



# Tarla Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesinin İyileştirilmesi Amacıyla Bir Aparatın Geliştirilmesi

## Development of an Apparatus That Improves the Penetration and Pesticide Drift Performance of Field Sprayers

Nedim YAŞAR<sup>1</sup>, İlker H. ÇELEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nedimler Tarım Alet ve Makineleri, Süleymanpaşa, Tekirdağ, Türkiye  
· nedimlertarmak@gmail.com · ORCID > 0009-0008-8051-439X

<sup>2</sup>Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Süleymanpaşa Tekirdağ, Türkiye  
· icelen@nku.edu.tr · ORCID > 0000-0003-1652-379X

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 08 Nisan/April 2024

**Kabul Tarihi/Accepted:** 01 Temmuz/July 2024

**Yıl/Year:** 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 541-561

**Atıf/Cite as:** Yaşar, N., Çelen, I.H. "Tarla Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesinin İyileştirilmesi Amacıyla Bir Aparatın Geliştirilmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 541-561.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** İlker H. ÇELEN

## TARLA PÜLVERİZATÖRLERİ İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA PENETRASYON VE PESTİSİT SÜRÜKLENMESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ AMACIYLA BİR APARATIN GELİŞTİRİLMESİ

### ÖZ

Pestisit uygulamalarında uygulama başarısının düşmesi ve gereksiz pestisit kullanımının yanında çevre ve canlıların olumsuz etkisini de dikkate almak gerekir. Bu çalışmada gerek pestisit sürüklenmesini gerekse penetrasyonu iyileştirmek amacıyla tarla pülverizatörlerine takılacak bir aparat geliştirilmiştir. Bu amaçla bir bum önüne takılan boru aparat ve arkasına takılan bir sac perde (siper) kullanılarak oluşturulan tasarım, klasik bir pülverizatör kullanılarak yapılan uygulama ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, suya duyarlı kağıtlar yardımıyla damla örnekleri toplanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Denemelerde basınç değişiminin etkisi dikkate alınarak doğru uygulama şartları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sürüklenmeyi önlemek amacıyla ilerleme yönüne göre bumun arka tarafına takılan aparat sayesinde gerek ilerleme hızı ile gerekse rüzgâr sebebiyle damlaların hareketi kısıtlanmış ve penetrasyon iyileşmiştir. Buna ek olarak pestisit sürüklenmesinin azaltıldığı gözlenmiştir. Ancak bunun etkisi ile bitki üzerinde kalan damla sayısı artmıştır. Bu da aşırı bir birikime sebep olmuştur. Püskürtme uygulamasında basınç değerleri incelendiğinde basınç arttıkça genel olarak penetrasyon iyileştiği belirlenmiştir. Ancak damla boyutları üst üste gelme (örtüşme) sebebiyle artış gözlenmiş ve lekeler büyüdüğü için üst yüzeylerde artışlar kaçınılmaz olmuştur. Klasik ve yeni sistem karşılaştırıldığında 2-4-6 bar için elde edilen sonuçlar incelendiğinde yeni sistemde sırasıyla %35.8-57.8-41.9  $Dv_{0.5}$  değeri değişim göstererek azalmıştır. Yüzey kaplama değeri ise basınç değişiminde (2-4-6 bar) sırasıyla yeni sistemde %60-71.4-70.8 değişim gerçekleşmiştir. Yapılan çalışmalar sonunda geliştirilen bu aparatın buğday yetiştiriciliği yapılan tarım alanında başarısı ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Damla, Penetrasyon, Pestisit, Sürüklenme, Pülverizatör, Ürün Eğici.



## DEVELOPMENT OF AN APPARATUS THAT IMPROVES THE PENETRATION AND PESTICIDE DRIFT PERFORMANCE OF FIELD SPRAYERS

### ABSTRACT

In pesticide application, in addition to the decrease in application success and unnecessary use of pesticides, it is also necessary to take into account the negative effects on the environment and living things. In this study, an apparatus to be attached to field sprayers was developed in order to improve both pesticide drift and penetration. For this purpose, the design created using a apparatus attached to the front of a boom and a sheet metal curtain attached to the back was compared with the application made using a classical sprayer. Drop samples were collected and evaluated with the help of water-sensitive papers used for this purpose. The success of this developed apparatus in the field of wheat cultivation has been demonstrated. In the trials, correct application conditions were tried to be determined by looking at the effect of pressure change. In order to prevent drift, the movement of the drops is restricted due to both the advancement speed and the wind, and penetration is improved, thanks to the apparatus placed on the back side of it, depending on the direction of advancement. In addition, it was observed that pesticide drift was eliminated. However, as a result of this, the amount of drops remaining on the plant increased. This has led to excessive accumulation. Considering the effect of pressure change, penetration generally improved as the pressure increased. However, while drop sizes increased due to overlapping, increases on the upper surfaces were inevitable.

**Keywords:** Droplet, Penetration, Pesticide, Drift, Sprayer, Canopy Opener.



### 1. GİRİŞ

İnsanların hayatlarını sürdürebilmeleri için gerekli birçok ihtiyacını sağlama görevi tarım üzerindedir. Ülkemizde olduğu gibi tüm ülkeler bu ihtiyaçları asgari derecede sağlamak zorundadır. İnsanların temel gıdalarından birisi olan ekmeğin hammaddesi buğday, büyük üretici kitlesini ilgilendirmekle beraber, Dünyada ve ülkemizde oldukça değerli bir tarımsal üründür. Küresel ısınma nedeniyle her geçen gün artarak karşımıza çıkan tarımsal riskler, tarımsal alanların azalması, bunun yanında dünya nüfusundaki hızlı artış özellikle buğday üretimini ön plana çıkarmıştır. Ancak üretim maliyetlerinin de artması çiftçileri sıkıntıya sokmaktadır. Özellikle pestisit kullanımı tarımsal üretim maliyetlerinde önemli bir paya sahiptir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de son yirmi yılda tarımda makineleşme ve yeni tarım alanlarının oluşturulması çabası ve yeni teknolojik gelişmeler ile kimyasal girdilerin kullanımı, üretim miktarını ve kaliteyi yükseltmiştir (Anonim, 2023). Sonuç olarak tarımsal sürdürülebilirliği her geçen gün azalmış, fauna ve flora olumsuz etkilenmiştir. Bu kimyasallar zararlıların doğal düşmanları üzerinde yarattığı olumsuz etki hastalıklarla mücadeleyi zorlaştırmıştır.

Pestisit uygulamalarında en büyük sorunlardan birisi olan pestisitlerin sürüklenmesi (drift), kimyasal ilaçlama uygulamaları sırasında pestisitlerin çeşitli sebeplerle hedef yüzeye ulaşmayarak hedef dışındaki farklı alanlara taşınması olarak ifade edilebilir. Bu problem sonucunda insan ve çevre olumsuz etkilenebilmektedir. (Çelen, 2022). Damlacıkların hedefe doğru hareket ederken oluşan, uygulama yöntemlerine ve kullanılan ekipmana bağlı olarak gelişen sürüklenme şekli en çok karşılaştığımız bir olaydır. Çeşitli araştırmalarda küçük damlaların kilometrelerce uzaklara gidebildiği ve havadayken buharlaşabildiği görülmüştür (Çelen ve Önler, 2011).

Rüzgâr hızı ve yönü, hava boşluğu, bağıl nem, atmosfer basıncı ve hava sıcaklığı sürüklenmeye neden olmaktadır. Pestisit püskürtme uygulamaları kapsamında püskürtme memesinin tipi ve ölçüsü, pestisit hedefe bırakıldığı püskürtme yüksekliği ve basıncı önemli parametrelerdir. Bunların yanında püskürtme sistemlerinin teknik özellikleri ve kullanımını, operatörün bilgi ve becerisini de unutmamak gerekir (Çelen ve ark., 2009).

Bitki koruma amaçlı kullanılan kimyasal pestisitlerin püskürtülmesindeki başarıyı, hava koşulları ve püskürtme huzmesini etkileyerek kalıntı dağılımı ve hedef yüzeyin kaplama oranlarını değiştirmektedir (Grazianove ark., 2017). Özellikle pestisitlerin bitki üst kısımlarında kaldığı ifade edilmiştir (Sumner ve Herzog, 2000; Jiang ve ark., 2023; Derksen ve ark., 2012). Benzer şekilde Wu ve Wei (2019) çoğu pestisit püskürtüldükten sonra bitki örtüsünün üst kısmında kaldığını vurgulamışlardır. Püskürtme sıvısının yoğun bitki örtüsünün içine nüfuz edebileceğini, ancak sadece küçük bir kısmının bitki örtüsünün orta ve alt seviyelerine ulaşacağını belirtmişlerdir. Ancak, en iyi penetrasyon ve kaplamanın sağlanabilmesi için, bitkiye en az zarar verecek şekilde optimum bir konumda ürün eğicinin yerleştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Womacve ark.,(2022) çalışmalarında, derin bitki örtüsüne yapılan püskürtmede, bitki örtülerinin içinde ve çevresindeki hava akımının kalıntı birikimi üzerinde etkisini irdelemişlerdir. Uygulamalar sırasında oluşan hava akımının, püskürtme sonucu damlanın taşıyıcı olarak veya penetrasyonu sınırlayan iç bitki örtüsü yapısının bir göstergesi olarak etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu bilgilerin püskürtme memesi ve bum uygulamalarında yeni ürünlerin ortaya çıkmasına sebep olduğunu açıklamışlardır. Bunun sonucu çeşitli püskürtme memesi tipi, püskürtme konfigürasyonları ve damla boyutlarına sahip mevcut püskürtme ucu tasarımlarında önemli artışlar gözlenmektedir.

Son zamanlarda bitkilerin üst kısımlarını bükerek püskürtülen zararlı kontrol maddelerinin alt bitki örtüsüne girmesi için bir yol oluşturmak amacıyla birçok tasarım üretilmiştir. Zhu ve ark., (2008b) Bitki eğilmesi, püskürtme memesinden alt bitki örtüsüne damla hareketi için geçen süre, ürün açıcı (eğici/itici) tasarımın bitki örtüsü içindeki derinlik ve bitki yüksekliği arasında ilişkiler kurarak, bitkinin ürün açıcıdan serbest bırakıldıktan sonra toparlanma hareketinin hesaplamalarına dayalı olarak açılma genişliği ortaya konulmuştur. Eğiciyle donatılmış bum, hava destekli püskürtme sistemine kıyasla bitki örtülerinin ortasında kalıntı miktarı ve yüzey kaplamada anlamlı bir fark yaratmamıştır. Ancak alt bölgelerde hava destekli püskürtme sistemine kıyasla anlamlı ölçüde daha düşük kalıntı ve yüzey kaplama elde edilmiştir (Zhu ve ark., 2006; Zhu ve ark., 2008a; Moura ve ark., 2017).

Buğday üretiminde ortaya çıkan pestisit kayıplarını önlemek ve etkili pestisit uygulamasını sağlamak çok önemlidir. Bu faktörlerin yönetimi hem çevre kirliliği hem de tarımsal üretimin maliyetini etkilemektedir.

Bu çalışmada gerek pestisit sürüklenmesini gerekse penetrasyonu iyileştirmek amacıyla tarla pülverizatörlerine takılabilen bir aparat tasarlanmıştır. Geliştirilen bu aparat ile penetrasyonu ve pestisit sürüklenmesi durumu klasik pülverizatörlerle karşılaştırılarak buğday yetiştiriciliği yapılan tarım alanında başarısı ortaya konulmuştur.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yapılan tüm denemeler, Tekirdağ ili Süleymanpaşa İlçesi Karadeniz mahallesinde, 2000 m<sup>2</sup>lik, ekmeçlik buğday çeşidi LG59 (*Triticum aestivum* L.) ekili bir tarım arazisinde (K 40°59'212-D 27°28'41') yürütülmüştür. Denemelerde ERKUT 110 Haşmet model traktör, tarla pülverizatörü olarak ORUÇ markai üç nokta askı sistemine sahip depo kapasitesi 400 litre, iş genişliği 12 m olan bir pülverizatörü kullanılmıştır. .

Püskürtme memesi olarak Lechler firmasına ait Kırmızı ST11004 yelpaze huzmeli püskürtme memesi tipi kullanılmıştır. Belirtilen tüm uygulamalarda 2-4-6 bar basınç uygulaması uygun görülmüştür (Lechler, 2022). Pestisit sürüklenmesini arttırmak amacıyla 6 bar basınç özellikle seçilmiştir. Püskürtme memeleri katalogda belirtildiği gibi 50 cm aralıkla yerleştirilmiş ve hedef üzerinde 25 cm (püskürtme yüksekliği) olmasına dikkat edilmiştir. Denemelerde, suya duyarlı kağıtlar kullanılarak örnekler alınmıştır. Ayrıca sıcaklık, nem ve rüzgâr ölçümleri yapılmıştır.

Denemeler iki bölümde yürütülmüştür;

1. Yeni bumlu sistemin takıldığı püskürtme
2. Klasik bumlu püskürtme

## 2.1. Yeni Sistem

Yeni sistemde bum üzerine iki farklı eleman takılmıştır. Bunlardan birisi ürünü eğen ve penetrasyonu iyileştiren ürün eğici elemanlar, bir diğeri ise püskürtülen damlaların sürüklenmesini önleyerek bitki üzerinde tutunmasını sağlayan Sürüklenme Önleyici Perdedir.

Pülverizatör üzerinde 12 m genişliğindeki bum 30x30x2 mm profil demirden 5 bölümlü olarak yapılmış olup üzerine sonradan Eğici ve Sürüklenme önleyici sistem eklenmiştir.

### 2.1.1. Ürün Eğici Sistem

Bum üzerine penetrasyonu arttırmak amacıyla 20 mm çaplı borular ve 30 mm genişliğinde 2 mm kalınlığında lamalardan ürünü eğecek bir sistem tasarlanmıştır. Ürün eğici sistem iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar ürünü eğen boru ve borunun pülverizatör kanatlarına bağlanmasını sağlayan lamadır. Bunlar birbirlerine kaynak ile bağlanırken kanat profillerine cıvata ile bağlanmıştır. Eğici sistem hareket yönüne göre önde kalacak ve her bir kanat bölmesine ayrı ayrı olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Zhu ve ark. (2008b) belirttiği gibi, bitkilerin eğildikten sonra kapanmadan damlaların penetrasyonu için, damlaların istenen bölgeye ulaşma süresi bitkinin dikleşme süresinden daha kısa olmalıdır. Bu araştırmaya göre, bitkinin dikleşme süresi 0.26 saniye olarak belirlenmiştir. Bu sürede (0.26 saniye) püskürtme memelerinden çıkan damlalar 1.4 metre aşağıya kadar gidebilir. Yapılan denemeler sırasında bitki boyu 0.95 metreden kısa olup, püskürtme sistemlerinden çıkan damlaların bitki örtüsünün alt kısmına ulaşması için yeterli zamanı olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle eğici sistem genişliği ilerleme hızı ile püskürtme memelerinden bitki örtüsünün altına kadar damlaların penetrasyonu için gereken süre çarpılarak, eğici sistem öne doğru olan genişliğinin bu değerden daha küçük olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu kapsamda;

$T_1$ : Bitkinin dikleşme süresi

$T_2$ : Damlanın bitkinin alt kısmına ulaşma süresi (sn)

$T_3$ : Damlanın bitkinin üst kısmına ulaşma süresi (sn)

G: Eğici sistemin öne doğru genişliği (cm)

V: İlerleme hızı, (m/sn)

$V_1$ : Bitkinin eğilme hızı (m/sn)

$V_d$ : Damla hızı (m/sn)

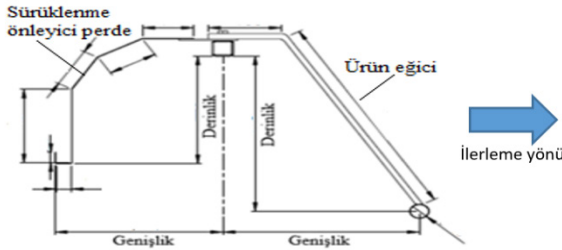
$$V=V_1; \quad Vd.<V; \quad T_1>T_2 \quad ; \quad G<T_2 \times V; \quad G>T_3 \times V \quad (\text{Zhu ve ark., 2008b})$$

Eğici sistemin bitki örtüsünü eğdiği hız, püskürtme sistemlerinin ilerleme hızına eşittir. Bum püskürtme sistemler için, püskürtme sistemlerinin ilerleme hızı genellikle damla hızından daha yavaştır. Damlaların bitki örtüsüne ulaşmasını sağlamak için, eğici sistemin damlaların bitki örtüsünün üst kısmına ulaşmadan önce bitkileri eğmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ideal eğici sistemin genişliği, ilerleme hızı ile püskürtme memelerinden bitki örtüsünün üst kısmına kadar damlaların ulaşması için gereken süre çarpılarak hesaplandığında, elde edilen değerden daha büyük olmalı, ancak ilerleme hızı ile püskürtme memelerinden bitki örtüsünün altına kadar damlaların penetrasyonu için gereken sürenin çarpımından daha küçük olmalıdır. Ayrıca, eğici sistem genişliği, açılan bitki örtüsüne ulaşan damlaların gereksiz bir gecikme yaşanmaması için maksimum yatay eğilimden daha büyük olmamalıdır. Bu nedenle, eğici sistem derinliği gereksinimi, bitkiyi maksimum eğici sistemin genişliğinden daha fazla eğecek şekilde olmalıdır (Zhu ve ark. 2008b).

Bu sebeple deneme alanındaki buğdayın dikleşme süreleri deneme alanının farklı bölgelerinde rastgele seçilerek kronometre kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2.1.2. Sürüklenme Önleyici Perde

Sürüklenme önleyici perde plakanın hemen arkasında veya korunan alan içinde düşük hızlı bir bölge oluşturmaktadır. Bu düşük hızlı bölge, küçük damlaların hareketinde önemli bir rol oynar. Çapı 95 µm'den daha küçük olan damlalar sürüklenmeye karşı en hassas olanlardır. Küçük damlaların hareketi, damlaların çapından daha çok, bu damlaların etrafındaki hava akış alanına bağlıdır (Tsay ve ark., 2002).



Şekil 1. Yeni sistemin teknik gösterimi

Figure 1. Technical representation of the new system

Sadece perde kullanımıyla driftin yeterince azaltılmadığı çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuş ve meme açısı ile yapılan kombinasyonlarda perde üzerindeki biriken pestisit akıntısının farklı bir problem ortaya çıkardığı belirtilmiştir (Tsay ve ark., 2002). Meme yüksekliği arttıkça, 45 cm'den sonra, drift riski artmaktadır. Bu nedenle perde yüksekliği 45 cm'lik bir alanı kaplayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Pülverizasyon sırasında ortaya çıkan pestisit sürüklenmesini önlemek amacıyla sac malzemeden özel şekillendirilerek bir panel oluşturulmuştur. 2 mm paslanmaz sac malzemeden yapılan bu kısım, hareket yönüne göre arka tarafa, bağlantı noktalarına kaynakla yerleştirilen kısa metal parçalar yardımıyla buma cıvata ile bağlanmıştır. Ayrıca bitkiye temas eden kenar yuvarlatılarak hasar olması önlenmiştir. Her bir kanat bölmesine ayrı ayrı olacak şekilde 5 adet konumlandırılmıştır. Bu kapsamda aynı koşullarda sürüklenme önleyici perdenin genişliği 25 cm derinliği ise 25 cm olarak belirlenmiştir.

### 2.1.3. Suya Duyarlı Kâğıt (WSP)

Püskürtme sonucu oluşan damla karakteristiklerini belirleyebilmek için örnekleme yüzeyi olarak suya duyarlı kâğıtlar (5x2.6 cm) kullanılmıştır. Bir scanner ile (1176x1176 pixel çözünürlükte) taranarak bilgisayara aktarılmıştır. DepositScan yazılımı kullanılarak damla analizleri yürütülmüştür (Zhuve ark., 2011; Zhu ve Sciarini, 2010). Sonuçlar hacimsel ortalama damla boyutu dağılımını ( $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.5}$  ve  $Dv_{0.9}$ ), seçilen alan yüzey kaplama yüzdesini (%), analiz edilen görüntü alanını (Görüntü Spot Alanı), tek tek damla boyutlarını (Gerçek Çap) ve toplam damla sayısını vermektedir.

$Dv_{0.1}$ : Püskürtme hacminin %10'unun bu değerden daha küçük damlacıklar halinde olduğunu ve sürükleneyen ince damlacıkların büyük bir bölümünü içerebileceğini gösterir.  $Dv_{0.5}$ : Püskürtme hacminin yarısının bu değerden daha yüksek ve yarısının daha küçük damlacıklar halinde olduğu anlamına gelir. Ortalama hacimsel damla büyüklüğü (VMD) olarak kabul edilir.  $Dv_{0.9}$ : Püskürtme hacminin %90'ının bu değerden daha küçük (veya %10 daha büyük) damlacıklar halinde olduğunu gösterir.  $Dv_{0.9}$  büyükse (örneğin 800 mikron), sprey hacminin çok fazlası birkaç büyük damlacık tarafından alınabilir. Bazı uygulamalarda uygulama yapılan tüm yüzeyleri yeterince kaplamaya yetecek kadar damlacıklar olamayabileceğinden sprey kapsamı ve etkinliği azalabilir.

### 2.1.4. Buğdayın Dikleşme Süresi

Bu amaçla dijital el tipi bir OEM C803 Dijital kronometre kullanılmıştır. De-neme alanının farklı bölgelerinde belirlenen buğday bitkileri bir çubuk yardımıyla eğilerek dikleşmesi takip edilmiştir. Rastgele alınan ölçümlerde çok farklılık gösterenler ortalamaya katılmayarak elde edilen ortalama değer bitkinin dikleşme süresi olarak kabul edilmiştir.

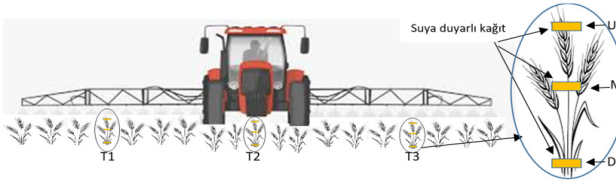


### 2.1.5. Sıcaklık-Nem-Rüzgâr Hızı Ölçer

Denemelerde meteorolojik veriler, bir LUTRON AM-4202 ve bir TESTO 605-H1 sıcaklık ve bağıl nem probu kullanılarak bir kalkan içine yerleştirilerek izlenmiştir. Sensörler bir stand üzerine monte edilerek bitki örtüsünün en üstünden 2 m yükseklikte konumlandırılmıştır. Ayrıca, sensörler traktör hattının yaklaşık 20 m uzağına konumlandırılmıştır. Veriler, uygulamadan önceki 5 dakika ve uygulamadan sonraki 5 dakika olmak üzere toplanan 10 dakikalık bir zaman dilimi içerisinde toplanarak ortalamalar alınmıştır.

### 2.2. Tarla Denemeleri

Denemelerde, alan içerisindeki püskürtme damla karakteristiklerini belirlemek için buğday tarlasına ve pestisit sürüklenmesini tespit edebilmek için uygulama alanı dışına yerleştirilen örnekleme yüzeyleri üzerine püskürtme işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla suya duyarlı kâğıtlar buğday bitkisini 3 bölüme ayıracak şekilde (başak-orta-kök) yerleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Suya duyarlı kâğıtların bitki üzerine yerleşimi

Figure 2. Placement of water-sensitive papers on the plant

Denemeler planlanırken, püskürtülen damla karakteristiklerini belirlemek amacıyla, traktör ilerleme yönüne dik gelecek şekilde 10 m aralıklarla 3 sıra (tekerür) ve her bir sırada sağ, sol ve orta kanat altına gelecek şekilde suya duyarlı kâğıtlar yerleştirilmiştir. Ayrıca damlaların sürüklenmesini saptayabilmek için uygulama alanı dışına, 10 m aralıklarla, 2.0 m uzunluğundaki çıtalar üzerine üstten 50 cm aralıklarla suya duyarlı kâğıtlar konumlandırılmıştır (Şekil 2).

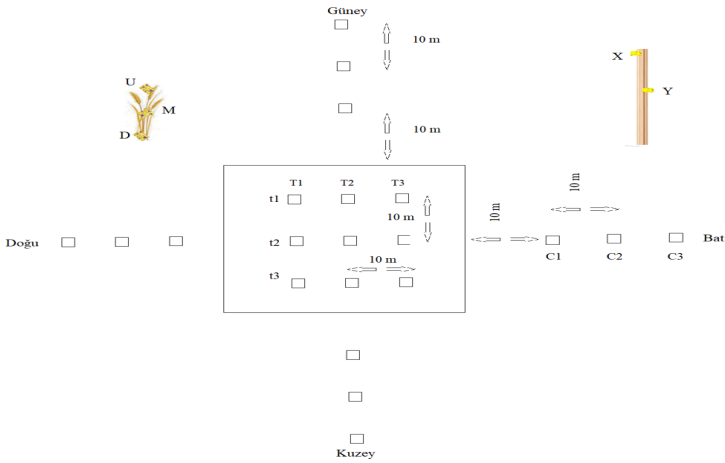
Denemelerde şehir şebeke suyu kullanılarak 2-4-6 bar basınç uygulanarak ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Traktör sabit 6km/h hızda kullanılmıştır. Uygulamalar sırasında püskürtme memeleri bitki üzerinden 25cm yükseklikte tutulmuştur. İlaç normu ise 2-4-6 bar basınca göre sırasıyla 260-370-475 litre/ha olarak kontrol edilmiştir. Bu ölçümlerde meme verdisi farklı basınçlarda sırasıyla her bir meme için 1.3-1.8-3.0 litre/dk olarak tespit edilmiştir.

Pestisit sürüklenmesini tespit etmek için farklı yönlerde 10 m aralıklarla Şekil 3 de görüldüğü gibi 2.0 m uzunluğunda çıtalar yerleştirilmiştir. Bu çıtalar üzerine en üst (X) ve 50 cm altına (Y) suya duyarlı kağıtlar sabitlenmiştir.

Püskürtme sonunda tüm suya duyarlı kâğıtlar, 5 dk. kurumaya bırakılarak toplanmış ve laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Suya duyarlı kağıtlar üzerindeki damla çapları, kaplama alanı yüzdesi, birim alandaki damla sayısı ve toplam damla sayısı hesaplanmıştır (Zhu ve ark., 2011).

Toplamda altı uygulama yapılmıştır. Klasik ve yeni sistemde 3 farklı basınç (2-4-6 bar) uygulaması yapılarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Özellikle damla büyüklükleri değerlendirilirken bazı kriterlere dikkat edilmiştir; Sürüklenme potansiyeli yalnızca hacimsel ortalama damla büyüklüğü ( $Dv_{0.5}$ ) değerine değil, damla ebatlarının toplam spektrumuna bağlıdır.  $Dv_{0.1}$  değeri ne kadar büyük olursa, sürüklenme olasılığı o kadar düşük olur.  $Dv_{0.9}$  değeri ne kadar büyük olursa, yeterli kapsama alanı sağlamak için mevcut damla sayısı o kadar az olur (Çelen, 2012).

Özelliklere ait ortalamalar arasındaki farkı belirlemek amacıyla Varyans Analiz Yöntemi (ANOVA) kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılığın hangi grup ortalamaları arasında önemli olduğunun belirlenmesi amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1993). Araştırmada verilerin analizinde SPSS (version 18,0 for Windows, SPSS Inc. Chicago, IL) paket programından yararlanılmıştır.



Şekil 3. Örneklemeye yüzeylerinin (WSP) yerleşim

Figure 3. Location of sampling surfaces (WSP)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tüm sonuçlar değerlendirilirken, Klasik ve Yeni sistem için damla dağılımı ve penetrasyon ayrı ayrı incelenmiştir. Elde edilen veriler dikkate alınarak iki sistem karşılaştırılmıştır.

#### 3.1. Tasarım

Deneme alanında bitki boyu yaklaşık 60 cm olarak belirlenmiş ve bumun bitki üzerinden yüksekliği 25 cm olarak saptanmıştır. Kronometre ile yapılan ölçümler (50 adet) sonucunda bitki itildiğinde geri eski haline gelme süresi 0.45 s olarak belirlenmiştir.

Denemelerde kullanılan püskürtme memeleri (Lechler ST 10004) Lechler (2022) kataloğu incelendiğinde 200 litre/ha debide 400 µm (VMD) damla üretmektedir. BCPC sınıflandırmasına göre Kaba (Coarse) sınıfına ISO 25358 (2020) ye göre ise Çok Kaba (Very Coarse) sınıfına girmektedir. Matthews (1992) de belirttiği üzere 400 µm büyüklüğündeki damla için damla çıkış hızı 1.62 m/s olarak alınmıştır. Bununla birlikte bitki boyu ve bumun bitkiden yüksekliği dikkate alındığında  $T_2$ : 0.43 s ve  $T_3$ : 0.16 s hesaplanmıştır.

Ayrıca Zhu ve ark., (2008b) yaptıkları çalışmada belirttiği gibi ilerleme hızı ve damlanın bitkinin alt kısmına ulaşma süresinin çarpımı sonucu eğici sistemin öne doğru genişliğinden küçük olmalıdır koşulu bu tasarımda da ( $G < T_2 \times V$ ;  $0.55 < 0.43 \times 1.66 = 0.71$ ) sağlanmıştır. Ayrıca ilerleme hızından (1.66 m/s) damla hızı (1.62 m/s) küçüktür.

Bunlara göre  $6 \text{ kmh}^{-1}$  ( $1.66 \text{ ms}^{-1}$ ) ilerleme hızında olması gereken eğicinin öne doğru genişliği hesaplanmıştır. Zhu ve ark.(2008b) de belirttiği sonuçlara göre bu değer damlaların alt kısımlara ulaşabilmesi için 57 cm ve üst kısımlara ulaşabilmesi için 15 cm olması gerekmektedir. Çalışmanın hedefi penetrasyonu iyileştirmek olduğundan ve toprağa çok pestisit bulaşması istenmediğinden 55 cm değeri kabul edilmiştir.

Buna ek olarak sürüklenme önleyici perde (paslanmaz sac) ölçüleri belirlenirken memenin bitkiden yüksekliği ve bir miktar penetrasyonu yoğunlaştırmak ve damla kaçışını önlemek için kapalı alanın 250x 250 mm boyutlarında olması sağlanmıştır. Bu maksatla şekilde verilen yeni sistemin tasarımı sağlanmıştır. Pülverizatördeki her bir bum bölümüne ayrı ayrı monte edilebilecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4 ve 5).

Tüm denemeler yöntem bölümünde belirtildiği gibi 2 m yükseklikten denemeler süresince kayıt altına alınmış ve ortalama ile ifade edilmiştir. Bu kapsamda sıcaklık 23 °C ve bağıl nem %73 olurken rüzgâr hızı ortalama Güney Doğu yönünde  $12 \text{ km h}^{-1}$  olmuştur.



Şekil 4. Ürün eğici sistem

Figure 4. Canopy opener



Şekil 5. Pestisit sürüklenmesini önleyici sistem

Figure5. Pesticide drift prevention system

### 3.2. Klasik Sistem

Klasik sistemle yapılan uygulamalarda 2-4-6 bar basınç altında toplanan tüm bölgelerde damla ölçümleri arasında görülen bazı farklılıkların sebebi olarak bitki yoğunluğu ve esen hafif rüzgârın etkisi söylenebilir. Üst üste gelmelerin varlığı örnekleme yüzeyleri üzerinde anlaşılmaktadır. Denemelere başlamadan önce püskürtme memelerinin debi kontrolü yapılmış, düzgün atıp atmadığı, tıkanma olup olmadığı kontrol edilmiştir. Tekerrürler arasında yapılan analizlerde homojen dağılım olduğu gözlenmiştir.

Tekerrürlerde tüm bitki üzerindeki farklı bölgelerdeki ortalamalara bakıldığında  $Dv_{0.1}$  değeri basınç arttıkça artış göstermiştir. 2 bar basınç altında 136-207  $\mu\text{m}$ , 4 bar basınç altında 146-193 $\mu\text{m}$  ve 6 bar basınç altında 169-209  $\mu\text{m}$  arasında değişim göstermiştir.  $Dv_{0.5}$  değeri ise çok büyük farklılıklar göstermeyerek 2 bar basınç altında 306-471  $\mu\text{m}$ , 4 bar basınç altında 333-455  $\mu\text{m}$  ve 6 bar basınç altında 359-464  $\mu\text{m}$  arasında tespit edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 414-505  $\mu\text{m}$ , 4 bar basınç altında 462-651  $\mu\text{m}$  ve 6 bar basınç altında 462-688  $\mu\text{m}$  arasında olduğu görülmüştür.

Yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %6-15, 4 bar da %6.9-14 ve 6 bar basınç altında ise %8.5-15.1 olarak saptanmıştır. Bunun yanında toplam leke miktarı

(TD) sırasıyla 98-131 adet; 132-158 adet ve 151-161 adet olmuştur. Birim alana düşen damla sayısı (DS) 2 bar basınç altında 114-158 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar da 149-185 adet/cm<sup>2</sup> ve 6 bar da 172-196 adet/cm<sup>2</sup> olup artış göstermiştir.

Damla sıklığı uygulamanın etkinliği hakkında en önemli parametrelerden bir tanesidir. Syngenta Crop Protection AG'ye göre pestisit çeşitlerine göre minimum gerekli damla sayıları insektisit ve çıkış öncesi herbisitler için 20-30adet/cm<sup>2</sup>, çıkış sonrası herbisitler için 30-40adet/cm<sup>2</sup>, Fungusitler için 50-70adet/cm<sup>2</sup> damla olarak önerilmiştir(Syngenta, 2002)

### 3.2.1. Penetrasyon

Uygulamalarda penetrasyon uygulama alanı içerisine 3 tekerrür olacak şekilde, üst-orta ve alt bölge olarak ayrı ayrı irdelenmiştir. Genel olarak beklendiği gibi tüm uygulamalarda üst kısımlarda (u bölgesi) tüm değerler yüksek tespit edilmiştir. Benzer şekilde alt kısımlarda (m ve d) ise bu değerler en düşük olmuştur.  $Dv_{0.1}$  değeri basınç arttıkça damla çaplarının basınç artışına bağlı olarak küçülmesi sonucu azalma göstermiştir. Şekil 2 incelendiğinde 2 bar basınç altında 91-259 mm, 4 bar basınç altında 96-276 mm ve 6 bar basınç altında 119-299 mm arasında değişim göstermiştir. m ve d bölgelerinde bu değerlerin büyümesine sebep olarak üst üste gelen damlalar görülmüştür. Ayrıca ıslanan bitki yüzeylerinin teması da bu sebepler katılabilir.  $Dv_{0.5}$  değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 234-746 mm, 4 bar basınç altında 241-759 mm ve 6 bar basınç altında 298-765 mm arasında tespit edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 313-653 mm, 4 bar basınç altında 333-908mm ve 6 bar basınç altında 398-958 mm arasında olduğu görülmüştür.

Ortalamalarda yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %0.76-23.05, 4 bar da %1.0-23.1 ve 6 bar basınç altında ise %3.3-28.3 olarak saptanmıştır. Bunun yanında TD sırasıyla 29-258 adet; 98-269 adet; 108-259 adet olmuştur. DS değeri 2 bar basınç altında 20.1-274 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar da 120-280 adet/cm<sup>2</sup> damla ve 6 bar da 132-297 adet/cm<sup>2</sup> damla olup artış göstermiştir.

Klasik sistem kullanılarak yapılan püskürtmeler sonucunda bitki orta bölgesinde (m)  $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.5}$ ,  $Dv_{0.9}$  değerleri belirgin değişimler göstermezken yüzey kaplama, TD, deposit cm<sup>-2</sup> değerlerinde daha belirgin olmuştur.  $Dv_{0.1}$  değeri 2 bar basınç altında 71-350 mm, 4 bar basınç altında 89-262 mm ve 6 bar basınç altında 101-268 mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeylerinin teması da bu değişime sebep olarak söyleyebiliriz.  $Dv_{0.5}$  değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 119-595 mm, 4 bar basınç altında 129-603mm ve 6 bar basınç altında 141-623 mm arasında elde edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 211-697 mm, 4 bar basınç altında 302-801 mm ve 6 bar basınç altında 312-829 mm arasında tespit edilmiştir.

Ölçümler sonucunda yüzey kaplama değeri 2 bar basınç altında %0.38-17.61, 4 bar da %0.5-24 ve 6 bar basınç altında ise %1.1-2.42 olarak saptanmıştır. Ayrıca TD değeri sırasıyla 7-207 adet; 89-220 adet; 96-234 adet olmuştur. Santimetrekareye düşen damla sayısı 2 bar basınç altında 93-158 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar da 89-232 adet/cm<sup>2</sup> damla ve 6 bar da 97-295 adet/cm<sup>2</sup> damla olup artış göstermiştir.

Penetrasyonu ortaya koyan en önemli faktör dip kısımlara kadar ulaşılabilir olmasıdır. Bu kapsamda analizler incelendiğinde damla karakteristiklerinin bu bölgede çok büyük değişim göstermediği diğer bir ifadeyle basınç artışının etkili olmadığı saptanmıştır. 2 bar basınç altında  $Dv_{0.1}$  değeri 60-202 mm. 4 bar basınç altında 88-189 mm ve 6 bar basınç altında 96-203 mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeyleri ile birlikte bitki sıklığı da buralarda etkili olmuştur.  $Dv_{0.5}$  değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 150-541 mm. 4 bar basınç altında 162-559 mm ve 6 bar basınç altında 169-559 mm arasında tespit edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 26-690 mm. 4 bar basınç altında 185-608 mm ve 6 bar basınç altında 193-602 mm arasında olduğu görülmüştür.

Örnekleme yüzeyleri incelendiğinde, basıncın artmasıyla yüzey kaplama değeri de artarak 2 bar olduğunda elde edilen yüzey kaplama değeri %0.27-14.9. 4 bar'da %1.0-15 ve 6 bar'da ise %1.2-22.3 olduğu saptanmıştır. TD değeri ise sırasıyla 18-180 adet; 38-239 adet; 58-200 adet elde edilmiştir. DS hesaplandığında 2 bar basınç altında 14.3-247 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar da 45-241 adet/cm<sup>2</sup> damla ve 6 bar da 61-254 adet/cm<sup>2</sup> damla olup artış göstermiştir.

Klasik sistemde yapılan uygulamalar sonucunda, istatistiksel açıdan ( $P < 0.05$ ) farklı basınçlarda  $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.1}$  değerleri ve YK değerlerinde basıncın bitkinin farklı bölgelerinde tespit edilen farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Ancak TD ve DS değerlerinde görülen farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

### 3.2.2. Pestisit Sürüklenmesi

Denemelerde rüzgâr hızı ve yönüne (Güney-Doğu) bağlı olarak klasik sistemde sürüklenme tespit edilmiştir. Doğu yönündeki çıtalarda damla tespit edilirken diğer yönlerdeki çıtalarda herhangi bir damla tespiti olmamıştır. Sonuçlar Çizelge 1'de görülmektedir.

Uygulama alanından 10 m aralıklarla yerleştirilen 2 m uzunluğundaki çıtalar (X-Y) üzerine yukarıdan itibaren 50 cm aralıklarla örnekleme yüzeyleri yerleştirilmiştir. Ön çıtadaki üst yüzeylerde damlalar tespit edilirken 10 m uzaklıkta yerleştirilen çıtanın alt kısmında damlalar görülmüştür. Ön taraftakilere göre arka çıtada daha küçük damlalar elde edilmiştir.

**Çizelge1.** Klasik sistemde elde edilen sürüklenen damlaçapları (mm )**Table 1.** Drifting drop diameters obtained in the classical system (mm )

	Örnekleme yüzeylerinin çیتالarda konumları	Dv <sub>0.1</sub>	Dv <sub>0.5</sub>	Dv <sub>0.9</sub>	YK	TD	DS
C	X	135	149	165	0.08	1	1.2
1	Y	--	--	--	--	--	--
C	X	56	66	82	0.02	2	1.9
2	Y	--	--	--	--	--	--

**3.3. Yeni Sistem**

Klasik sistemle yapılan uygulamalarda elde edilen uygulama alanında farklı bölgelerde farklı basınçlarda yapılan uygulama sonuçlarının ortalamaları incelendiğinde bazı farklılıkların sebebi olarak bitki yoğunluğu ve esen hafif rüzgârın etkisi söylenebilir. Ayrıca damlaların hedef yüzeyde üst üste geldikleri belirlenmiştir.

Tekerrürlerdeki ortalamalara bakıldığında Dv<sub>0.1</sub> değeri basınç arttıkça artış göstermiştir. 2 bar basınç altında 79-193 mm. 4 bar basınç altında 87-103 mm ve 6 bar basınç altında 92-128 mm arasında değişim göstermiştir. Dv<sub>0.5</sub> değeri ise çok büyük farklılıklar göstermeyerek 2 bar basınç altında 199-302 mm. 4 bar basınç altında 187-192 mm ve 6 bar basınç altında 168-272 mm arasında tespit edilmiştir. Dv<sub>0.9</sub> değeri ise 2 bar basınç altında 299-358 mm. 4 bar basınç altında 212-315 mm ve 6 bar basınç altında 206-374 mm arasında olduğu görülmüştür. Basınçla damla çapının azaldığı tespit edilmiştir.

Ortalamalarda yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %1.75-6. 4 bar da %1.5-4 ve 6 bar basınç altında ise %3.2-4.4 olarak saptanmıştır. Bunun yanında TD sırasıyla 52.8-145 adet; 52-102 adet; 36-179 adet olmuştur. Santimetrekaeye düşen damla sayısı 2 bar basınç altında 70.2-173 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar da 52-150 adet/cm<sup>2</sup> damla ve 6 bar da 69-107 adet/cm<sup>2</sup> damla olup artış göstermiştir.

**3.3.1. Penetrasyon**

Uygulamalarda penetrasyon uygulama alanı içerisine 3 tekerrür olacak şekilde. üst-orta ve alt bölge olarak ayrı ayrı irdelenmiştir. İncelendiğinde genel olarak beklendiği gibi tüm uygulamalarda üst kısımlarda (u bölgesi) tüm değerler yüksek tespit edilmiştir. Benzer şekilde alt kısımlarda (m ve d) ise bu değerler en düşük olmuştur.

$Dv_{0.1}$  değeri basınç arttıkça damla çaplarının basınç artışına bağlı olarak küçülmesi sonucu azalma göstermiştir. Çizelge 1 incelendiğinde 2 bar basınç altında 55-553 mm. 4 bar basınç altında 55-136 mm ve 6 bar basınç altında 60-217 mm arasında değişim göstermiştir. Minimum ve maksimum büyüklüklere baktığımızda ortaya çıktığı gibi, m ve d bölgelerinde bu değerın büyümesine sebep olarak üst üste gelen damlalar görülmüştür.  $Dv_{0.5}$  değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 129-304 mm. 4 bar basınç altında 114-313 mm ve 6 bar basınç altında 112-453 mm arasında tespit edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 129-473 mm. 4 bar basınç altında 111-573 mm ve 6 bar basınç altında 116-582 mm arasında olduğu görülmüştür.

Ortalamalarda yüzey kaplama değeri basınç artışıyla artış göstermiştir. Buna göre 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %0.34-16.5. 4 bar basınç altında %0.33-14.1 ve 6 bar basınç altında ise %0.04-29.8 olarak saptanmıştır. Bunun yanında TD değeri sırasıyla 12-247 adet; 28-182 adet; 1-243 adet olmuştur. DS değeri 2 bar basınç altında 15.6-347 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar basınçta 22-235 adet/cm<sup>2</sup> damla ve 6 bar basınç altında 1.2-305 adet/cm<sup>2</sup> damla olup artış göstermiştir.

Yeni sistem kullanılarak yapılan püskürtmeler sonucunda bitki orta bölgesinde (m)  $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.5}$ ,  $Dv_{0.9}$  değerleri belirgin değişimler göstermezken yüzey kaplama TD değerlerinde daha belirgin olmuştur.  $Dv_{0.1}$  değeri 2 bar basınç altında 78-319 mm. 4 bar basınç altında 58-134 mm ve 6 bar basınç altında 52-180 mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeylerinin örnekleme yüzeylerine temas etmesi sonucunda da bu değişim ortaya çıkmış olabileceğini sebep olarak söyleyebiliriz.  $Dv_{0.5}$  değeri ise basınç değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 127-631 mm. 4 bar basınç altında 111-330 mm ve 6 bar basınç altında 77-341 mm arasında elde edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 239-819 mm. 4 bar basınç altında 201-421 mm ve 6 bar basınç altında 105-460 mm arasında tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda yüzey kaplama değeri 2 bar basınç altında %0.61-11.9. 4 bar basınç altında %0.3-8.2 ve 6 bar basınç altında ise %0.4-6.65 olarak saptanmıştır. Ayrıca TD değeri sırasıyla 15-177 adet; 22-147 adet; 11-64 adet olmuştur. Santimetrekareye düşen damla sayısı 2 bar basınç altında 17.6-211 adet/cm<sup>2</sup> damla olurken 4 bar basınçta 12-298 adet/cm<sup>2</sup> damla ve 6 bar basınç altında 17-108 adet/cm<sup>2</sup> damla olup artış göstermiştir.

Penetrasyonunun başarısı diplere kadar ulaşan pestisitlerin varlığıdır. Kök bölgesine yakın örnekleme yüzeyleri incelendiğinde damla karakteristiklerinin bu bölgede çok büyük değişim göstermediği saptanmıştır. Bu bölgelerde diğer karakteristikler basınç arttıkça değişim göstermişlerdir. 2 bar basınç altında  $Dv_{0.1}$  değeri 59-326 mm. 4 bar basınç altında 55-226 mm ve 6 bar basınç altında 61-133



mm arasında değişim göstermiştir. Islanan bitki yüzeyleri ile birlikte bitki sıklığı de buralarda etkili olmuştur.  $Dv_{0.5}$  değeri ise püskürtme basıncı değişiminden çok etkilenmemiştir. 2 bar basınç altında 100-764 mm, 4 bar basınç altında 85-219 mm ve 6 bar basınç altında 91-509 mm arasında tespit edilmiştir.  $Dv_{0.9}$  değeri ise 2 bar basınç altında 116-345 mm, 4 bar basınç altında 74-352 mm ve 6 bar basınç altında 116-585 mm arasında olduğu görülmüştür.

Örnekleme yüzeyleri incelendiğinde, basıncın artmasıyla yüzey kaplama değeri de artarak 2 bar basınç altında elde edilen yüzey kaplama değeri %0.14-17.4, 4 bar da %0.2-7.2 ve 6 bar basınç altında ise %0.04-4.3 olarak saptanmıştır. TD değeri ise sırasıyla 8-212 adet; 17-210 adet; 1-54 adet elde edilmiştir. DS değeri hesaplandığında 2 bar basınç altında 8.6-242 adet/cm<sup>2</sup>damla olurken 4 bar basınç altında 11-222 adet/cm<sup>2</sup>damla ve 6 bar basınç altında 1.2-70.3 adet/cm<sup>2</sup>damla olup artış göstermiştir.

Yeni sistemde yapılan pülverizasyonlar elde edilen sonuçlar incelendiğinde, farklı basınçlarda yapılan püskürtme uygulamalarında örnekleme yüzeylerinden elde edilen  $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.5}$ ,  $Dv_{0.9}$ , YK, TD ve DS değerlerinde basınca bağlı olarak bitkinin farklı bölgelerinde tespit edilen farklılıkları istatistiksel açıdan ( $P<0.05$ ) önemsiz olduğu bulunmuştur.

### 3.3.2. Pestisit Sürüklenmesi

Yeni sistem kullanılarak yapılan denemelerde 5 m aralıklarla yerleştirilen tüm yönlerdeki çıtalar üzerine yerleştirilen örnekleme yüzeylerinde herhangi bir damla sürüklenmesine rastlanamamıştır. Bu da uygulamanın başarısını göstermiştir.

### 3.4. Yeni ve Klasik Sistemin Karşılaştırılması

Genel olarak bakıldığında meteorolojik koşulların da iyi olması sebebiyle pestisit sürüklenmesinin olmadığı ve penetrasyonunun daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bu amaçla damla karakteristikleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Şekil 5'de klasik sistemle yeni sistem arasındaki değişim yüzdelik olarak oranlanmış ve değişim oranlarına göre karakteristiklerin değişimi değerlendirilmiştir.

Genel olarak incelendiğinde tüm bölgelerde  $Dv_{0.1}$  değeri tüm basınçlarda klasik sisteme göre yeni sistemle yapılan püskürtme sonucunda artış göstermiştir. Yeni sistemden beklenen damlaların hedef dışına sürüklenme durumu azaltılmıştır. Ölçümlere bakıldığında 2-4-6 bar basınçlarda elde edilen değerler ortalama sırasıyla üst kısımlarda 138-197-111 mm, orta kısımlarda 130-93-114 mm ve alt kısımlarda ise 106-93-90 mm elde edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 177-200-228 mm, orta kısımlarda 162-165-180 mm

ve alt kısımlarda ise 129-123-136 mm elde edilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi küçük damlaların alt kısımlara doğru ulaşımı sağlanmıştır. Damla çap değerlerinin büyüdüğü ve bu duruma damlaların üst üste gelmelerinin neden olduğu düşünülmektedir.

Tüm bölgelerde  $Dv_{0.5}$  değeri klasik sistemde basınç değişimi ile farklılıklar gösterirken, basınç değişimine rağmen yeni sistemde birbirine yakın çıkmıştır. Bu değerlerde de klasik sisteme göre yükseliş göstermiştir. Bunun nedeni olarak üst üste gelme söylenebilir. Elde edilen değerler 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda 214-214-249 mm, orta kısımlarda 274-208-213 mm ve alt kısımlarda ise 227-145-196 mm olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 492-480-516 mm, orta kısımlarda 392-308-409 mm ve alt kısımlarda ise 351-344-353 mm olmuştur. Genel olarak bakıldığında yeni sistem  $Dv_{0.5}$  değerinin tüm bölgelere homojen bir dağılımın oluşmasını sağlamıştır.

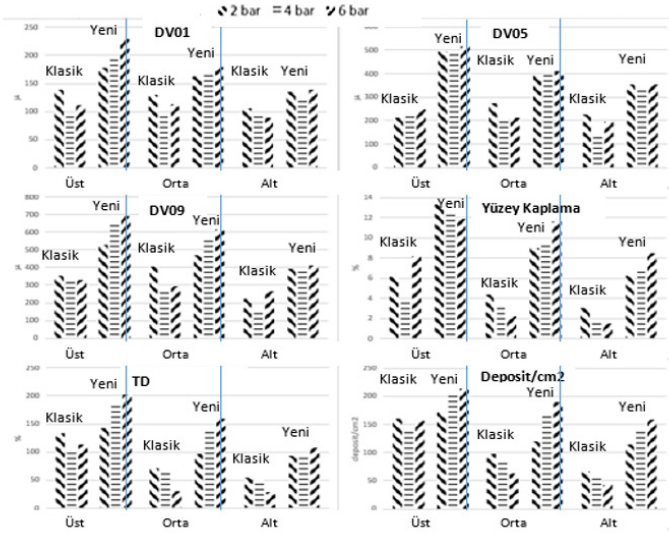
$Dv_{0.9}$  değeri yüksek basınçlarda yeni sistemin kullanılmasıyla artış göstermiştir. Örneklemeye yüzeylerinde toplanan damlalar incelendiğinde 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda 354-324-329 mm, orta kısımlarda 406-284-291 mm ve alt kısımlarda ise 226-163-265 mm olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 526-656-695 mm, orta kısımlarda 470-573-615 mm ve alt kısımlarda ise 391-386-409 mm olmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde yeni sistem  $Dv_{0.9}$  değerinin tüm bölgelere homojen bir dağılımın oluşmasını sağladığı görülmüştür.

Yüzey kaplama (YK) değerleri incelendiğinde yeni sistemin kullanımıyla değerler yükselmiştir. Özellikle 6 bar basınç altında önemli yükselişler görülmüştür. YK değeri 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda %6.1-3.8-8.1 damla orta kısımlarda %4.3-3.2-2.2 damla ve alt kısımlarda ise %3.0-1.6-15 damla olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskür damla tme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda %13.2-12.4-11.9 damla, orta kısımlarda %8.9-9.4-11.7 damla ve alt kısımlarda ise %6.2-6.6-8.4 damla olmuştur.

Yeni sistemle yapılan uygulamalarda örnekteki toplam leke miktarı (TD) değeri diğer karakteristiklerde olduğu gibi yükselmiştir. TD değeri 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısımlarda 134-101-113 adet, orta kısımlarda 71-67-31 adet ve alt kısımlarda ise 55-50-28 adet olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 142-189-204 adet orta kısımlarda 97-143-158 adet ve alt kısımlarda ise 93-96-108 adet olmuştur.

Santimetrekaredeki damla sayısı (DS) değeri özellikle 6 bar basınç altında klasik sisteme göre yeni sistem ölçümlerinde artış göstermiştir. Tüm bölgelerde basınç artışıyla artışlar gözlenmiştir. 2-4-6 bar basınçlarda ortalama sırasıyla üst kısım-

larda 160-143-156 adet/cm<sup>2</sup>damla. orta kısımlarda 97-83-62 adet/cm<sup>2</sup>damla ve alt kısımlarda ise 67-58-42 adet/cm<sup>2</sup>damla olarak tespit edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemin püskürtme sistemlerinde kullanımıyla üst kısımlarda 170-201-214 adet/cm<sup>2</sup>damla. orta kısımlarda 119-168-190 adet/cm<sup>2</sup>damla ve alt kısımlarda ise 114-137-158 adet/cm<sup>2</sup>damla olmuştur. Genel olarak resme bakıldığında yeni sistem DS değerinin klasik sistemde basınç artışıyla gösterdiği düşme yeni sistemde daha az olmuştur.



Şekil 5. Klasik ve yeni sistemle yapılan püskürtme sonucunda farklı bölgelerdeki ve farklı basınçlarda elde edilen karakteristikler

Figure 5. Characteristics obtained in different regions and at different pressures as a result of spraying with the classical and new systems

Çizelge2. Klasik sistemle yapılan püskürtme sistemlerinde elde edilen verilerin istatistiksel çıdan analizi

Table2. Statistical analysis of data obtained in spraying systems made with the classical system

Değişken	Dv <sub>0,1</sub>	Dv <sub>0,5</sub>	Dv <sub>0,9</sub>	YK	TD	DS
2	158.60±47.06 <sup>ns</sup>	407.48±116.50 <sup>ns</sup>	462.59±85.08 <sup>ns</sup>	9.50±5.75 <sup>ns</sup>	111.04±36.08 <sup>a</sup>	135.20±51.96 <sup>a</sup>
4	163.15±44.68 <sup>ns</sup>	412.37±110.22 <sup>ns</sup>	538.89±176.15 <sup>ns</sup>	9.51±4.71 <sup>ns</sup>	143.00±47.23 <sup>ab</sup>	168.82±44.73 <sup>ab</sup>
6	182.81±46.22 <sup>ns</sup>	426.41±107.88 <sup>ns</sup>	573.33±177.72 <sup>ns</sup>	10.71±4.59 <sup>ns</sup>	157.3747.23 <sup>b</sup>	187.41±44.31 <sup>b</sup>
Alt	133.00±13.32 <sup>a</sup>	349.70±29.45 <sup>a</sup>	396.04±50.34 <sup>a</sup>	7.11±3.76 <sup>a</sup>	99.63±36.70 <sup>a</sup>	136.68±61.56 <sup>a</sup>
Orta	169.52±38.45 <sup>ab</sup>	400.22±81.68 <sup>ab</sup>	552.78±120.75 <sup>ab</sup>	10.08±4.94 <sup>ab</sup>	133.07±33.46 <sup>b</sup>	159.41±42.46 <sup>ab</sup>
Üst	202.07±48.78 <sup>b</sup>	496.33±131.93 <sup>b</sup>	626.00±170.39 <sup>b</sup>	12.53±4.73 <sup>b</sup>	178.70±31.9 <sup>b</sup>	195.33±26.03 <sup>b</sup>

**Çizelge 3.** Yeni sistemle yapılan püskürtme sistemlerinde elde edilen verilerin istatistiksel açıdan analizi

*Table 3. Statistical analysis of the data obtained in the spraying systems made with the new system*

Değişken	Dv <sub>0.1</sub>	Dv <sub>0.5</sub>	Dv <sub>0.9</sub>	YK	TD	DS
2	125.19±56.87 <sup>ns</sup>	238.81±91.77 <sup>ns</sup>	328.26±97.00 <sup>ns</sup>	4.51±2.92 <sup>ns</sup>	86.89±59.39 <sup>ns</sup>	108.43±68.62 <sup>ns</sup>
4	94.78±21.40 <sup>ns</sup>	189.59±43.93 <sup>ns</sup>	257.52±86.22 <sup>ns</sup>	2.91±1.84 <sup>ns</sup>	73.03±33.19 <sup>ns</sup>	94.85±61.18 <sup>ns</sup>
6	105.22±30.96 <sup>ns</sup>	219.56±84.20 <sup>ns</sup>	295.52±117.37 <sup>ns</sup>	3.99±3.46 <sup>ns</sup>	57.55±50.64 <sup>ns</sup>	87.35±60.90 <sup>ns</sup>
Alt	96.96±36.45 <sup>ns</sup>	189.63±90.20 <sup>ns</sup>	218.44±66.18 <sup>a</sup>	2.08±1.76 <sup>a</sup>	44.48±27.63 <sup>a</sup>	56.06±32.00 <sup>a</sup>
Orta	112.56±26.54 <sup>ns</sup>	232.22±55.61 <sup>ns</sup>	327.19±78.26 <sup>ab</sup>	3.29±1.55 <sup>ab</sup>	56.78±33.09 <sup>b</sup>	81.08±34.82 <sup>ab</sup>
Üst	115.67±54.12 <sup>ns</sup>	226.11±80.00 <sup>ns</sup>	335.67±115.42 <sup>b</sup>	6.04±3.26 <sup>b</sup>	116.22±50.08 <sup>b</sup>	153.50±66.48 <sup>b</sup>

İstatistiksel açıdan ( $P < 0.05$ ) farklı basınçlarda  $Dv_{0.1}$ ,  $Dv_{0.5}$ ,  $Dv_{0.9}$  değerleri ve YK değeri ölçümlerinde basıncın bitkinin farklı bölgelerinde tespit edilen farklılıklar Klasik sistemde yapılan pülverizasyonlar sonucunda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Ancak TD, DS ve UL değerlerinde görülen farklılıklar önemli bulunmuştur. Bunun yanında yeni sistemde tüm sonuçlar arasında gözlenen farklılıklar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Ayrıca bitkinin farklı bölümleri incelendiğinde Klasik sistemde elde edilen tüm veriler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Yeni sistemle yapılan pülverizasyon da ise  $Dv_{0.1}$  ve  $Dv_{0.5}$  değerleri kendi içerisinde önemsiz bulunurken,  $Dv_{0.9}$ , YK, TD ve DS değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal mücadelede en büyük sorunlardan birisi pestisit sürüklenmesi ve damlaların homojen bir şekilde penetrasyonudur. Bu sorunu çözmek için birçok çalışma yürütülmekte ve birçok teknik ve teknoloji geliştirilmektedir. Bu çalışmada bu sorunlar giderilmeye çalışılmış damla karakteristikleri irdelenmiştir. Denemelerde basınç değişiminin etkisine bakılarak doğru uygulama şartları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Sürüklenmeyi önlemek amacıyla ilerleme yönüne göre memenin arka tarafını kapatan bir perde yerleştirilmiştir. Bu sayede gerek ilerleme hızı ile gerekse rüzgâr sebebiyle damlaların hareketi kısıtlanmıştır. Ancak bunun etkisi ile bitki üzerinde kalan damla sayısı artmıştır. Bu da aşırı bir birikime sebep olmuştur.

Klasik ve yeni sistem karşılaştırıldığında 2-4-6 bar için elde edilen sonuçlar incelendiğinde. Yeni sistemde sırasıyla %35.8-57.8-41.9  $Dv_{0.5}$  değeri değişim göstererek azalmıştır. Yüzey kaplama değeri ise basınç değişiminde (2-4-6 bar) sırasıyla yeni sistemde %60-71.4-70.8 değişim gerçekleşmiştir.

Ancak ön tarafa yerleştirilen bitki eğici sistem ile bu damlaların bitki iç kısımlarına doğru ulaşması sağlanmıştır. Böylece uygulamanın penetrasyonu iyileşmiştir. Dolayısıyla üst kısımlardaki birikme klasik sisteme göre daha fazla olmakla birlikte orta ve alt kısımlarda birikim artmıştır.

Basınç değişiminin etkisine bakıldığında basınç arttıkça genel olarak penetrasyon iyileşmiştir. Ancak damlaların üst üste gelmesi sebebiyle artış gösterirken üst yüzeylerde artışlar kaçınılmaz olmuştur.

Bu sonuçlar ışığı altında bu sistem kullanımı sırasında püskürtme memesi numarası (meme orifisi) küçültülebilir. Diğer bir ifade ile basınç arttırılabilir. Böylece daha küçük damlalar oluşacağından üst yüzeylerde görülen üst üste gelme ve birikim daha homojen olacağı beklenmektedir. Bunlara ek olarak bakıldığında damla sürüklenmesi çalışmadan da beklediği gibi önlenmiştir. Klasik sistemde görülen sürüklenme hareketi yeni sistem kullanıldığında görülmemiştir. Bu nedenle yeni sistemin başarılı olduğu söylenebilir.

Denemelerde uygulanan 4 bar basınç uygulaması ve meme delik çapının düşürülmesi çalışmanın başarısını daha da arttıracaktır. Bu araştırma sonucunda klasik sisteme göre gerek penetrasyon gerekse sürüklenme açısından ürün eğici ve drift önleyici perde elemanlarından oluşan yeni sistem başarılı olmuştur.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

## Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: NY (%50), İHÇ (%50)

Veri Toplanması: NY (%630), İHÇ (%40)

Veri Analizi: NY (%70), İHÇ (%30)

Makalenin Yazımı: NY (%50), İHÇ (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: NY (%50), İHÇ (%50)

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2023. Türkiye Bankalar Birliği Tarım sektörü Raporu. İstanbul. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.tbb.org.tr/Content/Upload/Dokuman/8960/Tarim\_Sektor\_Raporu\_130723.pdf
- Çelen, I.H., Önler, E., 2011. Reducing Spray Drift. Pesticide in The Modern World Pesticide Use and Management. Chapter 8. In Tech. Editör: Margarita Stoytcheva. Basım Sayısı:1. Sayfa Sayısı 520. Isbn:978-953-307-459-7. İngilizce(Bilimsel Kitap)
- Çelen, I.H., 2012. Tarımsal Mücadelede Püskürtme Memeleri. Toprak Ofset. Editör: İlker Hüseyin Çelen. 1. Baskı. Sayfa Sayısı 111. ISBN:978-605-86370-0-9. Türkçe(Ders Kitabı)
- Çelen, I.H., 2022. Drift Precautions When Spraying Pesticides. Recent Researches and Practices in Engineering Sciences. Chapter X. p.175. ISBN: 978-2-38236-298-3. Livre de Lyon. Lyon
- Çelen, I.H. Durgut, M. R., Kılıç, E., Avcı, G., 2009. Effect of Air Assistance on Deposition Distribution on Spraying By Tunnel Type Electrostatic Sprayer. African Journal of Agricultural Research. 4(12). 1392-1397.
- Derksen, R.C., Paul, P.A., Ozkan, H.E., Zhu, H., 2012. Field Evaluations of Application Techniques For Fungicide Spray Deposition on and Artificial Targets. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 28(3): 325-331.
- Düzgüneş, Ö., Kesici, T., Gürbüz, F., 1993. İstatistik Metotları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1291. Ders Kitabı: 369-II. Baskı. s.218. Ankara.
- Graziano, C.E.P.L., Alves, K.A., Gandolfo, M.A., Dario, G., Oliveira, R.B., 2017. Spraying Quality of Crop Protection Products Using Two Droplet Spectra in Three Periods of The Day. Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering. 37 (6), 1183-1189
- Jiang, Y., Yang, Z., Xu, X., Shen, D., Jiang, T., Xie, B., Duan, J., 2023. Wetting and deposition characteristics of air-assisted spray droplet on large broad-leaved crop canopy. Front. Plant Sci.14:1079703. doi: 10.3389/fpls.2023.1079703
- Lechler, 2022. Agricultural Spray Nozzles and Accessories. Erişildiği adres: [https://www.lechler.com/fileadmin/media/kataloge/pdfs/agrar/EN/lechler\_agriculture\_catalogue\_2022\_en.pdf]
- Matthews, G.A., 1992. Pesticide Application Methods. 2nd Ed. New York: Longman Scientific & Technical.
- Moura, B., Deuner, C.C., Visintin, G., Boller, W., 2017. Use of a Canopy Opener in Fungicide Applications to Improve Asian Soybean Rust Control. Transactions of the ASABE. 60(6): 1819-1825
- Sumner, H.R., Herzog, G.A., 2000. Assessing the effectiveness of air-assisted and hydraulic sprayers in cotton via leaf bioassay. J. Cotton Sci. 4(2): 79-83.
- Syngenta, 2002. Water Sensitive Paper For Monitoring Spray Distributions. Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection AG.
- Tsay, J., Ozkan, H.E., Fox, R.D., Brazee, R.D., 2002. CFD simulation of mechanical spray shields. Transactions of the ASAE. 45(5): 1271.
- Womac, A.R., Ozkan, E., Zhu, H., Kochendorfer, J., Jeon, H., 2022. Status of spray penetration and deposition in dense field crop canopies. Journal of the ASABE. 65(5): 1107-1117.
- Wu, S., Wei, X., 2019. Mechanical Interaction Between A Canopy Opener And Rice Stalks Based On The Transient Dynamic Analysis. Biosystems Engineering. V:178. P:256-263
- Zhu, H., Brazee, R.D., Derksen, R.C., Fox, R.D., Krause, C.R., Ozkan, H.E., Losely, K., 2006. A specially designed air-assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops. Transactions of the ASABE. 49(5): 1285-1294.
- Zhu, H., Brazee, R.D., Fox, R.D., Derksen, R.C., Ozkan, H.E., 2008a. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: Part 1. Mathematical models to assist opener development. Trans. ASABE. 51(6): 1905-1912. https://doi.org/10.13031/2013.25389
- Zhu, H., Derksen, R.C., Ozkan, H.E., Reding, M.E., Krause, C.R., 2008b. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: part 2: opener design with field experiments. Transactions of the ASABE. 51(6): 1913-1922.
- Zhu, H., Salyani, M., Fox, R.D., 2011. A Portable Scanning System For Evaluation Of Spray Deposit Distribution. Computers and Electronics in Agriculture 76:38-43
- Zhu, H., Sciarini, S.M., 2010. DepositScan Manual: Portable Scanning System for Spray Deposit Qualification US-DA-ARS Application Technology Research Unit. Wooster. Ohio. USA.

