

İnsansız Hava Araçları ile Yapılan Pestisit Uygulamalarında Farklı Meme Tiplerinin Damla Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

Determining the Effect of Different Spraying Nozzles on Droplet Distribution Used for Pesticide Applications with Unmanned Aerial Vehicles

Hasan Berk Özyurt^{1,*}, İlker Hüseyin Çelen¹

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H.B. Özyurt, e-mail (e-posta): berkozyurt@nku.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 19.08.2022
Düzeltilme tarihi : 22.09.2022
Kabul tarihi : 23.09.2022

Anahtar Kelimeler:

İnsansız hava aracı
Pestisit
İlaç sürüklenmesi
Püskürtme memesi
İlaçlama dronu

Atf için:

Özyurt, H.B., Çelen, İ.H., (2022). "İnsansız Hava Araçları ile Yapılan Pestisit Uygulamalarında Farklı Meme Tiplerinin Damla Dağılımına Etkisinin İncelenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(3): 157-172.

Article Info

Received date : 19.08.2022
Revised date : 22.09.2022
Accepted date : 23.09.2022

Keywords:

Unmanned aerial vehicle
Pesticide
Spray drift
Spraying nozzle
Spraying drone

How to Cite:

Özyurt, H.B., Çelen, İ.H., (2022). "Determining the Effect of Different Spraying Nozzles on Droplet Distribution Used for Pesticide Applications with Unmanned Aerial Vehicles", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 18(3): 157-172.

ÖZET

Tarımda insansız hava araçları (İHA) son yıllarda yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ve dünyada, geçtiğimiz on yıl içerisinde insansız hava araçları ile pestisit uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Uzaktan kumanda kontrollü, elektrik motorlu pervaneler ile uçuş yapabilen, üzerinde küçük hacme sahip bir sıvı tankı, pompa ve püskürtme memeleri bulunan İHA' lar ile pestisit uygulamaları gerçekleştirilmektedir. İHA' lar ile yapılan pestisit uygulamalarının tarla trafiğini azaltma, su ve pestisit tasarrufu, zamandan tasarruf gibi avantajları olsada, düşük hacimli uygulama (ULV) yapıldığı ve pervanelerin yarattığı aşağı yönlü hava akımının damla dağılımını etkilemesi gibi sebeplerle, insansız hava araçları ile etkili bir pestisit uygulamasının yapılabilirliği konusunda şüpheler oluşmaktadır. Yapılan çalışmada, insansız hava araçlarında kullanılan farklı püskürtme memelerinin damla dağılım düzgünlüğüne etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Denemelerde DJI Agras MG-1P model, uzaktan kumanda kontrollü, 10 litre sıvı tankına sahip, üzerinde 4 adet püskürtme memesi (Teejet XR11001VS, Teejet XR110015VS, Lechler IDK12001, Lechler IDK120015) bulunan bir oktokopter kullanılmıştır. Bu İHA ile 4 farklı püskürtme memesi ve iki farklı hız ile önceden belirlenmiş bir rota üzerinde 2 metre yükseklikten her meme için 3 tekerrürlü olacak şekilde 8 uçuş gerçekleştirilmiştir. Kullanılan püskürtme memeleri model püskürtme memeleridir. Damla dağılım düzgünlüğünü belirlemek amacıyla, insansız hava aracının uçuş yönüne dik olacak şekilde bir şerit yerleştirilmiş ve bu şerit üzerine 50 cm aralıklarla suya duyarlı kağıtlar yerleştirilmiştir. Her uçuştan sonra suya duyarlı kağıtlar toplanmış, tarayıcıda taramıp DropletScan yazılımıyla hacimsel damla çapları, kaplama yüzdesi, damla yoğunluğu hesaplanmıştır. Buna ek olarak, farklı konumlardaki suya duyarlı kağıtların damla dağılımları karşılaştırılarak, ilaç sürüklenme potansiyeli de belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda efektif iş genişlikleri hava emişli püskürtme memelerinde 1,5-2,5 m arasında, normal yelpaze hüzmeli memelerde 3 m olarak bulunmuştur. Hız arttıkça sürüklenmenin arttığı, yandan esen rüzgârın ve pervanelerin yarattığı türbülans etkisiyle damla birikimlerinin dronun merkez doğrultusundan saptığı gözlemlenmiştir. Hava emişli memelerde ağırlaşan damlaların etkisiyle bu durum daha az olmuştur.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have been used intensively in agriculture in recent years. In Türkiye and the world, pesticide applications with UAVs have become widespread in the last decade. Pesticide applications are carried out by UAVs with remote control, equipped with a small liquid tank, pump and spray nozzles. Although pesticide applications with UAVs have advantages such as reducing field traffic, saving water, pesticides and time, there are doubts about the application efficiency of the pesticides with UAVs due to low volume application (ULV) and the downwash effect created by the propellers. In this study, it is aimed to investigate the effect of different spray nozzles used in UAVs on droplet distribution uniformity. A DJI Agras MG-1P model was used in the experiments. In the experiments, an octocopter, DJI Agras MG-1P model, with remotely controlled, ten-liter liquid tank and four spray nozzles (Teejet XR11001VS, Teejet XR110015VS, Lechler IDK12001, Lechler IDK120015) was used. Eight flights with three replications were carried out from a height of two meters on a predetermined route with four different spray nozzles and two different speeds with this UAV. To determine the uniformity of the droplet distribution, a strip was placed perpendicular to the flight direction of the UAV and water-sensitive papers were placed on this strip at 50 cm intervals. After each flight, the water-sensitive papers were collected and scanned in the scanner and values such as mean droplet diameters, percent coverage, and droplet density were calculated with the DropletScan software. In addition, the spray drift potential was determined by comparing the droplet distributions of the water-sensitive papers at different locations. As a result of the analyses, the effective spray widths were found to be between 1.5-2.5 m for air assisted nozzles and 3 m for standard flat fan nozzles. It has been observed that as the flight speed increases, the spray drift increases and the droplet deposition deviate from the centerline of the drone due to the turbulence created by the crosswind and the propellers. This situation was less due to the effect of the heavy droplets in the air assisted nozzles.

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları, günümüzde birçok alanda insan yaşamını kolaylaştırıcı etkiye sahiptir. Eğlence, spor, hobi gibi bireysel kullanım alanlarının yanında savunma sanayii, inşaat, havacılık gibi sektörlerde geniş ticari ve mesleki kullanım alanları bulunmaktadır. Tarımda da insansız hava araçları son yıllarda giderek artan bir popüleriteye sahip olmaktadır. Tarımda uzaktan algılamada, bitki sağlığı takibinde, mera ve sürü izlemede ve pestisit uygulamalarında tarımsal insansız hava araçları kullanılmaktadır. İnsansız Hava Araç Sistemleri Derneği yakın gelecekte dünyada kullanılan bu araçların %80'inin tarımda kullanılacağını öngörmektedir (Chen vd., 2021).

İnsansız hava araçları tarımda daha çok bitki koruma uygulamalarında kullanılmaktadır. Genellikle bir şasi üzerine oturtulmuş küçük bir sıvı tankı, bir pompa ve püskürtme memelerinden oluşan dronlarla, uzaktan kumandayı kontrol eden bir operatör yardımıyla pestisit uygulamaları yapılabilmektedir. Bu araçlar uzaktan manuel bir şekilde kontrol edilebilmelerinin yanı sıra üzerindeki yazılım sayesinde alanı belirleyip kendi uçuş rotasında otonom uçuş da yapabilmektedirler (Çelen vd., 2020). İlk olarak Uzakdoğu ülkelerinde erişimi zor, engebeli ve zemin koşulları traktör gibi kara araçlarına müsait olmayan meyve, çay bahçelerinde, pirinç tarlalarında tarımsal mücadeleyi kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaya başlayan ilaçlama dronları, zamanla yasal olarak dronların uçuşunda engel olmayan birçok ülkede ve Türkiye'de yaygınlaşmaya başlamıştır. Ülkemizde, traktörle yapılan uygulamaların zorluğu sebebiyle çeltik tarlalarında kullanılmaya başlayan ilaçlama dronları, geç dönemde traktörle girilemeyen mısır ve ayçiçeği tarlalarında, engebeli arazilerde, defoliant ile hızlı ve homojen olgunlaşma istenen pamuk arazilerinde, kısacası ülkemizde çiftçinin talep ettiği her çeşit tarla ve bahçe bitkisinde ilaçlama için kullanılmaktadır.

Her ne kadar dronla ilaçlama uygulamaları traktörün tarla trafiğini engellediği, engebeli, dik veya ıslak arazilerde daha rahat hareket ettiği için rağbet görse de yeni teknoloji olmasının getirdiği bilgi birikimi eksikliği, kullanılan pestisitlerin düşük dozlarda etkinliğinin belirlenmemesi, uygulama parametrelerinin her koşul ve her ürün için değiştirilmemesi gibi sebeplerle pestisit uygulamaları hedeflendiği gibi olmamaktadır. Düşük hacimli uygulamalarda yeterli kaplama oranı sağlanmadığı için pestisitler beklenen etkiyi göstermemekte, homojen dağılım olmadığı için pestisit dozunun çok geldiği arazilerde kültür bitkisi olumsuz etkilenmekte, dronun yarattığı türbülans ve ilaç sürüklenmesi sebebiyle de hedef olmayan alanlar zarar görmektedir. Yaşanan bu olumsuzluklar dron ile pestisit uygulamaları konusunda uygun uçuş parametreleri ve pestisit dozlarının belirlenmesi ihtiyacı doğurmaktadır.

Ülkemizde ve dünyada dronlarla yapılan pestisit uygulamalarının en doğru ve en homojen şekilde yapılabilmesi amacıyla araştırmalar yapılmaktadır. Zhang vd. (2020), şeker pancarı tarlalarında yapılan ilaçlama uygulamalarında farklı ilaçlama parametrelerinin damla dağılımına etkisini incelemişler, 15 l ha⁻¹ norm, 3 m uçuş yüksekliği ve 4 m s⁻¹ uçuş hızı ile yapılan uygulamaların en düzgün damla dağılımı oluşturduğunu bildirmişlerdir (Zhang vd., 2020). Sarghini vd. (2019), dron ile yapılan pestisit uygulamalarında filtre kağıtlarında biriken damla miktarının hedef püskürtme normunun en fazla %31'i olduğunu bildirmişlerdir (Sarghini vd., 2019). Wang ve ark. (2019), ilaçlama dronlarıyla farklı meme tipleri ve farklı normlarda yaptıkları denemelerde, yüksek püskürtme normu ve büyük damlalarla daha düzgün bir dağılım ve ilaç etkinliği elde edilirken, düşük normlarda ve ince damlalarda daha dengesiz dağılım ve düşük etkinlik elde etmişlerdir (Wang vd., 2019). Yao vd. (2019),

Yao vd. (2021) ve Zhang vd. (2021), insansız hava araçlarında farklı uçuş parametrelerinin efektif iş genişliği ve damla dağılımına etkisini araştırmışlardır.

İnsansız hava araçları ile yapılan pestisit uygulamalarında damla çapı, kullanılan meme tipi, uçuş hızı gibi etkenler damla dağılımı açısından önemli rol oynamaktadır (Chen vd., 2021). Bu çalışmada, farklı meme tipleri ve uçuş hızının, damla dağılımına ve dronun efektif püskürtme genişliğine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Deneme Yeri

Dron ile püskürtme denemeleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazilerinde, Temmuz 2022'de 40°59'22" N 27°34'54" E koordinatlarında gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr, nem ve sıcaklığın etkisinin en aza indirilmesi için denemeler akşamüstü saatlerinde, sakin bir havada yapılmıştır. Rüzgâr hızı Lutron marka AM 4202 model anemometre kullanılarak, sıcaklık ve nem değerleri ise Testo marka 605-H1 termo-higrometre ile ölçülmüştür. Tüm ölçümler yerden 2 m yükseklikte yapılmış ve maksimum-minimum olarak belirtilmiştir.

2.1.2. Zirai İnsansız Hava Aracının Özellikleri

Denemelerde kullanılan dron, DJI marka Agras MG-1P model 8 rotorlu, 10 litre sıvı tankı kapasitesine sahip, 4 püskürtme memeli bir ilaçlama dronudur. Tankta bulunan sıvı 2 ayrı diyafram pompa sayesinde püskürtme memelerine iletilmektedir. 12000 mAh batarya kapasitesi bulunan dron, fabrika verilerine göre varsayılan ayarlarda 10 dakika uçuş süresinde tek uçuşta 1 hektar araziye ilaçlayabilmektedir. Dronun tüm teknik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. DJI Agras MG-1P model dronun teknik özellikleri


Özellikler	Değerler
<i>Toplam boş ağırlık (kg)</i>	9.7
<i>Ölçüler (mm)</i>	1460×1460×578 (kollar açık, pervaneler olmadan) 780×780×578 (kollar kapalı)
<i>Maksimum güç tüketimi (W)</i>	6400
<i>Maksimum uçuş süresi (dakika)</i>	20
<i>Bitki üzeri en düşük uçuş yüksekliği (mm)</i>	1500
<i>Tank kapasitesi (litre)</i>	10
<i>Teorik iş genişliği (m)</i>	4
<i>Maksimum ilaçlama hızı (m s⁻¹)</i>	7
<i>Maksimum uçuş hızı (m s⁻¹)</i>	12
<i>Pil kapasitesi (mAh)</i>	12000
<i>Pil ağırlığı (kg)</i>	4

Agras MG-1P, lisanslı bir operatör tarafından uzaktan kumanda ile kontrol edilebilmektedir. Manuel bir şekilde ilaçlama yapabilmesinin yanında ilaçlama yapılacak arazinin sınırları ve köşe noktaları belirlendikten sonra istenen iş genişliği, uygulama normu ve yükseklik ayarlandıktan sonra otonom bir şekilde de uygulama yapabilmektedir. Üzerinde bulunan radarlar yardımıyla bitkinin en üst noktasından olan yüksekliği ayarlayabilmekte, arazi içerisinde herhangi bir engele yaklaştığında

algılayıp uçuş yönünü değiştirmekte veya uygulamayı durdurabilmektedir. Konum bilgisini ise uygulama sırasında arazinin yanına bir tripod yardımıyla kurulan RTK cihazından almaktadır.


2.1.3. Püskürtme Memeleri

Dron üzerinde 4 adet Teejet XR11001VS yelpaze hüzmeli püskürtme memeleri bulunmaktadır. Denemelerde kullanılan diğer meme tipleri ise Teejet XR110015VS, Lechler IDK12001 ve Lechler IDK120015'dir. Bütün meme tipleri yelpaze hüzmeli olmakla birlikte, Lechler marka püskürtme memeleri sürüklenme önleyici özelliğe sahip hava emişli memelerdir. Teejet XR model püskürtme memelerinin teknik özellikleri Şekil 1'de, Lechler IDK model püskürtme memelerinin teknik özellikleri ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Nozzle Model	Pressure (bar)	Drop Size		Capacity One Nozzle (l/min)	Flow Rate (l/ha) @ 50cm													
		80°	110°		4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h	
		XR8001	1.0		F	F	0.23	69.0	55.2	46.0	39.4	34.5	27.6	23.0	17.3	15.3	13.8	11.0
XR11001 (100)	1.5	F	F	0.28	84.0	67.2	56.0	48.0	42.0	33.6	28.0	21.0	18.7	16.8	13.4	11.2	9.6	
	2.0	F	F	0.32	96.0	76.8	64.0	54.9	48.0	38.4	32.0	24.0	21.3	19.2	15.4	12.8	11.0	
	2.5	F	F	0.36	108	86.4	72.0	61.7	54.0	43.2	36.0	27.0	24.0	21.6	17.3	14.4	12.3	
	3.0	F	F	0.39	117	93.6	78.0	66.9	58.5	46.8	39.0	29.3	26.0	23.4	18.7	15.6	13.4	
XR110015 (100)	4.0	F	Vf	0.45	135	108	90.0	77.1	67.5	54.0	45.0	33.8	30.0	27.0	21.6	18.0	15.4	
	1.0	M	F	0.34	102	81.6	68.0	58.3	51.0	40.8	34.0	25.5	22.7	20.4	16.3	13.6	11.7	
	1.5	F	F	0.42	126	101	84.0	72.0	63.0	50.4	42.0	31.5	28.0	25.2	20.2	16.8	14.4	
	2.0	F	F	0.48	144	115	96.0	82.3	72.0	57.6	48.0	36.0	32.0	28.8	23.0	19.2	16.5	
XR110015 (100)	2.5	F	F	0.54	162	130	108	92.6	81.0	64.8	54.0	40.5	36.0	32.4	25.9	21.6	18.5	
	3.0	F	F	0.59	177	142	118	101	88.5	70.8	59.0	44.3	39.3	35.4	28.3	23.6	20.2	
	4.0	F	F	0.68	204	163	136	117	102	81.6	68.0	51.0	45.3	40.8	32.6	27.2	23.3	

Şekil 1. Teejet XR11001 ve XR110015 püskürtme memelerinin teknik özellikleri (Anonim, 2022a)



Nozzle Model	ISO 25358	[l/min]	Flow Rate (l/ha) @ 0.5m											
			IDKN	IDK	[l/ha]									
					5.0 km/h	6.0 km/h	7.0 km/h	8.0 km/h	10.0 km/h	12.0 km/h	14.0 km/h	16.0 km/h	18.0 km/h	
IDK 120-01 90-01 (80 M)	EC	1.0	0.23	55	46	39	35	28	23	20	17	15		
	VC	1.5	0.28	67	56	48	42	34	28	24	21	19		
	VC	2.0	0.32	77	64	55	48	38	32	27	24	21		
	VC	3.0	0.39	94	78	67	59	47	39	33	29	26		
	C	4.0	0.45	108	90	77	68	54	45	39	34	30		
	M	6.0	0.55	132	110	94	83	66	55	47	41	37		
IDK 120-015 90-015 (60 M)	EC	1.0	0.34	82	68	58	51	41	34	29	26	23		
	VC	1.5	0.42	101	84	72	63	50	42	36	32	28		
	VC	2.0	0.48	115	96	82	72	58	48	41	36	32		
	C	3.0	0.59	142	118	101	89	71	59	51	44	39		
	C	4.0	0.68	163	136	117	102	82	68	58	51	45		
	M	6.0	0.83	199	166	142	125	100	83	71	62	55		

Şekil 2. Lechler IDK12001 ve IDK120015 püskürtme memelerinin teknik özellikleri (Anonim, 2022b)

Katalog verilerinden görüldüğü gibi üretici firmalar farklı olsa da hem turuncu hem de yeşil kodlu meme tiplerinde aynı basınçlarda hacimsel debi de aynıdır. Lechler marka püskürtme memeleri hava emişli oldukları için damla büyüklükleri farklılık göstermektedir.

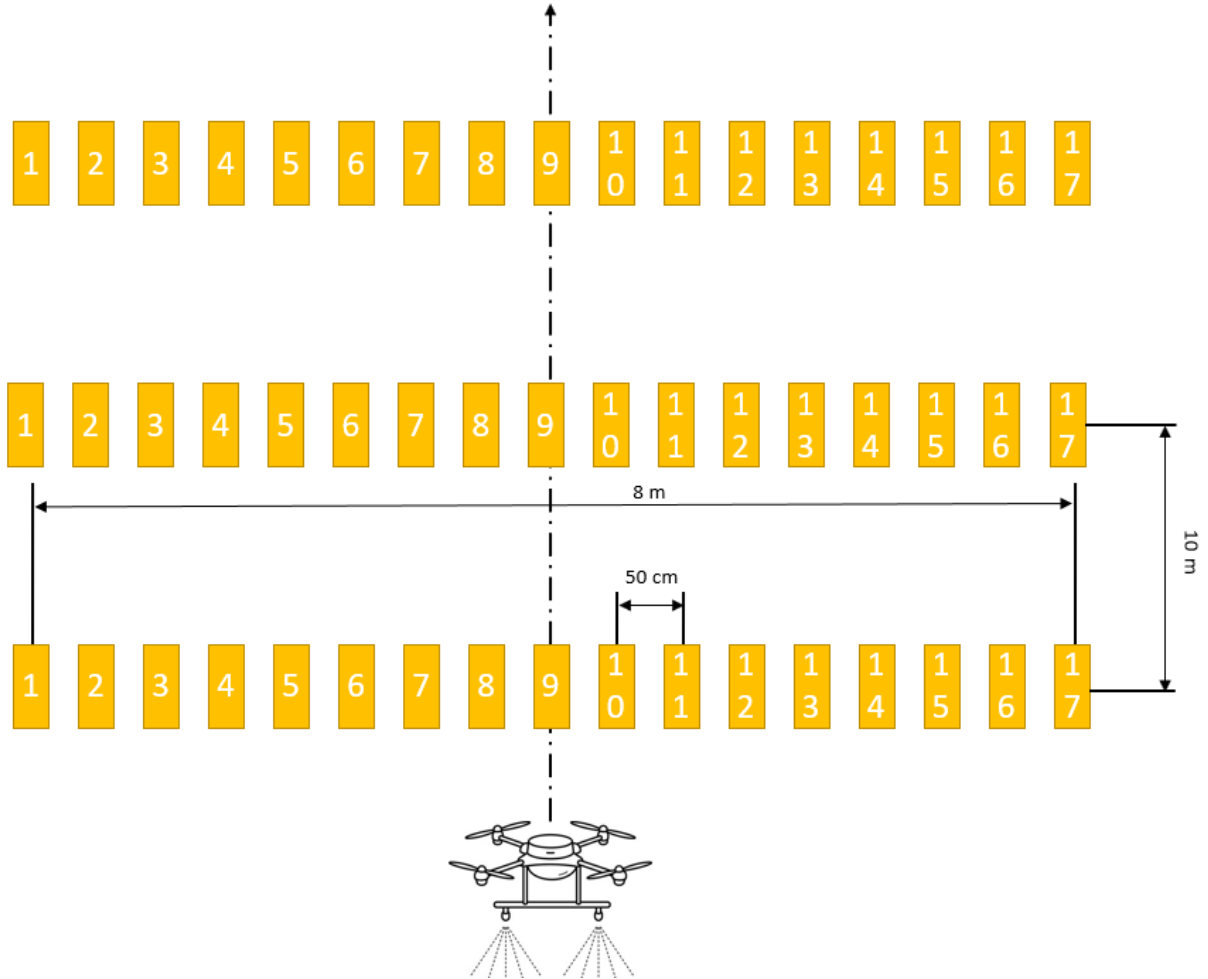
2.2. Yöntem

Kullanılan dron ile 4 farklı meme modeli ile iki farklı hızda denemeler yürütülmüştür. Püskürtme sıvısı olarak temiz su kullanılmış, damla dağılımı ve birikimini ölçmek amacıyla her biri 26 mm × 76 mm ölçüsünde olan suya duyarlı kağıtlar kullanılmıştır. Her uçuş sonrasında damlaların üzerine geldiği

suya duyarlı kağıtlar toplanıp, hava ve nem geçirmeyen kaplara konmuştur. Denemelerin akabinde, toplanan suya duyarlı kağıtlar tarayıcıda taranıp, DepositScan programı yardımıyla ortalama hacimsel çap (VMD), cm^2 'deki damla sayısı, kaplama yüzdesi (%) ve toplam damla sayısı değerleri elde edilmiştir (Zhu vd. 2011).

Dronla püskürtme uygulamalarında her bir meme tipinin efektif iş genişliklerinin elde edilmesi amaçlanmıştır (Zhang vd., 2021). İki farklı uçuş hızında (6.5 km h^{-1} ve 14 km h^{-1}), 4 farklı meme tipinin (Teejet XR11001VS, Teejet XR110015VS, Lechler IDK12001, Lechler IDK120015) iş genişlikleri belirlenmiştir. Dron kuzey-güney doğrultusunda düz bir hat üzerinde 2 metre yükseklikte manuel modda uçurulmuştur. Suya duyarlı kağıtlar dronun ilerleme yönüne dik olacak şekilde uçuş çizgisinin sağına ve soluna 50 cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Üç tekerrürlü yürütülen denemelerde suya duyarlı kağıtlar ilerleme yönüne doğru 10 metre sıra üzeri mesafede 3 sıralı olarak yerleştirilmiştir. Her bir sırada ise toplam 8 metre örnekleme genişliğinde 17 adet örnek yer almıştır. Her uçuş sonrasında toplam 51 adet ($3 \text{ sıra} \times 17 \text{ adet örnek}$) suya duyarlı kağıt örneği toplanmıştır.

Dronla püskürtme uygulamaları örnekleme alanına girmeden 10 metre önce başlamış ve çıkıştan sonra 10 metre uzağa kadar sürdürülmesi sağlanmıştır. Bu şekilde, hedeflenen hıza ulaşma süresi ve pompaların çalışma basıncı rejimine erişme süresinin yaratacağı hataların önüne geçilmiştir. Deneme yerleşim düzeni Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Efektif iş genişliği deneme planı

Farklı hızlarda deneme yapılmasının sebebi, MG-1P model dronun düşük hızlarda istenen debiyi verebilmesi için 2 adet memeyi otomatik olarak kapatmasıdır. Ayarlanan debi ve basınca bağlı olarak dron düşük hızlarda iki meme, yüksek hızlarda dört meme ile püskürtme yapmaktadır. Bu durumun da efektif iş genişliği değerlerini değiştirebileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak, yüksek hızlarda dronun pervanelerinin farklı açıyla ve daha hızlı dönmesi sebebiyle damla dağılımının da değişebilecek olmasıdır. Denemelerde dronun uçuş hızı değerleri ve püskürtme uygulamalarında kullanılan meme tipleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Efektif iş genişliği deneme parametreleri

<i>Uçuş no</i>	<i>Hız (km h⁻¹)</i>	<i>Meme tipi</i>
1	6.5	Lechler IDK120015
2	14	Lechler IDK120015
3	6,5	Lechler IDK12001
4	14	Lechler IDK12001
5	6.5	Teejet XR110015VS
6	14	Teejet XR110015VS
7	6.5	Teejet XR11001VS
8	14	Teejet XR11001VS

Yapılan önceki çalışmalarda daha düşük yüksekliklerin iş genişliğini düşürdüğü, daha yüksekte yapılan uçuşların da ilaç sürüklenmesini arttırdığı sonuçları bildirildiği için bu çalışmada uçuş yüksekliği 2 metre olarak alınmıştır (Martin vd., 2019; Hussain vd., 2019). Uygulama sırasında damlaların sürüklenme potansiyelini azaltmak için püskürtme basıncı 3.5 bar olarak ayarlanmıştır.

İlaçlama dronunun farklı uçuş hızı ve meme tipleri için efektif iş genişlikleri ölçülmüştür. DepositScan yazılımıyla belirlenen birim alandaki damla sayısı ve hacimsel ortanca çap değerleri esas alınarak birim alanda biriken kalıntı hacmi ($\mu\text{l cm}^{-2}$) hesaplanmıştır. Böylece hangi örnekleme yüzeyinde ne kadar sıvı birikimi olduğu belirlenip, sütun grafiklerinden efektif iş genişliği bulunmuştur. Efektif iş genişliği bulunurken Çin’e ait MH/T 1040-2011 standardı baz alınmıştır (Yao vd., 2021). Bu standarda göre suya duyarlı kağıtlarda biriken maksimum sıvı miktarının yarısı, eşik değer olarak alınmıştır (MH/T, 2011).

Araştırmadan elde edilen veriler tek yönlü varyans (ANOVA) analizine tabi tutulmuş ve istatistik analizler SPSS yazılımı (Sürüm 22.00; Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması Tukey HSD testine göre $p \leq 0,05$ düzeyinde yapılmıştır (Düzgüneş vd., 1987; Eliçin vd., 2018; Çelik ve Bayhan, 2020).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

DJI Agras MG-1P model zirai ilaçlama dronu ile 2 farklı hızda ve 4 farklı püskürtme memesi kullanılarak toplamda 8 uçuş gerçekleştirilmiş, her uçuşta uçuş yönüne dik olarak yerleştirilmiş 8 metre genişliğe yayılan ve 50 cm aralıklarla yerleştirilmiş 17 adet suya duyarlı kağıt 3 sıra halinde yerleştirilmiştir. Denemeler üç tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Her uçuşta 51 adet olmak üzere toplam 408 adet suya duyarlı kâğıt kullanılmıştır. Her uçuşta havanın bağıl nemi, sıcaklığı ve rüzgâr hızı ölçülmüştür. Deneme sırasında ölçülen meteorolojik değerler Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Uçuşlar sırasında ölçülen meteorolojik değerler

Uçuş no	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Min-maks rüzgâr hızı (m s ⁻¹)	Rüzgâr yönü
1	29	50	1.5-1.9	Kuzeydoğu
2	30	51	1.4-1.6	Kuzeydoğu
3	29	51	1.6-2.1	Kuzeydoğu
4	29	48	2-2.3	Kuzeydoğu
5	30	52	2.5-2.9	Kuzeydoğu
6	29	50	2.3-2.6	Kuzeydoğu
7	28	51	1.9-2.4	Kuzeydoğu
8	29	50	1.3-1.7	Kuzeydoğu

Uygulamadan sonra elle doğrudan temas etmeden toplanan suya duyarlı kağıtlar, ortamın neminden ve sıcaklığından etkilenmemesi için hava ve nem geçirmez kaplarda muhafaza edilmiştir. Kağıt örnekleri tarandıktan sonra bilgisayar ortamında DepositScan yazılımıyla analiz edilmiştir. Kart yüzeylerinde oluşan damla lekelerinin boyutları esas alınarak püskürtülen damlaların Dv0.1, Dv0.5, Dv0.9 çap değerleri, damlaların kaplama yüzdesi, toplam ve birim alandaki damla sayısı (adet cm⁻²) değerleri hesaplanmıştır.

3.1. İstatistiksel Analiz

Araştırmadan elde edilen sonuçlar istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı püskürtme memelerinin püskürtme karakteristiklerine etkisi %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 4). Standart yelpaze hüzmeli püskürtme memelerinin hacimsel damla çapı, damla sayısı, kaplama oranı ve kalıntı miktarı ortalamaları benzer olup hava emişli memelerden önemli düzeyde farklıdır. Hava emişli memeler kaba yapılı damlalar ürettiğinden birim alandaki damla sayısı ortalaması standart memelere göre daha düşüktür. Kaplama oranı ve kalıntı miktarı açısından en yüksek ortalamalar IDK120015 tip hava emişli memede bulunmuştur.

Tablo 4. Püskürtme memelerinin püskürtme karakteristiklerine etkisi

Püskürtme karakteristikleri	Memeler				F Değeri
	Teejet XR11001VS	Teejet XR110015VS	Lechler IDK12001	Lechler IDK120015	
Dv01	192.87 ^c	157.56 ^c	283.34 ^b	344.30 ^a	52.22**
Dv05	391.56 ^c	302.93 ^c	579.34 ^b	739.05 ^a	46.86**
Dv09	615.93 ^c	494.97 ^c	838.05 ^b	1094.4 ^a	34.98**
Damla sayısı cm ⁻²	24.35 ^b	37.96 ^a	20.94 ^b	16.79 ^b	15.75**
Yüzey kaplama oranı (%)	4.59 ^b	3.36 ^b	5.24 ^b	7.86 ^a	8.60**
Yüzeydeki kalıntı miktarı (µl cm ⁻²)	0.26 ^b	0.32 ^b	0.60 ^b	1.27 ^a	20.97**

Tabla 5'e göre uçuş hızının D_{V01} ve D_{V09} çaplarını önemli ölçüde değiştirmedeği belirlenmiştir. Buna karşın uçuş hızı arttığında D_{V05} çapı anlamlı düzeyde azalmıştır. Düşük hızda yapılan tüm püskürtme uygulamalarında birim alandaki damla sayısı, kaplama oranı ve kalıntı miktarı ortalamaları yüksek uçuş hızına göre daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 5. Dron uçuş hızının püskürtme karakteristiklerine etkisi

Püskürtme karakteristikleri	İlerleme hızları		F Değeri
	6.5 km h ⁻¹	14 km h ⁻¹	
D_{V01}	253.04 ^a	236.00 ^a	2.09 ^{ns}
D_{V05}	534.03 ^a	472.41 ^b	4.68*
D_{V09}	803.77 ^a	716.95 ^a	3.79 ^{ns}
Damla sayısı cm ⁻²	30.03 ^a	19.99 ^b	18.88**
Toplam damla sayısı	228.43 ^a	150.56 ^b	18.60**
Yüzey kaplama yüzdesi	6.69 ^a	3.83 ^b	19.58**
Yüzeydeki kalıntı miktarı (µl cm ⁻²)	0.80 ^a	0.42 ^b	14.56**

3.2. Hacimsel Damla Çapları

Araştırmadan elde edilen ortanca damla çapı ($D_{V0.5}$), standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde, hava emişli memelerde ortanca damla çapındaki değişimin standart yelpaze hüzmeli memelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, hava emişli memelerde üretilen tüm damlaların emilen hava yardımı ile büyümemesi ile açıklanabilir. Ayrıca, yüksek hızda yapılan püskürtme uygulamalarında ortalama damla çaplarının dağılım düzgünlüğü, düşük hızlara göre daha düşük çıkmıştır. Püskürtme denemelerini sabit ilaçlama normunda yapmak için düşük hızda yapılan tüm uygulamalarda 2 adet püskürtme memesi akışa kapatılmıştır. Düşük hızlarda daha az püskürtme memesinin aktif olması, varyasyon katsayısının göreceli olarak yüksek olmasının sebebi olarak gösterilebilir. Yüksek hızlarda pervane dönüş hızlarının daha fazla olması da yüksek türbülans etkisinin damlaları daha etkili dağıtması olarak düşünülebilir (Wen vd., 2019).

Tablo 4. Ortalama damla çapları ($D_{V0.5}$), standart sapma ve varyasyon katsayıları

Uçuş No	Ortalama damla çapı (µm)	Standart sapma (µm)	Varyasyon katsayısı (%)
1	751.3	381.5	50.8
2	726.8	301.9	41.5
3	634.6	282.0	44.4
4	533.3	145.1	27.2
5	337.9	167.2	49.5
6	269.7	61.0	22.6
7	421.5	136.6	32.4
8	361.6	80.7	22.3

Hacimsel damla çapları ile meme üreticilerinin Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü şekilde taahhüt ettiği ASAE S572.1 standardına göre olan damla sınıfları karşılaştırıldığında (ASAE, 2009), hava emişli püskürtme memelerinin beklendiği gibi "kaba ve ekstra kaba" yapılı, standart yelpaze hüzmeli memelerin ise "ince ve orta" yapılı damlalar ürettiği görülmektedir. Denemelerde, 3.5 barda yapılan

uygulamalar için hava emişli püskürtme memelerinin “çok kaba” yapılı damlalar ürettiği bildirilse de suya duyarlı kağıtlarla ölçülen damla çapları “ultra kaba” yapılı sınıfta yer almaktadır. Püskürtme memeleri üreticileri, bu sınıfları taahhüt etmek için yaptıkları testleri, rüzgâra maruz kalmayan kapalı bir ortamda yapmakta, memeler tarafından üretilen ince taneler de kağıtlar üzerinde birikmektedir. Ancak dron ile yapılan püskürtme uygulamalarında ince taneler yüksek pervane hızlarının yarattığı türbülans etkisi ile hedef alandan uzaklaşmaktadır. Suya duyarlı kağıtlar üzerinde daha ağır ve büyük damlalar birikmekte, bu da damla çapı ortalamasını yükseltmektedir.

3.3. Efektif İş Genişliği

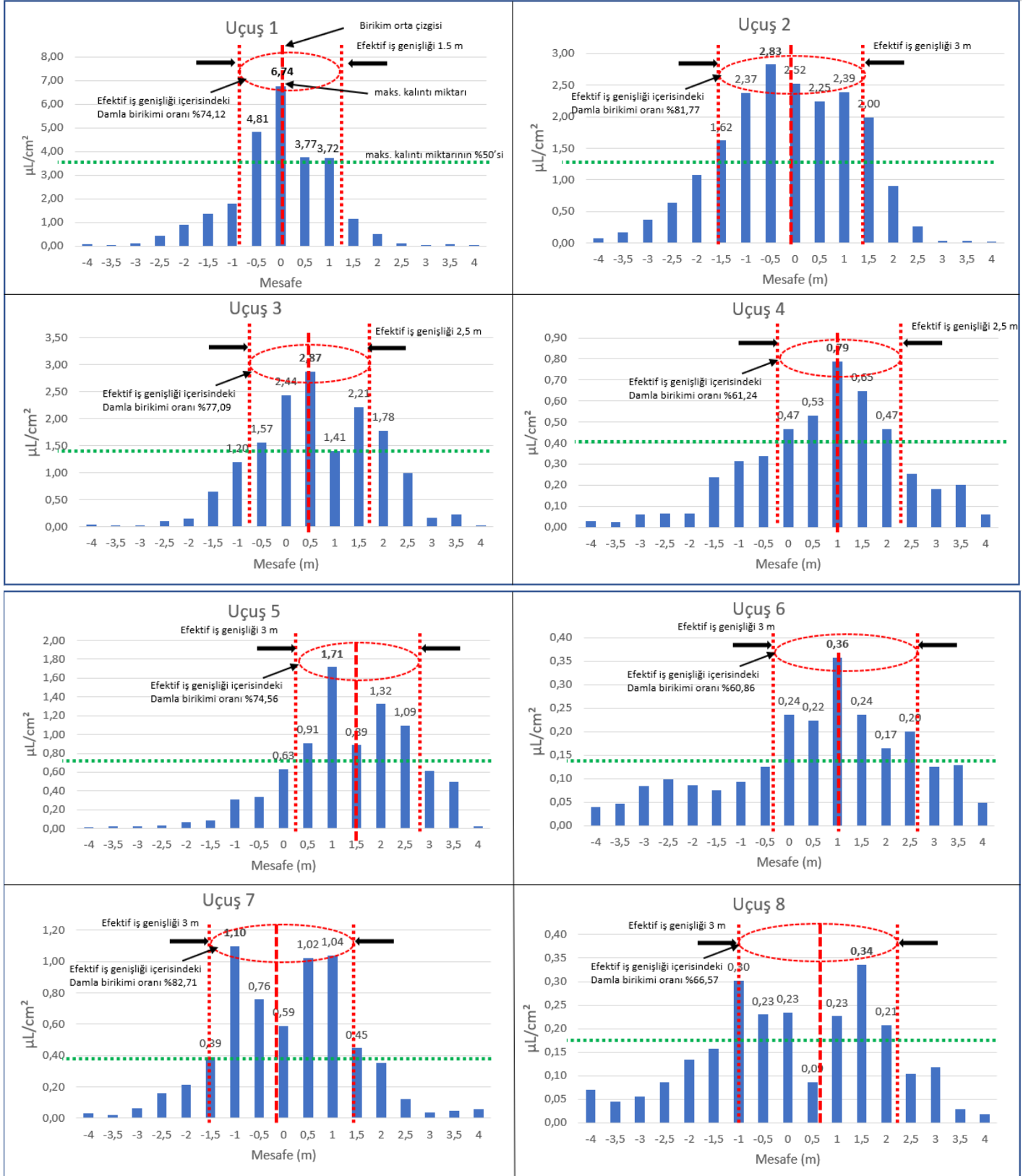
Efektif iş genişliği hesaplamalarında Çin’e ait MH/T 1040/2011 standardı baz alınmıştır. Bu standarda göre suya duyarlı kağıtlarda biriken maksimum sıvı miktarının yarısı, eşik değer olarak alınmıştır (Yao vd., 2021). Bu eşik değer üstünde kalan, dronun ilerleme çizgisinin sağındaki ve solundaki suya duyarlı kağıtlardaki birikim değerleri, iş genişliğine dahil edilmiş, geri kalanlar ise değerlendirme dışı bırakılmıştır. Tüm uçuşlarda suya duyarlı kağıtlarda biriken damla miktarları Şekil 4’deki grafiklerde gösterilmiştir. Kalın kesikli kırmızı çizgi dronun uçuş çizgisini, yeşil yatay çizgi ise en yüksek birikimin olduğu kağıttaki hacmin yarısının tekabül ettiği eşik değeri ifade etmektedir. İnce kesikli dikey çizgiler de efektif iş genişliği bölgesinde kalan alanları ifade etmektedir. Bu grafiklerden elde edilen iş genişlikleri Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Efektif iş genişlikleri

Uçuş no	Efektif iş genişliği (m)	Uçuş no	Efektif iş genişliği (m)
1	1.5	5	3
2	3	6	3
3	2.5	7	3
4	2.5	8	3

Uçuş 1’de efektif iş genişliği en düşük iş genişliği olarak görülmektedir. Kullanılan püskürtme memesinin ürettiği damla çaplarının büyük olması, damlacıkların dron pervanelerinin yarattığı türbülans ile yatay yönde hareketini azaltmış ve damlalar uçuş çizgisinin altında toplanmıştır. Uçuş 2’de artan uçuş hızı ile pervanelerin yarattığı türbülans akımı şiddetlenince, aynı püskürtme memesinde kullanılan taneler yatay yönde daha fazla dağılabilmiş, bu da efektif iş genişliğini arttırmıştır.

Uçuş 3 ve 4’te kullanılan hava emişli memenin ürettiği damlacık çapları Uçuş 1 ve 2’deki damlacıklardan daha düşük olduğu için, yatay yönde daha düzgün bir dağılım elde edilmiştir. Ancak burada uçuş hızı değişiminin belirleyici bir etkisi gözlenmemiştir. İlk 4 denemede kullanılan hava emişli püskürtme memelerinin ürettiği damlacık ağırlıkları fazla olduğu için dört uçuşta da damlalar ağırlıklı olarak uçuş çizgisinin etrafında toplanmıştır.



Şekil 4. Uçuşlarda elde edilen hacimsel damla birikim oranları

Son 4 uçuşta kullanılan püskürtme memelerinin ürettiği damlacıklar hafif oldukları için, yatay yönde daha ileri mesafelere yayılabılmışlardır. Ancak efektif iş genişliklerine bakıldığında, meme tipinin ve uçuş hızının önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Üreticinin taahhüt ettiği 4 metrelik

iş genişliği (Anonim, 2022c) ile elde edilen sonuçların örtüşmemesi, üreticinin test koşulları ile bu çalışmanın test koşullarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna ek olarak, normal memelerle gerçekleştirilen 5, 6, 7 ve 8 numaralı uçuşlarda dron merkez çizgisi üzerinden uçurulsa da, suya duyarlı kağıtlarda birikimin maksimum olduğu yerlerin + yöne doğru kaydığı görülmektedir. Hava emişli memelerle yapılan uçuşlarda bu durumun daha düşük seviyede olduğu veya hiç oluşmadığı görülmektedir. Kuzey-güney doğrultusunda uçan drona kuzeydoğudan etki eden rüzgara karşı standart tip püskürtme memelerinin ürettiği damlaların sürüklenmeye daha müsait olduğu sonucuna varılmıştır.

3.4. Birikim Yüzdelerinin Dağılımı

İlaçlama dronundan üretilen damlaların yatayda dağılımını göstermek amacıyla Şekil 5a'da efektif ıslatma alanı içerisinde kalan ve alan dışında kalan damla birikimin yüzde dağılımı, Şekil 5b'de, dron uçuş çizgisinin solunda ve sağında biriken damlaların yüzdesi gösterilmiştir.

Şekil 5a'daki dağılım yüzdesi grafiğine göre, efektif ıslatma alanındaki damla birikimleri %61 ile %82 arasında değişmiştir. En düşük sürüklenme, Uçuş 7'de gerçekleşmiştir. En düşük sürüklenme değerleri hava emişli püskürtme memelerinden beklense de Şekil 4'deki yatay yönde damla birikiminin Uçuş 7'de daha düşük uçuş hızıyla uçuş çizgisine yakın birikimin daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 5a'daki en belirgin sonuç, Lechler IDK120015 püskürtme memesiyle yapılan Uçuş 1 ve 2 dışındaki tüm uçuşlarda, hız arttıkça, sürüklenme değeri artmıştır. Bu durumun hem yandan esen rüzgarla beraber damlaların çıktığı andaki bileşke hızın yükselmesi, hem de artan pervane hızıyla beraber türbülans etkisinin artışı sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Yao vd. (2021), benzer sonuçları çalışmasında ifade etmiştir.

Şekil 5b'ye bakıldığında, Uçuş 2 hariç tüm uçuşlarda damla birikiminin uçuş çizgisinin sağ tarafında yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bu duruma yine uçuş yönüne dik esen rüzgârın yarattığı sürüklenmenin sebep olduğu söylenebilir. Sağ ve sola eşit dağılmış uçuşların hava emişli Lechler IDK12015 model püskürtme memesiyle yapılan uçuşlar olduğu görülmektedir. Üretilen damlaların büyük oluşu sebebiyle türbülans ve rüzgârdan fazla etkilenmemesi bu homojenliğe sebep olmuştur.



a. Üretilen damlaların efektif ıslatma alanı tarafındaki dağılım yüzdesi

b. Üretilen damlaların uçuş çizgisinin sağ ve sol tarafındaki dağılım yüzdesi

Şekil 5. Damla dağılım yüzdeleri

4. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı püskürtme memeleri ve farklı uçuş hızlarının, ilaçlama dronunun efektif iş genişliği ve damla dağılımına etkisi incelenmiştir. Analizlerde, suya duyarlı kağıtlar yardımıyla toplanan damlaların DepositScan yazılımında incelenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Hava emişli püskürtme memeleri, ağırlaşan damlacıklar dronun türbülans etkisi ile dağılamadığı için, bu memenin kullanıldığı uygulamalarda efektif iş genişliği azalmaktadır. Aynı şekilde bu memelerde, meme verdisinin artışı da efektif iş genişliğini düşürmektedir. Buna ek olarak, hava emişli memelerde hem büyük hem de küçük damlacıklar üretilebildiği için, ortalama damla çapının dağılım düzgünlüğü normal yelpaze hüzmeli memelere göre daha düşük elde edilmiştir. Küçük damlacıklar dronun yarattığı türbülans etkisi ile hedeften uzaklaştığı için de ortalama damla çapları, meme üreticisinin taahhüt ettiği değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

Normal yelpaze hüzmeli püskürtme memelerinde efektif iş genişliği uçuş hızından ve meme verdisinden etkilenmemiştir. Ancak uçuş sırasında ilerleme yönüne dik esen rüzgâr, ıslatma alanının dronun uçuş çizgisinden kaymasına sebep olmuştur. Buna göre, rüzgârın uçuş yönüne dik olduğu durumlarda hava emişli memeler tercih edilebilir. Ancak bu seçim durumunda dağılım düzgünlüğü olumsuzluğu riski de göz ardı edilmemelidir.

Tüm memelerde elde edilen efektif iş genişlikleri, dron üreticisinin taahhüt ettiği iş genişliği değerine ulaşamamıştır. Bunun sebebi, üreticinin test koşulları ile çalışmadaki test koşullarının farklı olmasıdır.

Bu sonuçlara göre elde edilen iş genişlikleri, alan dağılım düzgünlüğünü belirlemek için yapılacak çalışmalarla doğrulanabilir. Gelecek çalışmalarda iş genişlikleri üç boyutlu olarak da belirlenebilir.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik’de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı’nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2021a). DJI Agras MG-1P İlaçlama Dronu Teknik Özellikleri. <https://www.dji.com/mg-1/info>
- Anonim (2021b). Teejet Püskürtme Memeleri Kataloğu. https://www.teejet.com/CMSImages/TEEJET/documents/catalogs/cat51a_metric.pdf
- Anonim (2021c). Lechler Püskürtme Memeleri Kataloğu. https://www.lechler.com/fileadmin/media/kataloge/pdfs/agrar/EN/lechler_agriculture_catalogue_2022_en.pdf
- ASAE S572.1. 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI., 4 pp
- Chen, H., Lan, Y., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., & Liu, S. (2021). Review of Agricultural Spraying Technologies for Plant Protection Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(1), 38-49.
- Chen, P., Ouyang, F., Wang, G., Qi, H., Xu, W., Yang, W., Zhang, Y., Lan, Y. (2021). Droplet Distributions in Cotton Harvest Aid Applications Vary with The Interactions Among The Unmanned Aerial Vehicle Spraying Parameters. *Industrial Crops and Products*, 163, 113324.

- Çelik, Y. & Bayhan, Y., 2020. A Research on Investigation of the Application Possibilities of Direct Drill Machine with Liquid Fertilizer Assembly for Grain Planting Stubble. *International Journal of Innovation Engineering and Science Research*, Volume 4 Issue 6 .
- Çelen, I. H., Önler, E., ve Özyurt, H. B. (2020). Drone Technology In Precision Agriculture. *Engineering Sciences*, 121.
- Düzgüneş O., Kesici, T., & Gürbüz, F., 1987. İstatistik Metodları-1. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 861, Ders Kitabı: 229, Ankara.
- Eliçin, A.K., Pekitkan, F.G., Bayhan, Y., & Sessiz, A., 2018. Effects of Tillage Methods on Weed Density in Corn (*Zea Mays L.*) Production. *International Scientific Journal, Science, Business, Society*, 3 (4), 150-152.
- Hussain, S., Masud Cheema, M. J., Arshad, M., Ahmad, A., Latif, M. A., Ashraf, S., & Ahmad, S. (2019). Spray uniformity testing of unmanned aerial spraying system for precise agro-chemical applications. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(4).
- Martin, D. E., Woldt, W. E., & Latheef, M. A. (2019). Effect of application height and ground speed on spray pattern and droplet spectra from remotely piloted aerial application systems. *Drones*, 3(4), 83.
- MH/T Standards. 1040-2011: Determining application rates and distribution patterns from aerial application equipment, Beijing: MHT, 2011. (in Chinese)
- Sarghini, F., Visacki, V., Sedlar, A., Crimaldi, M., Cristiano, V., & de Vivo, A. (2019, October). First measurements of spray deposition obtained from UAV spray application technique. In *2019 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)* (pp. 58-61). IEEE.
- Wang, G., Lan, Y., Qi, H., Chen, P., Hewitt, A., & 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(6), 1546-1555.
- Wen, S., Han, J., Ning, Z., Lan, Y., Yin, X., Zhang, J., & Ge, Y. (2019). Numerical analysis and validation of spray distributions disturbed by quad-rotor drone wake at different flight speeds. *Computers and Electronics in Agriculture*, 166, 105036.
- Yao, W., Guo, S., Yu, F., Du, W., Meng, Y., Wang, J., Chen, P., Liang, X., Xu T., & Lan, Y. (2021). Droplet deposition and spatial drift distribution characteristics of aerial spraying based on the determination of effective swath. *International Journal of Precision Agricultural Aviation*, 4(1).
- Yao, W., Lan, Y., Wen, S., Zhang, H., Zhang, Y., Wang, J., & Xie, C. (2019). Evaluation of droplet deposition and effect of variable-rate application by a manned helicopter with AG-NAV Guía system. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12(1), 172-178.
- Zhang, P., Zhang, W., Sun, H. T., He, F. G., Fu, H. B., Qi, L. Q., Yu, L. Q., Jin, L. Y., Zhang B., & Liu, J. S. (2021). Effects of Spray Parameters on the Effective Spray Width of Single-Rotor Drone in Sugarcane Plant Protection. *Sugar Tech*, 23(2), 308-315.
- Zhang, X. Q., Song, X. P., Liang, Y. J., Qin, Z. Q., Zhang, B. Q., Wei, J. J., Li, Y.R., & Wu, J. M. (2020). Effects of spray parameters of drone on the droplet deposition in sugarcane canopy. *Sugar Tech*, 22(4), 583-588.
- Zhu, H., Salyani, M., & Fox, R. D. (2011). A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1), 38-43.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Unmanned aerial vehicles have a facilitating effect on human life in many areas today. In addition to individual usage areas such as entertainment, sports and hobbies, there are wide commercial and professional uses in sectors such as defense industry, construction and aviation. In agriculture, unmanned aerial vehicles have become increasingly popular in recent years. Agricultural unmanned aerial vehicles are used in remote sensing, plant health monitoring, pasture and herd monitoring. Another area of use of agricultural unmanned aerial vehicles is plant protection applications. Pesticide applications can be made with drones, which usually consist of a small liquid tank, a pump and spray nozzles mounted on a chassis, with the help of an operator controlling the remote control.

In Türkiye, spraying drones, which started to be used in rice fields due to the difficulty of applications with tractors, are used for all kinds of field and garden plants such as spraying in corn and sunflower fields that cannot be entered by tractor in the late period, rough lands, cotton fields where rapid and homogeneous maturation is desired with defoliant. Although drone spraying applications are in demand because the drones prevent the field traffic and move more easily on rough, steep or wetlands, the lack of knowledge of the new technology and the lack of determination of the effectiveness of the pesticides used at low volumes cause undesirably operations with the same application parameters for all conditions and for each product. For these reasons, pesticide applications are not practiced as targeted. In low-volume applications, pesticides do not have an effect since adequate coverage is not provided, crop plants are adversely affected in areas where the pesticide dose is high due to lack of homogeneous distribution, and non-targeted areas are damaged due to turbulence and drug drift created by the drone. These negativities necessitate the determination of appropriate flight parameters and pesticide doses for pesticide applications with drones. Factors such as droplet diameter, type of spray nozzle used, and flight speed play an important role in droplet distribution in pesticide applications with unmanned aerial vehicles. In this study, it is aimed to examine the effects of different nozzle types and flight speed on the droplet distribution and the effective working width of the drone.

Methodology

Spraying experiments with the drone were carried out in Tekirdağ Namık Kemal University Faculty of Agriculture trial fields in July 2022 at 40° 59'22' N 27° 34'54' E coordinates. The drone used in the trials is a DJI brand Agras MG-1P model 8 rotor spraying drone with 10 liters liquid tank capacity and 4 spray nozzles. Thanks to 2 separate diaphragm pumps, the liquid in the tank is transmitted to the spray nozzles. The drone, which has a battery capacity of 12000 mAh, can spray 1 hectare of land in a single flight with a flight time of 10 minutes in default settings according to factory data. There are 4 Teejet XR11001VS fan jet nozzles on the drone. Other nozzles to be used in the trials are Teejet XR11001VS, Teejet XR110015VS, Lechler IDK12001, Lechler IDK120015 model nozzles. Although all nozzle types are fan jet, Lechler brand spray nozzles are air assisted spray nozzles with anti-drift features.

Trials were carried out with the drone used with 4 different nozzle models at two different speeds. Clean water was used as the spray liquid, and water sensitive papers measuring 26 × 76 mm each were used to measure droplet distribution and deposition. After each flight, the water-sensitive papers on which the droplets fell were collected and placed in air and moisture-proof containers. After the trials,

the collected water sensitive papers were scanned in the scanner and the volumetric diameters, number of drops per cm², percentage of coverage and total number of droplets were obtained with the help of the DepositScan software (Zhu et al. 2011).

In the trials, it was aimed to obtain the effective working width of each nozzle type in drone spraying applications. It was tried to determine the working widths of 4 different nozzles at 2 different flight speeds. The drone was flown in manual mode at a height of 2 meters on a straight line in the north-south direction. The water-sensitive papers were placed perpendicular to the direction of the drone's progress, 50 cm apart to the left and right of the flight line. 17 pieces of water sensitive paper were used in each row and 51 pieces of water sensitive paper in each flight, with a total width of 8 meters in each row, in 3 rows at 10 meters intervals, in three replications in the forward direction. The drone started the flight 10 meters before the level of the water sensitive papers and stopped 10 meters later. In this way, the errors caused by the time to reach the target speed and the time to reach the working pressure of the pumps are prevented.

While the effective horizontal working width of the spraying drone is measured depending on the speed and nozzle type, the number of drops per unit area and $\mu\text{l cm}^{-2}$ values in which the drop volume per unit area is calculated over the average volumetric diameter in the DepositScan software are taken as basis. Thus, the amount of liquid accumulation on which paper was determined and the effective working width was found from the column charts. While determining the effective working width, the Chinese MH/T 1040-2011 standard is taken as a basis. According to this standard, half of the maximum amount of liquid accumulated in water sensitive papers is taken as the threshold value.

Statistical analyzes were made in the SPSS package program to determine the difference between the results obtained in the research. Analysis of variance (ANOVA) was performed in SPSS statistical software program (Version 22.00; Chicago, IL, USA) to compare statistically significant parameters and evaluate the data obtained in the experiment. The comparison of the means was made at $p \leq 0.05$ according to the Tukey HSD test.

Results and Conclusions

Results showed that air-induction spray nozzles reduce the effective working width in applications where this nozzle type is used, as the heavier droplets cannot be dispersed by the turbulence effect of the drone. Likewise, the increase in spray rate of the nozzle also reduces the effective working width in these nozzles. In addition, since both large and small droplets can be produced in air induction nozzles, the distribution uniformity of the droplet diameter was obtained lower than in standart flat fan nozzles. Since the small droplets were moved away from the target by the turbulence effect created by the drone, the droplet diameters were higher than the values promised by the nozzle manufacturer.

Effective working width was not affected by flight speed and nozzle yield in non-air induction spray nozzles. However, the wind blowing perpendicular to the direction of progress during the flight caused the wetting area to shift from the drone's flight line. Accordingly, air-induction nozzles may be preferred in cases where the wind is perpendicular to the flight direction.

The effective working widths obtained in all nozzles could not reach the working width promised by the drone manufacturer. This is because of the manufacturer's test conditions differ from the test conditions in operation.

Yazarların Biyografisi



Hasan Berk ÖZYURT

08.06.1994 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Tekirdağ'ın Muratlı ilçesinde tamamladı. 2012 yılında Tekirdağ Belediyesi Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde lisans hayatına başladı. Lisans hayatı boyunca Türk Traktör Ziraat Makineleri A.Ş., Claas, Hema Endüstri A.Ş. firmalarında stajyer mühendis olarak görev yaptı. 2017 yılında İ.T.Ü. Makine Mühendisliği'nden mezun oldu. Aynı yıl Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2020 yılından beri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımda Makine Sistemleri Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Şu ana kadar yayınladığı 1 makale, 2 kitap bölümü, 1 kongre bildirisi bulunmaktadır.

İletişim

ORCID Adresi

berkozyurt@nku.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-0775-1723>



Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

08.03.1971 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Hatay İskenderun ilçesinde tamamladı. 1992 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı Bölümde 1995 yılında Yüksek Lisans Eğitimini tamamladı. 1994 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve aynı Bölümde 1999 yılında Doktora eğitimini bitirdi. 2000 yılında Yardımcı Doçent olarak Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne atandı. 2011 de Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümüne Doçent olarak atandı ve aynı Bölümde 2018 yılında Profösör oldu. Tarım Makinaları ve özellikle Bitki Koruma Makinaları ve otomasyonu konusunda çalışmalar yapan araştırmacı konusunda birçok kongrede bildiri sunmuş, yurt içi ve yurt dışı birçok makalesi yayınlamıştır. Birçok projede görev alarak 3 adet patent sahibi olmuştur. Ayrıca yayınladığı 2 kitap ve bölüm yazarlıkları vardır.

İletişim

ORCID Adresi

icelen@nku.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-1652-379X>