

NÖVÉNYVÉDELMI FÚVÓKÁK CSEPPMÉRETÉNEK ELEMZÉSE

DROPLET SIZE ANALYSIS OF SPRAY NOZZLES

Pásztor Judit,¹ Kakucs András,² Timár Zoltán,³ Egyed-Faluvégi Erzsébet⁴

Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia

¹ pjudit@ms.sapientia.ro

² kakucs2@ms.sapientia.ro

³ timar.zoltan@yahoo.com

⁴ faluvegi.erzsebet@ms.sapientia.ro

Abstract

In this paper we present laboratory equipment illustrating the operation of spraying nozzles, which is suitable for studying the basic processes of spraying and for measuring and evaluating the methods used in the control of sprayers. The equipment allows the monitoring of the spray film formed by the nozzles, measuring the yield of the nozzle and determining the size of the droplets formed. In the dissertation we explore the factors influencing the droplet size. We compare the average droplet diameter of the droplets formed by the three hydraulic principle nozzles. Based on the average droplet diameters, the operation of the spray nozzles is analyzed and conclusions are drawn.

Keywords: *plant protection, nozzles, droplet size, water-sensitive paper.*

Összefoglalás

Jelen dolgozatban egy növényvédelmi szórófúvókák működését szemléltető laboratóriumi berendezést mutatunk be, amely alkalmas a permetezés alapvető folyamatainak tanulmányozására, illetve a permetezőgépek ellenőrzésénél alkalmazott mérési, értékelési módszerek szemléltetésére. A berendezés lehetővé teszi a fúvókák által létrehozott permethártya megfigyelését, a fúvóka hozamának mérését, valamint a keletkezett cseppek méretének a meghatározását. A cikkben feltárjuk a cseppméretet befolyásoló tényezőket. Három, különböző hidraulikus elven működő fúvóka által képzett cseppek közepes cseppátmérőjét hasonlítjuk össze. A cseppek közepes átmérőinek alapján a szórófúvókák működését elemezzük és következtetéseket vonunk le.

Kulcsszavak: *permetezés, szórófúvóka, cseppméret, vízázérékeny papír.*

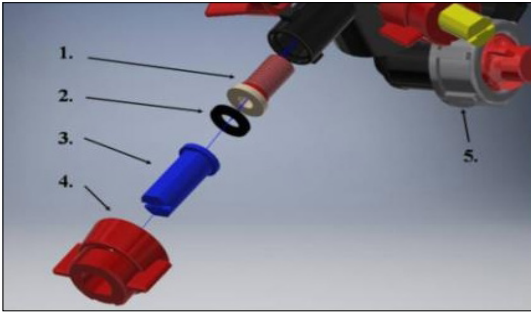
1. Bevezetés

A növényvédelmi szórófúvókák a permetlé cseppekre való bontását valósítják meg.

A cseppek átlagos átmérője alapján megkülönböztetnek: permetezést, a cseppek mérete 80%-ban 150–750 µm közötti; porlasztást, a cseppek 80%-a 50–150 µm közötti; ködképzést, a cseppek 80%-a 0,5–50 µm közötti. [1]

A cseppképzés történhet hidraulikusan, pneumatikusan, mechanikusan, illetve termikusan [1].

A permetezőgépek általában hidraulikusan képzett cseppeket juttatnak a növényzetre. A cseppek képzése szórófúvókák segítségével történik. Egy szórófúvóka felépítése a következő (1. ábra): 1 – szűrő; 2 – tömítés; 3 – szórófúvóka; 4 – bajonettzár; 5 – utáncsepegés-gátló.



1. ábra. A szórófej felépítése

1.1. A hidraulikus cseppképzés elméleti háttere

A hidraulikus cseppképzés során a permetlé cseppekre bontása a szórófúvóka nyílásán nyomás alatt átáramló folyadékra ható erők hatására történik. A hidraulikus cseppképzés cirkulációval, örvényléssel vagy ütközéssel történhet.

Az örvényléssel képződő cseppek kör keresztmetszetű fúvókanyíláson keresztül haladva üregek kúp hártát képeznek (2. ábra).

Az ütközéssel képződő cseppek a folyadék szilárd felülettel, illetve folyadék folyadékkal való ütközése során, egy nyíláson keresztül haladva sík, legyezőszerű hártát képeznek. Ezeket a fúvókákat használják a leggyakrabban. Rése fúvókáknak is nevezik őket (2. ábra).

1.1.1. Áramlástechnikai összefüggések

A hidraulikus cseppképzésű szórófúvókák által képzett cseppek közepes átmérőjének összefüggése:

$$d_{csepp} = \frac{8 \cdot \sigma_f}{\rho_{levegő} \cdot v^2 \cdot \alpha_k} \quad [m] \quad (1)$$

ahol: σ_f – a permetlé felületi feszültsége, [N/m],
 $\rho_{levegő}$ – a levegő sűrűsége, [kg/m³];
 v – a folyadék kilépési sebessége, [m/s];
 α_k – a légellenállási együttható.

A cseppképzőből kilépő folyadékáram sebessége

$$v = \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_{permetlé}}} \left[\frac{m}{s} \right], \quad (2)$$

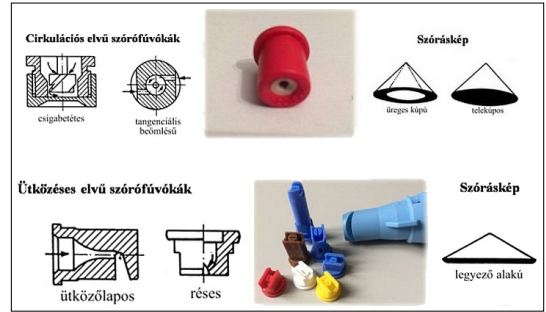
ahol: μ – szűkítési tényező, [-],

Δp – a cseppképző nyomáskülönbség, [Pa];

$\rho_{permetlé}$ – a permetlé sűrűsége, [kg/m³].

A szűkítési tényező a fúvókán kilépő folyadéksugár átmérője és a fúvóka kilépési átmérőjének aránya:

$$\mu = \frac{d_{sugár}}{d} \quad [-], \quad (3)$$



2. ábra. Hidraulikus cseppképzésű szórófúvókák felépítése, nyílása, szórásképe [1]

ahol: $d_{sugár}$ a fúvókán kilépő folyadéksugár átmérője, [m] és d a fúvóka kilépési átmérője, [m].

Összegezve az (1), (2) és (3) összefüggéseket:

$$d_{csepp} = \frac{8 \cdot \sigma_f}{\rho_{levegő} \cdot \left(\mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_{permetlé}}} \right)^2 \cdot \alpha_k} \quad [m], \quad (4)$$

$$d_{csepp} = \frac{4 \cdot \sigma_f \cdot \rho_{permetlé} \cdot d^2}{\rho_{levegő} \cdot \mu^2 \cdot \Delta p \cdot \alpha_k} \quad [m]. \quad (5)$$

Az (5) összefüggés feltárja a hidraulikusan képzett csepp közepes cseppátmérőjét befolyásoló fizikai mennyiségek közti kapcsolatot. A közepes cseppátmérőt befolyásolja a permetlé felületi feszültsége, a cseppképző nyomáskülönbség, a permetlé sűrűsége, a fúvóka kilépési átmérője, nyílása.

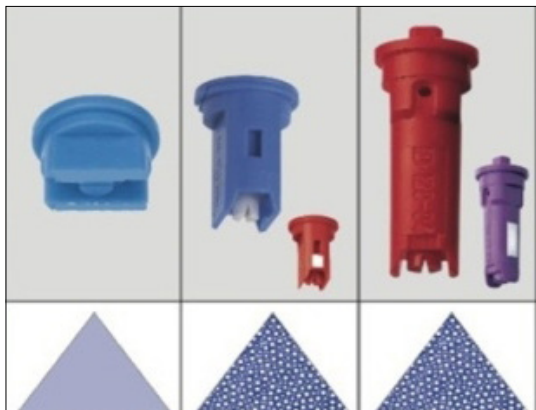
A cseppképzés történhet kis nyomáson, 5 bar-értékig, közepes nyomáson, 5–15 bar között, és nagy nyomáson, 15 bar fölött [1].

Cél a cseppátmérő csökkentése, ugyanis adott térfogatú permetlével nagyobb felület fedhető be. A befedhető felület összefüggése:

$$A = 1,5 \cdot V_f \cdot \beta^2 \cdot d_{csepp}^{-1} \quad [m^2] \quad (6)$$

ahol V_f a folyadékmennyiség, [m³], β pedig a szétterületési tényező (adimenzionális).

Az apró cseppek könnyen elsodrónak, ami veszteséget és fokozott környezetterhelést jelent. Ennek kiküszöbölésére terjedtek el a rése légbeszívásos szórófúvókák és a kompakt rése légbeszívásos szórófúvókák, amelyek légzárványokat hoznak létre az áramló permetlében. A légzárványos permetlé nagyobb cseppekre bontva érzékeny a növény felületére, ott a légköri nyomás hatására szétrobban, és jó fedést biztosít (3. ábra). A nagy cseppek érdekében a rése fúvókák kilépő nyílásainak mérete nagyobb, mint az azonos jelzésű standard fúvókáké.



3. ábra. Réses standard és légbeszívásos fűvókák szórásképe

2. A cseppméret vizsgálata

Dolgozatunkban a hidraulikus elvű, réses szórófűvókák által képzett cseppek méretét kívánjuk tanulmányozni.

A cseppméret meghatározása történhet:

- kamerával;
- vízerzékeny papír segítségével.

A kamerával való cseppmeghatározás igen költséges, ezért vízerzékeny papír segítségével elemezzük, tanulmányozzuk a réses fűvókák cseppméretét.

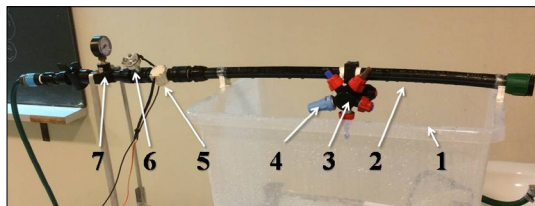
A vízerzékeny papír 26x76 mm² területű merev papír, amely sárga színű speciális bevonattal van ellátva. Vízrel érintkezve kékre színeződik. Ezt a módszert terepen való használatra fejlesztették ki. A papírt kihelyezik a permetezendő területre, majd permetezés után a megszáradt papírt összehajtogatják. Az eredmények kiértékelése történhet:

- referenciamintákkal való összehasonlítással;
- cseppek nagyító segítségével való számolásával, mérésével;
- számítógépes képfeldolgozással [2].

A vízerzékeny papír alkalmas a permeteloszlás, a cseppek sűrűségének és méretének ellenőrzésére [3].

2.1. Kísérleti berendezés

Létrehoztunk egy laboratóriumi berendezést, melynek segítségével a permetezést szimuláltuk. A berendezés lehetővé teszi a hidraulikus elvű, ütközéses cseppképzés megfigyelését. A növényvédelem alapvető folyamatainak a tanulmányozása érdekében a berendezésen nyomásmérés, hozammérés történik. A cseppképző nyomást egy centrifugál-szivattyú hozza létre. A berendezés részei a következők: 1 – tartály; 2 – csővezeték;



4. ábra. Kísérleti berendezés

3 – szórófej, benne a 4 – szórófűvóka. A felszerelt szórófej négy fűvóka fogadására alkalmas. A berendezés átfolyásmérő szenzorral (5), nyomásmérő szenzorral (6) és analóg nyomásmérővel (7) van felszerelve. A víz elvezetését lefolyóval oldottuk meg (4. ábra).

Az adatok gyűjtése Arduino Mega 2560 típusú mikrovezérlővel történik.

2.2. A vizsgálat módszere, menete

A dolgozatban laboratóriumi körülmények között történő cseppképzést vizsgáltunk, vízerzékeny papíron megjelenő vízfolt méretének meghatározása alapján.

A cseppképzést egy kisebb és egy nagyobb cseppképző nyomás esetén vizsgáltuk. Mérésenként 8 nyomás-adatot rögzítettünk, átlagot számoltunk. Az eredményeket a 7–9. ábrákon és az 1–2. táblázatokban tüntettük fel.

A vizsgálatot három szórófűvókán végeztük (5. ábra):

- Lechler SC-110-03 standard fűvókán;
- Lechler IDK-120-03 kompakt légbeszívásos fűvókán;
- Lechler ID-120-03 légbeszívásos fűvókán.

A 03-as számcsoport a keletkező csepp méretére enged következtetni, amelyet a fűvókák szabványos kék színével tesznek szemléletessé.

A laboratóriumi permetezés során a szórófejet manuálisan mozgattuk a vízerzékeny papír fölé 50 centiméter magasságban, mivel ilyen magasságban történik valós üzemeltetés közben is a permetezés [4]. A mozgást gyorsan végeztük, annak érdekében, hogy kevés csepp ülepedjen le a papírra. A vízerzékeny papírt mindig a szórófűvóka permethártyájának függőleges szimmetriatengelyébe helyeztük, a tengelyre merőlegesen.



5. ábra. A vizsgált szórófűvókák

A vízérezékeny papírlapok alá nedvszívó papírt helyeztünk, azért, hogy a szilárd felületről visszapattanó cseppek ne befolyásolják a mérés pontosságát (6. ábra).

A permetezéssel kezelt papírokat száradás után kemény alapra ragasztottuk, a szerszámmikroszkóppal való mérések elvégzése érdekében (7. ábra).

2.3. Adatok gyűjtése és feldolgozása

Szerszámmikroszkóp segítségével minden lapon összesen 10 darab vízfolt méretét határoztuk meg. A méréseket egy Carl Zeiss gyártmányú szerszámmikroszkóppal végeztük.

Azokat a foltokat mértük, amelyek szabályos kör alakot mutattak és rendelkeztek egy sötétebb, határozott körvonallal. A többi folt feltehetően több csepp egyesüléséből jött létre, és a vizsgálat szempontjából nem fontos a méretük meghatározása. A körvonal fontos a szerszámmikroszkóp szállkeresztjének pontos elhelyezésében (8. ábra).

A mérésre kiválasztott foltok körvonalán három helyzetet határoztunk meg. A három ponthelyzetből AUTOCAD program segítségével a d_{folt} átmérőt számoltuk ki.

A foltméret segítségével cseppátmérőt számoltunk. A cseppátmérő meghatározásánál figyelembe vettük, hogy a cseppek a felületen szétterjednek, így az elemzéshez szükséges a β szétterüلسégi tényező. A szétterüلسégi tényező a foltméret és a cseppek mérete, d csepp közötti különbség korrigálására alkalmas. A gyártó foltméret-intervallumokhoz állapít meg szétterüلسégi tényezőt. A vízpermet szétterüلسégi tényezőjének értékei, 20 °C-on, 40% relatív páratartalom, és ülepedési sebesség mellett az alábbi regressziós összefüggéshez vezetnek [3]:

$$\beta = 0,000857 \cdot d_{folt} + 1,633333 \quad (7)$$

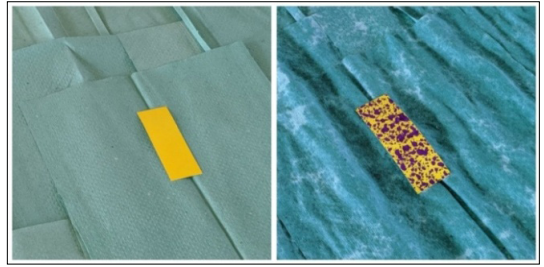
A cseppméret meghatározásának összefüggése:

$$d_{csepp} = \frac{d_{folt}}{\beta} \quad [mm]. \quad (8)$$

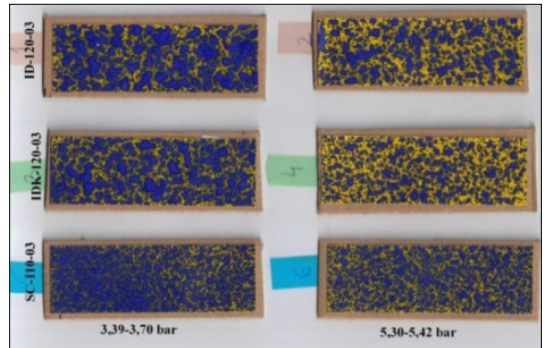
A mért és számolt adatokat az 1. táblázatba gyűjtöttük.

Az eredményeket összevetettük a gyártó által megadott adatokkal. A szavatolt cseppméretet a vizsgált szórófúvókák esetében a 2. táblázat tartalmazza.

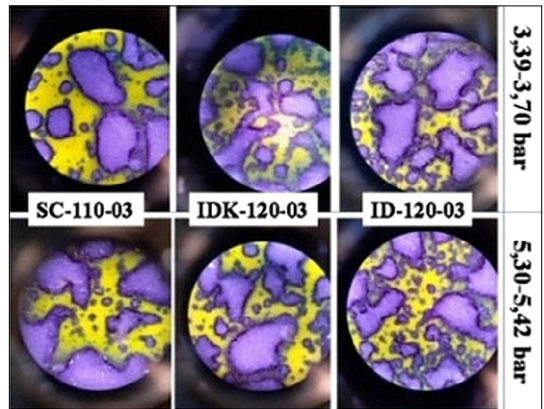
Végül az adatokat megjelenítettük (9. ábra).



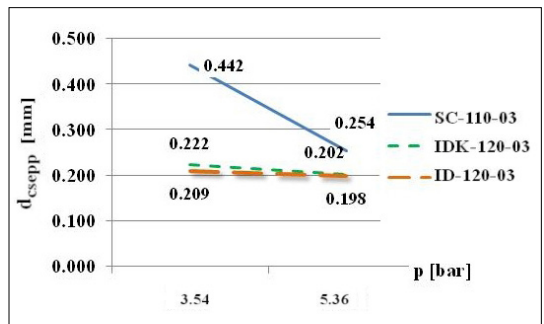
6. ábra. Vízérezékeny papír kezelés előtt és után



7. ábra. Permetezéssel kezelt vízérezékeny papírok



8. ábra. Foltméretek meghatározása



9. ábra. Kísérlet során a vízérezékeny papíron felfogott cseppek mérete

1. táblázat. Mért és számolt adatok

p [bar]	SC-110-03				IDK-120-03				ID-120-03			
	3.39		5.3		3.77		5.42		3.66		5.37	
d [mm]	d _{folt}	d _{csepp}	d _{folt}	d _{csepp}	d _{folt}	d _{csepp}	d _{folt}	d _{csepp}	d _{folt}	d _{csepp}	d _{folt}	d _{csepp}
1	0.274	0.168	0.410	0.251	0.447	0.274	0.280	0.171	0.465	0.284	0.353	0.216
2	0.411	0.252	0.574	0.351	0.354	0.217	0.397	0.243	0.262	0.160	0.248	0.152
3	0.341	0.209	0.534	0.327	0.282	0.173	0.410	0.251	0.284	0.174	0.317	0.194
4	0.722	0.442	0.516	0.316	0.335	0.205	0.362	0.222	0.337	0.206	0.332	0.203
5	0.647	0.396	0.400	0.245	0.458	0.280	0.295	0.180	0.324	0.199	0.329	0.201
6	0.943	0.577	0.429	0.262	0.408	0.250	0.334	0.205	0.323	0.197	0.359	0.220
7	0.335	0.205	0.234	0.143	0.323	0.198	0.344	0.210	0.308	0.188	0.331	0.202
8	0.319	0.196	0.384	0.235	0.363	0.222	0.238	0.146	0.303	0.185	0.284	0.174
9	1.104	0.675	0.276	0.169	0.302	0.185	0.342	0.209	0.535	0.328	0.332	0.203
10	2.123	1.299	0.388	0.238	0.357	0.219	0.298	0.182	0.267	0.163	0.344	0.211
átlag [mm]	0.442		0.254		0.222		0.202		0.209		0.198	
szórás [mm]	0.121		0.004		0.001		0.001		0.003		0.000	

2. táblázat. A gyártó által szavatolt cseppméretek [5], [6]

p [bar]	d _{csepp} [mm]		
	SC-110-03	IDK-120-03	ID-120-03
3,39-3,70	0,200-0,250	0,400-0,450	0,500-0,550
5,30-5,42	0,190-0,200	0,300-0,350	0,450-0,500

3. Következtetések

A cseppképzés nagyon összetett folyamat.

A cseppképzés elmélete alapján a kisebb kilépő nyílás mellett apróbb cseppek képződnek. A megfigyelésünk esetében ez nem igazolódott. Az SC-110-03 típusú standard réses fúvóka, a legkisebb nyílással rendelkező fúvóka által kezelt vírzékeny papíron határoztuk meg a legnagyobb cseppméretet. Ez azzal magyarázható, hogy a gyártó ezt a fúvókát 2 bar alatti nyomásra javasolja. Valószínűsíthető, hogy a nagyobb nyomáson keletkezett igen kicsi méretű cseppek az ülepedés során egyesültek, így alkothattak nagyobb méretű foltokat.

A cseppméret alakulása a nyomás függvényében mindhárom fúvóka esetében igazolódott, nagyobb nyomáson kisebb méretű cseppek keletkeznek.

Az IDK-110-03 és ID-110-03 fúvóka közel azonos méretű cseppeket hozott létre. Ezek a cseppméretek kisebbek, mint a gyártó által szavatoltak. A jelenség azzal is magyarázható, hogy az általunk mért cseppek az utólagos csepprobbanás eredményei.

A kísérlet magyarázza a szakirodalomban leírt és ismertetett folyamatokat, azonban nem szem-

lélteti a légzárványokat, csak következtetni lehet a jelenlétükre.

A megvalósított berendezés alkalmas a permetezés laboratóriumi körülmények közötti megfigyelésére, a fúvókátípus és cseppméretek közötti összefüggések tanulmányozására, a permethártya megfigyelésére, azonban a cseppméret meghatározása a vírzékeny papír és mikroszkóp segítségével pontatlansághoz vezethet.

A mérési módszer pontosabbá tétele érdekében további kutatást javasolunk.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Láng Z.: *A zöldség-, dísznövény- és szaporítóanyag-termesztés berendezései és gépei*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999. 142–155.
- [2] Hoffmann W. C., Hewitt A. J.: *Comparison of Three Imaging Systems for Water-Sensitive Papers. Applied Engineering in Agriculture*. American Society of Agricultural Engineers, ISSN 0883-8542. 21(6) 2005. 961–964.
https://www.researchgate.net/publication/43254997_Comparison_of_three_imaging_systems_for_water-sensitive_papers
- [3] Instructions for Water Sensitive Paper, 9950-0028, 2006.
<http://www.frostserv.com/WSPinstructions.pdf> (letöltve: 2019. november 15.).
- [4] https://www.lechler.com/fileadmin/media/kataloge/pdfs/metallurgy/EN/lechler_brochure_rolling_en.pdf (letöltve: 2019. november 19.)
- [5] Pályi B.: *Permetezőgépek üzemi beállítása, ellenőrzése*. Agrónapló, 2019/2.79–82.
<https://www.agronapló.hu/szakfolyoirat/2019/02/gepesites/permetezogepek-uzemi-beallitasa-ellenorzese> (letöltve: 2019. november 15.).
- [6] <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2016/11/spray-application-workshop-liquid-flow.pdf> (letöltve: 2019. november 19.)