

## Légbeszívásos és hagyományos réses fúvókák elsodródási jellemzőinek vizsgálata

### *Investigation of the Drift Characteristics of Air-Induction and Conventional Flat-Fan Nozzles*

Lönhárd Miklós<sup>1\*</sup>, Pályi Béla<sup>2</sup>, Cseke Botond<sup>3</sup> és Szilágyi Attila<sup>4</sup>

<sup>1</sup>lonhard.miklos@uni-mate.hu

<sup>2</sup>palyi.zsigmond.bela@uni-mate.hu

<sup>3</sup>cseke.botond.andras@uni-mate.hu

<sup>4</sup>szilagyi.attila@uni-mate.hu

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet,  
Agrárműszaki Tanszék, Georgikon Campus

\*Levelezőszerző: lonhard.miklos@uni-mate.hu

**Összefoglalás:** A légbeszívásos fúvókákat már évtizedek óta használjuk a szántóföldi növényvédőgépeken. A marketing-szövegek szerint a jelenleg még mindig elterjedt hagyományos réses fúvókákkal összehasonlítva "nő a permetezés egyenletessége és hatékonysága". Legfőbb jellemzőjük, hogy a porlasztás során nagy, légbuborékokkal telített cseppeket képez, amely több szempontból is előnyös. Egyrészt a nagy cseppek elsodródási hajlama csekélyebb, másrészt a légzárványok miatt a célfelületre érkeve kisebb cseppekre esnek szét, ami jobb fedettséget eredményez. Ezeket az előnyöket a szakirodalom szerint nagy számú, főként laboratóriumi, de üzemi körülmények között is elvégzett mérés bizonyítja. Ez utóbbiak esetében a permetezési művelet munkaminőségét sok tényező befolyásolja egyszerre, amelyek együttes hatása sokszor nem számítható ki előre. Ebben a tanulmányban hagyományos réses-, illetve légbeszívásos fúvókákkal végzett permetezési műveletek munkaminőségi jellemzőit hasonlítottunk össze. Vizsgálataink meghatározott üzemeltetési jellemzők mellett meglepő eredménnyel zárultak.

**Kulcsszavak:** szántóföldi permetezés, munkaminőség, elsodródás, permetlé-lerakódás, hatékonyság

**Abstract:** Air intake nozzles have been used on field crop protection machines for decades. According to the marketing texts, compared to the traditional flat-fan nozzles that are still common today, "spray uniformity and efficiency are increased." Their main characteristic is that they form large droplets saturated with air bubbles during atomization, which have got many advantages. On the one hand, the tendency of the spray-drifting is less, and on the other hand, due to the air inclusions, they break up into smaller droplets on target surface, causing better coverage. According to the literature, these advantages are proven by a large number of measurements, mainly in the laboratory, but also in operating conditions. In the case of the latter, the work quality of the spraying operation is influenced by many factors at the same time, the combined effect of which often cannot be calculated in advance. In this study, we compared the spray drifting

characteristics of traditional flat-fan nozzles and air intake nozzles. Our tests ended with surprising results in addition to certain operating characteristics.

**Keywords:** *field sprayer, working quality, spray drift, deposition, efficienc*

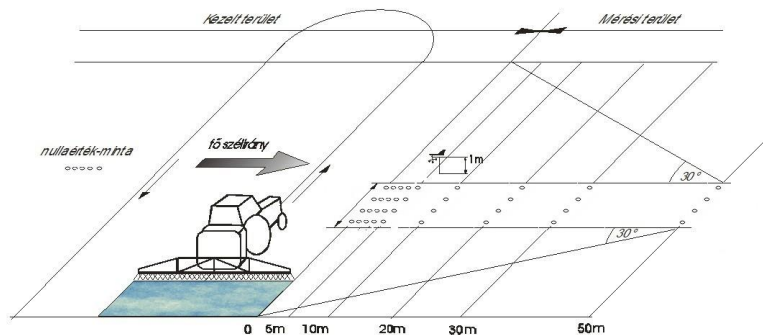
## 1. Bevezetés

A permetezési technológiákkal szemben egyre szigorúbb műszaki, alkalmazástechnikai követelmények lépnek életbe. Céljük, hogy a permetszert minél nagyobb arányban, de anyagtakarékosan, a környezet terhelése szempontjából legkedvezőbb módon, a célfelületre juttassuk (Gulyás, 2009; Pályi, 2011). Az elsodródást csökkentő szórófejek széles választékban érhetőek el a piacon, de a különböző gyártók termékeinél a működési elv, illetve a műszaki tartalom többnyire azonos. (Csizmazia, 2006). Az elsodródáscsökkentő fűvókáknál a legfőbb alapelv, hogy lényegesen durvább cseppeket képeznek ugyanabban a nyomás-tartományban, mint a hagyományos réses fűvókák, mivel az apróbb, 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb átmérőjű cseppek elsodródási hajlama nagyobb. Laboratóriumban, lézeres csepphanalizátor segítségével számos összehasonlító vizsgálatot végeztek a hagyományos és a korszerű fűvókák cseppképzésére. Az adatokból kitűnik, hogy például a hagyományos réses fűvókák (Lehrer 11004, TeeJet 11004 VP) által képzett cseppek  $VMD_{0,5}$  értéke a gyártó által előírt nyomás-tartományban (2-4 bar) 143,1-190,7  $\mu\text{m}$  között változott, a  $VMD_{0,1}$  értéke pedig 48,3-74,7  $\mu\text{m}$  között volt, míg ugyanebben a nyomás-tartományban az elsodródáscsökkentő fűvókák (Lehrer AD12004 C, TeeJet DG 11004 VS) esetében  $VMD_{0,5} = 180,9\text{-}298,4 \mu\text{m}$ , illetve  $VMD_{0,1} = 76,8\text{-}110,2 \mu\text{m}$  értékeket mértek. Az injektoros fűvókák (Lehrer ID 12004, TeeJet AI 110 04VS) 3-8 bar üzemi nyomástartományában a  $VMD_{0,5}$  értéke 204,6-471,9  $\mu\text{m}$  közötti, az elsodródás szempontjából kulcsfontosságú  $VMD_{0,1}$  pedig 84,4-181,2  $\mu\text{m}$  (Gulyás és Kovács, 2004). A Turbo TeeJet (TT), és a TurboDrop (TD) típusú fűvókáinak cseppspektrumából kiolvasható, hogy a teljes porlasztott permetlé mennyiség 4-5 %-a esik a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb átmérőjű tartományba, míg ugyanezen gyártók hagyományos lapos sugarú (XR) fűvókáinál ez az érték jóval magasabb, 20-33% közötti. Permetezési nyomástól függően a TT fűvókáknál az  $VMD_{0,5}$  értéke 16-54%-kal nagyobb, mint az XR fűvókáknál. (Derksen és mtsai., 1999). Az elsodródás jelenség elsődleges okozójaként a permetezési művelet alatti oldalszelet tartjuk. Számos laboratóriumi kutatás programját határozták meg ezért a szélcsatornás mérések. Az eredmények szerint ugyan még a 400  $\mu\text{m}$  átmérőjű cseppek is mutatnak hajlamot elsodródásra, de a legnagyobb veszélyt 150  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek jelentik (Yates és mtsai., 1985). Bode szerint a cseppméret és az elsodródási potenciál közötti összefüggés inszignifikáns, döntően a szélesebségtől függ, de a 150-200  $\mu\text{m}$ -es cseppméret-, és a 0,5-4 m/s szélesebség-tartomány között vannak csak feltárt összefüggések (Bode, 1984). Derksen szélesatornában történt mérései szerint 5 m/s-os oldalszél esetén, azonos fűvókaméret (04-es) és folyadékadagolás (1,5  $\text{dm}^3/\text{min}$ ) mellett a fűvókától 2,2 m-re elsodródott permetlé mennyiségében óriási különbség mutatkozik. A hagyományos réses (XR) szórófejhez viszonyítva a TT fűvóka esetében 61%-ra, a TD esetében pedig 19%-ra csökkent a célfelületen kívül lerakódott vegyszer mennyisége (Derksen et al., 1999). Üzemi körülmény között jóval kevesebb publikáció született. Hazánkban a legkiterjedtebb, komplex vizsgálatok Keszthelyen folytak (László, 2006; László és mtsai, 1998; László és mtsai, 2000; László és mtsai, 2001; László és mtsai, 2004), ahol többek között az alkalmazott fűvókák mérete, a permetezési nyomás (kialakuló cseppméret) és a menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásait együttesen vizsgálták. Eredményeik a rögzített peremfeltételek mellett többnyire igazolták a környezetkímélő technológiák előnyeit, feltárták viszont az emelt (8 km/h feletti) menetsebesség veszélyeit. A gyakorlatban (főként a laboratóriumi mérések eredményeire hivatkozva) a gyártók a hagyományos fűvókák használatát 2 m/s szélesebséggig ajánlják, míg az injektoros fűvókákkal történő permetezést 4-5 m/s-os szélben is

biztonságosnak tartják (Dimitrievits, 2005). A hazai jogi szabályozás megengedőbb, a jelenleg hatályos 43/2010. (IV. 23.) növényvédelmi tevékenységről szóló FVM rendelet 9. § 2. bekezdése szerint: „növényvédő szeres permetezés 4 m/s szélességgig, levegőrásegítéses kijuttatási vagy légbeszívásos permetcsepp-képzési technikával 6 m/s szélességgig végezhető”.

## 2. Anyag és módszer

Az üzemi körülmények között végzett vizsgálataink esetében törekedtünk arra, hogy a permetezési művelet munkaszélessége 18 m, a munkasebessége 10 km/h, a kijuttatási dózis 200 dm<sup>3</sup>/ha legyen, az oldalszél pedig legalább 2 m/s sebességű. A vizsgálatok elvégzéséhez két gépcsoportot állítottunk össze. Az 1. gépcsoport Zetor 6341 típusú traktor és Forrás 2000/18 típusú permetezőgép voltak, amelyen két fúvókakészletet üzemeltettünk, egy hagyományos réses kivitelűt (TeeJet XR 11004 VK), illetve egy légbeszívásos (injektoros) változatot TeeJet AI 11004, amely általánosan a környezetkímélő, kisebb elsodródási jelenséget produkáló technológiák közé sorolható. A permetezőgép sebességarányos dózisszabályzóval volt ellátva, emiatt a permetezési nyomást nem módosíthattuk, katalógusadatok szerint a fenti üzemeltetési tényezőkhöz 4 bar körüli permetezési nyomás szükséges. Ezzel a gépcsoporttal Bábolna külterületén, egy frissen aratott, növényállomány nélküli szántóföldön folytak a mérések. A 2. gépcsoport MTZ 952.3 típusú traktor és Huniper 3000/18 típusú permetezőgép volt, Lechner ST 11005 POM (hagyományos réses), illetve GeoLine AD 04.D (alacsony nyomású, kettős lapos sugarú) típusú fúvókákkal felszerelve. Mivel a környezetkímélő fúvókátípus alacsonyabb nyomáson üzemel, az összehasonlíthatóság miatt eggyel nagyobb méretű (11005) hagyományos réses fúvókát kellett alkalmaznunk, így a kijuttatási dózis és a nyomás azonos lett, de a réses fúvókátípus esetében a menetsebességet kényszerűen 8 km/h-ra csökkentettük. Így mindkét fúvókátípus esetében a katalógusadatok szerinti 2 bar körüli nyomás alakult ki a gépre szerelt sebességarányos dózisszabályzónak köszönhetően. A mérések helyszíne egy Pápa külterületén fekvő, szintén növényállomány nélküli (kukorica tarló) sík terület volt. A gépcsoportok haladási irányát mindkét esetben a szélirányra merőlegesen jelöltük ki.



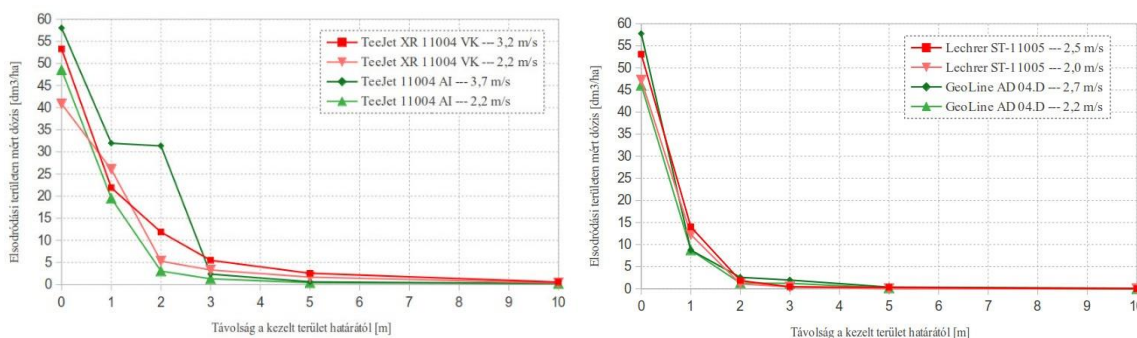
1. ábra: Az elsodródás-vizsgálatok mérési területének vázlatja

Az elsodródási területen a mérővonalakat a kezelt terület szélétől, szélirányban, 0; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; és 50 m-es távolságra, egymással párhuzamosan jelöltük ki (a 0 m a keret szélső fúvókájától 0,5 m-el kijebb, a szélső fúvóka szórás szélességének külső határán volt). Az elsodródó cseppek felfogásához mesterséges felfogó felületként műanyag petricsészéket használtunk, melyekből a mérővonalakon mérésenként 4 db-ot (egy mérésnél összesen 9×4 db) helyeztünk el, a méréseket 3 ismétléssel végeztük el (1. ábra). Az üzemi vizsgálatok alatt a mérőterületen a BBA (jelenleg Julius Kühne Institut) ajánlása szerint (Ganzelmeier és mtsai., 1992) 1 m magasságban folyamatosan regisztráltuk a következő időjárási adatokat: szélirány, szélesség, léghőmérséklet és relatív páratartalom.

Az egységnyi célfelületre kerülő jelzőanyag mennyiségének nagyon pontos meghatározásához fluorometriás módszert alkalmaztunk. Az általunk használt „Pyranin 120” fantázianevű jelzőanyagot 0,0033%-os koncentrációban kevertük be a permetezőgép tartályába. A vizsgálatok megkezdése előtt ebből az alapoldatból mintát vettünk, majd ezt logaritmikus léptékben hígítva hígítási sort készítettünk, amelynek tagjai szintén összehasonlítható sztenderdek lettek. A mintaterületről származó petri-csészék belső felületére lerakódott jelzőanyagot laboratóriumban 100 cm<sup>3</sup> desztillált vízzel oldottuk le, majd GK Turner típusú, svájci gyártmányú fluorométerrel elvégeztük az oldatok koncentrációjának műszeres mérését. A fluoreszcenciás emittált fény intenzitása kis koncentrációk esetében lineárisan változik a koncentráció függvényében, ezért a sztenderddel való összehasonlítás után egyszerű aránypárral számítható a minta térfogatában mutatkozó jelzőanyag koncentrációja. A koncentráció és az oldattérfogat ismeretében adott az oldott anyag mennyisége, amellyel a minta felületére vonatkoztatott borítottság [ng/cm<sup>2</sup>] számítható.

### 3. Eredmények és értékelésük

Az 1. gépcsoporttal végzett permetezési művelet alatt a mérések szempontjából legkritikusabb tényező, az oldalszél sebessége kedvezően alakult, minden esetben 2 m/s felett volt, átlagosan 2,2 m/s, maximális értéke 3,7 m/s. Az elsodródott permetlé legnagyobb mennyisége az összes mérés átlagában mindkét fűvókátípus esetében a kezelt terület melletti 5 m-es sávon belülre került, a hagyományos réses fűvókák (TeeJet XR 11004 VK) esetében ez 99,15%-ot, a légbeszívásos fűvókáknál (TeeJet AI 11004) pedig 98,02%-ot jelent. A kezelt terület melletti 2 m-es sávon belül viszont nem várt eredményt kaptunk, a hagyományos réses fűvókák esetében a teljes elsodródó permetlé mennyiségének 96,77%-a, a légbeszívásos fűvókáknál (TeeJet AI 11004) pedig 91,04%-a rakódott le itt. Bár a különbség nem nagy, de látható, hogy a légbeszívásos fűvóka teljesít rosszabbul. Kiemelendő, hogy volt olyan mérésünk, ahol az injektoros fűvóka esetében a kezelt terület mellett 1 m-re 31,97 dm<sup>3</sup>/ha, 2 m-re pedig 31,37 dm<sup>3</sup>/ha volt az elsodródott mennyiségből számított dózis, míg a hagyományos fűvóka esetében ezek az értékek rendre 21,9 dm<sup>3</sup>/ha, illetve 11,86 dm<sup>3</sup>/ha voltak (2.ábra, bal oldali diagram).

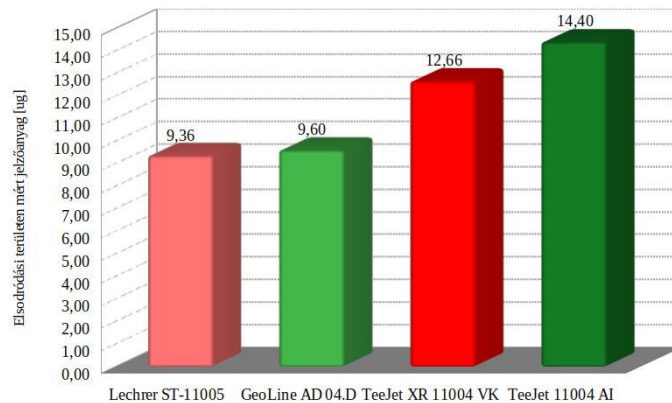


2. ábra: Az elsodródásból számított dózisértékek a mért legkisebb és legnagyobb szélességeknél

A 2. gépcsoporttal végzett vizsgálatok során az eredmények a várakozásoknak megfelelően alakultak. A szélviszonyok itt is kedvezőek voltak, minden esetben 1,8 m/s feletti, átlagosan 2,0 m/s sebesség-értékeket mértünk, a maximális érték pedig 2,7 m/s volt. Az elsodródott permetlé teljes mennyisége minden mérésnél a kezelt terület melletti 5 m-es sávon belülre került, a 2 m-es sávon belülre a hagyományos réses fűvókák (Lechler ST-11005 POM) esetében 99,1%, az alacsony nyomású, kettős lapos sugarú fűvókáknál (GeoLine AD 04.D) pedig 96,99% került. A legrosszabb eredményt produkáló mérés esetében, a csökkentett elsodródású fűvóka esetében a kezelt terület mellett 1 m-re 7,1 dm<sup>3</sup>/ha, 2 m-re 2,08 dm<sup>3</sup>/ha volt az elsodródott mennyiségből

számított dózis, míg a hagyományos fűvóka esetében ezek az értékek rendre 12,36 dm<sup>3</sup>/ha, illetve 2,1 dm<sup>3</sup>/ha voltak (2. ábra, jobb oldali diagram).

Ha fűvókaként összegezzük az összes vizsgálat során az elsodródási területre lerakódott jelzőanyag mennyiségét, érdekes sorrend alakul ki. A legkisebb mértékű elsodródást a Lechner ST-11005 POM típusú hagyományos réses fűvókánál tapasztaltuk, amelynek értékét az összehasonlítás alapjának, 100%-nak tekintjük. Ennél a környezetkímélő lapos sugarú GeoLine AD 04.D típusú fűvóka esetében 1,2%-kal, a hagyományos réses TeeJet XR 11004 VK típusnál 35,3 %-kal, míg a szintén környezetkímélő technológiaként számoltartott légbeszívásos fűvókánál 53,8%-kal nagyobb elsodródott mennyiséget mértünk (3. ábra).



3. ábra: Az elsodródási területen mért jelzőanyag fűvókátípusonkénti összesített mennyisége

#### 4. Következtetések, javaslatok

A hagyományos réses Lechner ST-11005 POM típusú fűvóka esetében mért kedvező értékek valószínű oka, hogy a környezetkímélő GeoLine AD 04.D típusú fűvókával való összehasonlíthatóság (azonos dózis, és nyomás) miatt alacsonyabb, 8km/h-s munkasebességet kellett választanunk. Alacsony nyomása, és durva cseppképzése miatt a magas, 10 km/h-s menetsebesség mellett is kedvező eredményeket kaptunk a kettős lapos sugarú GeoLine AD 04.D típusú fűvóka esetében. A hagyományos, réses TeeJet XR 11004 VK típusú fűvóka esetében az elsodródási értékek a várakozásainknak megfeleltek. A légbeszívásos fűvókáknál mért fokozottabb elsodródási jelenség viszont meglepő eredmény, aminek valószínű oka a nagy méretű, légzárványos cseppekben rejlik. Ezek a cseppek a légzárványok miatt könnyebbek, méretük miatt nagy felületűek, ami megkönnyítheti az oldalszél általi elsodródásukat. Ehhez vélhetőleg hozzájárul a gépcsoport viszonylag magas, 10 km/h-s munkasebessége, amely a gép mögött légörvényeket keltve, néha jól láthatóan feldobja a permetlé-felhőt. Ez utóbbi összefüggés bizonyításához további vizsgálatok szükségesek. Vizsgálataink eredményeiből egyértelműen kiderül, hogy a környezetkímélő, elsodródás-csökkentő technológiák nem minden esetben váltják be a hozzájuk fűzött reményeket. Látható, hogy nem elegendő csak az oldalszél sebességéhez kötni a különböző technológiák használatát. Esetünkben minden mérést 2 és 3,7 m/s közötti oldalszél mellett végeztünk el, ami megfelel a gyártói ajánlásoknak, sőt, a 43/2010. (IV. 23.) növényvédelmi tevékenységről szóló FVM rendelet szerint még „légbeszívásos permetcsepp-képzési technikával” sem kell permeteznünk. A permetlé-elsodródás komplex jelenség, sok tényező befolyásolja egyszerre, ezek együttes hatása sokszor nem számítható ki előre. Feltárásukhoz nem elegendő egy-egy tényező laboratóriumi vizsgálata, mindenképpen szükségesek a sokszor nehezen kivitelezhető, és munkaigényes, üzemi körülmények között elvégzett mérések.

## Irodalom

- Bode, L. E. 1984. Downwind Drift Deposits by Ground Applications. *Proc. Pesticide Drift Management Symposium*, **50**, South Dakota State University, Brookings S.D.
- Csizmazia, Z. 2006. A növényvédelem gépei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 10. p. 44–60.
- Derksen, R. C., Ozkan, H. E., Fox, R. D., Brazee, R. D. 1999. Droplet Spectra and Wind Tunnel Evaluation of Venturi and Pre-orifice Nozzles. *Transactions of the ASAE*, **42** (6), 1573–1580. <https://doi.org/10.13031/2013.13322>
- Dimitrievits, Gy. 2005. Anyagtakarékos, környezetkímélő permetezési eljárások. *Mezőgazdasági Technika*, **46** (8), Vállalkozók Tanácsadója 169.
- Ganzelmeier, H., Rautmann, D., Bäcker, G., Eichhorn, K. W., Ipach, R., Kersting, E., Koch, H., Ripke, F. O., Schmidt, K. 1992. Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland. In: *Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten – Teil VII*, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der BBA, Braunschweig, 9, 1–5.
- Gulyás, Z. 2009. A permetezés fejlesztési lehetőségei. *Magyar Mezőgazdaság*, **64** (4), 20–23. p.
- Gulyás, Z. 2013.: Műszaki lehetőségek a permetezőgépekkel végzett vegyszerkijuttatás környezetterhelő hatásainak csökkentésére. PhD értekezés, Gödöllő, Szent István Egyetem
- Gulyás, Z., Kovács, L. 2004. Elsodródás ellen: korszerű fűvókák. *Mezőgazdasági Technika*, **45** (2), 2–3.
- Gulyás, Z., Szoboszlay, S., Fenyvesi, L. 2012. Liquid atomization and spray drift measurement in a wind tunnel for twin fluid system with a deflector nozzle. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **36** (4), 469–475. <https://doi.org/10.3906/tar-1107-7>
- László, A., Ganzelmeier, H., Pályi, B., Rietz, S. 1998. Cseppképzési és elsodródási összefüggések vizsgálata német-magyar kutatási együttműködés keretében. In: III. kötet, XL. Georgikon Napok, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, pp. 246–250.
- László, A., Pályi, B., László, A.-né, Sóvári, J. 2000. Környezetterhelés csökkentése növényvédőszeres időjárás- és eljárásfüggő elsodródásának meghatározásával. In I. kötet, XLII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, pp. 147–152.
- László, A., Pályi, B., László A.-né 2001b. Precíziós eljárás technika a növényvédelemben: időjárás- és eljárásfüggő elsodródás meghatározása. In I. kötet, XLIII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, pp. 1111–1116.
- László, A., Pályi, B., Lönhárd, M., László, A.-né 2004. Environment friendly application, tests of drifting influenced by weather conditions and procedure. *Hungarian Agricultural Engineering*, **17**, 24–25.
- Pályi, B. 2011. Korszerű műszaki megoldások a permetezéstechnikában. *Értékálló Aranyakorona*, **11** (3), 31–33.
- Yates, W. E., Cowden, R. E., Akesson, N. B. 1985 Drop Size Spectra from Nozzles in High-Speed Airstream. *Transactions of the ASAE*, **28** (2), 405–410. <https://doi.org/10.13031/2013.32268>

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

