribution uniformity (CV%) according to the distance between nozzles (mean±SD)

Meme konum açısı	Meme arası mesafe (m) Nominal (gerçek)	İlerleme hızı	
		0.4 m s <sup>-1</sup>	1.2 m s <sup>-1</sup>
0°	0.6 (0.63)	10.3±0.6 bc	23.6±0.3 bc
	0.7 (0.70)	8.6±0.0 ab	20.7±2.4 ab
	0.8 (0.77)	8.2±1.6 ab	17.5±1.2 a
	0.9 (0.91)	7.6±1.9 a	24.0±2.9 bc
	1.0 (1.05)	10.5±2.4 bcd	27.5±2.0 cd
	1.1 (1.12)	11.7±0.7 cd	29.8±2.2 d
	1.2 (1.19)	13.0±0.6 d	24.9±2.4 c
	<b>Tüm ort.</b>	<b>10.0±2.2</b>	<b>24.0±4.2</b>
	<b>F değeri (P)</b>	<b>5.929 (0.003)**</b>	<b>11.258 (0.000)**</b>
30°	0.6 (0.63)	13.5±0.6 bc	19.0±0.6 abc
	0.7 (0.70)	10.8±0.5 b	16.1±2.0 ab
	0.8 (0.77)	6.8±0.5 a	14.0±3.9 a
	0.9 (0.91)	12.4±1.7 bc	22.2±4.4 bcd
	1.0 (1.05)	14.4±0.6 c	22.8±1.6 cd
	1.1 (1.12)	15.4±2.1 cd	24.8±3.2 cd
	1.2 (1.19)	17.5±3.1 d	26.3±5.1 d
	<b>Tüm ort.</b>	<b>13.0±3.5</b>	<b>20.8±5.1</b>
	<b>F değeri (P)</b>	<b>13.846 (0.000)**</b>	<b>5.574 (0.004)**</b>

\*\* : Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan çok önemli düzeyde farklıdır (P<0.01).

Prairie Tarım Makinaları Enstitüsü (PAMI, Kanada) tarafından laboratuvar koşullarında stabil halde paternatörde yapılan ölçümlerde %15 düzeyindeki varyasyon için sıvı dağılımının kısmen kabul edilebilir olduğu bildirilmiş (Bode ve ark., 1983; Azimi ve ark., 1985), %10 düzeyindeki varyasyon için sıvı dağılımı “oldukça homojen” olarak tanımlanmıştır (Azimi ve ark., 1985; Krishnan ve ark., 1988). Ancak tarla koşullarında bum kolundaki titreşim, patinaj nedeniyle ilerleme hızında oluşan varyasyon ve rüzgar nedeniyle ortaya çıkan ters hava akımları püskürtme dağılımının bozulmasına neden olabilmektedir (Krishnan ve ark., 1993; Womac ve ark., 2001).

Döner diskli memede ilerleme hızı  $0.4 \text{ m s}^{-1}$  ve disk konum açısı  $0^\circ$  olduğunda tüm meme açıklıklarında belirlenen CV ortalamaları %15'in altındadır. Aynı hız seviyesinde disk konum açısı  $30^\circ$  olduğunda %15'den küçük olan homojenlik kriteri 0.6-1.0 m meme aralığında elde edilmiştir. İlerleme hızı  $1.2 \text{ m s}^{-1}$  olduğunda belirlenen CV ortalamalarının büyük çoğunluğu %15'in üzerinde bulunmuştur.

## SONUÇ

Düşük hacimde püskürtme yapan döner diskli pülverizatörlerde uygun olmayan işletme parametreleri hacimsel dağılımın bozulmasına neden olmaktadır. Bu amaçla püskürtme sistemlerinin paternatör ölçümleri yapılarak optimum işletme parametreleri belirlenmektedir. Döner diskli memelerde yüksek disk devrinde ve  $30^\circ$  konum açısında hacimsel dağılımın iyileştiği bilinmektedir. Yürütülen bu araştırmada ise ilerleme hızının da hacimsel dağılımı önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Yüksek ilerleme hızında CV ortalamaları artmıştır. Bu araştırmada  $7000 \text{ min}^{-1}$  disk devrinde ve 40 cm püskürtme yüksekliğinde kullanılan döner diskli memede ilerleme hızının düşük olması gerektiği belirlenmiştir.  $0^\circ$  ve  $30^\circ$ lik disk konum açıları için en düşük CV ortalamaları  $0.4 \text{ m s}^{-1}$  ilerleme hızında ve 0.7-0.9 m meme aralığında elde edilmiştir. Düşük hacimli püskürtme memelerinin yeni teknolojilerin fonksiyonel özelliklerine uyumlu olması gerekmektedir. İlerleme hızı önemli bir fonksiyonel özelliktir. Yüksek iş kapasitesi için ilerleme hızının arttırılması gerekmektedir. Mevcut döner diskli memelerde yüksek ilerleme hızında üniform bir dağılım elde etmek için yeni disk tasarımının yanı sıra disk devir sayısı ve püskürtme yüksekliği faktörlerinin kapsamlı olarak incelenmesi gerekmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve makale olarak yazılması konusunda herhangi bir çıkar çatışması içerisinde olmadıklarını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar, makalenin altta belirtilen iş planına göre yürütüldüğünü beyan ederler.

**Bahadır Sayıncı:** Araştırmanın planlanması; deneme altyapısının oluşturulması; iş planı; kantitatif analizler; istatistik analiz; araştırma; literatür inceleme ve makalenin yazılması

**Ruçhan Çömlek:** Örnekleme; denemelerin yürütülmesi; işletme parametrelerinin kontrolü; örnekleme materyallerinin yerleştirilmesi, toplanması ve numaralandırılması

**Mustafa Gökalp Boydaş:** Elektronik devre tasarımı ve geliştirilmesi

**Büyüamin Demir:** Laboratuvar altyapısının oluşturulması; kantitatif analizler

## PROJE DESTEĞİ

Bu çalışmada kullanılan püskürtme simülatörünün tasarımı ve imalatı Doç. Dr. Bahadır Sayıncı tarafından yapılmış ve projesi Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (Proje No: BAP 2013/128) tarafından desteklenmiştir. Deneysel çalışmalar Mersin

Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (Proje No: 2019-2-AP4-3526) tarafından desteklenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Deneyisel çalışmalar Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Azimi AH, Carpenter TG and Reichard DL (1985). Nozzle spray distribution for pesticide application. *Transactions of the ASAE*, 28 (5): 1410-1414. <https://doi.org/10.13031/2013.32451>
- Bayat A and Bozdoğan NY (2005). An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. *Crop Protection*, 24: 651-960. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.01.015>
- Bode LE, Butler BJ, Pearson SL and Bouse LF (1983). Characteristics of the micromax rotary atomizer. *Transactions of the ASAE*, 24 (4): 999-1004. <https://doi.org/10.13031/2013.34064>
- Coates W and Palumbo J (1997). Deposition, off-target movement, and efficacy of Capture™ and Thiodan™ applied to cantaloupes using five sprayers. *Applied Engineering in Agriculture*, 13 (2): 181-188. <https://doi.org/10.13031/2013.21595>
- Çilingir İ ve Dursun E (2002). Bitki Koruma Makinaları. *Ankara Üniversitesi*, Yayın No: 1531, Ankara, s. 263.
- Dante ET and Gupta CP (1991). Deposition studies of an electrostatic spinning disc sprayer. *Transactions of the ASAE*, 34 (5): 1927-1934. <https://doi.org/10.13031/2013.31818>
- Gianino C (2006). Measurement of surface tension by the dripping from a needle. *Physics Education*, 41 (5): 440-445. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/41/5/010>
- Gupta CP and Duc TX (1996). Deposition studies of a hand-held air-assisted electrostatic sprayer. *Transactions of the ASAE*, 39 (5): 1633-1639. <https://doi.org/10.13031/2013.27679>
- Ishfaq M, Ashfaq M and Sayyed AH (2005). Effect of power droplet size by hand held spinning disc sprayer. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8 (4): 567-570.
- Krishnan P, Gal I, Kemble LJ and Gottfried SL (1993). Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. *Transactions of the ASAE*, 36 (4): 997-1000.
- Krishnan P, Williams TH and Kemble LJ (1988). Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. *Transactions of the ASAE*, 31 (2): 386-389.
- Lello ER, Patel MN, Matthews GA and Wright DJ (1996). Application technology for entomopathogenic nematodes against foliar pests. *Crop Protection*, 15 (6): 567-574.
- Mason JM, Matthews GA and Wright DJ (1998). Appraisal of spinning disc technology for the application of entomopathogenic nematodes. *Crop Protection*, 17 (5): 453-461.
- Mason JM, Matthews GA and Wright DJ 1999. Evaluation of spinning disc technology for the application of entomopathogenic nematodes against a foliar pest. *Journal of Invertebrate Pathology*, 73: 282-288.
- Matthews GA (2000). Pesticide application methods. (3rd ed.). *Oxford, England: Blackwell Science 7 Ltd*. pp. 432.
- Monaco TJ, Weller SC and Ashton FM (2002). Weed Science: Principles and Practices (4<sup>th</sup> Edition). *John Wiley & Sons, Inc.*, ISBN: 0-471-37051-7.
- NCBI (2020). Tartrazine. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tartrazine>. (24.08.2020)
- Parnell MA, King WJ, Jones KA, Ketunuti U and Wetchakit D (1999). A comparison of motorised knapsack mistblower, medium volume application, and spinning disk, very low volume application, of *Helicoverpa armigera* nuclear polyhedrosis virus on cotton in Thailand. *Crop Protection*, 18: 259-265.
- Piggott SJ, Clayton R, Matthews GA and Wright DJ (2003). Development of a new application apparatus for entomopathogenic nematodes. *Pest Management Science*, 59: 1344-1348.
- Sayinci B ve Çömlek R (2015). İlaç tutunma analizleri için pestisitlerin yerine kullanılan sentetik renk maddelerinin geri kazanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(3): 221-229.
- Sayinci B, Demir B and Açık N (2020). Comparison of spray nozzles in terms of spray coverage and drop distribution uniformity at low volume. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(3): 262-270. <https://doi.org/10.3906/tar-1905-112>

- Sayinci B, Demir B, Çömlek R and Boydaş MG (2019). Comparison of spray transfer and penetration of different hydraulic nozzles at low application volume. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 34 (1): 67-75. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.578538>
- Shapiro-Ilan DI, Gouge DH, Piggott SJ and Fife JP (2006). Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological Control*, 38 (1): 124-133. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.09.005>
- Sigma-Aldrich (2020). Tartrazine. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/substance/tartrazine53436193421011?lang=en&region=TR>. (24.08.2020)
- Smith DB, Askew S D, Morris WH, Shaw DR and Boyette M (2000). Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 43 (2): 255-259. <https://doi.org/10.13031/2013.2700>
- Spillman JJ (1984). Spray impaction, retention and adhesion: An introduction to basic characteristics. *Pesticide Science*, 15: 97-106. <https://doi.org/10.1002/ps.2780150202>
- Wang G, Han Y, Li X, Andaloro J, Chen P, Hoffmann WC, Han X, Chen S and Lan Y (2020). Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer. *Science of the Total Environment*, 737: 1 39793. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139793>
- Wang G, Lan Y, Qi H, Chen P, Hewitt A and Han Y (2019). Field evaluation of an unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer: effect of spray volume on deposition and the control of pests and disease in wheat. *Pest Management Science*, 75: 1546-1555. <https://doi.org/10.1002/ps.5321>
- Womac A, Etheridge R, Seibert A, Hogan D and Ray S (2001). Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. *Transactions of the ASAE*, 44 (6): 1437-1444. <https://doi.org/10.13031/2013.7011>
- Yıldız N, Akbulut Ö ve Bircan H (2005). İstatistiğe giriş. Uygulamalı temel bilgiler çözümlü ve cevaplı sorular. *Aktif Yayınevi, Erzurum*, s. 321.
- Zhu H, Dorner JW, Rowland DL, Derksen RC and Ozkan HE (2004). Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*, 87 (3): 275-273. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.11.012>
- Zhu H, Rowland DL, Dorner JW, Derksen RC and Sorensen RB (2002). Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. *Transactions of the ASAE*, 45 (5): 1295-1301. <https://doi.org/10.13031/2013.11058>