



ORO SRAUTO GREIČIO ĮTAKOS LAŠELIŲ NUNEŠIMUI VĖJO TUNELYJE TYRIMAI

Tadas Jomantas, Dainius Steponavičius, Albinas Andriušis

Vytauto Didžiojo universitetas

Santrauka

2020 metais VDU Žemės ūkio akademijoje Žemės ūkio mašinų technologinių procesų laboratorijoje esančiame vėjo tunelyje buvo tirtas trijų purkštukų lašelių dreifas. Buvo tirti du skirtingų gamintojų inžektoriniai purkštukai A ir B (jų: purškimo kampas – 120°, našumas – 1,82 l min⁻¹, purškimo slėgis – 4 bar) bei universalus (įprastinis) plokščiasrautis plyšinis purkštukas (purškimo kampas – 110°, našumas – 1,82 l min⁻¹, purškimo slėgis – 4 bar).

Atlikti tyrimai su įprastiniu plyšiniu universaliu purkštuku parodė, kad juo išpurkšto skysčio dreifas yra ženkliai (apie 2 kartus) didesnis nei išpurkšto su inžektoriniais purkštukais. Purškimai buvo atliekami keičiant oro srauto greitį nuo 2 m s⁻¹ iki 10 m s⁻¹, proporcingai didinant kas 2 m s⁻¹. Esant oro srauto greičiui (2 m s⁻¹) plyšiniu universaliu purkštuku buvo nunešta 20,8±0,9%, inžektoriniu A – 7,2±0,2%, o inžektoriniu B – 10,2±0,3% lašelių. Padidinus oro srauto greitį iki 10 m s⁻¹, plyšiniu universaliu purkštuku išpurkštų lašelių dreifas siekė 44,3±0,6%, inžektoriniu A – 27,2±0,6%, o inžektoriniu B – 27,9±0,2%. Oro srauto greičiui padidėjus nuo 2 m s⁻¹ iki 10 m s⁻¹ plyšinio universalaus purkštuko lašelių nunešimas padidėjo daugiau negu 2 kartus, o naudojant inžektorinius A ir B purkštukus, atitinkamai, beveik 3 ir 4 kartus.

Raktiniai žodžiai: purkštukas, purkštukas, lašelių dreifas, oro srauto greitis.

Gautas 2021-04-07, priimtas 2021-05-10

1. Įvadas

Purškiant pasėlius ypač svarbios yra aplinkos sąlygos. Norint tinkamai apipurkšti augalus jų apsaugos priemonėmis reikia atsižvelgti į keletą veiksnių, kurie lemia išpurškimo kokybę bei apsaugos priemonių paskleidimą. Šie veiksniai yra: vėjo greitis, purkštuvo techniniai reguliavimai, lašelių susidarymas ir judėjimas, apipurškiamas augalas, preparato savybės bei klimato sąlygos (Zinkevičius, 2011).

Purškimo darbus vykdyti rekomenduojama, kai dirvožemio temperatūra yra 15–22 °C, o aplinkos oro temperatūra – iki 27 °C, nes viršijus šias reikšmes prasideda intensyvus išpurkštų lašelių garavimas. Taip pat svarbus yra ir paros laikas. Pateikiamos rekomendacijos, kad geriausia purkšti ryte arba vakare, kai oras nėra išsilęs ir purškiami preparatai nebus išgarinami (Besancon, 2020).

Vėjas yra vienas iš svarbiausių aplinkos veiksnių, kuris sukelia purkštukais išpurkštų lašelių nunešimą pavėjui, t. y. dreifą. Dėl vėjo sukeltos išpurškiamo skysčio sklaidos tenka pakartotinai perpurkšti tas pasėlių vietas, kur nebuvo užpurkštas skleidžiamas preparatas. Be to, į gretimus laukus nuneštas skystis gali padaryti žalos ten augantiems augalams. Purkšti daugelį augalų apsaugos priemonių nerekomenduojama, kai vėjo greitis didesnis nei 4 m s⁻¹ (Tepper, 2017).

Purškimo kokybei labai svarbūs yra ir purkštuvo konstrukcija bei jo optimalių technologinių parametrų nustatymas (suregulavimas): važavimo greičio, darbinio slėgio ir purškimo aukščio (Sakalauskas *et al.*, 2012). Ypač svarbus yra tinkamų purkštukų, priklausomai nuo išpurškiamo preparato, parinkimas (Hofman and Solseng, 2001). Purkštukų konstrukcija yra nuolat tobulinama, siekiant sumažinti išpurkštų lašelių dreifą. Kita lašelių dreifo mažinimo priemonė yra specialūs preparatai (angl. anti-drift agents), kurie įmaišyti į skystį, esantį purkštuvo rezervuare, pakeičia skysčio ir išpurškiamų lašelių savybes (pvz., dydį, jų paviršiaus įtempimą ir pan.) (Douzals *et al.*, 2012). Apibendrinant galima teigti, kad lašelių dreifo problemą galima spręsti šiomis techninėmis priemonėmis: parenkant optimalų purkštuvo važavimo greitį, renkant inžektorinius purkštukus, keičiant purškiamo skysčio slėgį, įrengiant purkštuvo sijos švytavimo slopintuvus ar įvairias

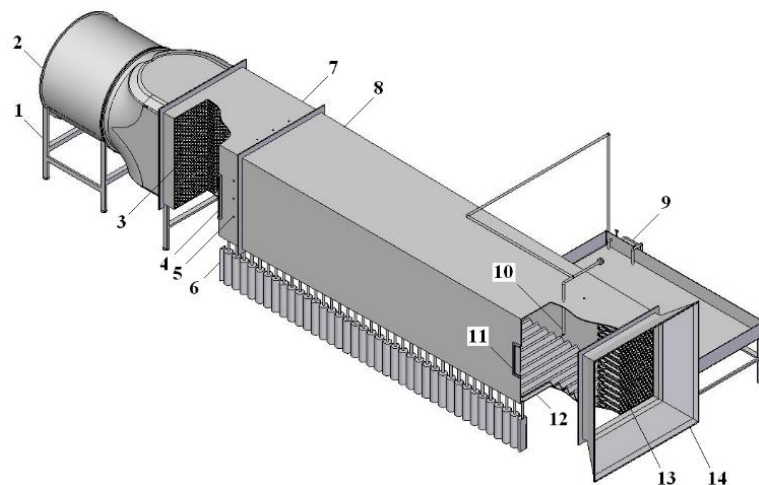
išpurškiamų lašelių srautą nuo vėjo apsaugančias technines priemones, pvz., purkštukų skydus, kurie yra montuojami ant purkštuvo sijos (Foster *et al.*, 2018).

Tyrimo tikslas – ištirti oro srauto greičio įtaką skirtingos konstrukcijos purkštukais išpurškiamų skysčio lašelių dreifui.

2. Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimų objektas – du inžektoriniai pneumohidrauliniai purkštukai Hypro FC ULD 120-04 (toliau inžektorinis A) ir Lechler IDK 120-04 (toliau inžektorinis B) (jų: purškimo kampas – 120° , našumas – $1,82 \text{ l min}^{-1}$, purškimo slėgis – 4 bar) bei standartinis hidraulinis plokščiasrautis plyšinis purkštukas Lechler ST 110-04 (purškimo kampas – 110° , našumas – $1,82 \text{ l min}^{-1}$, purškimo slėgis – 4 bar).

Tyrimai vykdyti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto Ž. ū. mašinų technologinių procesų laboratorijoje. Jie atlikti pagal Farooq *et al.* (1996) metodiką pagamintame vėjo tunelyje (1 pav.).



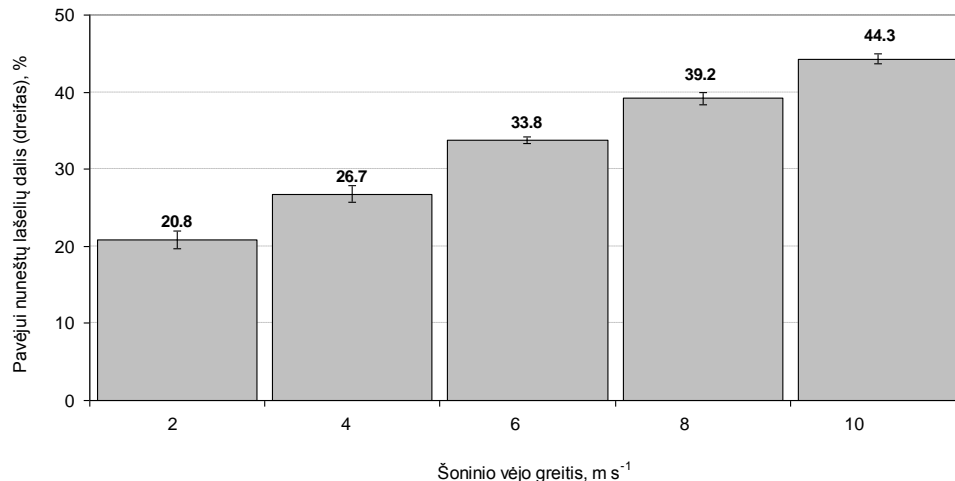
1 pav. Purkštuku išpurkštų lašelių nunešimo pavėjui tyrimo stendas (Pečkauskas *et al.*, 2017): 1 – rėmas, 2 – ašinis ventiliatorius su elektros varikliu, 3, 13 – korys (oro srauto išlyginimui), 4, 11 – langas, 5 – oro greičio matavimo vieta, 6 – kolba, 7 ir 8 – lygioji ir konusinė tunelio dalis, 9 – skysčio siurblys, 10 – purkštukas, 12 – gofruota skarda, 14 – oro įsiurbimo anga

Vėjo tunelio skerspjūvis atitinkamai didėja nuo $0,9 \times 0,9 \text{ m}$ iki $1 \times 1 \text{ m}$, jo ilgis siekia 5 m. Stende yra sumontuotas ašinis oro siurbimo ventiliatorius ML 1004 DT, kurio dešimties plastikinių menčių sparnuotės skersmuo – 1000 mm, (Electrovent, Italija) ir elektros variklis 7SM3 160L4, (galia 15 kW, veleno sukimosi dažnis 1465 min^{-1}) (Smem Monza, Italija). Elektros variklio sukimosi dažniui keisti naudojamas įtampos dažnio keitiklis Delta VFD-C2000. Pakeitus variklio ir ventiliatoriaus sparnuotės sukimosi dažnius, keičiamas ir vėjo greitis tunelyje (nuo 0 m s^{-1} iki 10 m s^{-1} , kas 2 m s^{-1}). Oro srauto greičiui išmatuoti naudotas sparnelinis anemometras DELTAOHM DO9847. Srauto greitis matuotas ties purkštuku 10 ir prieš ventiliatorių, anemometrą įstačius į tuo tikslu išgręžtas skylės 5 (1 pav.) . Įtampos dažnio keitikliu nustatytas toks ventiliatoriaus sparnuotės sukimosi dažnis, kuris atitiktų norimą oro srauto greitį.

Purškiamas skystis buvo tiekiamas įrenginiu Pentair Hypro Shurflo Standard Table Spray 220 VAC, (Pentair PLC, USA). Purkštukas 10 (1 pav.) virš skysčio surinkimo indelių (virš gofruotos skardos 12) paviršiaus buvo įrengtas 50 cm aukštyje. Į abi puses, išilgine tunelio kryptimi, purkštukas išpurškė skystį po 85 cm atstumais, t. y. purkštuko išpurškiamo skysčio zona buvo 170 cm (kai oro srauto greitis buvo lygus 0 m s^{-1}). Tirpalas nuneštas toliau nei 85 cm nuo purkštuko yra laikomas dreifu. Purkštukas buvo pastatytas taip, kad būtų tiriamas šoninio oro srauto poveikis lašelių dreifui, t. y. buvo imituojamos sąlygos, kai purškiant lauke vėjo kryptis su purkštuvo judėjimo kryptimi sudaro 90° kampą. Kiekvieno tyrimo metu išpurškta po 30 litrų vandens. Jis išpurškta per maždaug 15 min. 30 s. Kiekvienas tyrimas pakartotas po 3 kartus. Kadangi tirta 6 oro srauto greičių nuo (0 m s^{-1} iki 10 m s^{-1}) įtaka, tai su kiekvienu purkštuku atlikta po 18 tyrimų.

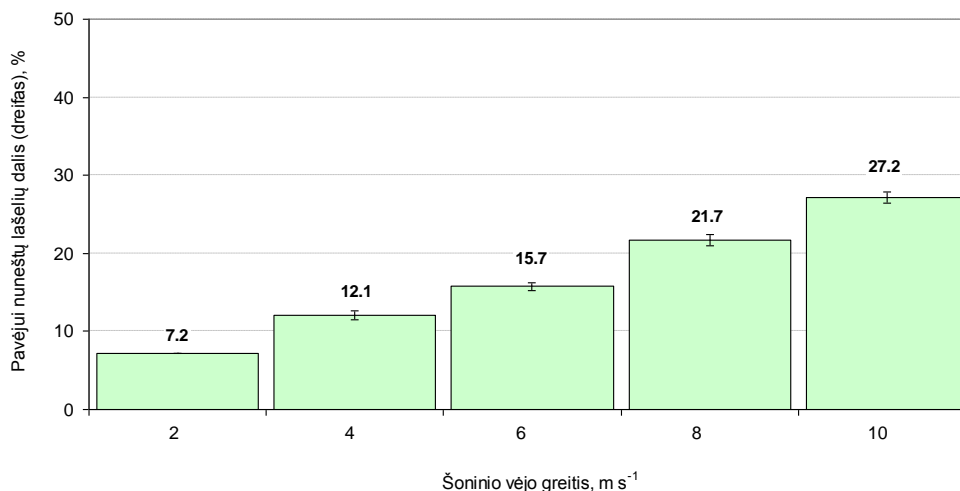
Rezultatai

Pirmiausia buvo tirtas standartinis hidraulinis plokščiasrautis plyšinis purkštukas (2 pav.). Atlikus bandymą pastebėta, jog oro srauto greičiui esant 2 m s^{-1} už purkštuko purškimo zonos buvo nunešta 6247 ml ($20,8 \pm 0,9\%$) išpurkšto skysčio. Toliau oro srauto greitis buvo proporcingai didinamas kas 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1} . Oro srauto greitį padidinus iki 4 m s^{-1} buvo nunešta 8023 ml ($26,7 \pm 0,9\%$), o iki 6 m s^{-1} – 10130 ml ($33,8 \pm 1,0\%$). Galiausiai, pasiekus 10 m s^{-1} oro srauto greitį, pavėjui buvo nunešta 13293 ml ($44,3 \pm 0,6\%$) viso išpurkšto skysčio.



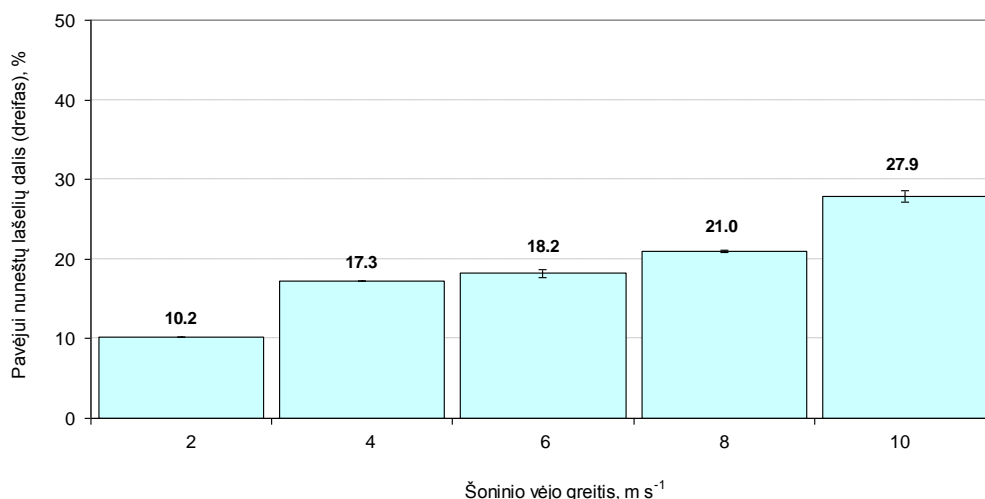
2 pav. Oro srauto greičio įtaka lašelių nunešimui purškiant universaliu plyšiniu purkštuku

Antrasis tirtas buvo inžektorinis A purkštukas (3 pav.). Įtampos dažnio keitikliu nustačius 2 m s^{-1} oro srauto greitį, pavėjui buvo nunešta 2153 ml ($7,2 \pm 0,2\%$) išpurkšto skysčio. Esant 6 m s^{-1} oro srauto greičiui, lašelių dreifas padidėjo iki 4723 ml ($15,7 \pm 0,7\%$), o pasiekus 10 m s^{-1} oro srauto greitį, buvo nunešta 8150 ml ($27,2 \pm 0,6\%$) išpurkšto skysčio.



3 pav. Oro srauto greičio įtaka lašelių nunešimui purškiant inžektoriniu A purkštuku

Inžektoriniu purkštuku B atliktų tyrimų rezultatai pateikti 4 pav. Nustačius 2 m s^{-1} oro srauto greitį, buvo nunešta 3067 ml ($10,2 \pm 0,3\%$) išpurkšto skysčio, padidinus greitį iki 4 m s^{-1} , nunešto skysčio reikšmė siekė 5177 ml ($17,3 \pm 0,5\%$), iki 6 m s^{-1} – 5457 ml ($18,2 \pm 0,4\%$), iki 8 m s^{-1} – 6293 ml ($21,0 \pm 0,7\%$), o iki 10 m s^{-1} – 8373 ml ($27,9 \pm 0,2\%$) išpurkšto skysčio.



4 pav. Oro srauto greičio įtaka lašelių nunešimui purškiant inžektoriniu B purkštuku

Įvertinus universaliu plyšiniu purkštuku išpurkštų lašelių nunešimą, esant skirtingiems oro srauto greičiams, galima pastebėti, jog oro srauto greičiui pakitus nuo 2 m s⁻¹ iki 10 m s⁻¹ nunešimas padidėjo daugiau negu 2 kartus, o naudojant inžektorinius A ir B purkštukus, atitinkamai, beveik 3 ir 4 kartus. Tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad purškiant inžektoriniais purkštukais buvo nunešta apie 2 kartus mažesnė skysčio dalis, negu purškiant universaliu plyšiniu purkštuku.

Išvados

1. Išpurkšto skysčio lašelių dreifo rezultatų skirtumas tarp abiejų inžektorinių purkštukų nebuvo esminis. Esminę įtaką lašelių dreifui turėjo tik oro srauto greičio padidėjimas ir purkštuko konstrukcija. Atlikti tyrimai su standartiniu hidrauliniu plokščiasraučiu plyšiniu purkštuku parodė, kad juo išpurkšto skysčio dreifas yra ženkliai (apie 2 kartus) didesnis nei išpurkšto su inžektoriniais.
2. Esant mažiausiam oro srauto greičiui (2 m s⁻¹), standartiniu hidrauliniu plokščiasraučiu plyšiniu purkštuku išpurkštų lašelių pavėjui buvo nunešta 20,8±0,9%, inžektoriniu A – 7,2±0,2%, o inžektoriniu B – 10,2±0,3%. Padidinus oro srauto greitį iki 10 m s⁻¹, minėtu purkštuku išpurkštų lašelių dreifas pasiekė 44,3±0,6%, inžektoriniu A – 27,2±0,6%, o inžektoriniu B – 27,9±0,2%. Tunelyje oro srauto greitį padidinus nuo 2 m s⁻¹ iki 10 m s⁻¹, plyšinio standartinio hidraulinio plokščiasraučio purkštuko lašelių nunešimas padidėjo daugiau negu 2 kartus, o naudojant inžektorinius A ir B purkštukus, atitinkamai, beveik 3 ir 4 kartus.

Literatūra

- [1] T.Besancon, 2020. Weather Conditions and Herbicides Performances. *Plants and Pest Advisory*. New Jersey Agricultural Experiment Station. Elektroninis išteklius: <https://plant-pest-advisory.rutgers.edu/weather-conditions-and-herbicide-performances/> (žiūrėta 2021-03-11).
- [2] J.P. Douzals, , Porte, A., Fernandez, P. 2012. Simulating CoV from nozzles spray distribution: a necessity to investigate spray distribution quality with drift reducing surfactants. In: *CIGR-AgEng2012* (pp. 6-p). CIGR-AgEng.
- [3] Farooq, M., Wulfsohn, D., Ford, R. J. 1996. Wind tunnel for spray drift studies. *Canadian Agricultural Engineering*. Vol. 38, p. 283–290.
- [4] Foster, H. C., Sperry, B. P., Reynolds, D. B., Kruger, G. R., Claussen, S. 2018. Reducing herbicide particle drift: effect of hooded sprayer and spray quality. *Weed Technology*. Vol. 32(6), p. 714–721.
- [5] Hofman, V., Solseng, E. 2001. Reducing spray drift. *North Dakota State University Extension Circular 1210*. AE1210, p. 1–8.
- [6] Pečkauskas, D., Steponavičius, D., Kemzūraitė, A., Bauša, L., Zaleckas, E. 2017. Rapsų ankštarėlių sandariklių nunešimo pavėjui tyrimai. *Žmogaus ir gamtos sauga: tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga*. Nr. 23, p. 27–30.

- [7] Sakalauskas, A., Šarauskius, E., Šniauka, P., Vaiciukevičius, E., Zinkevičius, R. 2012. *Augalininkystės technologijų inžinerija*. Akademija. 132 p.
- [8] Tepper, G. 2017. Weather essentials for pesticide application. *Micrometeorology Research and Education Services*. 26 p.
- [9] Zinkevičius, R. 2011. *Purškimo teorija ir praktika*. Akademija. 152 p.

Padėka: Straipsnis parengtas įgyvendinant projektą ES EUREKA: Nr. 01.2.2-MITA-K-702-10-0001 "Preparatų, skirtų augalų apsaugos produktų nunešimui pavėjui mažinti, tyrimai ir naujos formuliacijos vystymas" (angl. *Anti-drift agent's research and new formulation development*) pagal priemonę Nr. 01.2.2-MITA-K-702 „MTEP rezultatų komercinimo ir tarptautiškumo skatinimas“.

Investigations of the Influence of Air Flow Speed on Droplets Drift in a Wind Tunnel

Extended Summary

Pesticides are applied to the surface of plants by agricultural sprayers, with spray nozzles which are placed in sprayer boom to spray liquid chemicals. At that moment, blowing side wind or frequent gusts of wind can blow poisonous droplets quite far away (30 m or more). Such droplet drift poses not only environmental problems but also economic ones. Drift reduction is attempted by various technical and technological means: selecting the optimal spraying speed and spraying time, choosing different nozzle types, changing pressure of spray liquid, using additives that change properties of the spray liquid, installing spray boom vibration absorbers or various technical measures to protect the flow of sprayed droplets from the influence of wind and etc.

In 2020 at the VMU Agricultural academy the Laboratory for Investigation Technological Processes of Agricultural Machinery using wind tunnel research has been carried by three different spray nozzles. It was sprayed using two air-injector nozzles A and B (spray angle – 120°, performance – 1.82 l min⁻¹ at pressure – 4 bar), and one universal (conventional) flat fan nozzle (spray angle – 110°, performance – 1.82 l min⁻¹ at pressure – 4 bar). The cross – section of wind tunnel increases from 0.9 × 0.9 m to 1 × 1 m, respectively, and its length reaches 5 m. The stand is equipped with axial air suction fan ML 1004 DT with a ten plastic blades which diameter is 1000 mm, and electric motor (power 15 kW, rated shaft speed 1465 rpm). The Delta VFD-C2000 voltage frequency converter is used to change the speed of the motor. Changing the speed of the motor and fan impeller also changes the air flow from 2 m s⁻¹ to 10 m s⁻¹ (increasing proportionally every 2 m s⁻¹). The spray liquid was supplied with a Pentair Hypro Shurflo Standard Table Spray 220 VAC. A nozzle was placed at a height of 50 cm above the surface of the liquid collection vessels. On both sides, in the longitudinal direction of the tunnel, the nozzle sprayed the liquid at 85 cm intervals, i.e. the area of the liquid droplets sprayed by the nozzle was 170 cm (when the air flow rate was 0 m s⁻¹). In this case the liquid carried further than 85 cm from the nozzle is considered as drift. The nozzle was placed to investigate the effect of side direction air flow on droplet drift – conditions were simulated when spraying in the field when the wind direction is making an angle of 90° with the direction of sprayer movement. 30 liters of liquid were sprayed during each experiment.

Studies have been performed with a conventional flat fan nozzle in such a way that the drift of the liquid sprayed with it is marked (about 2 times) more than that of the air-injector spray nozzles. At the air flow rate (2 m s⁻¹), 20.8±0.9% of the droplets were drifted by the conventional flat fan nozzle, 7.2±0.2% by the air-injector A and 10.2±0.3% by the air-injector B nozzles, respectively. After increasing the air flow velocity to 10 m s⁻¹, the drift of droplets sprayed with a conventional flat fan nozzle reached 44.3±0.6%, with an air-injector nozzle A – 27.2±0.6%, and with an air-injector nozzle B – 27.9±0.2%. The increase in airflow velocity from 2 m s⁻¹ to 10 m s⁻¹ from conventional flat fan nozzle droplet drift increased more than 2-fold, and with the use of air-injector A and B nozzles, almost 3- and 4-fold, respectively.

Keywords: field sprayer, nozzle, droplets drift, air flow rate.

Autoriai kontaktams

Tadas Jomantas, magistrantas, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas;
Tel. +370 657 54 119, el. p. jomantas.tadas12@gmail.com

Dainius Steponavičius, dr. profesorius, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas;
Tel. +370 674 27 721, el. p. dainius.steponavicius@vdu.lt

Albinas Andriušis, magistras, lektorius, VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas;
Tel. +370 687 95 805, el. p. albinas.andriusis@vdu.lt