

Dulkių sklaidos traktorių kabinose mažinimo tyrimas

Vitalis Lopeta, Ričardas Butkus

Aleksandro Stulginskio universitetas

Straipsnyje pateikiama dulkių koncentracijos ir dalelių kiekių traktorių kabinose, dirbant kultivavimo ir sėjos darbus, tyrimų rezultatai. Iširta įvairių vėdinimo-kondicionavimo sistemų sudaromi oro judėjimo greičiai kabinose. Pasiūlyti tam tikri dulkių mažinimo traktorių kabinose sprendimai.

Traktoriai, kabinos, dulkės, dulkių koncentracija, dalelių kiekiai, oro greitis.

Įvadas

Dulkės, kaip kenksmingas aplinkos veiksnys, esantis ore, užima tarpinę padėtį tarp fizinių ir cheminių veiksnių. Jos savo sudėtyje turi kietąją dalelę (0,1 – 100 μm) ir dujinę fazę. Dulkės sudaro aerozolius, jos gali būti organinės ir neorganinės kilmės ar mišrios. Dulkių poveikis žmogaus sveikatai priklauso nuo dalelių dydžio (plaučių ventilacija), fizikinių (kitų medžiagų absorbuojamumo galimybės) ir cheminių dulkių medžiagos savybių. Dulkės dažniausiai pažeidžia kvėpavimo sistemą ir sukelia profesinius bronchitus, asbestozes, silikozes, metalo koniozes, pneumokoniozes (Gražulevičienė, 2002; Nadzeikienė, 2012).

Mokslinėje literatūroje pateikiami tyrimai apie dulkių poveikį žmogaus sveikatai dirbant žemės ūkio darbus (Seifert, Jacobitz ir kt. 2003). Dulkės įvardijamos kaip kenksmingiausias aplinkos komponentas, nepriklausomai nuo dulkių kilmės, dulkių dydis vertinimas kaip pagrindinis veiksnys, kuris įtakoja žmogaus sveikatos poveikį. Tyrimais nustatyta, kad dulkių dalelės, kurių skersmuo mažesnis kaip 7 mikronai, patenka į plaučių alveoles, o 4 – 5 mikronų skersmens dalelių alveolinis nusėdimas gali siekti net 50 proc.

Dulkių kiekis darbo zonoje neturi viršyti ribinių koncentracijos verčių. Lietuvoje galiojanti higienos norma HN 23:2011 taikoma vertinant cheminių medžiagų koncentracijas darbo aplinkos ore, siekiant apsaugoti darbuotojus nuo rizikos susijusios su cheminių medžiagų poveikiu jų sveikatai darbo vietose. Higienos normoje nustatyta, kad bendruoju atveju dulkių koncentracijos ilgalaikio poveikio ribinis dydis neturi viršyti 10 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, o alveolinė frakcija – 5 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Atliekant žemės ūkio darbus, didelis dulkių koncentracijos kiekis kaupiasi traktoriaus kabinose. Dirbant su traktoriais ar kitomis žemės ūkio mašinomis į jų kabinas prisineša žemių, kurioms išdžiūvus, jos sutrupa ir tampa įvairaus dydžio smulkiais sveikatai pavojingomis dulkėmis. Taip pat dulkės atsiranda dirbant skirtingas žemės ūkio operacijas (arimo, sėjos, pjovimo metu).

Atlikta nemažai tyrimų, kuriuose pateikiami įvairūs dulkių koncentracijos kiekiai dirbant skirtingose traktorių kabinose ir atliekant skirtingas darbo operacijas. Užsienio autorių tyrimai parodė (Schenker, 2000), kad dirbant su atviro tipo traktoriaus kabina, ariant dirvą – dulkių koncentracijos kiekis gali siekti nuo 2 iki 20 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, o bendras įkvepiamų dulkių kiekis operatoriaus kvėpavimo zonoje buvo 1-5 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ir sudaro nuo 5-40 % visų dulkių. Užmiškio ir Butkaus atliktoje tyrimų analizėje atskleista

jog atliekant arimą su uždaro tipo kabina didžiausia vidutinė dulkių koncentracija siekia 4,6 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Užmiškis, Butkus, 2009). Dulkių dalelių kiekio tyrimu metu tyrimas ariant nustatyta, kad jų yra mažiau negu važiuojant žvyrkeliu. Jei transporto metu vidutinis visuose traktoriuose bendrasis dalelių iki 10 μm dydžio skaičius buvo apie 130 tūkst. vnt., tai arimo darbe apie 117 tūkst. vnt. (Karalius, Butkus 2015).

Kiti tyrimai rodo, kad skirtinguose žemės ūkio pasėliuose dulkių kiekis kinta nevienodai. Pavyzdžiui, nuimant kukurūzų derlių, dulkių koncentracijos kiekis kabinoje, priklausomai nuo dirvos struktūros, gali svyruoti 0,33...10,3 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ribose, pjaunant energetinius augalus – 1,91...2,61 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, sėjant – 0,73...1,82 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Lee, Lwason ir kt., 2004).

Kaip matyti iš šių tyrimų, dulkėtumas traktoriaus kabinoje yra neišvengiamas, todėl daugelyje šiuolaikinių traktorių kabinose, mažinant dulkėtumą ir gerinant operatorių darbo sąlygas yra montuojamos oro valymo, tiekimo, šildymo, paskirstymo, kondicionavimo sistemos ir įrenginiai, bet senuose traktoriuose šių įrenginių nėra arba jie neefektyvūs, todėl dulkėtumo problema išlieka.

Darbo tikslas – išanalizuoti dulkių koncentracijos ir dalelių kiekio vertes ir oro judėjimo greičius traktorių kabinose, kuriose įrengtos įvairios vėdinimo-kondicionavimo sistemos.

Tyrimų metodika

Šio tyrimo matavimai buvo atlikti Šakių rajone ūkiuose eksploatuojamiems traktoriams su skirtingomis vėdinimo-kondicionavimo sistemomis.

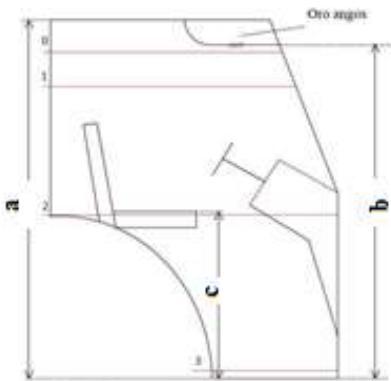
Vertinant dulkių dalelių kiekį traktorių operatorių darbo vietose (kabinose), dulkių matavimai buvo atlikti pagal HN 23:2011 reikalavimus, atliekant vienus iš dulkėtumo požiūriu traktorininkams kenksmingiausių darbų – sėjos ir dirvos kultivavimo. Vertinant dulkių koncentraciją ir dalelių kiekį traktoriaus operatoriaus darbo vietoje (kabinoje) matuota operatoriaus kvėpavimo zonoje ne toliau kaip 0,3 m nuo jo veido.

Dulkių koncentracija išmatuota prietaisu Dust Track 8520. Jo veikimas pagrįstas fotometriniu metodu, kuris grindžiamas šviesos sklaidos analize dulkių aerozolyje ir leidžia nustatyti kietųjų dalelių koncentracijas. Prietaisas leidžia nustatyti 10,0 μm , 2,5 μm ir 1,0 μm dydžio (žmogaus įkvepiamos frakcijos) dalelių koncentracijas. Tyrime buvo nustatinėjama dulkių, ne didesnių kaip 10,0 μm , koncentracija.

Dulkių dalelių kiekiai traktoriaus operatoriaus darbo vietoje buvo matuojami prietaisu „Fluke 953“. Šis prietaisas veikia infraraudonųjų spindulių analizės principu ir filtruodamas traukiama užterštą orą skaičiuoja skirtingo dydžio frakcijų daleles: iki 0,3 μm, nuo 0,3 μm iki 0,5 μm, nuo 0,5 μm iki 1,0 μm, nuo 1,0 μm iki 2,0 μm, nuo 2,0 μm iki 5,0 μm, nuo 5,0 μm iki 10,0 μm.

Oro judėjimo greičiui nustatyti buvo naudojamas termoanemometras „Testo 415“. Šiame termoanemometre yra įmontuotas kaitinamas TNC jutiklis, kuris reaguoja į oro judėjimą ir temperatūrą. Greičio matavimo diapazonas nuo 0,01 m·s⁻¹ iki 10 m·s⁻¹.

Tiriant oro judėjimo greičius traktorių kabinose buvo pasirinkti traktoriai su keturiomis skirtingomis vėdinimo-kondicionavimo sistemomis. Šių sistemų aprašai pagal 1 pav. schemą pateikti 1 lentelėje.



1 pav. Traktoriaus kabinos vėdinimo-kondicionavimo sistemos ir oro greičio matavimo taškų principinė schema

Fig. 1. Principle diagram of the cabin ventilation-conditioning system and air-speed measuring points

1 lentelė. Tirtųjų traktorių vėdinimo-kondicionavimo sistemų apibūdinimai

Table 1. Description of ventilation-conditioning systems of studied tractors

Sistemos Nr. System No.	Sistemos angų kiekis ir jų vietos Number of system openings and their location	Matmenys Dimension, cm (1 pav.)		
		a	b	c
1	4 oro angos virš vairo, su kondicionieriumi	155	140	60
2	4 oro angos virš vairo, su kondicionieriumi	155	140	60
3	4 oro angos virš vairo, 4 prie sėdynės, 4 prie grindų. Sistema su kondicionieriumi.	155	120	75
4	2 oro angos virš vairo per vidurį kabinos kondicionieriaus nėra.	150	130	55

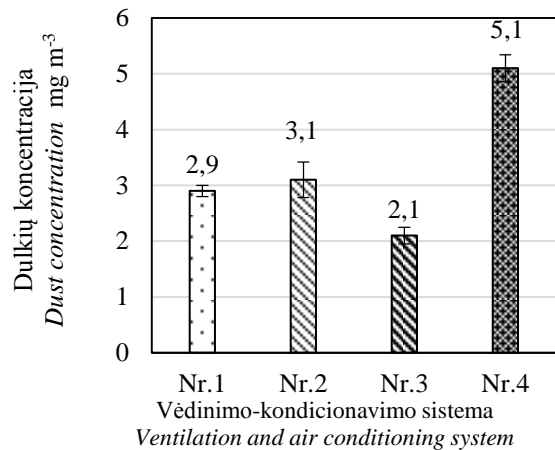
Matuojant oro judėjimo greičius traktorių kabinose buvo pasirinkti keturi matavimo taškų lygiai: 0 – lubų zona žemiau ortakių, 1 – operatoriaus kvėpavimo zona, 2 lygis – traktoriaus sėdynės zona, 3 – 0,1 m virš grindų operatoriaus kojų zonoje. Kiekviename lygyje oro greičiai matuoti operatoriaus kairėje pusėje, prieš jį ir dešinėje pusėje prieš jo kūną. Vertinimui naudotas šių matavimų aritmetinis vidurkis. Oro judėjimo greičiai kabinose buvo

išmatuoti prie skirtingų vėdinimo-kondicionavimo sistemų oro tiekimo našumų – nuo minimalių iki didžiausiųjų.

Tyrimų galutiniai rezultatai pateikiami kaip matavimų aritmetinis vidurkis, nurodant standartinės neapibrėžties vertes.

Tyrimų rezultatai

Ištyrus dulkių koncentracijas operatoriaus darbo vietose paaiškėjo, jog dulkių koncentracija svyruoja nuo 2,1 iki 5,1 mg/m³. Tyrimų rezultatai pateikti 2 pav.

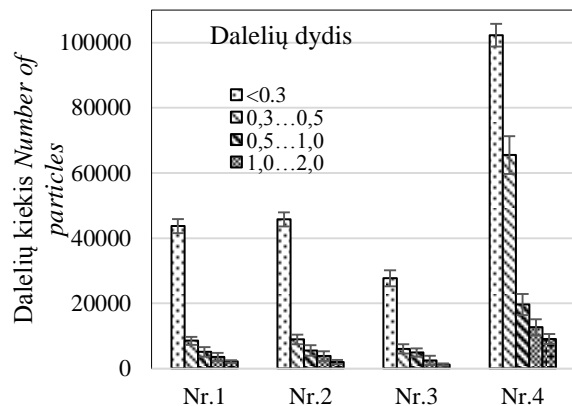


2 pav. Dulkių koncentracijos tyrimo įvairių traktorių kabinose rezultatai

Fig. 2. Results of the dust concentration tests in the various tractor cabs

Tyrimų duomenys rodo, kad traktoriaus su vėdinimo sistema Nr.4 kabinoje nustatyta dulkių koncentracija 5,1 mg·m⁻³ viršijo leistiną pagal HN 21:2011 ilgalaikio poveikio ribinį dydį (alveolinės frakcijos dalelių riba 5 mg·m⁻³). Šiuo atveju darbuotojams rekomenduojama teikti asmenines apsaugos priemones – respiratorių, kuris sumažintų taršos lygį.

Vertinant dulkių pavojų žmogaus sveikatai, išmatuota ir dulkių fracinė sudėtis pagal dalelių dydį. Šio tyrimo rezultatai pateikti 3 pav. Didžiausi dalelių kiekiai yra frakcijose iki 0,5 μm. Dalelės kurių dydis iki 5μm yra pačios kenksmingiausios žmogui, nes įkvėptos jos prasiskverbia į plaučių alveoles ir ten nusėda, taip sukeldamos kvėpavimo takų susirgimus.



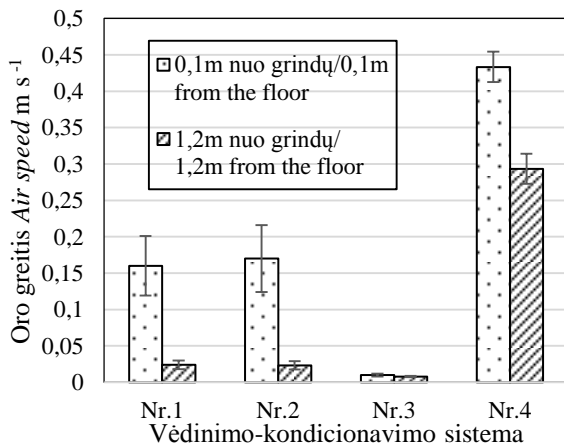
3 pav. Dulkių dalelių kiekio įvairių traktorių kabinose tyrimo rezultatai

Fig. 3. Results of dust particle count in different tractor cabs

Sąlyginai stambesnių dalelių (nuo 1,0 μm ir didesnių) kiekiai bendrame skaičiuje stipriai mažėja. Jeigu 0,3 μm dalelių skaičius siekia nuo ~2800 iki 102300 vnt., tai 1,0 yra nuo ~4900 iki ~19600 vnt., o 5,0 μm dalelių skaičius yra 1189 iki 9045 priklausomai nuo sistemos.

Ijungus vėdinimo – kondicionavimo sistemą kabinoje, dėl oro srautų nevienodumo dulkės gali būti ne tik šalinamos iš operatoriaus kvėpavimo zonos, tačiau ir pakeliamos. Netinkamai įrengus vėdinimo sistemą gali susidaryti dulkių sūkūriai aplink operatorių, o tada jis jau kvėpuoja šiomis sveikatai pavojingomis dulkėmis. Vienas iš šio darbo tikslų buvo ištirti vėdinimo-kondicionavimo sistemų oro sklaidą kabinoje, išmatuojant oro judėjimo greičius įvairiose kabinos vietose prie skirtingų vėdinimo-kondicionavimo sistemų (Nr.1-Nr.4) ir jų oro tiekimo našumų (oro greitis kito nuo 0,01 iki 0,59 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Oro judėjimo greičio tyrimų kai minimalus vėdinimo-kondicionavimo sistemos našumas rezultatai pateikti 4 pav.



4 pav. Oro judėjimo greičio tyrimų kai minimalus sistemos našumas įvairiuose traktoriuose rezultatai

Fig. 4. Results of air speed tests with a minimum system performance in various tractors

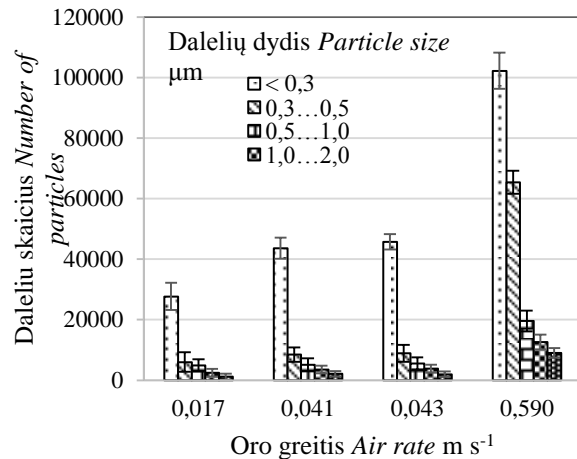
Gauti rezultatai rodo, kad oro srauto greitis įvairiame kabinos aukštyje pasiskirsto skirtingai. Kai vėdinimo sistemos ventiliatorius nustatytas minimalaus našumo padėtyje, matuojant 0,1 m nuo grindų, didžiausias oro greitis nustatytas sistemoje Nr. 4 – 0,43 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tikriausiai tai lėmė, kad sistemoje yra tik dvi oro angos virš traktoriaus vairo ir koncentruotas oro srautas prie grindų sukelia didelį oro judėjimo greitį. Deja, tai sukuria ir neigiamą įtaką dulkėtumui, nes ant grindų nusėdusios dulkes sukelia į viršų. Pagal dalelės balistikos teoriją esant oro greičiui apie 0,4 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ jau sudaromos sąlygos dalelės plūdrumui (Urba, 2002).

Mažiausias oro greitis nustatytas sistemoje Nr.3 – tik 0,01 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Šioje kabinoje vėdinimo-kondicionavimo sistema turi net 12 oro angų, kurios paskirsto oro srautą tolygiai ir dulkės lieka grindų zonoje nesujudintos. Operatoriaus kvėpavimo zonoje (1,2 m nuo grindų) oro judėjimo greičiai didesni, o tai sudaro prielaidas dulkėms iš kvėpavimo zonos pašalinti.

Kai buvo įjungtas maksimalus vėdinimo-kondicionavimo sistemos našumas sistemoje Nr.4 oro judėjimo greitis operatoriaus kvėpavimo zonoje siekia iki 0,59 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, grindų lygyje apie 0,34 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Sistemoje Nr.1 ir Nr.2 – grindų lygyje ir operatoriaus kvėpavimo zonoje oro

judėjimo greitis buvo, atitinkamai, apie 0,04 ir 0,22 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Mažiausias oro judėjimo greitis prie grindų buvo vėdinimo-kondicionavimo sistemoje Nr.3 – 0,017 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ištyrus oro judėjimo greičius prie traktoriaus kabinos grindų ir dulkių dalelių kiekius operatoriaus kvėpavimo zonoje, nustatyta akivaizdi tiesioginė priklausomybė – kuo didesnis oro greitis tuo daugiau dalelių ore (5 pav.).



5 pav. Oro judėjimo greičio kabinos grindų zonoje įtaka dulkių dalelių kiekiui operatoriaus kvėpavimo zonoje

Fig. 5. Influence of air rate in the area of cab floor on the amount of dust particles in the operator's respiratory zone

Norint išlaikyti traktoriaus kabiną mažiau dulkėtą, reikia sudaryti šiek tiek didesnę oro slėgį joje nei aplinkoje, tolygiai paskirstyti oro srautą kabinoje, kiek galima sumažinti oro greitį kabinos grindų zonoje ir tokiu būdu būtų galima išvengti dulkių sklaidos kabinoje. Senesnių vėdinimo sistemų konstrukcijose galima sudaryti naują oro paskirstymo angų sistemą ir išvengti koncentruoto oro srauto, sukeliančio didelį oro greitį grindų zonoje.

Išvados

1. Ištirtuose traktoriuose veikiant skirtingomis vėdinimo sistemoms dulkių koncentracijos įvairiuose darbuose kinta nuo 2,1 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ iki 5,1 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, o tai artima ar net viršija HN 23:2011 nustatytus leistinus dydžius.

2. Didėjant oro judėjimo greičiui prie kabinos grindų, didėja ir dulkių dalelių kiekis operatoriaus kvėpavimo zonoje. Kai oro greitis buvo tik apie 0,01 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ mažiausiųjų dalelių (iki 0,3 μm) kiekis traktorių kabinose buvo apie 27000 vnt., tačiau greičiui pasiekus beveik 0,4 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ – jau apie 100000 vnt.

3. Geriausiai sureguliuotas oro judėjimo greitis vėdinimo-kondicionavimo sistemoje su 12 oro tiekimo kanalų operatoriaus kabinoje, nes oro greitis grindų lygyje yra mažiausias (0,01 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ir mažiau). Didžiausias oro greitis grindų lygyje nustatytas sistemoje su tik dviem oro įpūtimo kanalais virš vairo (greitis prie grindų buvo apie 0,34 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

4. Siekiant sumažinti dulkėtumą ir pagerinti operatorių darbo aplinką traktorių kabinose reikia tolygiau paskirstyti oro srautą (senesniuose traktoriuose net keičiant oro skirstymo sistemų konstrukcijas) iš viršaus žemyn ir pasiekti kuo mažesnę oro greitį grindų zonoje, neleidžiant

dulkėms pakilti ir nesusidarant aplink operatorių oro sūkurių.

Literatūra

1. GRAŽULEVIČIENĖ R. Žmogaus ekologija. Kaunas, VDU leidykla, 2002. - 191 p.
2. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai.
3. KARALIUS M., BUTKUS R. (2015). Traktorininkų darbo aplinkos arimo darbų metu tyrimai // Žmogaus ir gamtos sauga 2015 – 1 dalis, ASU. – P 56-59.
4. LEE K. , LAWSON R. et. al. (2004). Personal Exposures to Inorganic and Organic Dust in Manual Harvest of California Citrus and

Table Grapes // Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 1:8, P. 505-514.

5. NADZEIKIENĖ J. Aplinkos apsaugos inžinerija. - Aleksandro Stulginskio universitetas, 2012. - 122p.

6. SEIFERT S. A. ESSEN S. et. al. (2003). Organic Dust Toxic Syndrome: A Review // Journal of Toxicology, Clinical toxicology, 2003. Vol. 41, No. 2, pp. 185–193.

7. SCHENKER M. (2000). Exposures and health effects from inorganic agricultural dusts. Environ Health Persp 108 (Suppl.4):661 – 664.

8. URBA A. Dalelės balistika žemės ūkio mašinose II dalis. Akademija: LŽŪU leidybos centras, 2002. 45 p.

9. UŽMIŠKIS M., BUTKUS R. (2009). Dulkėtumo tyrimai žemės ūkio traktoriuose // Žmogaus ir gamtos sauga, 2009, p. 37 – 40.

Vitalis Lopeta, Ričardas Butkus

Study of dust dispersion reduction in tractor cabs

Summary

Investigation of research on dust concentrations and particle sizes in tractor cabs during cultivating and seeding operations. Various ventilation-conditioning systems have been investigated, which make up the air movement speeds in the cabins. Propose some solutions for dust reduction in tractor cabs.

Tractors, cabins, dust, dust concentration, air speed.

Gauta 2018 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2018 m. balandžio mėn.

Vitalis LOPETA. Aleksandro Stulginskio universiteto, Žemės ūkio inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos studijų programos magistrantas. El. paštas: Vitalis818@gmail.com

Vitalis LOPETA. Master student at the Faculty of Agricultural Engineering of Aleksandras Stulginskis University. Email: Vitalis818@gmail.com

Ričardas BUTKUS dr., Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto docentas. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +370 37 752244 El.paštas: ricardas.butkus@asu.lt

Ričardas BUTKUS, assoc. prof., dr., Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Agricultural Engineering, Institute of Agricultural Engineering and Safety, Address: Studentu str. 15, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Phone: +370 37 752244, e-mail: ricardas.butkus@asu.lt