

# Dirvožemio agrocheminių savybių įtaka topinambų žiedų cheminei sudėčiai

Ieva Stočkutė,

Elvyra Jarienė

Vytauto Didžiojo universitetas,  
Žemės ūkio akademija,  
Studentų g. 11,  
53361 Akademija, Kauno r., Lietuva  
El. paštas ieva.stockute77@gmail.com

Šio tyrimo tikslas buvo ištirti ir įvertinti topinambų, išaugintų skirtinguose dirvožemiuose, žiedų cheminę sudėtį. Žiedų kokybinė analizė buvo atlikta Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio ir maisto mokslų instituto laboratorijose. Standartiniais metodais nustatyta auginamų topinambų dirvožemio agrocheminiai rodikliai: pHKCl, humuso kiekis, mineralinio azoto kiekis, judrusis fosforas ir judrusis kalis. Standartiniais metodais įvertinta topinambų žiedų skirtingų dalių (vaisingų ir nevaisingų žiedų) cheminė sudėtis: angliavandenių (inulino ir sacharidų), mineralinių medžiagų (N, P, K, Ca, Fe, Na, Zn, Mg) kiekiai. Elektronine nosimi (Alpha M.O.S) identifikuojant lakiuosius organinius junginius buvo nustatytas žiedų kvapas. Tyrimų duomenys statistiškai apdoroti dispersinės analizės metodu (ANOVA), pasitelkiant programą Statistica 10.

Tyrimų rezultatai parodė, kad patikimai didžiausias inulino kiekis buvo nustatytas vaisinguose žieduose (0,339 % s. m.) topinambų, išaugintų vidutinio humusingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemyje. Bendrasis sacharidų kiekis topinambų žiedų skirtingose dalyse varijavo: vaisinguose – nuo 2,54 iki 4,11 % s. m., nevaisinguose – nuo 0,55 iki 0,81 % s. m.

Didžiausias makroelemento kalio kiekis nustatytas vaisinguose žieduose (3,1 % s. m.), kai topinambai buvo išauginti vidutinio humusingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemiuose.

Topinambų žieduose lakieji organiniai junginiai buvo aptikti kaip kompleksas įvairias chemines grupes sudarančių junginių, tokių kaip: esteriai, alkoholiai, terpenai, sulfidai ir kt. Esterių grupės junginiai dominavo topinambų žieduose. Iš esterių grupės metilacetatas ir etil 2-metilbutiratas – tai vaisių ir vynuogių aromatą turintys junginiai. Sulfidų grupės junginys dimetil-trisulfidas taip pat dominavo topinambų žieduose.

Nustatytas topinambų žiedų aromato profilis parodė, kad jų kvapas artimas vaisiams.

**Raktažodžiai:** dirvožemis, kokybė, lakieji junginiai, topinambai, žiedai

## ĮVADAS

Pastaruoju metu vis labiau domimasi augaliniais vaistiniais preparatais, populiarėja augalinė mityba, diskutuojama apie jos naudą mūsų organizmui. Iš įvairių tradicinių, gydomosiomis savybėmis pasižyminčių vaistinių augalų gaminami papildai, ekstraktai ir arbatos.

Topinambai sulaukia vis didesnio mokslininkų dėmesio, jais domisi ir vartotojai.

Vertingiausia maistiniu požiūriu ir geriausia žinoma šio augalo dalis – stiebagumbiai, o perspektyvi, tačiau mažiau aptarinėjama, – antžeminė topinambų dalis, kuri daugiausia naudojama žaliajai trąšai, pašarui, biokurui ar liaudies medicinoje kaip vaistas.

Apie naudingąsias topinambų stiebagumbių savybes yra parašytas ne vienas mokslinis straipsnis. Topinambų lapų biocheminė sudėtis ir savybės plačiai studijuojamos ne tik Europoje, bet ir kitose pasaulio šalyse, tačiau vis dar mažai skiriama dėmesio topinambų žiedams.

Senovės graikų, romėnų ir kinų kultūrose gėlės buvo vartojamos maistui dėl jų maistinių ir gydomųjų savybių. Švieži gėlių žiedai buvo naudojami tam tikroms ligoms ir žaizdoms gydyti (Petrova et al., 2016).

Japonijoje ir kitose Azijos šalyse populiaru Kikuimo arbata (angl. *Kikuimo tea*). Ji pagaminta iš topinambų lapų ir žiedų, kai kuriais atvejais tik iš pastarųjų. Japonai teigia, kad tokia arbata turi daug polifenolinių junginių, vitaminų, mineralinių medžiagų, o svarbiausia – inulino, kuris dar žinomas kaip funkcionaliojo maisto komponentas, natūralus cukraus kiekio organizme reguliatorius. Per pastaruosius du dešimtmečius Europoje sparčiai išaugo susidomėjimas inulino turinčiomis augalų kultūromis dėl jo unikalių savybių ir panaudojimo galimybių (Kays, Nottingham, 2008).

Žiedų kvapas priklauso nuo esančių ir išsiskiriančių lakiųjų organinių junginių prigimties ir kiekio. Kvapą sunku apibūdinti, nes tai sudėtinga kelių dešimčių ar šimtų lakiųjų organinių medžiagų kompozicija. Elektroninė nosis naudojama įvertinti lakiųjų organinių junginių sudėtį ir ar šie junginiai atitinka nustatytas grupes, kad būtų galima identifikuoti tam tikrus kvapų kompleksus

sudarančius junginius (Chambers, Koppel, 2013). Aromatiniai junginiai dažniausiai apibūdinami pagal jų cheminę struktūrą, priklausomybę sudedamosioms funkcinėms grupėms, kaip heterociklinės sistemos, dvigubosios jungtys ar aromatiniai žiedai, kurie prisideda prie bendrosios molekulinės formos ir sukelia tam tikrą kvapą (Wilson, Baietto, 2009). Kvapų analizė instrumentiniu nustatymo metodu labiausiai tinkama identifikuojant netinkamus junginius, kurie gali sukelti kvapo ir skonio pokyčius, surinkti informaciją apie produktą ir kvapų šaltinius. Tam tikri kvapai lemia produkto kokybę.

Nors šios antžeminės dalies, kaip ir visų augalų, junginių kiekis ir kokybė priklauso nuo augalo veislės ir genotipo, tačiau šie augalai nėra reiklūs ir gali augti natūraliomis sąlygomis. Reikalingi platesni kiekybiniai ir kokybiniai tyrimai, galintys įrodyti, kad topinambų žiedai turi naudingųjų medžiagų ir gali pakeisti tradicinius augalus mūsų mityboje. Tyrimo tikslas – ištirti topinambų, išaugintų skirtinguose dirvožemiuose, žiedų kiekybinę ir kokybinę cheminę sudėtį.

## TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimams 2016–2017 m. buvo pasirinkti ekologiniame ūkyje Pakruojo r. Staškaviečių kaime išaugintų keturiuose eksperimentiniuose laukuose su skirtingais dirvožemio agrocheminiais rodikliais (1 lentelė) topinambų (*Helianthus tuberosus* L.)

1 lentelė. Eksperimentinių laukų dirvožemio agrocheminių rodiklių vidurkiai 2016–2017 m.

Table 1. Agrochemical parameters of the soil of the experimental fields, 2016–2017, average

Rodiklis Indicator	Eksperimentinių laukų dirvožemio agrocheminiai rodikliai Agrochemical parameters of the soil of the experimental fields			
	Eksperimentiniai laukai Experimental fields			
	I	II	III	IV
pH <sub>KCl</sub>	6,89	6,65	6,60	6,89
Humusas % Soil humus, %	2,06	1,87	3,18	2,71
Mineralinio azoto kiekis % Content of mineral nitrogen, %	0,10	0,09	0,16	0,14
Judriojo kalio kiekis mg kg <sup>-1</sup> Content of available potassium, mg kg <sup>-1</sup>	145	165	213	145
Judriojo fosforo kiekis mg kg <sup>-1</sup> Content of available phosphorus, mg kg <sup>-1</sup>	36	17	5	57

veislės 'Sauliai' žiedai. Topinambai toje pačioje vietoje auginami 9-erius metus. Vyrauja sekliai karbonatingas sekliai glėjiškas rudžemis (*Epicalcari-Epihypogleyic Cambisol*) (*Lietuvos dirvožemių klasifikacija*). Dirvožemio ėminiai kiekvienais metais topinambų vegetacijos pradžioje (kovo mėn.) paimti su Nekrasovo ėmimo sraigto iš atsitiktinai pasirinktų penkių vietų 0–20 cm dirvos gylio. Dirvožemio agrocheminiai kokybės rodikliai standartiniais metodais įvertinti LAMMC Agrocheminių tyrimų centro laboratorijoje:  $pH_{KCl}$  – potenciometrinio metodu 1N KCl ištraukoje (ISO 10390:2005); judriojo fosforo ( $P_2O_5$ ), judriojo kalio ( $K_2O$ ) kiekis –  $mg\ kg^{-1}$  Egnerio–Rimo–Domingo (A–L) metodu; SVP D – 07:2011; humuso kiekis – Tiurino metodu (ISO 10694:1995); mineralinio azoto kiekis apskaičiuotas kaip suma nitratinio ir amoniakinio azoto (ISO 14256-2:2005).

Visuose eksperimentiniuose laukuose dirvožemio pH buvo artimas neutraliam, vyravo mažo azotingumo ir labai mažo fosforingumo dirvožemis, išskyrus IV, kuris traktuojamas kaip mažo fosforingumo. I ir IV eksperimentinių laukų dirvožemis buvo vidutinio humusingumo, vidutinio

kalingumo, II – mažo humusingumo, kalingas, III – humusingas, didelio kalingumo.

#### METEOROLOGINĖS SĄLYGOS TOPINAMBU VEGETACIJOS METU

Šilti 2016 m. buvo palankūs topinambų vegetacijai. Vidutinė gegužės mėn. oro temperatūra buvo 2,83 °C aukštesnė, o kritulių kiekis 17,6 mm mažesnis negu standartinė klimato norma (toliau SKN) (2 lentelė). Birželio mėn., palyginti su SKN, kritulių iškrito 1,15 karto, liepos mėn. – net 2,09 karto, o rugpjūčio mėn. – 1,53 karto daugiau. Birželio mėn. vidutinė mėnesio oro temperatūra buvo 1,5 °C aukštesnė nei SKN, tačiau liepos ir rugpjūčio mėn. vidutinė oro temperatūra buvo atitinkamai 3,0 °C ir 0,2 °C aukštesnė nei SKN. Rugsėjis buvo sausas ir šiltas.

2017 m. gegužės mėn. buvo šiltas ir sausas (2 lentelė). Šio mėnesio temperatūra buvo artima SKN temperatūrai, o kritulių iškrito penkis kartus mažiau negu SKN. Birželio ir liepos mėn. šilkmedžių vegetacijai buvo palankūs. Vidutinė oro temperatūra birželio ir liepos mėn. buvo labai

2 lentelė. Vidutinis kritulių kiekis ir oro temperatūra šilkmedžių vegetacijos laikotarpiu. Panevėžio meteorologijos stotis, 2016–2017 m.

Table 2. Average precipitation amount and air temperature during the mulberry growing season, Panevėžys Meteorological Station, 2016–2017

Metai / Years	Mėnesiai / Months					Suma Sum
	Gegužė May	Birželis June	Liepa July	Rugpjūtis August	Rugsėjis September	
<b>Kritulių kiekis mm / Rainfall, mm</b>						
2016	36,4	83,9	162,9	114,9	22,5	420,6
2017	10,5	80,2	79,6	55	87,1	312,4
Standartinė klimato norma* The standard rate of climate*	54,0	73,0	78,0	75,0	53,0	333,0
<b>Oro temperatūra °C / Air temperature, °C</b>						<b>Vidurkis Average</b>
2016	15,73	17,21	17,89	16,90	13,48	16,2
2017	12,87	15,35	16,77	17,47	13,39	14,2
Standartinė klimato norma* The standard rate of climate*	12,9	15,7	18,1	17,2	12,3	15,2

Pastaba: \* standartinė klimato norma (SKN) yra 30 metų laikotarpio vidurkis (1981–2010 m.).

Note: \*Standard climate normal (SCN) is a 30-year average from 1981 to 2010.

artima SKN (atitinkamai 15,35 ir 16,77 °C). Kritulių birželio ir liepos mėn. iškrito atitinkamai 7,2 ir 1,6 mm daugiau nei SKN. Rugpjūčio mėn. vidutinė oro temperatūra buvo tik 0,3 °C aukštesnė, o kritulių iškrito 1,36 karto mažiau nei SKN. Rugšėjo mėn. buvo šiltas ir labai drėgnas, t. y. kritulių iškrito 1,6 karto daugiau, palyginti su SKN.

Žiedai rugsėjo mėn. pirmąją dekadą buvo surinkti atsitiktine tvarka iš kiekvieno eksperimentinio lauko. Bendrasis ėminys sudarė apie 2 kg. Laboratorinei analizei atsitiktine tvarka buvo sudarytas 0,5 kg laboratorinis ėminys. LAMMC Lietuvos žemdirbystės instituto Cheminių tyrimų laboratorijoje vaisingų žiedų (fertilūs – lytiniai) ir nevaisingų žiedų (sterilūs – nelytiniai) (Naujalis, 2009) sausojoje masėje standartizuotais metodais nustatyta: angliavandenių – inulino ir sacharidų kiekiai (%) spektrofotometrinio metodu, naudojant spektrofotometrą Spectro UV-VIS dualbeam UVS – 2800 (Labomed Inc., USA) (Saengkanuk ir kt., 2011); azoto kiekis (mg 100 g<sup>-1</sup>) – Kjeldalio metodu; fosforo kiekis (mg 100 g<sup>-1</sup>) – naudojant induktyviai susietos plazmos atominės emisinės spektroskopijos metodą (direktyva 71/393/EEB); kalio ir kalcio kiekiai (mg 100 g<sup>-1</sup>) – naudojant induktyviai susietos plazmos atominės emisinės spektroskopijos (ICP–AES) metodą (direktyva 71/250/EEB); geležies, natrio, cinko, magnio kiekiai (mg 100 g<sup>-1</sup>) – naudojant induktyviai susietos plazmos atominės emisinės spektroskopijos (ICP–AES) metodą (LSTEN 15510:2017).

Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio ir maisto mokslų instituto laboratorijoje elektronine nosimi (Alpha M.O.S) įvertinta topinambų žiedų kvapo kokybinė sudėtis. Kvapų analizė instrumentiniu nustatymo metodu apima daug formų, tačiau jos visos pagrįstos junginių išsiskyrimu, jų identifikavimu ir kiekybiniu įvertinimu laisvoje erdvėje ar produkto matricoje. Hermetiški mėgintuvėliai pripildyti po 3 g šviežių žiedų. Analizuojamas ėminys 60 °C temperatūroje šildytas 87–90 sekundžių. Vožtuvo temperatūra – 250 °C, injekcijos įrenginio (injektoriaus) – 200 °C. Kiekvieno mėgintuvėlio analizė (inkubacija) truko 900 sekundžių. Analizei įrenginys įtraukė 3,5 ml kvapo. Duomenys ir vyraujantys junginiai identifikuoti dujų chromatografijos metodu. Junginiai analizuoti pagal Kováčio indeksus (sulaikymo) ir masių spektrus kiekvienai analizuojamos chromatogramos smailei. Kováčio indeksai apskaičiuoti pagal formulę:

$$I^T = 100 \left[ \frac{t_{Ri}^T - t_{Rz}^T}{t_{R(z+1)}^T - t_{Rz}^T} + z \right]; \quad (1)$$

$t_{Ri}^T$  – bandinio smailės sulaikymo trukmė;  $t_{Rz}^T$  –  $n$ -alkanų smailės, išėjusios prieš bandinio smailę, sulaikymo trukmė;  $t_{R(z+1)}^T$  –  $n$ -alkanų smailės, išėjusios tuoj pat po bandinio smailės, sulaikymo trukmė;  $z$  –  $n$ -alkanų smailės, išėjusios prieš bandinio smailę, anglies atomų skaičius.

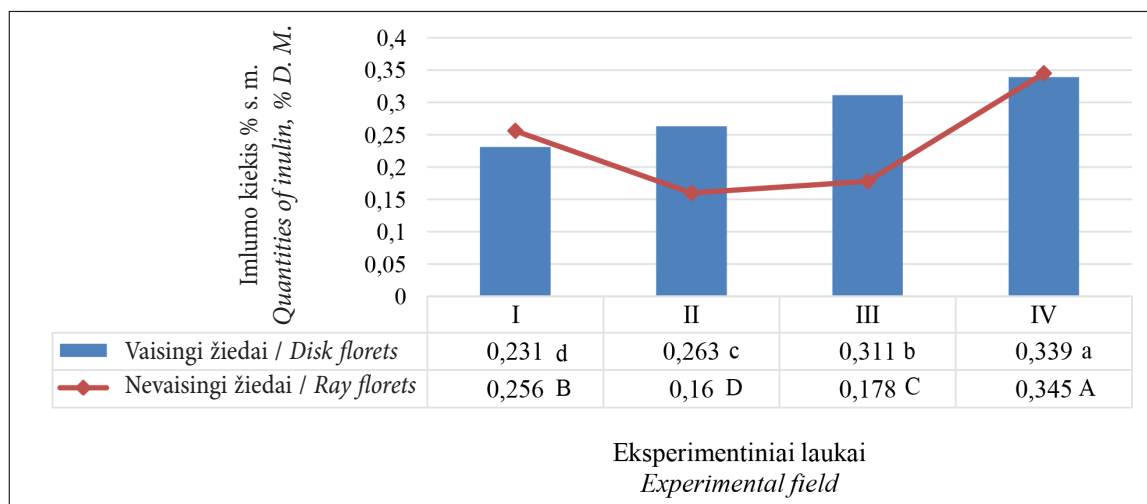
Laboratorinės analizės atliktos trimis pakartojimais.

Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu (ANOVA), naudojant kompiuterinę programą (STATISTICA 10) (Sakalauskas, 2003). Atlikus dispersinę analizę nebuvo nustatyta metų sąveika, todėl duomenys pateikiami kaip dvejų metų vidurkiai. Apskaičiuoti bandymo duomenų aritmetiniai vidurkiai. Statistinis patikimumas įvertintas Fišerio (LSD) testu. Skirtumai statistiškai patikimi, kai  $p \leq 0,05$ .

## TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

**Angliavandeniai topinambų žieduose.** Angliavandeniai augalui reikalingi kaip energijos šaltinis. Jų kiekis kinta priklausomai nuo vegetacijos periodo. Artėjant šaltajam sezonui ar augimo periodu jie sunaudojami augalo fiziologiniams procesams, todėl kiekis mažėja. Kai kurie mokslininkai teigia, kad sacharidų kaupimasis yra susijęs su hidrolizinių fermentų aktyvumu veikiant žemoms temperatūroms. Topinambai – unikalus augalas, nes savyje kaupia dviejų tipų angliavandenių: inuliną ir cukrus (fruktozę ir gliukozę) (Gunnarsson et al., 2014). Morfogenezės pradžioje inulinas pradeda kauptis lapuose, stiebuose, ir vegetacijos metu jo yra daugiau nei gumbuose (Žaldarienė, 2017).

Statistiškai patikimai didžiausias inulino kiekis buvo nustatytas mažo fosforingumo, vidutinio humusingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemyje (IV eksperimentinis laukas) išaugintuose topinambų vaisinguose ir nevaisinguose žieduose (1 pav.). Jo kiekis vaisinguose žieduose sudarė 0,339 %, o nevaisinguose – 0,345 % sausosios medžiagos. Iš esmės mažiausias (0,231 % s. m.) inulino kiekis vaisinguose žieduose nustatytas topinambų, išaugintų labai mažo fosforingumo, tačiau vidutinio humusingumo, vidutinio kalingumo dirvožemyje (I eksperimentinis laukas).



**1 pav.** Inulino kiekis skirtingose topinambų žiedų dalyse % s. m., 2016–2017 m. vidurkiai

**Fig. 1.** Quantities of inulin in different parts of florets of Jerusalem artichoke, % D. M., 2016–2017, average

Pastaba: \* – vidurkiai, pažymėti skirtingomis raidėmis (A, B, C – nevaisinguose žieduose, a, b, c – vaisinguose žieduose), statistiškai patikimai skiriasi, kai  $p \leq 0,05$ .

Note: \* Averages, marked by different letters (disk florets A, B, C and ray florets a, b, c), differ statistically significantly when  $p \leq 0.05$ .

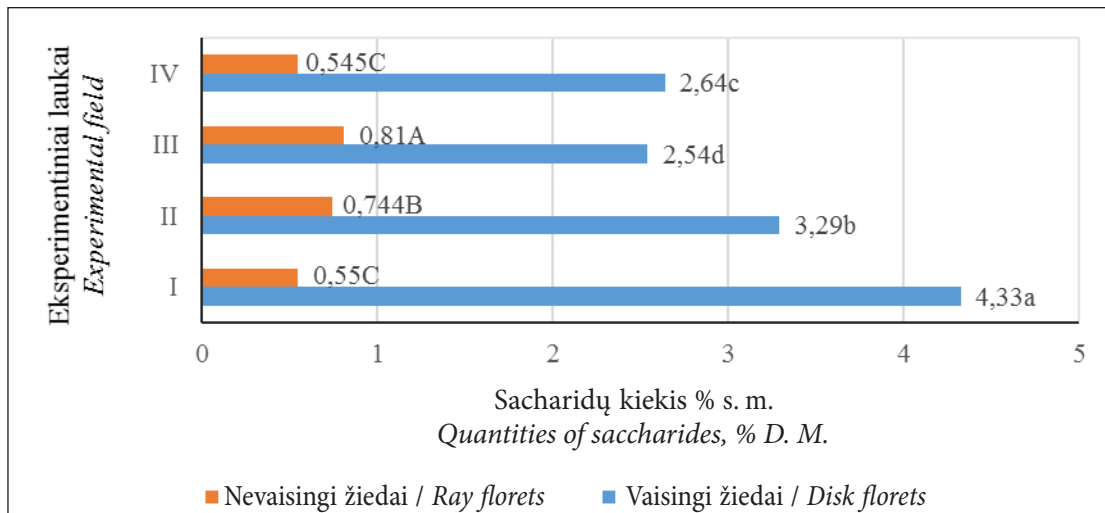
Manoma, kad didesnis IV eksperimentinio lauko dirvožemio fosforingumas, palyginti su likusių eksperimentinių laukų, galėjo lemti didesnį inulino kiekio susidarymą topinambų žieduose. Fosforas įeina į nukleino rūgščių, nukleotidų, fosfolipidų, vitaminų, fermentų, kofermentų sudėtį, reguliuojančių augale vykstančius biocheminius procesus, dalyvauja angliavandenių ir baltymų sintezėje, krakmolo ir cukraus kaupimo procesuose (Janušauskaitė, Mašauskas, 2006).

Topinambų angliavandenius sudaro ir sacharidai. Bendrasis jų kiekis – svarbus kokybinis rodiklis, nuo kurio priklauso perdirbimui skirtos žaliavos juslinės savybės. Pastebėta sacharidų kiekio kitimo tendencija skirtingose topinambų žiedų dalyse: jei vaisinguose žieduose buvo nustatytas didžiausias jo kiekis, tai nevaisinguose jis buvo iš esmės mažiausias, ir atvirkščiai, jei mažiausią sacharidų kiekį sukaupe vaisingi žiedai, tai didžiausias jų kiekis nustatytas nevaisinguose žieduose. Vidutiniškai didžiausi sacharidų kiekiai kaupiasi vaisinguose topinambų žieduose, o nevaisinguose jų kiekis 3–7 kartus mažesnis (2 pav.). Tyrimų rezultatai parodė, kad patikimai didžiausi sacharidų kiekiai (4,33 % s. m.) nustatyti vaisinguose žieduose topinambų, augintų labai mažo fosforingumo, vidutinio humusingumo, vidutinio ka-

lingumo dirvožemyje (I eksperimentinis laukas). Gautų rezultatų duomenimis, didžiausias sacharidų kiekis nevaisinguose žieduose nustatytas III eksperimentinio lauko dirvožemyje išaugintuose topinambuose, o mažiausias – I eksperimentinio lauko išaugintame dirvožemyje (atitinkamai 0,81 % ir 0,55 % s. m.) (2 pav.).

Kalio kiekis dirvožemyje turi įtakos angliavandenių apykaitai ir, esant pakankamam jo kiekiui, augalai tampa atsparesni sausroms, įvairioms ligoms, padidėja angliavandenių ir sacharidų kiekis. Trūkstant kalio sutrinka augalų metaboliniai procesai ir tirpiųjų sacharidų akumuliacija (Mengel, Kirkby, 1987). I ir III eksperimentinių laukų dirvožemyje esantys skirtingi judriojo kalio kiekiai galėjo lemti esminius jų kiekius tirtose žiedų dalyse. Labiausiai angliavandenių kiekis augalų fotosintezės metu priklauso nuo aplinkos veiksnių: temperatūros, saulės kiekio ir periodo, drėgmės kiekio, vėjo stiprumo (Halling et al., 2004). Daug drėgmės augalams reikia butonizacijos ir žydėjimo tarpsniais (Jundulas, Ražukas, Čeponienė, 1997), kai augalo maitinimas jau autotrofinis – tik fotosintezės produktais. Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenimis, 2016 m. rugpjūčio mėn. vidutinis paros kritulių kiekis siekė 135 mm, beveik du kartus viršijo mėnesio kritulių kiekį, buvo ypač





**2 pav.** Sacharidų kiekis skirtingose topinambų žiedų dalyse % s. m., 2016–2017 m. vidurkiai  
**Fig. 2.** in different parts of florets of the Jerusalem artichoke, % D. M., 2016–2017, average

Pastaba: \* – vidurkiai, pažymėti skirtingomis raidėmis (A, B, C – nevaisinguose žieduose, a, b, c – vaisinguose žieduose), statistiškai patikimai skiriasi, kai  $p \leq 0,05$ .

Note: \* Averages, marked by different letters (disk florets A, B, C and ray florets a, b, c), differ statistically significantly when  $p \leq 0.05$ .

lietinga, o 2017 m. – kritulių iškrito 85 mm (0,5–1 normos SKN), tačiau 24-ąją šio mėnesio dieną buvo stebėtas lokalus stichinis meteorologinis reiškinys – labai smarkus lietus, kai per 12 val. prilijo net 61 mm.

#### Mineralinės medžiagos topinambų žieduose.

Topinambų žiedų kokybė gali būti vertinama pagal esančių mikro- ir makroelementų kiekį. Mineralinių elementų kiekis atskirose augalo dalyse skiriasi priklausomai nuo augimo sezono laikotarpio. Z. C. Somda ir kiti autoriai (1999) stebėjo vegetatyvinio augimo metu makroelementų (N, P, K, S, Ca, Mg) ir mikroelementų (Bo, Cu, Fe, Mn, Zn) kiekių pokyčius viršutinėse augalo dalyse. Jie teigia, kad kiekiai padidėja antžeminei augalo daliai augant, o vėliau sumažėja ir daugėja topinambų stiebagumbiuose. Kai kurių mokslininkų nuomone, kalcio kiekis antžeminėje topinambų dalyje gali būti apie aštuonis kartus didesnis nei stiebagumbiuose, o kalio ir fosforo kiekis – penkis ar keturis kartus mažesnis. Visose topinambų antžeminėse dalyse dominuojantys mineralai yra kalis, natris, kalcis, magnis ir fosforas (Schweiger, Stolzenburg, 2003).

Nustatyta, kad topinambų visose žiedų dalyse dominavo kalis (žr. 3 ir 4 lentelės). Iš esmės didžiausias jo kiekis (3,10 % s. m.) nustatytas vaisinguose žieduose topinambų, išaugintų IV eksperimentinio lauko dirvožemyje. Nevaisin-

guose žieduose statistiškai patikimas didžiausias kalio kiekis (3,0 % s. m.) buvo topinambų, išaugintų I eksperimentinio lauko dirvožemyje. Minėtų eksperimentinių laukų dirvožemis yra vidutinio kalingumo ir vidutinio humusingumo. Augalams pakanka judriojo kalio ir judriojo fosforo, kai dirvožemyje jų yra daugiau nei 150 mg kg<sup>-1</sup>. Trūkstant dirvožemyje kalio, sukasi lapai, jų kraštai išsikraipo, atsiranda gelsvos dėmės, augalai skursta. Judriojo kalio dažniausiai trūksta lengvame smėlio, mažai organinių medžiagų turinčiame dirvožemyje (McLaurin et al., 1999; Tripolskaja et al., 2008). Mūsų tyrimų rezultatai parodė, kad visais tyrimo metais topinambų auginimo vietoje dirvožemyje buvo pakankamas judriojo kalio kiekis (1 lentelė).

Azotas yra vienas reikalingiausių ir svarbiausių augalų mitybos elementų. Azoto nitratinė forma labai judri ir lengvai išplaunama, todėl esant nepalankioms meteorologinėms sąlygoms galimi nemaži azoto nuostoliai (Pasda et al., 2001). Patikimai didžiausi azoto kiekiai vaisinguose (1,86 % s. m.) ir nevaisinguose (2,45 % s. m.) žieduose nustatyti topinambų, išaugintų humusingame ir didelio kalingumo bei turinčiame didžiausių mineralinio azoto kiekį dirvožemyje (III eksperimentinis laukas). Azotas yra pagrindinis augalų mitybos elementas. Esant pakankamam azoto kiekiui augalai užaugina didelius tamsiai žalius

3 lentelė. Mikroelementų ir makroelementų kiekiai vaisinguose topinambų žieduose % s. m., 2016–2017 m. vidurkiai

Table 3. Quantities of microelements and macroelements in disk florets, % D. M., 2016–2017, average

Eksperimentiniai laukai Experimental field	Rodikliai % s. m. / Indicators, % D. M.							
	Makroelementai / Macroelements						Mikroelementai Microelements	
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Fe
I	1,47d	0,402a	3,03b	0,767c	0,248c	0,033c	0,005c	0,017c
II	1,68b	0,383b	2,94c	0,899b	0,302b	0,037c	0,009b	0,023b
III	1,86a	0,359c	2,85d	0,69d	0,32a	0,06b	0,01ab	0,026ab
IV	1,61c	0,349c	3,10a	0,922a	0,33a	0,087a	0,012a	0,028a

Pastaba: \* – vidurkiai, pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c), statistiškai patikimai skiriasi, kai  $p \leq 0,05$ .

Note: \* Averages, marked by different letters (a, b, c), differ statistically significantly when  $p \leq 0.05$ .

4 lentelė. Mikroelementų ir makroelementų kiekiai nevaisinguose topinambų žieduose % s. m., 2016–2017 m. vidurkiai

Table 4. Quantities of microelements and macroelements in ray florets, % D. M., 2016–2017, average

Eksperimentiniai laukai Experimental field	Rodikliai % s. m. / Indicators, % D. M.							
	Makroelementai Macroelements						Mikroelementai Microelements	
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Fe
I	2,36b	0,656a	3,00a	1,570a	0,584a	0,028c	0,010bc	0,017b
II	2,38b	0,383c	1,80c	1,280b	0,257b	0,033c	0,009c	0,017b
III	2,45a	0,361d	1,81c	0,964d	0,231d	0,058b	0,017a	0,019b
IV	2,21c	0,394b	2,06b	1,070c	0,246c	0,065a	0,013ab	0,023a

Pastaba: \* – vidurkiai, pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c), statistiškai patikimai skiriasi, kai  $p \leq 0,05$ .

Note: \* Averages, marked by different letters (a, b, c), differ statistically significantly when  $p \leq 0.05$ .

spalvos lapus, pailgėja jų vegetacijos periodas. Todėl augalų mitybai labai svarbus dirvožemyje esantis azoto kiekis. Didžiausia dalis azoto yra dirvožemio organinėje medžiagoje, tačiau jis augalams nėra lengvai pasiekiamas. Menką azoto dalį augalai paima iš vandenyje tirpių amidų ir amino rūgščių. Organinėse medžiagose sukauptą azotą augalai įsisavina tik jam mineralizuojantis (McLaurin et al., 1999; Tripolskaja et al., 2008).

Fosforo reikšmė augalams irgi nepaprastai didelė. Jis dalyvauja angliavandenių sintezėje – cukraus kaupimo procese. Analizė parodė, kad statistiškai patikimai didžiausias fosforo kiekis yra vaisinguose ir nevaisinguose žieduose topinambų, išaugintų I eksperimentinio lauko dirvožemyje. Fosforo kiekis vaisinguose žieduose sudaro 0,402 %, o nevaisinguose – 0,656 % sausosios medžiagos. Čia dirvožemis buvo vidutinio kalkingumo ir labai mažo fosforingumo. Topinambų mitybai reikia daugiau nei 150 mg kg<sup>-1</sup>

judriojo fosforo. Trūkstant dirvožemyje fosforo, lapų kraštai dažniausiai būna parudavę, susisukę, stiebai įgyja raudonai violetinį atspalvį, augalai blogai vystosi. Jo dažniausiai trūksta rūgščiame, lengvai išplaunamame, mažai molingame dirvožemyje, ypač kada būna geležies perteklius (McLaurin et al., 1999; Tripolskaja et al., 2008). Visais tyrimo metais topinambų auginimo vietoje judriojo fosforo kiekis buvo per mažas.

Iš esmės didžiausi makroelementų kalcio (0,922 % s. m.), magnio (0,33 % s. m.) ir natrio (0,087 % s. m.) kiekiai buvo nustatyti vaisinguose žieduose topinambų, išaugintų vidutinio kalkingumo ir vidutinio humusingumo dirvožemyje (IV eksperimentinis laukas). Patikimai didžiausias magnio kiekis (0,32 % s. m.) sukauptas vaisinguose žieduose topinambų, išaugintų humusingame, didelio kalkingumo dirvožemyje (III eksperimentinis laukas).

Iš esmės didžiausi kalcio ir magnio kiekiai (atitinkamai 1,57 % ir 0,584 % sausosios masės)

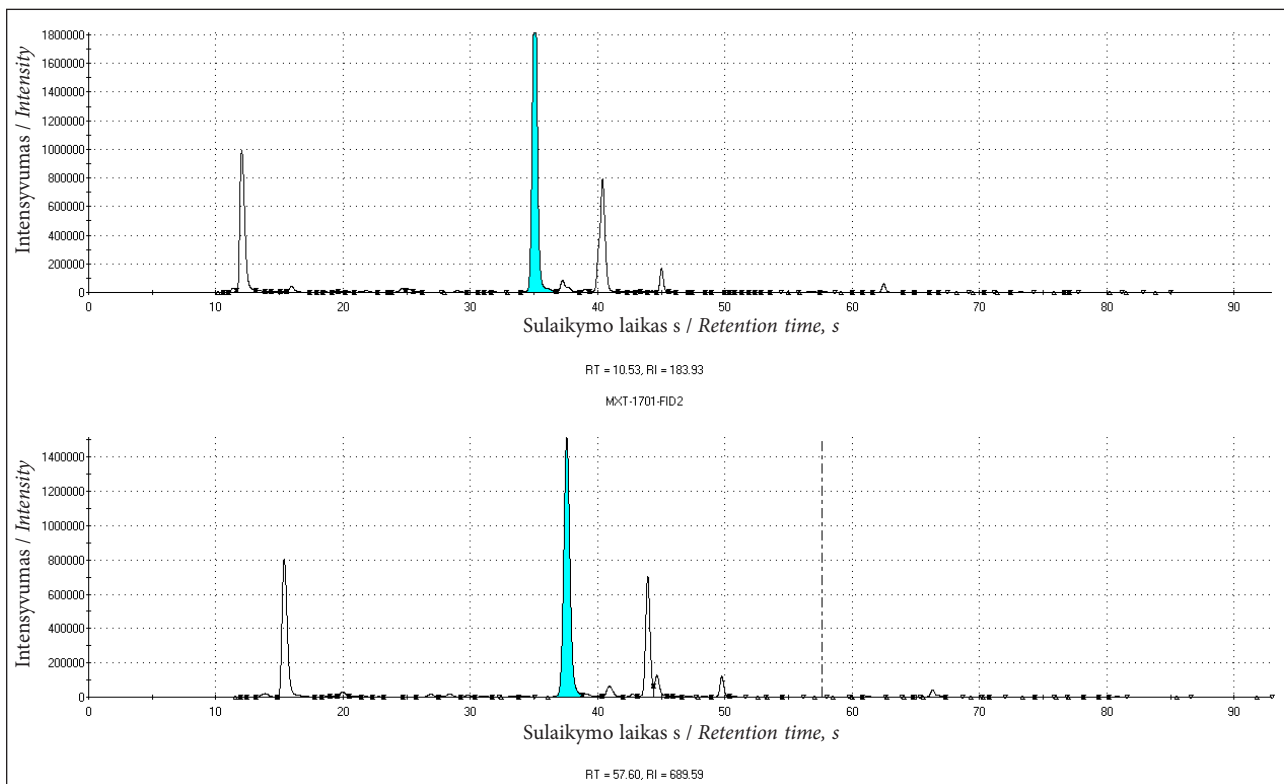
nustatyti nevaisinguose žieduose topinambų, kurie buvo išauginti vidutinio humusingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemyje (I eksperimentinis laukas). Patikimai didžiausias natrio kiekis (0,065 % s. m.) sukauptas nevaisinguose žieduose topinambų, išaugintų IV eksperimentinio lauko dirvožemyje. W. Pražnikas ir kt. (1998), B. Sawicka (2002) nustatė, kad aplinkos sąlygos, ypač orai, turi didžiausią įtaką magnio kaupimuisi topinambų antžeminėse dalyse. Didžiausios koncentracijos elemento susikaupia esant dideliems kritulių kiekiams ir vidutinei oro temperatūrai.

Mikroelementų cinko ir geležies kiekis vaisinguose ir nevaisinguose žieduose nėra gausus. Šių mikroelementų reikšmingai didžiausią kiekį nustatė III ir IV eksperimentinio lauko dirvožemiuose išaugintų topinambų žieduose. S. Gruca-Królikowskos ir W. Waławeko (2006) atlikti tyrimai parodė, kad kritulių trūkumas ir perteklius gali pakeisti mineralų pasiekiamumą: esant

vandens trūkumui, dirvožemio tirpalas tampa koncentruotas, ir augalų šaknys sunkiau įsisavina elementus, o esant vandens pertekliui – slopinami metaboliniai procesai šaknyse, atsirandantys dėl deguonies trūkumo, tai sukelia aktyvų arba pasyvų metalų įsisavinimo sutrikimą. Humusingi dirvožemiai pagerina vandens ir oro režimą, maisto medžiagų išplovimą. Galime daryti prielaidą, kad II eksperimentinio lauko mažo humusingumo dirvožemyje išauginti topinambų žiedai sukauptė mažiausia mineralinių medžiagų dėl didelio kritulių kiekio ir prastesnės dirvožemio struktūros.

**Topinambų žiedų organiniai lakieji junginiai.** Topinambų žieduose buvo aptikta per 200 lakiųjų junginių, kurie sudarė kompleksą įvairių cheminių grupių, pavyzdžiui: esterių, alkoholių, terpenų, aldehydų, sulfidų ir kt.

Įvertinant topinambų žiedų identifikuotų junginių chromatogramas, aukščiausia identifikuotų junginių smailė buvo 35–38 sekundę (3 pav.).



**3 pav.** Elektronine nosimi indentifikuotų lakiųjų junginių topinambų žieduose chromatograma, 2016–2017 m. vidurkiai

**Fig. 3.** Chromatogram of the volatiles profile of Jerusalem artichoke flowers determined by E-nose with DB5 separation column (a) and DB1701 separation column (b), 2016–2017, average

Pastaba: \* a, b – skirtingo poliškumo chromatografinės kolonėlės: a – DB5 adsorbuojanti kolonėlė ir b – DB1701 adsorbuojanti kolonėlė.

Note: \* a, b are different polarity chromatographic columns: a is DB5 separation column and b is DB1701 separation column.



Nepriklausomai nuo dirvožemio, kuriame augo topinambai, žiedų junginių sulaiikymo laikas išlieka panašus. Smailės aukštis parodo, kad atitinkamas junginys pasižymėjo intensyviausiu kvapu, o didelis jos plotas – sulaiikyta ne viena lakioji medžiaga.

Literatūroje nurodoma, kad vaisių aromata dažnai lemia tam tikri esteriai (Aaby et al., 2012). Jų kvapas yra gaivus, primenantis obuolius ar kitus vaisius. Visuose tirtuose žieduose iš dominuojančių esterių grupės identifikuotas metilacetatas ir etil 2-metilbutiratas. Tai saldus, vaisių aromato junginys, randamas vynuogėse, bananuose, abrikosuose ir kitose žaliavose.

Be esterių, taip pat topinambų žiedų kvapo profilį sudaro ir sieros turintys junginiai – sulfidai. Intensyviausiu kvapu iš šios grupės pasižymėjo dimetil-trisulfidas. Tai ne itin malonus, dažniausiai primenantis kopūstų ir svogūnų kvapą, junginys.

## IŠVADOS

1. Topinambų, išaugintų vidutinio humusingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemyje, vaisinguose ir nevaisinguose žieduose sukaupti didžiausi inulino (nuo 0,339 % iki 0,345 %) ir kalio (nuo 3,0 % iki 3,1 %) kiekiai.

2. Didžiausi sacharidų kiekiai (4,33 % s. m.) sukaupti vaisinguose žieduose topinambų, išaugintų vidutinio humusingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemyje.

3. Didžiausias makroelemento kalio kiekis nustatytas vaisinguose žieduose (3,1 %) ir nevaisinguose žieduose (3,0 %), kai topinambai buvo išauginti vidutinio humusingumo ir turinčio vidutinį kalio kiekį dirvožemyje.

4. Topinambų žieduose dominavo vaisius primenantys esterių grupės lakieji junginiai.

Gauta 2019 10 11  
Priimta 2019 11 29

## LITERATŪRA

1. Aaby K., Mazur S., Arnfinn N., Grete S. 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria ananasa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*. Vol. 132. P. 86–89.
2. Chambers E., Koppel K. 2013. Associations of volatile compounds with sensory aroma and flavor:

- the complex nature of flavor. *Molecules*. Vol. 18(5). P. 4887–4905.
3. Gruca-Królikowska S., Waclawek W. 2006. Metals environment. Part. II. Effects of heavy metals on plants. *Chemistry. Didactics. Ecology. Meteorology*. Vol. 1441(1–2). P. 41–56 [in Polish].
  4. Gunnarsson I. B., Svensson S. E., Johansson E., Karakashev D., Angelidaki I. 2014. Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a biorefinery crop. *Industrial Crops and Products*. Vol. 56. P. 231–240.
  5. Halling M. A., Longland A. C., Marten S., Neshem L., O’Kiely P. 2004. Accumulation of water soluble carbohydrates in two perennial ryegrass cultivars at nine European sites. *Grassland Science in Europe*. Vol. 9. P. 954–956.
  6. ISO 10390: 2005. *Soil quality – Determination of pH*. Geneve: International Organization for Standardization.
  7. ISO 10694: 1995. *Soil quality – Determination of Organic and Total Carbon after Dry Combustion (Elementary Analysis)*.
  8. ISO 14256-2: 2005. *Soil quality – Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution. Part 2: Automated method with segmented flow analysis*.
  9. Janušauskaitė D., Mašauskas V. 2006. Periodiško tręšimo fosforu ir kaliu įtaka sėjomainos produktyvumui ir dirvožemio biologinėms savybėms. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 4. P. 11–21.
  10. Jundulas J., Ražukas A., Čeponinė S. 1997. Selekcinių ir elitinių bulvių derlingumo priklausomybė nuo meteorologinių sąlygų Pietryčių Lietuvoje. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1. P. 9–12.
  11. Kays S. J., Nottingham S. F. 2008. *Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.)*. Boca Raton, FL: CRC Press. P. 59, 286.
  12. *Lietuvos dirvožemiai*: monografija. 2001. Lietuvos mokslas. Kn. 32. 137 p.
  13. LST EN 15510: 2017. *Animal feeding stuffs: Methods of sampling and analysis – Determination of calcium, sodium, phosphorus, magnesium, potassium, iron, zinc, copper, manganese, cobalt, molybdenum and lead by ICP-AES*.
  14. McLaurin W. J., Somda Z. C., Kays S. J. 1999. Jerusalem artichoke growth, development, and field storage. I. Numerical assessment of plant part development and dry matter acquisition and allocation. *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 22(8). P. 1303–1313.
  15. Mengel K., Kirkby E. A. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. Worblaufen-Bern, Switzerland. Vol. 4. P. 11–21.
  16. Naujalis J. R., Meškauskaitė E., Juzėnas S., Meldžiukienė A. 2009. *Botanikos praktikos darbai. Archegoniniai ir žiediniai augalai*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. P. 140–141.

17. Pasda G., Händel R., Zerulla V. 2001. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4 dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 34(2). P. 85–97.
18. Petrova I., Petkova N., Ivanov I. 2016. Five edible flowers – valuable source of antioxidants in human nutrition. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. Vol. 8(4). P. 604.
19. Pražnik W., Ciešlik E., Filipiak A. 1998. The influence of harvest time on the content of nutritional components in tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Proceedings of the Seventh Seminar on Inulin*. Leuven, Belgium. P. 154–157.
20. Saengkanuk A., Nuchadomrong S., Jogloy S., Patanotai A., Srijaranai S. 2011. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *European Food Research and Technology*. Vol. 233. P. 609–616.
21. Sakalauskas V. 2003. *Duomenų analizė su STATISTIKA*. Vilnius: Margi raštai. 235 p.
22. Sawicka B. 2002. The variability of the chemical composition of tubers of *Helianthus tuberosus* L. under different nitrogen fertilization. *Advances of Agricultural Sciences Problem Issues*. Vol. 484. P. 573–579 [in Polish].
23. Schweiger P., Stolzenburg K. 2003. *Mineralstoffgehalte und Mineralstoffentzüge verschiedener Topinambursorten*. Germany: LAP Forchheim. Prieiga per internetą: <http://www.landwirtschaft-bw.info>
24. Tripolskaja L., Šidlauskas G., Romanovskaja D., Pranckietienė I., Janušauskaitė D. 2008. Mineralinės mitybos sąlygų įtaka bulvių ontogenezei. *Sodininkystė ir daržininkystė*. T. 27(1). P. 155–168.
25. Wilson A. D., Baietto M. 2009. *Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies*. Italy: Department of Crop Science, University of Milan. Prieiga per internetą: <http://www.mdpi.com/1424-8220/9/7/5099/html>
26. Žaldarienė S. 2017. *Ekologiškai augintų skirtingo genotipo topinambų (Helianthus tuberosus L.) cheminė sudėtis per ontogenezės ciklą*: daktaro disertacija. Akademija, 29 p.

## Ieva Stočkutė, Elvyra Jarienė

### THE IMPACT OF THE AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOIL ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF JERUSALEM ARTICHOKE FLOWERS

#### Summary

The objective of this research was to investigate and to evaluate the chemical composition of Jerusalem artichoke flowers grown in different soils. Quality analysis was carried out in the laboratories of the Institute of Agricultural and Food Science of Vytautas Magnus University. The following agrochemical parameters of the soil were determined using standardized methods: pHKCl, the amount of soil humus, mineral nitrogen, mobile phosphorus (P) and potassium (K). The chemical composition of different parts of Jerusalem artichoke flowers (disk florets and ray florets) were evaluated by the standard method: the content of carbohydrates (inulin and total saccharides content), minerals (N, P, K, Ca, Fe, Na, Zn, Mg). Electronic nose (Alpha M. O. S.) measurement technologies were used to recognize and identify the flower fragrance (volatile organic compounds). Processing of the research data was carried out through the application of the analysis of variance (ANOVA), using the computer software Statistica 10.

The research results showed that the substantially highest amount of inulin was determined in the disk florets (0.339%, D. M.) of Jerusalem artichoke grown in the soil with the medium humus and medium available potassium amount. The content of total soluble saccharides of different parts of Jerusalem artichoke flowers varied from 2.54 to 4.11% of disk florets and from 0.55 to 0.81% of ray florets. The highest amount of macroelement potassium (3.1%, D. M.) was detected in Jerusalem artichoke flowers grown in the soil with the medium amount of humus and the medium amount of mobile potassium. Volatile organic compounds in Jerusalem artichoke flowers were determined as a complex mixture of esters, alcohols, terpenes, sulphur and other compounds. Esters as volatile compounds prevailed in Jerusalem artichoke flowers. Methyl acetate and ethyl 2-methylbutyrate with fruity, grape odour were the predominant esters group compounds as well as dimethyl trisulfide – sulfur compound in Jerusalem artichoke flowers. The investigated aroma profile of flowers shows that they have fruity-like odour.

**Keywords:** Jerusalem artichoke, flowers, soil, quality, volatile organic compounds