

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
AUGU FIZIOLOĢIJAS KATEDRA

ORGANISKĀ MĒSLOJUMA LĪDZEKĻU IETEKME UZ LAPU
DĀRZEŅU UN GARŠAUGU FIZIOLOĢIJU, AUGŠANU UN
KVALITĀTES RĀDĪTĀJIEM KONTROLĒTOS APSTĀKĻOS

Maģistra darbs

Autors: Solvita Zeipiņa

Stud. apl. Nr. sz16010

Darba vadītājs: Dr.biol. Ģederts Ieviņš

RĪGA 2018

SATURS

Kopsavilkums	3
Summary.....	4
Ievads.....	5
1. Literatūras apskats	6
1.1. Augu minerālās barošanās nodrošinājuma problēmas vidi saudzējošās dārzkopības sistēmās	6
1.2. Organiskie mēslojumi un to ietekme uz augiem un augsni	6
1.2.1. Komposts	7
1.2.2. Vermikomposts.....	8
1.3. Ar fotosintēzi saistītie parametri kā augu fizioloģiskā stāvokļa raksturotāji	10
1.4. Garšaugu un lapu dārzeņu bioloģija	11
2. Materiāli un metodika.....	14
2.1. Materiāls	14
2.2. Sēklu diedzēšana, eksperimenta iekārtošana, kopšana un novākšana	14
2.3. Eksperimentā veiktie mērījumi.....	17
2.3.1. Augu mērījumi.....	17
2.3.2. Instrumentālās analīzes.....	18
3. Rezultāti.....	20
3.1. Konvencionālajā sistēmā uz minerālvielu nodrošinājuma fona (kūdra ar minerālvielām + vermikomposts) audzēti lapu dārzeni/garšaugi: rukola (<i>Eruca sativa</i>), baziliks(<i>Ocimum basilicum</i>), piparmētra (<i>Mentha × piperita</i>).....	20
3.2. Bioloģiskajā sistēmā (bioloģiski sertificēta augsne + komposts un vermikomposts) audzēti garšaugi: citronmelisa (<i>Melissa officinalis</i>), kaķumētra (<i>Nepeta cataria</i>), pūķgalve (<i>Dracocephalum moldavica</i>), timiāns (<i>Thymus vulgaris</i>).....	28
3.3. Intensīvajā sistēmā uz minerālvielu nodrošinājuma fona (kūdra ar minerālvielām + komposts un vermikomposts) audzēti garšaugi: majorāns (<i>Origanum majorana</i>), rozmarīns (<i>Rosmarinus officinalis</i>) un ārstniecības augs: baldriāns (<i>Valeriana officinalis</i>).....	42
4. Diskusija	50
Secinājumi	55
Pateicības.....	56
Literatūra	57

KOPSAVILKUMS

Arvien vairāk tiek pielietotas bioloģiskās saimniekošanas metodes, kad barības vielas augiem nodrošina ar organiskas izcelsmes mēslojumu. Viena no organisko mēslošanas līdzekļu priekšrocībām ir tā, ka tiem ir salīdzinoši augsts barības vielu saturs, kas pieejamas augiem, bet nav skaidru ziņu par to, kā tie ietekmē dažādu dārzeņu sugu augšanu, attīstību un fotosintēzes procesus, pielietojot dažādas mēslojuma devas.

Darba mērķis bija pārbaudīt dažādas koncentrācijas vermikomposta un komposta ietekmi uz garšaugu, lapu dārzeņu un ārstniecības augu ražu un kvalitāti.

Eksperimentu ierīkoja Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Augu fizioloģijas katedrā, kontrolētos apstākļos no 2017. gada marta līdz decembrim, kur pakāpeniski veica eksperimentus ar desmit dažādām lapu dārzeņu, garšaugu un ārstniecības augu sugām: rukolu, bazilku, piparmētru, citronmelisu, kaķumētru, pūķgalvi, timānu, majorānu, rozmarīnu, baldriānu. Augus audzēja veģetācijas traukos, kur par substrātu izmantoja bagātinātu kūdras vai augsni no bioloģiski sertificēta lauka, kam pievienoja dažādas tilpuma daļas komposta vai vermikomposta. Eksperimenta beigās veica augu morfoloģisko rādītāju mērījumus, lai novērtētu, kā mēslojuma veids un koncentrācija ietekmēja augu augšanu. Uzsākot eksperimentu un brīdī, kad tika novākti augi, mērīja substrāta elektrovadītspēju. Trīs nedēļas pēc augu pārstādīšanas audzēšanas substrātā ik nedēļu veica hlorofila koncentrācijas un hlorofila a fluorescences mērījumus. Izzāvēto augu lapu paraugus izmantoja jonu koncentrācijas un elektrovadītspējas noteikšanai.

Augu virszemes masa būtiski palielinājās pie lielākām mēslojuma devām. Atsevišķas sugas bija jutīgas pret palielinātām mēslojuma devām, kā rezultātā raža bija zemāka nekā kontroles variantā. Vermikomposts augu augšanu ietekmēja labāk nekā komposts. Hlorofila veidošanos vairāk sekmēja vermikomposta pielietošana. Fluorescences parametru *Performance Index* un F_v/F_o relatīvās izmaiņas veģetācijas periodā variēja atkarībā no sugas, kā arī bija novērojama dažāda mēslojuma veida un koncentrācijas ietekme. Jonu koncentrācija augu lapās pakāpeniski pieauga palielinoties mēslojuma devai. Ieteicamās mēslojuma devas ir 20 – 30% no substrāta tilpuma.

Atslēgas vārdi: vermikomposts, komposts, garšaugi, nitrāti, fluorescence

SUMMARY

Effect of organic fertilizers on physiology, growth and quality indices of leafy vegetables and herbs in controlled conditions

Organic production is becoming more and more popular, when organic fertilizers are used for plant nutrition. One of advantages of organic fertilizers is rather high concentration of plant nutrients. However, there is a lack of knowledge on their influence on the growth, development and photosynthesis of different leafy vegetables and herbs.

The aim of the investigation was to evaluate the influence of different concentration of vermicompost and compost on the yield and quality of leafy vegetables and herbs.

Experiments were established at the premises of the Cathedra of Plant Physiology of the Faculty of Biology of Latvia University in the period from March 2017 to December 2017, where experiments on ten different leafy vegetables and herb species were conducted: rocket salad, basil, peppermint, spearmint, dragonhead, thyme, marjoram, rosemary, and valerian. Plants were grown in the pots where peat substrate or soil taken from organic field were used as substrate supplemented with different percentage per volume of compost or vermicompost. The measurement on plant morphological parameters were performed at the end of experiment to evaluate the influence of fertilization material and concentration on the plant development and growth. Electrical conductivity of substrate was measured at the beginning of growing season and harvest of plants. Starting with the 3rd week after plant transplanting in the growing substrate chlorophyll concentration and fluorescence of chlorophyll-*a* were measured. Dried plant samples were used for determination of ion concentration and electric conductivity.

The aboveground mass of plants increases significantly in higher dosage of fertilization materials. Some species expressed sensitivity to increased fertilization rates with reduction of yield in comparison to control. It was found that vermicompost had better influence on the plant growth in comparison to compost. Also, chlorophyll formation in the plants was promoted in the variant with vermicompost fertilization. Fluorescence parameter *Performance Index* and *Fv/Fo* relative changes during the vegetation period varied between plant species, also depend of fertilization material and concentration. Ion concentration in the leaves increased by increasing fertilization dosage. Recommended fertilization dosage is 20 – 30 % of substrate volume.

Key words: vermicompost, compost, herbs, nitrates, fluorescence.

IEVADS

Arvien vairāk palielinās patērētāju interese par pārtikas augiem, kuru audzēšanā netiek izmantoti ķīmiskie augu aizsardzības un mēslošanas līdzekļi, kas audzēti ar videi draudzīgām metodēm. Lai mazinātu negatīvās intensīvās saimniekošanas sekas ir nepieciešams domāt par videi draudzīgām un ilgtspējīgām saimniekošanas metodēm. Dārzkopībā, tai skaitā garšaugu audzēšanā, kas visbiežāk notiek segtajās platībās, par substrātu tiek izmantota kūdra, kas ir ierobežots resurss vai augsne. Līdz ar to nepieciešams domāt par alternatīvām iespējām ar ko aizstāt/bagātināt substrātu. Atzīta ir organisko mēslošanas līdzekļu pievienošana. Komposts tiek lietots jau kopš seniem laikiem kā galvenais augsnes ielabošanas materiāls. Pēdējā desmitgadē arvien lielāku popularitāti ieguvis vermikomposts, kura efektivitāte pētīta visdažādākajām augu sugām uz atsevišķiem kvalitātes un kvantitātes rādītājiem. Organiskās izcelsmes mēslošanas līdzekļi ir pateicīgi ar to, ka tajos ir augiem viegli pieejamas barības vielas salīdzinoši augstā koncentrācijā, kā arī citas labas īpašības, kas ietekmē gan substrātu, gan pašu augu augšanu. Visbiežāk tiek pieminēta labā ietekme uz zaļās masas veidošanos un augstāku kopējo augu produktivitāti. Bieži tiek izmantots vermikomposts, jo tas raksturojas ar labākām īpašībām salīdzinājumā ar kompostu, līdz ar to labāk ietekmējot augu augšanu un fizioloģiju. Pētījumā izmantotās lapu dārzeņu, garšaugu un ārstniecības augu sugas ir plaši pazīstamas gan lietojot kā garšvielas, gan ārstnieciskos nolūkos. Daudz tiek runāts par mēslojuma ietekmi, taču nav skaidru ziņu par to, kā tie ietekmē dažādu augu sugu augšanu, attīstību un fotosintēzes procesus, pielietojot dažādas mēslojuma devas. Pamatojoties uz to tika ierīkots eksperiments, kur pārbaudīja dažādu mēslojuma veidu un koncentrāciju ietekmi uz augu augšanu.

Darba mērķis: pārbaudīt dažādas koncentrācijas vermikomposta un komposta ietekmi uz lapu dārzeņu, garšaugu un ārstniecības augu augšanu un to fizioloģiskajiem rādītājiem.

Darba uzdevumi:

- izaudzēt 10 izvēlēto kultūraugu dēstus kūdras substrātā un pārstādīt pētāmajos substrātos;
- veikt augu paraugu kvantitatīvos un bioķīmiskos mērījumus;
- novērtēt vermikomposta un komposta dažādu koncentrāciju ietekmi uz augu kvalitāti un to fizioloģiskajiem procesiem.

Darba rezultāti prezentēti:

- LU 76. konferencē, 2018. g. 2. februārī
- LLU zinātniski praktiskajā konferencē “Līdzsvarota lauksaimniecība”, 2018. gada 22. februārī.

LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Augu minerālās barošanās nodrošinājuma problēmas vidi saudzējošās dārzkopības sistēmās

Lauksaimniecības intensifikācija apdraud dabas resursus, rada negatīvas sekas globālās klimata pārmaiņās. Viens no veidiem kā to uzlabot ir augu biostimulantu izmantošana balstoties uz humīnskābēm (Canellas et al., 2015). Lai gan bieži ķīmiskie mēslošanas līdzekļi ievērojami veicina ražas pieaugumu, ir konstatēts pārmērīgs mēslošanas līdzekļu daudzums pārtikas produktos (Mondal et al., 2017). Konvencionālajā dārzkopībā raksturīgs liels ķīmisko mēslošanas līdzekļu un augu aizsardzības līdzekļu lietojums, kas rada vides piesārņojumu, augsnes sāļuma palielināšanos un degradāciju, kas līdz ar to samazina bioloģisko daudzveidību. Lai samazinātu šo negatīvo ietekmi ir nepieciešams domāt par ilgtspējīgām saimniekošanas metodēm (Zuo et al., 2018). Organiskie mēslošanas līdzekļi ir videi draudzīgāki, kuru lietošanu var uzskatīt par labu alternatīvu ilgtspējīgām un vidi saudzējošām metodēm. Populārāka un videi draudzīga ir organisko mēslošanas līdzekļu lietošana (Mondal et al., 2017). Bioloģiskajās saimniekošanas metodēs organiskais mēslojums parasti ir visdārgākais ieguldījums, to primāri lieto, lai iegūtu augstāku ražu un nodrošinātu augus ar slāpekļa mēslojumu. Tā kā ķīmiskie mēslošanas līdzekļi ir aizliegti, tad nepieciešamās barības vielas jānodrošina ar dabiskiem augu vai dzīvnieku izcelsmes mēslošanas līdzekļiem. Tos nepieciešams pārveidot tā, lai augi tos varētu izmantot – to veic mikroorganismi dažādu bioloģisku procesu rezultātā. Savukārt šo bioloģisko procesu darbība ir atkarīga no vairākiem vides apstākļiem, kā, piemēram, temperatūras un mitruma (Treadwell et al., 2008).

1.2. Organiskie mēslojumi un to ietekme uz augiem un augsni

Kūdra ir ļoti pateicīgs substrāts augu audzēšanā, pateicoties tās fizikāli-ķīmiskajām īpašībām, kuras ir optimālas daudzu augu audzēšanā. Dārzkopībā visbiežāk izmantotais substrāts augu audzēšanai ir kūdra, tomēr tās ieguve palielina izmaksas, jo kūdra ir ierobežots resurss. Līdz ar to ir nepieciešams domāt par alternatīvām metodēm, kā aizstāt un/vai bagātināt substrātu, lai iegūtu augstas un kvalitatīvas ražas (Massaa et al., 2018; Vandecasteele et al., 2018). Kompostēšana un vermikompostēšana ir viens no lētākajiem variantiem, kā pārstrādāt bioloģiskos atkritumus (El-Haad et al., 2014). Ir vairāki faktori, kas ietekmē gala rezultāta kvalitāti. Vermikompostam attiecībā pret kompostu ir īsāks apstrādes laiks, augsts humusa līmenis un samazināts fitotoksiskums. Paaugstināta temperatūra tradicionālajā kompostēšanas procesā samazina cilvēku patogēnu daudzumu, bet vermikompostēšanā to izdara sliēkas, un tas ir ātrāk. Tiek minēts, ka organisko vielu saturs kompostā un vermikompostā ir atšķirīgs (Ayneband, 2017). Abos mēslojuma veidos ir augsta tāda smagā metāla kā cinks

koncentrācija, vermikompostā tā ir vairāk (Morales-Corts et al., 2014). Sliēkas palielina mineralizācijas ātrumu un pārvērs mēslojumu tā, ka tam ir augstāka barības vērtība, un humifikācijas pakāpe nekā tas ir parastās kompostēšanas procesa rezultātā (Ayneband, 2017). Tāpat tiek uzskatīts, ka komposta un vermikomposta bioloģiskās īpašības varētu radīt atšķirīgu ietekmi uz augu augšanu un to morfoloģiju (Doan et al., 2013; Morales-Corts et al., 2014).

1.2.1. Komposts

Novērots, ka komposta lietošanai ir vairāk priekšrocību salīdzinājumā ar ķīmisko mēslošanas līdzekļu lietošanu. Augu mēslošana, izmantojot kompostu, visu laiku ir bijusi aktuāla, jo īpaši nabadzīgās augsnēs. Visbiežāk kompostēšanai izmanto agrorūpniecības un lauksaimniecības atkritumus (tai skaitā kūtsmēslus). Visbiežāk izmantotie materiāli ir augļu un dārzeņu atkritumi, salmi, augu atlikumi pēc ražas novākšanas, dažādi kūtsmēslu veidi (Ansari, Mahmood, 2017; Sanchez et al., 2017). Kompostēšana ir aerobs process, kas noris augstas temperatūras ietekmē, kur darbojas termofīlās un mezofīlās baktērijas, kas sadala un stabilizē organisko materiālu (Mendoza-Hernandez et al., 2014; Gong et al., 2018). Populārs kompostēšanas materiāls ir notekūdeņu dūņas, tās satur augiem noderīgus makro- un mikroelementus, bet tajās ir arī vides piesārņotāji, kā, piemēram, smagie metāli vai patogēni, kas var izraisīt vides apdraudējumu (Rossini-Oliva et al., 2017). Attīstītajās valstīs par kompostējamo materiālu izmanto sadzīves atkritumus, tādā veidā samazinot atkritumu daudzumu, iznīcinot patogēnus. Sadzīves atkritumu pielietošana bioloģiskajās saimniecības sistēmās palielinās, jo pozitīvi ietekmē augsnes bioloģiskās un fizikāli ķīmiskās īpašības un augu attīstību. Augsnes atjaunošana ir viens no galvenajiem mērķiem komposta lietošanai (Ansari, Mahmood, 2017; Lima, et al., 2004). Kompostēšanu ietekmē vairāki faktori un tai ir svarīga oglekļa un slāpekļa attiecība. Tai vajadzētu būt 1:30 – 35, lai būtu nepieciešamie apstākļi mikroorganismu darbībai. Svarīgs ir arī barības vielu mitrums, kas nepieciešams diapazonā no 55 līdz 65%, kā arī svarīga ir skābekļa pieejamība. Pastāv vairākas kompostēšanas tehnoloģijas. Komposta lietošanas mērķis nav tūlītēja augsnes bagātināšana ar augiem pieejamām barības vielām, bet augsnes struktūras uzlabošanās un barības vielu mobilizācijas veicināšana. Komposta labvēlīga ietekme ir vērojama ilgtermiņā. Komposta daļiņu izmērs veicina lielāku gaisa apmaiņu un labāk palīdz aizturēt ūdeni. Izlīdzinās fizikāli ķīmiskais un mikrobioloģiskais līdzsvars augsnē, palielinās augsnes pH, uzlabojas enzīmu darbība. Palielinās augsnes auglīgais slānis, notiek organisko vielu stabilizācija un mineralizācija. Mikroorganismu nodrošinājums veicina augsnes veidošanos un barības vielu pārvietošanos. Rizosfērā palielinās sakņu un mikroorganismu augšana (Rossini-Oliva et al., 2017; Sanchez et al., 2017). Pētījumā ar kukurūzu pierādījās, ka komposts labvēlīgi ietekmēja augu attīstību.

Tomēr ietekmi uz augu augšanu un attīstību nosaka arī komposta kvalitāte. Tāpat komposts labvēlīgi ietekmēja fotosintēzes intensitāti, bet nav bijušas būtiskas atšķirības attiecībā uz fotosistēmas II efektivitāti, ko apliecināja līdzīgie Fv/Fm mērījumi. Tas ietekmēja arī elektrovadītspēju, veicināja barības vielu uzņemšanu augiem (Zainul et al., in press). Audzējot zemes substrātā, kam bija pievienots komposts, novēroja, ka tas nodrošināja augiem lielāku kālija un fosfora pieejamību un tādā veidā var sekmēt mazāku barības vielu izskalošanos no augsnes (Vandecasteele et al., 2018).

1.2.2. Vermikomposts

Pēdējā laikā pieaug vermikomposta ražošanas un lietošanas popularitāte, tā lietošanas efektivitāte balstās uz to, ka tiek iestrādāts augu sakņu tuvumā (Pogulis, 2014). Vermikompostēšana ir arī efektīva kūstmēslu apsaimniekošanas metode (Zuo et al., 2018). Vermikomposts tiek iegūts vermikompostēšanas procesā, kur slieku un mikroorganismu darbības rezultātā tiek noārdīti organiskie atkritumi, kas radušies dabiskā veidā vai cilvēku darbības rezultātā. Tā sastāvs atšķiras no izmantotās izejvielas. Tiek ziņots, ka vermikomposts, kurā pārstrādāti organiskie atkritumi, dūņas, kūstmēsli satur lielāku humīnskābju daudzumu. Sliēkas pārstrādes laikā samazina izejvielas organiskā oglekļa saturu, C un N attiecību un saglabā to sastāvā esošos makro- un mikroelementus. Sliēku darbības rezultātā samazinās smago metālu daudzums, kā arī vermikompostēšanas laikā mainās baktēriju daudzums un daudzveidība (Bhat et al., 2018). Novērots, ka dažādām augu sugām pozitīvi ietekmēta to augšana, attīstība un fizioloģiskie procesi, ja substrāts saturēja vermikompostu (Arancon et al., 2008; Bhat et al., 2018). Vermikompostēšanai visbiežāk izmanto Kalifornijas sarkanās sliēkas (*Eisenia fetida*). Tā ir slieku suga, kas piemērota organisko materiālu pārstrādei, lai iegūtu augstas kvalitātes vermikompostu, un ir piemērojusies plašas amplitūdas vides apstākļiem (pH, temperatūra, mitrums) (Najjari, Ghasemi, 2018). Reizēm arī tiek izmantotas citas sugas sarkanās sliēkas (*Lumbricus rubellus*) (Dickerson, 2004). Vermikomposta kvalitāti galvenokārt nosaka substrāts, ko izmanto sliēkas kompostēšanas laikā, kaļķošana, vēdināšana, mitrums, pH un temperatūra, kā arī, ja tiek izmantots – mikrobioloģiskais inokulants. Ir konstatēts, ka no liellopu mēsliem var iegūt visbagātāko vermikompostu. Kaļķošana parasti uzlabo slieku darbību, arī mikroorganismu populāciju. Vermikompostā ir vismaz četras reizes vairāk barības vielu nekā liellopu mēsliu kompostā. Salīdzinot ar citiem organiskajiem augu mēslošanas līdzekļiem, vermikomposts vislabāk palielina augsnes fizikālās, ķīmiskās un bioloģiskās īpašības, kā arī atjauno un uzlabo tās dabisko auglību (Sinha et al., 2009). Tam ir augsta porainība, aerācija, drenāža (Zuo et al., 2018). Vermikompostam ir 5 – 7 reizes labāka iedarbība, nekā konvencionāli ražotajiem kompostiem (Sinha et al., 2011). Vermikomposts stimulē

augsnes mikroorganismu skaita palielināšanos un to aktivitāti, tiek palielināta augsnes auglība un kvalitāte (Aynehband, 2017).

Īpašības un iedarbība uz augu augšanu

- Augiem augsta pieejamība barības vielām – vermikomposts satur barības vielas augiem pieejamās formās (nitrāti, fosfāti, šķīstošais kālijs un magnijs). Tam raksturīgs liels cieto daļiņu virsmas laukums, kas nodrošina vietu mikroorganismu darbībai. Vermikomposts satur fermentus: amilāzi, lipāzi, celulozi, kas turpina augsnē noārdīt organiskās vielas, kā rezultātā atbrīvojas barības vielas un kļūst pieejamas augu saknēm. Augsnei, kas ir apstrādāta ar vermikompostu ir būtiski lielāka elektrovadītspēja (EC) un neitrāls pH līmenis (Sinha et al., 2009). Dārzā veidotam kompostam EC ir 3.6, bet vermikompostam – 11.7 (Dickerson, 2004).
- Augsts saturs ar augsnes mikroorganismiem, kas veicina augu augšanu – vermikomposts ir bagāts ar mikroorganismu populāciju un to daudzveidību, jo īpaši sēņu, baktēriju un aktiomicēšu. Tiek ziņots, ka vienā gramā svaiga vermikomposta ir 32 miljoni baktēriju, kamēr augsnē ir vien 6 – 9 miljoni (Sinha et al., 2011).
- Bagāts ar augšanas hormoniem – vermikomposts stimulē augu augšanu. Tā lietošana var uzlabot sēklu dīgtspēju, augu ziedēšanu un augļu nogatavošanos (Sinha et al., 2009). Labi rezultāti tika novēroti, ja vermikomposts sastādīja 10 – 20% no kopējā audzēšanas substrāta. Attiecīgi, ja tas bija lielākā daudzumā, tad ne vienmēr bija novērojama labvēlīga ietekme uz augu augšanu un attīstību (Zuo et al., 2018). Vermikomposts satur tādus augšanas hormonus kā auksīnus, citokonīnus un giberelīnus (Sinha et al., 2011; Zuo et al., 2018).
- Bagātīgs ar humīnskābēm – bioķīmiski veicina sakņu augšanu un barības vielu uzņemšanu. Humīnskābes veicina garāku sakņu veidošanos un veicina papildus sānsakņu veidošanos (Sinha et al., 2009).
- Nesatur patogēnus (Sinha et al., 2009).
- Nesatur toksiskas vielas – sliekas efektīvi akumulē dažādas organiskas un neorganiskas ķīmiskas vielas, ieskatot smagos metālus, policikliskos aromātiskos ogļūdeņražus un pesticīdus (Sinha et al., 2009).
- Aizsargā augus pret kaitēkļiem un slimībām – vermikompostam ir spēja palielināt augu bioloģisko izturību (Sinha et al., 2009). Vermikomposts samazina posmkāju populāciju. Lietojot vermikompostu novērots augsnes sēņu slimību izplatības samazinājums (Sinha et al., 2013). Satur dažas antibiotikas un aktiomicētes, kas palīdz palielināt augsnes bioloģisko pretestību pret dažādu patogēnu attīstību. Izmantojot augu audzēšanā vermikompostu, ir iespējams samazināt pesticīdu smidzinājumu skaitu (Sinha et al., 2009). Siltumnīcā, audzējot tomātus, eksperimenta variantos ar vermikompostu bija samazināta slimību izplatība (Yang et al., 2015). Indijā, kombinējot ķīmisko augu mēslošanas līdzekļu lietošanu ar vermikompostu,

sinepju audzēšanā konstatēja, ka 25% apjomā aizstājot ķīmiskos mēslošanas līdzekļus ar vermikompostu, bija uzlabota aizsardzība pret kaitēkļiem un slimībām (Mondal et al., 2017).

Slieku audzēšana. Lai veiksmīgi nodarbotos ar slieku audzēšanu ir jāizpilda minimālās kopšanas prasības. Galvenie vides faktori, kas ietekmē slieku augšanu, vairošanos un veselību ir temperatūra, mitrums, vēdināšana, pH un pārtikas materiāls. Sliekas dzīvo un vairojas temperatūrā no 13 līdz 30 °C. Nepieciešamais mitrums 60 – 85%, tās jāpasargā no tiešiem saules stariem, lai neizzūst un nepārkarst. Sliekas var izdzīvot salīdzinoši zemā slāpekļa un augsta oglekļa dioksīda koncentrācijā. Apgriežot vermikompostēšanas materiālu ik pēc 2 – 3 nedēļām, tas palīdzēs saglabāt aerobiskus apstākļus. Vislabākais pH nodrošinājums ir starp 6.8 un 7.2. Ieteikumi un metodes veiksmīgākai vermikomposta iegūšanai ir dažādas. Viena no galvenajām problēmām, ar ko var nākties saskarties, ir kaitēkļi. Vislielākās bažas audzētājiem sagādā ērces – to lielāka attīstība vērojama, ja sliekas netiek pareizi audzētas, ja ir pazemināts pH līmenis. Sarkanās ērces ir parazitāras. Slieku audzēšanā arī var nākties saskarties ar dažādām skudru sugām (Sherman, 2003).

1.3. Ar fotosintēzi saistītie parametri kā augu fizioloģiskā stāvokļa raksturotāji

Fotosintēze ir viens no svarīgākajiem procesiem uz zemes. Fotosintēzes procesā gaismas enerģija tiek pārveidota ķīmiskajā enerģijā. Zaļie augi ir galvenie, kas var tieši izmantot saules enerģiju, tajos esošie pigmenti, tai skaitā hlorofili uztver, transformē, pārvieto un uzglabā saules enerģiju (Misra et al., 2012)¹. Izšķir hlorofilu α un b , tiem ir dažāds absorbcijas spektrs, līdz ar to augi spēj uztvert apgaismojuma izmaiņas. Hlorofila daudzums parāda, kāds ir auga fizioloģiskais stāvoklis (Ieviņš, 2016). Viena no hlorofilu nozīmīgākajām īpašībām ir to lielā optiskā aktivitāte, tiem ir izteikta fluorescences spēja, kas raksturo īslaicīgu gaismas izstarošanu, kad fluorescējošā viela netiek apgaismota. Fluorescence norisinās FS II. Fluorescence parāda spēju saistīt gaismas enerģiju. Fluorescence mainās auga dzīves laikā, to ietekmē gan iekšējie, gan ārējie faktori. Hlorofila fluorescences analīze ir visplašāk izplatītākais rādītājs pēc kā var spriest par auga fizioloģisko stāvokli, kā arī pēc tās var spriest kā, augi reaģē uz vides izmaiņām. Tā ir ātra, precīza un nedestruktīva metode, kas ļauj spriest par fotosintēzes traucējumiem stresu ietekmē (Mauriņa, 1987; Misra et al., 2012; Murchie, Lawson, 2013; Netto et al., 2005). Hlorofila fluorescences rādītājs dos informāciju par izmaiņām fotoķīmijas efektivitātē un karstuma izkliedē (Maxwell, Johnson, 2000; Misra et al., 2012). Starp hlorofilu saturu un fotosintēzes intensitāti nav cieša korelācija, bet pigmentu novērtējums un to attiecība ir svarīgs indikators augu novecošanā (Netto et al., 2005).

¹ download.nos.org/srsec314newE/PDFBIO.EL11.pdf

Kombinējot ķīmisko augu mēslošanas līdzekļu lietošanu ar vermikompostu sinepju audzēšanā, konstatēja, ka 25% apjomā aizstājot ķīmiskos mēslošanas līdzekļus ar vermikompostu bija labāka augu reakcija uz fotosintēzes intensitāti un bioķīmiskiem rādītājiem, gan attiecībā uz augu sekundāro metabolītu sintēzi un akumulāciju, gan kopējo hlorofila daudzumu. (Mondal et al., 2017).

1.4. Garšaugu un lapu dārzeņu bioloģija

Garšaugi, ārstniecības augi un lapu dārzeņi ir ļoti labs antioksidantu avots – tiem ir laba antioksidantu aktivitāte, tādējādi tie palīdz un tiek izmantoti, lai uzlabotu veselību, ierobežotu slimības. Tos jau vairāk nekā 2000 gadus izmanto dažādiem mērķiem. Joprojām ir palielināta interese par to lietošanu un audzēšanu (Dzida et al., 2016; Embuscado, 2015;).

Baziliks (*Ocimum basilicum*) ir viengadīgs panātru (*Lamiaceae*) dzimtas augs, 20 – 80 cm liels, stipri zarots stāvs augs ar četršķautnainu stumbru. Lapas olveida, sakārtotas pretēji, ar garu kātu. Atšķirībā no šķirnes variē lapu izmērs, krāsojums un to malu robojums, tāpat arī variē ziedu krāsa (balta, sārta, violeta), tie izkārtoti pa 2 – 4 dzinumumu augšējo lapu padusītēs. Zied no jūlija līdz pat salnām. Baziliks ir svešapputes augs. Augļi 1.5. – 2.0 mm gari, brūni vai melnas krāsas riekstiņi. Baziliks vairāk tiek audzēts ēterisko eļļu ieguvei, svaigās lapās un ziedos to saturs ir 0.03 – 1.5%. Atrasti 77 gaistoši savienojumi. Eļļas sastāvā ir eigenols un terpēni, kas nodrošina bazilikiem tiem raksturīgo krustnagliņu un piparu smaržu/garšu. Baziliku lapās ir C, P vitamīns un karotīns. Izmanto kulinārijā, lietojot svaigus vai žāvētus konserviem, dažādiem ēdieniem. Augus parast novāc ziedēšanas lakā, retāk sēklu nogatavošanās laikā (Dārzenkopība I, 1961; Garšaugi, 1978; Varga et al., 2017; Žukauska, 1997).

Rukola (*Eruca sativa*) ir viengadīgs 20 – 50 cm augsts krustziežu (*Brassicaceae*) dzimtas lapu dārzeņis. Lapas ir dziļi robotas. Ziedi balti krēmīgi ar kausiņu. Vērtīga dēļ C vitamīna, flavanoīdu, šķiedrvielu, polifenolu, glikozinolātu satura (atbild par smaržu un garšu) (Barlass et al., 2011; Gailīte, 2015; Tripodi et al., 2017).

Piparmētra (*Mentha x piperita*) ir daudzgadīgs panātru (*Lamiaceae*) dzimtas lakstaugš, kam ir horizontāli ložņājoši sakneņi ar paresninātiem mezgliem, no kuriem attīstās zaļas vai sarkanīgas nokrāsas, zaraini, četršķautnaini virszemes dzinumi. Viengadīgie dzinumi izaug līdz metra augstumam, ar retiem matiņiem. Lapas vienkāršas ar zobainu maliņu, veselas, iegareni ovālas ar īsu kātu pretēji sakārtotas. Lapu virspuse tumšāka, apakšpusē izvietoti eļļas dziedzeri. Ziedkopa vārpveidīga stumbra un zaru galos ar gaiši violetiem ziediem uz īsa kātiņa. Zied jūlijā un augustā. Auglis ir četru riekstiņu skaldauglis. Piparmētru smaržu un garšu nodrošina tajās esošās ēteriskās eļļas. To saturs ir 2 – 3%, un to galvenā sastāvdaļa ir mentols. Ražu vāc īsi

pirms ziedēšanas vai ziedēšanas sākumā. Plašs izmantošanas spektrs (Dārzenkopība I, 1961; Garšaugi, 1978, Žukauska, 1997).

Citronmelisa (*Melissa officinalis*) ir daudzgadīgs, 0.5 – 1.0 m liels panātru (*Laminaceae*) dzimtas ārstniecības augs, kas veido šķautņainu, zarotu stublāju, kas klāts ar matiņiem. Lapas mīkstas, to forma ieapaļi rombiska. Balti ziedi sakārtoti lapu žāklēs. Auglis ir skaldauglis ar iegareniem sarkanbrūniem riekstiņiem. Pārsvarā izmanto svaigā veidā, bet arī žāvētā, ja to dara uzreiz pēc novākšanas, atdalot lapas no stublāja. Eļļas satur galvenokārt terpēnu aldehīdus, it īpaši citrālus (Duda et al., 2015; Moradkhani et al., 2010; Žukauska, 1997).

Parastā kaķumētra (*Neptera cataria*) ir daudzgadīgs panātru (*Lamiaceae*) dzimtas 50 – 100 cm augsts lakstaugs, ārstniecības augs. Latvijā samērā reti izplatīta, pārsvarā apdzīvotu vietu tuvumā (Cepurīte, 2006). Var sasniegt metra augstumu, stumbrs klāts ar matiņiem. Lapas trīsstūrains olveidīgas ar sirdsveida pamatu, ar kātiņu pretēji sakārtotas. Lapas zāgzobainas, to virspuse zaļa, bet apakšpuse pelēcīga, klātas ar īsiem, bieziem matiņiem. Ziedi bāli izkārtoti stumbru un zaru galotnēs vārpstveida ziedkopās. Zied no jūnija līdz septembrim. Auglis, tumši brūns četru riekstiņu skaldauglis. Izmanto pārtikas rūpniecībā un parfimērijā, labs nektāraugs. Uzturā lieto gan svaigā, gan žāvētā veidā. Tā satur 0.3 – 0.7% ēteriskās eļļas, kas nodrošina patīkamo aromātu. Ēteriskās eļļas satur citrālu, geraniolu, limonēnu. Augos ir arī askorbīnskābe, miecvielas (Cepurīte, 2006; Duda et al., 2014; Duda et al., 2015; Garšaugi, 1978).

Pūķgalve (*Dracocephalum moldavica*) ir viengadīgs, zarots 40 – 70 cm liels panātru (*Laminaceae*) dzimtas lakstaugs ar četršķautņainu stumbru. Iegareni lancetiskas lapas, pretēji sakārtotas. Violeti 1.5 – 2.0 cm gari ziedi, sakārtoti ķekerveida ziedkopās uz stumbra un zariem. Zied jūlijā, augustā. Masveidā ievāc ziedēšanas sākumā. Pūķgalve tiek audzēta ēteriskās eļļas ieguvei, galvenā to sastāvdaļa ir citrāls (Garšaugi, 1978).

Parastais timiāns (*Thymus vulgaris*) ir mūžzaļš daudzgadīgs panātru (*Laminaceae*) dzimtas 30 cm augsts puskrūms. Bieži vien audzē kā viengadīgu augu. Vasaras timiāns ātrāk aug un ir kuplāks, mūsu apstākļos arī pārziemo. Zari ar sarkanīgu krāsojumu, kas otrajā gadā pārkoksnējas. Lapas sīkas, garenas ar matiņiem apakšpusē, uz īsa kātiņa, sakārtotas pretēji. Mazi iesarkani violeti ziedi lapu žāklēs. Auglis ir skaldauglis. Timols un karvakrols ir galvenās ēteriskās eļļas sastāvdaļas. Timiānā ir arī rūgtvielas, miecvielas, saponīni un sveķi. Lieto svaigā un žāvētā veidā pie gaļas un dārzeņu ēdieniem. Masveidā ievāc ziedēšanas pumpurošanās fāzē, kad augu lapās ir visvairāk ēteriskās eļļas. Savukārt kādā pētījumā novēroja, ka eļļas saturs bija zemāks, ja timiāns tika ievākts pēc iespējas vēlāk, tas pozitīvi ietekmēja vien ražas pieaugumu (Askary et al., 2018; Dārzenkopība I, 1961; Garšaugi, 1978; Krol, Kieltyka-Dadasiewicz, 2015; Žukauska, 1997).

Dārza majorāns (*Majorana hortensis*) ir panātru (*Lamiaceae*) dzimtas augs. Dienvidos to audzē kā daudzgadīgu, bet mūsu klimatiskajos apstākļos to audzē kā viengadīgu garšaugu, jo tas lauka apstākļos nepārziemo. Krūmveidīgs augs ar 30 – 60 cm augstu, stāvu stumbru. Daudz brūnas nokrāsas, zaroti stumbri. Viss augs klāts ar sudrabaini pelēkiem matiņiem. Arī lapas pēlēkzaļas, veselas, vienkāršas, iegareni olveida, pretēji sakārtotas. Ziedi balti vai sārti violeti sakārtoti seglapu žāklēs zaru galos. Zied jūlijā, augustā. Pirms ziedēšanas ziedi sakārtoti mezglveida vārpiņā. Auglis ir sauss – tas sastāv no četriem brūnie, nelieliem viensēklas riekstiņiem. Majorānu visbiežāk audzē kā ārstniecības/garšaugu, arī kā nektāraugu, tiek izmantots arī parfimērijā. Majorānam augot nepieciešams daudz siltuma, gaismas un mitruma. Majorānam raksturīgo smaržu nodrošina tajā esošās ēteriskās eļļas, kas svaigos augos ir 0.3 – 0.5%, bet žāvētos sasniedz 2 – 3%. Eļļas sastāvā ir majorāna kampars, terpinēns, terpineols. Majorānos ir arī miecvielas, sveķi, pektīnvielas. Jaunie dzinumī bagātīgi ar rutīnu, C vitamīnu un karotīnu. Izmanto kulinārijā, lietojot svaigus vai žāvētus pie salātiem, zupām, sieriem zivju un gaļas ēdieniem, tējai. Masveidā ievāc pumpurošanās fāzē (Dārzenkopība I, 1961; Garšaugi, 1978; Vasudeva, 2015; Žukauska, 1997).

Ārstniecības rozmarīns (*Rosmarinus officinalis*) ir mūžzaļš subtropu klimata panātru (*Laminaceae*) dzimtas krūms, kas vienā vietā aug piecus vai vairāk gadus, atkarībā no ražas. Lapas virspusē spīdīgi zaļas, apakšpusē blāvas, šauras, adatveida ar raksturīgo spēcīgo aromātu. Mūsu apstākļos nepārziemo, tādēļ to visbiežāk laukā audzē traukos/podos, ko vēlāk pārvieto uz telpām, turpinot audzēt kā telpaugu, tad trešajā gadā tas uzzied ar bāli ziliem ziediem. Lietošanai ievāc zaļos dzinumus. Lieto pārsvarā gaļas ēdieniem. Izmanto arī ēteriskās eļļas ieguvei (Ashrafi, Saremi, 2012; Banjaw et al., 2016; Dārzkopības enciklopēdija, 2002; Westervelt, 2003; Žukauska, 1997).

Ārstniecības baldriāns (*Valeriana officinalis*) ir daudzgadīgs baldriānu (*Valerianaceae*) dzimtas augs ar stāvu, dobu stumbru līdz vienam metram, kas augšdaļā zarojas. Bieži sastopams Latvijas teritorijā. Sakneņi resni, īsi, izvietoti vertikāli ar garām bārkšsāknēm ar tiem raksturīgo aromātu, kas izteikts žāvēšanas laikā. Pirmajā gadā augs attīsta lapu rozeti, bet otrajā gadā izaugs stumbrs, uz kura veidojas ziedi. Lapas dalītas, nepāra plūksnainas pretēji sakārtotas. Augšējās lapas ir sēdošas, savukārt apakšējās ir ar kātu. Sārtie ziedi izvietoti vairogveida skarās. Zied no jūnija līdz septembrim. Auglim ir raksturīgi lidmatiņi, tas ir iegarens ar brūnu krāsojumu. Kad rudenī sāk atmirt auga virszemes daļa, tad rok sakneņus un saknes, nomazgā tās un žāvē. Tās satur ēteriskās eļļas ar raksturīgo baldriāna smaržu, alkoloīdus (galvenaie ir aktinidīns, valerianīns), glikozīdus, organiskās skābes. Kopumā saknē ir 150 ķīmiskās vielas, no kurām daudzas ir fizioloģiski aktīvas. To daudzums mainās atkarībā no audzēšanas apstākļiem (Groms, Hammermane, 1971; Pilerood, Prakash, 2013; Rubine u.c., 1974).

2. MATERIĀLI UN METODIKA

2.1. Materiāls

Eksperimentu ierīkoja Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Augu fizioloģijas katedrā kontrolētos apstākļos. Eksperimentā audzēja desmit lapu dārzeni, garšaugu, ārstniecības augu sugas kūdras un augsnes substrātā, kam pievienoja kompostu un vermikompostu.

2.2. Sēklu diedzēšana, eksperimenta iekārtošana, kopšana un novākšana

Eksperimentā izmantoto augu sēklas pirms diedzēšanas septiņas minūtes dezinficēja 50% ACE balinātāja šķīdumā, un tad tās desmit reizes skaloja ūdenī pa divām minūtēm. Trīs augu sugām (bazilikam, rukolai, piparmētra) tās diedzēja Petri traukos uz filtrpapīra, kad sēklas bija sadīgušas tās uzreiz iepiķēja audzēšanas substrātā – kūdrā, kurai pievienoja dažādas tilpuma daļas (0, 5, 10, 20, 30%) bioloģiski sertificēta vermikomposta "Biohumuss" (SIA "Eko Zeme"). Pārējām eksperimentā izmantotajām sugām (citronmelisai, kaķumētra, pūķgalvei, timiānam, majorānam, rozmarīnam un baldriānam) tās ievietoja plastmasas konteineros, kuros bija nelielā slānī Biolan dārza melnzeme. Kad sēklas bija sadīgušas, tās pārpiķēja 200 mL tilpuma plastmasas veģetācijas traukos, kas bija pildīti ar Biolan dārza melnzemi. Veģetācijas traukus ievietoja slēgtos caurspīdīgos plastmasas konteineros un novietoja plauktos, kur nodrošināts papildus apgaismojums. Pēc nepieciešamības veica augu laistīšanu ar dejonizētu ūdeni. Kad augi bija paaugušies 5 – 10 cm lieli, tos pārstādīja pētāmajā substrātā 1.2 L tilpuma plastmasas veģetācijas traukos. Par substrātu izmantoja bagātinātu kūdru vai augsni no bioloģiski sertificēta lauka, kam pievienoja dažādas tilpuma daļas komposta "Kompostēti kūtsmēsli" vai bioloģiski sertificēta vermikomposta "Biohumuss" (SIA "Eko Zeme"). Visu variantu parametri atspoguļoti 1. tabulā.

Eksperimenta varianti.

Table 1

Experimental treatments.

Suga Species	Substrāts Substratum	Mēslojumam veids un koncentrācija Form and concentration of fertilaizer											
		Vermikomposts Vermicompost						Komposts Compost					
		0 %	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	0 %	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %
<i>Ocimum basilicum</i>	Kūdra Peat	x	x	x	x	x							
<i>Eruca sativa</i>		x	x	x	x	x							
<i>Mentha x piperita</i>		x	x	x	x	x							
<i>Melissa officinalis</i>	Augsne Soil	x		x	x	x		x		x	x	x	
<i>Nepeta cataria</i>		x		x	x	x		x		x	x	x	
<i>Dracocep- halum moldavica</i>		x			x	x	x	x			x	x	x
<i>Thymus vulgaris</i>		x			x	x	x	x			x	x	x
<i>Origanum majorana</i>	Kūdra Peat	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Rosmarinus officinalis</i>		x			x	x		x			x	x	
<i>Valeriana officinalis</i>		x			x			x			x		

Visiem eksperimentu variantiem bija vairāki atkārtējumi. Citronmelisai, kaķumētrai, pūķgalvei un timiānam pa sešiem augiem variantā; rukolai, bazilikam un rozmarīnam pa septiņiem augiem; baldriāniem astoņi/deviņi augi; majorānam – desmit, bet piparmētrai divi līdz seši augi variantā. Veģetācijas traukus randomizēti izkārtoja LU Akadēmiskā centra automatizētā siltumnīcā, kur 16 stundas nodrošināja papildus apgaismojumu ($380 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), gaisa temperatūru 15/23 °C (nakts/diena) un 60–70% gaisa relatīvo mitrumu. Eksperimentu laikā pēc nepieciešamības veica augu laistīšanu ar dejonizētu ūdeni. Katra sugai bija atšķirīgs veģetācijas ilgums. Tālāk 2. tabulā atspoguļota eksperimentā iekļauto augu sugu veģetācijas gaita, par veģetācijas periodu uzskatot to periodu, no brīža, kad augi tika pārstādīti pētāmajā substrātā līdz brīdim, kad tos novāca.

2.tabula

Sugu veģetācijas periods.

Table 2

Vegetation period of species.

Suga Species	Pārstādīšana pētāmajā substrātā Planting time in substratum	Novākšanas laiks Harvesting time	Veģetācijas periods, dienas Vegetation period, days
<i>Ocimum basilicum</i>	02.03.17	28.04.17	57
<i>Eruca sativa</i>	02.03.17	13.04.17	41
<i>Mentha x piperita</i>	09.03.17	19.05.17	72
<i>Melissa officinalis</i>	31.07.17	29.09.17	60
<i>Nepeta cataria</i>	31.07.17	29.09.17	60
<i>Dracocephalum moldavica</i>	04.08.17	04.10.17	62
<i>Thymus vulgaris</i>	04.08.17	10.11.17	99
<i>Origanum majorana</i>	07.09.17	01.11.17	90
<i>Rosmarinus officinalis</i>	25.09.17	22.12.17	141
<i>Valeriana officinalis</i>	25.09.17	15.12.17	134

LU Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijā veica eksperimentāli izmantotās augsnes, komposta un vermikomposta analīzes. Analīžu rezultāti parādīti 3. tabulā.

3.tabula

Augsnes, vermikomposta un komposta īpašības: augiem pieejamo elementu koncentrācijas (mg L^{-1} ; 1 M HCl izvilkumā), pH un elektrovadītspēja (EC).

Table 3

Soil, vermicompost and compost properties: concentration of available trace elements (mg L^{-1} ; 1 M HCl extract), pH and electrical conductivity (EC).

Elements Element	Augsne Soil	Vermikomposts Vermicompost	Komposts Compost
N	90	670	690
P	218	1924	1997
K	300	5100	8300
Ca	840	12750	7850
Mg	195	3250	3600
S	11	213	275
Fe	815	185	365
Mn	165	120	105
Zn	5.0	65	40
Cu	2.7	7.0	4.7
Mo	0.04	0.02	0.03
B	0.1	2.9	2.3
Na	0.003	0.17	0.22
pHKCl	5.34	7.74	8.03
EC (mS cm^{-1})	0.49	18.4	22.05

2.3. Eksperimentā veiktie mērījumi

2.3.1. Augu mērījumi

Eksperimenta beigās veica augu morfoloģisko rādītāju mērījumus, lai novērtētu, kā mēslojuma veids un koncentrācija ietekmēja augu augšanu. Veikto mērījumu parametri atšķiras pa sugām:

- rukola - lapu skaits, svaigu un sausu lapu masa;

- baziliks - sāndzinumu skaits, centrālā dzinuma masa, svaigu un sausu lapu masa, svaigu un sausu ziedkopu masa, svaigu un sausu stumbru masa;
- piparmētra - svaigu un sausu lapu masa, svaigu un sausu dzinumu masa;
- citronmelisa - svaigu un sausu augu masa;
- kaķumētra - svaigu un sausu augu masa;
- pūķgalve – svaigu un sausu augu masa, auga garuma, stumbru skaits;
- timiāns – svaigu un sausu augu masa;
- majorāns – svaigu un sausu augu masa;
- rozmarīns – svaigu un sausu augu masa, auga garums;
- baldriāns – svaigu un sausu augu masa, svaigu un sausu sakņu masa.

Lai nosvērtu augus, izmantoja elektroniskos svarus (440-35n, KERN, Vācija, max 400 g, $d = 0.01$). Pēc nosvēršanas augus/augu daļas ietina papīrā un ievietoja žāvējamā skapī uz 72 stundām 60 °C. Pēc tam noteica sauso augu masu.

2.3.2 Instrumentālās analīzes

Uzsākot eksperimentu un brīdī, kad tika novākti augi, mērīja substrāta elektrovadītspēju ar HH-2 mitruma mērītāju, kas bija aprīkots ar WET-2 sensoru (Delta-T Devices, ASV). Mērījumus veica no katra varianta pieciem veģetācijas traukiem, mērītāja sensoru iespraužot katrā no četrām konteineru pusēm un pierakstot mērījumu. Šos, mērījumus neveica rukolai un bazilikam.

Trīs nedēļas pēc augu pārstādīšanas galējā substrātā ik nedēļu veica hlorofila koncentrācijas un hlorofila *a* fluorescences mērījumus. Mērījumus veica pieciem augiem no varianta. Augu lapu hlorofila koncentrāciju mērīja ar hlorofila mērītāju CCM-300 (Opti-Sciences, ASV). Uz lapas plātnes virspuses novietoja sensoru, kas nomērīja hlorofila koncentrāciju mg m^{-2} . Savukārt Hlorofila fluorescenci mērīja tumsai adaptētās lapās ar fluorescences mērītāju Handy PEA (Hansatech Instruments, Lielbritānija). Ar speciāliem klipšiem izvēlētās lapas aptumšoja 20 minūtes. Pēc tam uz tiem novietoja sensoru, lai nepieklūtu gaisma un, atverot klipša slēdzi, veica mērījumus. No iegūtajiem mērījumu rezultātiem izmantoja tādus rezultātīvos rādītājus kā PI (*Performance Index*) un F_v/F_o .

Izzāvēto augu lapu paraugus izmantoja, lai noteiktu jonu koncentrāciju un elektrovadītspēju. Iesvēra 0.2 g lielus paraugus, pievienoja smiltis un saberza porcelāna tīģelī ar piestu un ekstrāģēja ar dejonizētu ūdeni (10 mL). Pēc tam izfiltrēja caur kaprona audumu. Ar pipeti no filtrāta paņēma 400 μL un tos pārnesa uz mērītājiem. No katra filtrāta veica trīs

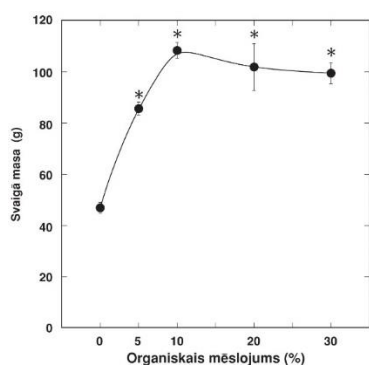
mērījumus. Jonu koncentrāciju un elektrovadītspēju noteica ar LAQUAtwin mērītājiem (Horiba, Japāna) B-741 (NO_3^-), B-731 (K^+), B-771 (elektrovadītspēja).

Datu būtiskums visiem variantiem noteikts ar dispersijas analīzi ANOVA. Vidējie rādītāji salīdzināti ar Tukey-Kramer testu

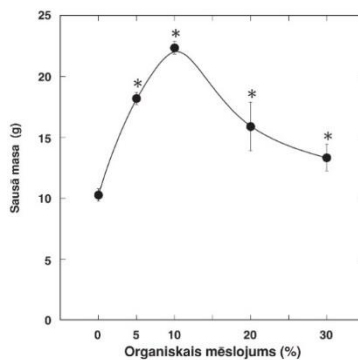
3. REZULTĀTI

3.1. Konvencionālajā sistēmā uz minerālvielu nodrošinājuma fona (kūdra ar minerālvielām + vermikomposts) audzēti lapu dārzeni un garšaugi: rukola (*Eruca sativa*), baziliks (*Ocimum basilicum*), piparmētra (*Mentha × piperita*)

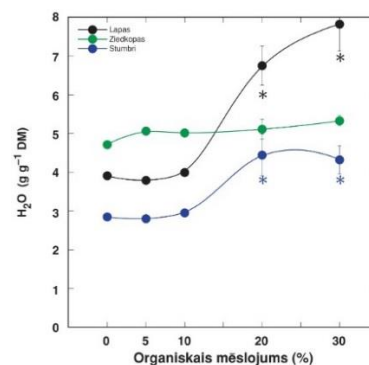
Salīdzinot vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz bazilika virszemes daļu svaigo un sauso masu, ūdens saturu augos konstatēja būtisku atšķirību (1. att.). Starp mēslojuma devām attiecībā uz svaigu masu bija vērojama būtiska atšķirība ($p = 2.7 \times 10^{-8}$).



RS_{0.05} = 14.54



RS_{0.05} = 3.74



RS_{0.05} = 2.12

1. attēls. Bazilika virszemes daļu svaigā un sausā masa, ūdens saturs eksperimenta beigās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 1. Fresh and dry weight, water content of basil stem and leaves depending on vermicompost dose in the end of experiment.

Eksperimenta beigās svaigā augu masa bija robežās no 47 līdz 108 gramiem. Viszemākā masa bija kontroles variantā. Visiem vermikomposta variantiem bija pozitīva ietekme uz augu masu, tomēr augstākās vermikomposta koncentrācijās (20, 30%), ietekme bija mazāka. Vislabākos rezultātus varēja novērot augiem 10% vermikomposta koncentrācijā. Savukārt augu sausā masa variēja no 10 līdz 22 gramiem, arī šeit attiecīgi starp variantiem tika novērotas būtiskas atšķirības ($p = 1.7 \times 10^{-5}$). Palielinoties vermikomposta koncentrācijai, pieauga dzinumu skaits, kas kontroles variantā bija vidēji 12, bet augstākās vermikomposta koncentrācijās tie bija vidēji 15 dzinumi. Izvērtējot augu masas sadalījumu, procentuāli vislielāko augu masas daļu veidoja lapas – vidēji pusi no kopējās augu masas, lielu daļu veidoja arī stumbri un attiecīgi ap 10 līdz 20% – ziedkopas. Bija novērojama saistība, ka zemāku vermikomposta koncentrāciju variantos augi ātrāk iztērēja minerālvielas un novecoja, attiecīgi veidojot lielāku ziedu daļu (2. att). Aprēķinot ūdens saturu augos arī bija novērojamas būtiskas

atšķirības ($p = 2.0 \times 10^{-6}$), augu lapās 20 un 30% mēslojuma devu variantos tas bija augstāks, salīdzinājumā ar zemākajām devām, kur tas bija vienādā daudzumā ar kontroles variantu.

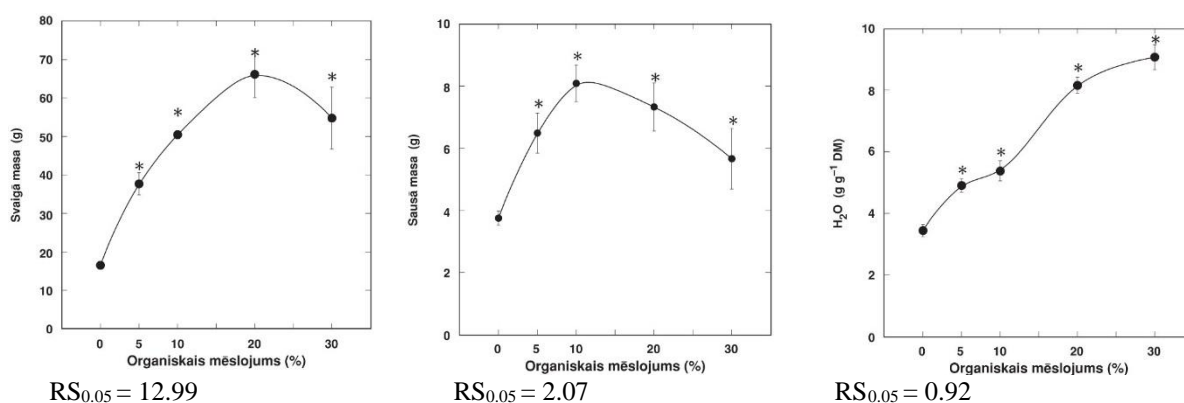


(autora foto)

2.attēls. Bazilika morfoloģiskās atšķirības vermikomposta mēslojuma ietekmē 57 dienas pēc pārstādīšanas (novākšanas laikā). No kreisās: kontrole, 5, 10, 20 un 30% vermikomposta.

Figure 2. Morphological differences on basil depending on vermicompost application 57 days after planting (harvesting time). From left: control, 10, 20 un 30% vermicompost.

Salīdzinot vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz rukolas virszemes daļu svaigo un sauso masu, ūdens saturu augos konstatēja būtisku atšķirību (3. att.). Starp mēslojuma devām attiecībā uz svaigo masu bija vērojama būtiska atšķirība ($p = 5.5 \times 10^{-7}$).



3.attēls. Rukolas virszemes daļu svaigā un sausā masa, ūdens saturs eksperimenta beigās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 3. Fresh and dry weight, water content of rocket salad leaves depending on vermicompost dose in the end of experiment.

Eksperimenta beigās augu svaigā masa bija robežās no 17 līdz 66 gramiem. Viszemākā masa bija kontroles variantā. Pakāpeniski palielinoties vermikomposta koncentrācijai, būtiski palielinājās augu masa visos variantos, vienīgi 30% koncentrācijā atkal bija novērojama masas samazināšanās attiecībā pret pārējiem mēslošanas variantiem. Savukārt augu sausā masa variēja no 4 līdz 8 gramiem, arī šeit attiecīgi starp variantiem novēroja būtiskas atšķirības ($p = 0.2 \times 10^{-2}$). Izvērtējot lapu skaitu vienam augam, bija novērojamas būtiskas atšķirības ($p = 0.3 \times 10^{-2}$), tās vidēji bija no 14 lapām kontroles variantā līdz 24 lapām variantā ar 20% vermikomposta koncentrāciju. Augstākajā koncentrācijā (30%), to skaits samazinājās (4. att.). Arī vizuāli bija labi saskatāms, ka 10 un 20% koncentrācijas augi bija viskoplākie.



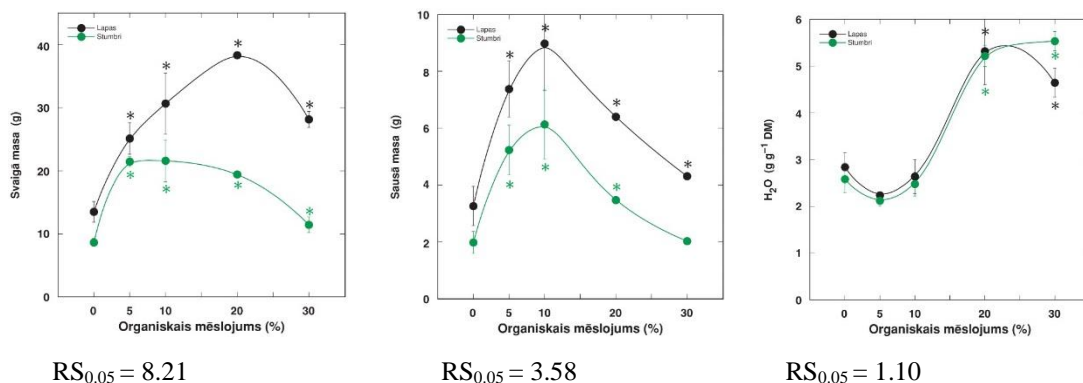
(Ģ. Ieviņa foto)

4.attēls. Rukolas morfoloģiskās atšķirības vermikomposta mēslojuma ietekmē 38 dienas pēc pārstādīšanas. No kreisās: kontrole, 5, 10, 20 un 30% vermikomposta.

Figure 4. Morphological differences on rocket salad depending on vermicompost application 38 days after planting. From left: control, 5, 10, 20 un 30% vermicompost.

Aprēķinot ūdens saturu augos arī bija novērojamas būtiskas atšķirības ($p = 9.7 \times 10^{-12}$), varēja labi saskatīt, ka tas pakāpeniski pieaug palielinoties mēslojuma devai, lielākās koncentrācijās kāpums bija straujāks.

Salīdzinot vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz piparmētras virszemes daļu svaigo un sauso masu, ūdens saturu augos konstatēja būtisku atšķirību (5. att.). Starp mēslojuma devām attiecībā uz svaigu masu bija vērojama būtiska atšķirība ($p = 2.7 \times 10^{-8}$), attiecībā pret sauso masu ($p = 5.5 \times 10^{-5}$) un ūdens saturu ($p = 1.39 \times 10^{-9}$).



5. attēls. Piparmētras virszemes daļu svaigā un sausā masa, ūdens saturs eksperimenta beigās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 5. Fresh and dry weight, water content of peppermint stem and leaves depending on vermicompost dose in the end of experiment.

Eksperimenta beigās svaigā augu masa bija robežās no 20 līdz 58 gramiem. Viszemākā tā bija kontroles variantā. Pakāpeniski pieaugot vermikomposta koncentrācijai, palielinājās augu masa, 30 % koncentrācijā pieaugums vairs nebija tik izteikts. Zemāku mēslojuma devu variantos lapu un stumbru attiecība bija līdzvērtīga, taču lielāku mēslojuma devu gadījumā veidojās lielāka lapu masa (6. att.). Augu sausā masa 5 un 10% mēslojuma devu variantos palielinājās un tad, mēslojuma devām tālāk pieaugot, tā strauji samazinājās, kas liecina, ka tajos variantos bija sulīgākas lapas, kas arī atspoguļojas 5. attēlā.



(autora foto)

6.attēls. Piparmētras morfoloģiskās atšķirības vermikomposta mēslojuma ietekmē 72 dienas pēc pārstādīšanas (novākšanas laikā). No kreisās: kontrole, 5, 10, 20 un 30% vermikomposta.

Figure 6. Morphological differences on peppermint depending on vermicompost application 72 days after planting (harvesting time). From left: control, 5, 10, 20 un 30% vermicompost.

Novērtējot piparmētru substrāta elektrovadītspēju, vislielākās izmaiņas bija novērojams variantā, kur mēslojuma koncentrācija bija 10% (4. tab.)

4. tabula

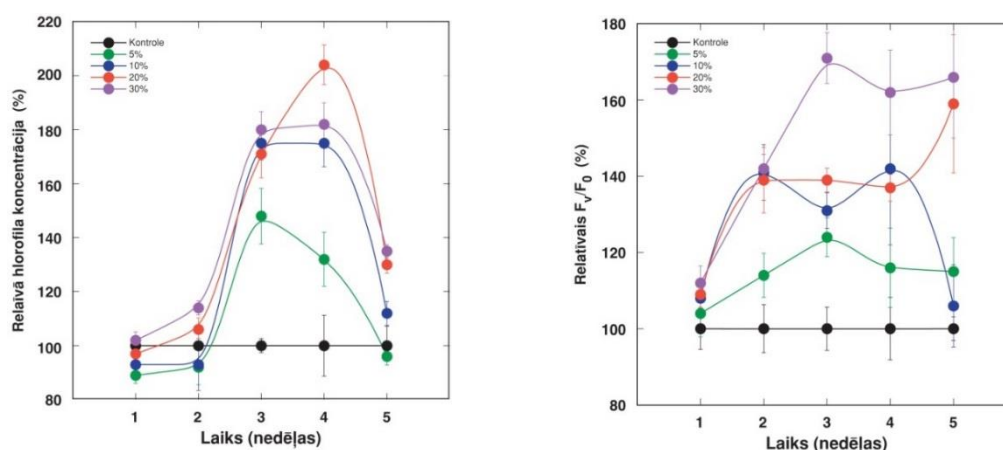
Substrāta elektrovadītspēja (mS m^{-1})

Table 4

Substratum electrical conductivity (mS m^{-1})

	Pirms audzēšanas Before growing	Pēc audzēšanas After growing	Izmaiņas Difference
Kontrolē	196.0 ± 6.0	128.0 ± 17.2	-68.0
Vermikomposts 5%	326.8 ± 9.2	180.6 ± 15.0	-146.2
Vermikomposts 10%	480.8 ± 59.0	231.0 ± 16.4	-249.8
Vermikomposts 20%	513.8 ± 19.1	383.7 ± 45.0	-130.1
Vermikomposts 30%	528.6 ± 16.6	420.8 ± 24.2	-107.8

Izvērtējot relatīvo hlorofila koncentrāciju attiecībā pret kontroles variantu, bija novērojamas būtiskas atšķirības gan starp mēslošanas variantiem ($p = 0.03$), gan nedēļām, kad veikti mērījumi ($p = 0.2 \times 10^{-3}$), arī hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas bijušas būtiski atšķirīgas gan starp variantiem ($p = 2.3 \times 10^{-10}$), gan mērījumu reizēm ($p = 0.2 \times 10^{-2}$) (7.att.).



$RS_{0.05} = 102.40$
 $RS_{0.05(\text{nedēļa})} = 45.80$
 $RS_{0.05(\text{variants})} = 45.80$

$RS_{0.05} = 31.00$
 $RS_{0.05(\text{nedēļa})} = 13.86$
 $RS_{0.05(\text{variants})} = 13.86$

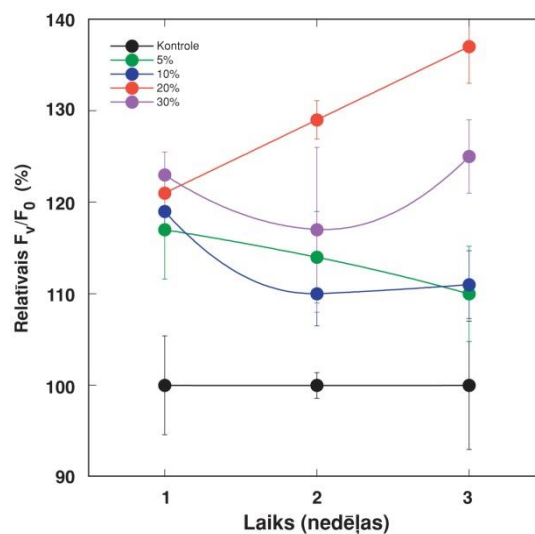
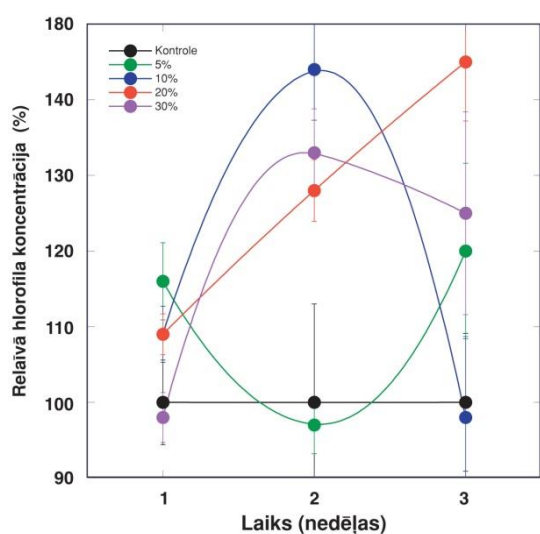
7. attēls. Hlorofila koncentrācijas un hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas bazilika lapās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 7. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter F_v/F_o of basil plants depending on vermicompost dose.

Varēja novērot, ka pirmajās divās mērījumu reizēs hlorofila koncentrācija bijusi līdzīga, pat atsevišķos variantos zemāka nekā kontroles variantā. Trešajā mērījumu nedēļā koncentrācija būtiski atšķīrās, bija novērojama tendence, ka lielāko vermikomposta koncentrāciju variantos bija augstāka hlorofila koncentrācija. Pēdējā mērījumu reizē hlorofila koncentrācija būtiski samazinājās attiecībā pret iepriekšējām divām mērījumu reizēm.

Fotoķīmiskā aktivitāte, uzsākot mērījumus, bija ļoti līdzīga, bet tad laika gaitā svārstības starp variantiem bija ļoti dažādas. Visās mērījumu reizēs augstākā aktivitāte bija 30% vermikomposta koncentrācijā un zemākā 5% koncentrācijā. Pēdējā mērījumu reizē vislielākās svārstības bija novērojamas 10 un 20% vermikomposta koncentrācijā.

Izvērtējot relatīvo hlorofila koncentrāciju rukolas lapās attiecībā pret kontroles variantu, bija novērojamas būtiskas atšķirības gan starp mēslošanas variantiem ($p = 0.02$), gan nedēļām, kad veikti mērījumi ($p = 0.03$), arī hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas bija būtiski atšķirīgas gan starp variantiem ($p = 0.5 \times 10^{-10}$), gan mērījumu reizēm ($p = 0.1 \times 10^{-3}$), (8. att.).



RS_{0.05} = 34.14
 RS_{0.05(nedēļa)} = 15.25
 RS_{0.05(varianst)} = 19.71

RS_{0.05} = 14.75
 RS_{0.05(nedēļa)} = 6.60
 RS_{0.05(variants)} = 8.52

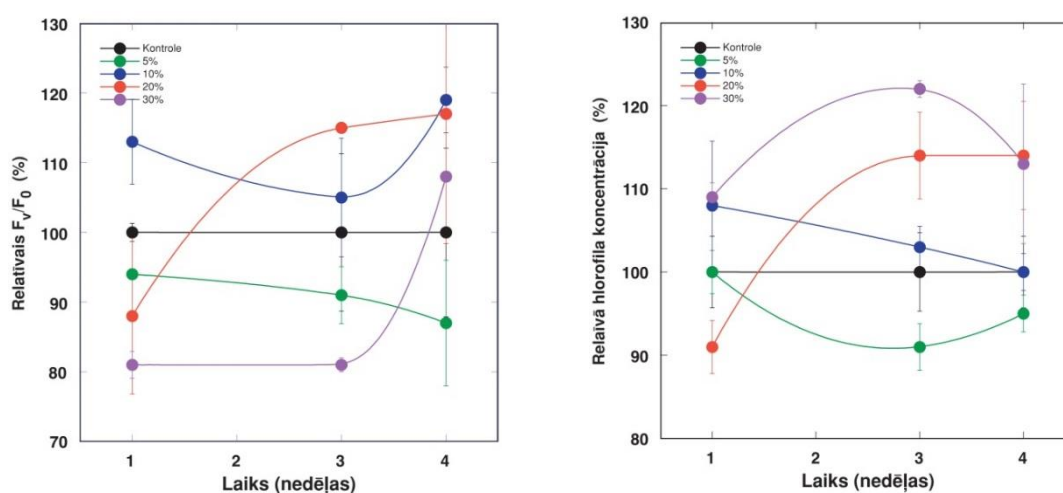
8 att. Hlorofila koncentrācijas un hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas rukolas lapās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 8. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter F_v/F_o of rocket salad plants depending on vermicompost dose.

Izvērtējot hlorofila koncentrāciju novērojams, ka otrajā mērījumu reizē augiem 5% vermikomposta koncentrācijas ietekmē tā bija būtiski zemāka, pat nedaudz zemāka nekā

kontroles variantā, savukārt tāda pati situācija bija novērojama 10% vermikomposta koncentrācijas augiem pēdējā mērījumu reizē. Salīdzinot fotoķīmisko aktivitāti arī šeit bija novērojamas dažādas tendences. Vienīgi pirmajā mērījumu reizē bija novērojama sakarība, ka augiem augstākās vermikomposta koncentrācijas klātbūtnē ir lielāka aktivitāte. Abās pārējās mērījumu reizēs bija vērojama tendence, ka aktivitāte samazinājās, izņemot 20% mēslojuma devu.

Izvērtējot relatīvo hlorofila koncentrāciju piparmētras lapās attiecībā pret kontroles variantu, bija novērojamas būtiskas atšķirības tikai starp mēslošanas variantiem ($p = 3.4 \times 10^{-9}$), bet hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvajās izmaiņas bija būtiski atšķirīgas gan starp variantiem ($p = 0.5 \times 10^{-10}$), gan mērījumu reizēm ($p = 0.1 \times 10^{-3}$), (9. att).



RS_{0.05} = 8.96
 RS_{0.05(nedēļa)} = 4.00
 RS_{0.05(varianst)} = 5.17

RS_{0.05} = 74.00
 RS_{0.05(nedēļa)} = 33.45
 RS_{0.05(variants)} = 43.19

9. att. Hlorofila koncentrācijas un hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas piparmētras lapās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

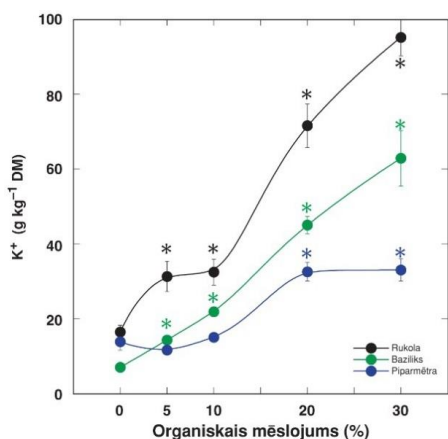
Figure 9. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter F_v/F_o of peppermint plants depending on vermicompost dose.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas izmaiņas, bija novērojams, ka pirmajā mērījumu reizē hlorofila koncentrācija attiecībā pret kontroles variantu bijusi par 10% zemāka augstākās (30%) vermikomposta mēslojuma devas gadījumā, tomēr nākamajās reizēs šajā variantā bija vieni no visaugstākajiem rādītājiem. Interesanti, ka visās mērījumu reizēs 5% vermikomposta variantā hlorofila koncentrācija bija zemāka par kontroli.

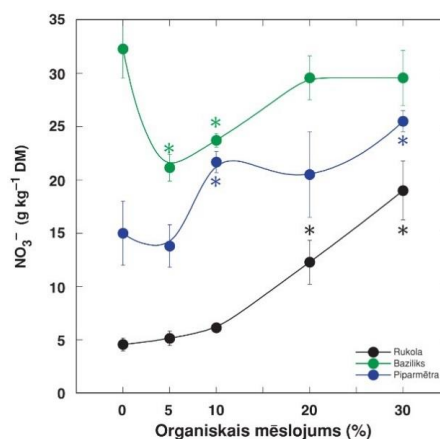
Fotoķīmiskā aktivitāte, līdzīgi kā hlorofila koncentrācija, 5% vermikomposta variantā bija zemāka nekā kontrolē. Pirmajās divās mērījumu reizēs tā bija zemāka arī 20 un 30%

vermikomposta variantos. Kopumā vērtējot, vislabākā tā visu mērījumu laiku bijusi 10% vermikomposta koncentrācijā. PI (*Performande Index*) nevarēja novērtēt, jo augu īpatnību dēļ šīs vērtības bija negatīvas.

Novērtējot šo trīs sugu K^+ jonu saturu augu lapās, rezultāti rāda, ka bija novērojamas būtiskas atšķirības gan starp sugām ($p = 3.3 \times 10^{-22}$), gan mēslojuma devām ($p = 1.3 \times 10^{-35}$). Savukārt, novērtējot nitrātu saturu augu lapās, arī bija vērojamas būtiskas atšķirības gan starp augu sugām ($p = 1.4 \times 10^{-28}$), gan mēslojuma devām ($p = 4.9 \times 10^{-12}$), (10. att.).



RS_{0,05} = 9.26
 RS_{0,05(suga)} = 4.14
 RS_{0,05(varianst)} = 5.34



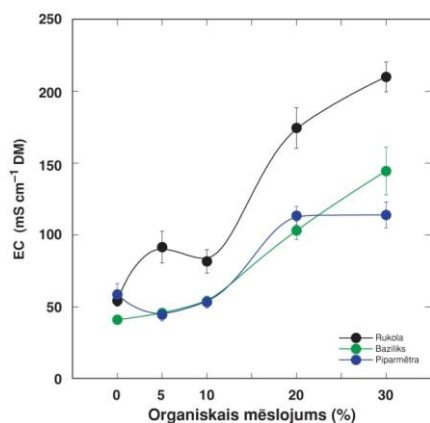
RS_{0,05} = 4.56
 RS_{0,05(suga)} = 2.04
 RS_{0,05(variants)} = 2.63

10. attēls. Kālija un nitrāta jonu koncentrācija augu lapās eksperimenta beigās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 10. Potassium and nitrate ion concentration of plant leaves depending on vermicompost dose in the end of experiment.

Kālija jonu koncentrācija augos būtiski palielinājās, pieaugot substrātā vermikomposta koncentrācijai, visaugstākā tā bija rukolas lapās, kā arī visbūtiskākās atšķirības starp sugām bija novērojamas 20 un 30% vermikomposta koncentrācijās. Savukārt, izvērtējot nitrātu jonu koncentrāciju rukolas lapās, tā bija viszemākā un būtiski zemāka nekā bazilika un piparmētras lapās.

Izvērtējot lapu ūdens ekstraktu elektrovadītspēju, rezultāti rāda, ka bija novērojamas būtiskas atšķirības gan starp sugām ($p = 6.4 \times 10^{-16}$), gan mēslojuma devām ($p = 1.2 \times 10^{-32}$), (11. att.).



$RS_{0.05} = 22.15$

$RS_{0.05(\text{nedēļa})} = 9.90$

$RS_{0.05(\text{varianst})} = 12.79$

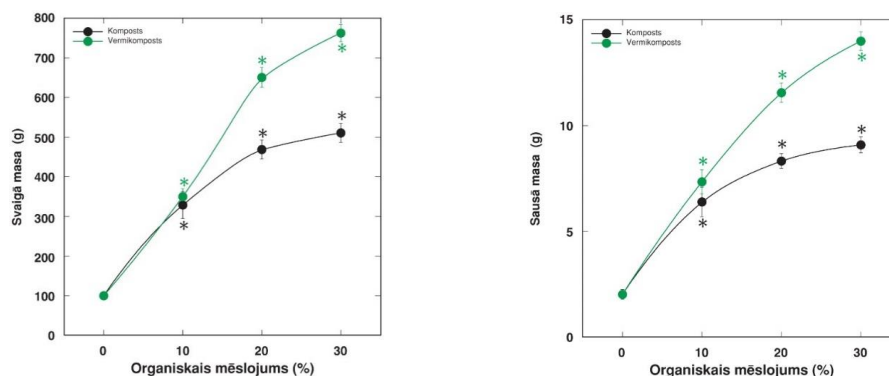
11.attēls. Lapu ūdens ekstraktu elektrovadītspēja eksperimenta beigās atkarībā no vermikomposta mēslojuma devas.

Figure 11. Water extract electrical conductivity of leaves depending on vermicompost dose in the end of experiment.

Rezultāti parāda, ka bazilika un piparmētru lapās elektrovadītspēja bija ļoti līdzīga un pakāpeniski pieauga lielākās vermikomposta koncentrācijās. Augstākā elektrovadītspēja bija rukolas lapu ekstraktos, kur tā strauji pieauga 20 un 30% vermikomposta variantos.

3.2. Bioloģiskajā sistēmā (bioloģiski sertificēta augsne + komposts un vermikomposts) audzēti garšaugi: citronmelisa (*Melissa officinalis*), kaķumētra (*Nepeta cataria*), pūķgalve (*Dracocephalum moldavica*), timiāns (*Thymus vulgaris*)

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi attiecībā pret kontroles variantu uz citronmelisas virszemes daļu svaigo un sauso masu bija vērojamas būtiskas atšķirības (12. att.)



12. attēls. Citronmelisas virszemes daļu svaigā un sausā masa eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 12. Fresh and dry weight of lemon balm stem and leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Izvērtējot iegūtos rezultātus, gan svaigā, gan sausā masa zemāko mēslojuma devu variantos (10%) bija praktiski vienāda, toties, palielinoties koncentrācijai, bija novērojamas arvien lielākas atšķirības starp mēslojuma veidiem, augstāki rādītāji bija variantos, kad substrātam bija pievienots vermikomposts. Augu svaigā masa bija no 100 līdz 780 gramiem. Lielākajā vermikomposta koncentrācijā atšķirība pat sasniedza 300 gramus salīdzinājuma ar komposta variantu (13. att.). Attiecīgi uz sauso augu masu bija novērojama tādi pati ietekme kā uz svaigo masu.

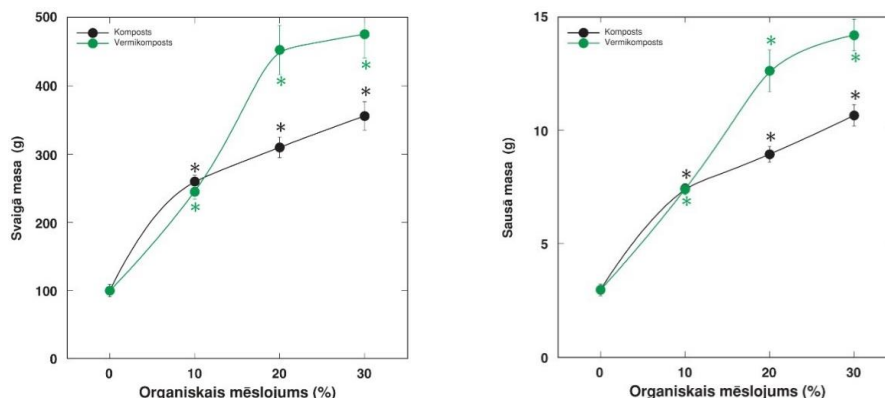


(Ģ. Ieviņa foto)

13. attēls. Citronmelisas morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 50 dienas pēc pārstādīšanas. No kreisās: kontrole, 10% komposta, 10% vermikomposta, 20% komposta, 20% vermikomposta, 30% komposta, 30% vermikomposta.

Figure 13. Morphological differences on lemon balm depending on organic fertilizer application 50 days after planting. From left: control, 10% compost, 10% vermicompost, 20% compost, 20% vermicompost, 30% compost, 30% vermicompost.

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi attiecībā pret kontroles variantu uz kaķumētras virszemes daļu svaigo un sauso masu bija vērojamas būtiskas atšķirības (14.att.)



14. attēls. Kaķumētras virszemes daļu svaigā un sausā masa eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 14. Fresh and dry weight of catnip stem and leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Kaķumētras rezultāti parāda ļoti līdzīgas mēslojuma veida un devas ietekmi, kā bija citronmelisai, kad zemākās mēslojuma devas variantos rezultāti bija ļoti līdzīgi, bet augstāko mēslošanas devu variantos bija labāk novērojama vermikomposta pozitīvā ietekme (15. att). Svaigā masa variēja no 100 līdz 490 gramiem. Arī sausās masas daudzums bija ar tāda paša veida ietekmi kā uz svaigo masu.

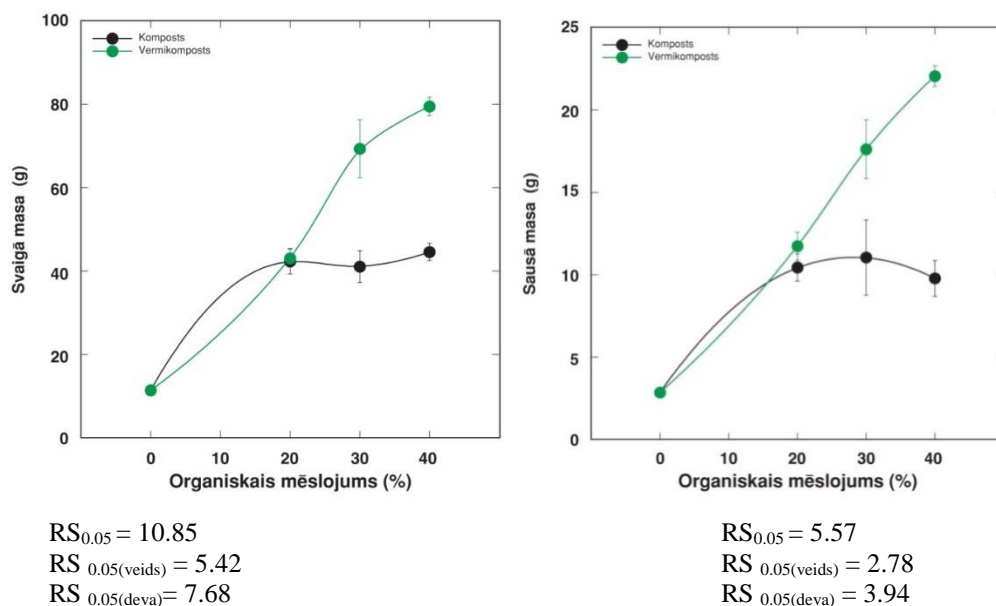


(Ģ. Ieviņa foto)

15. att. Kaķumētras morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 50 dienas pēc pārstādīšanas. No kreisās: kontrole, 10% komposta, 10% vermikomposta, 20% komposta, 20% vermikomposta, 30% komposta, 30% vermikomposta.

Figure 15. Morphological differences on catnip depending on organic fertilizer application 50 days after planting. From left: control, 10% compost, 10% vermicompost, 20% compost, 20% vermicompost, 30% compost, 30% vermicompost.

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz pūķgalves virszemes daļu svaigo masu, bija vērojamas būtiskas atšķirības gan starp mēslojuma veidu ($p = 1.5 \times 10^{-6}$), gan devu ($p = 2.0 \times 10^{-14}$), līdzīgi arī attiecībā pret sauso masu (16. att.).



16. attēls. Pūķgalves virszemes daļu svaigā un sausā masa eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 16. Fresh and dry weight of dragonhead stem and leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Pūķgalves svaigā masa bija no 11 līdz 80 gramiem. Arī šeit bija novērojama tendence, ka gan svaigā un arī attiecīgā sausā masa bija vienāda variantā ar zemāko mēslojuma devu, bet 30 un 40% koncentrācijas variantos būtiski augstākas vērtības bija ar vermikompostu apstrādātiem augiem. Arī auga garums būtiski atšķīrās gan no mēslojuma veida ($p = 0.6 \times 10^{-3}$), gan devas ($p = 0.2 \times 10^{-2}$). Auga garums bija no 37 līdz 49 cm, lielākie augi bija vermikomposta variantā ar 30% koncentrāciju (17. att.). Mēslojuma devās augi arī veidoja lielāku skaitu stumbru, salīdzinājumā ar kontroles variantu.

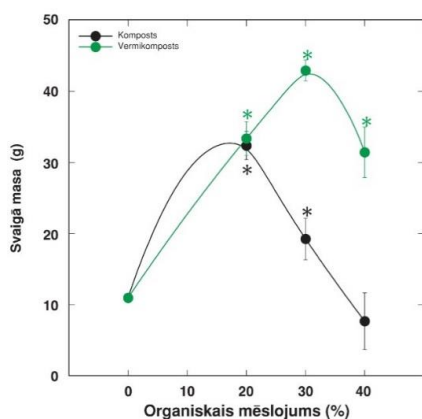


(autora foto)

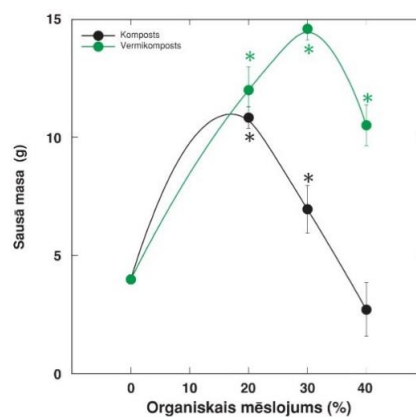
17. attēls. Pūķgalves morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 62 dienas pēc pārstādīšanas. No kreisās: kontrole, 20% vermikomposta, 20% komposta, 30% vermikomposta, 30% komposta, 40% vermikomposta, 40% komposta.

Figure 17. Morphological differences on dragonhead depending on organic fertilizer application 62 days after planting. From left: control, 20% vermicompost, 20% compost, 30% vermicompost, 30% compost, 40% vermicompost, 40% compost.

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz timiāna virszemes daļu svaigo masu, bija vērojamas būtiskas izmaiņas gan starp mēslojuma veidu ($p = 3.0 \times 10^{-8}$), gan devu ($p = 2.3 \times 10^{-9}$), tāpat arī attiecībā pret sauso masu (18. att.).



$RS_{0.05} = 7.40$
 $RS_{0.05(\text{veids})} = 3.7$
 $RS_{0.05(\text{deva})} = 5.2$



$RS_{0.05} = 2.64$
 $RS_{0.05(\text{veids})} = 1.32$
 $RS_{0.05(\text{deva})} = 1.87$

18. attēls. Timiāna virszemes daļu svaigā un sausā masa eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 18. Fresh and dry weight of thyme stem and leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Timiāns bija ļoti jutīgs uz apstrādi ar paaugstinātām mēslojuma devām, jo īpaši, komposta mēslojuma gadījumā, kur 40% devas variantā augu masa pat bija zemāka nekā kontroles variantā, arī 30% devas variantā masas pieaugums bija niecīgs attiecībā pret kontroles variantu. Daži augi 40% variantā gāja bojā (19. att.). Viennozīmīgi bija novērojams, ka vermikomposts pozitīvi ietekmēja augšanu, izņemot variantu, kur pielietoja lielāko mēslojuma devu. Šajā variantā pieaugums vairs nebija tik liels kā pārējo mēslojuma devu variantos.



(autora foto)

19. attēls. Timiāna morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 99 dienas pēc pārstādīšanas (novākšanas laikā). No kreisās: kontrole, 20% vermikomposta, 20% komposta, 30% vermikomposta, 30% komposta, 40% vermikomposta, 40% komposta.

Figure 19. Morphological differences on thyme depending on organic fertilizer application 99 days after planting (harvesting time). From left: control, 20% vermicompost, 20% compost, 30% vermicompost, 30% compost, 40% vermicompost, 40% compost.

Novērtējot garšaugu substrāta elektrovadītspēju, salīdzinot mēslojuma veidus, lielākas izmaiņas bija variantos ar vermikompostu (5. tab.).

Substrāta elektrovadītspēja (mS m^{-1})

Table 5

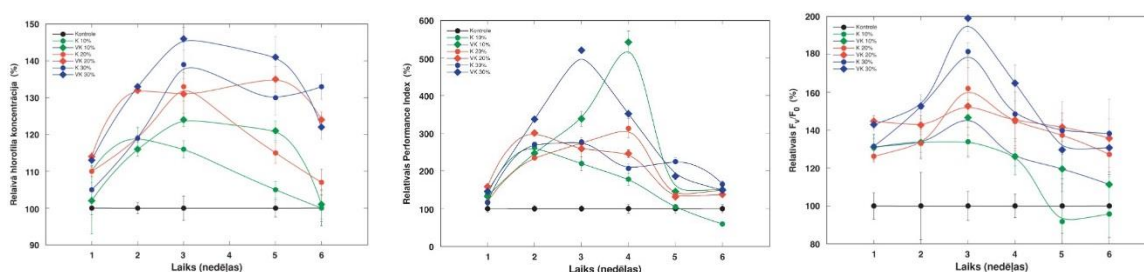
Substratum electrical conductivity (mS m^{-1})

	Pirms audzēšanas Before growing	Pēc audzēšanas After growing	Izmaiņas Difference
<i>Melissa officinalis</i>			
Kontrole	110.0 ± 8.5	99.8 ± 6.6	-10.2
Komposts 10%	188.9 ± 7.5	142.2 ± 5/6	-46.7
Vermikomposts 10%	181.9 ± 8.5	126.7 ± 5.1	-55.2
Komposts 20%	248.7 ± 8.3	179.2 ± 2.9	-69.5
Vermikomposts 20%	220.7 ± 9.4	122.7 ± 5.8	-98.0
Komposts 30%	294.5 ± 10.8	239.0 ± 6.4	-55.5
Vermikomposts 30%	234.7 ± 10.8	127.8 ± 4.7	-106.9
<i>Nepeta cataria</i>			
Kontrole	110.0 ± 8.5	103.5 ± 7.5	-6.5
Komposts 10%	188.9 ± 7.5	154.8 ± 7.5	-34.1
Vermikomposts 10%	181.9 ± 8.5	160.0 ± 6.8	-21.9
Komposts 20%	248.7 ± 8.3	217.3 ± 13.0	-31.4
Vermikomposts 20%	220.7 ± 9.4	165.5 ± 8.7	-55.2
Komposts 30%	294.5 ± 10.8	270.2 ± 10.1	-24.3
Vermikomposts 30%	234.7 ± 10.8	155.5 ± 1.6	-79.2
<i>Dracocephalum moldavica</i>			
Kontrole	109.6 ± 8.5	101.1 ± 8.2	-8.5
Komposts 20%	248.7 ± 8.3	214.4 ± 10.1	-34.3
Vermikomposts 20%	220.7 ± 9.9	169.2 ± 5.3	-51.5
Komposts 30%	294.5 ± 10.8	272.1 ± 9.8	-22.4
Vermikomposts 30%	234.7 ± 10.8	190.0 ± 14.8	-44.7
Komposts 40%	338.0 ± 13.7	277.2 ± 16.6	-60.8
Vermikomposts 40%	333.2 ± 32.9	199.1 ± 9.7	-134.1
<i>Thymus vulgaris</i>			
Kontrole	109.6 ± 8.5	109.7 ± 6.4	+0.1
Komposts 20%	248.7 ± 8.3	206.9 ± 15.8	-41.8

Vermikomposts 20%	220.7 ± 9.9	150.8 ± 9.7	-69.9
Komposts 30%	294.5 ± 10.8	274.2 ± 30.4	-20.3
Vermikomposts 30%	234.7 ± 10.8	166.6 ± 25.0	-68.1
Komposts 40%	338.0 ± 13.7	359.0 ± 28.0	+21.0
Vermikomposts 40%	333.2 ± 32.9	229.0 ± 23.9	-104.2

Interesanti, ka timiānam kontroles variantā un variantā ar 40% kompostu elektriskā vadītspēja eksperimenta beigās bija lielāka nekā eksperimenta sākumā.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas citronmelisas augu lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas novēroja būtiskas atšķirības (20. att.).



20. attēls. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas citronmelisas lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

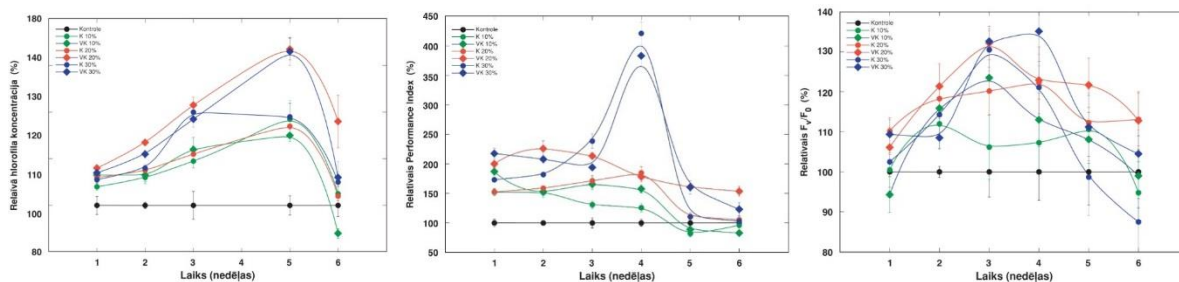
Figure 20. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and Fv/Fo of lemon balm leaves depending on fertilizer form and dose.

Rezultāti kopumā rāda, ka, salīdzinot mēslojumu veidu, vermikomposta variantos bija augstāka hlorofila koncentrācija salīdzinājumā ar komposta mēslojumu. Tāpat bija novērojama tendence, ka pirmajās trīs mērījumu nedēļās hlorofila koncentrācija pakāpeniski pieauga, bet vēlāk tā samazinājās. Kopīgas tendences arī bija novērojamas attiecībā pret mēslojuma devām – variantos ar augstākām devām bija augstāka hlorofila koncentrācija.

PI (kopējā fotoķīmiskā veiktspēja) pirmajās pāris nedēļas bija visiem mēslojuma variantiem ļoti līdzīga, vēlāk bija novērojamas lielas atšķirības pat starp vienas koncentrācijas dažāda mēslojuma veida variantiem. Veģetācijas beigās mēslojuma ietekme uz kopējo fotoķīmisko veiktspēju samazinājās. Ar pāris atsevišķiem izņēmumiem, arī fotoķīmiskā aktivitāte bija augstāka variantos ar vermikomposta mēslojumu. Arī fotoķīmiskā aktivitāte

attiecīgi pirmajās trīs nedēļās pieauga un tad vēlāk pakāpeniski samazinājās, un attiecīgi augstāka tā bija lielāku mēslojuma devu gadījumā.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas kaķumētras augu lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas bija novērojamas būtiskas atšķirības (21. att.).



21. attēls. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas kaķumētras lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

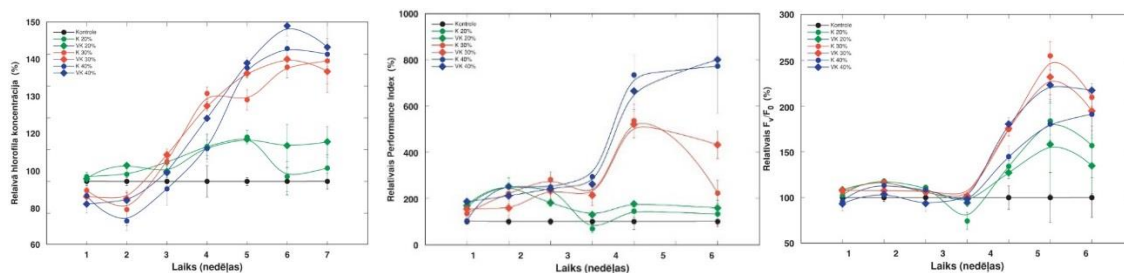
Figure 21. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and Fv/Fo of catnip leaves depending on fertilizer form and dose.

Rezultāti kopumā rāda, ka, salīdzinot mēslojumu veidu, vermikomposta variantos bija augstāka hlorofila koncentrācija salīdzinājumā ar komposta variantiem, bet rezultāti savstarpēji bija ļoti tuvu, izņemot 20% mēslojuma variantos. Bija novērojams, ka pirmajās piecās mērījumu nedēļās hlorofila koncentrācija pakāpeniski pieauga, bet pēdējā mērījuma nedēļā strauji samazinājās, kad augi jau ziedēja un lapas bija palikušas blāvākas. Attiecībā uz mēslojuma devām, vislabākos rezultātus visā augu audzēšanas laikā parādīja vermikomposta variants ar 20% mēslojuma devu.

Kopumā bija novērojams, ka PI (kopējā fotoķīmiskā veiktspēja) ir augstāka lielāku mēslojuma devu variantos. Ceturtajā mērījumu nedēļā tā 30% mēslojuma variantos bija būtiski lielāka nekā pārējos mēslojuma variantos. Ar pāris atsevišķiem izņēmumiem, arī fotoķīmiskā aktivitāte augstāka bija novērojama variantos ar vermikompostu. Fotoķīmiskā aktivitāte attiecīgi jau samazinājās ceturtajā nedēļā. Arī šeit bija novērojama tendence, ka augstākie rādītāji bija vermikomposta mēslojuma variantā ar 20% koncentrāciju.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas relatīvās izmaiņas atkarībā no mēslojuma ($p = 4.3 \times 10^{-18}$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 8.3 \times 10^{-30}$) bija novērojamas būtiskas izmaiņas. Arī hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas pūķgalves

augu lapās atkarībā no mēslojuma ($p = 1. \times 10^{-13}$), ($p = 0.01$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 4.0 \times 10^{-7}$), ($p = 4.3 \times 10^{-8}$) bija būtiski atšķirīgas (22. att.).



RS_{0.05} = 28.2
 RS_{0.05(nedēļa)} = 10.7
 RS_{0.05(variānts)} = 10.7

RS_{0.05} = 141
 RS_{0.05(nedēļa)} = 53
 RS_{0.05(variānts)} = 53

RS_{0.05} = 348
 RS_{0.05(nedēļa)} = 131
 RS_{0.05(variānts)} = 131

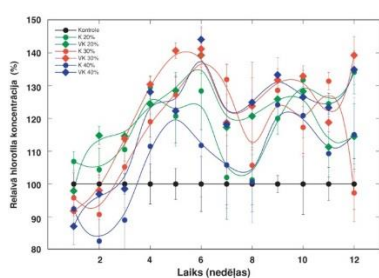
22. attēls. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas pūķgalves lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 22. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and Fv/Fo of dragonhead plants depending on fertilizer form and dose.

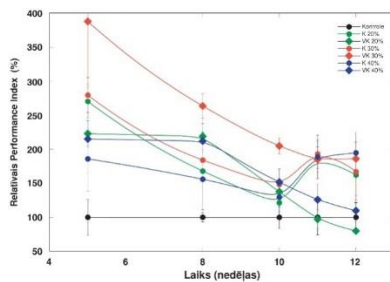
Rezultāti rāda, ka pirmajās divās mērījumu nedēļās 30 un 40% mēslojuma devu variantos hlorofila koncentrācija bija zemāka nekā kontrolē. Kopumā komposta un vermikomposta ietekme bija līdzīga, ar tendenci, ka vermikompostam bija izteikti pozitīvāka ietekme. Pēdējās mērījumu reizēs būtiski lielāka hlorofila koncentrācija bija 30 un 40% mēslojuma variantos.

Kopējā fotoķīmiskā veiktspēja pirmajās pirmajās trīs nedēļās bija diezgan līdzīga, tad, nedēļu vēlāk, 5% mēslojuma devas variantos samazinājās, un visu turpmāko laiku bija zemāka, savukārt pārējām mēslojuma devām bija skaidri novērojams, ka koncentrācija būtiski palielinājās, pieaugot mēslojuma devai. Fotoķīmiskā aktivitāte pirmajās četrās nedēļās bija salīdzinoši ļoti līdzīga visos eksperimenta variantos, pat esot ļoti tuvu kontroles variantu mērījumu rezultātiem. Sākot ar piekto nedēļu, bija skaidri saskatāma katra mēslojuma veida un koncentrācijas ietekme, kur augstāko fotoķīmisko aktivitāti nodrošināja mēslojums ar 30% koncentrāciju.

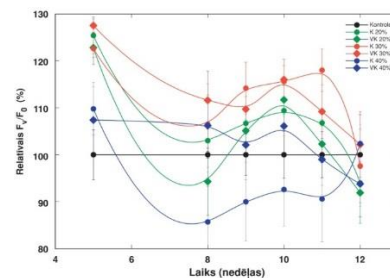
Izvērtējot hlorofila koncentrācijas relatīvās izmaiņas atkarībā no mēslojuma ($p = 1.3 \times 10^{-10}$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 6.3 \times 10^{-17}$) bija novērojamas būtiskas izmaiņas. Arī hlorofila fluorescences parametra Fv/Fo relatīvās izmaiņas timiāna augu lapās atkarībā no mēslojuma ($p = 1.7 \times 10^{-5}$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 1.1 \times 10^{-6}$) bija būtiski atšķirīgas, savukārt fluorescences parametra *Performance Index* būtiskas atšķirības bija tikai starp mēslojuma variantiem ($p = 2.4 \times 10^{-5}$), (23. att.).



$RS_{0.05} = 26.3$
 $RS_{0.05(\text{nedēļa})} = 9.94$
 $RS_{0.05(\text{variants})} = 7.60$



$RS_{0.05} = 20.6$
 $RS_{0.05(\text{nedēļa})} = 7.8$
 $RS_{0.05(\text{variants})} = 8.4$



$RS_{0.05} = 129$
 $RS_{0.05(\text{nedēļa})} = 49$
 $RS_{0.05(\text{variants})} = 58$

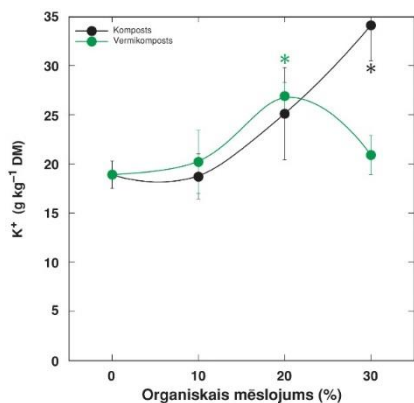
23. attēls. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un *Fv/Fo* relatīvās izmaiņas timiāna lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 23. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and *Fv/Fo* of thyme leaves depending on fertilizer form and dose.

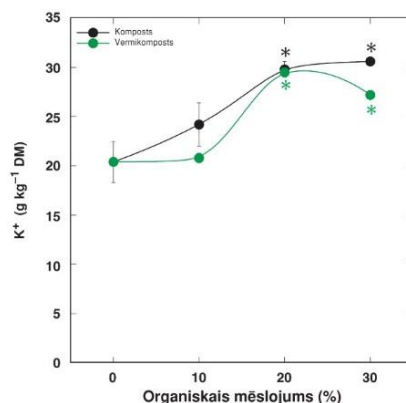
Novērtējot relatīvo hlorofila koncentrāciju timiāna lapās redzams, ka rezultāti bija ļoti svārstīgi, gan laika gaitā, gan atkarībā no pielietotā mēslojuma veida un devas; bija gan vairāki kritumi, gan kāpumi, un tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka timiāns ir puskrūms un ir atšķirīga to lapu fizioloģija, atkarībā, kur/kā veikts mērījums. Sākuma periodā labākus rezultātus uzrādīja zemākās mēslojuma devas, bet pēc ceturtās nedēļas visbiežāk labākus rezultātus varēja novērot 30% mēslošanas devas variantos.

Fluorescence sākotnēji netika mērīta, bet no turpmākajiem rezultātiem novērojams, ka fotoķīmiskā aktivitāte vislabākā bija 30% mēslojuma devas variantos un zemākā 40% variantos. Arī šeit bija novērojami gan kāpumi, gan kritumi, kas liek domāt, ka mērījumu rezultātus ietekmē auga uzbūve. Toties kopējā fotoķīmiskā veiktspēja kopumā pa nedēļām samazinājās, bet visaugstākā tā izteikti bija variantā ar 30% vermikomposta devu.

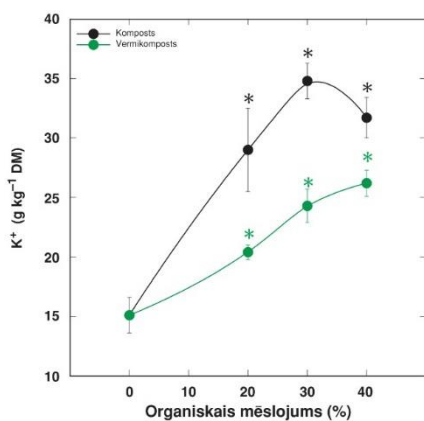
Novērtējot K jonu saturu augu lapās attiecībā pret kontroles variantu visos variantos, izņemot citronmelisai un kaķumētrai 10% mēslojuma devas variantos, bija būtiskas atšķirības (24. att.).



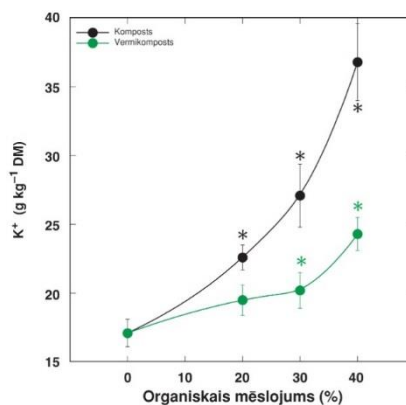
Citronmelisa



Kaķumētra



Pūķgalve



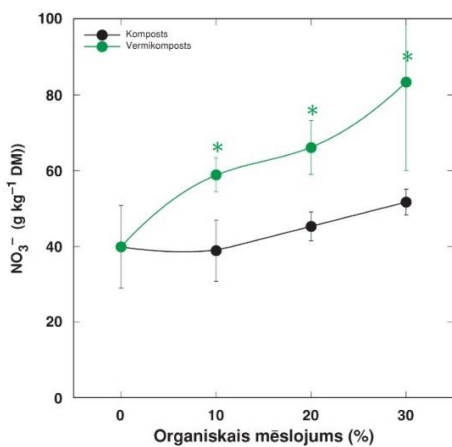
Timiāns

24. attēls. Kālija jonu koncentrācija garšaugu lapās eksperimenta beigās atkarībā mēslojuma veida un devas.

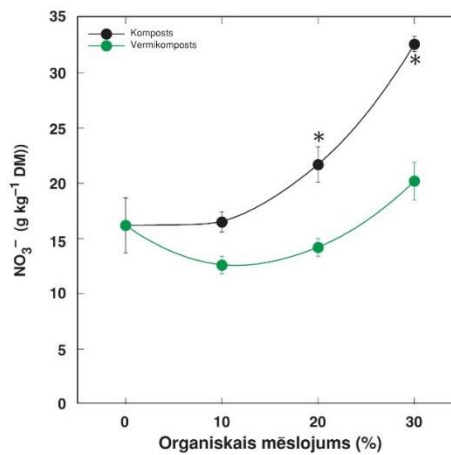
Figure 24. Potassium ion concentration of herbs leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Salīdzinot kālija jonu koncentrāciju novērojams, ka visām sugām tā variēja no 15 līdz 37 g kg⁻¹ sausas masas. Citronmelisai vermikomposta apstrādē bija lielāka koncentrācija, izņemot 30% mēslojuma variantā, pārējām trim sugām augstāka jonu koncentrācija bija komposta variantos visām mēslojuma devām. Vislielākās kālija jonu koncentrācijas atšķirības starp mēslojuma veidu bija novērojamas pūķgalves un timiāna augu lapās.

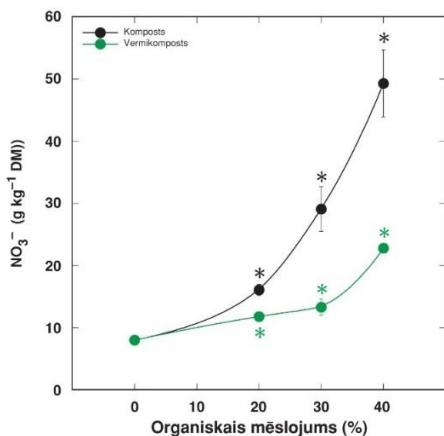
Novērtējot nitrātu jonu koncentrāciju garšaugu lapās, novērojams, ka pūķgalvei un timiānam attiecībā pret kontroles variantu visos mēslojuma variantos bija būtiski augstāka jonu koncentrācija (25. att.).



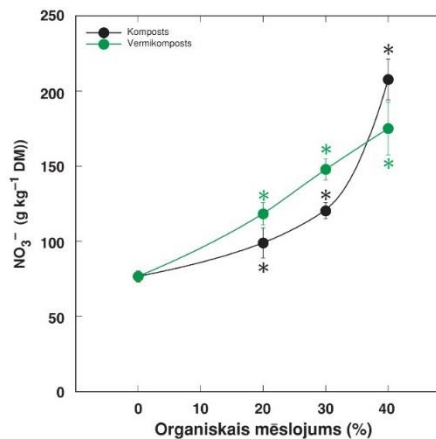
Citronmelisa



Kaķumētra



Pūķgalve



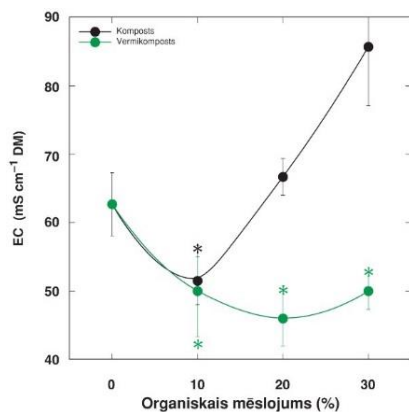
Timiāns

25. attēls. Nitrātu jonu koncentrācija garšaugu lapās eksperimenta beigās atkarībā mēslojuma veida un devas.

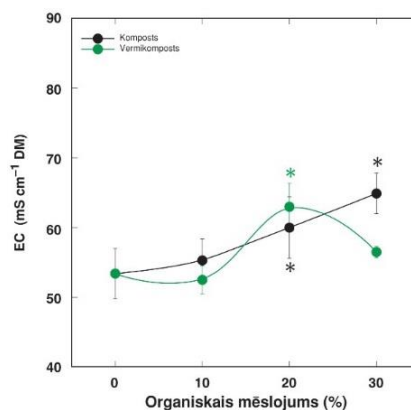
Figure 25. Nitrate ion concentration of herbs leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Salīdzinot nitrātu jonu koncentrāciju bija novērojams, ka tā variēja ļoti plašā amplitūdā, no 9 līdz 208 g kg⁻¹ sausās masas. Visaugstākā jonu koncentrācija bija timiānam, bet viszemākā kaķumētrai. Izvērtējot mēslojuma veida ietekmi, bija novērojams, ka jonu koncentrācija vairāk palielinājās vermikomposta ietekmē citronmelisas un timiāna augiem, attiecīgi kaķumētrai un pūķgalvei – komposta ietekmē. Salīdzinot mēslojuma veida un devas ietekmi visām sugām novērojams, ka palielinoties mēslojuma devai, palielinājās jonu koncentrācija.

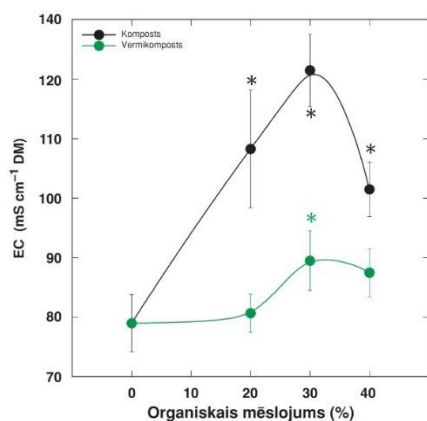
Izvērtējot lapu ūdens ekstraktu elektrovadītspēju, rezultāti rāda, ka tikai timiānam attiecībā pret kontroles variantu bija būtiskas atšķirības visos mēslojuma variantos (26. att.).



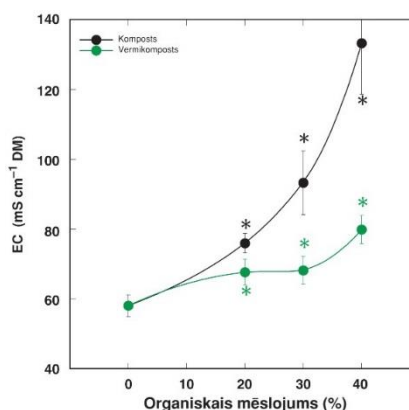
Citronmelisa



Kaķumētra



Pūķgalve



Timiāns

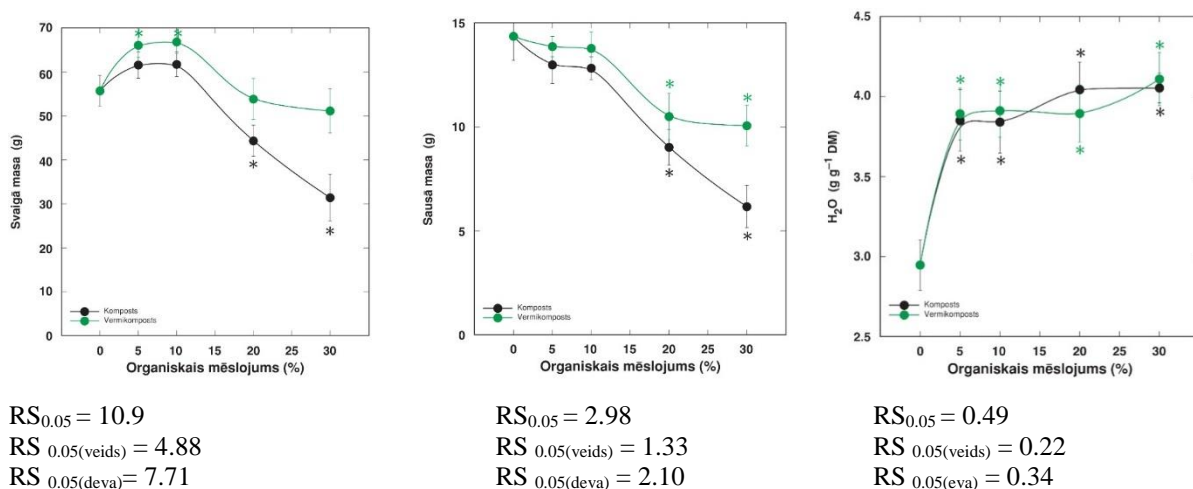
26. attēls. Lapu ūdens ekstraktu elektrovadītspēja garšaugu lapās eksperimenta beigās atkarībā mēslojuma veida un devas.

Figure 26. Water extract electrical conductivity of leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Novērojams, ka lapu ūdens ekstraktu elektrovadītspēja visām garšaugu sugām bija augstāka komposta variantā, izņemot kaķumētras 20% vermikomposta variantu, kur kopumā varēja novērot, ka tā bijusi līdzīga abos mēslojuma veidos. Pārējām sugām bija krasas atšķirības starp mēslojuma veidiem, ar tendenci, ka vermikomposta variantos elektrovadītspēja bija līdzīga kā kontroles variantā.

3.3. Intensīvajā sistēmā uz minerālvielu nodrošinājuma fona (kūdra ar minerālvielām + komposts un vermikomposts) audzēti garšaugi: majorāns (*Origanum majorana*), rozmarīns (*Rosmarinus officinalis*) un ārstniecības augs: baldriāns (*Valeriana officinalis*)

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz majorāna virszemes daļu svaigo masu, bija vērojamas būtiskas izmaiņas gan starp mēslojuma veidu ($p = 0.5 \times 10^{-2}$), gan devu ($p = 3.4 \times 10^{-9}$); attiecībā uz sauso masu, būtiska atšķirība bija novērojama tikai starp mēslojuma devām ($p = 8.5 \times 10^{-9}$), tāpat arī attiecībā uz ūdens saturu ($p = 5 \times 10^{-8}$), (27. att.).



27. attēls. Majorāna virszemes daļu svaigā un sausā masa, ūdens saturs eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 27. Fresh and dry weight, water content of marjoram stem and leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Izvērtējot iegūtos rezultātus, svaigā augu masa zemākajās 5 un 10% mēslojuma devās bija lielāka nekā kontroles variantā, bet pārējo devu variantos tā bija zemāka nekā kontrolē (28. att). Salīdzinot mēslojuma veida ietekmi, lielāka augu masa bija augiem, kas bija mēsloti ar vermikompostu. Savukārt sausā masa vislielākā bija kontroles variantā un bija novērojams tās pakāpenisks samazinājums, pieaugot mēslojuma devai; un attiecīgi ūdens saturam bija pretēja situācija.

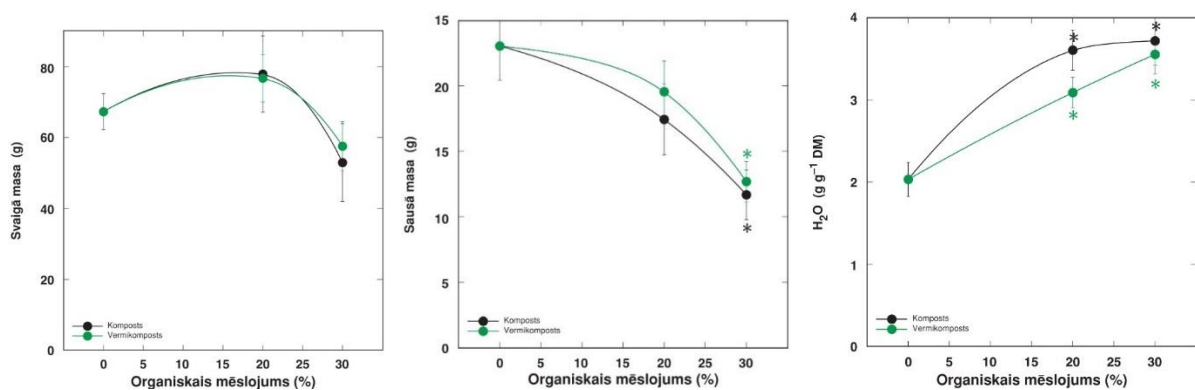


(autora foto)

28. attēls. Majorāna morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 90 dienas pēc pārstādīšanas (novākšanas laikā). No kreisās: kontrole, 5% komposta, 5% vermikomposta, 10% komposta, 10% vermikomposta, 20% komposta, 20% vermikomposta, 30% komposta, 30% vermikomposta.

Figure 28. Morphological differences on marjoram depending on organic fertilizer application 90 days after planting (harvesting time). From left: control, 5% compost, 5% vermicompost, 10% compost, 10% vermicompost, 20% compost, 20% vermicompost, 30% compost, 30% vermicompost.

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz rozmarīna virszemes daļu svaigo un sauso masu, nebija novērojamas būtiskas atšķirības ne starp mēslojuma veidu, ne devu, izņemot sausajai masai 30% mēslojuma variantos. Savukārt ūdens saturs visos variantos bija būtiski vairāk nekā kontroles variantā (29. att.).



29. attēls. Rozmarīna virszemes daļu svaigā un sausā masa, ūdens saturs eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 29. Fresh and dry weight, water content of rosemary stem and leaves depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Rezultāti parāda vienādu mēslojuma veida un devas ietekmi. Augiem 20% mēslojuma devas ietekmē parādījās pozitīvs efekts uz auga masu, bet 30% variantā tā bija zemāka nekā kontrolē (30. att). Savukārt sausā masa pakāpeniski samazinājās, palielinoties mēslojuma devām, tātad ūdens saturs attiecīgi palielinājās.



(autora foto)

30. attēls. Rozmarīna morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 141 dienu pēc pārstādīšanas (novākšanas laikā). No kreisās: kontrolē, 20% komposta, 20% vermikomposta, 30% komposta, 30% vermikomposta.

Figure 30. Morphological differences on rosemary depending on organic fertilizer application 141 days after planting (harvesting time). From left: control, 20% compost, 20% vermicompost, 30% compost, 30% vermicompost.

Salīdzinot komposta un vermikomposta mēslojuma devas ietekmi uz baldriānu virszemes daļu svaigo masu, bija vērojamas būtiskas izmaiņas gan starp mēslojuma veidu ($p = 0.2 \times 10^{-2}$), gan devām ($p = 3.8 \times 10^{-7}$), gan arī attiecībā uz sauso masu. Izvērtējot sakņu rezultātus, būtiska ietekme bija novērojama tikai attiecībā uz sauso masu, ko ietekmēja mēslojuma deva ($p = 0.02$) un ūdens saturs atšķirības bija būtiskas gan lapās, gan saknēs atkarībā no mēslojuma devas (6. tab.).

Baldriāna virszemes daļu un sakņu svaigā un sausā masa, ūdens saturs eksperimenta beigās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Table 6.

Fresh and dry weight of valerian stem and leaves, and roots depending on fertilizer form and dose in the end of experiment.

Parametrs Parameter	Mērvienība Unit	Kontrole Control	Komposts 20% Compost 20%	Vermikomposts 20% Vermicompost 20%
Dzinuma svaigā masa	g	66.4 ± 5.5	96.4 ± 8.7	140.6 ± 7.4
	%	100	145	212
Dzinuma sausā masa	g	14.3 ± 0.8	18.0 ± 1.7	23.4 ± 1.8
	%	100	126	177
Dzinuma H ₂ O saturs	g g ⁻¹	3.61 ± 0.18	4.43 ± 0.20	4.65 ± 0.25
	%	100	123	129
Saknes svaigā masa	g	98.4 ± 10.7	107.1 ± 12.1	161.0 ± 11.1
	%	100	109	164
Saknes sausā masa	g	22.9 ± 2.7	21.3 ± 3.2	27.2 ± 1.3
	%	100	93	119
Saknes H ₂ O saturs	g g ⁻¹	3.31 ± 0.13	4.09 ± 0.23	4.94 ± 0.37
	%	100	124	149

Virszemes daļu svaigā masa vermikomposta variantā bija būtiski augstāka nekā komposta variantā, bet arī tad tā bija būtiski augstāka attiecībā pret kontroles variantu ($RS_{0.05} = 20.57$). Attiecībā pret kontroli sakņu masa komposta variantā bija pa astoņiem gramiem lielāka, savukārt vermikomposta variantā tā bija būtiski augstāka ($RS_{0.05} = 42.17$), pat par 60 gramiem lielāka (31. att.).





(autora foto)

31. att. Baldriāna morfoloģiskās atšķirības organiskā mēslojuma ietekmē 134 dienas pēc pārstādīšanas (novākšanas laikā). No kreisās: kontrole, 20% komposta, 20% vermikomposta.

Figure 31. Morphological differences on valerian depending on organic fertilizer application 134 days after planting (harvesting time). From left: control, 20% compost, 20% vermicompost.

Novērtējot garšaugu substrāta elektrovadītspēju, salīdzinot mēslojuma veidus, lielākas izmaiņas bija variantos ar kompostu (7. tab.).

7. tabula

Substrāta elektrovadītspēja (mS m^{-1})

Table 7

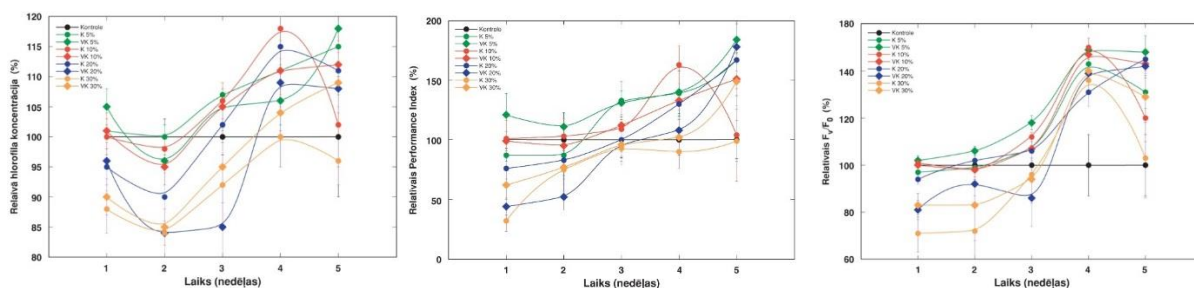
Substratum electrical conductivity (mS m^{-1})

	Pirms audzēšanas Before planting	Pēc audzēšanas After planting	Izmaiņas Difference
<i>Origanum majorana</i>			
Kontrole	255.1 ± 10.9	236.5 ± 10.6	-18.6
Komposts 5%	354.0 ± 13.9	262.0 ± 13.2	-92.0
Vermikomposts 5%	338.7 ± 8.1	278.9 ± 12.2	-59.8
Komposts 10%	372.0 ± 18.8	311.8 ± 14.6	-60.2
Vermikomposts 10%	373.1 ± 14.4	304.0 ± 11.3	-69.1
Komposts 20%	534.6 ± 28.5	424.6 ± 37.3	-110.0
Vermikomposts 20%	422.9 ± 23.4	329.7 ± 12.4	-93.2
Komposts 30%	731.5 ± 54.3	548.5 ± 31.9	-183.0
Vermikomposts 30%	480.2 ± 36.2	350.6 ± 18.5	-129.6
<i>Rosmarinus officinalis</i>			
Kontrole	319.2 ± 4.0	189.0 ± 7.8	-130.2

Komposts 20%	580.1 ± 30.8	499.6 ± 68.6	-80.5
Vermikomposts 20%	563.0 ± 18.3	321.1 ± 15.0	-241.9
Komposts 30%	989.1 ± 103.5	1492.9 ± 266.4	+503.8
Vermikomposts 30%	658.2 ± 19.2	478.5 ± 44.2	-179.7
<i>Valeriana officinalis</i>			
Kontrolē	350.4 ± 20.3	183.9 ± 18.6	-166.5
Komposts 20%	614.7 ± 34.4	290.3 ± 12.2	-324.4
Vermikomposts 20%	571.1 ± 25.1	271.0 ± 6.4	-300.1

Liela vērtību izmaiņa bija substrātā, kur audzēja baldriānu. Pārsteidzoši, ka rozmarīnam variantā ar 30% kompostu elektriskā vadītspēja eksperimenta beigās bija daudz lielāka nekā eksperimenta sākumā.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas relatīvās izmaiņas majorāna augu lapās atkarībā no mēslojuma ($p = 0.05$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 2.9 \times 10^{-7}$) bija novērojamas būtiskas izmaiņas. Arī hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas atkarībā no mēslojuma ($p = 0.6 \times 10^{-3}$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 1.4 \times 10^{-20}$) bija novērojamas būtiskas atšķirības, bet *Performance Index* būtiskas atšķirības bija tikai starp laiku, kad veikti mērījumi ($p = 4.4 \times 10^{-22}$), (32. att.).



RS_{0.05} = 23.6
 RS_{0.05(laiks)} = 7.87
 RS_{0.05(variānts)} = 10.6

RS_{0.05} = 35.1
 RS_{0.05(laiks)} = 11.7
 RS_{0.05(variānts)} = 15.7

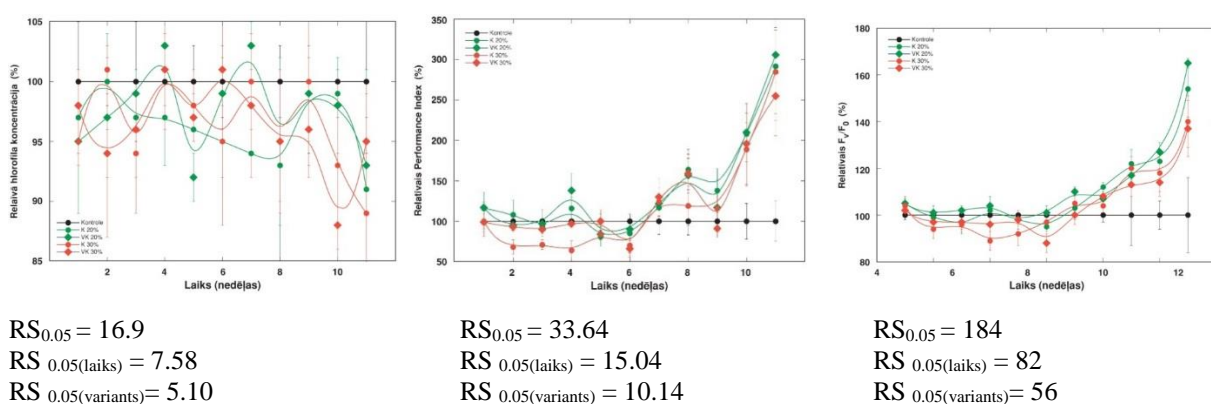
RS_{0.05} = 180
 RS_{0.05(laiks)} = 60
 RS_{0.05(variānts)} = 81

32. att. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un F_v/F_o relatīvās izmaiņas majorāna lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 32. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and F_v/F_o of marjoram leaves depending on fertilizer form and dose.

Rezultāti parādīja līdzīgas tendences gan hlorofila koncentrācijas, gan fluorescences parametru gadījumā. Principā visos variantos pirmajās mērījumu reizēs parametri bija zemāki nekā kontroles variantā, tad pāris reizes pakāpušies un pēdējā mērījumu reizē pazeminājās. Mēslojuma devas ietekme bija pakāpeniski no zemākās uz visaugstāko – ietekmējot vissliktāk.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas relatīvās izmaiņas rozmarīna augu lapās, atkarībā no mēslojuma un mērījumu veikšanas laika nebija novērojamas būtiskas atšķirības. Tomēr hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas atkarībā no mēslojuma ($p = 0.02$) un mērījumu veikšanas laika ($p = 2.5 \times 10^{-7}$) bija novērojamas būtiskas atšķirības un *Performance Index* – būtiskas atšķirības starp laikiem, kad veikti mērījumi ($p = 4.1 \times 10^{-9}$), (33.att.).



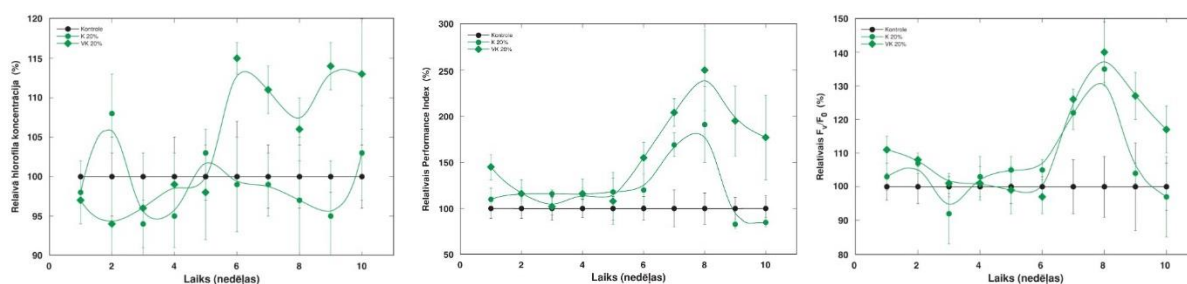
33. attēls. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un F_v/F_o relatīvās izmaiņas rozmarīna lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 33. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and F_v/F_o of rosemary leaves depending on fertilizer form and dose.

Novērtējot iegūtos hlorofila koncentrācijas rezultātus, izteikti saskatāma tendence, izņemot atsevišķus mērījumus, ka šāda mēslojuma devas pielietošana negatīvi ietekmēja hlorofila koncentrāciju. Arī fluorescences parametri pirmajās septiņās mērījumu reizēs bija principā zemāki nekā kontroles variantā, tikai pārējā periodā rezultāti diezgan strauji palielinājās, kad visticamāk kūdrā bija beigušās barības vielas, kas sekmētu labvēlīgākus fotosintētiskos procesus augā.

Izvērtējot hlorofila koncentrācijas relatīvās izmaiņas baldriānu lapās atkarībā no mēslojuma veida ($p = 0.04$) bija novērojamas būtiskas atšķirības. Toties hlorofila fluorescences parametra F_v/F_o relatīvās izmaiņas bija būtiskas gan no mēslojuma veida ($p = 0.003$), gan

mērījumu veikšanas laika ($p = 0.002$), tāpat arī *Performance Index* – mēslojuma veidam ($p = 0.03 \times 10^{-3}$), mērījumu veikšanas laikam ($p = 0.02$), (34. att.).



RS_{0.05} = 23.6
 RS_{0.05(laiks)} = 7.87
 RS_{0.05(variants)} = 10.6

RS_{0.05} = 27.7
 RS_{0.05(laiks)} = 16.0
 RS_{0.05(variants)} = 8.77

RS_{0.05} = 132
 RS_{0.05(laiks)} = 77
 RS_{0.05(variants)} = 42

34. attēls. Hlorofila koncentrācijas, hlorofila fluorescences parametra *Performance Index* un F_v/F_o relatīvās izmaiņas baldriānu lapās atkarībā no mēslojuma veida un devas.

Figure 34. Relative changes of chlorophyll concentration and chlorophyll fluorescence parameter *Performance Index* and F_v/F_o of valerian leaves depending on fertilizer form and dose.

Hlorofila koncentrācija, izņemot pāris nedēļu mērījumus vermikomposta variantā, bija augstāka nekā kontroles variantā, savukārt variantā, kur augus mēsloja ar kompostu, hlorofila koncentrācija bija zemāka. Fluorescences parametri bija diezgan līdzīgi pie abiem mēslojuma veidiem un pirmās sešas nedēļas līdzīgi kā kontroles variantā, tad pāris reizes bija lielāki un uz veģetācijas beigām straujāk samazinājās, jo īpaši komposta variantā.

DISKUSIJA

Organiskā mēslojuma ietekme uz augu augšanu un attīstību

Tiek ziņots, ka komposts un vermikomposts kā piedeva substrātam audzējot augus veģetācijas traukos, ir labvēlīgi ietekmējis dīgstu augšanu un attīstību (Aynehband, 2017; Zainul et al., in press). Vislabākā ietekme novērota, ja vermikomposts bijis relatīvi mazā proporcijā attiecībā pret kopējo substrāta tilpumu – 20% (Aynehband, 2017), kādā citā pētījumā pētīt komposta un vermikomposta ietekmi uz augu augšanu secināja, ka optimālā deva ir ne vairāk kā 25% (Morales-Corts et al., 2014). Audzējot melones vislabākos morfoloģiskos rādītājus uzrādīja eksperimenta variants, ja vermikompostu pievienoja 30% apjomā no kopējā substrāta tilpuma (Manh, Wang, 2014). Vairumā gadījumu no maģistra darba eksperimentā iekļautajām sugām var novērot līdzīgu tendenci, ka optimālākā ir mēslojuma koncentrācija 10 – 30% robežās, atkarībā no sugas. Bazilikam, rukolai un piparmētrai novērtēja tikai vermikomposta ietekmi audzējot kūdras substrātā. Bazilikam augstākā raža tika sasniegta, ja vermikomposts bija 10% no kopējā substrāta tilpuma. Augstāku mēslojuma devu ietekmē veidojās vairāk dzinumu. Rukolai un piparmētrai augstākā svaiga auga masa bija variantā, kur vermikomposts sastādīja 20% no kopējā substrāta. Rukolai, palielinoties vermikomposta koncentrācijai, stimulējās lapu veidošanās, no 14 lapām kontroles variantā līdz 24 lapām pie augstākās koncentrācijas. Arī literatūrā tiek minēts, ka vermikomposta ietekmē veidojas lielāka augu biomasa. Pētot paprikas audzēšanu uz lauka, kur vermikompostu iestrādāja augsnes virskārtā novēroja, ka vermikomposts būtiski palielināja augšanu un ražu, palielinājās lapu laukums, augu dzinumu masa un ražas kvalitāti. Labvēlīgo ietekmi veicināja vermikompostā esošās humīnskābes un augšanas hormoni (Arancon et al., 2005), tāpat arī esošie barības elementi palielina augu augšanu un attīstību, kā arī vermikompostā esošās bioloģiski aktīvās vielas veicina augu augšanu un uzlabo barības vielu uzņemšanu un mikroorganismi papildus veicina minerālvielu pieejamību un atbrīvo vermikompostā esošās bioloģiski aktīvās vielas (Grantina-Ievina et al., 2015). Pārējām eksperimentā iekļautajām sugām (citronmelisa, kaķumētra, pūķgalve, timiāns, majorāns, rozmarīns un baldriāns), kuras audzēja augsnes substrātam pievienojot, gan kompostu, gan vermikomposta novēroja, ka augstāka raža bija variantos ar vermikompostu. Rezultāti saskan ar pētījumu par pelargoniju un kliņģerīšu audzēšanu, kur lielāka ietekme uz augšanu bija vermikompostam salīdzinājumā ar kompostu, ko ietekmē tā fizikālās un ķīmiskās īpašības (Gong et al., 2018). Visbiežāk augsnēs ir zems organiskās vielas saturs, tādējādi organiskie mēslošanas līdzekļi lieliski papildina augsnes struktūru un kopējo substrāta sastāvu. Organiskais mēslojums pozitīvi ietekmēja augu augšanu un zaļās masas veidošanos. Atsevišķām sugām, piemēram, citronmelisai bija ļoti liela masas amplitūda, no 100

gramiem kontroles variantā līdz 780 gramiem 30% vermikomposta koncentrācijā, arī kaķumētrai vidēji svaiga auga masa bija no 100 līdz 500 gramiem. Arī baldriānam bija augsta raža audzējot siltumnīcas apstākļos. Novērots, ka audzējot lauka apstākļos tā augstums bija neliels un nākamajā gadā pēc pārziemošanas tiem bija ļoti blāvas, deformētas lapas (Janke, DeArmon, 2004). Atsevišķas augu sugas ir jutīgākas uz palielinātām mēslojuma devām, rozmarīns un timiāns – jo īpaši, pie lielākām mēslojuma devām augu masa pat bija zemāka nekā kontroles variantā. Tiek minēts, ka lielākas vermikomposta koncentrācijas ne vienmēr pozitīvi ietekmē turpmāko augu augšanu (Atiyeh et al., 2001), kā arī literatūrā var atrast, ka pētījumos par rozmarīnu, ka ieteicamā vermikomposta deva ir ne augstāka par 25%, ka tas ir jutīgs pret paaugstinātām sāļu koncentrācijām (Mendoza-Hernández et al., 2014; Westervelt, 2003), kā arī var būt atsevišķu elementu toksikoze (Grantina-Ievina et al., 2015). Literatūrā minēts, ka audzējot tomātus, ja substrātu pilnībā aizstāja ar vermikompostu, kā arī ja tas bija vairāk nekā 50% no substrāta kopējā tilpuma, tad vairs nebija novērojama pozitīva ietekme, bet gan negatīvs efekts uz augu augšanu. Tas būtu skaidrojams ar to, ka substrātā tādā gadījumā bija augsta šķīstošo sāļu koncentrācija, slikta porainība un aerācija, kas negatīvi ietekmē sakņu augšanu un izplatību, kā rezultātā samazinās auga augšana (Atiyeh et al., 2001). Pētījumos novērots, ka augu augšanas reakcijas bija līdzīgas, neatkarīgi no tā vai veģetācijas traukos substrātam pievienoja kompostu vai vermikompostu (Atiyeh et al., 2001). Šādu tendenci maģistra darba eksperimentā varēja novērot vien zemāku mēslojuma devu variantos, lai gan eksperimentā izmantotajam kompostam un vermikompostam bija diezgan līdzīgi ķīmisko analīžu rezultāti, tas sakristu ar citu autoru literatūrā minēto informāciju, ka tiek uzskatīts, ka komposta un vermikomposta bioloģiskās īpašības varētu radīt atšķirīgu ietekmi uz augu augšanu un to morfoloģiju (Doan et al., 2013; Morales-Corts et al., 2014), kas arī kopumā bija novērojams, ka labākie rezultāti bija vermikomposta variantos. Vermikomposta labvēlīgā ietekme tiek skaidrota ar to fizikālo īpašu atšķirību, porainībā, ūdensietilpībā, kas tika izmērīta (Gong et al., 2018).

Organiskā mēslojuma ietekme uz hlorofila daudzuma un fluorescences izmaiņām

Izvērtējot relatīvo hlorofila koncentrāciju attiecībā pret kontroles variantu vērojama dažāda ietekme gan atkarībā no mēslojuma veida, gan devas. Kopumā hlorofila koncentrācijai bija tendence samazināties uz veģetācijas beigām, kad arī augu lapas attiecīgi sāk pamazām dzeltēt tad arī samazinājās hlorofila koncentrācija. Lielai daļai eksperimentā iekļauto sugu nav kopīgas tendences, tas būtu skaidrojams visticamāk ar katras sugas morfoloģiskajām un fizioloģiskajām īpatnībām. Bija sugas, kur relatīvās izmaiņas bija ļoti dinamiskas atkarībā no mēslojuma veida un devas. Salīdzinot mēslojuma veida ietekmi, tad augstāka hlorofila koncentrācija bija vermikomposta variantos, kā arī tai bija tendence pieaugt pie palielinātām

mēslojuma devām. Pretēja situācija bija majorānam, kur tika konstatēta augstāka hlorofila koncentrācija pie zemākām mēslojuma devām, turklāt sākotnēji veģetācijas laikā tā bija zemāka nekā kontroles variantā. Rozmarīnam hlorofila koncentrācija visu veģetācijas laiku bija augstāka kontroles variantā, arī salīdzinājumā uz baldriāna komposta variantu kontrolē tā bija augstāka. Tiek minēts, ka hlorofila zudums saistīts ar vides stresa izmaiņām, ka hlorofila/karotinoīdu attiecība var kalpot par labu augu stresa rādītāju (Nettovet al., 2005). Augu reakcijas uz hlorofila koncentrāciju mēslojuma ietekmē ir bijušas dažādas, līdz ar to grūti atrast kopīgu skaidrojumu iegūtajiem rezultātiem. Ar atsevišķiem izņēmumiem, organiskais mēslojums ir pozitīvi ietekmējis hlorofila koncentrāciju. Arī citos pētījumos novērots, ka lietojot organisko mēslojumu pie lielākām devām bija augstāks hlorofila saturs (Lima et al., 2004). Pētījumā ar piparmētrām novēroja, ka augstāka pigmentu koncentrācija bija varantiem, ko apstrādāja ar vermikompostu, nekā kontroles variantā (Ayyobi et al., 2014). Šis novērojums sakrīt ar eksperimenta rezultātiem, vien pie 5% vermikomposta koncentrācijas hlorofila saturs bija zemāks nekā kontroles variantā. Arī timiānam vermikomposts sekmē hlorofila koncentrācijas paaugstināšanos (Bhat et al., 2018), taču maģistra darba eksperimentā tas neparādās, hlorofila koncentrācijas bija ļoti dinamiska visā veģetācijas laikā. Vermikomposta būtiski pozitīva ietekme uz fotosintēzes pigmentiem novērota arī pētījumos, kur audzēja turku zirņus (Bhat et al., 2018).

Novērtējot hlorofila fluorescences parametru *Performance Index* un Fv/Fo relatīvās izmaiņas visām eksperimentā iekļautajām sugām līdzīgi kā ar hlorofila koncentrāciju augu reakcija uz fluorescenci mēslojuma ietekmē ir bijusi dažāda, līdz ar to grūti atrast kopīgu skaidrojumu iegūtajiem rezultātiem. Arī šeit bija rezultāti, ka pretēji visām citām sugām, ka pie lielākām mēslojuma devām, kad pārsvarā tā palielinājās, tad majorānam vislabākā tā bija pie zemākām devām. Vairākām sugām fluorescences parametri uzsākot mērījumus bija zemāki nekā kontroles variantā. Augu morfoloģisko īpatnību dēļ nav aprēķinātas *Performance Index* vērtības rukolai, bazilikam un piparmētrai. Literatūrā tiek minēts, ka audzējot timiānu un pievienojot organisko mēslojumu tas pozitīvi ietekmēja fotosintēzi (Askary et al., 2018), līdzīgi novērojumi bijuši citā pētījumā, kur vermikomposts bija 50% no kopējā substrāta tilpuma, tad tas deva vislabāko ietekmi uz fotosintēzes efektivitāti (Bhat et al., 2018.). Savukārt maģistra darba eksperimenta rezultāti parāda, ka labākie rādītāji timiānam nebija pie augstākās mēslojuma koncentrācijas.

Organiskā mēslojuma ietekme uz jonu koncentrāciju augu lapās

Ar fotosintēzi saistīties fizioloģiskie procesi ir tieši saistīti ar slāpekļa saturu augu lapās (Koning et al., 2015). Izanalizējot eksperimentā iekļauto sugu nitrātu saturu augu lapās, tas variēja ļoti lielā amplitūdā, no 5 g kg⁻¹ sausā masā rukolai līdz 208 g kg⁻¹ timiānam. Pārreķinot

uz svaigu masu tie būtu 1 – 91 g kg⁻¹. Interesanti, ka kādā pētījumā nosakot makroelementu saturu citronmelisas un timiānu lapās nitrātu forma netika atrasta (Dzida et al, 2016). Literatūrā atrodama informācija, ka nitrātu saturs ļoti atkarīgs no sugas, pārbaudot 31 ārstniecības, aromātiskos augus nitrātu saturs variēja no 12 līdz 239 mg kg⁻¹ (Ozcan, Akbult, 2007). MK noteikumos Nr. 334 “Noteikumi par pārtikas pesārņojumu un prasībām kodīgas ķīmiskās vielas saturošas pārtikas iekapojumam un marķējumam” norādīts, ka maksimālais pieļaujamais nitrātu līmenis svaigos dārzeņos ir 2.5 – 4.5 g kg, atkarībā no audzēšanas perioda un sugas². No eksperimentā iekļautajās sugām šo normu nepārsniedz vien visi rukolas ekperimenta varianti, visi piparmētras varianti, izņemot 10% koncentrāciju, un pūķgalves kontroles variants, variants ar mēslojuma koncentrāciju 20%. Atšķirībā no pārējām sugām, bazilikam normu pārsniedza ļoti minimāli, gandrīz iekļaujoties normas robežās. Jāsecina, ka nav viennozīmīgas komposta vai vermikomposta ietekmes uz jonu akumulāciju augos. Kopumā novērojama tendence, ka palielinot mēslojuma devu pieauga nitrātu jonu saturs augu lapās, kas saskan ar citu veiktiem pētījumiem attiecībā uz tomātiem, kur izmantoja vermikompostu (Atiyeh et al., 2001).

Arī kālija jonu saturs pakāpeniski pieauga palielinot mēslojuma devu un tāpat kā attiecībā uz nitrātu jonu akumulāciju nav izteikta mēslojuma veida ietekme. Kālija jonu saturs atkarībā no sugas variēja no 15 – 37 g kg⁻¹ sausas masas. Polijā veiktos izmēģinājumos kālija jonu saturs citronmelisai bija 16, bet timiānam – 18 g kg⁻¹ sausas masas (Dzida et al, 2016). Augu fizioloģisko īpatnību dēļ, nav iegūti rezultāti majorānam, rozmarīnam un baldriānam, tas varētu būt izskaidrojams ar ēterisko eļļu un citu bioloģiski aktīvo vielu sastāvu.

Organiskā mēslojuma ietekme uz substrāta elektrovadītspēju

Substrāta elektrovadītspēja ir netiešs mērījums, kas labi korelē ar vairākām substrāta fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām. Elektrovadītspēja ir materiāla spēja veikt elektrisko strāvu (Barbosa, Overstreet). Visas barības vielas, kas ir augsnes šķīdumā tiek uzskatītas par šķīstošajiem sāļiem. Elektrovadītspēja mēra kopējos šķīstošos sāļus substrātā. Audzējot augus siltumnīcās vairumā gadījumu par substrātu, neizmanto augsni, bet speciālus substrātus. Tādā gadījumā sāļi substrātā nonāk ar mēslošanas līdzekļiem un elektrovadītspēju izmanto, lai novērtētu mēslošanas līmeni augšanas substrātā. Jo lielāka mēslojuma koncentrācija, jo lielāka substrāta elektrovadītspēja, palielinās substrāta sāļums (Atiyeh et al., 2001; Westervelt, 2003). Rukolai un bazilikam elektrovadītspēja netika mērīta. Pieaugot mēslojuma devai palielinājās substrāta elektrovadītspēja, rezultāti sakrīt ar tomātu pētījumiem, kur elektrovadītspēja palielinājās lineāri palielinoties vermikomposta devai no 5 līdz 100%, attiecīgi tā bija no 147 – 322 mS m⁻¹. Augiem, ko audzēja kūdras substrātā bija augstāka elektrovadītspēja nekā tiem,

² https://likumi.lv/doc.php?id=87678&version_date=29.04.2004#piel3&pd=1

kas auga bioloģiskā augsnē, kā arī varēja novērot tendenci, ka augsnē audzētajiem augiem substrāta elektrovadītspējas izmaiņas no eksperimentā sākuma līdz beigām, bija lielākas variantos ar kompostu un attiecīgi audzējot kūdrā, lielākās izmaiņas konstatētas variantos ar vermikompostu. Eksperimenta laikā elektrovadītspēja samazinājās visos variantos, izņemot rozmarīnam 30% vermikomposta mēslojuma variantā, tas iespējams būtu skaidrojams ar sugas sakņu īpatnībām.

Kopumā pēc iegūtajiem rezultātiem uz augu augšanas un fizioloģiskajiem rādītājiem var teikt, ka gan komposta, gan vermikomposta lietošana ir laba alternatīva, lai bagātinātu izvēlēto audzēšanas substrātu un sasniegtu augstāku un kvalitatīvāku ražu. Optimālākā mēslojuma deva būtu 10 – 30% robežās, kas arī saskan ar iepriekš citu pētījumu rezultātu aprakstīto, ka lielākas mēslojuma devas vairumā gadījumu sniedz negatīvu ietekmi. Galvenā problēma ar ko nākas saskarties, ka lielākajā daļā garšaugu ir augsts nitrātu saturs. Pēc morfoloģijas un bioloģijas dārzeni, garšaugi ātrāk uzkrāj nitrātus, nekā, piemēram, augļi un ogas. Līdz ar to nodrošinot ar papildus mēslojumu, nitrātu daudzums attiecīgi pieaug. Eksperimentā jonu analīzes veica eksperimenta beigās. Vairums garšaugu ir pielāgoti tam, ka tos var izmantot pakāpeniski, ik pa laikam tos apgriežot, lai vecākie dzinumi/lapas netērē barības vielas un augtu arvien vairāk jauno dzinumu, iespējams, ka īsākā laika periodā augos nespēj akumulēt tik daudz nitrātu jonu un tādēļ jāizmanto jaunās augu lapas. Pētot apelsīnu mēslošanu ar ķīmiskajiem mēslošanas līdzekļiem, vairāk nitrātu uzkrājās vecajās augu lapās, kā arī to daudzums variēja veģetācijas periodā (Lominadze, Nakashidze, 2016).

SECINĀJUMI

1. Garšaugu virszemes daļu masa bija būtiski augstāka nekā kontroles variantā, ja augu mēslošanai izmantoja gan kompostu, gan vermikompostu. Augu virszemes masa pieauga palielinoties mēslojuma devai. Rozmarīns un timiāns bija jutīgi pret palielinātām mēslojuma devām, iegūstot zemāku virszemes masu salīdzinājumā ar kontroles variantu.
2. Vermikomposta variantos augu virszemes masa bija lielāka nekā komposta variantos. Optimālā mēslojuma deva ar organiskajiem mēslošanas līdzekļiem ir 10 – 30 %, atkarībā no sugas. Organiskā mēslojuma pielietošana veicināja lapu, dzinumu skaita pieaugumu
3. Hlorofila koncentrācija un fluorescences parametru *Performance Index* un Fv/Fo rādītāji veģetācijas laikā variēja atkarībā no sugas, mēslojuma veida un devas un to noteikšana deva iespēju paredzēt augu fizioloģisko reakciju uz mēslojumu.
4. Jonu koncentrācija augu audos lineāri pieauga palielinoties mēslojuma devai. Nitrātu jonu koncentrācija bija ļoti atkarīga no augu sugas, vairumā gadījumu visos pētāmajos variantos nitrātu saturs bija augstāks nekā normatīvos pieļaujamā maksimālā norma. Zemākā nitrātu jonu koncentrācija bija rukolai, bet augstākā – timiānam.

PATEICĪBAS

Izsaku lielu pateicību darba vadītājam Dr. habil. biol., prof. Ģedertam Ieviņam par atbalstu eksperimentu plānošanā un ierīkošanā, datu apstrādē un interpretācijā, darba manuskripta caurskatīšanā.

Pateicība LU Bioloģijas fakultātes, Augu fizioloģijas katedras personālam, sevišķi Dr. biol. Unai Andersonei par palīdzību eksperimentu sagatavošanā, ierīkošanā un kopšanā.

Paldies Jānim Freibergam (SIA "EkoZeme") par izmantoto substrātu dāvinājumu un Andim Karlsonam un Anitai Osvaldei (LU Bioloģijas institūts) par substrātu analīzēm.

Pateicība Smiltenes vidusskolas skolniecēm Elīzai Būdai un Anželai Halilovai par mērījumu veikšanu.

LITERATŪRA

1. Ansari R.A., Mahmood I. 2017. Optimization of organic and bio-organic fertilizers on soil properties and growth of pigeon pea. *Scientia Horticulturae*, 226: 1 – 9.
2. Arancon N.Q., Edwards C.A., Babenko A., Cannon J., Galvis P., Metzger J.D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology*, 39: 91 – 99.
3. Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Metzger J.D., Lucht C. 2005. Effect of vermicomposts, produced from cattle manure, food waste and paper waste, on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49: 297 – 306.
4. Ashrafi S.J., Saremi H. 2012. Cultivation of rosemary as a ornamental-medicinal plant and managing its root rot disease in northeast of India. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(47): 5789 – 5796.
5. Askary M., Behdani M.A., Parsa S., Mahmoodi S., Jamialahmadi M. 2018. Water stress and manure application affect the quantity and quality of essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops*, 111: 336 – 344.
6. Atiyeh R.M., Edwards C.A., Subler S., Metzger J.D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physiochemical properties and plant growth. *Bioscience Technology*, 78: 11 – 20.
7. Augu fizioloģija. Funkcijas un mijiedarbība ar vidi. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 608 lpp.
8. Ayneband A., Gorooe A., Moezzi A.A. 2017. Vermicompost: an eco-friendly technology for crop residue management in organic agriculture. *Energy Procedia*, 141: 667 – 671.
9. Ayyobi H., Peyvast G., Olfati J. (2013) Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 58(1): 51 – 60.
10. Banjaw D.T., Wolde T.G., Gebre A., Mengesha B. 2016. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) variety verification trial at Wondogenet, South Ethiopia. *Medicinal and Aromatic Plants*, 5(5): 1 – 3.
11. Barbosa R.N., Overstreet C. What is soil electrical conductivity? Pieejams: related:www.lsuagcenter.com/nr/ronlyres/e57e82a0-3b99-4dee-99b5cf2ad7c43aef/77101/pub3185whatissoilelectricalconductivityhighres.pdf soil electrical conductivity

12. Barlass N.T., Irget M.E., Tepecik M. 2011. Mineral content of the rocket plant (*Eruca sativa*). African Journal of Biotechnology, 10(64): 14080 – 14882.
13. Bhat S.A., Singh S., Singh J., Kumarc S., Bhawana, Viga A.P. 2018. Bioremediation and detoxification of industrial wastes by earthworms: Vermicompost as powerful crop nutrient in sustainable agriculture. Bioresource Technology, 252: 172 – 179.
14. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., Piccolo A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants n horticulture. Scientia Horticulturae, 196: 15 – 27.
15. Cepurīte, B. 2006. Latvijas vaskulāro augu flora 8: Lūpziežu dzimta (*Labiatae*). Atb. red. V. Šulcs. Rīga: Latvijas Universitāte, 122 lpp.
16. Dārzenkopība I. Lauku dārzenkopība. 1961 Sast.J. Vēveris. Rīga: Latvijas Valsts izdevniecība x p.
17. Dārzkopības enciklopēdija: praktiski padomi par dekoratīvo augu, augļu koku, krūmu un dārzeņu audzēšanu un dārza tehniku. Galvenais redaktors K. Brikels. Rīga: Zvaigzne ABC, 648 lpp.
18. Doan T.T., Ngo P.T., Rumpel C., Nguyen B.V. 2013. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. Scientia Horticulturae, 160: 148 – 154.
19. Duda S., Marghitas L., Dezmirean D., Bobis O., Duda M. 2014. *Nepeta cataria* – medicinal plant of interest in phytotherapy and beekeeping. Hop and Medicinal Plants, 1-2: 34 – 38.
20. Duda S.C., Marghitas L.A., Dezmirean D., Duda M., Margaoan R., Bobis O. 2015. Changes in major bioactive compounds with antioxidant activity of *Agastache foeniculum*, *Lavandula angustifolia*, *Melissa officinalis* and *Nepeta cataria*: Effect of harvest time and plant species. Industrial Crops and Products, 77: 499 – 507.
21. Dzida K., Zavislak G., Karczmarz K. 2016. Yields and biological value of three herbal species from the lamiaceae family. Journal of Elementology. 20(2):275 – 285.
22. El-Haad M.E., Zayed M.S., El-Sayed G.A.M., Hassanein M.K., Abd El-Satar A.M. 2014. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produce from rice straw as affected by aditional of different supplements. Annals of Agrcultural Science, 59(2): 243 – 251.
23. Embuscado M.E. 2015. Spices and herbs: natural source of antoxidants – a min review. Journal of functonal food. 18: 811 – 819.

24. Gailīte M. 2015. Neparasti dārzeni: svešādi kāpostaugi; tomātu radinieki; daudzveidīgi lapu dārzeni; piemirsti sakņaugi; citādi zirņi un pupas; eksotiski ķirbjaugi. Rīga: Lauku Avīze, 64 lpp.
25. Garšaugi (1978). M.Baumane, K.Dzērve, T.Klovāne, J.Lainis, M.Pētersone. Rīga: Zvaigzne, 207. lpp.
26. Gong X., Li S., Sun X., Wang L., Cai L., Zhang J., Wei L. 2018. Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). *Scientia Horticulturae*, 236: 186 – 191.
27. Grantina-Ievina L., Nikolajeva V., Rostoks N., Skrabule I., Zarina L., Pogulis A., Ievinsh G. 2015 Impact of green manure and vermicompost on soil suppressiveness, soil microbial populations and plant growth in conditions of organic agriculture of Northern temperate climate. In: Meghvansi M.K., Varma A. (eds) *Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management*. Springer International Publishing Switzerland, 381–399.
28. Groms J., Hannernane A. 1971. Savvaļas ārstniecības augi. Rīga: Zvaigzne, 140 lpp.
29. Janke R., DeArmond J. 2004. A grower's guide valerian (*Valeriana officinallis*). Kaunas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 4 pp.
30. Koning L.A., Veste M., Freese D., Lebzien S. 2015. Effects of nitrogen and phosphate fertilization on leaf nutrient content, photosynthesis, and growth of the novel bioenergy crop *Fallopia sachalinensis* cv. 'Igniscum Candy'. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 88: 22 – 28.
31. Krol B., Kieltyka-Dadasiewicz A. 2015. Yield and herb quality of thyme (*Thymus vulgaris* L.) depending on harvest time. *Turkish Journal of field crops*, 20(1): 78 – 84.
32. Lima J.S., Queiroz. J.E.G., Freitas H.B. 2004. Effect of selected and non-selected urban waste compost on the initial rowth of corn. *Resources, Conservation and Recycling*, 42: 309 – 315.
33. Lominadze S., Nakashize N. 2016. The influence of nitrogen fertilizers on nitrate accumulation in leaves of orange Washington Navel. *Annals of Agrarian Science*, 14: 233 – 236.
34. Manh H., Wang C. 2014. Vermicompost as an Important Component in Substrate: Effects on Seedling Quality and Growth of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). *APCBEE Procedia*, 8: 32 – 40.

35. Massaa D., Malorgiob F., Lazzereschia S., Carmassib G., Prisaa D., Burchia G. 2018. Evaluation of two green composts for peat substitution in geranium (*Pelargonium zonale* L.) cultivation: Effect on plant growth, quality, nutrition, and photosynthesis. *Scientia Horticulturae*, 228: 213 – 221.
36. Mauriņa H. 1987. Augu fizioloģija. 2.pārstrādātais un papildinātais izdevums. Rīga: Zvaigzne, 358 lpp.
37. Maxwell K., Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345): 659 – 668.
38. Mendoza-Hernández D., Fornes F., Belda R.M. (2014) Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. *Scientia Horticulturae*, 198: 192 – 202.
39. Misra A. N., Misra M., Singh R. 2012. Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology, Biophysics. Available from:<http://www.intechopen.com/books/biophysics/chlorophyll-fluorescence-in-plant-biology>.
40. Mondal T., Datta J.K., Mondal N. 2017. Chemical fertilizer in conjucton with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and biochemical traits of mustard crop. *Journal of Saudi Socey of Agricultural Sciences*, 16: 135 – 144.
41. Moradkhani H., Sargsyan E., Bibak H., Naseri B., Saat-Hosseini M., Fayazi-Barjin A., Meftahizade H. 2010. *Melissa officinalis* L., a valuable medicine plant: a review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(25): 2753 – 2759.
42. Morales-Corts M.R., Gomez-Sanchez M.A., Perez-Sanchez R. 2014. Evaluation of green/pruning wastes compost and vermicompost, slungum compost and their mixes as growing media for horticultural production. *Scientia Horticulturae*, 172: 155 – 160.
43. Murchie E.H., Lawson T. 2013. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of Experimental Botany*, 64(13): 3983 – 3998.
44. Najjari F., Ghasemi S. 2018. Changes in chemical properties of sawdust and blood powder mixture during vermicomposting and the effects on the growth and chemical composition of cucumber. *Scientia Horticulturae*, 232: 250 – 255.
45. Netto A.T., Campostrini E., Oliveira J.G., Bressan-Smith R.E. 2015.
46. Ozcan M.M., Akbulut M. 2007. Estimation of minerals, nitrate and nitrite contents of medicinal and aromatic plants used as spices, condiments and herbal tea. *Food Chemistry*, 106: 852 – 858.

47. Pilerood S.A., Prakash J. 2003. Nutritional and medicinal properties of valerian (*Valeriana Officinalis*) herb: a review. International Journal of Food, Nutrition and Dietics, 1(1): 25 – 32. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. Scientia Horticulturae, 104: 199 – 209.
48. Pogulis A. 2014. Vermikomposta lietošanas efektivitāte kartupeļiem. **No:** Zinātniski praktiskā konference „Līdzsvarota Lauksaimniecība”, 222. – 226. lpp.
49. Rossini-Oliva S., Mngorance M.D., Pena A. 2017. Effect of two different composts on soil quality and on the growth of various plant species in a polymetallic acidic mine soil. Chemosphere, 168: 183 – 190.
50. Rubine H., Ozola S., Eniņa V. 1974. Ārstniecības augu sagatavošana un lietošana. Rīga: Zvaigzne, 381 lpp.
51. Sanchez O.J., Ospina D.A., Montoya S. 2017. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. Waste Managment, 69: 136 – 153.
52. Sherman R. (2003). Raising earthworms successfully. North Carolina State Unversty. 26 pp.
53. Sinha K.R., Sunil H., Dalsukhbhai D, Krunalkumar C.A 2009. Earthworms vermicompost: a powerful crop nutrient over the conventional compost & protective soil conditioner against the destructive chemical fertilizers for food safety and security. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 5(5): 14 – 22.
54. Sinha R.K., Hahn G., Singh R.K., Suhane R.K., Anthonyreddy A. 2011. Organic farming by vermiculture: production safe, nutritive and protective foods by earthworms (Charles Darwin's friends of farmers). American Journal of Experimental Agriculture, 1(4): 363 – 399.
55. Sinha R.K., Soni B.K., Agarwal S., Shanar B., Hahn G. 2013. Vermiculture for organic horticulture: producing chemical-free, nutritive & health protective foods by earthworms. Agricultural Science, Vol.1, Issue 1, pp 17 – 44
56. Treadwell D.D, Hochmuth R.C., Hochmuth G.J., Simonne E.H, Olczyk T., Migliaccio K.W., Li Y.C., Sprenkel R.K., Osborne L.S. 2008. Selecting and Monitoring Fertility Regimes in Organic Greenhouse Basil. Vegetaran Newsleter. 531: 1-9.
57. Tripoi P., Francese G., Mennella G. 2017. Rocket salad: crop description, bioactive compounds and breeding perspectives. Advances in Horticultural Science, 31(2): 107 – 113.
58. Vandecasteele B., Debode J., Willekens K., Delm T. 2018. Recycling of P and K in circular horticulture through compost application in sustainable growing media for fertigated strawberry cultivation. European Journal of Agronomy, 96: 131 – 145.

59. Varga F., Carovič-Stanko K., Ristič M., Grdiša M., Liber Z. 2017. Morphological and biochemical intraspecific characterization of *Ocimum basilicum* L. *Industrial Crops and Products*, 109: 611 – 618.
60. Vasudeva P., Vasudeva N. 2015. *Origanum majorana* L.-phyto-pharmacological review. *Journal of Natural Products and Resources*, 6(4): 261 – 267.
61. Westervelt P.M. 2003. Greenhouse production of *Rosmarinus Officinallis* L. Master thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, 59 pp.
62. Yang L., Zhao F., Chang Q., Li T., Li F. 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*, 160: 98 – 105.
63. Zainul A., Koyro H.W., Huchzermeyer B., Gul B., Khan M.A. (in press) Impact of biochar or a compost-biochar mxture on water relaton, nutrient uptake and photosynthesis of *Phragmites karka*. *Pedosphere*.
64. Zuo Y., Zhang J., Zhao R., Dai H., Zhang Z., 2018. Application of vermicompost improves strawberry growth and quality through increased photosynthesis rate, free radical scavenging and soil enzymatic activity. *Scientia Horticulturae* 233: 132–140.
65. Žukauska I. 1997. Garšaugu avīze. Lauku Avīzes tematiskā avīze. Rīga: Lauku Avīze, 47 lpp.

Maģistra darbs “Organiskā mēslojuma līdzekļu ietekme uz lapu dārzeņu un garšaugu fizioloģiju, augšanu un kvalitātes rādītājiem kontrolētos apstākļos” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Solvita Zeipiņa

24.05.2018

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Dr.habil. biol., prof. Ģederts Ieviņš

24.05.2018

Recenzents:

docente, Dr. biol. Māra Vikmane

Darbs iesniegts Bioloģijas fakultātē

Lietvede:

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījumu komisijas sēdē

31.05.2018., prot. Nr. _____, vērtējums _____

Komisijas sekretāre: