

TRAŠŲ SU HUMINĖMIS RŪGŠTIMIS IR SILICIU POVEIKIS ŽIEMINIŲ KVIEČIŲ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) PASĖLIUI

Rytis ŠTEINYS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas: rytis.steinys@vdu.lt

Darija JODAugienė, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas: darija.jodaugiene@vdu.lt

Santrauka

Bendras žemės ūkio augalams tinkamas dirbamos žemės plotas pasaulio mastu nuolatos mažėja dėl dirvožemio erozijos, degradacijos ir urbanizacijos, o tai lemia dirbamos žemės ploto, tenkančio vienam gyventojui, nuolatinį mažėjimą. Besikeičianti situacija verčia ieškoti būdų, kaip su tomis pačiomis sąnaudomis padidinti grūdų derlingumą, kuris priklauso nuo augalo biologinio potencialo, maistinių medžiagų kiekio dirvožemyje ir gebėjimo jas pasisavinti. Tačiau žemės ūkyje maistinės medžiagos nėra pilnai pasisavinamos augalų, dėl ko atsiranda trąšų nuostoliai, kurie nėra naudingi nei aplinkai nei ūkininkams, nes reikalauja didesnių sąnaudų ir daro neigiamą poveikį aplinkai. Viena iš alternatyvų yra didinti trąšų pasisavinimą, naudojant biostimuliuojančius tokius kaip huminės rūgštys ir silicis. Siekiant išsiaiškinti šių produktų poveikį žieminių kviečių pasėliui, atliktas tyrimas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje Kauno r. Eksperimento metu nustatyta, kad naudojant trąšas su huminėmis rūgštimis ir siliciu iš esmės padidėja žieminių kviečių biomasė, dėl ko didėja fotosintetinis augalų paviršius ir esmingai pagerėja žieminių kviečių grūdų kokybiniai rodikliai. Literatūroje nurodoma reikšminga huminių rūgščių su siliciu įtaka žieminių kviečių derlingumui, tačiau atliktas tyrimas parodė, kad Lietuvos sąlygomis reikšmingas poveikis žieminių kviečių derlingumui nenustatytas.

Reikšminiai žodžiai: huminės rūgštys, silicis, žieminiai kviečiai.

Įvadas

Sparčiai augantis gyventojų skaičius daugelyje pasaulio regionų didina maisto produktų poreikį, skatindamas žemės ūkio gamybos intensyvumą. Bendras žemės ūkio augalams tinkamas dirbamos žemės plotas pasaulio mastu nuolatos mažėja dėl dirvožemio erozijos, degradacijos ir urbanizacijos, o tai lemia dirbamos žemės ploto, tenkančio vienam gyventojui, nuolatinį mažėjimą. Besikeičianti situacija verčia ieškoti būdų, kaip su tomis pačiomis sąnaudomis padidinti grūdų derlingumą, kuris priklauso nuo augalo biologinio potencialo, maistinių medžiagų kiekio dirvožemyje ir gebėjimo jas pasisavinti (FAO., 2023).

Augalams reikalingos įvairios maistinės medžiagos, kad jie galėtų augti, vystytis ir užbaigti savo gyvenimo ciklą bei atlikti gyvybiškai svarbias funkcijas. Tai makroelementai, tokie kaip azotas (N), fosforas (P), kalis (K), kalcis (Ca), magnis (Mg) ir siera (S), taip pat mikroelementai, tokie kaip geležis (Fe), manganas (Mn), cinkas (Zn), varis (Cu), boras (B) ir molibdenas (Mo) (White, Brown, 2010). Kiekviena maistinė medžiaga atlieka tam tikrą vaidmenį augalų medžiagų apykaitoje, augime ir vystymesi. Tačiau žemės ūkyje maistinės medžiagos nėra pilnai pasisavinamos augalų, dėl ko atsiranda trąšų nuostoliai, kurie nėra naudingi nei aplinkai nei ūkininkams, nes reikalauja didesnių sąnaudų ir daro neigiamą poveikį aplinkai (Ronghao ir kt., 2016).

Viena iš alternatyvų yra didinti trąšų pasisavinimą naudojant biostimuliuojančius kaip humines rūgštis su siliciu. Huminės rūgštys yra svarbi dirvožemio organinių medžiagų sudedamoji dalis. Ji veiksmingai pagerina sunkios granulometrinės sudėties dirvožemį, palengvina vandens infiltraciją, didina jonų mainų pajėgumą ir makroelementų bei mikroelementų pasisavinimą, gerina dirvožemio derlingumą, stimuliuoja dirvožemio mikrobiologinę veiklą (Turgay ir kt., 2011; Asik ir kt., 2012; Gunal ir kt., 2018). Silicis (Si) po deguonies yra antras pagal paplitimą elementas Žemės plutoje, kurią daugiausia sudaro silikatai. Si nėra laikomas būtinu augalų augimui ir vystymuisi, tačiau vis daugiau literatūros šaltinių rodo, kad šis metaloidas yra naudingas augalams, ypač streso sąlygomis (Law, Exley, 2011).

Tyrimo tikslas – nustatyti trąšų su huminėmis rūgštimis ir siliciu poveikį žieminių kviečių pasėliui.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti trąšų su huminėmis rūgštimis ir siliciu įtaką žieminių kviečių biometriniams rodikliams.
2. Įvertinti trąšų su huminėmis rūgštimis ir siliciu įtaką žieminių kviečių derlingumui.
3. Įvertinti trąšų su huminėmis rūgštimis ir siliciu įtaką žieminių kviečių kokybiniams rodikliams.

Tyrimų objektas ir metodai

Eksperimentai atlikti 2022–2023 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Bandymų stotyje Kauno r. (54° 53' 6.14", 23° 50' 14.2"). Lauko eksperimentų atlikimui pasirinktas žieminių kviečių pasėlis lokaliai tręštas skirtingomis trąšomis, siekiant įvertinti huminių rūgščių ir silicio poveikį biometriniams rodikliams, derlingumui ir žieminių kviečių kokybiniams rodikliams.

Žieminių kviečių lokalaus tręšimo variantai:

- 1) trąšos be huminių rūgščių ir silicio (Be HR ir Si),

2) trąšos su huminėmis rūgštimis ir siliciu (Su HR ir Si).

Tyrimams naudotos trąšos: 1) Be HR ir Si, t. y. $N_{12}P_{24}K_{12}S_6$ su $B_{0,02}$ ir $Zn_{0,02}$ ir 2) Su HR ir Si, t. y. $N_{12}P_{24}K_{12}S_6$ su $B_{0,02}$ ir $Zn_{0,02}$ bei praturtinta huminėmis rūgštimis ir siliciu. Trąšų norma 300 kg ha^{-1} , trąšos įterptos lokaliai sėjos metu.

Pradinio laukelio dydis – 60 m^2 , apskaitinio – 50 m^2 . Eksperimentas vykdytas 4 pakartojimais.

Tyrimo metu pieninės brandos tarpsniu įvertintas žieminių kviečių lapų plotas bei žaliųjų ir sausųjų medžiagų masė. Nustatyta bendra, antžeminės dalies ir šaknų masė. Sausųjų medžiagų kiekis procentais įvertintas išdžiovinus žaliąją masę džiovintame spintoje $105 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje iki pastovios masės.

Žieminių kviečių derlingumas VDU ŽŪA Bandytųjų stotyje nustatytas mažagabaritiniu kombainu „Wintersteiger Delta“ su svėrimo ir drėgnumo nustatymo sistema. Gautas žieminių kviečių grūdų kiekis iš laukelio perskaičiuotas į 100% švarumo ir 14% drėgnumo kviečių derlingumą t ha^{-1} .

Po augalų derliaus nuėmimo paimti mėginiai grūdų (sėklų) kokybinei analizei nustatyti. Baltymų, glitimo, krakmolo kiekis nustatytas analizatoriumi „Infratec 1241“. Įvertintas sedimentacijos greitis, kritimo skaičius ir hektolitro masė.

Lauko eksperimentų tyrimų duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinę programą ANOVA iš programinio paketo SELEKCIJA. Esminių skirtumų tarp variantų nustatymui pasirinktas Fišerio LSD testas (Raudonius, 2009). Esminiai skirtumai tarp variantų pažymėti žvaigždutėmis:

* – esminiai skirtumai $95,0 \%$ tikimybės lygiui,

** – esminiai skirtumai $99,0 \%$ tikimybės lygiui,

$P > 0,050$ – esminių skirtumų nenustatyta.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Atlikti tyrimai parodė, kad žieminių kviečių, tręštų trąšomis su huminėmis rūgštimis ir siliciu, žaliąją masę buvo esmingai didesnė, lyginant su pasėliu tręštu be huminių rūgščių ir silicio (žr. 1 lentelę). Bendroji masė siekė $5567,9 \text{ g m}^{-2}$ ir buvo 12% didesnė, antžeminės dalies masė siekė $4995,7 \text{ g m}^{-2}$ ir buvo 13% didesnė, o šaknų masė siekė $527,3 \text{ g m}^{-2}$ ir buvo 9% didesnė nei pasėlio be huminių rūgščių ir silicio.

Sausųjų medžiagų masė pasėlio, tręšto su huminėmis rūgštimis ir siliciu, taip pat buvo reikšmingai didesnė, t. y. bendroji masė buvo 14% didesnė ir siekė $3005,1 \text{ g m}^{-2}$, antžeminės dalies masė bei šaknų masė buvo 14% didesnė nei pasėlio tręšto be huminių rūgščių ir silicio ir siekė atitinkamai $2528,2 \text{ g m}^{-2}$ ir $476,9 \text{ g m}^{-2}$. Šie rezultatai sutampa su Tufail ir kt. (2014) atliktu tyrimu, kurie nurodė, kad naudojant humines rūgštis padidėja šaknų, stiebų ir lapų ilgis, todėl padidėja ir bendra augalų biomasė, o kartu ir sausųjų medžiagų masė.

Žieminių kviečių pieninės brandos tarpsniu taip pat nustatyti esminiai lapų ploto skirtumai. Pasėlio, tręšto su huminėmis rūgštimis ir siliciu, vieno augalo lapų plotas buvo net 30% didesnis nei lyginamojo pasėlio ir siekė $88,9 \text{ cm}^2$, o lapų plotas 1 m^2 buvo 13% didesnis nei pasėlio tręšto be huminių rūgščių ir silicio bei siekė $10825,2 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ (1 lentelė). Analogiškus tyrimo rezultatus gavo ir mokslininkai Alfatlawi ir Alrubaiee (2020), kurie teigė, kad huminės rūgštys turi esminės įtakos didesniai kviečių lapų plotui, dėl kurio padidėja fotosintetinis plotas.

1 lentelė. Žieminių kviečių biometriniai rodikliai pieninės brandos tarpsniu

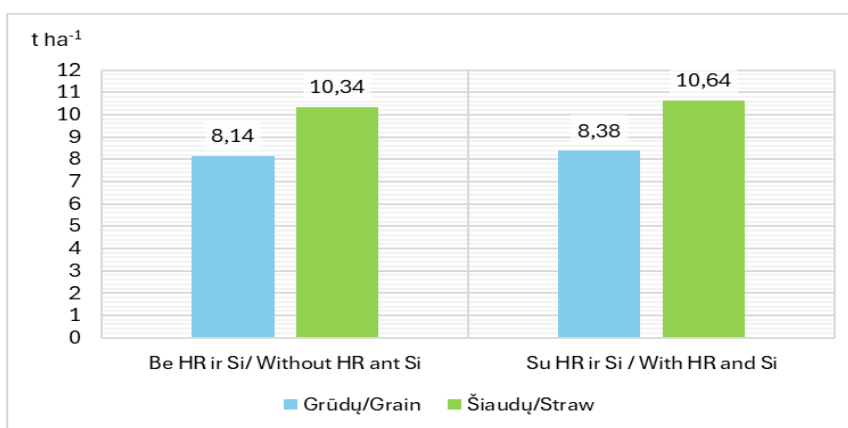
Table 1. Biometric characteristics of winter wheat at milk maturity stage

Eil. Nr.	Rodikliai / Indicators	Lokalaus tręšimo variantai / Localised fertilisation options		
		Be huminių rūgščių ir Si / Without humic acids and Si	Su huminėmis rūgštimis ir Si / With humic acids and Si	R ₀₅
Žalia masė g m^{-2} / Green mass g m^{-2}				
1.	Bendra masė / Total mass	4875,0	5567,9*	533,56
2.	Antžeminės dalies masė / Aboveground mass	4352,9	4995,7*	633,60
3.	Šaknų masė / Root mass	522,1	572,3*	40,87
Sausųjų medžiagų masė g m^{-2} / Dry matter mass g m^{-2}				
4.	Bendra masė / Total mass	2594,6	3005,1*	303,26
5.	Antžeminės dalies masė / Aboveground mass	2182,9	2528,2*	298,68
6.	Šaknų masė / Root mass	411,7	476,9*	64,51
Lapų plotas / Leaf area				
7.	Vieno augalo lapų plotas cm^2 / Leaf area of one plant cm^2	61,8	88,9*	16,79
8.	Lapų plotas $\text{cm}^2 \text{ m}^{-2}$ / Leaf area $\text{cm}^2 \text{ m}^{-2}$	9453,5	10825,2*	1142,42

Pastaba. * – esminiai skirtumai $95,0 \%$ tikimybės lygiui

Note. * – significant differences at the 95.0% probability level

Taip pat tyrimo metu vertintas žieminių kviečių derlingumas. Nustatyta, kad tarp pasėlio tręšto su huminėmis rūgštimis ir siliciu ir pasėlio tręšto be huminių rūgščių ir silicio reikšmingų derlingumo skirtumų nebuvo, tačiau galima įžvelgti, kad žieminių kviečių, tręštų trąšomis su huminėmis rūgštimis ir siliciu, grūdų ir šiaudų derlingumas buvo neįžymiai didesnis (žr. 1 pav.). Nors atliktas tyrimas reikšmingos įtakos augalų derlingumui neparodė, tačiau Zeboon ir Baqir (2019) atliktu tyrimo rezultatai visgi parodė, kad tręšimas huminėmis rūgštimis didina augalų aukštį, chlorofilo kiekį, ūglių skaičių viename kvadratiname metre, grūdų skaičių varpoje, o tai visgi reikšmingai veikia žieminių kviečių tiek grūdų, tiek šiaudų derlingumą.



Pastaba: Esminio skirtumo ribos: R_{05} grūdų – 0,477; šiaudų – 0,606. $P > 0,050$ – esminių skirtumų nenustatyta.
 Note: The limits of significant difference: 0,477 for R_{05} grain and 0,606 for straw. $P > 0,050$ - no significant difference found.

1 pav. Žieminių kviečių grūdų ir šiaudų derlingumas
Fig 1. Winter wheat grain and straw yields

Eksperimento metu taip pat vertinti ir žieminių kviečių grūdų kokybiniai rodikliai: baltymingumas, šlapijojo glitimo kiekis, sedimentacija, kritimo skaičius ir hektolitro masė. Tyrimo rezultatai parodė, kad pasėlio, tręšto su huminėmis rūgštimis ir siliciu, baltymingumo, šlapijojo glitimo kiekio ir sedimentacijos rodikliai buvo reikšmingai didesni negu pasėlio, tręšto be huminių rūgščių ir silicio. Baltymingumas buvo didesnis 4,2 %, šlapijojo glitimo kiekis – 5,2 %, o sedimentacija – per 3,5 ml arba 8,7 % (žr. 2 lentelę). Mokslininkų Cimrin ir Yilmaz (2005) bei Yasin ir El-Sobky (2017) atlikti tyrimai taip pat parodė analogiškus rezultatus, kad dirvožemio apdorojimas huminėmis rūgštimis pagerina ne tik azoto pasisavinimą, fotosintezės aktyvumą, bet ir padidina baltymų sintezę ir baltymų kiekį ląstelių lygmeniu.

2 lentelė. Žieminių kviečių grūdų kokybiniai rodikliai
Table 2. Qualitative characteristics of winter wheat grain

Eil. Nr.	Rodikliai / Indicators	Lokalaus tręšimo variantai / Localised fertilisation options		
		Be huminių rūgščių ir Si / Without humic acids and Si	Su huminėmis rūgštimis ir Si / With humic acids and Si	R_{05}
1.	Baltymingumas % / Protein content %	11,8	12,3*	0,42
2.	Šlapijojo glitimo kiekis % / Wet gluten content %	23,0	24,2*	1,09
3.	Sedimentacija ml / Sedimentation ml	40,1	43,6*	3,41
4.	Krakmolingumas % / Starchiness %	68,3	67,8	0,62
5.	Kritimo skaičius s / Number of falls s	332,0	345,2	51,87
6.	Hektolitro masė kg hl^{-1} / Mass per hectrolitre kg hl^{-1}	79,5	80,0	1,81

Pastaba: * – esminiai skirtumai 95 % tikimybės lygiui
 Note: * – significant differences at the 95.0% probability level

Vertinant žieminių kviečių kritimo skaičiaus ir hektolitro masės rodiklius esminių skirtumų nebuvo pastebėta, nors literatūroje aprašomuose tyrimuose pastebima, kad dažnu atveju naudojant humines rūgštis tiek grūdų kokybiniai rodikliai, tiek 1000 grūdų masė reikšmingai padidėja (Kara, 2015; Warda ir kt., 2019).

Išvados

1. Naudojant trąšas su huminėmis rūgštimis ir siliciu esmingai didėjo žieminių kviečių biomasė ir augalų lapų plotas. Pieninės brandos tarpsniu žieminių kviečių masė nustatyta 12 %, vieno augalo lapų plotas – 30 %, o lapų plotas 1 m^2 buvo 13 % didesnis nei pasėlio, tręšto trąšomis be huminių rūgščių ir silicio.

2. Trąšų su huminėmis rūgštimis su siliciu poveikis žieminių kviečių derlingumui nebuvo esminis, tačiau nustatyta grūdų ir šiaudų derlingumo didėjimo tendencija. Žieminių kviečių grūdų ir šiaudų derlingumas buvo 2,9 % didesnis nei tręšiant trąšomis be huminių rūgščių ir silicio.

3. Trąšos su huminėmis rūgštimis ir siliciu reikšmingai veikė žieminių kviečių grūdų kokybinius rodiklius. Grūdų baltymingumas padidėjo 4,2, šlapijojo glitimo kiekis – 5,2, o sedimentacija – 8,7 %, lyginant su žieminiiais kviečiais, kurie buvo tręšti trąšomis be huminių rūgščių ir silicio.

Literatūra

- Alfatlawi, Z. H. C., Alrubaiee, S. 2020. Effect of spraying different concentrations of humic acid on the growth and yield of wheat crop (ipa 99 cultivar) in different stages. *Plant Archives*, Vol. 20(2), p. 1517-1521. Prieiga per internetą: http://www.plantarchives.org/SPL%20ISSUE%2020-2/249__1517-1521_.pdf.

2. Asik, B. B., Celik, H., Tura, M. A., Katkat, A. V., 2012. Effects of foliar applications of humic acid on plant growth and mineral nutrients uptake of plant under saline and calcareous conditions. *Sakarya University Faculty of Art and Science The Journal of Arts and Science*, Vol. 14 (1), p. 541–548. Prieiga per internetą: <https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php>.
3. Cimrin, K. M., Yilmaz, I., 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant*, Vol. 55, p. 58–63. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/09064710510008559>.
4. FAO. 2023. Land use statistics and indicators 2000–2021. Global, regional and country trends. *FAOSTAT Analytical Briefs Series*, No. 71. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.4060/cc6907en>.
5. Gunal, E., Erdem, H., Demirbas, A., 2018. Effects of three biochar types on activity of b-glucosidase enzyme in two agricultural soils of different textures. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 64 (14), p. 1963–1974. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1471205>.
6. Kara, B. 2015. Effect of alternative fertilizer on some physicochemical characteristics in wheat flour. *Suleyman Demirel University Journal of the Faculty of Agriculture*, Vol. 10 (2), p. 34–39. Prieiga per internetą: <https://edergi.sdu.edu.tr/.../4475>.
7. Law, C., Exley, C. 2011. New insight into silica deposition in horsetail (*Equisetum arvense*). *BMC Plant Biology*, Vol. 11, 112. . Prieiga per internetą: <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-11-112>.
8. Raudonis, S. 2009. Mokslinių tyrimų planavimas ir analizė. *Mokomoji knyga*. Akademija.
9. Ronghao, L., Yaohu, K., Liang, P., Shuqin, W., Shiping, L., Shuhui, L. 2016. Use of a New Controlled-Loss-Fertilizer to Reduce Nitrogen Losses during Winter Wheat Cultivation in the Danjiangkou Reservoir Area of China. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 47(9), p. 1137–1147, Prieiga per internetą: <https://doi.org.ezproxy.vdu.lt:2443/10.1080/00103624.2016.1166245>.
10. Tufail, M., Nawaz, K., Usman, M. 2014. Impact of humic acid on the morphology and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Applied Sciences Journal*, Vol. 30(4), p. 475-480 Prieiga per internetą: [https://www.idosi.org/wasj/wasj30\(4\)14/15.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj30(4)14/15.pdf).
11. Turgay, O. C., Karaca, A., Unver, S., Tamer, N., 2011. Effects of Coal derived humic substance on some soil properties and bread wheat yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 42 (9), p. 150–170. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.562586>.
12. Warda, H. S., Dawood, R. A., Abd El-Rahman, K. A., El-Morshidy, M. A., Galal, K. A. 2019. Impact of humic acid and nitrogen fertilization on productivity of some bread wheat cultivars. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 50 (4), p. 22–34. Prieiga per internetą: https://journals.ekb.eg/article/66185_7ec1440efc7b2967ff33bfa6e6afb76c.pdf.
13. White, P. J., Brown, P. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany*, Vol. 105(7), p. 1073–1080. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1093/aob/mcq085>.
14. Yasin, M. A. T., El-Sobky, E. E. A., 2017. Impact of humic acid application and nitrogen fertilizer level on bread wheat productivity under sandy soil conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, Vol. 44 (3), p. 887–897. Prieiga per internetą https://zjar.journals.ekb.eg/article_52286_3a434dd36bfe85dc066b2be509224946.pdf.
15. Zeboon, N. H. and Baqir, H. A. 2019. Response of some wheat growth traits for foliar spraying with Humic acid Glutamic acid. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 50(6), p. 1455–1464. Prieiga per internetą: <https://jcoagri.uobaghdad.edu.iq/index.php/intro/article/view/833/632>.

EFFECT OF HUMIC ACID AND SILICON ON WINTER WHEAT CROP

Summary

The total area of agricultural land available for crops is steadily decreasing worldwide due to soil erosion, degradation and urbanisation, leading to a steady decline in the amount of agricultural land available per capita. This changing situation makes it necessary to find ways to increase grain yields at the same cost, which depends on the biological potential of the plant, the nutrient content of the soil and its ability to absorb them. However, in agriculture, nutrients are not fully absorbed by the plant, leading to fertiliser losses that are neither good for the environment nor good for farmers, as they are more costly and have a negative impact on the environment. One alternative is to increase the uptake of fertiliser by using biostimulants such as humic acids and silicon. In order to investigate the effect of these products on the winter wheat plant, a study was carried out at the Experimental Station of the Vytautas Magnus University Academy of Agriculture in Kaunas district. The study showed that the use of fertilisers with humic acids and silicon resulted in a substantially higher biomass of winter wheat, which increased the photosynthetic surface area of the plant, and a substantial improvement in the quality of the grain of the winter wheat. Although significant effects of humic acids with silicon on winter wheat yields have been described in the literature, the study showed that under Lithuanian conditions, such fertilisation did not have a significant effect on winter wheat yields.

Keywords: humic acids, silicon, winter wheat.