

TRĘŠIAMŲJŲ IŠBARSTYMO PROCESO TYRIMAS SKLEIDŽIANT GRANULIUOTAS TRĄŠAS

Jonas JUODIŠIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: jonas.juodisius@stud.vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: egle.jotautiene@vdu.lt

Raimonda ZINKEVIČIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: raimonda.zinkeviciene@vdu.lt

Grazvydas JUODIŠIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: grazydas.juodisius@vdu.lt

Santrauka

Taikant tiksliosios žemdirbystės principus, dėmesys skiriamas skirtingoms lauko savybėms ir skirtingoms tręšimo, purškimo ir sėjos normoms. Tręšimas padidina ne tik skleidžiamų trąšų tolygumo tikslumą bet ir daro įtaką derliaus kiekiams. Netinkamai ir netolygiai paskleistos trąšos yra pagrindinė mažesnio derliaus, pasėlio ligų paplitimo, žemesnės grūdų kokybės ir didesnės grūdų savikainos pasekmė. Tyrimo tikslas – ištirti ir palyginti tręšiamųjų išbarstymo proceso tolygumą skleidžiant organines ir mineralines granuliuotas trąšas. Naudotos granuliuotos grūdų išvalų ir mineralinės granuliuotos trąšos. Trąšos barstytos išcentrine trąšų barstomąja Kuhn MDS 9.19, kurios darbinis plotis yra 14 m. Važiavimo greitis – 11 km/val. Trąšų norma – 300 ir 400 kg/ha. Gauti rezultatai parodė, kad granuliuotų mineralinių trąšų paskleidimas buvo tolygus visame darbiname plote. Organinių trąšų skersinis paskleidimas buvo netolygus abiejose barstytuvo pusėse, nes šių trąšų fizikinės savybės ir tręšimo norma reikšmingai darė įtaką trąšų paskleidimo dinamikai dirvožemio paviršiuje, lyginant su mineralinėmis.

Reikšminiai žodžiai: tolygumas, išcentrinė, barstomoji, trąšos, organinės, mineralinės, dinamika.

Įvadas

Tiksliosios žemdirbystės principai leidžia efektyviau valdyti trąšų naudojimo procesus, atsižvelgiant į dirvožemio maistinių medžiagų pasiskirstymą ir augalų poreikius. Šiuolaikinės technologijos, tokios kaip kintamos normos tręšimo sistemos, padeda sumažinti trąšų nuostolius ir neigiamą poveikį aplinkai, tačiau dauguma jų pritaikytos mineralinių trąšų paskleidimui (Kushwaha et al., 2024). Organinių granuliuotų trąšų skleidimo procesas kelia papildomų iššūkių dėl jų fizikinių ir mechaninių savybių nevienodumo, kuris turi įtakos trąšų pasiskirstymo tolygumui (Zinkevičienė ir kt., 2022).

Granuliuotos organinės trąšos gaminamos iš skirtingų žemės ūkio ir maisto pramonės atliekų, todėl jų granulometrinė sudėtis, tankis ir aerodinaminės savybės gali skirtis. Tai lemia nevienodą trąšų sklaidą, ypač naudojant diskinius skleidimo mechanizmus (Živatkauskas ir kt., 2016). Trąšų dalelių judėjimui nuo disko paviršiaus įtakos turi ne tik dalelės forma, bet ir kritimo vieta, vėjo stiprumas, reljefo ypatumai ir skleidimo disko menčių geometrija (Zhu et al., 2020).

Tikslesniam ir tolygesniam trąšų paskleidimui užtikrinti būtina tobulinti skleidimo technologijas, analizuojant mechanizmo darbinio paviršiaus formą ir jo sąveiką su trąšų dalelėmis. Šiuolaikiniai eksperimentiniai ir modeliujamieji tyrimai leidžia tiksliau įvertinti skleidimo procesą ir optimizuoti tręšimo sistemas.

Tyrimo tikslas – ištirti ir palyginti tręšiamųjų išbarstymo proceso tolygumą, skleidžiant organines ir mineralines granuliuotas trąšas.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Ištirti mineralinių ir organinių granuliuotų trąšų dalelių judėjimo dinamiką nuo disko paviršiaus naudojant skirtingas trąšų normas.

2. Palyginti mineralinių ir organinių granuliuotų trąšų dalelių judėjimo dinamiką nuo disko paviršiaus esant skirtingoms trąšų normoms.

Atliktas tyrimas prisidės prie efektyvesnio organinių trąšų paskleidimo sistemos vystymo, sudarant prielaidas tikslesniam ir aplinkai tausojančiam tręsimui.

Tyrimų objektas ir metodai

Bandymas atliktas Marijampolėje, Gėlyno gatvėje, lygiame lauke, kurio plotis yra 22 m ir pastebimo nuolydžio, galinčio turėti įtakos važavimo greičiui ar dalelių paskirstymo kampui, nėra.

Bandymo sąlygos:

Vieta: Marijampolės profesinio rengimo centras, Žemės ūkio sektoriaus praktinio mokymo centras.

Data: 2024 m. birželio 8 d.

Oro sąlygos: oro kokybės indeksas 32, kietosios dalelės ore iki 2,5 mikrono, oro drėgnumas 49 proc., lauko temperatūra 18–23 °C, vėjo kryptis iš vakarų į rytus, vėjo greitis 5 km/val., atmosferos slėgis 1014 mB.

Naudota įranga:

Traktorius: John Deere 5080 M, važavimo greitis 11 km/val., darbinio veleno apsisukimų greitis 540 aps./min.

Trąšų barstytuvas: KUHN MDS 9.19 Q, darbinis plotis 14 m. Nustatymai atlikti pagal gamintojo instrukcijas.

Tręšimo norma: 300 kg/ha ir 400 kg/ha.

Trąšų rūšys: Mineralinės trąšos (granuliuotos grūdų išvalos), organinės trąšos (granuliuotas galvijų mėšlas), granuliuotos trąšos 1–6 mm, 3–5 mm ir 5–7 mm frakcijomis.

Matavimo priemonės: Svarstyklės ACJ 80-4M (tikslumas 0,01 g), slankmatis, 3 kameros duomenų rinkimui.

Eksperimento eiga:

Prieš pradėdant eksperimentą, buvo atliktas trąšų normos suregulavimas. Buvo patikrintos paskirstymo įrangos dalys, įskaitant diskus, menteles ir kitas svarbias dalis, užtikrinant jų tinkamą funkcionavimą ir įvertinta jų techninė būklė. Taip pat atliktas trąšų normavimo mechanizmo patikrinimas.

Lauke trąšų surinkimui buvo išdėstyta 17 vienetų trąšų (žr. 1 pav.) surinkimo talpų su pertvaromis, kurių matmenys 0,36 x 0,48 x 0,11 m. Talpos išdėstytos tolygiais tarpais, laikantis barstytuvo darbinio pločio ribų. Išbarstytų trąšų kiekis matuojamas kiekvienoje talpoje.



(a)



(b)

1 pav. a. Trąšų surinkimo talpų išdėstymas barstytuvo darbinio pločio ribose, b. Trąšų surinkimo talpos nuotrauka iš viršaus
Fig. 1. a. Placement of fertilizer collection containers within the working width of the spreader. b. Top-view photograph of the fertilizer collection container

Eksperimento metu buvo įvertintos dvi trąšų rūšys (organinės ir mineralinės) ir jų paskleidimo tolygumas esant skirtingoms tręšimo normoms. Siekiant užtikrinti ir įvertinti duomenų statistinį patikimumą, organinės ir mineralinės trąšos dirvožemio paviršiuje skleistos po 3 kartus su 300 ir 400 kg/ha normomis.

Duomenų patikimumui užtikrinti buvo taikomos statistinės analizės metodikos. Atlikti šie skaičiavimai: vidurkis, standartinis nuokrypis (SN), Stjudento t testas.

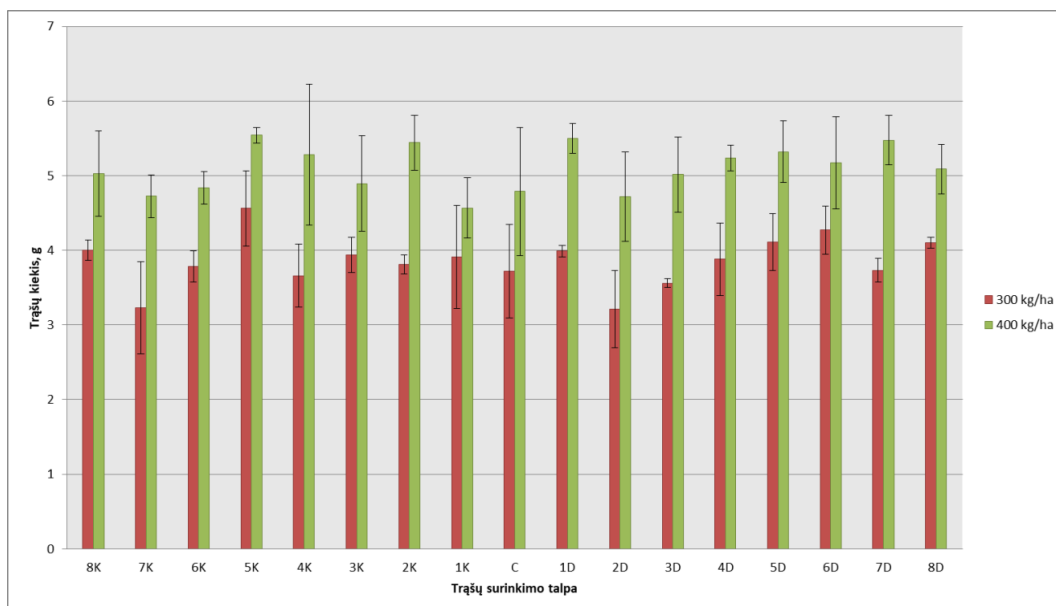
Trąšų paskleidimo tolygumas dažnai vertinamas naudojant variacijos koeficientą (CV), kuris parodo standartinio nuokrypio ir vidurkio santykį procentais. Mažesnis CV procentas reiškia tolygesnį paskleidimą. Remiantis tyrimais, CV reikšmės interpretuojamos taip: CV nuo 5 proc. iki 10 proc. laikomas labai geru tolygumu, CV iki 15 proc. laikomas priimtiniu tolygumu. Taigi, trąšų paskleidimas laikomas tolygiu, jeigu CV yra 15 proc. ar mažiau, o viršijus šią ribą – netolygiu (Kolcu et al., 2017).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Mineralinių trąšų skleidimo su skirtingomis normomis rezultatai pateikiami 2 paveiksle. Iš duomenų matyti, kad trąšų surinkimo talpose trąšų kiekis yra didesnis, kai naudojama didesnė trąšų norma. Kai trąšų skleidimo norma buvo 300 kg/ha, trąšų kiekis 17 dėžučių svyravo nuo 3,21 g iki 4,56 g, o kai norma buvo 400 kg/ha, trąšų kiekis svyravo nuo 4,57 g iki 5,54 g.

Išanalizavus duomenis, matyti, kad mineralinių granuliuotų trąšų paskleidimo dinamika ant dirvožemio paviršiaus yra tolygi, o gauti duomenys yra statistiškai patikimi, nes Stjudento t-testas yra -0,494, o p reikšmė yra mažesnė nei 0,05.

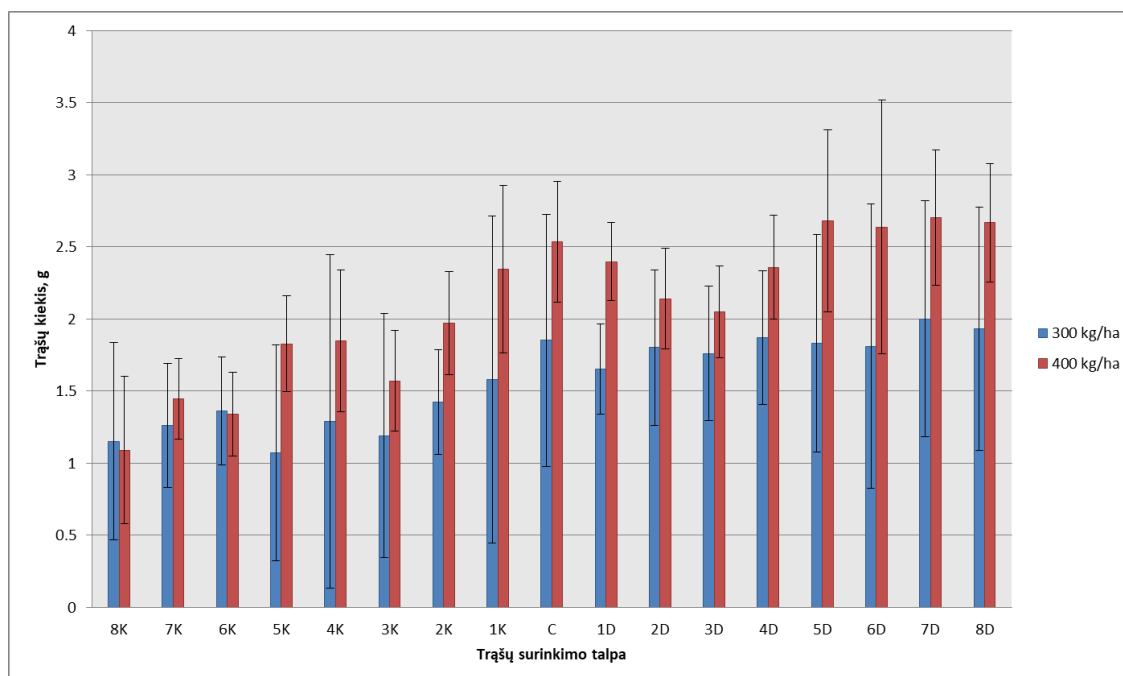
Išanalizavus duomenis nustatytas variacijos koeficientas (CV) kiekvienai dėžutei, kai trąšų išbarstymo norma 300 kg/ha svyravo nuo 1,69 proc. iki 18,89 proc. (šiuo atveju 3 surinkimo talpų: 7K, 1K ir C variacijos koeficientas viršijo 15 proc., likusių variacijos koeficientas mažesnis nei 15 proc. ir net 6 surinkimo talpų CV mažesnis nei 5 proc.: 8K, 2K, 1D, 3D, 7D ir 8D), o kai trąšų norma 400 kg/ha nuo 1,81 proc. iki 17,95 proc. (šiuo atveju 2 surinkimo talpų: 4K ir C variacijos koeficientas viršijo 15 proc., likusių variacijos koeficientas mažesnis nei 15 proc. ir net 4 surinkimo talpų CV mažesnis nei 5 proc.: 6K, 5K, 1D, 4D). Šie rezultatai parodo, kad variacijos koeficientas beveik visose surinkimo talpose mažesnis negu 15 proc., o kai kuriose net mažesnis nei 5 proc., todėl galima teigti, kad trąšų paskleidimas dirvožemio paviršiuje yra tolygus.



2 pav. Mineralinių granuliutų trąšų dalelių pasiskirstymo dinamika, naudojant skirtingas trąšų normas
Fig. 2. The distribution dynamics of mineral granular fertilizer particles using different fertilizer rates

3 paveiksle pateikiami duomenys, kuriuose matyti organinių trąšų paskleidimo rezultatai naudojant skirtingas trąšų normas. Trąšų surinkimo talpose trąšų kiekis yra didesnis, kai naudojama didesnė trąšų norma. Kai trąšų skleidimo norma yra 300 kg/ha, trąšų kiekis 17 dėžučių svyruoja nuo 1,07 g iki 2 g, o kai trąšų norma yra 400 kg/ha, trąšų kiekis svyruoja nuo 1,57 g iki 2,68 g. Išanalizavus duomenis, matyti, kad organinių granuliutų trąšų paskleidimas dirvožemio paviršiuje yra netolygus, tačiau duomenys yra statistiškai patikimi, nes Stjudento t-testas yra -0,648, o p reikšmė yra mažesnė nei 0,05.

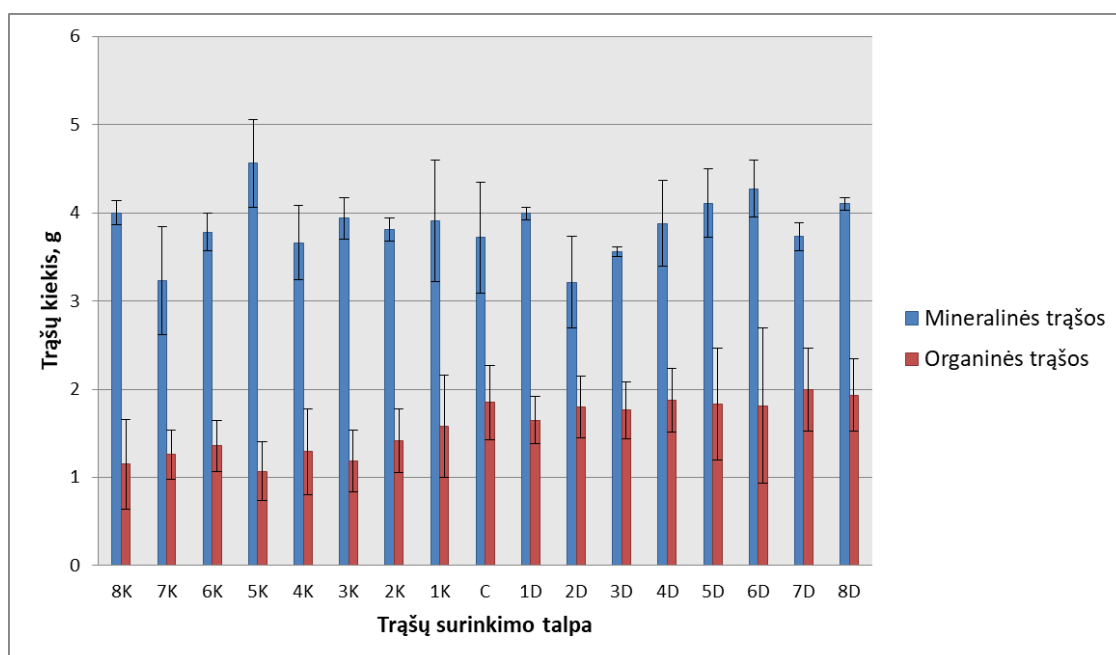
Išanalizavus duomenis nustatytas variacijos koeficientas (CV) kiekvienai dėžutei, kai trąšų išbarstymo norma 300 kg/ha svyravo nuo 16,36 proc. iki 48,62 proc., o kai trąšų norma 400 kg/ha – nuo 12,92 proc. iki 62,70 proc. Šie rezultatai parodo, kad variacijos koeficientas beveik visose surinkimo talpose viršija 15 proc., todėl galima teigti, kad trąšų paskleidimas dirvožemio paviršiuje yra netolygus.



3 pav. Organinių granuliutų trąšų dalelių pasiskirstymo dinamika, naudojant skirtingas trąšų normas
Fig. 3. The distribution dynamics of organic granular fertilizer particles using different fertilizer rates

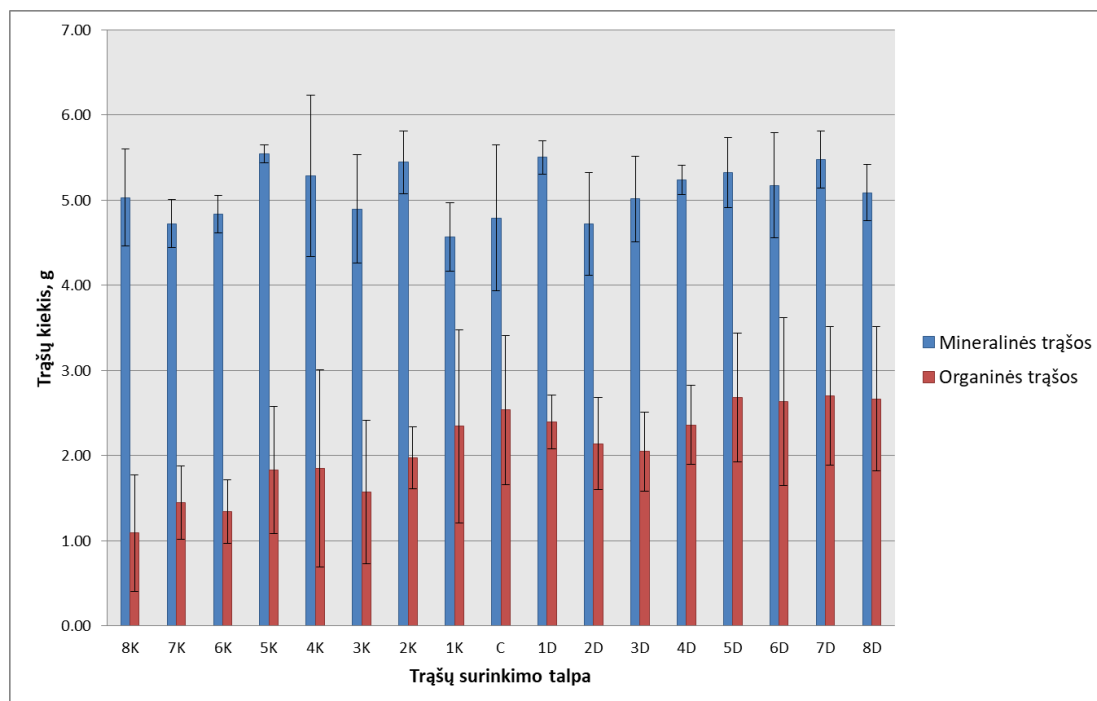
4 paveiksle pateikiamas mineralinių ir organinių granuliutų trąšų paskleidimo dirvožemio paviršiuje, kai trąšų norma yra 300 kg/ha, palyginimas. Pateikti rezultatai rodo, kad mineralinės granuliutos trąšos paskleidžiamos tolygiau nei organinės granuliutos trąšos. Trąšų surinkimo talpose, esančiose abiejose pusėse nuo centrinės (kuri buvo traktoriaus centre eksperimento metu), mineralinių granuliutų trąšų kiekis buvo panašus ir pasiskirstė tolygiai. Tuo tarpu organinių

granuliuotų trąšų pasiskirstymas rodo, kad trąšų kiekis mažėja kairėje pusėje nuo centrinės talpos, o dešinėje pusėje jis didėja, tokį trąšų paskleidimo rezultatą galima būtų tyrimo metu vyrausios vėjo kryptis.



4 pav. Mineralinių ir organinių granuliuotų trąšų dalelių pasiskirstymo dinamikos palyginimas, kai trąšų skleidimo norma 300 kg/ha
Fig.4. Comparison of the distribution dynamics of mineral and organic granular fertilizer particles at a fertilizer application rate of 300 kg/ha

Mineralinių ir organinių granuliuotų trąšų paskleidimo dirvožemio paviršiuje, kai trąšų norma yra 400 kg/ha, palyginimo rezultatai pateikiami 5 paveiksle. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad mineralinės granuliuotos trąšos paskleidžiamos tolygiau nei organinės granuliuotos trąšos. Trąšų surinkimo talpose, esančiose abiejose pusėse nuo centrinės (kuri buvo traktoriaus centre eksperimento metu), mineralinių trąšų kiekis buvo panašus ir pasiskirstė tolygiai.



5 pav. Mineralinių ir organinių granuliuotų trąšų dalelių pasiskirstymo dinamikos palyginimas, kai trąšų skleidimo norma 400 kg/ha
Fig.5. Comparison of the distribution dynamics of mineral and organic granular fertilizer particles at a fertilizer application rate of 400 kg/ha

Tuo tarpu organinių trąšų pasiskirstymas rodo, kad trąšų kiekis kairėje pusėje nuo centrinės talpos mažėja, o dešinėje pusėje, priešingai, didėja, tokį trąšų paskleidimo rezultatą galima būtų tyrimo metu vyrausios vėjo kryptis.

Išvados

1. Atlikus tyrimą nustatyta, kad granuliuotų mineralinių trąšų paskleidimas buvo tolygus visame darbiniam plotyje, taip galima teigti remiantis variacijos koeficientu, kuris beveik visose surinkimo talpose mažesnis negu 15 proc., o kai kuriose – net mažesnis nei 5 proc. Tuo tarpu granuliuotų organinių trąšų paskleidimas nebuvo tolygus, t.y. trąšų kiekis vertinant nuo centro į kairę pusę mažėjo, o į dešinę didėjo, taip pat remiantis tuo, kad variacijos koeficientas beveik visose surinkimo talpose viršija 15 proc., todėl galima teigti, kad trąšų paskleidimas dirvožemio paviršiuje yra netolygus. Organinių trąšų skersinis paskleidimas buvo netolygus abiejose barstytuvo pusėse, nes šių trąšų fizikinės savybės ir tręšimo norma reikšmingai darė įtaką trąšų paskleidimo dinamikai dirvožemio paviršiuje, lyginant su mineralinėmis.

2. Eksperimentinio tyrimo metu, analizuojant trąšų skleidimo normos įtaką trąšų paskleidimo dinamikai, nustatyta, kad skleidžiant mineralines granuliuotas trąšas, kai norma 300 kg/ha ir kai norma 400 kg/ha, trąšų paskleidimas dirvožemio paviršiuje yra tolygus, o organinių granuliuotų trąšų paskleidimas dirvožemio paviršiuje netolygus. Todėl galima daryti išvadą, kad trąšų skleidimo norma nedaro reikšmingos įtakos trąšų paskleidimo tolygumui.

Literatūra

1. Kolcu, İ. S., & Değirmencioğlu, A. (2017). Optimization of the distribution uniformity of a single-disc granular broadcast spreader. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 13(1), 39-47.
2. Kushwaha, M., Singh, S., Singh, V., & Dwivedi, S. (2024). Precision farming: A review of methods, technologies, and future prospects. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 9(2), 242.
3. Zhu, Z., Li, J., & Zhang, L. (2020). Prediction of a fertilizer particle motion along a vane of a centrifugal spreader disc assuming its pure rolling. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(4), 1–10.
4. Zinkevičienė, R., Jotautienė, E., Jasinskas, A., Kriaučiūnienė, Z., Lekavičienė, K., Naujokienė, V., Šarauskis, E. (2022). Determination of Properties of Loose and Granulated Organic Fertilizers and Qualitative Assessment of Fertilizer Spreading. *Sustainability*, 14(7), 4355.
5. Živatkauskas, M., Jotautienė, E. (2016). Organinių granuliuotų trąšų aerodinaminių savybių tyrimas. *Agroinžinerija ir energetika: ASU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo ir gamybos žurnalas*, 21, 70–75.

RESEARCH ON THE FERTILIZER SPREADING PROCESS BY SPREADING GRANULAR FERTILIZERS

Abstract

Applying the principles of precision agriculture, attention is given to different field properties and varying fertilization, spraying, and sowing rates. Fertilization not only increases the precision of fertilizer distribution but also impacts yield quantities. Improper and unevenly distributed fertilizers are a major cause of reduced yields, the spread of crop diseases, lower grain quality, and higher grain production costs. The aim of the study is to examine and compare the uniformity of the fertilizer spreading process when applying organic and mineral granular fertilizers. The fertilizers used were granular grain husks and mineral granular fertilizers. The fertilizers were spread using a Kuhn MDS 9.19 centrifugal spreader, with a working width of 14 m and a driving speed of 11 km/h. Fertilizer rates were 300 and 400 kg/ha. The results showed that the distribution of granular mineral fertilizers was uniform across the entire working width. The crosswise distribution of organic fertilizers was uneven on both sides of the spreader, as the physical properties of these fertilizers and the fertilization rate significantly affected the dynamics of fertilizer spreading on the soil surface compared to mineral fertilizers.

Keywords: uniformity, centrifugal, spreader, fertilizers, organic, mineral, dynamics.