

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Eiropas Savienības Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.–2020.gadam pasākuma „Sadarbība” 16.1. apakšpasākums „Atbalsts Eiropas Inovāciju partnerības lauksaimniecības ražīguma un ilgtspējas darba grupu projekta īstenošanai”

Projekta Nr: 18-00-A01612-000017

Optimālu augšanas apstākļu noteikšana dārzeņiem, izmantojot hidroponikas audzēšanas metodi ar mākslīgo un dabīgo apgaismojumu

Atskaite – kopsavilkums

Informācijas sagatavotājs

Vadošais partneris Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts

Anita Osvalde



**LATVIJAS
UNIVERSITĀTE**



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte



Projekta koordinators un tā kontaktinformācija

Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts

Vadošā pētniece, Dr. biol. Anita Osvalde

Tālrunis: +371 26167529

E-pasts: anita.osvalde@inbox.lv

Adrese: Ojāra Vācieša iela 4, Rīga, LV – 1004

Sadarbības partneri un to kontaktinformācija

SIA “Getliņi EKO”

Galvenais agronomis Guntars Strauts

Tālrunis: +371 26694183, guntars.strauts@getlini.lv

Kaudzīšu iela 57, Rumbula, Stopiņu novads, LV-2121

z/s Kliģēni

Aleksandrs Raubiško

Tālrunis: +371 29110962, info@darznieks.lv;

Ingrīda Pučka,

Tālrunis: +371 26340116, info@darznieks.lv

Ābolu iela 12, Cēsis, LV-4101

Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, Augu Aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”

Pētnieks, Mg. sc. env. Jānis Jaško

Tālrunis: +371 25726602, janis.jasko@llu.lv

Paula Lejiņa iela 2, Jelgava, LV-3001

Projekta īstenošanas periods

01.09.2019.-31.08.2021.

Kopējās projekta izmaksas

475 035.86 EUR

Projekta pamatjēdziens

Izpētīt un noteikt optimālus augšanas apstākļus segtajās platībās - siltumnīcās izmantojot hidroponikas audzēšanas metodi ar mākslīgo un dabīgo apgaismojumu audzētu tomātu un gurķu šķirnēm.

Projekts tika realizēts ar mērķi izpētīt un noteikt optimālus augšanas apstākļus segtajās platībās – siltumnīcās, izmantojot hidroponikas audzēšanas metodi ar mākslīgo un dabīgo apgaismojumu audzētu tomātu un gurķu šķirnēm.

Optimāli augšanas apstākļi sadarbības partneru siltumnīcās tika noteikti caur divām prizām: 1) minerālā barošanās un 2) augu aizsardzība.

Projekta darbības

Projekta realizācijā piedalījās 4 partneri: Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts; LLU Augu Aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”; SIA “Getliņi EKO” un z/s “Kliģēni”, kuri ciešā sadarbībā īstenoja Projektā paredzētās galvenās aktivitātes:

1. Pētījumi par minerālās barošanās lomu tomātu un gurķu kvalitātes uzlabošanā, meklējot risinājumus augļu defektu novēršanā, regulējot augu apgādi ar barības elementiem. Projekta ietvaros tika veikta tomātu un gurķu minerālās barošanās stāvokļa izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcās ar mākslīgo un dabīgo apgaismojumu, nedestruktīvu augu fizioloģisko rādītāju analīze, barības šķīduma ķīmiskā sastāva rezultātu apkopošana un izvērtēšana, pasākumu izstrāde tomātu un gurķu minerālās barošanās apstākļu optimizēšanai (LU Bioloģijas institūts).
2. Slimību un kaitēkļu identifikācija, kompleksus risinājumu izstrāde to efektīvai ierobežošanai. Projektā tika veikts kaitēkļu monitorings un derīgo kukaiņu aktivitātes izpēte, slimību ierosinātāju identifikācija un perspektīvo augu aizsardzības līdzekļu efektivitātes pētījumi, kā arī rekomendāciju izstrāde augu aizsardzības pasākumu veikšanai (Augu Aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”).
3. Ražošanas/pētījumu platformas nodrošināšana plānoto darbību realizācijai siltumnīcās. Tika veikts nepārtraukts monitorings par visiem procesiem siltumnīcā, ražas un nestandarta produkcijas uzskaitē, izstrādāto rekomendāciju īstenošana (SIA Getliņi EKO, z/s Kliģēni).
4. Projekta publicitātes pasākumu īstenošana plašsaziņas līdzekļos, dalība zinātniskās konferencēs, zinātnisko publikāciju sagatavošana (visi projekta partneri).

Saturs

Projekta darbības un sasniedzamais mērķis	3
Projekta pamatojums	5
I. Pētījumi augu minerālās barošanās jomā	6
1. Tomātu minerālās barošanās stāvokļa un optimizācijas izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcā ar mākslīgo apgaismojumu	6
2. Eksperimenta rezultāti par papildus Ca saturošu vai to uzņemšanu veicinošu preparātu smidzinājumiem uz tomātu (Beorange) augļiem	24
3. Gurķu minerālās barošanās stāvokļa izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcā ar mākslīgo apgaismojumu	29
4. Tomātu minerālās barošanās stāvokļa un optimizācijas izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcā ar dabīgo apgaismojumu.	52
II. Pētījumi augu aizsardzības jomā	75
1. Kaitēkļu monitorings un derīgo kukaiņu aktivitātes pētījums	75
2. Slimību monitorings un ierobežošanas paņēmieni efektivitātes pētījums	108
Projekta publicitātes pasākumu īstenošana plašsaziņas līdzekļos	125
Dalība zinātniskās konferencēs, sagatavotie un publicētie zinātniskie raksti par projekta rezultātiem	127
Secinājumi un nākotnes perspektīva	128
Paplašināsi secinājumi un ieteikumi atbilstoši projekta īstenošanas virzieniem	129

Projekta pamatojums

Tomātu un gurķu audzēšanu ar hidroponikas metodi plaši izmanto visā pasaulē. Kā vadošie audzētāji minami Nīderlande, Kanāda un ASV. Strauji attīstās arī ražotāji Polijā. Tehnoloģija balstās uz akmens vates vai cita veida substrāta izmantošanu siltumnīcās ar automātiski vadāmu klimatu un augu laistīšanu/barošanu. Pārsvārā tiek audzētas sarkano ķekaru tomātu šķirnes un dažādas garo un īso gurķu šķirnes. Lielaugļu tomātu patēriņa tirgus daļa pasaulē ir ~25%. Latvijā šī tirgus daļa ir augstāka, jo vēsturiski patērētājs izvēlas augļus ar svaru virs 160 g, kā arī optimāla pārdošanas cenas/patērētāju uztveres un audzēšanas izmaksu attiecība ir tieši lielaugļu tomātu šķirnēm. Ļoti populāri kļūst arī ķiršu un plūmju tomāti, kā arī oranžas/dzeltenas un rozā krāsas tomāti. Lai arī lielaugļu tomāti raksturojas ar ļoti labām garšas īpašībām, to audzēšana ir komplicētāka, un nestandarta produkcijas lielums sasniedz pat vairāk kā 15%. Kopumā lielaugļu šķirņu tomātiem ir raksturīgi fizioloģisko traucējumu izraisītie defekti: “Catface” – augļu plaisāšana, kā rezultātā veidoja izkropļots auglis, un augļa galotnes puve (BER), kas saistīta ar Ca uzņemšanas traucējumiem un nelabvēlīgiem klimatiskajiem apstākļiem, galvenokārt mākslīgā apgaismojuma apstākļos. Tāds defekts kā augļu nevienmērīgs krāsojums vairāk raksturīgs tomātus audzējot dabiskā apgaismojuma apstākļos.

Kaut gan visā pasaulē tiek veikti intensīvi pētījumi, līdz šim nav atrasti skaidri risinājumi kā samazināt augļu defektācijas, tajā pašā laikā nodrošinot nepieciešamo ražību. Tehnoloģiju izstrāde augstas kvalitātes tomātu audzēšanai ir komplicēta arī tā iemesla dēļ, ka barības elementu uzņemšanu būtiski ietekmē gan mikroklimata un vides stresa apstākļi, gan tomātu šķirņu īpatnības, ģenētiskie aspekti. Joprojām notiek dažādi pētījumi par optimālu audzēšanas apstākļu izpēti gurķiem LED apgaismojumā, kas novērstu ražas zudumus augļu nobiršanas dēļ.

Būtiska problēma, ar ko saskaras audzētāji segtajās platībās Latvijā, ir neskaidrs augu aizsardzības līdzekļu (galvenokārt bioloģisko) izmantošanas biežums un daudzums. Tomātu ražas kvantitātes un kvalitātes samazināšanos var izraisīt gan sēņu ierosinātas slimības, gan kaitēkļu, galvenokārt siltumnīcu baltblusīgas izplatība. Siltumnīcu baltblusīgas populācijas ierobežošana siltumnīcās ir komplicēta, jo Latvijā ir zems reģistrēto insekticīdu klāsts, kurus var izmantot segtajās platībās tomātu kaitēkļu ierobežošanai. Kā viena no salīdzinoši efektīvām metodēm siltumnīcu baltblusīgas ierobežošanai šobrīd tiek ieteikta to dabisko ienaidnieku – plēsīgo mīkstblakšu (*Macrolophus pygmaeus*) - mākslīga ieviešana segtajās platībās. Tomēr atsevišķos gadījumos plēsīgās mīkstblaktis var būt postīgas kultūraugiem, īpaši tomātiem un gurķiem. Pētījumi augu aizsardzības jomā ir ļoti aktuāli, jo audzētājiem Latvijā nepieciešams vairāk informācijas par optimālu un efektīvu augu aizsardzības līdzekļu pielietošanas apjomu, it sevišķi audzējot produkciju ziemas mēnešos.

Tādējādi projekta īstenošana palīdzēs risināt vietējo dārzeņu audzētāju galveno problēmu segtajās platībās - uzlabot konkurētspēju tirgū. Tā kā izaudzēt dārzeņus siltumnīcās Latvijā klimatisko apstākļu dēļ ir salīdzinoši dārgāk nekā vairāk uz dienvidiem esošajās valstīs, ļoti svarīgi rast risinājumus audzēšanas pašizmaksas samazināšanai: samazinot defektīvo dārzeņu augļu īpatsvaru un samazinot/optimizējot augu aizsardzības līdzekļu pielietošanas izmaksas.

I. Pētījumi augu minerālās barošanās jomā

1. Tomātu minerālās barošanās stāvokļa un optimizācijas izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcā ar mākslīgo apgaismojumu

Optimālu augšanas apstākļu izpēte tomātiem, izmantojot hidroponikas audzēšanas metodi mākslīgā apgaismojuma apstākļos, tika veikta SIA Getliņi EKO siltumnīcās.

Garšas īpašību, uzturvērtības un arī ekonomiskā izdevīguma dēļ tomāti (*Solanum lycopersicum* L.) ir vieni no visplašāk audzētajiem un patērētajiem dārzeņiem. Lai gan tomātu audzēšana kontrolētos apstākļos hidroponikā (bez augsnes) tiek plaši izmantota visā pasaulē, vadošie audzētāji ir Eiropā, kur tiek saražota gandrīz puse no kopējās tomātu produkcijas, izaudzētas ar hidroponikas metodi (Shahbandeh, 2018). Kopumā visvairāk tiek izmantots akmens vates substrāts, kā galvenās priekšrocības minot tā stabilo struktūru, vieglumu, inertumu, augstu ūdens kapacitāti un porainību. Šo īpašību kopums nodrošina pietiekami labu gaisa un ūdens režīmu augu saknēm. Lai iegūtu augstu un kvalitatīvu ražu, nepieciešams vairāku faktoru kopums, kurā reizē ar mikroklimata, augu aizsardzības, apputeksnēšanās nodrošināšanu, svarīgi ir arī optimāli minerālās barošanās apstākļi.

SIA Getliņi EKO siltumnīcās tiek audzētas vairākas atšķirīgas tomātu šķirnes, tomēr patērētāji īpaši iecienījuši lielaugļu dzelteno oranžo “Beorange”. Neskatoties uz lieliskajām garšas īpašībām, šīs šķirnes tomātiem ir raksturīgi fizioloģisko traucējumu izraisītie defekti, galvenokārt augļa galotnes puve (BER), kas ir būtisks lielaugļu tomātu ražas un tās kvalitātes ierobežojošs faktors. Šī defekta veidošanās saistīta ar Ca uzņemšanas traucējumiem, galvenokārt mākslīgā apgaismojuma apstākļos.

Tāpēc šīs pētījuma sadaļas mērķis bija izpētīt barības elementu uzkrāšanās dinamiku un minerālās barošanās nodrošinājuma līmeni dažāda vecuma tomātu lapās trim šķirnēm ar dažāda lieluma augļiem, lai atklātu potenciālu barības elementu nelīdzsvarotību, to ietekmi uz tomātu ražu un kvalitāti, kā arī šķirņu atšķirības. Tomāti audzēti intensīvos siltumnīcas ražošanas apstākļos ar mākslīgo apgaismojumu, izmantojot akmens vates substrātu kā augšanas vidi.

Materiāls un metodes

2019.-2020. g. audzēšanas sezonā pētījums realizēts SIA Getliņi EKO augsti tehnoloģiskā tomātu audzēšanai piemērotā siltumnīcā, kā substrātu izmantojot akmens vati Grodan GT Master NG2.0 ar horizontālu šķiedru struktūru. 2020.-2021.g. substrāts tika mainīts, tomāti audzēti akmens vates substrātā Grodan Prestige NG2.0 ar vertikālu šķiedru struktūru.

Pētījumā iekļautas trīs tomātu šķirnes ar dažādu augļu svaru un krāsu: “**Beorange** F1” (dzelteno oranžie lielaugļu, vidējais svars 180-200 g), “**Managua** RZ F1” (sarkani, lielaugļu, vidējais svars 190-210 g) un “**Haiku** RZ F1” (rozā ķekaru tomāti, vidējais svars 100 g).

Tomātu stādi tika pārstādīti akmens vates substrātā augusta vidū, augu blīvums bija 2.5 augi uz m². Ražošanas cikls ilga no augusta vidus līdz nākamā gada jūnija vidum. Dabīgā plus mākslīgā apgaismojuma (Na augstspiediena lampas) intensitāte 2019/2020.g. sezonā bija robežās no 803 līdz 2631 J/cm²/dienā, vidēji “Beorange” un “Managua” 1387 J/cm²/dienā, Haiku 1268 J/cm²/dienā; 2020/2021.g. sezonā robežās no 73 līdz 2426 J/cm²/dienā, vidēji

“Beorange” un “Managua” 1240 J/cm²/dienā, Haiku 1184 J/cm²/dienā. 2019/2020.g. ražošanas cikla vidējā dienas/nakts temperatūra bija attiecīgi 22.3/19.0°C, diennakts - 20.6°C; 2020/2021.g. attiecīgi: 22.0/18.8°C, 20.4°C. Tomātu apputeksnēšanu nodrošināja izmantojot kameņus (*Bombus terrestris* L.).

Barības šķīduma koncentrācijas (mg/l): N_{NH4} < 20 (15), N_{NO3} 215-232, P 45-59, K 357-430, Ca 210-260, Mg 60-100, S 150-220, Fe 1.98-2.20, Mn 0.71-0.36, Zn 0.6-0.8, B 0.44, Cu 0.13, Mo 0.05; and EC 3.3 mS cm⁻¹. Barības šķīduma pH tika noregulēts līdz 5.3 -5.5.

Barības šķīduma mikroelementu (Mn un Zn) koncentrāciju korekcijas 2019./2020.g. sezonā, kas veiktas galvenokārt līdz ražošanas cikla vidum, tika balstītas uz lapu analīzes rezultātiem. Tādējādi Zn saturs tika palielināts no 0.34 mg/l līdz 0.80 mg/l, bet Mn saturs samazināts no 0.71 mg/l līdz 0.36 mg/l, audzēšanas cikla noslēgumā 0.16 mg/l. Nākošajā audzēšanas sezonā 2020./2021. g. Zn saturs barības šķīdumā tika uzturēts 0.73-0.80 mg/l; Mn – 0.32 mg/l.

Lai veiktu tomātu minerālās barošanās diagnostiku, divas reizes mēnesī 2019./2020. un 2020/2021. gada sezonās no septembra līdz jūnijam tika ievākti jaunu pilnībā attīstītu lapu un vecāku, tomēr vēl vitālu lapu paraugi visām pētāmajām šķirnēm. Pēc lapu paraugu mineralizācijas, tika izmantotas šādas analītiskās metodes: K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn un Mn saturu noteica ar mikroviļņu plazmas atomu emisijas spektrometru (MP-AES) 4210 Agilent Technologies; N, P, Mo, B kolorimetriski, S turbidimetriski (spektrofotometrs JENWAY 6300) (Riņķis et al., 1987; Microwave plasma atomic emission spectroscopy MP-AES, 2021).

Nedestruktīvo augu fizioloģisko rādītāju mērījumi tika veikti reizi mēnesī. Hlorofila noteikšanai SPAD vienībās tika izmantots pārnēsājams hlorofilmetrs SPAD 502 (Minolta, Varingtona, Lielbritānija). Ar hlorofila a fluometru Handy PEA (Hansatech Instruments, Lielbritānija) mērīja rādītājus Fv/Fm un PI, kas raksturo augu kopējo fizioloģisko vitalitāti. Mērījumi tika veikti 10 jaunām, pilnībā attīstītām un 10 vecākām tomātu lapām.

Datu statistiskajai apstrādei izmantota regresijas un Pīrsona korelācijas analīze. Lai noskaidrotu atšķirības starp tomātu šķirņu ķīmisko sastāvu un augļu ražu, tika veikta arī PCA analīze (McCune and Grace, 2002). Tāpat aprēķinātas rādītāju vidējās vērtības un standartklūdas.

Rezultāti

Barības elementu nodrošinājums ir viens no nozīmīgiem faktoriem, kas nosaka dārzeņu ražu un kvalitāti, īpaši hidroponikā. Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti apstiprināja ar elementu mobilitāti saistītās ķīmiskā sastāva atšķirības starp jaunākām un vecākām lapām: tika konstatēts ievērojami augstāks P, K, Ca, S, Mn, Mo un B, kā arī daļēji Mg un Fe saturs vecākās lapās visām tomātu šķirnēm (1.-4. tabula, 1.-6. attēls). Ca, S, Mn, B un Mo ir barības elementi, kuri augā netiek atkārtoti izmantoti, tāpēc tie uzkrājas vecākās lapās (Mengel un Kirkby, 2001). Turpretī K, P un Mg spēj atkārtoti pārvietoties augā, tādējādi elementa deficīta apstākļos nodrošinot optimālu to apgādi jaunajām lapām un augšanas centriem. Kopumā barības šķīdums pietiekamā līmenī nodrošināja šos kustīgos elementus tomātu lapās gan auga augšējā, gan apakšējā daļā visā audzēšanas ciklā. Vidēji tikai divu barības elementu: N un Cu - koncentrācijas bija būtiski augstākas jaunākām lapām, pie tam N gadījumā tas konstatēts tikai 2020/2021.g. audzēšanas sezonā. Rezultāti liecina, ka neskatoties uz principā zemu Cu

mobilitāti augos, šis elements tiek intensīvi uzņemts visā augā, īpaši jaunākajās lapās, tomātus audzējot hidroponikā akmens vates substrātā.

Pētījumā konstatēts, ka barības elementu saturs tomātu lapās (1.- 4. tabula, 1.-6. attēls) vairumā gadījumu atbilda literatūras avotos Brust (2013), Haifa (2020) un Campbell (2000) rekomendēto koncentrāciju diapazonam. Saskaņā ar šīm atsaucēm visām šķirnēm tomātu lapās bija pietiekams vidējais N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mo un B līmenis.

Tomēr tika konstatētas arī atsevišķas novirzes no optimālā: visām pētījumā iekļautajām tomātu šķirnēm bija raksturīgs zems Zn nodrošinājums gan jaunās, gan vecākās lapās un augsts S un Mn līmenis vecākajās lapās.

Kaut arī pētījumu uzsākot Zn koncentrācija barības šķīdumā 0.34-0.39 mg/l kopumā bija tomātiem rekomendētā līmenī, kas ir 0.3 - 0.4 mg/l mg/l (Heuvelink, 2005), visām pētītajām tomātu šķirnēm tika konstatēts Zn deficīts gan jaunajās, gan vecākajās lapās. Zn deficīts var negatīvi ietekmēt augu vielmaiņu, īpaši fermentu sistēmas funkcijas, augsni sintēzi, samazināt toleranci augšanas vides stresa apstākļos u.c. (Mengel un Kirkby, 2001), tā samazinot augļu ražu un tās kvalitāti. Tāpēc pamatojoties uz lapu analīžu rezultātiem jau 2019.g. septembra beigās Zn koncentrācija tika paaugstināta līdz 0.61 mg/l, bet oktobra beigās līdz 0.80 mg/l. Šāds Zn līmenis barības šķīdumā tika uzturēts līdz audzēšanas cikla beigām. Šo korekciju rezultātā Zn saturs lapās paaugstinājās, max vērtības saniedzot februārī-martā, bet pēc tam atkal nerasniedza zemāko pietiekamības līmeni – 25 mg/kg. Netika konstatētas arī būtiskas atšķirības starp šķirnēm Zn uzņemšanā lapās.

Līdzīga situācija konstatēta arī pētījuma otrajā gadā, kad Zn saturs barības šķīdumā tika uzturēts 0.73 - 0.80 mg/l robežās: augstākās Zn koncentrācijas un optimāls nodrošinājums lapās raksturīgs februāra-marta mēnešiem, pārējā laikā Zn deficīts. **Tādējādi, jāsecina, ka Zn līmenis barības šķīdumā 0.8 mg/l nevar pilnībā nodrošināt optimālu Zn saturu tomātu lapās.** Kā iespējams risinājums – Zn paaugstināšana barības šķīdumā (potenciāli 1.0 mg/l), foliāru Zn mēslošanas līdzekļu pielietošana. Tomēr jāatzīmē, ka jebkurš smidzinājums pa auga lapām, tomēr ir arī zināms stress augam.

2019/2020.g. audzēšanas sezonas sākumā visu trīs tomātu šķirņu jaunajās un vecajās lapās augstās koncentrācijās tika uzņemts Mn. Tas skaidrojams ar augstu Mn pieejamību audzēšanas vidē, galvenokārt barības šķīduma zemā pH dēļ. Lai to samazinātu, tika uzsākta Mn koncentrācijas samazināšana barības šķīdumā. Oktobrī Mn koncentrācija barības šķīdumā tika samazināta no 0.71 mg/l līdz 0.52 mg/l, novembrī līdz 0.36 mg/l un tāda uzturēta līdz sezonas beigām. Šis pasākums nodrošināja Mn samazināšanos gan vecākajās, gan jaunajās lapās. Mn apgāde turpmākajā audzēšanas periodā bija normas robežās visām šķirnēm. Projekta otrajā gadā (2020/2021. g.) Mn saturs barības šķīdumā tika uzturēts 0.32 mg/l, kas nodrošināja kopumā optimālu vidējo Mn koncentrāciju līmeni sezonā: 91 mg/kg jaunajās un 195 mg/kg vecākajās tomātu lapās. **Tādējādi varam secināt, ka 0.32-0.35 mg/l Mn barības šķīdumā ir pietiekams daudzums tomātus audzējot hidroponikā akmens vates substrātā.**

1. tabula. Makroelementu saturs (%. sausna) jaunās un vecākās tomātu lapās 2019.-2020. gada sezonā (oktobris-jūnijs), SIA „Getliņi EKO”.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	
N					
Beorange	3.25-4.30	3.73±0.08aA	3.25-4.13	3.74±0.06aA	3.50-6.00
Managua	3.40-4.50	3.86±0.07aA	3.43-4.18	3.78±0.06aA	
Haiku	3.43-4.78	4.14±0.11bB	3.20-4.33	3.76±0.08aA	
P					
Beorange	0.43-0.74	0.59±0.02aA	0.83-1.45	1.12±0.05bB	0.30-1.00
Managua	0.34-0.74	0.54±0.03aA	0.58-1.18	0.89±0.05bA	
Haiku	0.33-0.71	0.53±0.03aA	0.52-0.97	0.79±0.04bA	
K					
Beorange	3.46-5.53	4.42±0.12aB	4.31-7.53	6.16±0.25bB	3.50-6.00
Managua	2.89-5.12	3.92±0.13aA	3.93-6.60	5.47±0.20bA	
Haiku	3.56-4.85	4.07±0.08aA	3.50-5.92	4.84±0.20bA	
Ca					
Beorange	1.34-2.79	1.86±0.09aA	3.80-6.41	4.59±0.18bA	1.20-4.00
Managua	1.31-2.28	1.72±0.09aA	3.94-6.22	4.80±0.18bA	
Haiku	1.27-2.61	2.00±0.10aA	3.97-6.10	4.94±0.15bA	
Mg					
Beorange	0.32-0.6	0.41±0.02aA	0.32-1.47	0.58±0.08bA	0.30-1.00
Managua	0.28-0.56	0.38±0.02aA	0.36-1.22	0.58±0.05bA	
Haiku	0.28-0.54	0.40±0.02aA	0.35-1.14	0.56±0.05bA	
S					
Beorange	0.73-1.13	0.94±0.03aA	1.94-3.75	2.68±0.12bB	0.40-1.00
Managua	0.70-1.20	1.01±0.04aA	1.88-3.07	2.68±0.08bB	
Haiku	0.75-1.13	0.93±0.03aA	1.82-2.8	2.27±0.08bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

Tomēr noteikti jāatzīmē arī optimālas Mn apgādes pozitīvā loma. Pētījumā konstatētas pozitīvas korelācijas ar citiem barības elementiem, īpaši jaunajās lapās (ar K, Ca, Mg, S, P, Fe, Cu, $0,37 < r < 0,57$; $p < 0,05$). Tāpat atklāta būtiska pozitīva saistība starp Mn saturu vecākajās lapās un kopējās produkcijas daudzumu. Lai arī Mn ir nozīmīgas funkcijas augā un tam ir būtiska pozitīva lomu oksidatīvā stresa mazināšanā, tomēr pārāk augsta Mn koncentrācija lapās, kas pārsniedz 500 mg/kg, jau tiek uzskatīta par toksisku (Mengel un Kirkby, 2001), kā arī var būtiski samazināt Ca uzņemšanu.

2. tabula. Mikroelementu saturs (mg/kg, sausna) jaunās un vecākās tomātu lapās 2019.-2020. gada sezonā (oktobris-jūnijs), SIA „Getliņi EKO”.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazon s	Vidēji±SE	
Fe					
Beorange	105-292	200.87±14.47aB	128-404	281.15±26.22bB	100-300
Managua	86-221	153.87±10.94aA	116-334	212.07±14.12bA	
Haiku		179.53±16.43aA			
	91-308	B	145-337	217.13±16.78aA	
Mn					
Beorange	82-262	145.73±12.04aA	167-490	335.15±27.05bA	50-200
Managua	84-229	152.67±10.17aA	217-500	349.00±23.89bA	
Haiku	90-271	159.67±13.94aA	238-400	333.20±14.55bA	
Zn					
Beorange	15.2-25	19.67±0.72aA	14.6-26	19.25±1.04aA	25-80
Managua	16.7-24	20.34±0.64aA	16-29	20.57±0.93aA	
Haiku	14.3-30	21.26±1.02aA	17-36	21.39±1.21aA	
Cu					
Beorange	9.6-17.0	13.88±0.45aA	8.4-19.4	12.93±0.80aB	6.0-25.0
Managua	9.8-19.7	14.76±0.71bA	9-17.1	12.65±0.59aB	
Haiku	10.6-18.2	14.19±0.55bA	8.4-16.9	11.13±0.56aA	
Mo					
Beorange	2.70-7.65	3.78±0.34aA	3.46-8.55	5.04±0.38bA	1.0-5.0
Managua	2.60-7.80	3.72±0.32aA	4.05-8.3	5.51±0.35bA	
Haiku	2.66-8.30	3.92±0.36aA	3.64-8.9	5.41±0.39bA	
B					
Beorange	27-39	31.90±0.95aA	55-79.5	65.77±1.68bA	25-75
Managua	24-37	30.20±0.89aA	53-69	61.97±1.20bA	
Haiku	28.5-40	33.47±0.85aA	53-70	62.77±1.20bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

Saskaņā ar vairākiem literatūras avotiem, pietiekams S saturs tomātu lapās ir diapazonā no 0.4 līdz 1.0 % (Campbell, 2000; Hochmuth, 2018). 1. un 3. tabulā sniegtie dati liecina par būtiski augstāku S līmeni vecākajām lapām visām tomātu šķirnēm. Tā kā S ir maz toksisks augiem, vairāki makro un mikroelementi barības šķīdumā parasti tiek iekļauti sulfātu formā (Hochmuth, 2018). Siltumnīcu dārzu ražošanā ir izplatīta arī S saturošu produktu kā augu aizsardzības līdzekļu izmantošana, kas arī var paaugstināt S saturu tomātu lapās. Tā kā mūsu pētījumā netika atklātas būtiskas negatīvas korelācijas starp S un citiem barības elementiem vecākās tomātu lapās (p < 0.05), varam secināt, ka **palielināta S uzkrāšanās tomātu lapās nevarētu negatīvi ietekmēt tomātu minerālās barošanās apstākļus akmens vates substrātā.**

Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti parādīja, ka starp tomātu šķirnēm lapās bija ļoti maz atšķirību barības elementu satura ziņā. Vienīgi lielaugļu “Beorange” bija tendence akumulēt augstākas vidējās K un Fe koncentrācijas lapās. Tā 2019/2020.g. būtiski augstāks vidējais K

saturs bija raksturīgs jaunajām un vecākajām lapām, Fe – vecākajām lapām; 2020/2021.g.-augstāks K līmenis jaunajām, bet Fe – vecākajām lapām. Jāatzīmē, ka visas šīs koncentrācijas iekļaujas pietiekamības diapazonos. Tāpat starp šķirnēm netika konstatēta atšķirīga reakcija uz barības šķīduma sastāva izmaiņām.

3. tabula. Makroelementu saturs (% ,sausna) jaunās un vecākās tomātu lapās 2020.-2021. gada sezonā (septembris-jūnijs), SIA „Getliņi EKO”.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	diapazons
N					
Beorange	3.50-5.15	4.01±0.15bA	3.20-4.00	3.44±0.07aA	3.50-6.00
Managua	3.25-5.25	4.04±0.14bA	3.10-4.35	3.39±0.08aA	
Haiku	3.50-5.10	4.23±0.10bA	3.10-4.00	3.44±0.07aA	
P					
Beorange	0.46-0.66	0.52±0.02aAB	0.57-0.89	0.76±0.04bB	0.30-1.00
Managua	0.34-0.66	0.43±0.02aA	0.52-0.81	0.66±0.02bA	
Haiku	0.31-0.66	0.46±0.02aA	0.48-0.81	0.61±0.02bA	
K					
Beorange	2.69-6.50	4.25±0.29aAB	3.07-7.20	4.91±0.39aA	3.50-6.00
Managua	1.84-5.41	3.58±0.20aA	2.68-8.96	5.02±0.41bA	
Haiku	2.45-6.19	3.71±0.23aA	2.98-7.22	4.29±0.32aA	
Ca					
Beorange	1.55-5.59	2.87±0.32aA	4.95-7.30	6.13±0.17bA	1.20-4.00
Managua	1.37-5.070	2.52±0.28aA	4.72-8.62	6.38±0.28bA	
Haiku	1.38-5.80	2.58±0.27aA	3.99-8.56	5.73±0.31bA	
Mg					
Beorange	0.27-0.55	0.37±0.02aA	0.25-0.58	0.41±0.03aA	0.30-1.00
Managua	0.21-0.58	0.34±0.02aA	0.24-0.69	0.46±0.03bB	
Haiku	0.21-0.56	0.34±0.02aA	0.17-0.56	0.33±0.03aA	
S					
Beorange	0.70-2.08	1.28±0.10aB	1.88-3.63	2.67±0.18bA	0.40-1.00
Managua	0.60-1.83	1.03±0.08aA	1.88-3.38	2.79±0.09bA	
Haiku	0.75-1.59	1.04±0.06aA	1.58-3.23	2.52±0.13bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

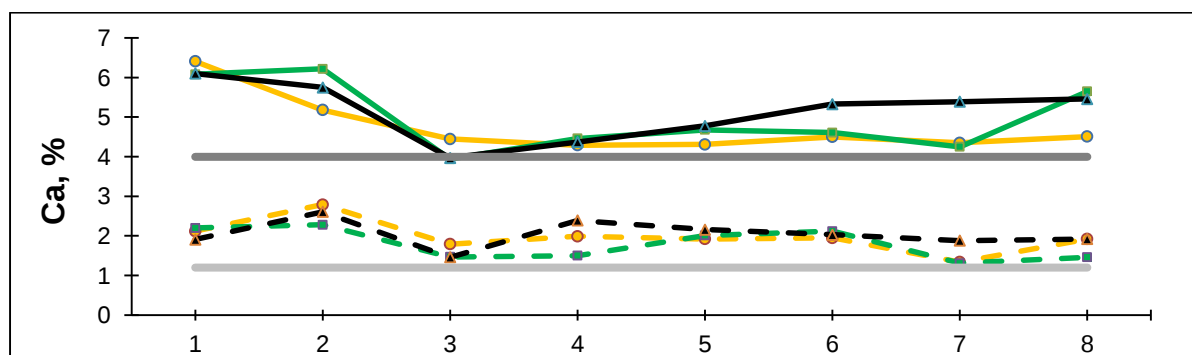
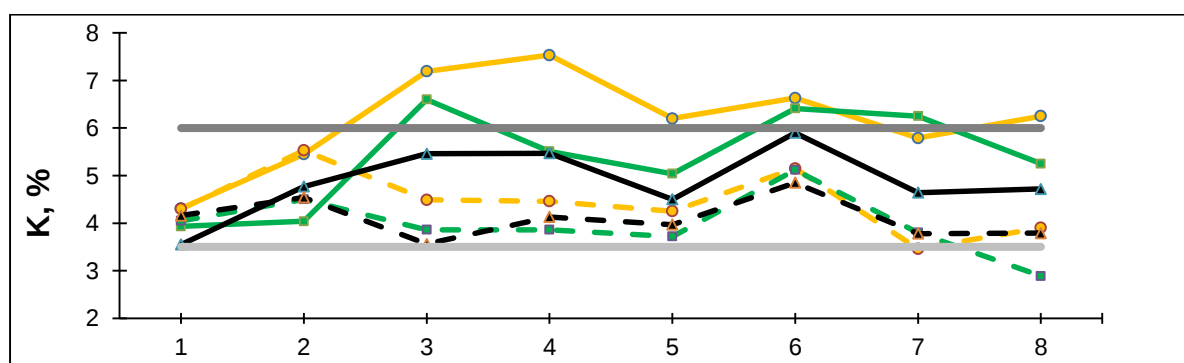
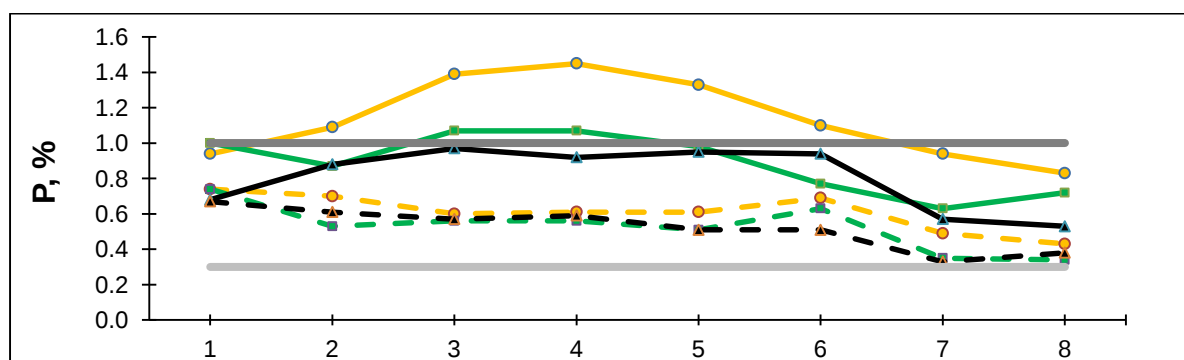
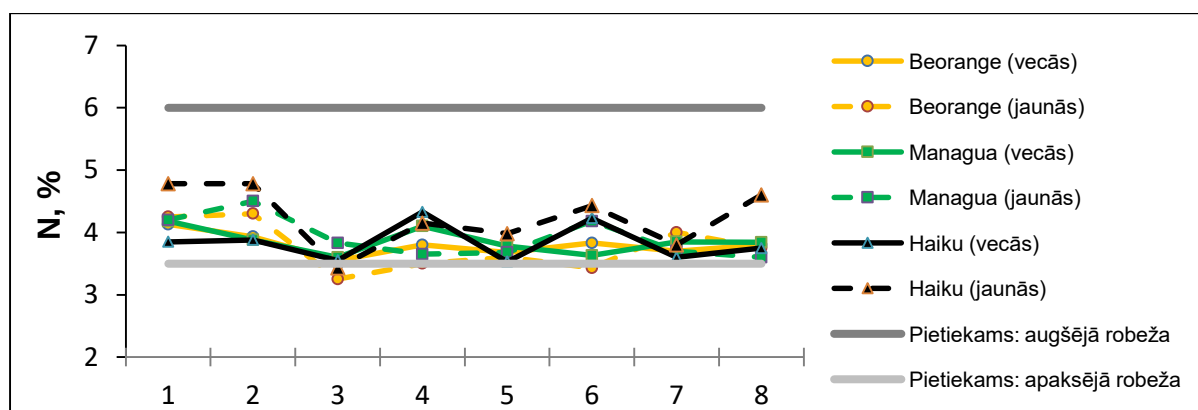
4. tabula. Mikroelementu saturs (mg/kg, sausna) jaunās un vecās tomātu lapās 2020.-2021. gada sezonā (septembris-maijs), SIA „Getliņi EKO”.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	
Fe					
Beorange	133-323	209.38±16.15aB	180-549	326.36±38.05bAB	100-300
Managua	80-200	134.88±7.34aA	142-460	235.53±18.95bA	
Haiku	91-412	196.18±18.17aB	135-469	287.13±28.31bA	
Mn					
Beorange	68-132	93.77±5.22aB	127-300	188.45±14.05bA	50-200
Managua	38-105	74.41±4.23aA	102-315	181.00±12.15bA	
Haiku	48-145	104.53±6.26aB	100-330	214.60±17.96bA	
Zn					
Beorange	14-31.5	19.79±1.26aA	9.5-35	19.18±2.15aA	25-80
Managua	14.50-27.40	21.08±1.01aA	10-50.5	19.56±2.61aA	
Haiku	14.5-24.1	19.92±0.63aA	10.5-41.5	18.90±2.06aA	
Cu					
Beorange	10.5-22	16.43±1.04bAB	6.5-21.5	11.30±1.38aA	6.0-25.0
Managua	8.50-24	13.94±0.98bA	5.5-22	10.37±1.10aA	
Haiku	8-20	14.47±0.81bA	4.5-17.5	10.85±0.83aA	
Mo					
Beorange	1.5-5	3.40±0.23aB	2.88-8	4.83±0.47bA	1.0-5.0
Managua	1.50-3.80	2.76±0.17aA	3.5-5.75	4.63±0.21bA	
Haiku	2-5	3.37±0.16aB	2.25-8.5	5.27±0.45bA	
B					
Beorange	24-54	32.62±2.51aA	38-84	60.73±4.46bA	25-75
Managua	18-58	31.18±2.25aA	42-102	67.07±4.03bA	
Haiku	24-48	32.82±2.06aA	42-87	56.93±3.53bA	

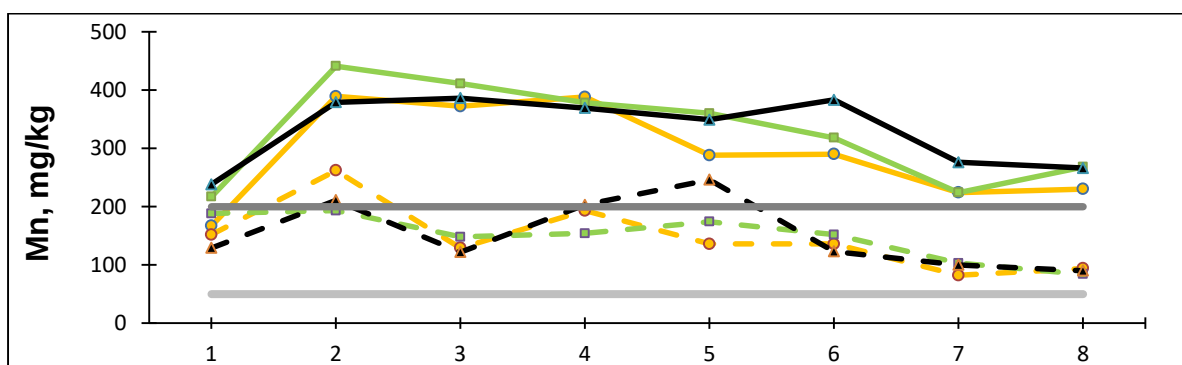
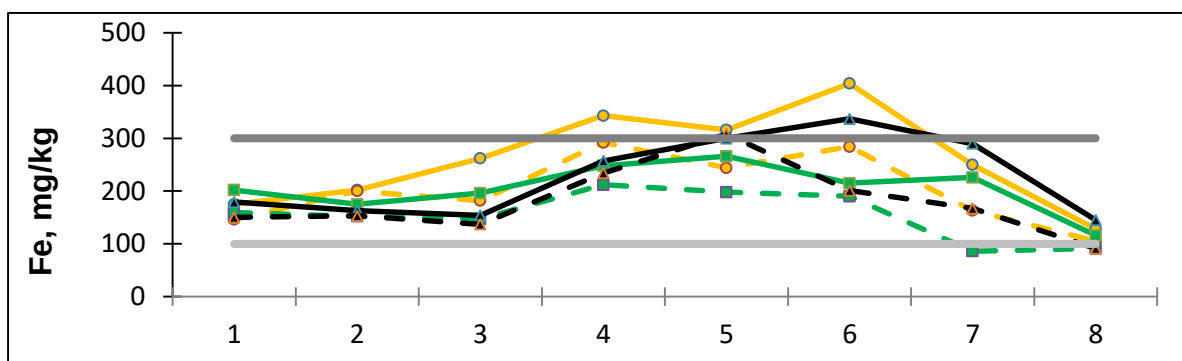
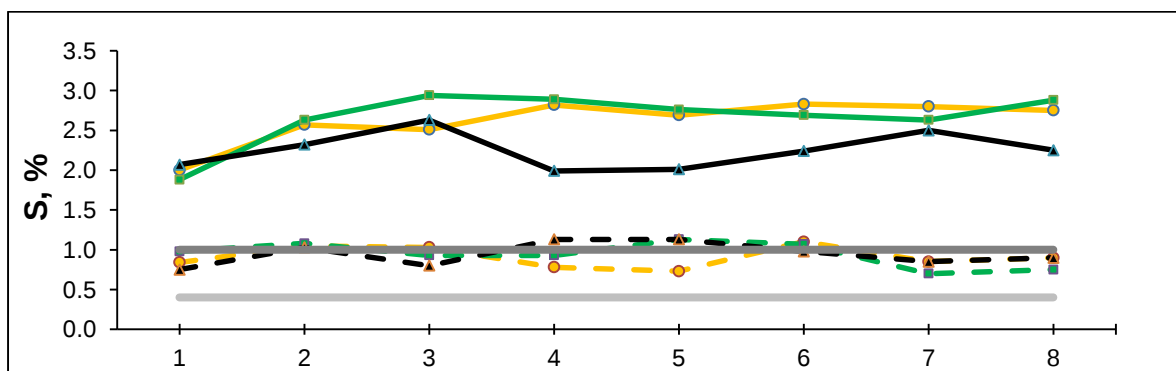
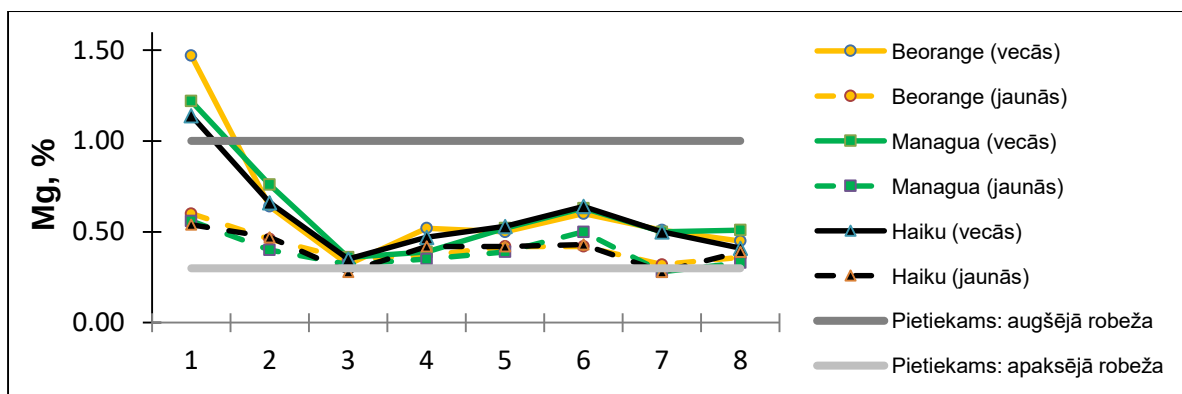
¹mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

²lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

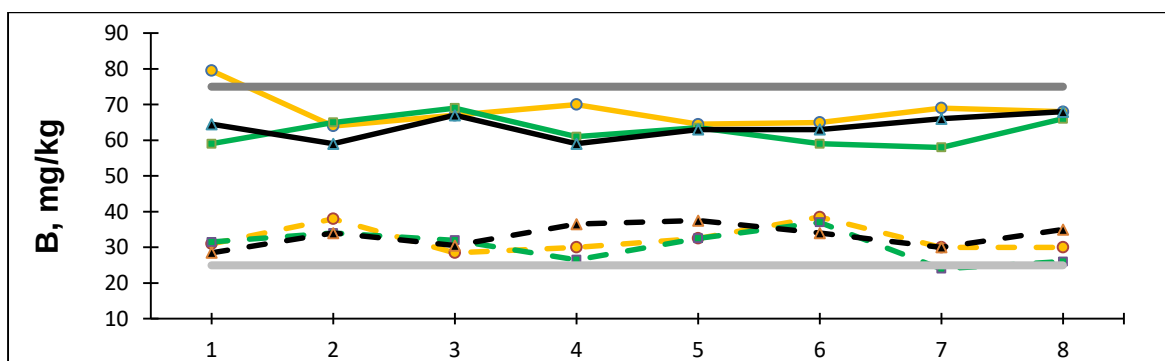
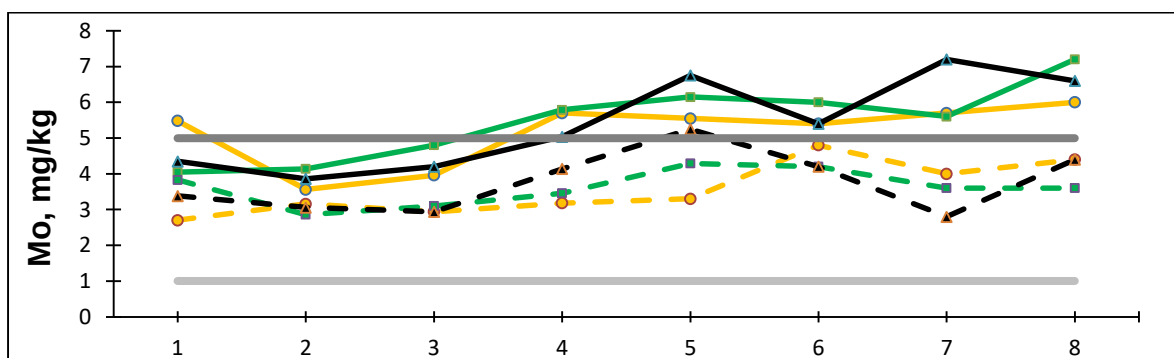
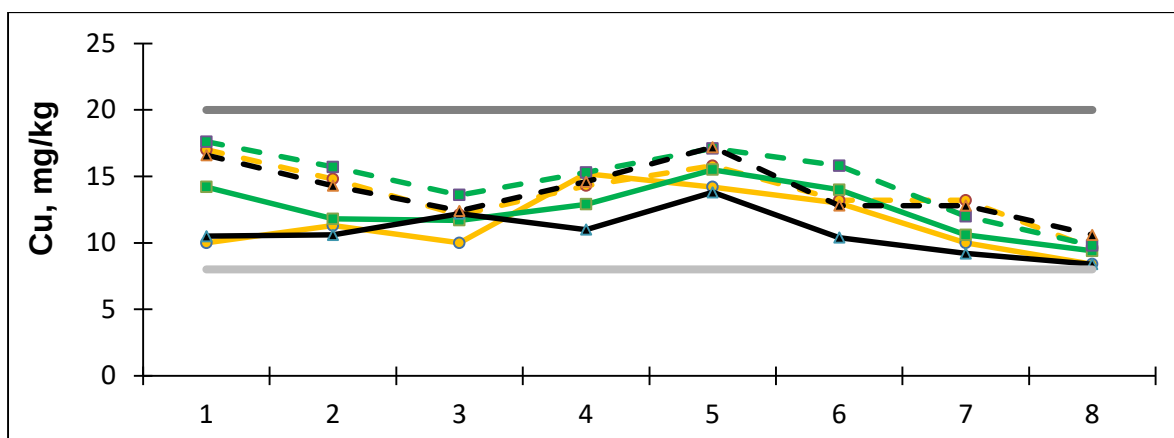
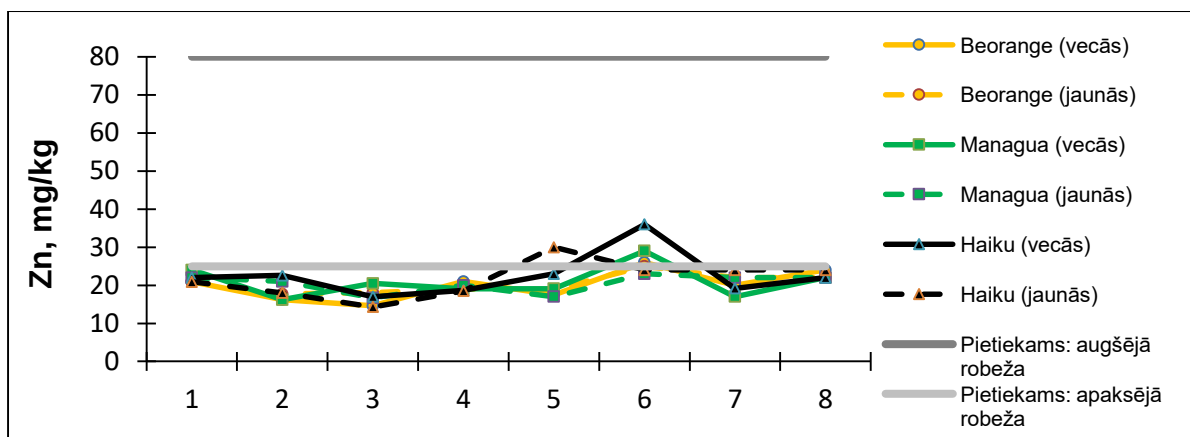
2019./2020.g.



1. attēls. N, P, K un Mg saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2019./2020. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1 – 02.10.2019; 2 – 4.11.2019; 3 – 4.12.2019; 4 – 6.01.2020; 5 – 6.02.2020; 6 – 4.03.2020; 7 – 6.04.2020; 8 – 7.05.2020.

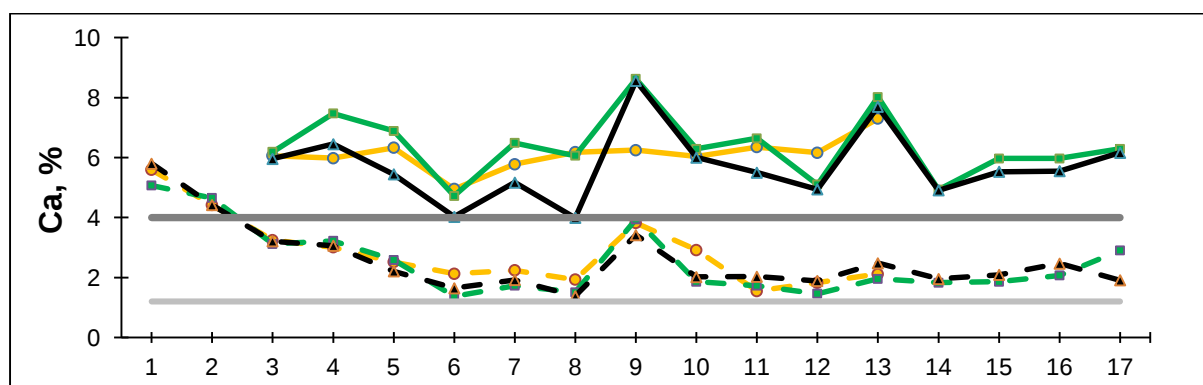
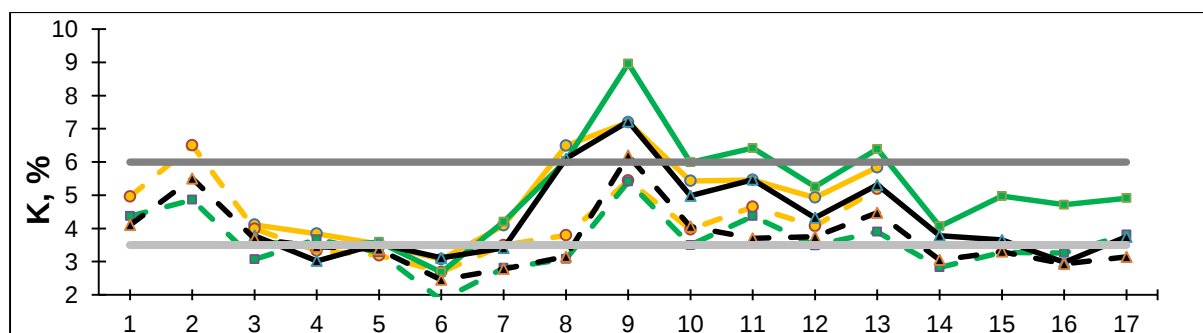
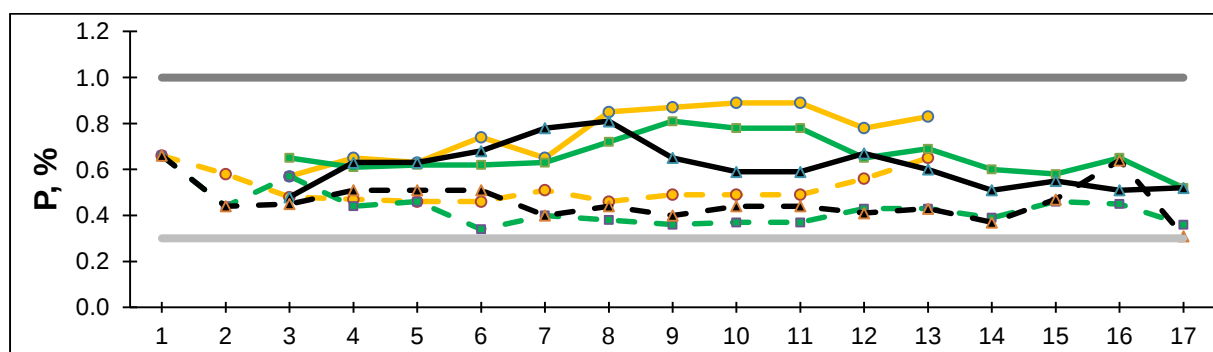
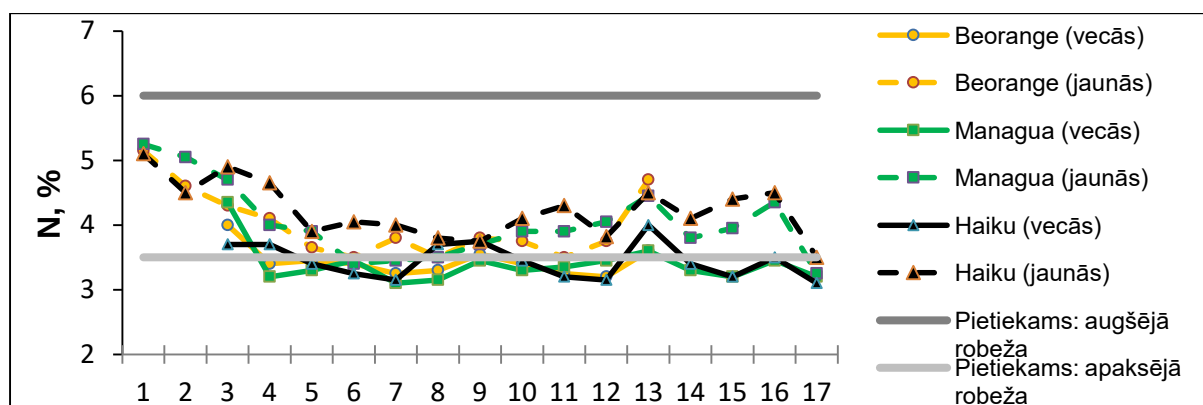


2. attēls. Mg, S, Fe un Mn saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2019./2020. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1 – 02.10.2019; 2 – 4.11.2019; 3 – 4.12.2019; 4 – 6.01.2020; 5 – 6.02.2020; 6 - 4.03.2020; 7 – 6.04.2020; 8 – 7.05.2020.

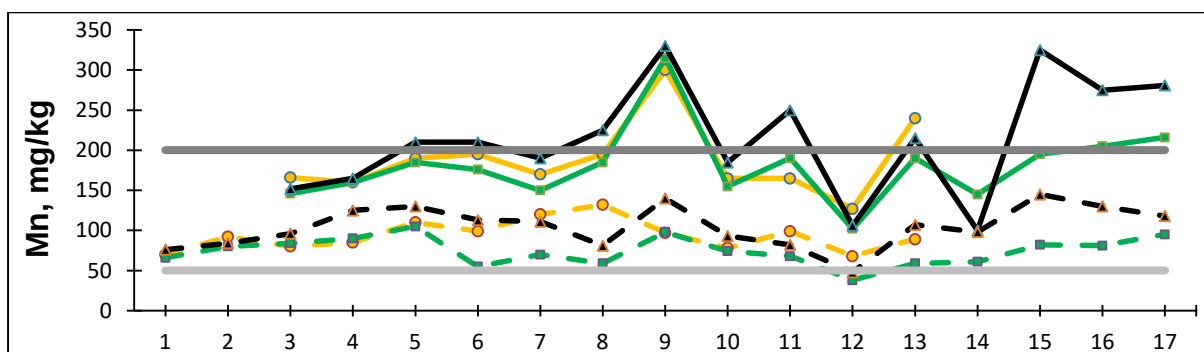
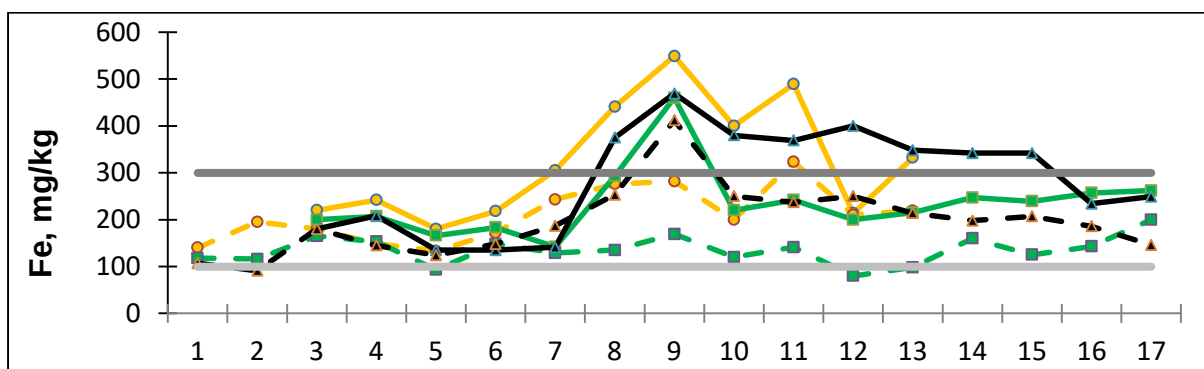
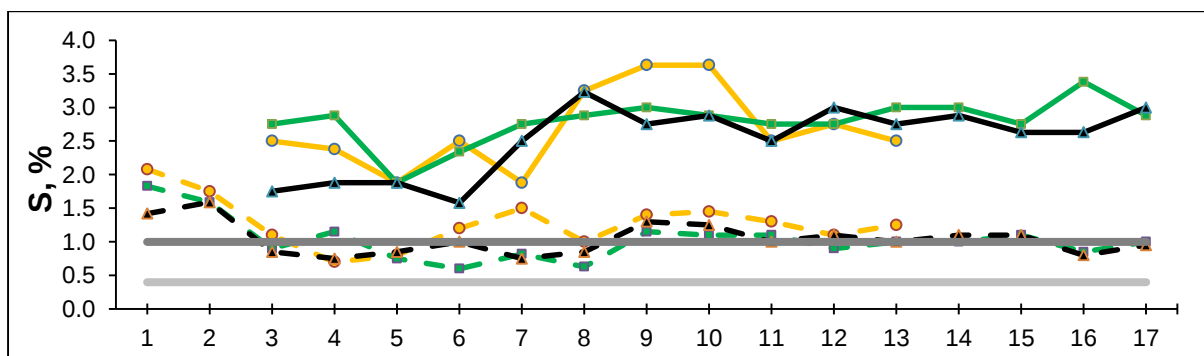
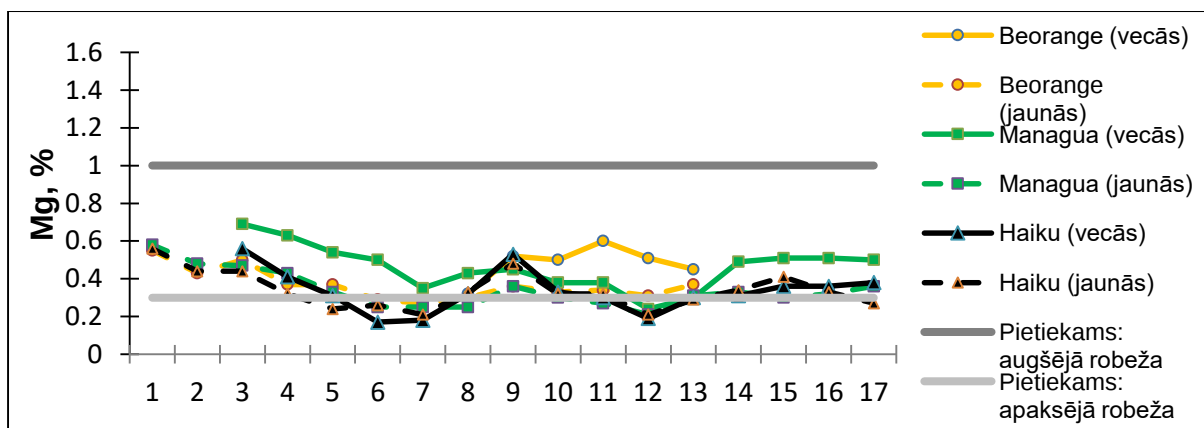


3. attēls. Zn, Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2019./2020. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1 – 02.10.2019; 2 – 4.11.2019; 3 – 4.12.2019; 4 – 6.01.2020; 5 – 6.02.2020; 6 - 4.03.2020; 7 – 6.04.2020; 8 – 7.05.2020.

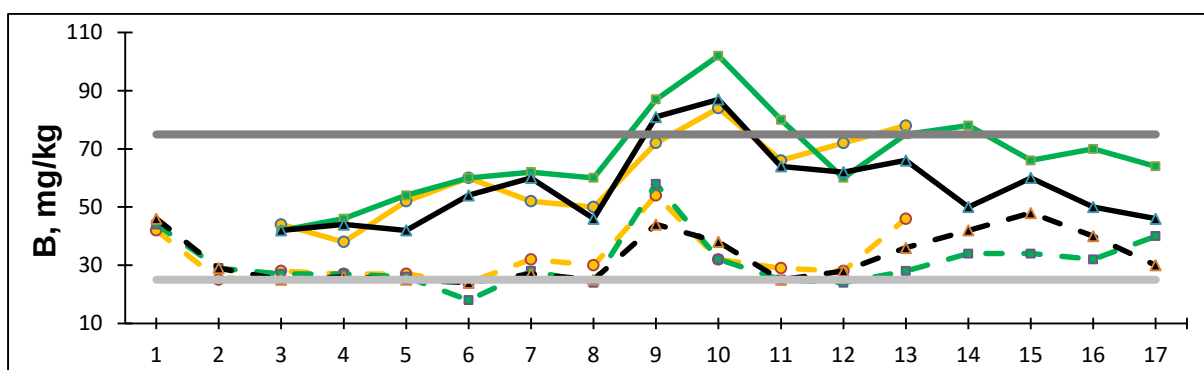
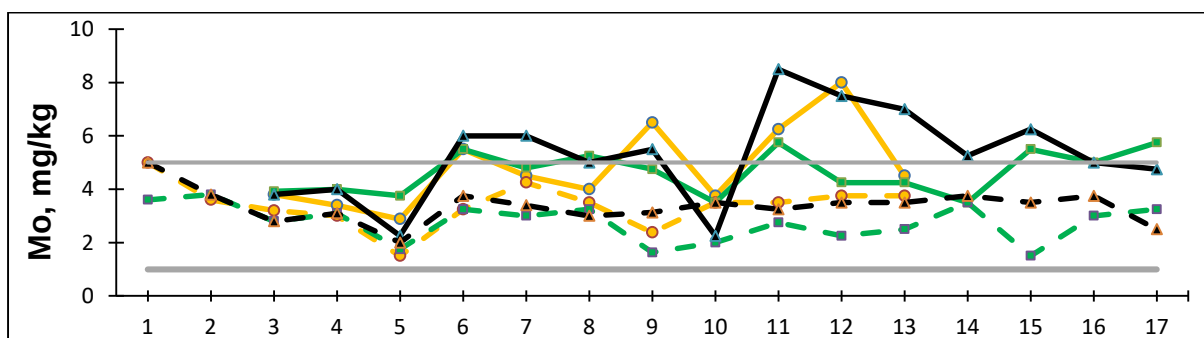
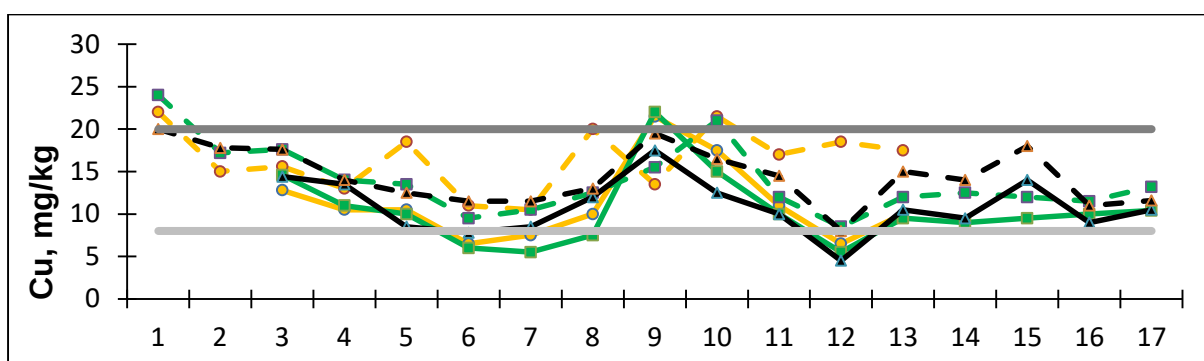
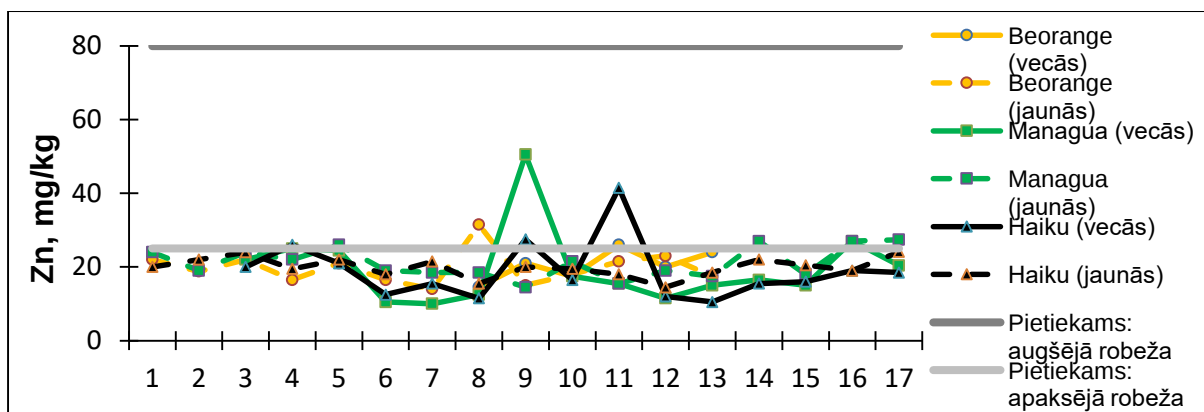
2020/2021.g.



4. attēls. N, P, K un Mg saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020./2021. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.09.20.; 2- 18.09.20.; 3- 05.10.20.; 4- 21.10.20.; 5- 06.11.20.; 6-24.11.20.; 7- 09.12.20.; 8- 20.01.21.; 9- 09.02.21.; 10- 24.02.21.; 11-11.03.21.; 12-24.03.21.; 13-07.04.21.; 14-22.04.21.; 15-06.05.21.; 16-20.05.21.; 17-10.06.21.



5. attēls. Mg, S, Fe un Mn saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020./2021. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.09.20.; 2- 18.09.20.; 3- 05.10.20.; 4- 21.10.20.; 5- 06.11.20.; 6-24.11.20.; 7- 09.12.20.; 8- 20.01.21.; 9- 09.02.21.; 10- 24.02.21.; 11-11.03.21.; 12-24.03.21.; 13-07.04.21.; 14-22.04.21.; 15-06.05.21.; 16-20.05.21.; 17-10.06.21.



6. attēls. Zn, Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020./2021. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.09.20.; 2- 18.09.20.; 3- 05.10.20.; 4- 21.10.20.; 5- 06.11.20.; 6-24.11.20.; 7- 09.12.20.; 8- 20.01.21.; 9- 09.02.21.; 10- 24.02.21.; 11-11.03.21.; 12-24.03.21.; 13-07.04.21.; 14-22.04.21.; 15-06.05.21.; 16-20.05.21.; 17-10.06.21.

Nedestruktīvo fizioloģisko rādītāju mērījumu analīze

Tā kā hlorofila saturs lielā mērā nosaka fotosintēzes ātrumu, augu produktivitāti un vitalitāti (Zagar Shooshtari et al., 2020; Hatamian et al., 2020), tomātu lapās tika veikti nedestruktīvi augu fizioloģisko rādītāju mērījumi. Pētījuma rezultāti parādīja būtisku pozitīvu korelāciju starp lapu SPAD vērtībām un K, Ca, Mg, S un Fe saturu lapās (5.tabula). Korelācijas ar N saturu lapās bija neviennozīmīgas. Nevienā no pētījuma gadiem netika konstatēta būtiska korelācija starp SPAD vērtībām un N saturu “Beorange” lapās. Savukārt “Managua” un “Haiku” tās bija pozitīvas vecākajām, bet negatīvas jaunākajām lapām. Tas varētu būt skaidrojams ar kopumā optimālo N nodrošinājumu un mazo N koncentrāciju diapazonu.

5. tabula. Pīrsona korelācijas koeficienti starp barības elementu koncentrāciju lapās un SPAD vērtībām tomātu lapām ($p < 0,05$).

Tomātu šķirne	2019.-2020.g.		2020.-2021.g.	
	Jaunās lapas	Vecākās lapas	Jaunās lapas	Vecākās lapas
Beorange	K 0.751 Ca 0.737 Mn 0.761	nav	N – 0.877 Mn 0.845	Ca 0.808
Managua	S 0.698 Fe 0.963	Fe 0.668	N – 0.850	N 0.703 Ca 0.632
Haiku	Mg 0.629	Ca 0.826, Mg 0.670 Mn – 0.626	N – 0.836	N 0.703 Ca 0.632

Abu sezonu gaitā hlorofila saturs SPAD vienībās būtiski nemainījās, tomēr izteikts samazinājums konstatēts audzēšanas perioda beigās, kas norāda uz augu novecošanos un fotosintēzes procesu palēnināšanos. SPAD vidējie rādītāji 2019/2020.g. un 2020/2021. g. bija: 50.48 un 49.85 jaunajām lapām; 48.20 un 46.60 vecākajām lapām, attiecīgi. References vērtības - SPAD 50 vienības (Padilla et al., 2018), tika sasniegtas un pārsniegtas audzēšanas sezonas vidus posmā. Abos pētījumu gados sezonas beigās viszemākie SPAD rādītāji konstatēti šķirnei “Beorange”. Savukārt visaugstākās vidējās vērtības raksturīgas “Haiku”.

Nedestruktīvo augu fizioloģisko mērījumu rādītāji PI un Fv/Fm, kas raksturo augu vitalitāti, augstāki bija tomātu vecākajās lapās (PI) vai arī būtiski neatšķīrās (Fv/Fm) un arī tiem zemākās vērtības vairumā gadījumu bija sezonas beigās. Šo rādītāju vidējās vērtības kopumā atbilst optimāliem augšanas apstākļiem: Fv/Fm jaunajām lapām 0.804 un 0.788, Fv/Fm vecākajām lapām 0.804 un 0.818, attiecīgi abos pētījuma gados. Pēc literatūras datiem, Fv/Fm vērtības tomātu lapās, kas sasniedz un pārsniedz 0.73-0.77 (Padilla et al., 2018), raksturo kopumā optimālus augšanas apstākļus.

Tomātu raža

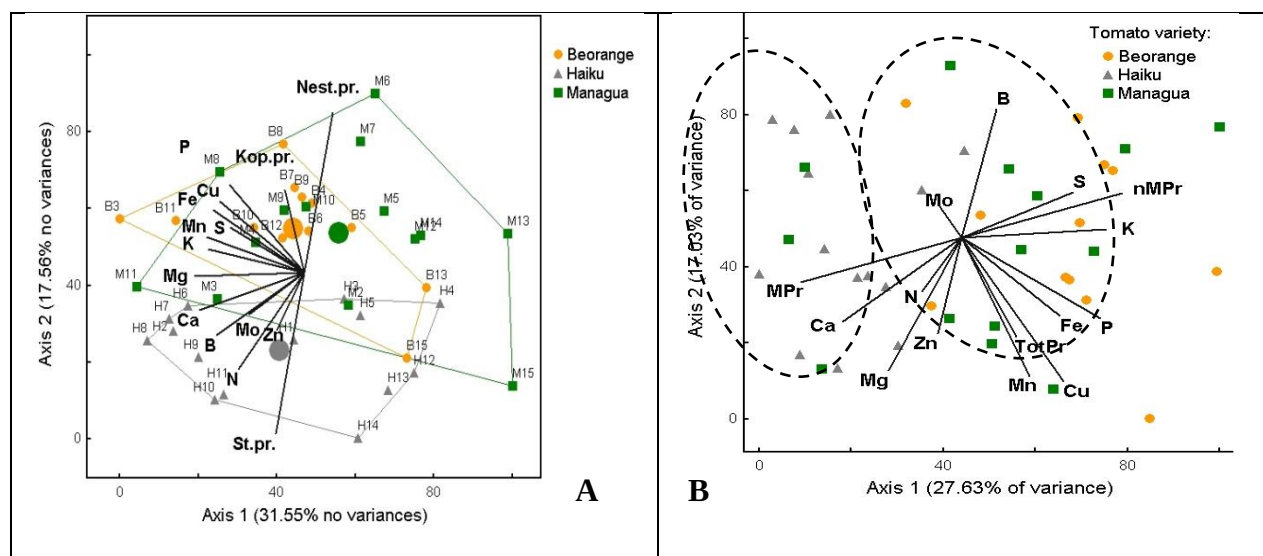
Ražas uzskaites dati doti pielikumā (Getlini_ražas 2019_2021) un apkopoti 6. tabulā. Lai raksturotu ražas kvalitāti, tika salīdzināta standarta produkcijas procentuālā daļa no kopējās ražas. Rezultāti liecina, ka abos pētījuma gados, neatkarīgi no barības elementu satura lapās, ķekaru tomātu šķirnei “Haiku” standarta ražas īpatsvars bija tuvu 100% un bija attiecīgi 97.69% un 97.46%. Arī iegūtā tomātu raža ļoti izlīdzināta: 44 kg/m². Tas norāda uz šīs šķirnes

augsto piemērotību komerciālai audzēšanai siltumnīcās akmens vates substrātā mākslīgā apgaismojumā rudens-pavasara sezonās. Arī šķirnei “Managua” 2020.-2021.g. sezonā iegūti ļoti labi ražas kvalitātes un arī kvantitātes rādītāji: 58.25 kg tomātu no m² un 95% standarta produkcijas. Lielaugļu tomātu vidējā raža Nīderlandē un citās vadošajās tomātu audzēšanas valstīs sasniedz 50–60 kg/m² un vairāk (Peet and Welles, 2005; Heuvelink, 2018). Tas nozīmē, ka “Managua” ir sasniegts kopumā šķirnei atbilstošs ražas rādītājs.

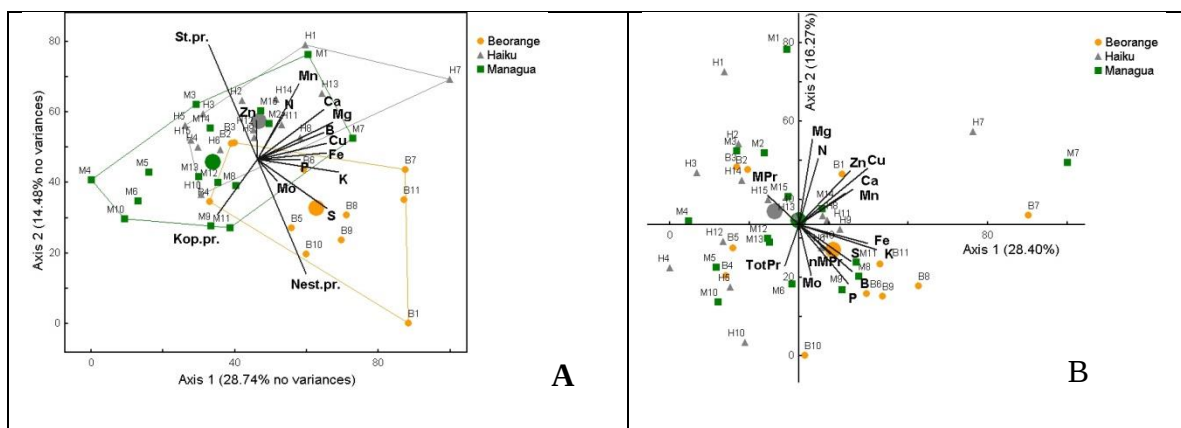
6.tabula. Tomātu ražas vidējie rādītāji 2019.-2020.g. un 2020.-2021.g. audzēšanas sezonās SIA Getliņi EKO siltumnīcās projekta ietvaros

	Beorange		Managua		Haiku	
	2019/2020	2020/2021	2019/2020	2020/2021	2019/2020	2020/2021
Kopējā raža kg/m ²	47.24	43.60	54.20	58.25	44.48	44.10
Standarta produkcija, %	84.39	85.79	87.42	95.12	97.69	97.46
Nestandarta produkcija, %	15.61	14.21	12.58	4.88	2.32	2.54

Tā kā lapu ķīmiskajam saturam ir cieša saistība ar tomātu ražu un tās kvalitāti, šie dati tika izmantoti komponentanalīzē PCA (McCune & Grace 2002) (7.-8. attēls). 2019.-2020.g sezonā šīs sakarības īpaši izteiktas vecākajām lapām. Rezultāti rāda, ka ‘Beorange’ vecāko lapu ķīmiskais sastāvs (7.att. B) kopumā atšķiras no ‘Haiku’. Turpretī individuālie ‘Managua’ paraugu ņemšanas punkti izkliedēti ordinācijas telpā. ‘Beorange’ bija augstāks B, S, K, P, Fe saturs lapās un nestandarta ražas %, turpretī ‘Haiku’ ordinācijas telpā izvietojas galvenokārt Ca, Mg un standarta ražas virzienā. Tomēr arī jaunāko lapu PCA analīzē (7.att. A) spilgti redzama ‘Haiku’ šķirnes rādītāju grupēšanās standarta ražas virzienā. 2020.-2021.g. rezultātu atsoguļojums PCA analīzē dots 8.att. Arī šajā audzēšanas ciklā spilgti izpaužas, ka šķirne ‘Beorange’ grupējas nestandarta ražas virzienā, pie tam tas raksturīgs gan vecākajām, gan jaunākajām lapām, augstāku K, S, Fe, B, P koncentrāciju virzienā.



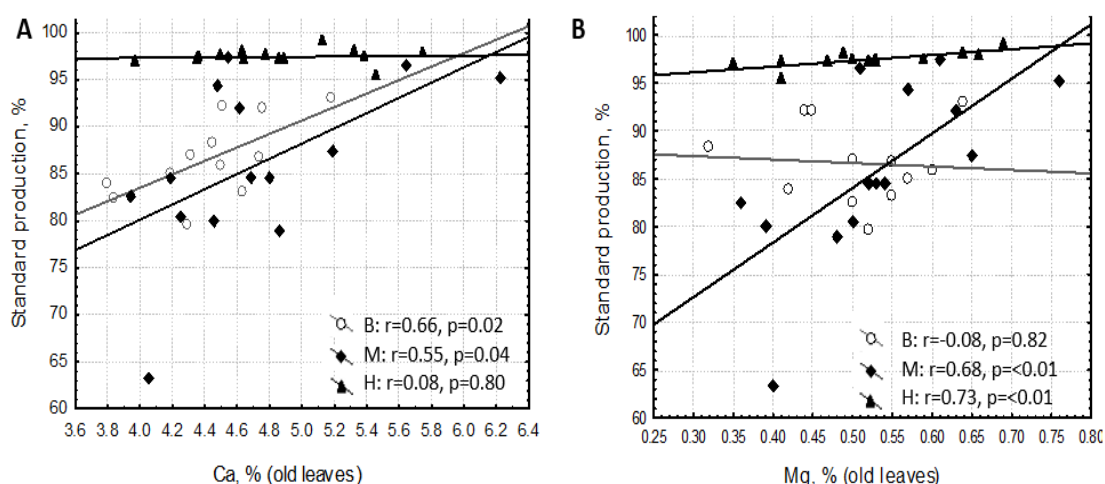
7. attēls. Tomātu šķirņu lapu ķīmiskā sastāva un standarta/nestandarta ražas sadalījuma PCA analīze 2019/2020.g. A - jaunas lapas, B - vecākās lapas. (B - ‘Beorange’, H - ‘Haiku’, M - ‘Managua’, MPr – standarta raža, nMPr – nestandarta raža).



8. attēls. Tomātu šķirņu lapu ķīmiskā sastāva un standarta/nestandarta ražas sadalījuma PCA analīze 2020/2021.g. A - jaunas lapas, B - vecākās lapas. (B - 'Beorange', H - 'Haiku', M - 'Managua', MPr – standarta raža, nMPr – nestandarta raža).

Veicot korelācijas analīzi starp standarta ražas procentuālo daļu un barības elementu saturu lapās 2019.-2020.g. sezonā, tika konstatēta cieša sakarība starp vecāko tomātu lapu ķīmisko sastāvu un kopējo, standarta un nestandarta tomātu ražu apmēram 10 dienas pēc lapu paraugu ņemšanas visām tomātu šķirnēm. Tādējādi tika konstatēta nozīmīga pozitīva korelācija starp Ca un Mg lapās un tomātu standarta produkciju ($r_{Ca} = 0.49$, $r_{Mg} = 0.30$, $p < 0.05$), savukārt negatīva korelācija tika konstatēta ar K ($r = -0.48$). Turklāt tika konstatēta būtiska pozitīva korelācija ar N, Ca un B koncentrācijām jaunajās lapās un standarta ražu periodā no 1-10 dienām ($0.33 < r < 0.53$) pirms ražas datu iegūšanas, kā arī kopražai ar K ($r = 0.33$) un S ($r = 0.44$) jaunajās lapās 10 dienas pēc lapu ievākšanas.

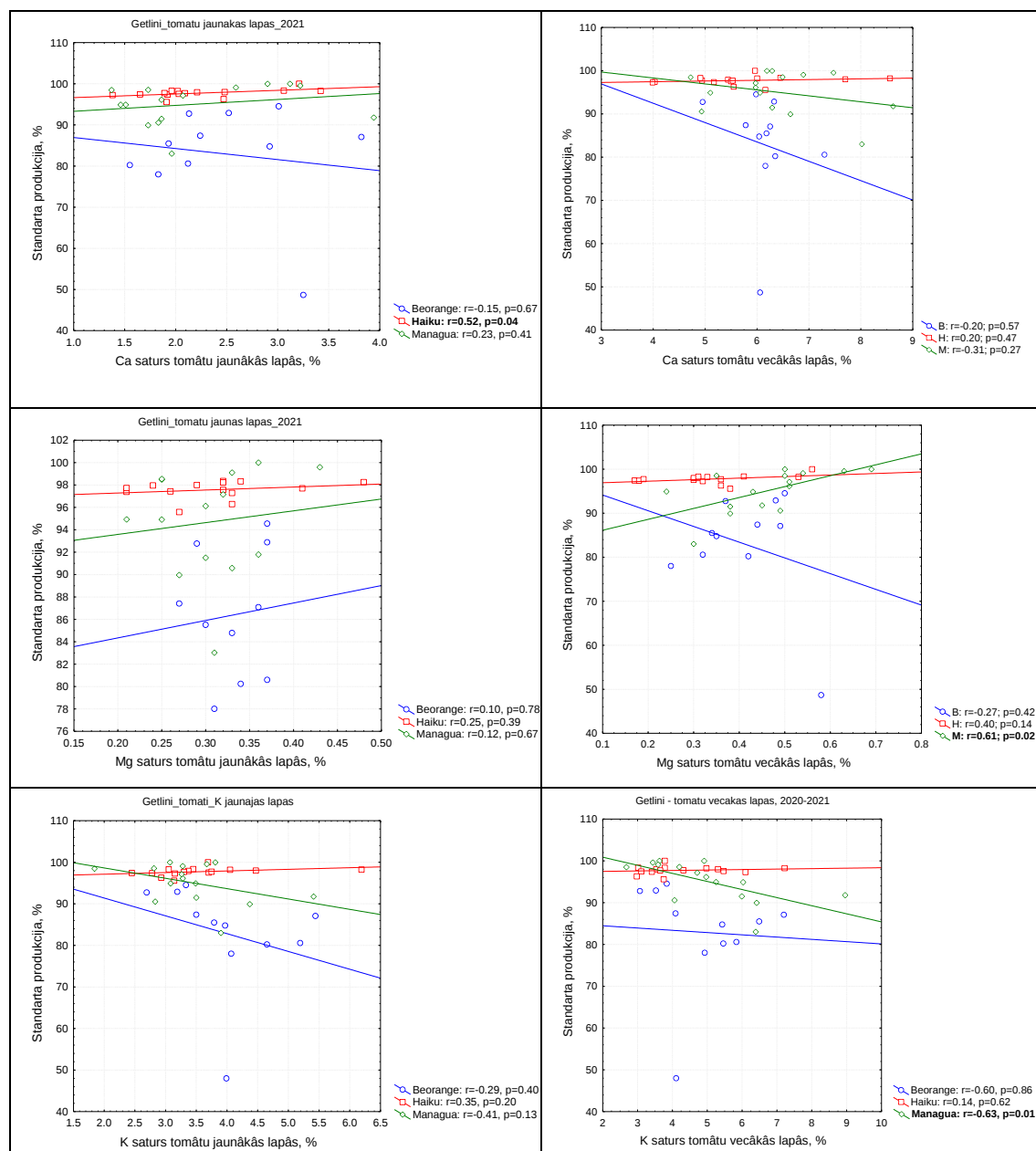
Izmantojot regresijas analīzi, 2019.-2020.g. audzēšanas ciklā tika atklātas tikai dažas atšķirības starp tomātu šķirnēm attiecībā uz standarta produkcijas daudzumu un barības elementu saturu. Būtiska pozitīva korelācija tika konstatēta standarta ražai ar Ca un Mg saturu vecākajās lapās 'Managua', ar Ca - 'Beorange' un ar Mg - 'Haiku' (9.attēls).



9.attēls. Standarta produkcijas procentuālās daļas īpatsvars atkarībā no Ca un Mg satura dažādu šķirņu tomātu lapās 2019.-2020.g. (Līnijas norāda lineāro regresiju, B 'Beorange'; M 'Managua', H 'Haiku').

Neatkarīgi no Ca un Mg satura izmaiņām, šķirnei 'Haiku' standarta produkcijas īpatsvars gandrīz vienmēr bija tuvu 100%.

2020.-2021.g audzēšanas ciklam regresijas analīze pielietota, lai noskaidrotu sakarības starp Ca, Mg un K saturu jaunās un vecākās tomātu lapās un standarta produkcijas īpatsvaru. Rezultāti atspoguļoti 10.attēlā.



10.attēls. Standarta produkcijas procentuālās daļas īpatsvars atkarībā no Ca, Mg un K satura dažādu šķirņu tomātu lapās 2020.-2021.g. (Līnijas norāda lineāro regresiju, B 'Beorange'; M 'Managua', H 'Haiku').

Līdzīgi kā iepriekšējā audzēšanas ciklā, šķirnei 'Haiku' barības elementu satura izmaiņas būtiski neietekmē ražas kvalitāti un tā ir vienmērīgi augsta. Analīze rāda, ka šķirnei 'Beorange', kurai lielāka tomātu augļu proporcija ar defektiem, kas saistīti ar Ca uzņemšanas traucējumiem, Ca un Mg pārbagātība vecākajās lapās nav ieteicama. Savukārt optimāls Mg saturs jaunajās

lapās varētu būt ražas kvalitāti veicinošs faktors. Tāpat konstatēta tendence, ka augstas K koncentrācijas ‘Beorange’ šķirnes tomātu lapās varētu veicināt nestandarta ražas veidošanos. Līdzīgas sakarības attiecībā uz K konstatētas arī šķirnei ‘Managua’. Savukārt optimāls un augsts Mg nodrošinājums ‘Managui’ gan jaunajās, gan vecākajās lapās sekmē tomātu augļu kvalitāti.

K tomātiem ir vajadzīgs ievērojamā daudzumā, un tas ir viens no barības elementiem, kas ļoti būtiski pozitīvi ietekmē tomātu augļu garšu un kvalitāti (Schwarz et al., 2013; Hernández-Pérez et al., 2020). Tomēr tas var darboties arī kā antagonists citu barības elementu uzņemšanai. Mūsu pētījuma pirmajā gadā tika atklāta būtiska negatīva korelācija starp K un Ca, K un Mg tomātu saturu vecajās lapās ($r = -0,61$ un $-0,53$). Kopumā tomātu audzēšanā K-Mg un K-Ca antagonisms ir izplatīta parādība (Pujos un Morard, 1997; Fanasca et al. 2005). Jāatzīmē, ka visām trim tomātu šķirnēm bija pietiekams Ca saturs jaunajās lapās un samērā augsts vecajās lapās, savukārt Mg saturs kopumā bija pietiekamā diapazonā. Lai gan visām šķirnēm Ca un Mg uzkrāšanās tendences lapās augšanas sezonā bija diezgan līdzīgas, ‘Beorange’ tika konstatēta visaugstākā vidējā K koncentrācija (1.tabula) un arī visaugstākais augļu daudzums ar BER. Veģetācijas sezonā, parasti rudenī un ziemā, BER sastopamība tika reģistrēta galvenokārt ‘Beorange’ tomātiem, mazākos apjomos ‘Managua’, bet netika konstatēta ‘Haiku’ augļiem. Mazāk izteiktas šīs sakarības 2020.-2021.g. ražošanas ciklā, kad K saturs tomātu lapās audzēšanas sākumā zemāks visām šķirnēm un tas arī būtiski neatšķīrās starp šķirnēm.

Izvērtējot elementu attiecības, 2019.-2020.g. visām šķirnēm tika konstatēta augsta K: Mg attiecība abu vecumu tomātu lapās: ‘Beorange’, ‘Managua’ un ‘Haiku’ vidēji 12,0, 10,9, 10,2 (optimālais diapazons 6-8, Brust, 2013). Arī 2020.-2021. g. šī attiecība pārsniedz 12,0. Tāpēc, lai nodrošinātu K, Ca un Mg sabalansētu apgādi, jāņem vērā šķirņu specifika un iespējams, jākorrigē K un/vai Mg apgāde augsta Ca nodrošinājuma apstākļos, lai mazinātu augļu defektu izplatību. Šajā virzienā pētījumi vēl turpināmi, jo viennozīmīgas atbildes nav gūtas. 2021.g. ziemas/pavasara mēnešos tika samazinātas K koncentrācijas barības šķīdumā, jo konstatējām K satura strauju pieaugumu lapās. Tomēr tas nemazināja defektu (BER) veidošanos ‘Beorange’ tomātiem.

Latvija ir starp valstīm, kura ģeogrāfiski atrodas tādos platuma grādos, ka tieši klimatiskie apstākļi apgrūtina un sadārdzina dārzeņu, t.sk. tomātu audzēšanu rudens/ziemas sezonā, izmantojot mākslīgo apgaismojumu. Zema saules gaismas intensitāte un īss fotoperiods ir plaši zināmi kā potenciālie Ca uzņemšanas un tādējādi BER izraisītie faktori (Yoshida et al., 2014; Vinh et al., 2018). Tomēr pētījuma rezultāti nesniedza pārliecinošu informāciju par nestandarta ražas daļas proporcionālo saistību ($p < 0.05$) ar zemu saules radiāciju rudens-ziemas mēnešos. Drīzāk tika konstatēta kopējā apgaismojuma pozitīva korelācija ar kopējās ražas lielumu.

2. Eksperimenta rezultāti par papildus Ca saturošu vai to uzņemšanu veicinošu preparātu smidzinājumiem uz tomātu (Beorange) augļiem

Vairāki pētījumi ir pierādījuši, ka tieši strauja augļu augšana lielaugļu tomātiem var izraisīt kavētu Ca transportu uz augļa distālajiem audiem. Tas, iespējams, ir dominējošais faktors, kas izraisa Ca koncentrācijas atšķaidīšanos un līdz ar to palielina augļu uzņēmību pret BER (Ho and White, 2005; Ikeda et al., 2017).

Lai pārbaudītu papildus Ca apgādes iespējas tomātu augļu defektu veidošanās novēršanai, 2020.-2021. ražošanas cikla sākumā šķirnes 'Beorange' platībā tika iekārtots eksperiments ar 5 dažādiem Ca saturošiem, vai Ca uzņemšanu veicinošiem (Greenstim) preparātiem. No oktobra sākuma tie tika smidzināti tieši uz ķekariem tūlīt pēc augļu aizmešanās 1 reizi nedēļā. Lai izvērtētu smidzinājumu ietekmi uz Ca un citu barības elementu uzņemšanu augļos, tomātu augļu paraugi ievākti 1 reizi mēnesī (sākot no 21.10.2020. līdz 24.03.2021.) no 2 secīgiem ķekariem (mazākie ~ paipalu olas lielums, un lielāki no nākošā ķekara). Kā kontrole izmantoti tomātu stādi no ražojošās platības. Augļu paraugos noteikts Ca, kā arī P, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu un Mo saturs. Reizi nedēļā (43.-18. kalendārā nedēļā) veikta ražas uzskaitē.

Eksperimenta shēma sekojoša:

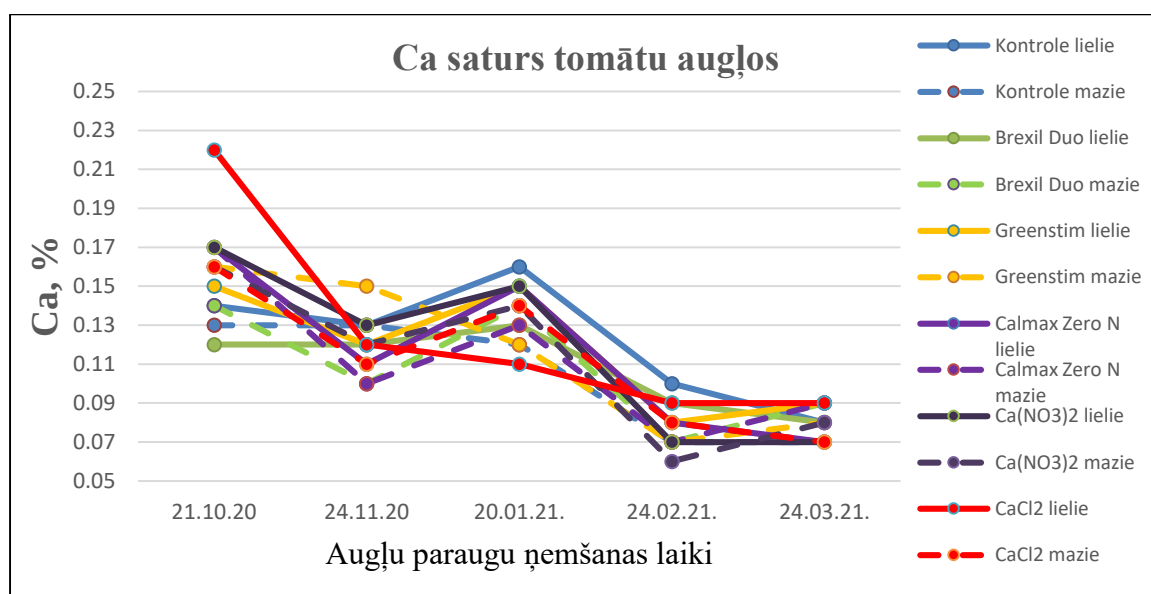
Variants	Kontrolē	Brexil Duo 0.2%	Kontrolē	Green stim 0.2%	Kontrolē	Calmax zero N 0.5%	Kontrolē	Ca(NO ₃) ₂ 0.5%	Kontrolē	CaCl ₂ 0.5%
Augu skaits	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10

Diemžēl iegūtie rezultāti par Ca akumulācijas augļos (37-41.pielikums) liecināja, ka neviens no preparātiem nebija efektīvs Ca satura paaugstināšanā šķirnes 'Beorange' tomātos. Sākot no 2020.g. februāra tika konstatēta plaša BER izplatība (pielikums Getlini_ražas 2019_2021), kas izraisīja nestandarta ražas daļas procentuālo pieaugumu, tai pārsniedzot 15%. Tas sakrita ar Ca satura pazemināšanos augļos. Ja oktobra-janvāra periodā Ca saturs vairumā gadījumu bija 0.12-0.15% robežās, tad februārī-martā tikai 0.07-0.09% (11. attēls). Lai arī līdz šim nav identificēts noteikts kritiskais Ca līmenis, kas būtu tieši saistīts ar augļu galotnes puves veidošanos, literatūrā norādīts, ka BER rašanās varbūtība ievērojami palielinās, ja kalcija koncentrācija augļos (sausnē) nokrītas zem 0,08%, savukārt traucējumi reti sastopami, ja Ca līmenis augļos pārsniedz 0,12% (Heuvelink, 2005). Arī mūsu pētījumā iegūtie rezultāti par Ca līmeni augļos ar un bez BER pazīmēm (Pielikums 42A) liecina, ka šis defekts var parādīties pie vienāda Ca satura tomātos, apliecinot citu faktoru būtisku ietekmi. Arī ražas dati (7.tabula) **apliecināja šādu smidzinājumu nelietderību rudens-pavasara mēnešos audzējot tomātu šķirni 'Beorange' maksīgajā apgaismojumā.** Vairumā gadījumu iegūtā raža bija zemāka, izņemot variantu ar kalcija hlorīdu, bet ražas kvalitāte būtiski neatšķīrās. Netika konstatēta arī citu barības elementu uzņemšanas efektivitātes veicināšana. Parasti Ca papildus piegādes neefektivitāti saista ar tehnoloģijas neievērošanu – smidzināšanu pa visu augu, tā lapām, apstrādes neregularitāti (Ho and White, 2005). Mūsu eksperimenta gadījumā visi priekšnoteikumi tika ievēroti un Ca preparāti migloti tieši uz jaunajiem augļiem, tūlīt pēc aizmešanās.

Kopumā izpratne par vides faktoriem, kas ietekmē gan augļa augšanas ātrumu, gan Ca transportu līdz augļiem, var uzlabot audzēšanas praksi, lai ierobežotu BER veidošanos. Kā vienu no galvenajiem paņēmieniem, lai novērstu ļoti strauju augļu augšanu, parasti min īslaicīgas augstas gaismas intensitātes un temperatūras nepieļaušanu. Lai optimizētu Ca uzņemšanu caur saknēm – izvairīšanos no augstas sāļu koncentrācijas (<5 mS/cm) un amonija formas N pārbagātības (<10% no kopējā N) barības šķīdumā, ekstremālu temperatūru (<14 °C or >30 °C) un pārmērīga sausumu sakņu zonā nepieļaušanu. Uzskata, ka transpirācijas plūsmu un tādējādi Ca piegādi augļiem var veicināt palielinot mitruma un samazinot lapu: augļu attiecību. Lielā mērā visi nosacījumi un audzēšanas agronomiskie paņēmieni, lai samazinātu BER veidošanos, tika ievēroti un pielietoti Getliņi EKO tomātu siltumnīcās. Līdz ar to varam secināt, ka tomātu šķirne ‘Beorange’ ģenētiski ir BER ieņēmīga. Lai arī 2 pētījuma gados tika atklātas atsevišķas tendences un korelācijas, balstoties uz pašreizējo zināšanu bāzi, vēl nevaram dot skaidras rekomendācijas, lai novērstu šī defekta veidošanos. Tādējādi, audzējot ‘Beorange’ rudens/pavasara audzēšanas ciklā mākslīgajā apgaismojumā, jārēķinās ar ~ 15% lielu nestandarta produkcijas daļas veidošanos. Pētījumi šajā virzienā neapšaubāmi turpināmi.

7.tabula. Eksperimentā ar Ca saturošu vai to uzņemšanu veicinošu preparātu smidzinājumiem uz tomātu (Beorange) augļiem iegūtā tomātu raža

Variants	Kontrole bez miglojuma	Brexil Duo 0,2%	Green Stim-0.2%	Calmax Zero N 0.5%	Ca(NO ₃) ₂ 0.5%	CaCl ₂ 0.5%
28 nedēļās iegūtā raža no 10 augiem, kg	153.13	136.48	136.24	151.63	137.38	158.26
% salīdzinājumā ar kontroli	100	89	89	99	90	103



11.attēls. Dažādu Ca saturošu un Ca uzņemšanu veicinošu preparātu smidzinājumu ietekme uz Ca saturu ‘Beorange’ tomātu augļos.

Kopsavilkums - secinājumi

- Pētījuma rezultāti uzrādīja kopumā normas robežām atbilstošu barības elementu nodrošinājumu lapās tomātu šķirnēm 'Beorange', 'Managua' un 'Haiku' visā audzēšanas ciklā SIA Getliņi EKO siltumnīcās. Tomēr tika konstatētas arī atsevišķas novirzes no optimālā: visām pētījumā iekļautajām tomātu šķirnēm bija raksturīgs zems Zn nodrošinājums gan jaunās, gan vecākās lapās un augsts S un Mn līmenis vecākajās lapās.
- Veiktā barības šķīduma sastāva korekcijas novērsa nelabvēlīgi augstu Mn uzkrāšanos tomātu lapās. Tādējādi varam secināt, ka 0.32-0.35 mg/l Mn barības šķīdumā ir pietiekams daudzums tomātus audzējot hidroponikā akmens vates substrātā.
- Lapu diagnostika liecināja, ka Zn līmeņa paaugstināšana barības šķīdumā līdz 0.8 mg/l nevar pilnībā nodrošināt optimālu Zn saturu tomātu lapās. Kā iespējams risinājums – Zn paaugstināšana barības šķīdumā (potenciāli 1.0 mg/l), foliāru Zn mēslošanas līdzekļu pielietošana.
- Mūsu pētījums atklāja dažas atšķirības lapu ķīmiskajā sastāvā starp šķirnēm ar dažāda lieluma augļiem, kas, iespējams, veicina fizioloģiskos traucējumus un nestandarta ražas veidošanos. Kopumā lielaugļu tomātiem 'Beorange' vecākajās lapās bija augstāks B, S, K, P, Fe saturs un arī nestandarta produkcijas daudzums, turpretī ķekaru tomātiem 'Haiku' - augstāks Ca, Mg saturs un standarta produkcija. Savukārt vidēji lielu augļu šķirnei "Managua" netika konstatētas skaidras tendences.
- Būtiska pozitīva korelācija starp lapu hlorofila saturu SPAD vienībās un K, Ca, Mg, S un Fe saturu lapās apliecināja šo elementu apgādes lomu intensīvas fotosintēzes nodrošināšanā, kas ir priekšnoteikums augstai ražai.
- Izmantojot datu korelācijas un regresijas analīzes, kopumā tika konstatēta statistiski būtiska pozitīva korelācija starp Ca un Mg saturu vecākajās lapās un standartam atbilstošu tomātu ražu, savukārt K tika reģistrēta negatīva korelācija. Tomēr šīs sakarības nav viennozīmīgas. Tāpēc, lai nodrošinātu K, Ca un Mg sabalansētu apgādi, jāņem vērā šķirņu specifika un, iespējams, jākorrigē K un/vai Mg apgāde augsta Ca nodrošinājuma apstākļos, lai mazinātu augļu defektu izplatību. Šajā virzienā pētījumi vēl turpināmi.
- Lai pārbaudītu papildus Ca apgādes iespējas tomātu augļu defektu veidošanās novēršanai, 2020.-2021. ražošanas cikla sākumā šķirnes 'Beorange' platībā tika veikts eksperiments ar 5 dažādiem Ca saturošiem, vai Ca uzņemšanu veicinošiem (Greenstim) preparātiem. Diemžēl, iegūtie rezultāti par Ca akumulācijas augļos liecināja, ka neviens no preparātiem nebija efektīvs Ca satura paaugstināšanā šķirnes 'Beorange' tomātos. Arī ražas dati apliecināja šādu smidzinājumu nelietderību rudens-pavasara mēnešos audzējot tomātu šķirni 'Beorange' mākslīgajā apgaismojumā.
- Lielā mērā visi nosacījumi un audzēšanas agronomiskie paņēmieni, lai samazinātu BER veidošanos, tika ievēroti un pielietoti Getliņi EKO tomātu siltumnīcās. Līdz ar to varam secināt, ka tomātu šķirne 'Beorange' ģenētiski ir BER ieņēmīga. Lai arī 2 pētījuma gados tika atklātas atsevišķas tendences un korelācijas, balstoties uz pašreizējo zināšanu bāzi vēl nevaram dot skaidras rekomendācijas, lai novērstu šī defekta veidošanos. Tādējādi audzējot 'Beorange' rudens/pavasara audzēšanas ciklā mākslīgajā apgaismojumā jāreķinās ar ~ 15% lielu nestandarta produkcijas daļas veidošanos. Pētījumi šajā virzienā neapšaubāmi turpināmi.

Izmantotā literatūra

- Haifa (2020). Nutritional Recommendations for Tomato. <https://www.haifa-group.com/files/Guides/tomato/Tomato.pdf>
- Brust G. 2013. Nutrient Problems and Their Management in Tomatoes. University of Maryland extension. <https://extension.umd.edu/learn/nutrient-problems-and-their-management-tomatoes>.
- Campbell, C.R. (2000). Reference Sufficiency Ranges for Plant Analysis in the Southern Region of The United States. Southern Cooperative Series Bulletin, 394, pp. 122, www.ncagr.gov/agronomi/saesd/scsb394.pdf.
- Fanasca, S., Roupael, Y., Cardarelli, M. & Colla, G. 2005. The influence of K:Ca:Mg:Na ratio and total concentration on yield and fruit quality of soilless-grown tomatoes: a modelling approach. Acta Horticulturae 697, 345-350. doi: 10.17660/ActaHortic.2005.697.43
- Hatamian, M., Rezaei Nejad, A., Kafi, M., Souri, M.K. & Shahbazi, K. 2020. Interaction of lead and cadmium on growth and leaf morphophysiological characteristics of European hackberry (*Celtis australis*) seedlings. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 7(1), 1–8. doi:10.1186/s40538-019-0173-0.
- Hernández-Pérez, O.I., Valdez-Aguilar, L.A., Alia-Tejacal, I., Cartmill, A.D., and Cartmill, D.L. (2020). Tomato fruit yield, quality, and nutrient status in response to potassium: calcium balance and electrical conductivity in the nutrient solution. J. Soil Sci. Plant Nutr. 20:484–492. doi.org/10.1007/s42729-019-00133-9
- Heuvelink, E. (2005). Tomatoes, 1st edn. (Oxfordshire: CAB International), pp. 342.
- Heuvelink, Ep. 2018. Tomatoes. 2nd edition, Crop production science in horticulture series, 27. CABI International, Oxfordshire, 388 pp.
- Ho, L.C., and White, P. J. (2005). A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. Ann. Bot. 95, 571-581.
- Hochmuth, G.J. 2018. Fertilizer Management for Greenhouse Vegetables—Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3. UF/IFAS Extension HS787, 19 pp.
- Ikeda, H., Shibuya T., Nishiyama M., Nakata Y., and Kanayama Y. (2017). Physiological mechanisms accounting for the lower incidence of blossom-end rot in tomato introgression line IL8-3 fruit. Hort. J. 80, 327-333.
- McCune, B. & Grace, J.B. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, Glenden Beach, Oregon, 304 pp.
- Mengel, K., and Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition (Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers) pp. 849.
- Microwave plasma atomic emission spectroscopy (MP-AES). 2021. Application eHandbook, Agilent Technologies, 163 pp.
- Padilla, F.M., Thompson, R.B., Peña-Fleitas, M.T. & Gallardo, M. 2018. Reference values for phenological phases of chlorophyll meter readings and reflectance indices for optimal N nutrition of fertigated tomato. Acta Horticulturae 1192, 65–72. doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1192.7
- Peet, M.M., and Welles, G. (2005). Greenhouse Tomato Production. In Crop Production Science in Horticulture Series, E. Heuvelink, ed. (CABI Publishing, Wallingford), p. 257-304.

- Pujos, A., and Morard, P. (1997). Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage. *Plant Soil* 189, 189–196. doi: 10.1023/A:1004263304657.
- Rinkis, G., Ramane, H., and Kunicka, T. (1987). *Methods of soil and plant analysis* (Riga, Latvia: Zinatne), pp.174.
- Schwarz, D., Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Brückner, B., and Krumbein, A. (2013). Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Sci. Hortic.* 149, 70–79. doi: 10.1016/j.scienta.2012.06.013.
- Shahbandeh, M. (2018). Global hydroponic-growth tomato crop market share by region 2017. <https://www.statista.com/statistics/879885/global-hydroponic-growth-tomato-crops-market-share-by-region/>
- Vinh, T.D., Yoshida, Y., Ooyama, M., Goto, T., Yasuba, K., Tanaka, Y. (2018). Comparative analysis on blossom-end rot incidence in two tomato cultivars in relation to calcium nutrition and fruit growth. *Hort. J.* 87(1), 97-105. doi: 10.2503/hortj.OKD-114.
- Zargar Shooshtari, F., Souri, M.K., Hasandokht, M.R. & Kalate Jari, S. 2020. Glycine mitigates fertilizer requirements of agricultural crops: case study with cucumber as a high fertilizer demanding crop. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 7(1), 1–10. doi:10.1186/s40538-020-00185-5.
- Yoshida, Y., Irie, N., Vinh, T.D., Ooyama, M., Tanaka, Y., Yasuba, K., and Goto, T. (2014). Incidence of blossom-end rot in relation to the water-soluble calcium concentration in tomato fruits as affected by calcium nutrition and cropping season. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 83 (4), 282–289. 2014. doi: 10.2503/jjshs1.CH-107.

3. Gurķu minerālās barošanās stāvokļa izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcā ar mākslīgo apgaismojumu.

2019.-2020.gada audzēšanas sezona

Pēdējo desmitgadu laikā gurķu (*Cucumis sativus* L.) kultivēšana hidroponikā (bez augsnes) ir strauji attīstījusies visā pasaulē un arī Latvijā. Reizē ar precīzu mikroklimata, laistīšanas un augu aizsardzības pasākumu nodrošināšanu, vieni no galvenajiem faktoriem augstas produktivitātes sasniegšanai rūpnieciskajās siltumnīcās ir audzēšanas substrāta izvēle, kā arī barības šķīdumu receptūras, kas nodrošina optimālu augu minerālās barošanās stāvokli. Lai gan hidroponikas sistēmās tiek izmantoti dažādi substrāti, akmens vate ir dominējošā dārzu audzēšanā siltumnīcās, īpaši Eiropā (Gruda, 2019). Akmens vates galvenās priekšrocības ir substrāta viendabīgums, mazs tilpuma svārs, augsta ūdens kapacitāte un labs gaisa režīms augu saknēm. Projekta realizācijas 1. gadā (2019.-2020.g.) gurķu minerālās barošanās stāvokļa izpēte tika veikta tos audzējot akmens vates substrātā SIA Getliņi EKO siltumnīcā.

Materiāls un metodes

2019.-2020. g. audzēšanas sezonā pētījums realizēts SIA Getliņi EKO augsti tehnoloģiskā gurķu audzēšanai speciāli piemērotā siltumnīcā, kurā pilnībā izmantots tikai LED mākslīgais apgaismojums. Akmens vates substrātā (Grodan) tika audzēta Eiropas tipa garo gurķu šķirne 'Imea F1' (augļu vidējais garums 29–34 cm).

1. aprītē gurķu stādi pārstādīti akmens vatē 2019. g. 13. septembrī. Augu blīvums 3,6 augi uz m². Barības šķīduma koncentrācijas (mg/l): N_{NH4} <20, N_{NO3} 270-290, P 45-51, K 370-450, Mg 60-70, Ca 230-240, S 115, Fe 1.98-2.2, Mn 0.71-0.45, Cu 0.13, Zn 0.34-0.44, B 0.44, Mo 0.05. Barības šķīduma pH un EC vērtības tika uzturētas vidēji: - pH 5.3 un EC 3,0 mS cm⁻¹.

2. aprītē gurķu stādi pārstādīti akmens vatē 15. janvārī. Barības šķīduma koncentrācijas (mg/l) līdzīgas kā 1. aprītē, izņemot koriģēto Zn 0.44 mg/l, Mn 0.45-0.39 mg/l.

Pirmās aprites laikā (2019. g. augusts-decembris) vidējā dienas/nakts temperatūra bija 24.2/21.8 °C, vidējā 24 stundu temperatūra 22.9°C. Dabīgā plus mākslīgā apgaismojuma intensitātē siltumnīcā bija robežās no 351 līdz 541 μmol s⁻¹ m⁻², vidēji 468 μmol s⁻¹ m⁻².

Otrā aprites laikā (2020. g. janvāris-jūnijs) vidējā dienas/nakts temperatūra bija 24.9/21.6 °C, vidējā 24 stundu temperatūra 23.6°C. Dabīgā plus mākslīgā apgaismojuma intensitātē siltumnīcā bija robežās no 292 līdz 526 μmol s⁻¹ m⁻², vidēji 468 μmol s⁻¹ m⁻².

Normālai augu augšanai un attīstībai, kas savukārt nodrošina augstu un kvalitatīvu ražu, nepieciešams noteikts barības elementu saturs audzējamās kultūras lapās. Tādēļ 2 reizes mēnesī tika veikta jaunu, pilnīgi attīstījušos gurķu lapu un vecāku lapu (zem gurķa cigāru stadijā) minerālās barošanās diagnostika nosakot 12 barības elementu (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B) saturu. Pēc lapu paraugu mineralizācijas, tika izmantotas šādas analītiskās metodes: K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn un Mn saturu noteica ar mikroviļņu plazmas atomu emisijas spektrometru (MP-AES) 4210 Agilent Technologies; N, P, Mo, B kolorimetriski, S turbidimetriski (spektrofotometrs JENWAY 6300) (Riņķis et al., 1987; Microwave plasma atomic emission spectroscopy MP-AES, 2021).

Nedestruktīvo augu fizioloģisko rādītāju mērījumi tika veikti reizi mēnesī. Hlorofila noteikšanai SPAD vienībās tika izmantots pārnēsājams hlorofilmetrs SPAD 502 (Minolta, Varingtona, Lielbritānija). Ar hlorofila a fluometru Handy PEA (Hansatech Instruments, Lielbritānija) mērīja rādītājus Fv/Fm un PI, kas raksturo augu kopējo fizioloģisko vitalitāti. Mērījumi tika veikti 10 jaunām, pilnībā attīstītām un 10 vecākām gurķu lapām.

Rezultāti

2019.-2020. g.

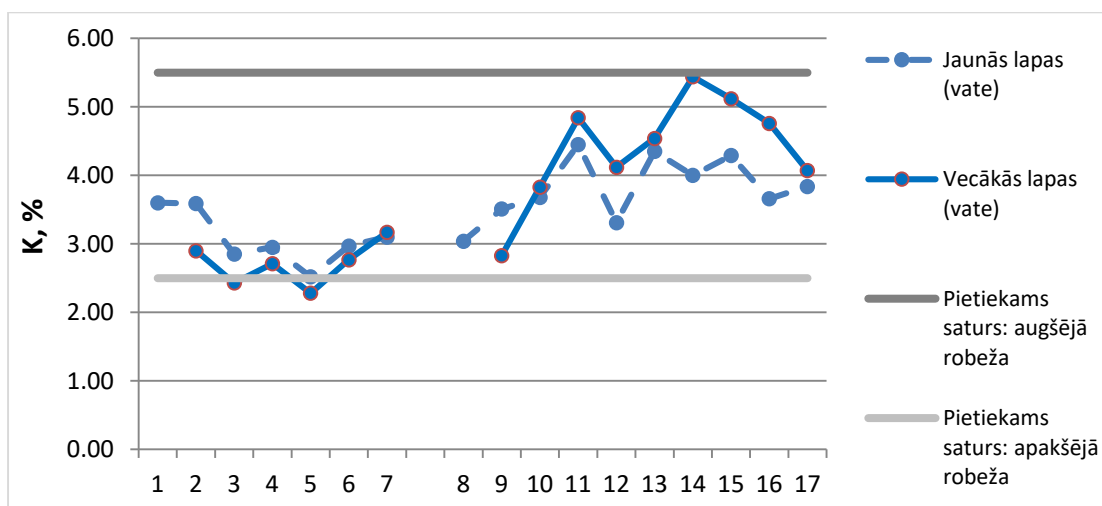
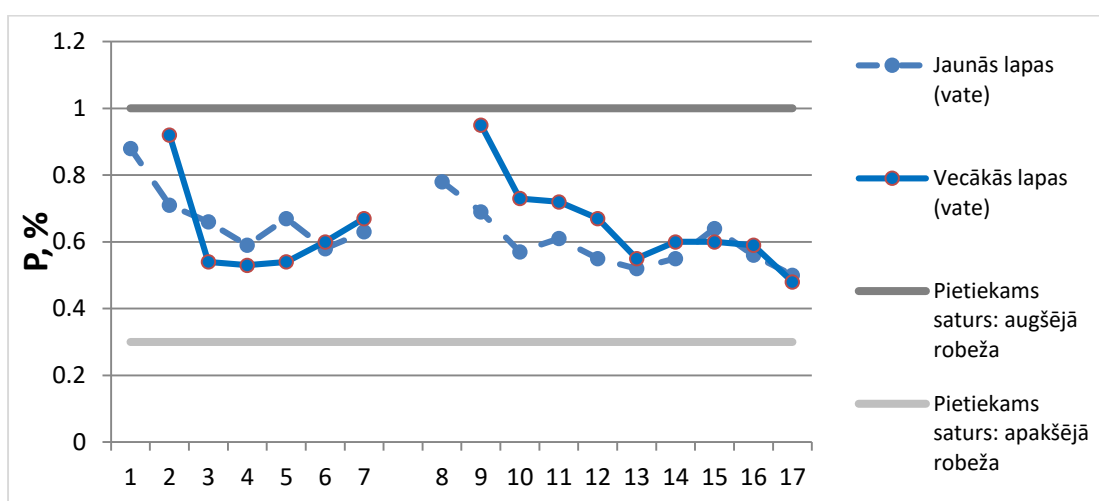
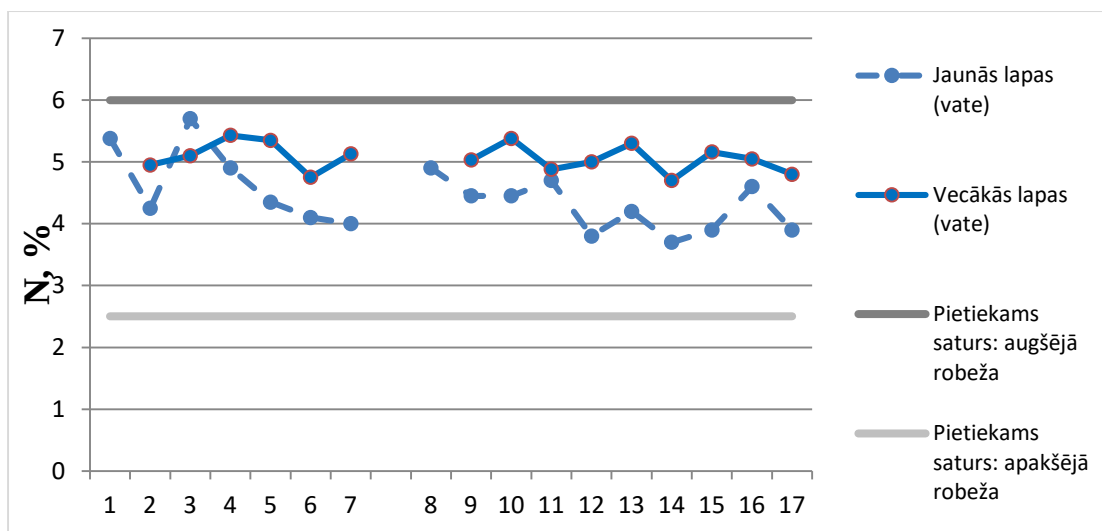
Gurķu minerālās barošanās stāvokļa dinamika sezonas garumā (1. un 2. aprīte) atspoguļota 12. - 15. attēlā. Barības elementu vidējie rādītāji gurķu lapās doti 8. tabulā.

Iegūtie lapu analīžu rezultāti liecina, ka gurķi kopumā optimāli apgādāti ar makroelementiem abās aprītes. Tikai 1. aprītes pašās beigās ziemas periodā konstatēta tendence K koncentrācijai pazemināties vecākajās un Ca koncentrācijai - jaunajās lapās. Arī mikroelementu nodrošinājums iekļaujas rekomendēto (Voogt and Sonneveld, 2009; Hochmuth 2018; Haifa 2021) koncentrāciju diapazonā.

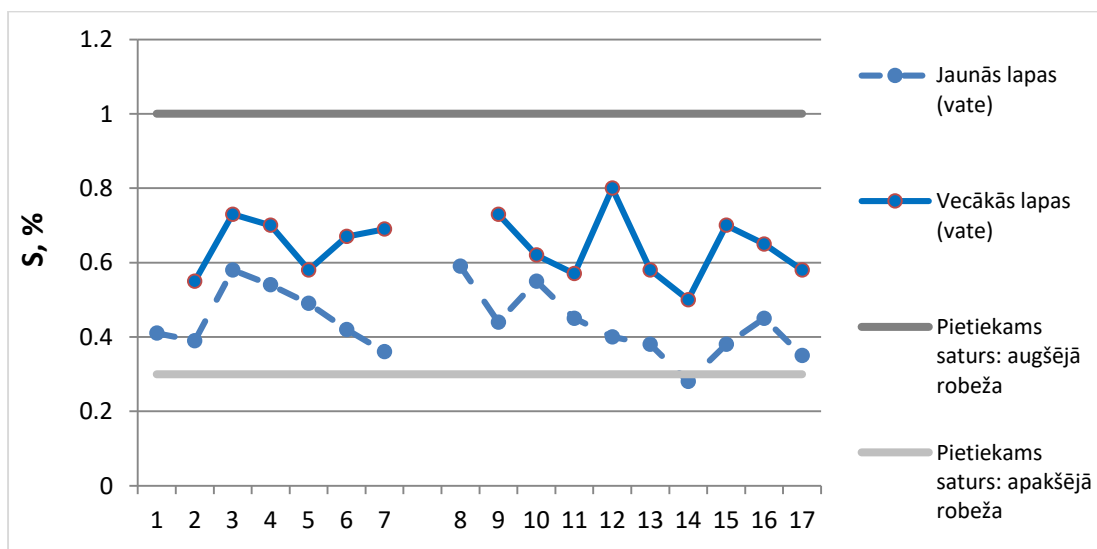
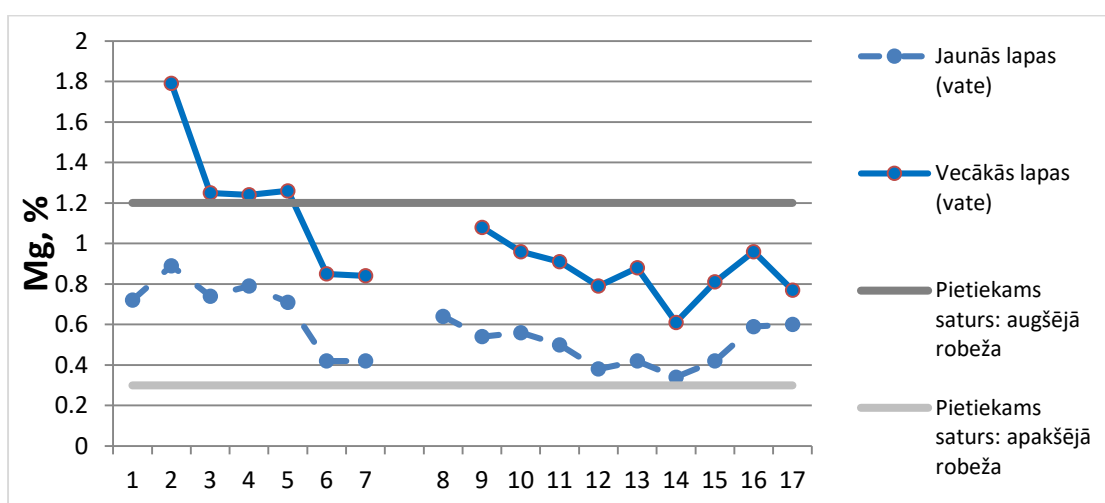
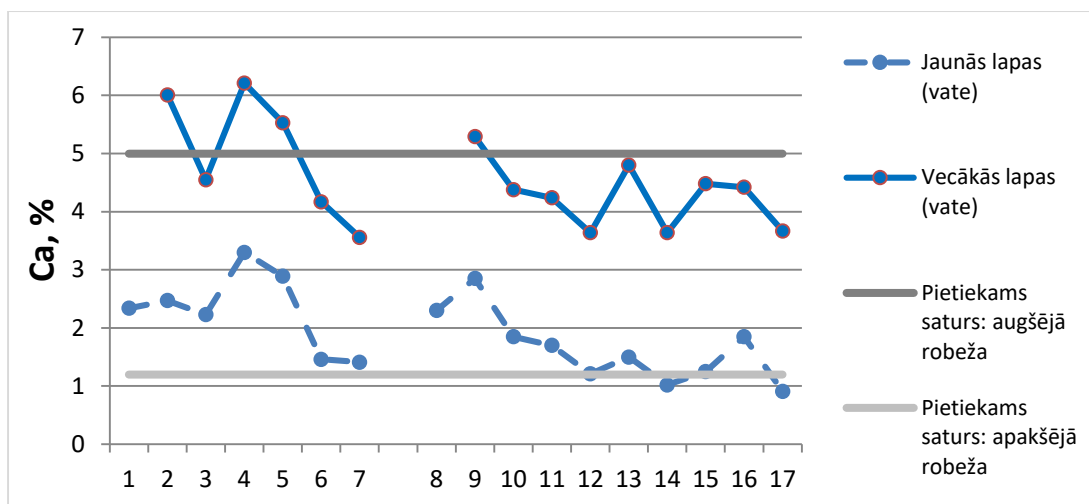
Līdzīgi kā tomātiem, pētījumu uzsākot, 2019. g. 1. aprīte tika konstatēta Mn uzkrāšanās vecākajās gurķu lapās. Tādēļ jau oktobra beigās tika koriģēta barības šķīduma receptūra, samazinot Mn koncentrāciju no 0.71 mg/l uz 0.45 mg/l. Kā rezultātā Mn saturs abu vecumu lapās samazinājās un pilnībā iekļāvās normas robežās. Otrā aprīte tika uzsākta ar koriģēto Mn koncentrāciju, kas marta beigās tika vēl samazināta līdz 0.39 mg/l. Arī šī koriģētā Mn koncentrācija nodrošināja gurķu optimālu apgādi ar Mn, tādēļ tika izmantota visu turpmāko projekta gaitu. Atsevišķos gadījumos (03.2020.), kad tika konstatēts pazemināts Fe saturs jaunajās lapās, tika veikti Fe helāta miglojumi pa lapām, kas novērsa Fe hlorozi.

Rezultāti apstiprināja ķīmiskā sastāva atšķirības starp jaunākām un vecākām lapām: tika konstatēts būtiski augstāks Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Mo un B saturs vecākajās lapās. Minētie elementi (izņemot Mg) augā nepārvietojas, to atkārtota izmantošana ierobežota, tādēļ tie uzkrājas vecākās lapās. Tā kā gurķu lapās optimālas gan augā mobilo, gan mazkustīgo barības elementu koncentrācijas, var secināt, ka izmantotā barības šķīduma receptūra nodrošina auga vajadzības.

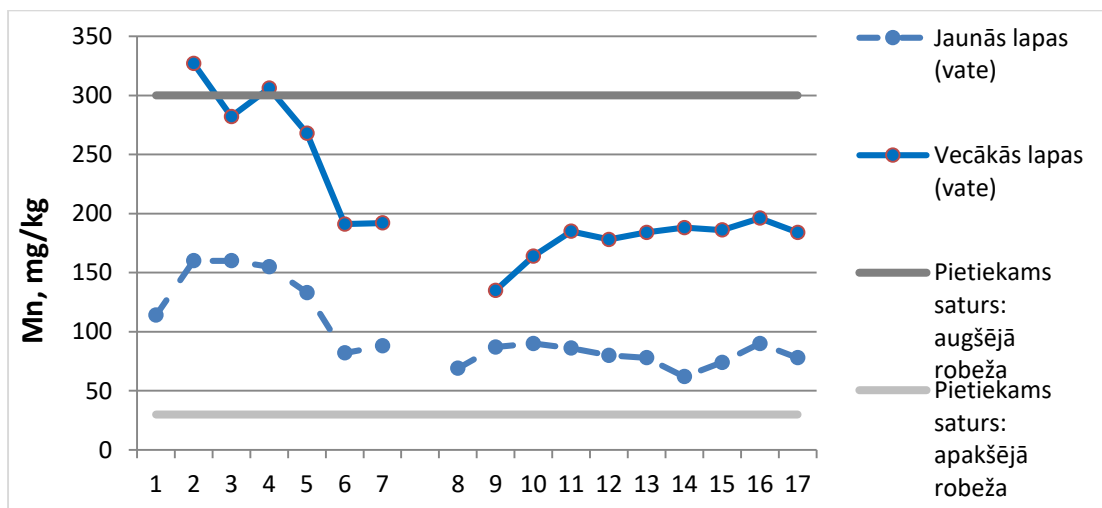
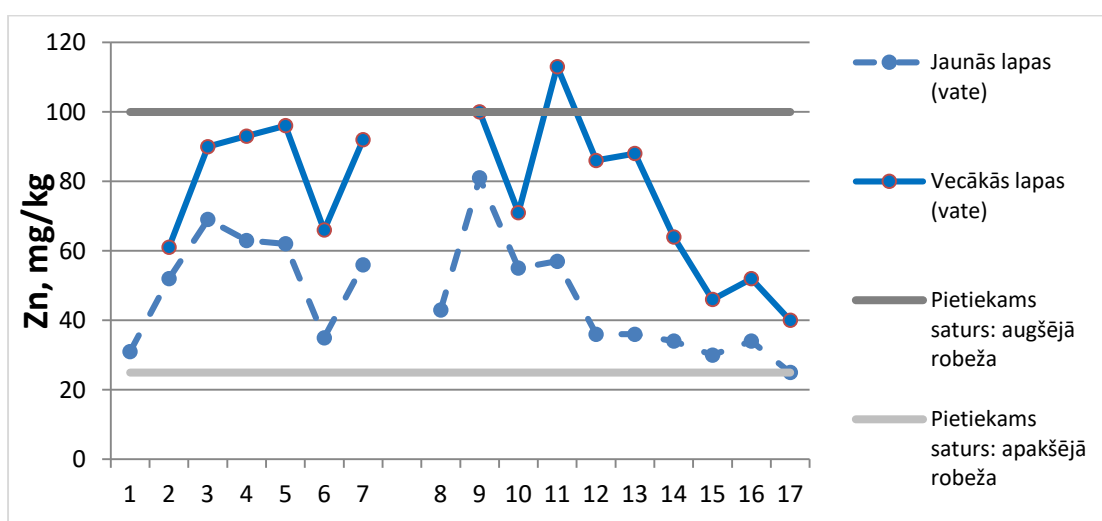
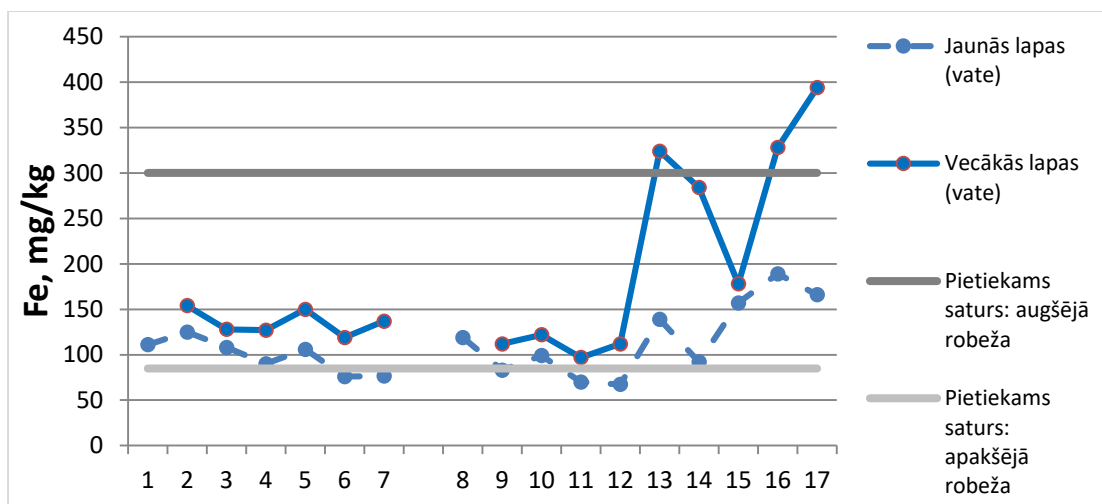
Kopumā nedestruktīvo augu fizioloģisko mērījumu rādītāji bija augstāki gurķu vecākajās lapās. Literatūras avotos (Güler et al., 2006; Padilla et al. 2017) minēts, ka vidējās vērtības, kas piemērotas visām fenoloģiskajām fāzēm gan gurķu maksimālajai augšanai, gan maksimālajai ražai svārstās no 43.6 līdz 45.2 SPAD vienībām. Mūsu pētījumā vidējie SPAD indeksi jaunākām lapām un vecākajām lapām, attiecīgi 44.1 ± 0.9 un 50.5 ± 1.9 , iekļāvās un pat pārsniedz šo diapazonu, kas raksturīgs augstām gurķu ražām. Arī fizioloģiskās vitalitātes rādītāju (Fv/Fm un PI) svārstības abu aprītu gaitā nelielas un kopumā atbilst optimāliem augšanas apstākļiem: Fv/Fm 0.760 jaunajām un 0.813 vecākajām lapām.



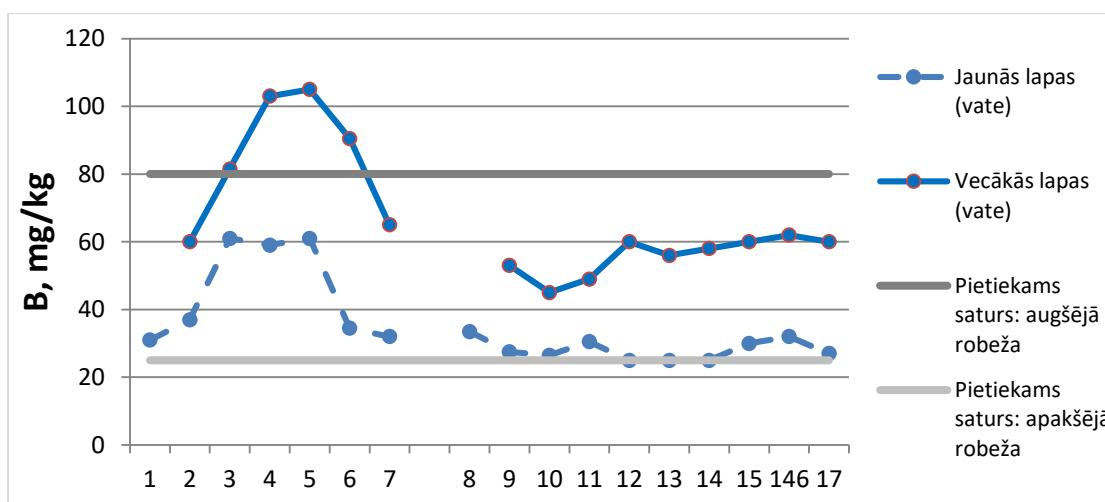
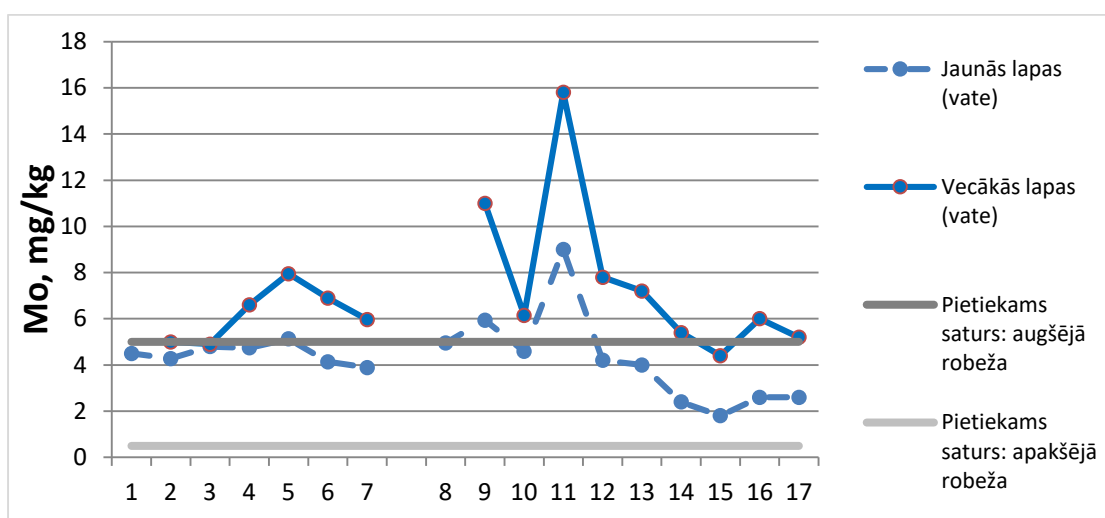
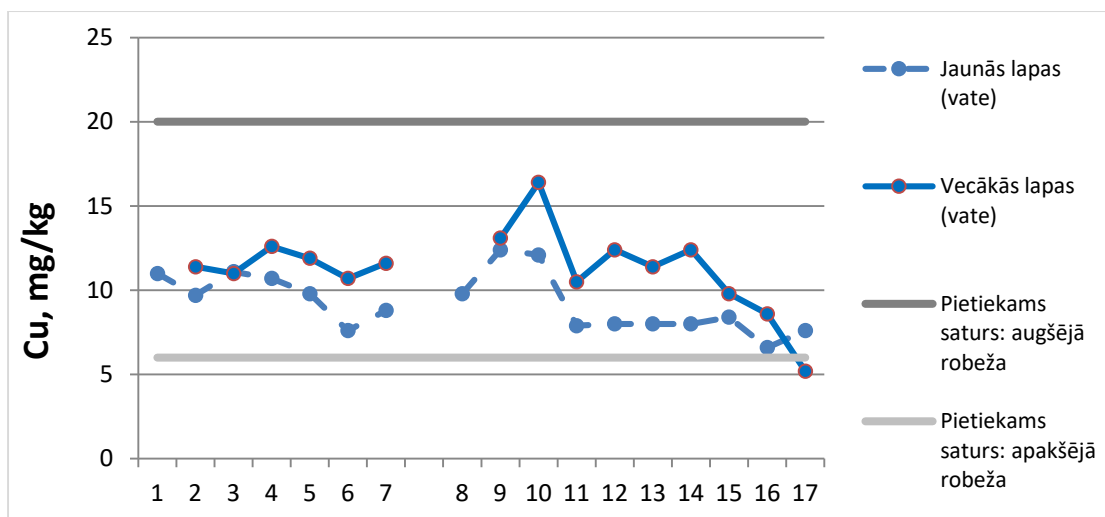
12. attēls. N, P un K saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2019.-2020. gada ražošanas cikla 1. un 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: **1-03.09.19., 2-02.10.19., 3-15.10.19., 4-04.11.19., 5-19.11.19., 6-14.12.19., 7-17.12.19.**; 2. aprītē: **8-22.01.20., 9-06.02.20., 10-19.02.20., 11-04.03.20., 12-18.03.20., 13-06.04.20., 14-21.04.20., 15-07.05.20., 16-20.05.20., 17-05.06.20.**



13. attēls. Ca, Mg un S saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2019.-2020. gada ražošanas cikla 1. un 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumu 1. aprītē: 1-03.09.19., 2-02.10.19., 3-15.10.19., 4-04.11.19., 5-19.11.19., 6-14.12.19., 7-17.12.19; 2. aprītē: 8-22.01.20., 9-06.02.20., 10-19.02.20., 11-04.03.20., 12-18.03.20., 13-06.04.20., 14-21.04.20., 15-07.05.20., 16-20.05.20., 17-05.06.20.



14. attēls. Fe, Zn un Mn saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2019.-2020. gada ražošanas cikla 1. un 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: 1-03.09.19., 2-02.10.19., 3-15.10.19., 4-04.11.19., 5-19.11.19., 6-14.12.19., 7-17.12.19.; 2. aprītē: 8-22.01.20., 9-06.02.20., 10-19.02.20., 11-04.03.20., 12-18.03.20., 13-06.04.20., 14-21.04.20., 15-07.05.20., 16-20.05.20., 17-05.06.20.



15. attēls. Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2019.-2020. gada ražošanas cikla 1. un 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: **1-03.09.19., 2-02.10.19., 3-15.10.19., 4-04.11.19., 5-19.11.19., 6-14.12.19., 7-17.12.19.**; 2. aprītē: **8-22.01.20., 9-06.02.20., 10-19.02.20., 11-04.03.20., 12-18.03.20., 13-06.04.20., 14-21.04.20., 15-07.05.20., 16-20.05.20., 17-05.06.20.**

8. tabula. Barības elementu vidējais saturs jaunās un vecākajās gurķu lapās 2019./2020. gada sezonā (1. aprīte: septembris – decembris, 2. aprīte: janvāris - jūnijs) SIA Getliņi EKO.

Elements	1. aprīte		2. aprīte		Pietiekamības diapazons
	Jaunās lapas	Vecākās lapas	Jaunās lapas	Vecākās lapas	
N	4.67	5.12	4.26	5.03	2.50-6.00
P	0.67	0.63	0.60	0.65	0.30-1.00
K	3.08	2.71	3.81	4.39	2.50-5.50
Ca	2.30	5.00	1.64	4.28	1.20-5.00
Mg	0.67	1.21	0.50	0.86	0.30-1.20
S	0.46	0.65	0.43	0.64	0.30-1.00
Fe	99	136	118	217	85-300
Mn	127	261	79	118	30-300
Zn	53	83	43	73	25-100
Cu	9.81	11.53	8.88	11.09	6-20
Mo	4.5	6.22	4.21	7.66	0.5-5
B	45	84	28	56	25-80

Projekta pētījumā izmantotā gurķu šķirne “Imea” ir standarta šķirne audzēšanai augsta mākslīgā apgaismojuma intensitātes apstākļos, kas potenciāli nodrošina augstu ražu.

Ražas uzskaites dati liecina par augstu gurķu ražas kvalitāti, jo nestandarta produkcijas apjoms sastādīja mazāk kā 3% no kopējās ražas abām aprītēm. Netika konstatēti būtiski gurķu defekti. Ražas dati doti 9. tabulā un pielikumā Getliņi_ ražas 2019_2021. Kopumā iegūti vairāk kā 170 kg gurķu no kvadrātmetra gadā, kas uzskatāma par ļoti augstu ražu arī pasaules mērogā.

9. tabula. Gurķu ražas dati 2019.-2020. g. ražošanas ciklā, šķirne Imea, SIA Getliņi EKO.

2019.-2020. g. sezona	1. aprīte	2. aprīte
Raža no m ² , kg	65.24	105.09
Raža no auga, kg	18.33	29.49
Vidējā raža nedēļā, kg	4.01± 0.17	4.57± 0.15
Standartā produkcija, %	97.14	97.94
Nedēļu skaits, kad ievākta raža	16	22

2020.-2021. g. gurķu audzēšanas sezona

Projekta realizācijas otrajā gadā (2020.-2021. g. ražošanas cikls) tika veikts pētījums par iespējām izmantot kūdras substrātu intensīvā gurķu audzēšanā ar hidroponikas metodi identiskos mikroklimata, laistīšanas un mēslošanas apstākļos, kādi izmantoti audzējot gurķus minerālvatē.

Lai arī akmens vatei piemīt visas substrātam vēlamās īpašības – zems tilpumsvars, stabila struktūra, labs gaisa un ūdens režīms augu saknēm, tā ir brīva no patogēniem, ar zemu mikrobioloģisko aktivitāti, tomēr nopietna problēma ir tās utilizācija pēc audzēšanas cikla

beigām. Tāpēc mūsdienās visā pasaulē aktuālāka tendence – organisku substrātu izmantošana intensīvā dārzu audzēšanā, jo tie bioloģiski noārdās - kompostējas, tos var sekmīgi atkārtoti izmantot dārzkopībā, apstādījumiem u.c. mērķiem. Populārākais ilgstošai audzēšanai hidroponikā ir kokosšķiedru substrāts, kas ir kokosriekstu ražošanas atkritumprodukts. Kā negatīvs aspekts minams fakts, ka kokosšķiedras substrāts var saturēt augstas Na, K un Cl koncentrācijas, tādēļ nepieciešama tā skalošana un buferēšana. Tāpat jāatzīmē transporta izmaksas, jo šī produkta ražošana notiek tālu no mūsu reģiona - Āzijā, Latīņamerikā un tropiskajā Āfrikā (Carlite et al., 2015; Barret et al., 2016).

No visiem organiskajiem materiāliem, kūdra visā pasaulē ir dārzkopībā visplašāk izmantotā substrātu sastāvdaļa, pateicoties lieliskām fizikālajām, ķīmiskajām un bioloģiskajām īpašībām augu augšanas nodrošināšanai (Gruda 2019). Tomēr kūdras substrātus galvenokārt izmanto dārzu, dekoratīvo augu un koku stādu audzēšanai, konteinerstādiem u.c. Praktiski nav informācijas par kūdras substrātu izmantošanu (bez papildus komponentēm) ilgstošai dārzu audzēšanai hidroponikā. Kā galvenos iemeslus var minēt: pagātnes negatīvā pieredze (nestabila struktūra, slikts gaisa režīms augu saknēm, u.c.), kā arī dažādi ekoloģiskie apsvērumi un ‘aizspriedumi’ (Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops 2013). Tomēr kūdra ir pievilcīga dārzu audzētājiem, it īpaši kūdras ražotājvalstīs, mūsu klimatiskajā zonā, kā vietējs, rentabls, kvalitatīvs un atkārtoti izmantojams resurss.

Lai kūdra tiktu atkal izmantota ilgstošā audzēšanā hidroponikā augsto tehnoloģiju siltumnīcās, kūdras substrāta ražošanā nepieciešamas jaunas tehnoloģijas, gabalkūdras izmantošana, lai samazinātu smalko daļiņu proporciju substrātā, tādējādi nodrošinot ilgstošu substrāta stabilitāti.

Šīs pētījuma daļas mērķis bija noteikt kūdras substrāta, kas izgatavots no gabalkūdras (augsto purvu sūnu kūdra), piemērotību kā alternatīvu akmens vatei gurķu ražošanai rūpnieciskā siltumnīcā vienādos mikroklimata, laistīšanas un minerālās barošanās apstākļos. Arī šajā posmā tika izvērtēts barības elementu nodrošinājuma līmenis dažāda vecuma gurķu lapās, tā dinamika, hlorofila saturs lapās SPAD vērtībās un gurķu raža.

Materiāls un metodes

Kopumā pētījums īstenots SIA Getliņi EKO siltumnīcā 2020.-2021. g. ražošanas ciklā divās aprītēs analogiski kā iepriekšējā ražošanas/pētījumu periodā 2019/2020.g.

Eksperimentālais kūdras substrāts tika izgatavots no gabalkūdras ar daļiņu izmēru 7-25 mm. Tas nokaļķots līdz pH/KCl līmenim 6.0. Lai uzlabotu atkārtotu kūdras samitrināšanos, izmantots samitrināšanas līdzeklis. Abu substrātu - akmens vates un kūdras gadījumā, tika izmantots viens barības šķīdums, kura sastāvs (mg/l) sekojošs: $N_{NH_4} < 20$, N_{NO_3} 260-290, P 46, K 360-460, Mg 60, Ca 205, S 115, Fe 1.98, Mn 0.35, Cu 0.13, Zn 0.45, B 0.44, Mo 0.05.

Pirmās aprites laikā (2020. g. augusts-decembris) vidējā dienas/nakts temperatūra bija 25.5/22.7°C, vidējā 24 stundu temperatūra 23.9°C. Dabīgā plus mākslīgā apgaismojuma intensitāte siltumnīcā bija robežās no 249 līdz 556 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, vidēji 453 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Otrās aprites laikā (2021. g. janvāris-jūnijs) vidējā dienas/nakts temperatūra bija 24.7/21.4 °C, vidējā 24 stundu temperatūra 23.4°C. Dabīgā plus mākslīgā apgaismojuma intensitāte siltumnīcā bija robežās no 278 līdz 830 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, vidēji 602 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Ražas novākšanas periodos gurķi tika novākti 6 reizes nedēļā, un dati apkopoti katru nedēļu. Audzēšanas apritu beigās raža tika summēta kā kopējā raža uz m^2 abiem substrātiem.

Rezultāti

Tā kā barības elementu nodrošinājums ir viens no būtiskiem faktoriem, kas nosaka dārzeņu ražu un kvalitāti, īpaši hidroponikā, tika noskaidrota atšķirīgo substrātu potenciālā ietekme uz makro un mikroelementu apgādi gurķu lapās (10.-13. tabula). Kopumā tika konstatēts, ka substrāti statistiski būtiski ($p < 0,05$) neietekmēja N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu un B koncentrāciju gan jaunās, gan vecākās gurķu lapās. Kā vienīgais izņēmums minams Mo ar zemāku uzkrāšanos kūdras substrātā augošajiem gurķiem. Tas lielā mērā ir izskaidrojams ar augstāku pH līmeni akmens vates substrātā, vidēji virs pH 7,0, kas veicina intensīvu Mo uzņemšanu. Kūdras vidē pH/KCl līmenis visā augšanas ciklā saglabājās vidēji 6.0, nodrošinot zemāku, bet tomēr pietiekamu Mo saturu gurķu lapās (42.-51. pielikums).

10. tabula. Makroelementu saturs (% , sausna) jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021.gada sezonā (1.aprite, septembris - decembris) SIA Getliņi EKO.

Substrāts	Jaunās lapas			Vecākās lapas			Pietiekamības diapazons
	MIN	MAX	Vidēji ±SE	MIN	MAX	Vidēji ±SE	
N							
Vatē	2.58	6.10	3.75±0.47 ¹ A ²	4.30	5.70	4.98±0.24bA	2.50-6.00
Kūdrā	2.75	5.80	3.79±0.39aA	4.10	5.50	4.70±0.228bA	
P							
Vatē	0.38	0.99	0.53±0.08aA	0.41	0.78	0.53±0.05aA	0.30-1.00
Kūdrā	0.41	0.93	0.57±0.07aA	0.44	1.09	0.60±0.10aA	
K							
Vatē	1.67	4.58	2.77±0.42aA	2.12	5.12	3.07±0.41aA	2.50-5.50
Kūdrā	1.23	4.39	2.80±0.45aA	1,79	5.72	2.99±0.53aA	
Ca							
Vatē	0.70	4.55	2.09±0.55aA	2.46	8.09	4.98±0.87bA	1.20-5.00
Kūdrā	0.79	4.36	2.26±0.44aA	3.31	8.37	5.27±0.78bA	
Mg							
Vatē	0.34	0.78	0.46±0.06aA	0.52	1.16	0.84±0.11bA	0.30-1.20
Kūdrā	0.38	0.66	0.47±0.04aA	0.63	0.99	0.76±0.06bA	
S							
Vatē	0.16	0.50	0.35±0.04aA	0.35	0.75	0.57±0.06bA	0.30-1.00
Kūdrā	0.35	0.58	0.46±0.03aA	0.38	0.90	0.67±0.07bA	

¹ mazie burti - būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās gurķu lapās katrā substrātā (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp substrātiem katram barības elementam (A < B).

11. tabula. Mikroelementu saturs (mg/kg, sausna) jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021.gada sezonā (1.aprite, septembris-decembris) SIA Getliņi EKO.

Substrāts	Jaunās lapas			Vecākās lapas			Pietiekamības diapazons
	MIN	MAX	Vidēji ±SE	MIN	MAX	Vidēji ±SE	
Fe							
Vatē	54	106	73±8.5a ¹ A ²	66	179	140±16.9bA	85-300
Kūdrā	75	144	99±9.3aB	131	231	170±15.1bA	
Mn							
Vatē	44	88	64±6.5aA	105	178	139±10.3bA	30-300
Kūdrā	53	98	76±6.5aA	100	256	166±21.6bA	
Zn							
Vatē	30	56	37.00±3.65aA	44	82	67.50±5.80bA	25-100
Kūdrā	32	68	44.43±4.25aA	58	92	77.83±4.49bA	
Cu							
Vatē	4.50	11.40	7.61±0.79aA	8.80	13.50	11.13±0.68bA	6-20
Kūdrā	5.00	9.80	7.36±0.76aA	6.00	17.20	10.87±1.61bA	
Mo							
Vatē	3.28	6.00	4.65±0.39aB	7.00	10.80	8.66±0.65bB	0.5-5
Kūdrā	1.30	4.40	2.87±0.38aA	1.50	8.50	4.66±0.53bA	
B							
Vatē	20	30	25±1.41aA	42	66	52±3.16bA	25-80
Kūdrā	20	30	25±1.18aA	52	60	56±1.15bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās gurķu lapās katrā substrātā (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp substrātiem katram barības elementam (A < B).

12. tabula. Makroelementu saturs (% ,sausna) jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021.gada sezonā (2.aprite, februāris - jūnijs), SIA Getliņi EKO.

Substrāts	Jaunās lapas			Vecākās lapas			Pietiekamības diapazons
	MIN	MAX	Vidēji ±SE	MIN	MAX	Vidēji ±SE	
N							
Vatē	3.20	4.75	3.74±0.16a ¹ A ²	4.05	4.9	4.51±0.09bA	2.50-6.00
Kūdrā	3.00	4.70	3.56±0.16aA	3.85	4.9	4.29±0.12bA	
P							
Vatē	0.4	0.83	0.53±0.04aA	0.43	0.65	0.53±0.02aA	0.30-1.00
Kūdrā	0.38	0.83	0.52±0.05aA	0.47	0.65	0.55±0.03aA	
K							
Vatē	2.34	4.83	3.18±0.28aA	2.95	6.16	4.03±0.32bA	2.50-5.50
Kūdrā	2.23	4.23	2.84±0.21aA	2.84	6.1	3.74±0.31bA	
Ca							
Vatē	1.22	2.72	1.66±0.17aA	4.69	7.91	6.12±0.40bA	1.20-5.00
Kūdrā	1.21	2.74	1.87±0.16aA	5.72	9.00	7.57±0.38bB	
Mg							
Vatē	0.19	0.51	0.39±0.03aA	0.64	1.35	0.91±0.07bA	0.30-1.20
Kūdrā	0.22	0.47	0.35±0.03aA	0.62	1.03	0.80±0.04bA	
S							
Vatē	0.31	0.50	0.42±0.02aA	0.38	0.90	0.80±0.05bA	0.30-1.00
Kūdrā	0.33	0.50	0.43±0.02aA	0.75	1.10	0.92±0.04bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās gurķu lapās katrā substrātā (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp substrātiem katram barības elementam (A < B).

13. tabula. Mikroelementu saturs (mg/kg, sausna) jaunās un vecās gurķu lapās 2020.-2021.gada sezonā (2.aprite, februāris - jūnijs) SIA Getliņi EKO.

Substrāts	Jaunās lapas			Vecākās lapas			Pietiekamības diapazons
	MIN	MAX	Vidēji ±SE	MIN	MAX	Vidēji ±SE	
Fe							
Vatē	40	267	131±27.9a ¹ A ²	118	562	260±50.5bA	85-300
Kūdrā	50	235	136±24.1aA	131	594	280±50.4bA	
Mn							
Vatē	19	71	52±6.2aA	66	180	140±10.7bA	30-300
Kūdrā	18	86	56±7.4aA	65	245	171±16.8bA	
Zn							
Vatē						57.77±6.58b	25-100
	17.5	39.0	29.24±2.32aA	32.4	97.0	A	
Kūdrā						67.57±8.10b	
	21.0	39.0	29.60±1.81aA	45.5	110.0	A	
Cu							
Vatē						11.47±0.93b	6-20
	2.5	12.5	9.18±0.98aA	6.0	15.5	A	
Kūdrā	4.0	11.0	8.60±0.73aA	5.0	13.0	10.33±0.81aA	
Mo							
Vatē	1.50	5.00	3.67±0.33aB	4.00	10.50	7.11±0.79bB	0.5-5
Kūdrā	1.25	2.50	1.68±0.12aA	1.50	4.50	2.63±0.30bA	
B							
Vatē						61.89±2.47b	25-80
	19	42	28.11±2.74aA	52.0	72.0	A	
Kūdrā						65.44±3.42b	
	19	38	27.11±2.59aA	50.0	80.0	A	

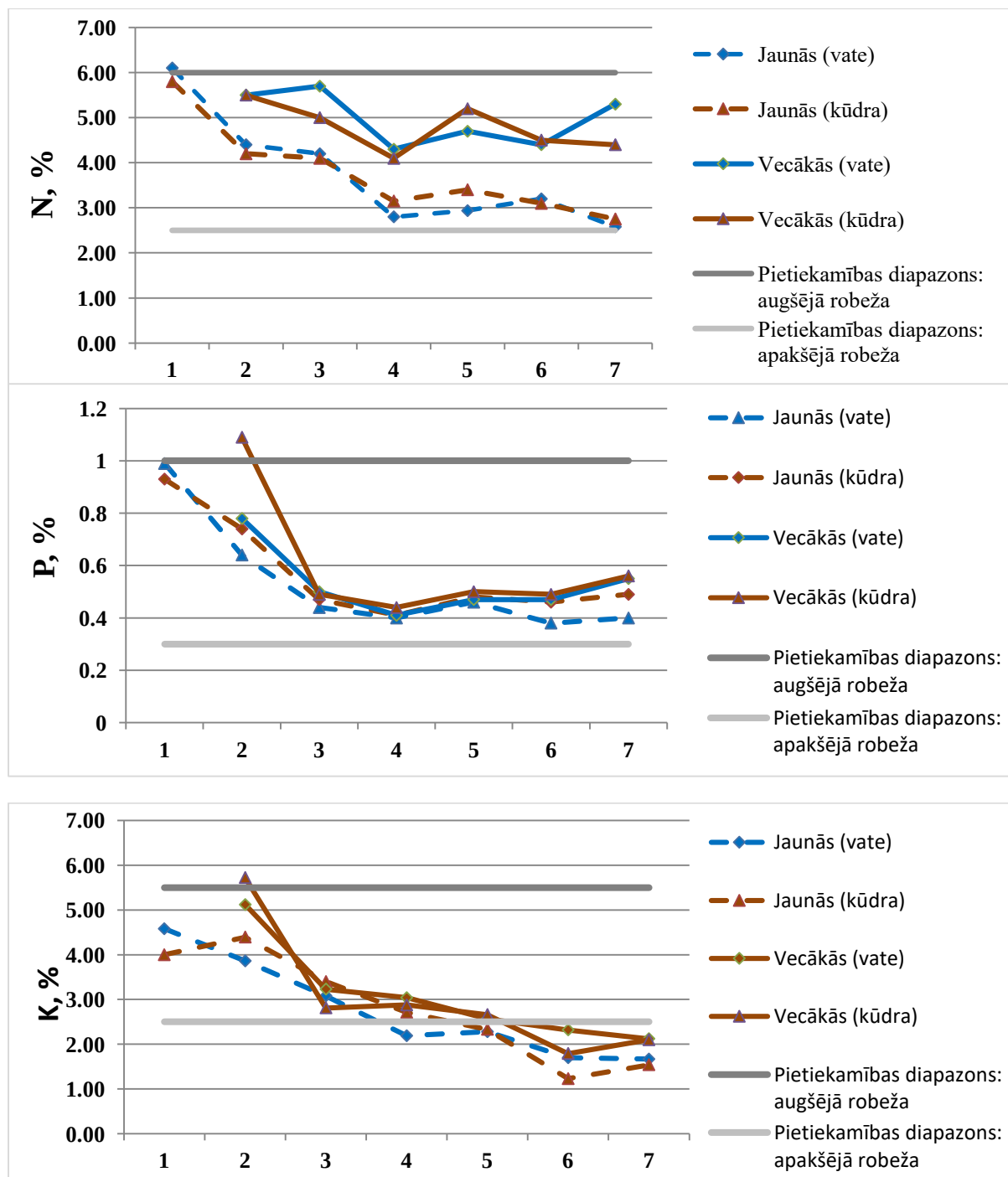
¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās gurķu lapās katrā substrātā (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp substrātiem katram barības elementam (A < B).

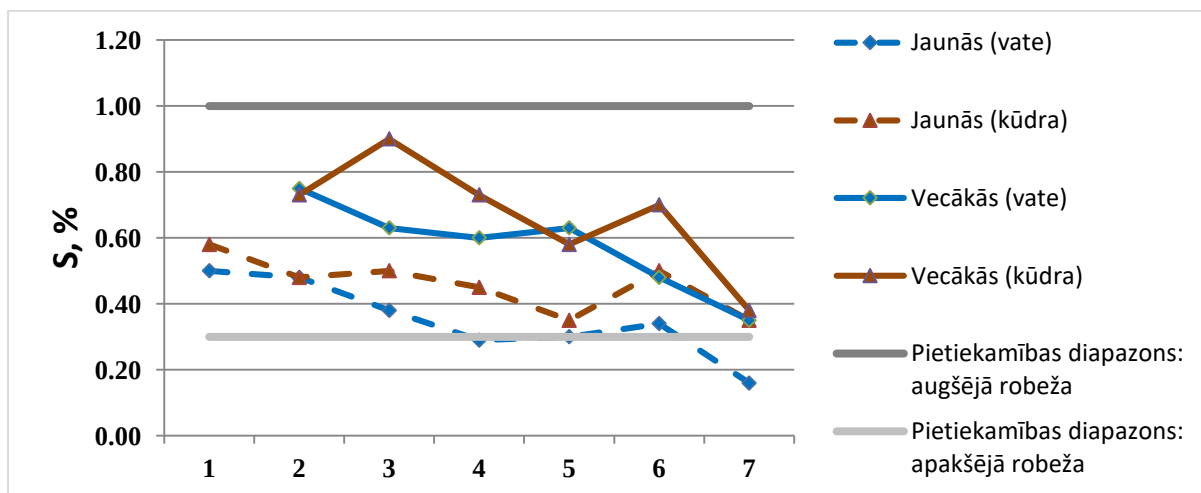
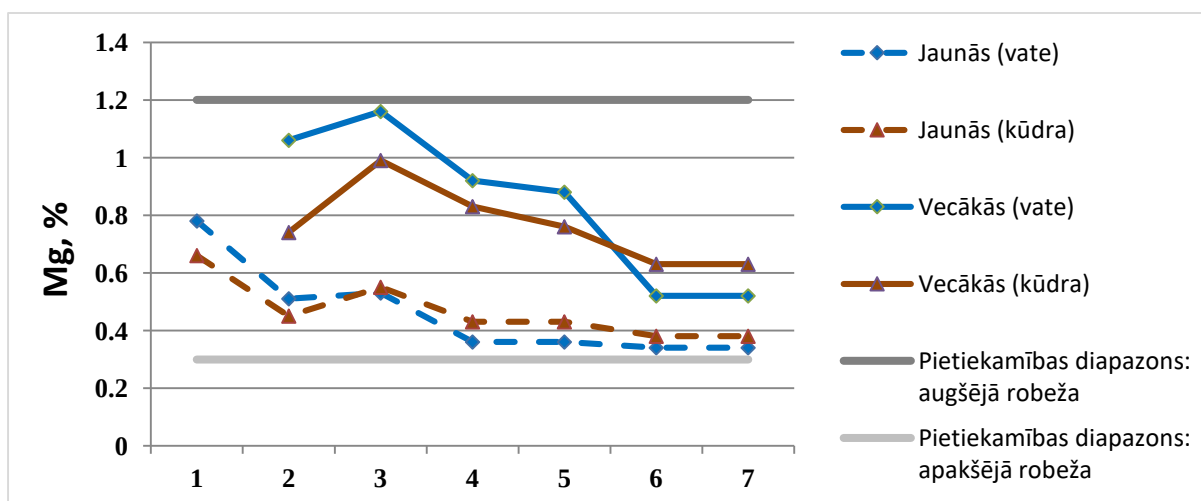
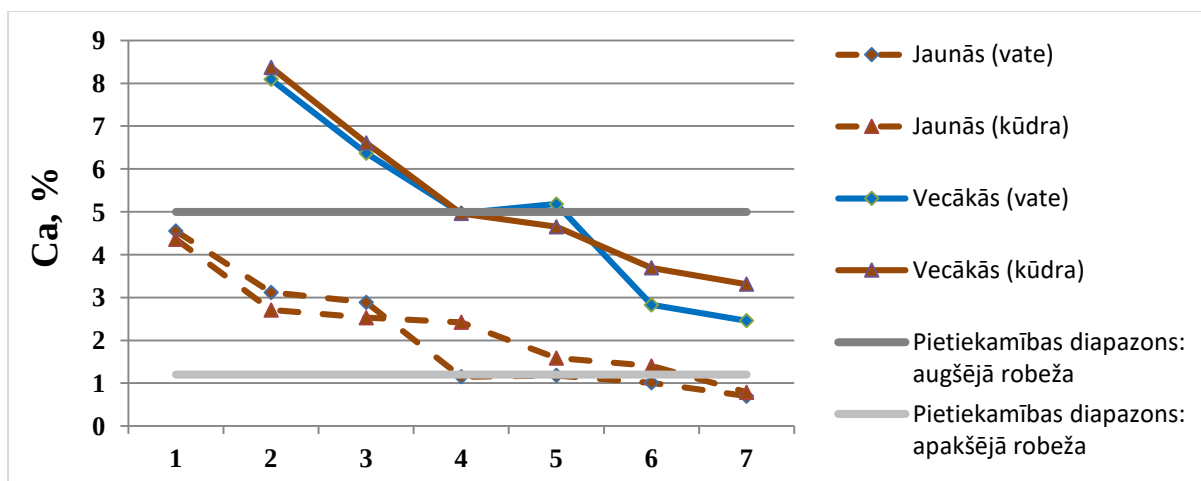
Kopumā barības elementu saturs lapās tiek uzskatīts par uzticamu augu mēslošanas sistēmas sekmības rādītāju (Voogt and Sonneveld, 2009). Barības elementu uzņemšanas dinamika gurķu lapās 1.apritei atspoguļota 16.-19. attēlā, 2. apritei – 20.-23. attēlā. Neatkarīgi no substrāta veida, makroelementu N, P, K, Ca, Mg un S saturs gurķu lapās atbilda literatūras avotos norādītajam pietiekamības diapazonam (Voogt and Sonneveld, 2009; Hochmuth 2018; Haifa 2021). Atsevišķas nepilnības barības elementu nodrošinājumā konstatētas tikai 1.aprites gaitā. Audzēšanas cikla beigās 1.apritei abu vecumu lapās tika konstatēts zems K saturs (zem 2,5% K) neatkarīgi no audzēšanas substrāta. Rekomendētais optimālais K līmenis jaunās, pilnīgi izaugušās lapās: 3,1-3,9% (Voogt and Sonneveld, 2009), plašākās robežās: 2.5 – 5.5%. Kālijam ir nozīmīga loma augu metabolismā, ieskaitot fermentatīvo reakciju aktivizēšanu, osmotisko regulāciju, olbaltumvielu sintēzi, augu izturību pret slimībām un vides stresa apstākļiem (Haifa). Tā kā gurķi ir kultūraugs ar augstām kālija prasībām, abu pētījumu gadu analīžu rezultāti rāda, ka **īpaši jāpievērš uzmanība K saturam gurķu lapās un substrātā ziemas mēnešos 1. aprites noslēgumā, lai nepieciešamības gadījumā veiktu korekcijas barības šķīdumā, tā nodrošinot optimālu K apgādi visas sezonas laikā.**

Pētījums parādīja, ka vairumā gadījumu arī mikroelementu saturs gurķu lapās bija normas robežās visā ražošanas ciklā abiem substrātiem. Tomēr 1.apritē tikai kūdras substrātā vidējā Fe

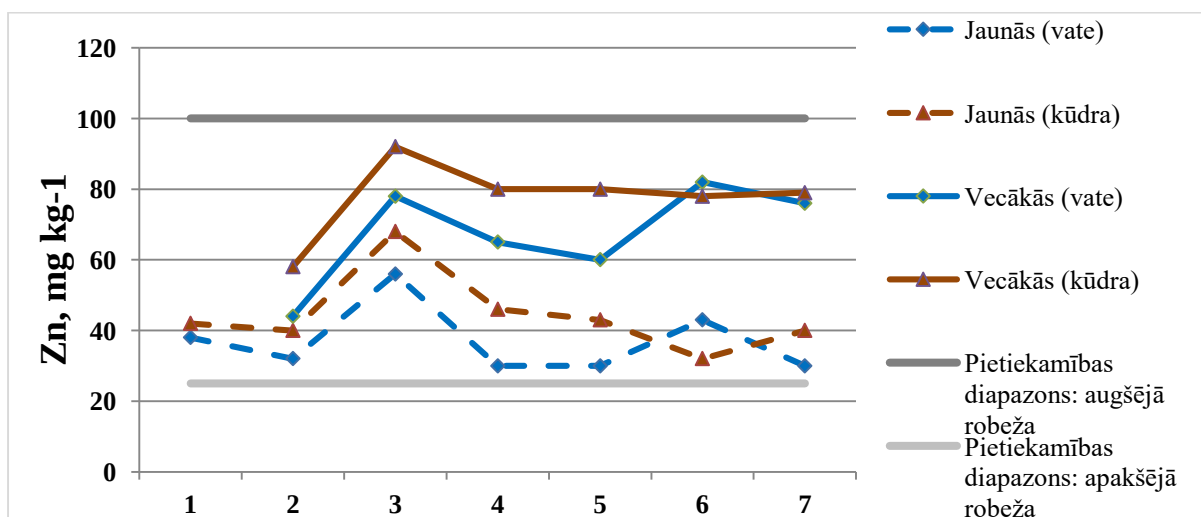
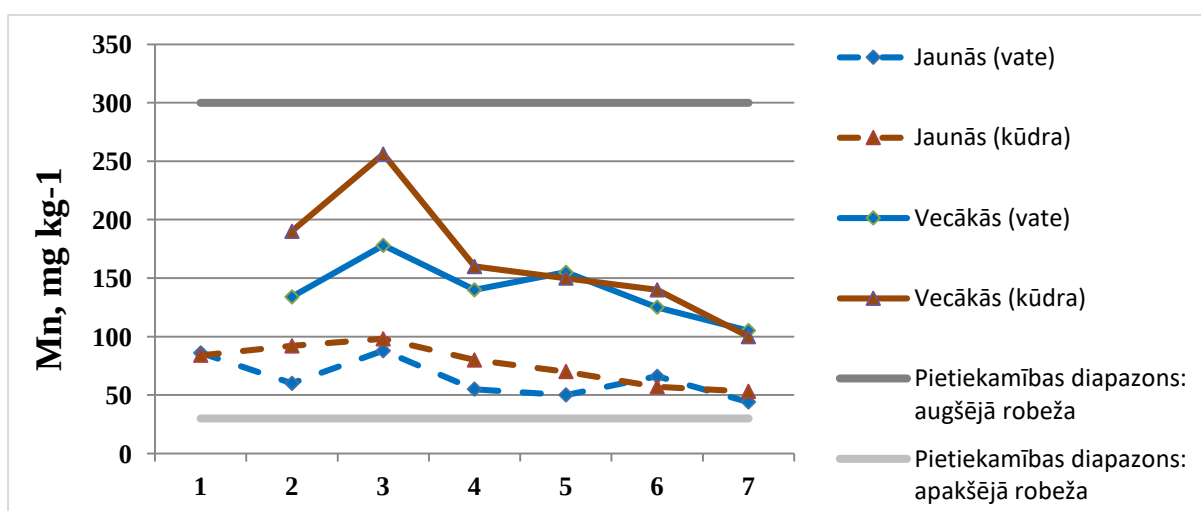
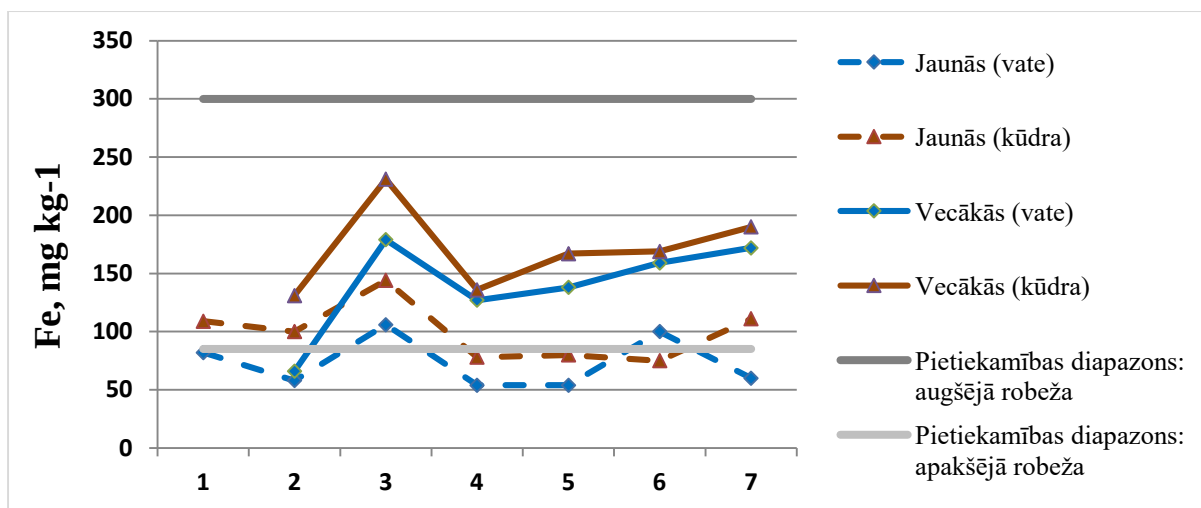
koncentrācija jaunajās lapās pilnībā bija optimālajā diapazonā: no 85 līdz 300 mg kg⁻¹. Lai gan Fe (1,98 mg/l) barības šķīdumā bija standarta līmenī: 1-3 mg dm⁻³ (Haifa, 2021), vidējais Fe saturs akmens vatē audzēto gurķu jaunajās lapās (73,4 ± 8,5 mg kg⁻¹) bija nedaudz zem optimālā. Tā kā augšanas vides reakcijai ir būtiska loma mikroelementu uzņemšanā, augstais pH līmenis akmens vates substrātā (pH>7,0) var bremsēt Fe uzņemšanu, kā arī norāda uz nepieciešamību izvēlēties pH līmenim piemērotu Fe helātu. Fe deficīts operatīvi novēršams izmantojot papildmēslošanu caur lapām ar Fe helātu.



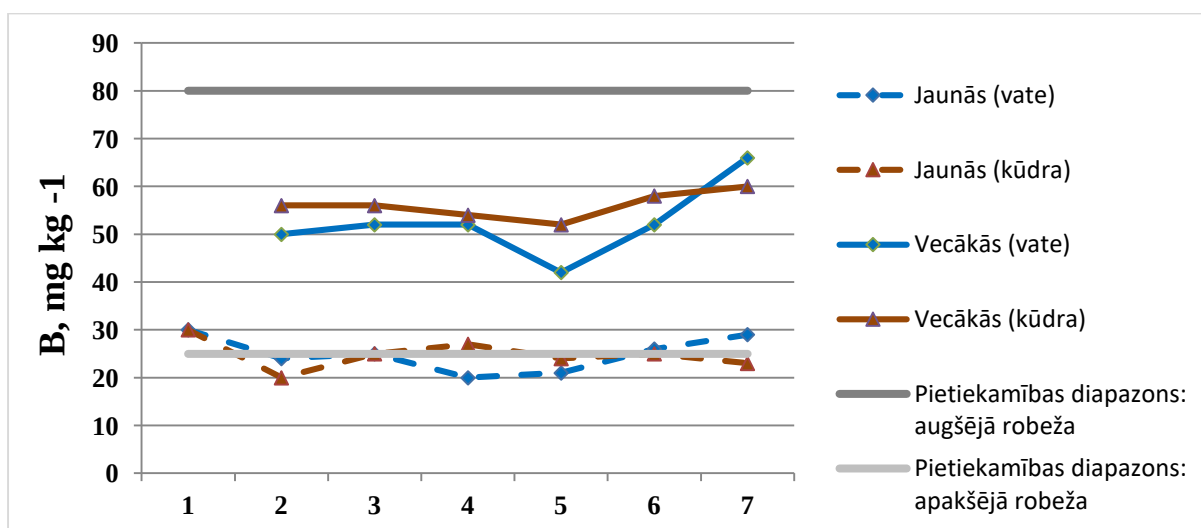
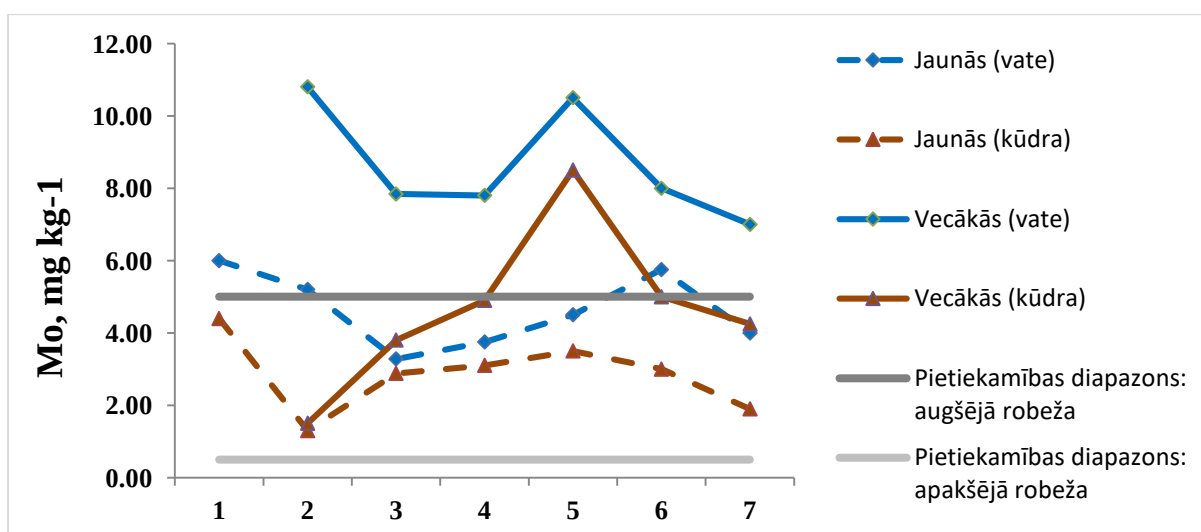
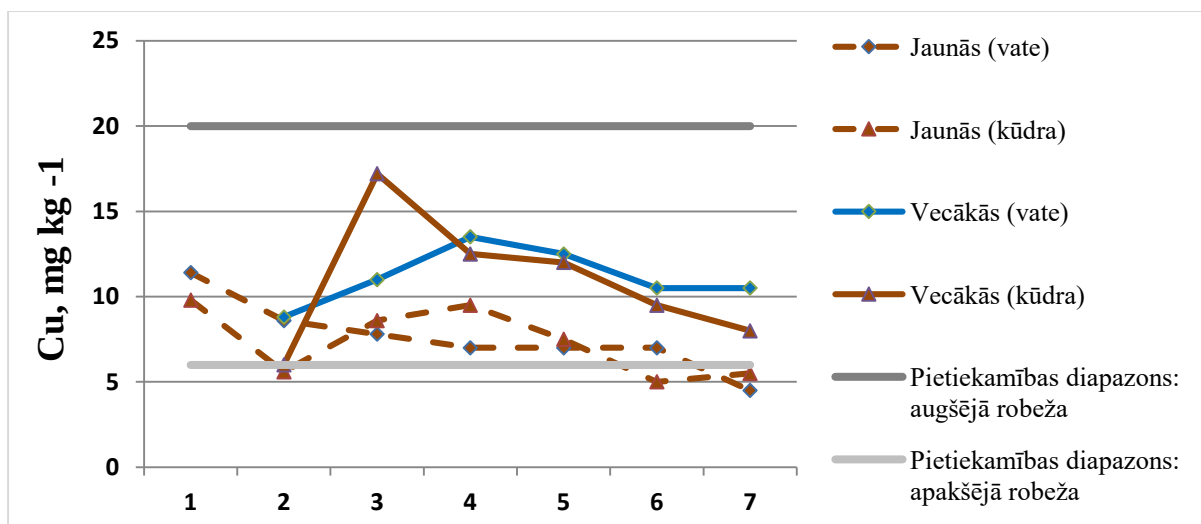
16. attēls. N, P un K saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 1. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: 1-09.09.20., 2-18.09.20., 3-05.10.20., 4-21.10.20., 5-06.11.20., 6-24.11.20., 7-09.12.20.



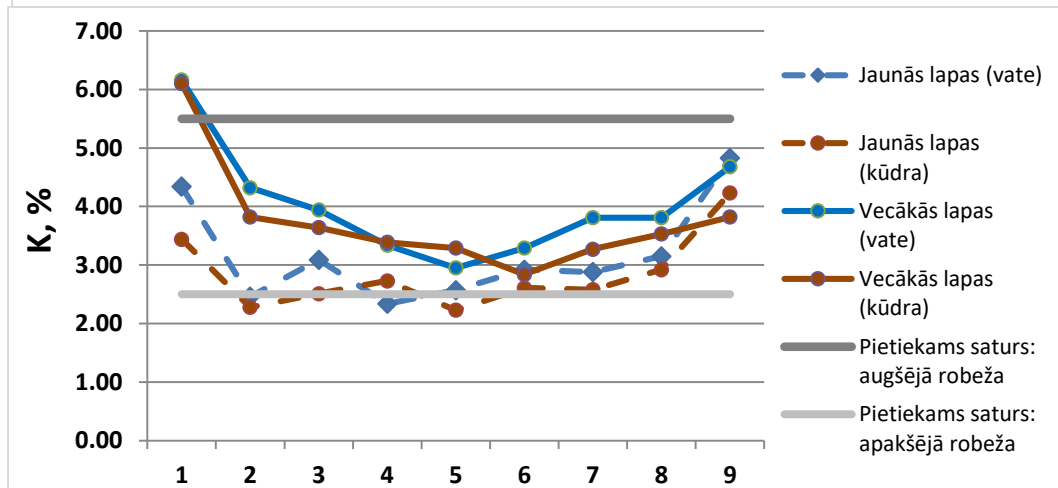
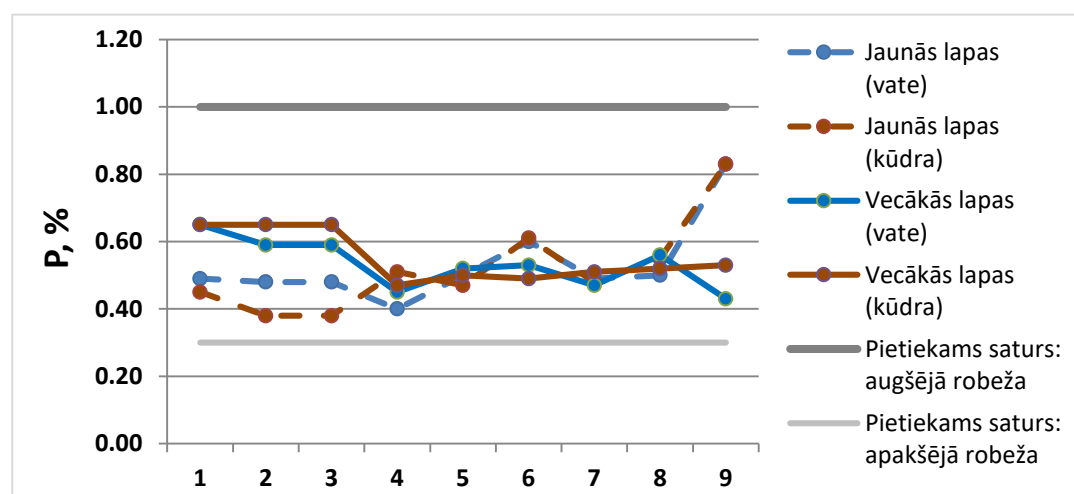
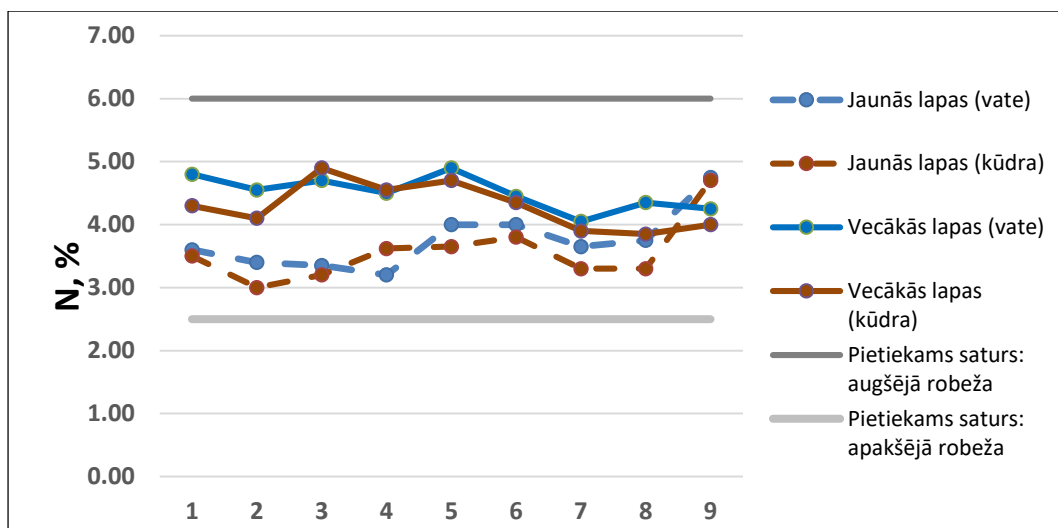
17. attēls. Ca, Mg un S saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 1. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: 1-09.09.20., 2-18.09.20., 3-05.10.20., 4-21.10.20., 5-06.11.20., 6-24.11.20., 7-09.12.20.



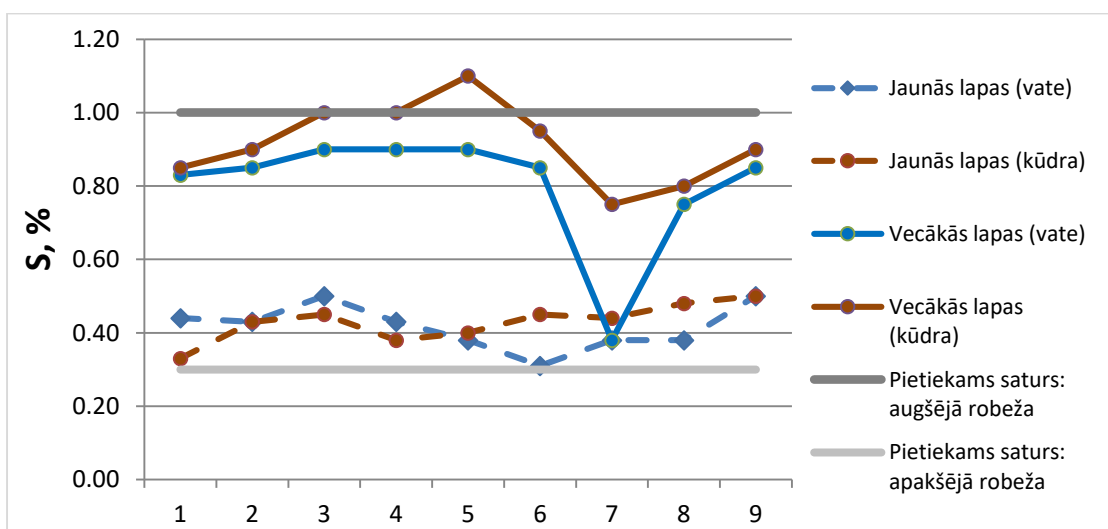
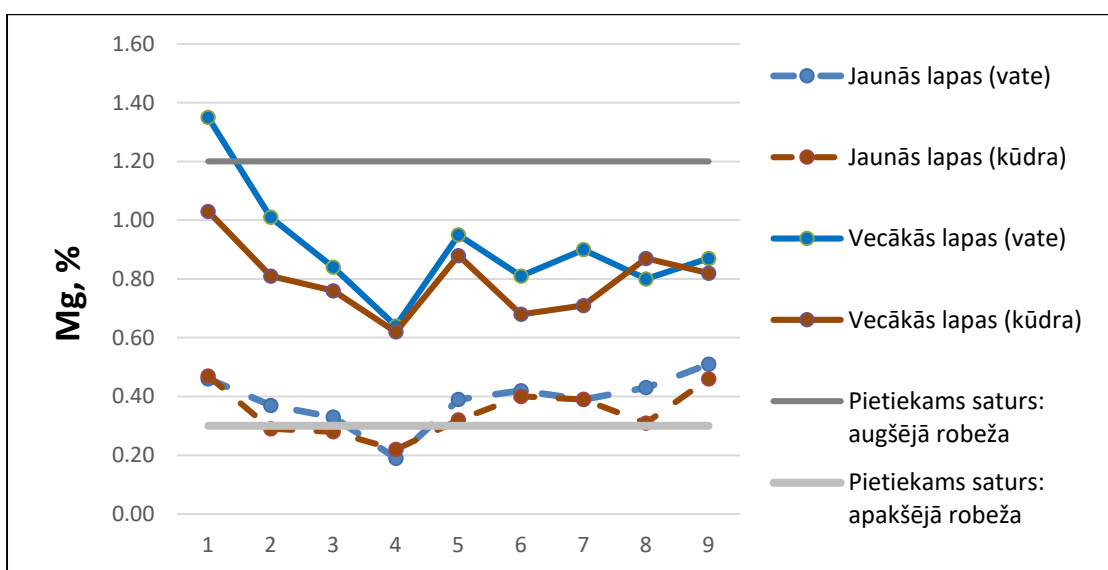
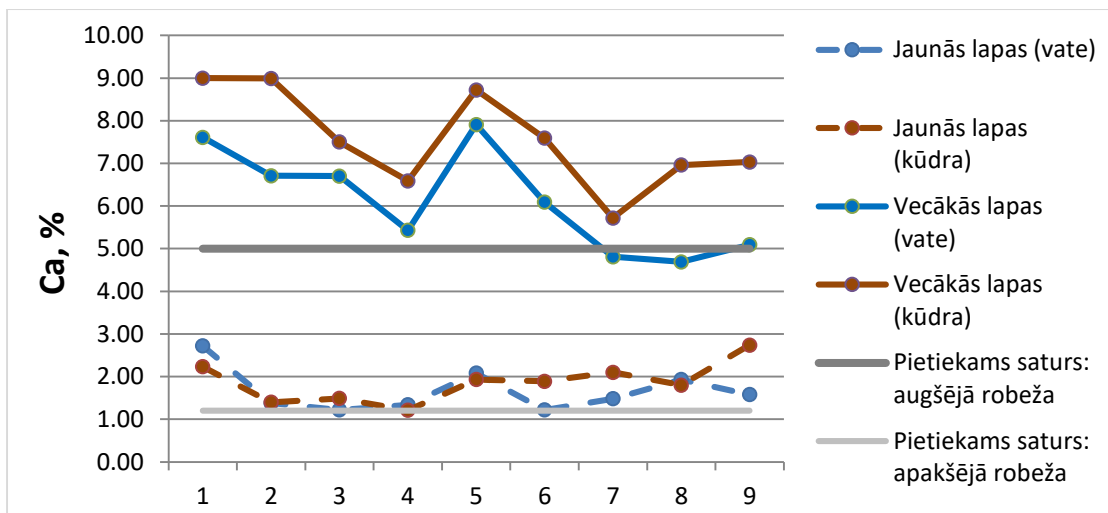
18. attēls. Fe, Mn un Zn saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 1. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: 1-09.09.20., 2-18.09.20., 3-05.10.20., 4-21.10.20., 5-06.11.20., 6-24.11.20., 7-09.12.20.



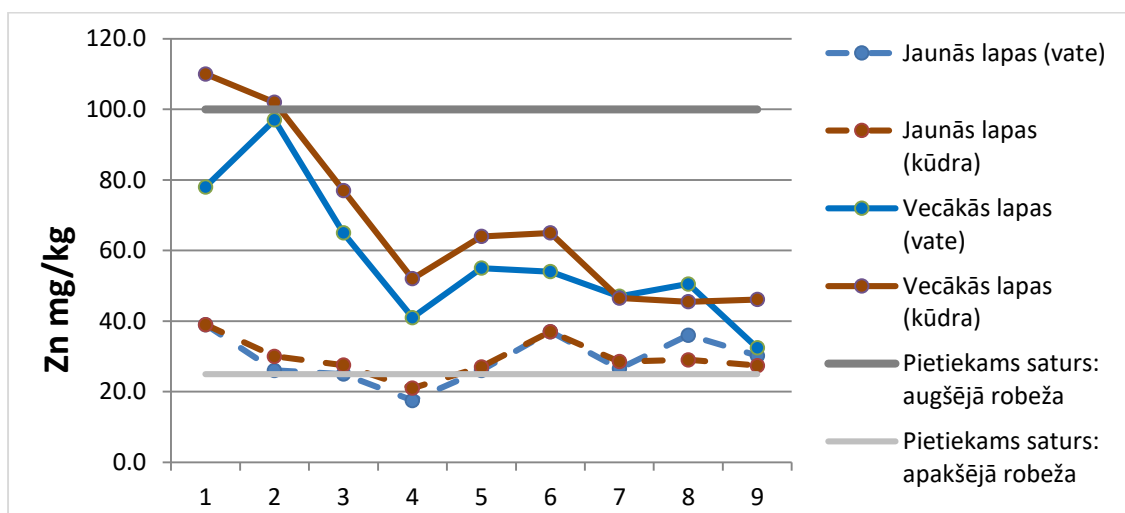
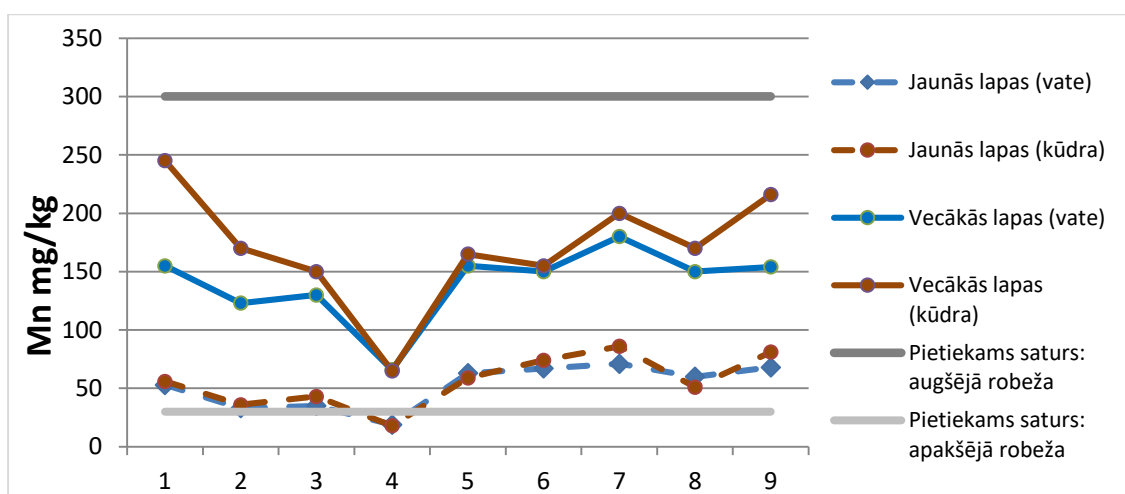
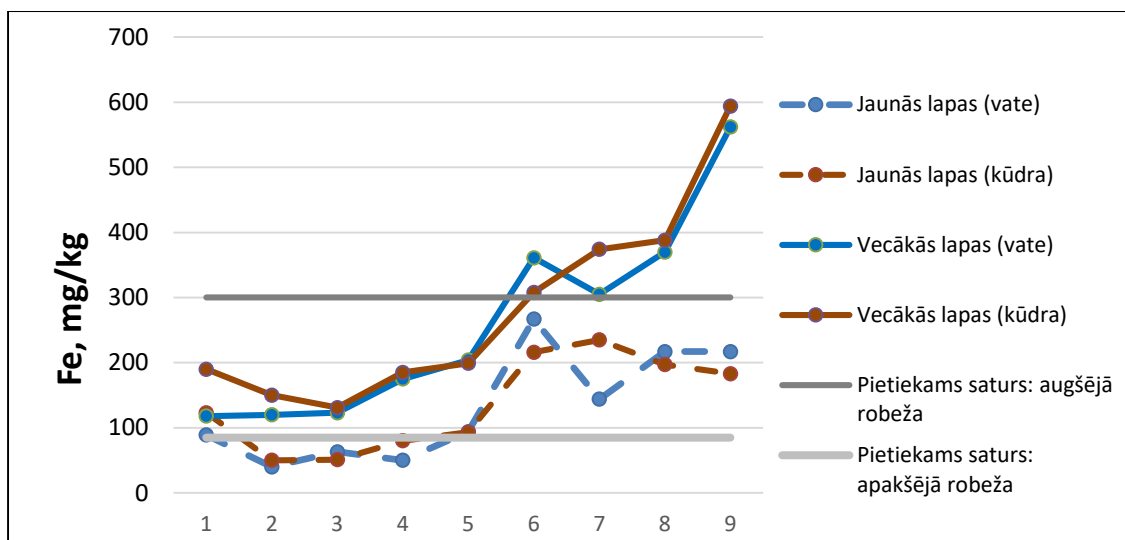
19. attēls. Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 1. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 1. aprītē: 1-09.09.20., 2-18.09.20., 3-05.10.20., 4-21.10.20., 5-06.11.20., 6-24.11.20., 7-09.12.20.



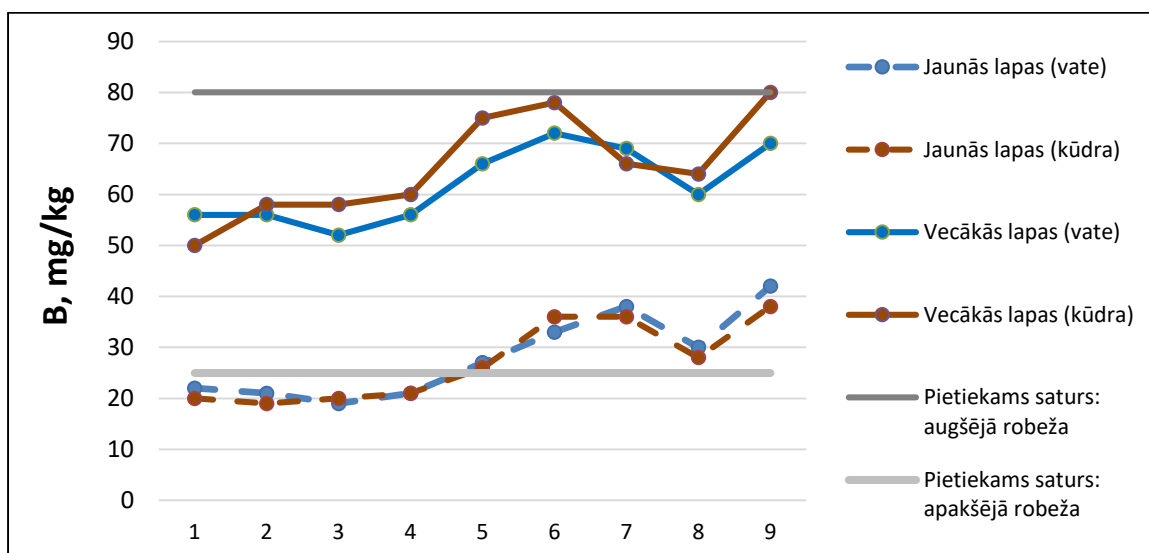
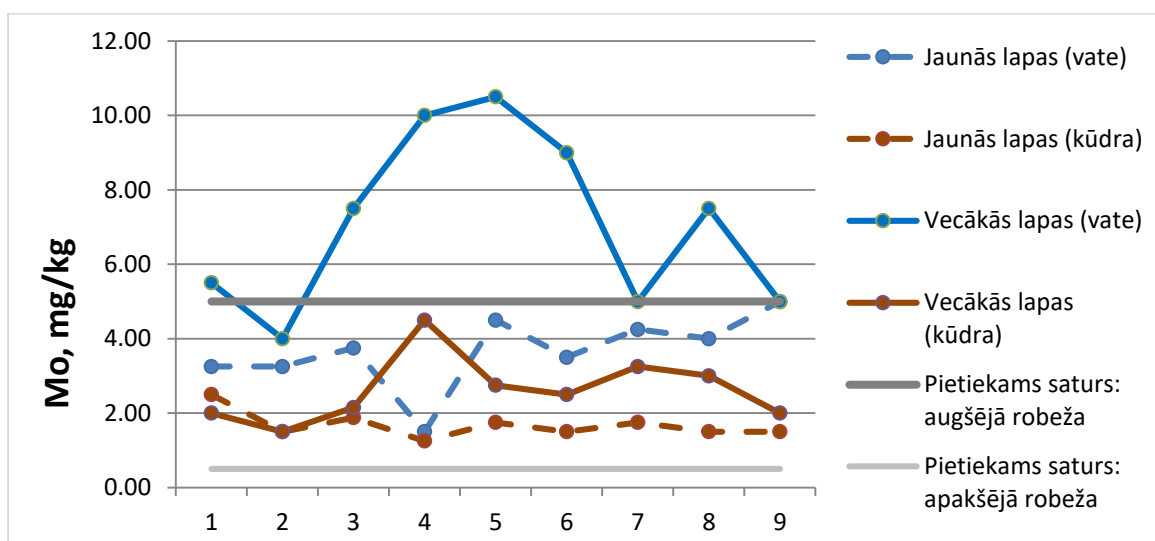
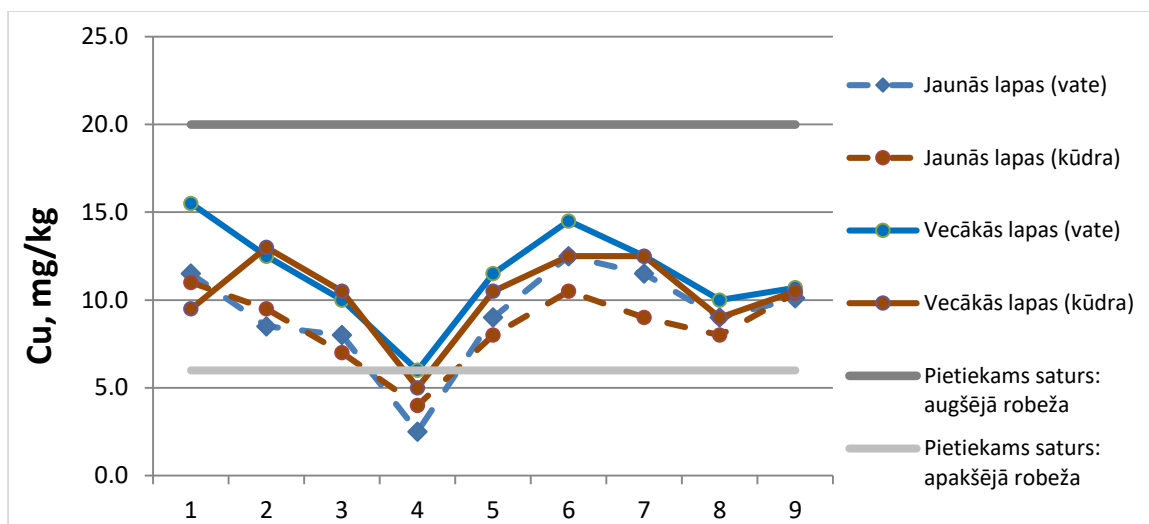
20. attēls. N, P un K saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 2. aprītē: 1-09.02.21., 2-24.02.21., 3-11.03.21., 4-24.03.21., 5-07.04.21., 6-22.04.21., 7-06.05.21., 8-20.05.21., 9-10.06.21.



21. attēls. Ca, Mg un S saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 2. aprītē: 1-09.02.21., 2-24.02.21., 3-11.03.21., 4-24.03.21., 5-07.04.21., 6-22.04.21., 7-06.05.21., 8-20.05.21., 9-10.06.21.



22. attēls. Fe, Mn un Zn saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 2. aprītē: 1-09.02.21., 2-24.02.21., 3-11.03.21., 4-24.03.21., 5-07.04.21., 6-22.04.21., 7-06.05.21., 8-20.05.21., 9-10.06.21.



23. attēls. Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās gurķu lapās 2020.-2021. gada ražošanas cikla 2. aprītē. Paraugu ievākšanas datumi 2. aprītē: 1-09.02.21., 2-24.02.21., 3-11.03.21., 4-24.03.21., 5-07.04.21., 6-22.04.21., 7-06.05.21., 8-20.05.21., 9-10.06.21.

Hlorofila saturs lielā mērā nosaka fotosintēzes ātrumu, primāro augu produktivitāti un vitalitāti. Tādēļ hlorofila satura rādītāji tiek izmantoti, lai atklātu barības elementu, galvenokārt N, nepietiekamību vai deficītu. 1. aprītē tika konstatēta cieša pozitīva korelācija starp hlorofila saturu SPAD vienībās un N, K, Ca, Mg, S, Mn un Zn saturu abos substrātos augošo gurķu jaunajās lapās (14. tabula). Šāda cieša korelācija vairs netika konstatēta 2. aprītē, galvenokārt tāpēc, ka svārstību diapazons barības elementu koncentrācijām bija lielāks nekā SPAD vērtībām, kas kopumā bija visai izlīdzināts aprites laikā. Līdzīgi kā 2019.-2020. g. ražošanas ciklā, SPAD vidējie rādītāji 1. aprītē jaunajām lapām (44.4 un 45.3) un vecākajām lapām (52.4 un 52.7), audzējot akmens vatē un kūdrā, attiecīgi. 2. aprītē: jaunajām lapām (45.0 un 47.1) un vecākajām lapām (46.6 un 48.9), audzējot akmens vatē un kūdrā. Visas šīs vērtības bija tuvu tam diapazonam (no 43.6 līdz 45.2 SPAD vienībām), kas norādītas augstu gurķu ražu iegūšanai (Güler et al., 2006; Padilla et al. 2017) un būtiski neatšķīrās starp substrātiem.

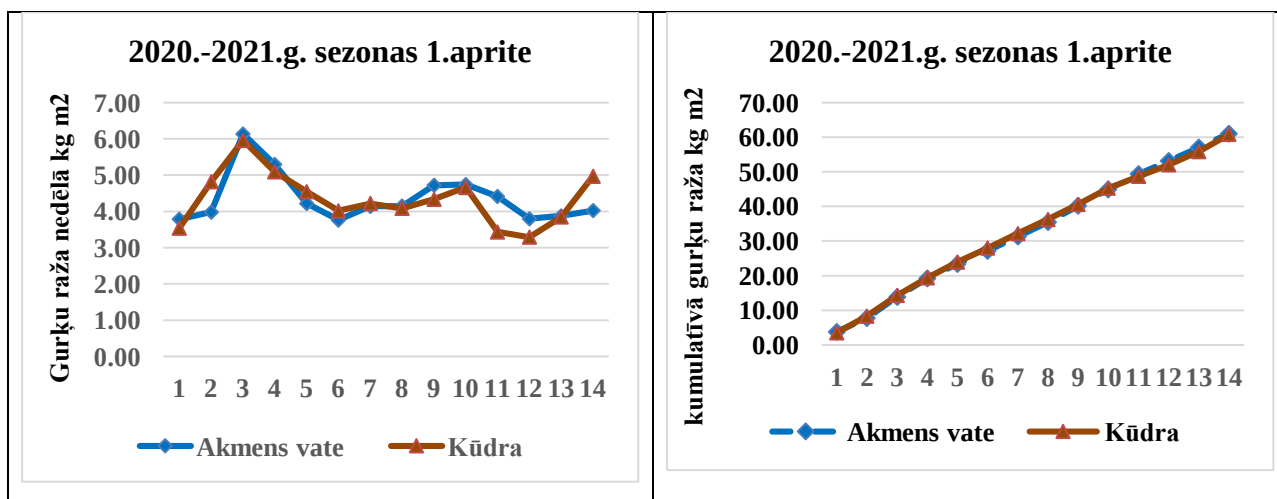
14. tabula. Pīrsona korelācijas koeficienti starp barības elementu koncentrācijām lapās un SPAD vērtībām jaunām gurķu lapām ($p < 0,05$, ns - nav nozīmīgas)

Substrāts	N	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Akmens vate	0.999	0.975	0.999	0.992	0.898	0.946	0.995	0.975	ns	ns
Kūdra	0.969	0.983	0.975	0.999	0.968	ns	0.992	0.988	0.964	0.906

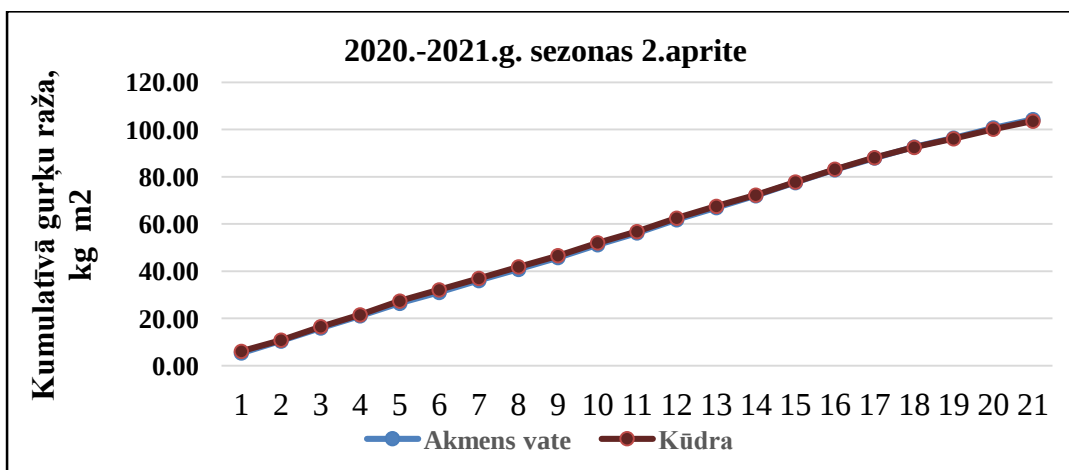
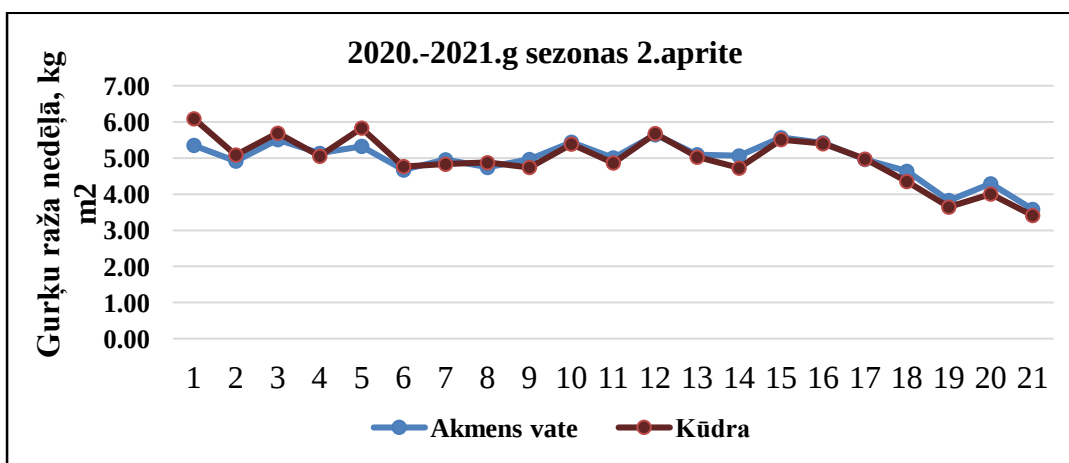
Kopumā pētījums parādīja, ka gurķiem rudens-ziemas mēnešos bija stabili augsta raža un augsta augļu kvalitāte tos audzējot abos substrātos (24. att.). Nestandarta produkcijas daļa veidoja tikai dažus procentus. Nedēļas raža bija vidēji 4,36 kg m⁻² un 4,34 kg m⁻²; kopējā raža, kas iegūta 14 nedēļu laikā no 2020. gada septembra līdz 2020. gada decembrim: attiecīgi 61,04 un 60,82 kg m⁻² no augiem, kas audzēti akmens vatē un kūdras substrātā. Tādējādi, neatkarīgi no substrāta, raža no gurķu auga bija 16,9 kg.

Arī otrajā aprītē (25.attēls) tika iegūti līdzīgi ražas rādītāji: 4.96 un 4.95 kg m² gurķu nedēļā augus audzējot akmens vatē un kūdrā. Tas kopumā sastādīja vienādu ražu aprītē, kad gurķi tika novākti 21 nedēļu – 104 kg no m², 29 kg no auga. Nestandarta augļu daļa bija mazāka par 2% no kopējās ražas. Kopumā iegūti vairāk kā 165 kg gurķu no kvadrātmetra abās aprītēs kopā, kas uzskatāma par ļoti augstu ražu.

Literatūras dati liecina, ka raža ≥ 15 kg uz augu vienā aprītē var tikt sasniegta tikai optimālos augšanas apstākļos (Greenhouse cucumber production 2019; Kowalczyk et al., 2020). Līdzīgi kā 2019.-2020.g., arī otrajā projekta realizācijas gadā iegūti izcili ražas rādītāji, pie tam gurķus audzējot gan akmens vates, gan kūdras substrātos. Arī **barības elementu apgādē gurķu lapās kūdras un minerālvates substrātos audzētiem gurķiem nav būtisku atšķirību. Tādējādi iegūtie rezultāti apstiprina, ka kūdras substrātu ar samazinātu smalko daļiņu proporciju var veiksmīgi izmantot siltumnīcas gurķu rūpnieciskai hidroponiskai audzēšanai mākslīgā apgaismojuma apstākļos un augstas ražības šķirņu audzēšanā, bez izmaiņām standarta audzēšanas tehnoloģijā, kas piemērota akmens vates substrātiem.**



24.attēls. Gurķu raža 2020.-2021. gada ražošanas sezonas 1.apritē, tos audzējot akmens vates un kūdras substrātos.



25.attēls. Gurķu raža 2020.-2021. gada ražošanas sezonas 2.apritē, tos audzējot akmens vates un kūdras substrātos.

Pēc pārstādīšanas gurķu ražošanai abos substrātos tika izmantoti tie paši pilienu sistēmas iestatījumi, barības elementu šķīduma koncentrācija un plūsmas ātrums. Izvērtējot iespējamo kūdras substrāta mineralizāciju (degradāciju) aprites gaitā tika konstatēts, ka augšanas cikla ietvaros no gabalkūdras ražotā substrāta maisi bija pilnībā saglabājuši sākotnējo tilpumu un stabilitāti. Tika **novērota ļoti laba sakņu sistēmas attīstība, jo saknes ātri izplatījās visā substrāta tilpumā** un saglabāja attīstību un vitalitāti līdz aprites beigām (26. attēls).



26.attēls. Sakņu sistēma gurķus audzējot kūdras substrātā 2020.-2021.g. ražošanas sezonas 2. aprites beigās.

2020.-2021. g. ražošanas cikla 2. apritei veiktas arī kūdras substrāta agroķīmiskās analīzes (37.-41. pielikums). Tās kopumā apliecināja gurķiem optimālu pH/KCl (vidēji $5,93 \pm 0,20$) un EC ($2,29 - 3,67$ mS/cm) līmeni visā aprites gaitā. Akmens vates izvilkuma (SLAB) analīzēs šajā periodā konstatēti ievērojami augstāki pH rādītāji – vidēji 7,13.

Kopsavilkums - secinājumi

- Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti liecināja, ka Getliņi EKO siltumnīcās izmantotā audzēšanas tehnoloģija kopumā optimāli nodrošina barības elementu apgādi gurķiem. Pārbaudīta arī iespēja diversificēt audzēšanas substrātus – paralēli akmens vatei izmantot arī no gabalkūdras (sfagnu sūnu kūdra) ražotu kūdras substrātu ar samazinātu smalko daļiņu proporciju.
- Lapu diagnostikas rezultāti liecināja, ka, izņemot Mo, substrāti statistiski būtiski neietekmēja barības elementu koncentrācijas gan jaunās, gan vecākās gurķu lapās un tās atbilda normas robežām.
- Tā kā gurķi ir kultūraugs ar augstām kālija prasībām, abu pētījumu gadu analīžu rezultāti rāda, ka īpaši jāpievērš uzmanība K saturam gurķu lapās un substrātā ziemas mēnešos 1. aprites noslēgumā, lai nepieciešamības gadījumā veiktu korekcijas barības šķīdumā, tā nodrošinot optimālu K apgādi visas sezonas laikā. Fe deficīts jaunajās gurķu lapās operatīvi novēršams, izmantojot papildmēslošanu caur lapām ar Fe helātu.
- Tā kā iegūta stabili augsta raža un augsta augļu kvalitāte, gurķus audzējot gan akmens vates, gan kūdras substrātos, iegūtie rezultāti apstiprina, ka kūdras substrātu ar samazinātu smalko daļiņu proporciju var veiksmīgi izmantot siltumnīcas gurķu rūpnieciskai hidroponiskai ražošanai mākslīgā apgaismojuma apstākļos un augstas ražības šķirņu audzēšanā, bez

izmaiņām standarta audzēšanas tehnoloģijā, kas piemērota akmens vates substrātiem. Minētajos apstākļos konstatēta teicama sakņu sistēmas attīstība un izplatība substrātā, kā arī paša substrāta stabilitāte.

- Pētījums pierāda, ka izmantojot lapu monitoringa datus un substrātu izvilkumu analīžu rezultātus, iespējams izsvērti pieņemt lēmumus par potenciālu barības šķīdumu receptūru izmaiņas nepieciešamību.

Izmantotā literatūra

Barrett G.E., Alexander P.D., Robinson J.S., Bragg N.C., Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – a review, *Scientia Horticulturae*, vol. 212, pp 220-234, 2016.

Carlile W.R., Cattivelo C., Zaccheo P., Organic growing media: constituents and properties, *Vadose Zone Journal*, vol. 14/issue 6, pp 1-13, 2015.

Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: principles for Mediterranean climate areas, *FAO plant production and protection papers*, vol. 217, 616 pp, 2013.

Greenhouse cucumber production, New South Wales Department of Planning, Industry and Environment, Australia, 224 pp, 2019.

Gruda N.S., Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems, *Agronomy*, vol. 9, 298, pp 1-24, 2019.

Güler S., Ibrikci H., Büyük G., Effects of different nitrogen rates on yield and leaf nutrient contents of drip-fertigated and greenhouse-grown cucumber. *Asian Journal of Plant Sciences*, vol. 5, pp 657-662, 2006.

Haifa. Nutritional recommendations for cucumber in open fields, tunnels and greenhouse, pp 76, <https://www.haifa-group.com/sites/default/files/guide/Cucumber.pdf>

Hochmuth G.J., Fertilizer management for greenhouse vegetables - Florida greenhouse vegetable production handbook, vol. 3, UF/IFAS Extension HS787, 19 pp, 2018.

Kowalczyk K., Gajc-Wolska J., Mirgos M., Geszprych A., Kowalczyk, W., Sieczko L., Niedzinska M., Gajewski M., Mineral nutrients needs of cucumber and its yield in protected winter cultivation, with HPS and LED supplementary lighting. *Scientia Horticulturae*, vol. 265, 109217, pp 1-8, 2020.

Microwave plasma atomic emission spectroscopy (MP-AES). Application eHandbook, Agilent Technologies, 163 pp, 2021.

Padilla F.M., Peña-Fleitas M.T., Gallardo M., Giménez C., Thompson R.B., Derivation of sufficiency values of a chlorophyll meter to estimate cucumber nitrogen status and yield, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 141, pp 54-64, 2017.

Rinkis G., Ramane H., Kunicka T., Methods of soil and plant analysis, Zinatne, Latvia, 174 pp, 1987 (in Russian).

Savvas D., Gruda N., Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - a review, *European Journal of Horticultural Science*, vol. 83, pp 280–293, 2018.

Voogt W., Sonneveld C., Plant nutrition of greenhouse crops, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 431 pp, 2009.

4. Tomātu minerālās barošanās stāvokļa un optimizācijas izpēte veģetācijas sezonas garumā siltumnīcā ar dabīgo apgaismojumu.

Optimālu augšanas apstākļu izpēte tomātiem, izmantojot hidroponikas audzēšanas metodi dabīgā apgaismojuma apstākļos, tika veikta z/s Kligēni siltumnīcās. Atšķirībā no SIA Getliņi EKO, tomāti z/s Kligēni tiek audzēti kokosšķiedras substrātā. Kā alternatīvu akmens vatei, kokosšķiedru substrātu kā organisku substrātu arvien vairāk izmanto tomātu ražošanai siltumnīcās visā pasaulē. Kokosšķiedra ir materiāls, kas sastāv no smalkām daļiņām un īsām šķiedrām, kas iegūtas no kokosriekstu augļu (*Cocos nucifera* L.) mezokarpa, un tas ir viens no visvairāk sastopamajiem organiskajiem atkritumiem daudzās tropu un subtropu valstīs (Carlite et al., 2015). Pateicoties augstajai ūdens un gaisa kapacitātei, kokosšķiedra nodrošina labvēlīgu gaisa un ūdens režīmu augu saknēm (Barrett et al., 2016). Tā kā šis materiāls var saturēt nelabvēlīgi augstas Na un Cl koncentrācijas, pirms izmantošanas dārzeņu audzēšanā hidroponikā, nepieciešama skalošana un buferēšana.

Kopumā ir ļoti maz informācijas par tomātu minerālās barošanās stāvokli tos audzējot kokosšķiedrā hidroponikā. Tikai daži pētījumi ir veltīti šim substrāta veidam saistībā ar barības elementu nodrošināšanu dārzeņu audzēšanas cikla laikā (Kleiber et al., 2012; Xiong et al., 2017; Xing et al., 2019). Praktiski nav veikti pētījumi par dažādu šķirņu specifiku tās audzējot izmantojot vienādu barības šķīduma receptūru.

Z/s Kligēni tiek audzēts visai plašs tomātu šķirņu sortiments. Lai arī Latvijā vēsturiski patērētāji dod priekšroku lielaugļu tomātiem, saistot tos ar augstu kvalitāti, ļoti populāri kļūst arī ķiršu un plūmju tomāti, kā arī oranžas/dzeltenas un rozā krāsas tomāti. Tāpēc šīs pētījuma sadaļas mērķis bija izpētīt dažādu tomātu šķirņu minerālās barošanās stāvokli, tā dinamiku rūpnieciskos siltumnīcas ražošanas apstākļos ar dabīgo apgaismojumu, izmantojot kokosšķiedras substrātu kā augšanas vidi, lai atklātu potenciālu barības elementu nelīdzsvarotību, to ietekmi uz tomātu ražu un kvalitāti, kā arī šķirņu atšķirības. Mēslošanas sistēmas korekcijas, atbilstošas gan substrāta apstākļiem, gan potenciāli specifiskām šķirņu prasībām varētu sekmēt augstas un kvalitatīvas tomātu ražas iegūšanai.

Materiāls un metodes

Pētījums īstenots z/s 'Kligeni' komerciālā siltumnīcā 2020. un 2021. gada pavasara-vasaras sezonās, bez mākslīgā apgaismojuma. Siltumnīca aprīkota ar datorizēti kontrolētu mēslošanas, laistīšanas un daļēji arī klimata sistēmu.

Tika izmantotas piecas tomātu šķirnes ar dažādu augļu svaru, krāsu un formu: oranžie plūmes tipa '**Organza** F1' (vidējais augļa svars 80-90 g), sarkanie ķiršu '**Daltary** RZ F1' (vidējais augļa svars 16 g), sarkanie lielaugļu "**Securitas** RZ F1" (vidējais augļa svars 260–270 g), sarkanie lielaugļu "**Kivu**" (vidējais augļa svars 260–280 g) un rozā lielaugļu "**Fujimaru** F1" (vidējais augļa svars 180 g). Tā kā projektā sākotnēji paredzētajām lielaugļu šķirnēm "Ladoga" un "Torero" vairs nebija pieejams sēklu materiāls, tās nomainītas ar lielaugļu "Kivu" un "Fujimaru".

Tomātu stādi tika pārstādīti kokosšķiedras substrātā februāra vidū, augu blīvums bija 2,5 augi uz m². Dabīgais apgaismojums 2020. g. audzēšanas cikla laikā bija robežās no 248–2643 J cm⁻² dienā⁻¹, un vidējā dienas/nakts temperatūra bija attiecīgi 20,9/18,2 °C. Apputeksnēšanu nodrošināja izmantojot kameņus (*Bombus terrestris* L.).

Barības šķīduma koncentrācijas (mg/l): 10–15 N_{NH4}, 200 N_{NO3}, 40–50 P, 370–450 K, 200–250 Ca, 60–65 Mg, 100–140 S_{SO4}, 1.8–3.0 Fe, 0.2–0.6 Mn, 0.20–0.70 Zn, 0.05–0.10 Cu, 0.05 Mo, 0.35 B. Barības šķīduma pH tika noregulēts līdz 5.40 un elektriskā vadītspēja (EC) bija robežās no 2.60–3.20 mS cm⁻¹ atbilstoši tomātu augšanas stadijai.

Barības šķīduma mikroelementu (Fe, Mn un Zn) koncentrācijas korekcijas 2020. g., kas veiktas galvenokārt līdz ražošanas cikla vidum, tika balstītas uz lapu analīzes rezultātiem. Tādējādi Fe saturs pakāpeniski tika palielināts no 1.8 mg/l līdz 2.4 mg/l, bet sezonas noslēgumā līdz 3.0 mg/l; Zn no 0.4 mg/l līdz 0.70 mg/l, bet Mn saturs samazināts no 0.60 mg/l līdz 0.20 mg/l. Nākošajā audzēšanas sezonā 2021. g. Fe saturs barības šķīdumā tika uzturēts 2.4 mg/l; Mn – 0.30–0.35 mg/l; Zn palielināts līdz 0.8 – 1.0 mg/l.

Lai veiktu tomātu minerālās barošanās diagnostiku, divas reizes mēnesī 2020. un 2021. gada sezonās no aprīļa līdz augustam tika ievākti jaunu, pilnībā attīstītu lapu un vecāku, tomēr vēl vitālu lapu paraugi visām pētāmajām šķirnēm. Pēc lapu paraugu mineralizācijas, tika izmantotas šādas analītiskās metodes: K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn un Mn saturu noteica ar mikroviļņu plazmas atomu emisijas spektrometru (MP-AES) 4210 Agilent Technologies; N, P, Mo, B kolorimetriski, S turbidimetriski (spektrofotometrs JENWAY 6300) (Riņķis et al., 1987; Microwave plasma atomic emission spectroscopy MP-AES, 2021).

Nedestruktīvo augu fizioloģisko rādītāju mērījumi tika veikti reizi mēnesī. Hlorofila noteikšanai SPAD vienībās tika izmantots pārnēsājams hlorofilmetrs SPAD 502 (Minolta, Varingtona, Lielbritānija). Ar hlorofila a fluometru Handy PEA (Hansatech Instruments, Lielbritānija) mērīja rādītājus Fv/Fm un PI, kas raksturo augu kopējo fizioloģisko vitalitāti. Mērījumi tika veikti 10 jaunām, pilnībā attīstītām un 10 vecākām tomātu lapām.

Rezultāti

Kopumā, neskatoties uz dažādajām tomātu šķirnēm un dažām atšķirībām starp makro un mikroelementu saturu lapās, kas konstatētas starp šķirnēm, tomātu audzēšanas laikā kokosšķiedras substrātā netika novērotas izteiktas barības elementu trūkuma vai pārmērības vizuālas pazīmes. Iegūtie rezultāti liecināja (15.-18. tabula), ka kopumā starp šķirnēm nav atšķirību barības elementu koncentrāciju sadalījumā starp jaunajām un vecajām tomātu lapām. Vidēji tikai divu barības elementu: N un Cu - koncentrācijas bija būtiski augstākas jaunākām lapām, savukārt būtiski augstāks Ca, S, Mn un B, atsevišķos gadījumos arī P un Mo saturs tika konstatēts vecākām lapām. Vienīgi tomātu šķirnei Daltary raksturīgs zemāks K saturs jaunajām lapām. Šāds barības elementu koncentrāciju sadalījuma modelis ir cieši saistīts ar barības elementu mobilitāti augos.

Pētījumā konstatēts, ka barības elementu saturs tomātu lapās (15.- 18. tabula, 26.-33. att.) vairumā gadījumu atbilda rekomendēto koncentrāciju diapazonam, kas norādīts dažādos

literatūras avotos: Brust (2013), Haifa (2020) un Campbell (2000). Saskaņā ar šīm atsaucēm, visām šķirnēm tomātu lapās bija pietiekams vidējais N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mo un B līmenis. Tomēr tika konstatētas arī atsevišķas novirzes no optimālā: visām pētījumā iekļautajām tomātu šķirnēm bija raksturīgs zems Zn un augsts S līmenis gan jaunās, gan vecākās lapās.

15. tabula. Makroelementu saturs (% , sausna) jaunās un vecākās tomātu lapās 2020. gada sezonā (aprīlis – augusts), z/s Kligēni.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	
N					
Daltary	4.20–5.80	4.70 ± 0.15b ¹ B ²	3.75–4.55	4.10±0.09aB	3.50-6.00
Organza	3.30–5.05	4.19±0.18aA	3.30–4.40	3.87±0.11aB	
Fujimaru	3.70–5.15	4.31±0.15bA	3.20–3.90	3.60±0.08aA	
Securitas	3.45–4.45	4.03±0.11bA	3.00–4.02	3.53±0.11aA	
Kivu	3.70-4.80	4.12±0.11bA	3.10±4.50	3.70±0.13aAB	
P					
Daltary	0.27–0.66	0.43±0.03aA	0.36–0.49	0.43±0.01aA	0.30-1.00
Organza	0.36–0.78	0.51±0.04aAB	0.51–0.92	0.72±0.05bB	
Fujimaru	0.48–0.66	0.54±0.02aB	0.47–0.91	0.72±0.05bB	
Securitas	0.44–0.69	0.57±0.03aB	0.63–0.90	0.77±0.03bB	
Kivu	0.43-0.59	0.52±0.02aB	0.49-0,92	0,72±0.05bB	
K					
Daltary	2.87–4.99	4.18±0.19aB	3.67–7.78	4.94±0.38bB	3.50–6.00
Organza	3.02–4.29	3.59±0.14aA	3.28–5.11	3.98±0.17bA	
Fujimaru	3.37–4.86	4.10±0.13aB	3.12–6.69	4.41±0.34aB	
Securitas	3.51–4.49	3.87±0.09aA	3.27–5.80	3.87±0.26aA	
Kivu	3.52-4.51	3.84±0.10aA	3.11-5.80	3.90±0.29aA	
Ca					
Daltary	1.46–4.28	3.13±0.29aA	4.44–6.20	5.43±0.17bA	1.20–4.00
Organza	2.04–3.67	2.81±0.21aA	4.57–5.69	5.11±0.14bA	
Fujimaru	1.88–4.44	2.96±0.26aA	4.85–6.18	5.51±0.14bAB	
Securitas	2.52–4.40	3.11±0.19aA	5.19–6.37	5.82±0.12bB	
Kivu	2.06-4.92	2.90±0.26aA	5.10-6.86	5.83±0,17bB	
Mg					
Daltary	0.17–0.54	0,41±0.03aB	0.19–0.77	0.49 ±0.05aA	0.30–1.00
Organza	0.28–0.42	0.34 ±0.01aA	0.27–0.61	0.41 ±0.04aA	
Fujimaru	0.23–0.56	0.39 ±0.03aAB	0.30–0.72	0.46 ±0.04aA	
Securitas	0.27–0.51	0.34±0.02aA	0.32-0.78	0.42±0.05aA	
Kivu	0.28-0.47	0.35±0.02aA	0.37-0.75	0.50±0.04bA	
S					
Daltary	0.70–2.13	1.39±0.14aA	2.00–3.13	2.50±0.12bA	0.40–1.00
Organza	0.90–2.13	1.28±0.14aA	1.50–3.38	2.32±0.18bA	
Fujimaru	0.85–2.00	1.41±0.12aA	1.63–3.50	2.43±0.17bA	
Securitas	1.10–2.50	1.45±0.14aA	1.88–3.50	2.72±0.14bA	
Kivu	0.94-2.00	1.31±0.12aA	1.88=3.75	2.60±0.17bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

16. tabula. Mikroelementu saturs (mg/kg, sausna) jaunās un vecākās tomātu lapās 2020. gada sezonā (aprīlis – augusts) z/s Kliģēni.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	
Fe					
Daltary	72-188	155±15.2a ¹ B ² C	82-226	147±10.3aB	100-300
Organza	57-141	105±7.7aA	74-147	100±6.3aA	
Fujimaru	96-197	129±7.9aB	88-174	140±10.6aB	
Securitas	71-151	98±9.3aA	60-143	106±7.3aA	
Kivu	77-156	137±16.1aB	80-238	122±7.3aA	
Mn					
Daltary	80-316	199±24.3aA	160-460	319±36.3bA	50-200
Organza	78-316	187±24.1aA	138-450	283±33.1bA	
Fujimaru	94-400	223±18.7aA	212-550	349±36.7bA	
Securitas	106-378	200±25.3aA	198-440	326±27.9bA	
Kivu	100-298	193±23.0aA	176-436	336±33.2bA	
Zn					
Daltary	11.60-36.00	24.44±2.23aA	18.00-34.00	25.20±1.77aAB	25–80
Organza	15.20-30.00	22.48±1.61aA	15.80-30.00	20.74±1.71aA	
Fujimaru	15.00-30.00	21.76±1.52aA	16.60-28.00	20.10±1.06aA	
Securitas	14.00-28.00	21.02±1.44aA	14.00-26.00	20.08±1.51aA	
Kivu	15.60-36.00	25.66±2.03aA	15.60-34.00	23.84±1.92aA	
Cu					
Daltary	6.40–13.40	9.86±0.64bA	6.20–9.80	7.88±0.33aAB	6.0–25.0
Organza	8.00–18.60	11.04±0.96bA	5.40–11.20	8.62±0.51aB	
Fujimaru	7.60–13.60	10.58±0.58bA	6.80–9.40	8.36±0.27aB	
Securitas	5.40-13.40	9.56±0.82bA	3.80–8.80	6.78±0.58aA	
Kivu	10.40-16.60	11.42±0.42bA	7.20-9.80	8.36±0.31aB	
Mo					
Daltary	1.00–3.00	2.23±0.20aA	1.80–3.90	2.98±0.20bA	1.0–5.0
Organza	1.60–3.00	2.19±0.13aA	2.08–5.20	3.15±0.37bA	
Fujimaru	1.40–3.40	2.10±0.18aA	1.80–5.20	3.00±0.30bA	
Securitas	1.40–2.72	1.92±0.14aA	1.80–4.40	2.57±0.28bA	
Kivu	1.40-2.60	1.90±0.10aA	2.60-5.20	3.56±0.32bA	
B					
Daltary	25–50	36.5±3.14aAB	24–66	48.2±3.92bA	25–75
Organza	23–44	30.1±1.98aA	35–68	48.9±3.34bA	
Fujimaru	25–50	33.2±2.40aA	33–70	45.9±3.75bA	
Securitas	23–48	30.6±2.25aA	36–62	48.4±2.65bA	
Kivu	22-54	32.2±3.10aA	38-58	48.20±2.28bA	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

17. tabula. Makroelementu saturs (% ,sausna) jaunās un vecās tomātu lapās 2021. gada sezonā (aprīlis – augusts), z/s Kliģēni.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	
N					
Daltary	4.60-5.60	4.96±0.10bB	3.10-4.35	3.79±0.15aA	3.50-6.00
Organza	4.00-5.20	4.68±0.15bAB	3.20-4.40	3.69±0.14aA	
Fujimaru	3.90-4.20	4.55±0.15bA	3.00-4.45	3.69±0.21aA	
Securitas	3.90-5.15	4.27±0.12bA	3.00-3.80	3.58±0.11aA	
Kivu	3.75-4.65	4.31±0.10bA	3.05-4.45	3.56±0.12aA	
P					
Daltary	0.47-0.76	0.62±0.03aA	0.46-0.78	0.60±0.04aA	0.30-1.00
Organza	0.46-1.05	0.64±0.06aA	0.51-0.89	0.74±0.05aB	
Fujimaru	0.39-0.74	0.63±0.04aA	0.39-0.98	0.79±0.07bB	
Securitas	0.32-0.76	0.58±0.04aA	0.52-0.94	0.76±0.05bB	
Kivu	0,44-0.74	0.58±0.03aA	0.49-0.89	0.70±0.06bAB	
K					
Daltary	2.46-4.43	3.69±0.21aA	2.51-5.58	4.34±0.32bB	3.50–6.00
Organza	2.45-4.05	3.33±0.19aA	2.40-4.74	3.48±0.28aA	
Fujimaru	2.60-4.27	3.64±0.17aA	3.01-4.40	3.71±0.16aA	
Securitas	2.43-4.07	3.39±0.17aA	2.65-3.65	3.00±0.13aA	
Kivu	2.47-4.00	3.50±0.17aA	2.26-4.17	3.38±0.22aA	
Ca					
Daltary	2.01-3.26	2.49±0.13aA	3.73-6.77	4.40±0.35bA	1.20–4.00
Organza	1.80-3.33	2.44±0.19aA	3.41-6.09	4.69±0.35bAB	
Fujimaru	1.95-3.26	2.61±0.14aA	4.34-7.17	5.31±0.37bB	
Securitas	1.57-3.95	2.85±0.25aA	3.46-8.95	5.58±0.60bB	
Kivu	1.16-3.88	2.51±0.26aA	4.59-6.86	5.87±0.28bB	
Mg					
Daltary	0.38-0.63	0.46±0.03aA	0.31-0.80	0.49±0.07aA	0.30–1.00
Organza	0.26-0.57	0.37±0.03aA	0.22-0.89	0.46±0.09aA	
Fujimaru	0.29-0.58	0.42±0.03aA	0.29-0.93	0.54±0.07aA	
Securitas	0.25-0.53	0.38±0.03aA	0.29-0.90	0.50±0.09aA	
Kivu	0.27-0.58	0.38±0.03aA	0.26-0.83	0.49±0.09aA	
S					
Daltary	1.10-1.85	1.38±0.08aA	2.00-3.00	2.72±0.11bA	0,40–1.00
Organza	0.85-1.65	1.31±0.08aA	2.12-2.89	2.46±0.09bA	
Fujimaru	1.10-1.90	1.40±0.08aA	2.13-3.50	2.89±0.16bA	
Securitas	1.10-2.12	1.51±0.11aA	2.63-3.75	3.06±0.12bAB	
Kivu	1.00-2.00	1.29±0.10aA	2.88-3.63	3.23±0.10bB	

¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

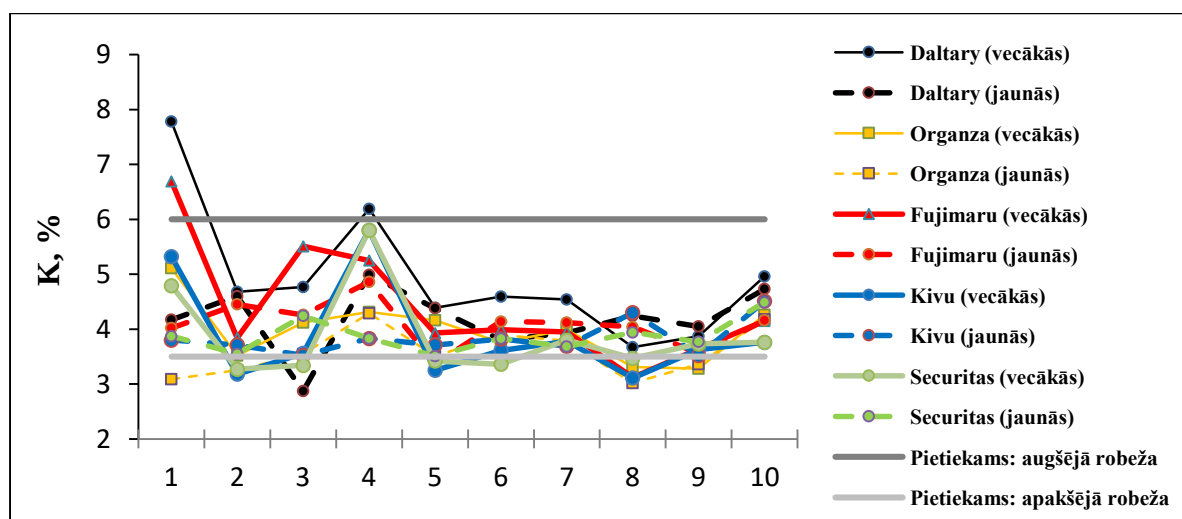
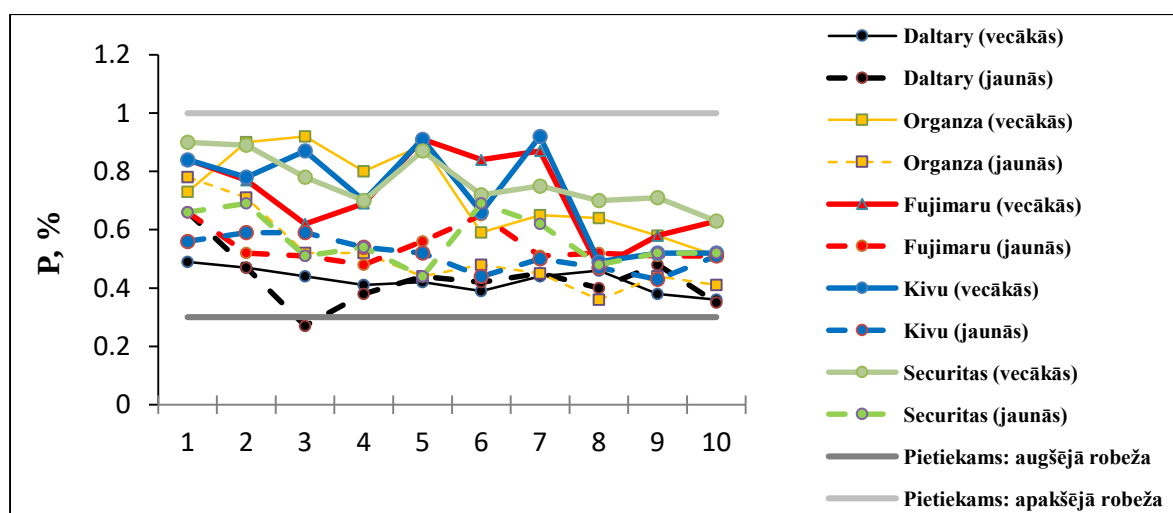
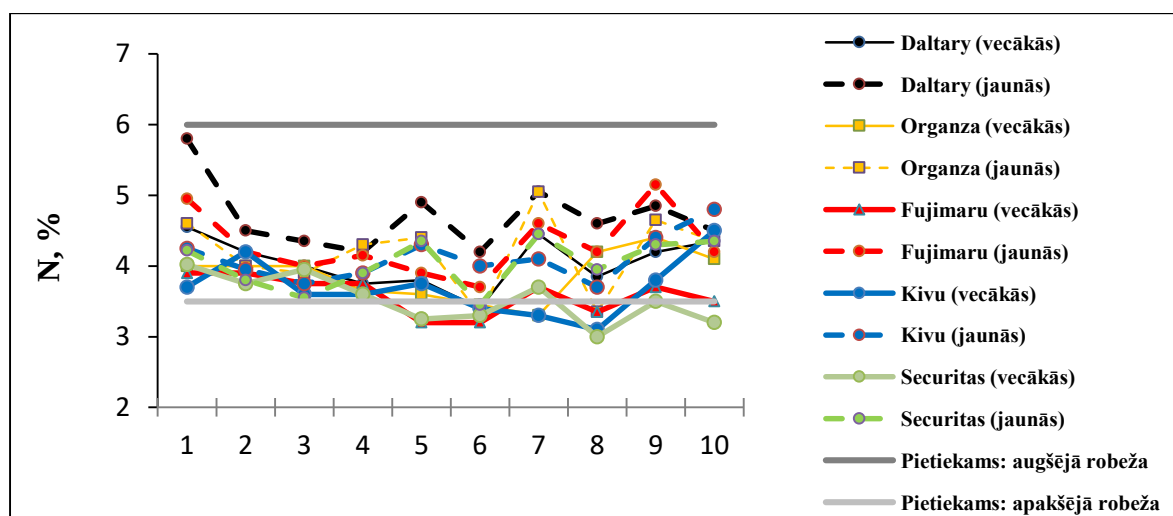
18. tabula. Mikroelementu saturs (mg/kg, sausna) jaunās un vecās tomātu lapās 2021. gada sezonā (aprīlis – augusts) z/s Kliģēni.

Tomātu šķirne	Jaunās lapas		Vecākās lapas		Pietiekamības diapazons
	Diapazons	Vidēji±SE	Diapazons	Vidēji±SE	
Fe					
Daltary	80-204	150±11.9aB	105-294	169±20.5aB	100-300
Organza	90-195	134±12.5aAB	100-200	132±17.6aB	
Fujimaru	102-169	123±7.3aA	100-184	133±9.3aB	
Securitas	70-165	104±8.8aA	87-132	100±5.3aA	
Kivu	80-190	130±11.6aAB	100-212	135±15.9aB	
Mn					
Daltary	79-162	119±9.3aA	116-410	212±33.7bA	50-200
Organza	55-109	87±6.4aA	61-279	149±23.3bA	
Fujimaru	65-214	135±14.5aAB	89-381	225±38.4bA	
Securitas	68-132	93±6.8aA	101-298	175±21.6bA	
Kivu	51-169	107±11.6aA	115-355	214±34.2bA	
Zn					
Daltary	19.0-45.0	28.60±3.06aA	13.5-34.5	25.40±2.98aA	25–80
Organza	15.5-50.0	25.60±3.55aA	13.5-34.0	22.00±2.69aA	
Fujimaru	13.5-40.0	22.30±2.61aA	13.5-27.0	19.80±1.61aA	
Securitas	16.5-35.0	22.90±1.98aA	14.5-29.5	22.10±1.88aA	
Kivu	19.0-48.0	29.20±3.48aA	11.5-43.0	23.10±3.99aA	
Cu					
Daltary	9.0-19.3	15.63±1.05bA	7.9-12.8	10.65±0.61aA	6.0–25.0
Organza	9.5-18.5	13.56±1.06bA	6.3-12.5	9.05±0.75aA	
Fujimaru	9.6-19.5	14.58±1.13aA	8.6-20.5	12.43±1.50aA	
Securitas	10.0-16.4	13.95±0.61bA	7.0-12.7	9.80±0.66aA	
Kivu	9.0-20.5	16.37±1.08bA	6.2-13.0	11.40±0.77aA	
Mo					
Daltary	1.50-3.50	2.72±0.26aA	2.25-7.00	3.56±0.56aA	1.0–5.0
Organza	1.50-4.80	2.70±0.33aA	2.50-5.25	3.19±0.34aA	
Fujimaru	1.80-4.75	2.82±0.32aA	2.25-3.75	2.98±0.19aA	
Securitas	2.25-3.75	3.08±0.21aA	2.50-4.75	3.41±0.28aA	
Kivu	2.50-4.75	3.39±0.22aA	2.25-4.75	3.59±0.33aA	
B					
Daltary	38-52	43.8±1.78aA	68-84	74.9±2.00bC	25–75
Organza	30-52	38.9±2.29aA	56-72	65.4±1.80bB	
Fujimaru	25-62	41.0±3.65aA	31-70	48.1±4.98aA	
Securitas	29-46	36.3±1.81aA	50-70	58.5±2.32bB	
Kivu	30-44	37.1±1.70aA	52-72	60.3±2.40bB	

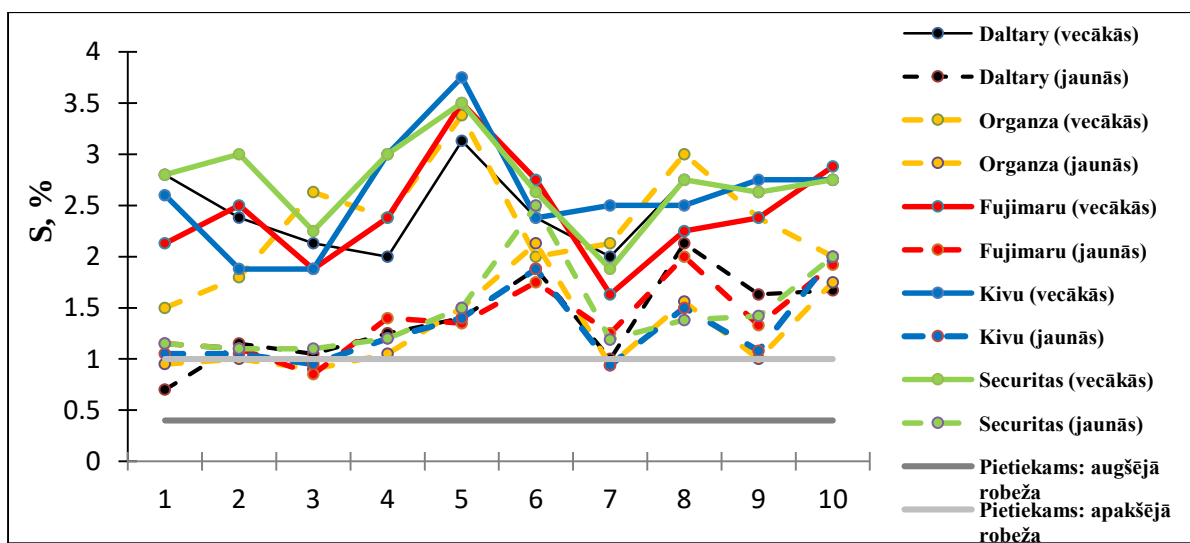
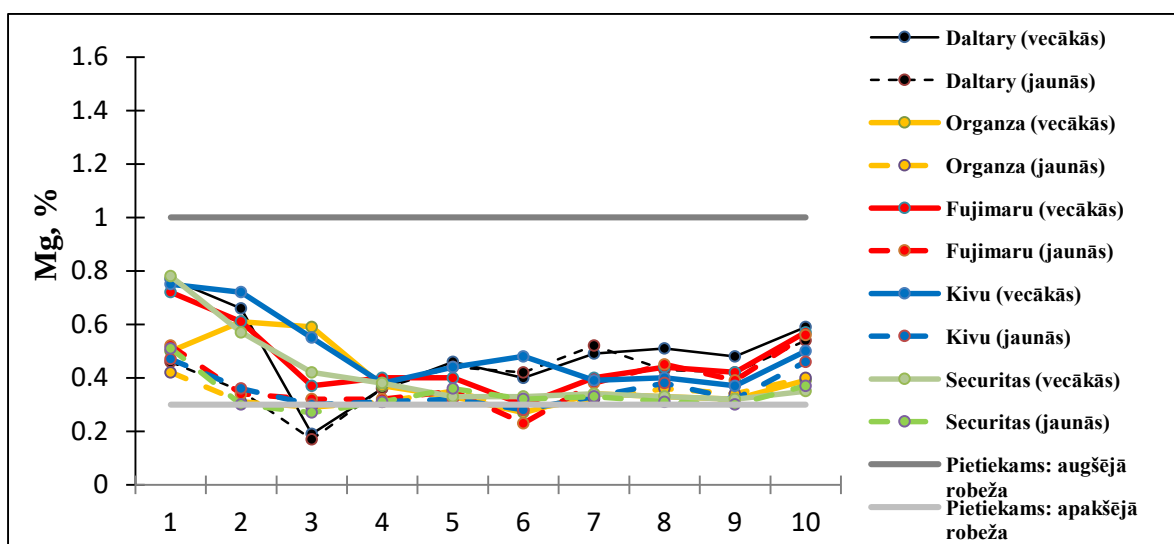
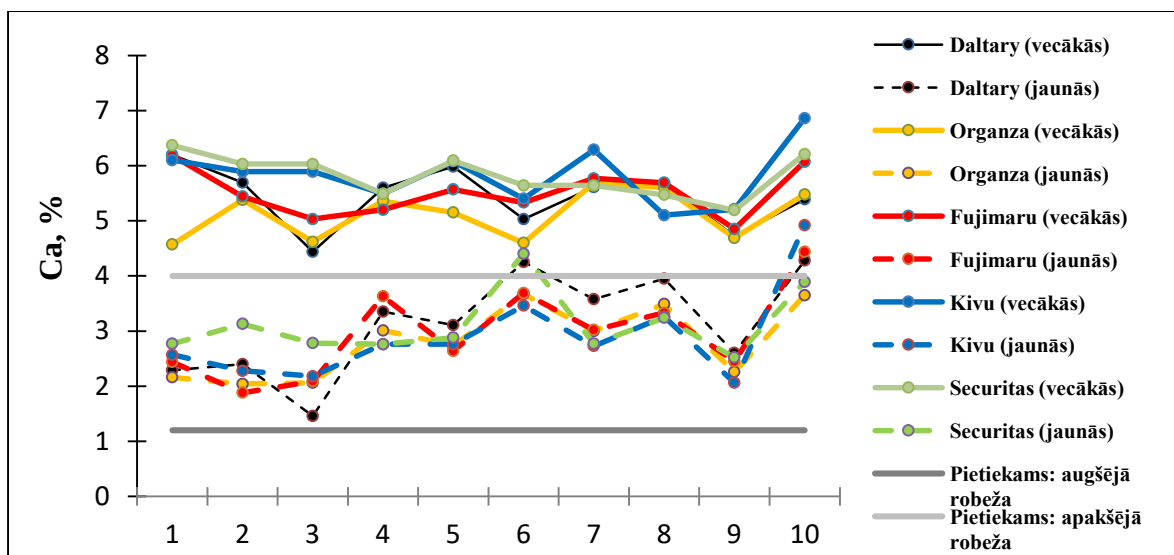
¹ mazie burti – būtiskas barības elementa atšķirības jaunajās un vecajās tomātu lapās katrai šķirnei (a < b).

² lielie burti - būtiskas atšķirības starp šķirnēm katram barības elementam (A < B).

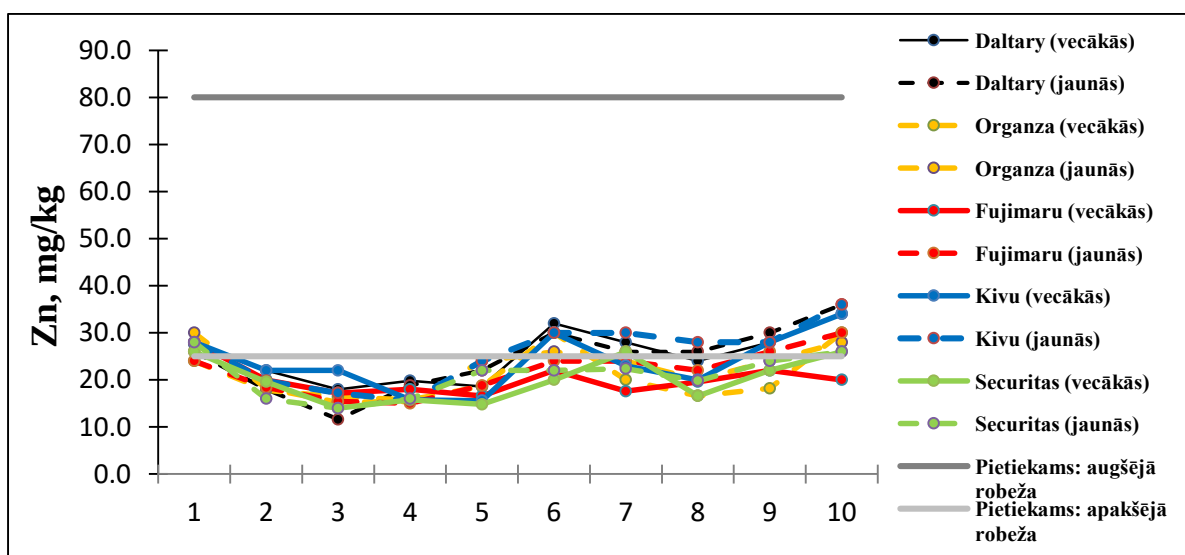
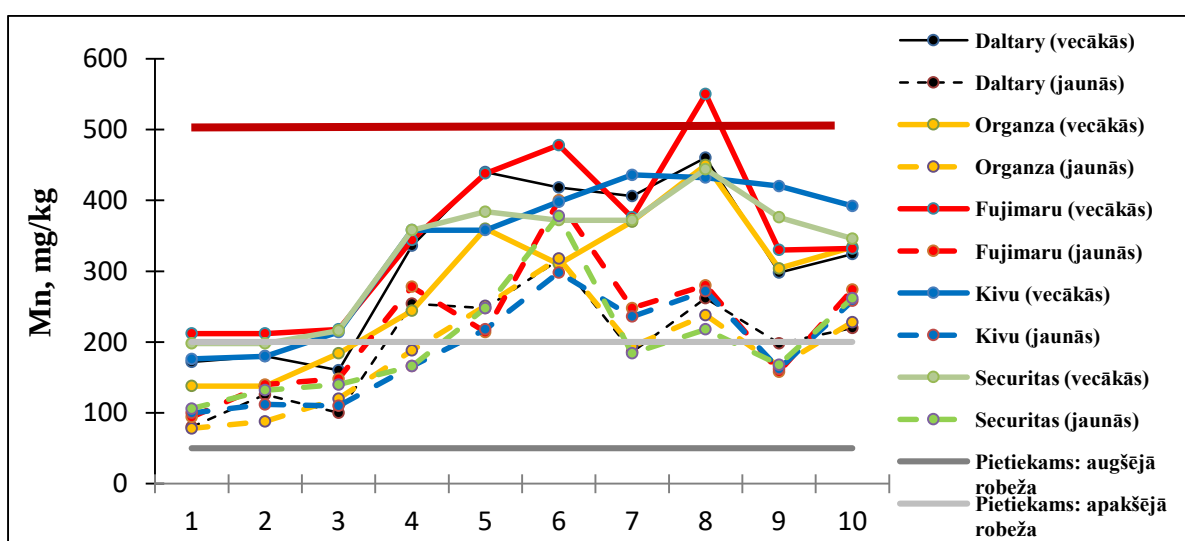
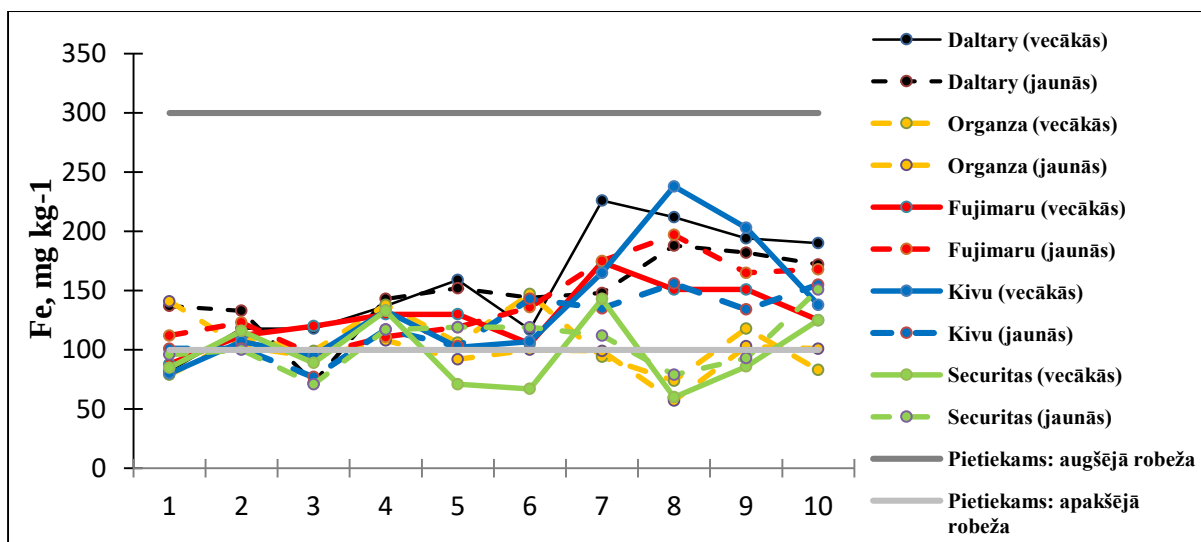
2020.-2021.g. sezonas



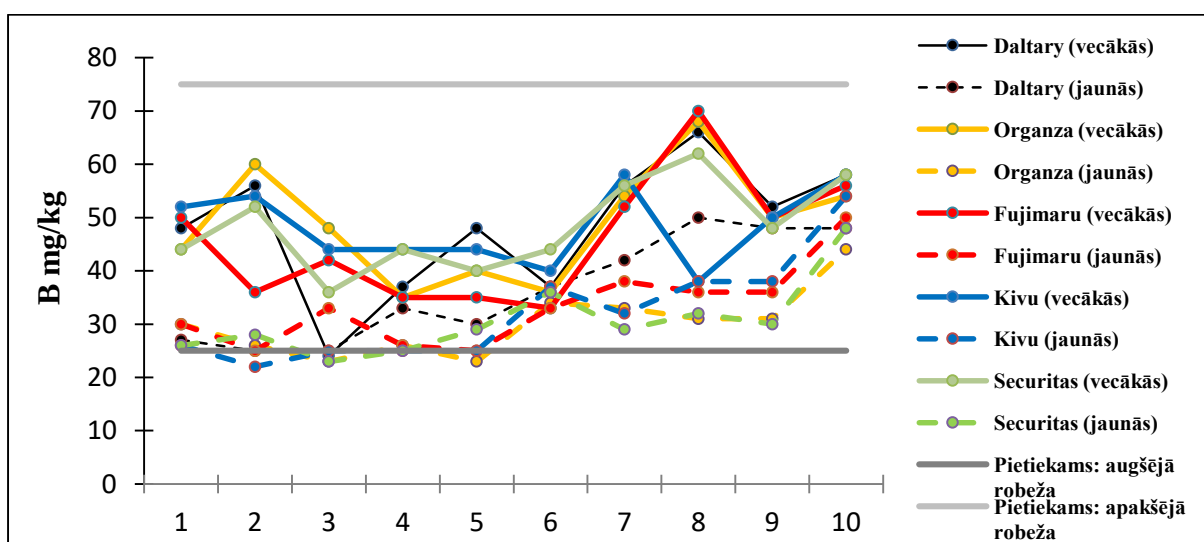
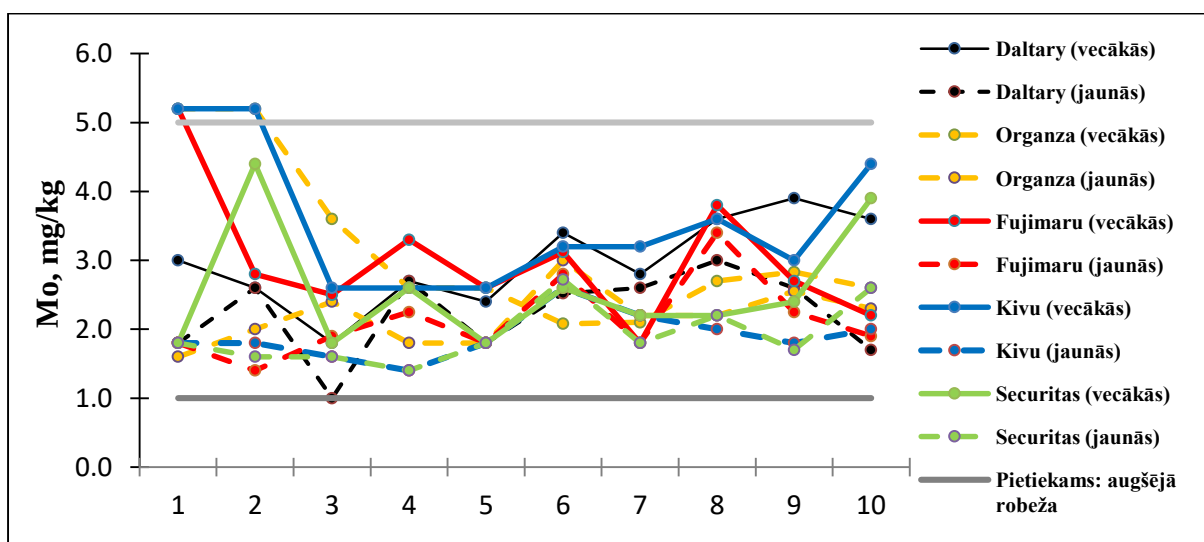
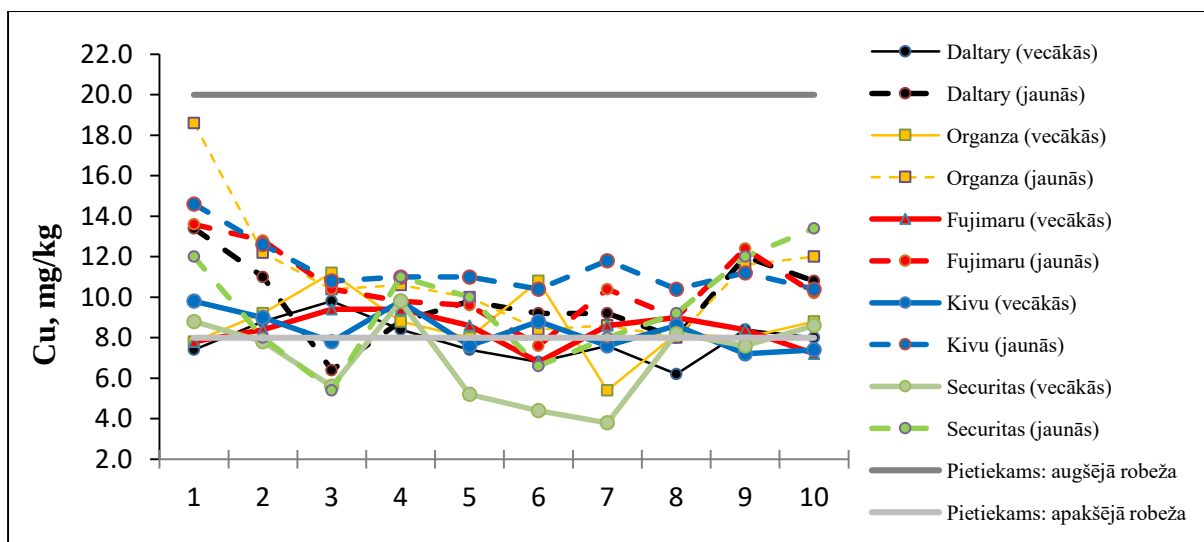
26. attēls. N, P un K saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020. gada ražošanas ciklā.
 Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.04.2020; 2- 23.04.2020; 3- 08.05.2020; 4- 21.05.2020; 5- 04.06.2020; 6-18.06.2020; 7- 06.07.2020; 8- 22.07.2020., 9- 06.08.2020., 10- 27.08.2020.



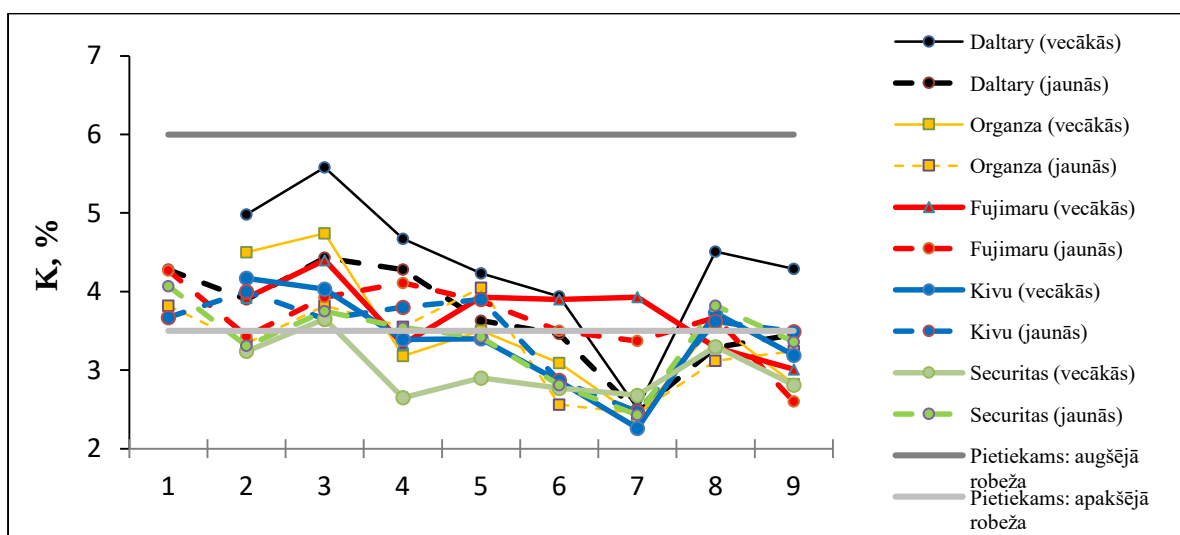
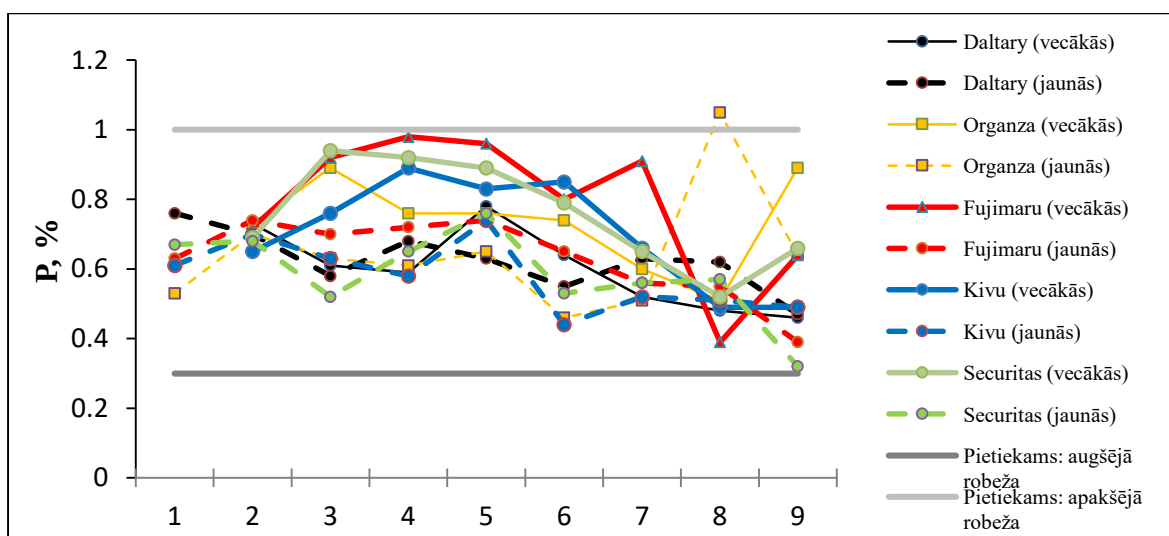
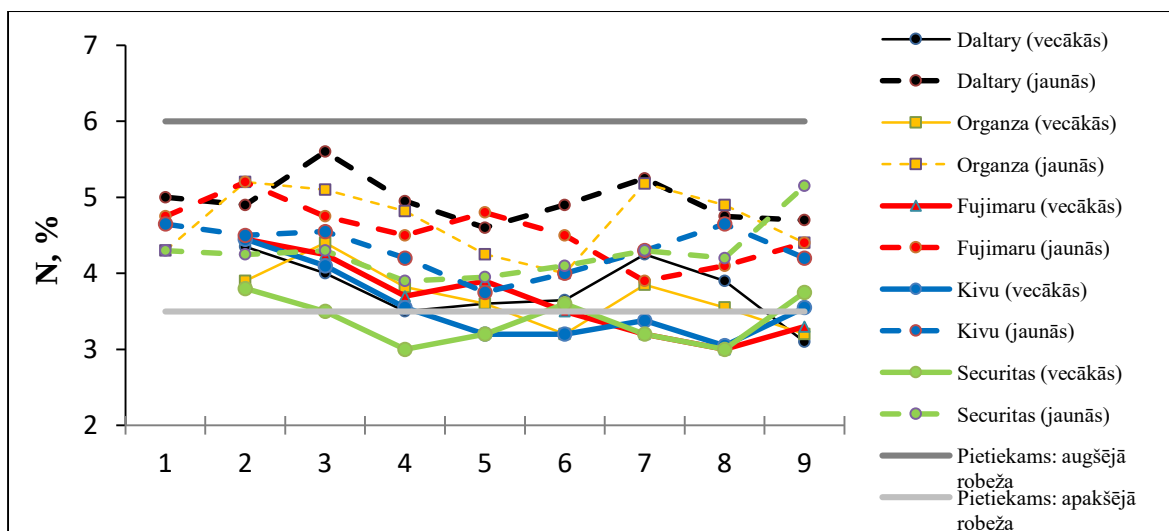
27. attēls. Ca, Mg un S saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.04.2020; 2- 23.04.2020; 3- 08.05.2020; 4- 21.05.2020; 5- 04.06.2020; 6-18.06.2020; 7- 06.07.2020; 8- 22.07.2020., 9- 06.08.2020., 10- 27.08.2020.



28. attēls. Fe, Mn un Zn saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.04.2020; 2- 23.04.2020; 3- 08.05.2020; 4- 21.05.2020; 5- 04.06.2020; 6-18.06.2020; 7- 06.07.2020; 8- 22.07.2020., 9- 06.08.2020., 10- 27.08.2020.

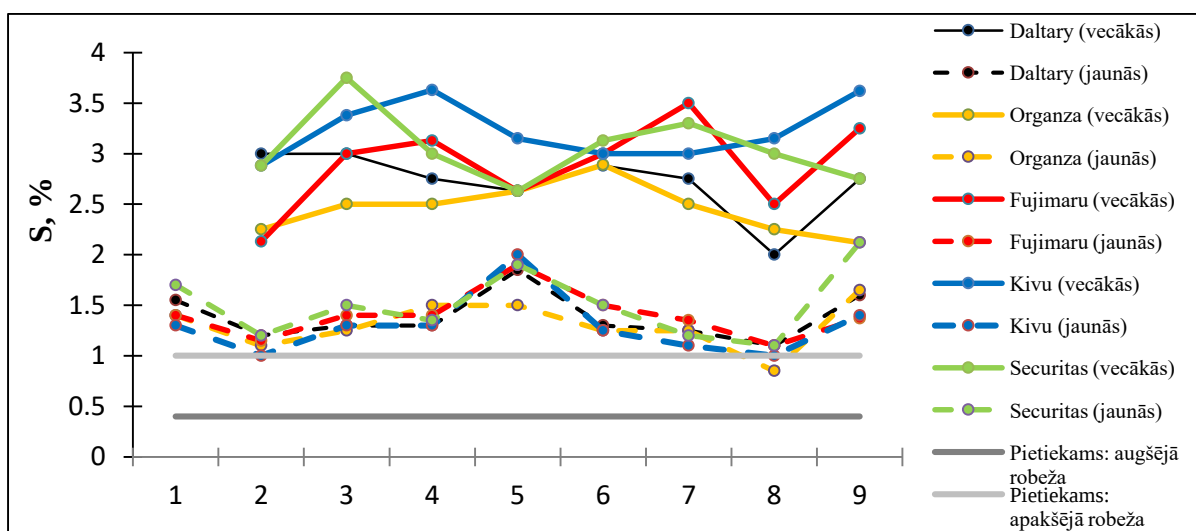
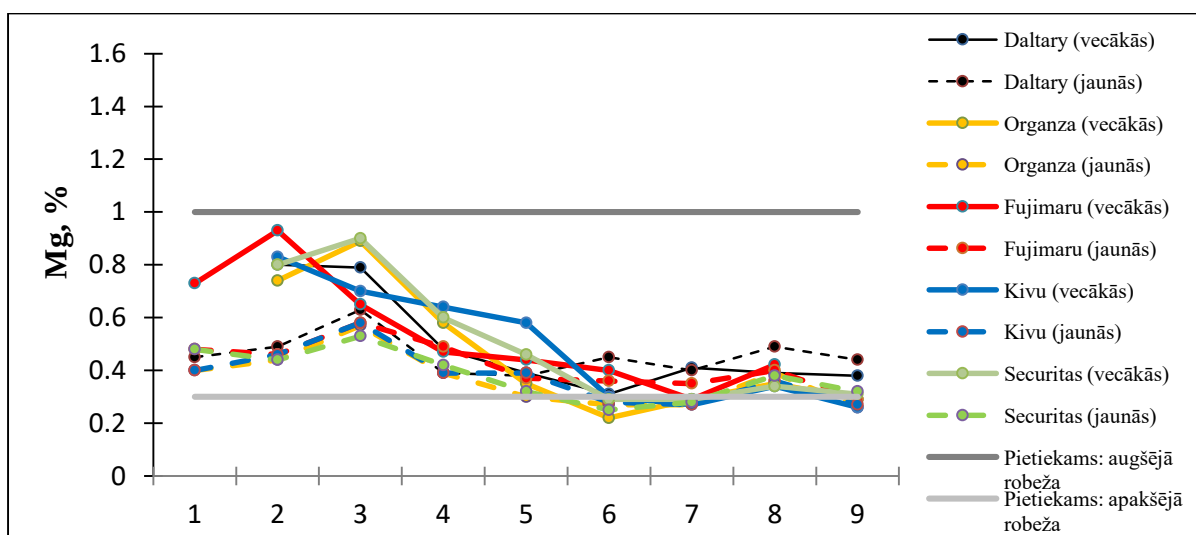
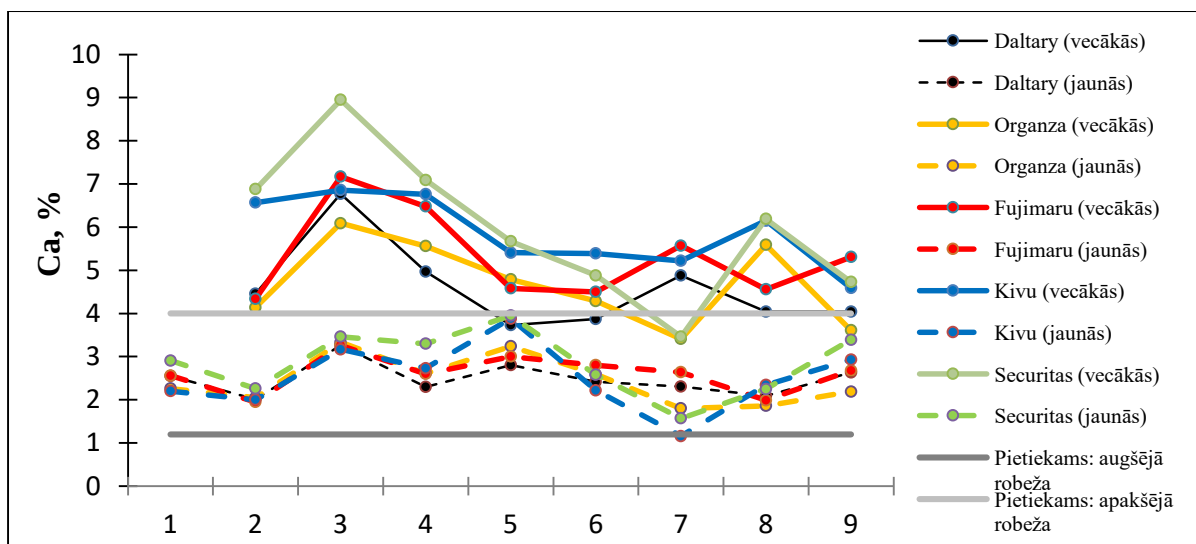


29. attēls. Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2020. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 03.04.2020; 2- 23.04.2020; 3- 08.05.2020; 4- 21.05.2020; 5- 04.06.2020; 6-18.06.2020; 7- 06.07.2020; 8- 22.07.2020., 9- 06.08.2020., 10- 27.08.2020.

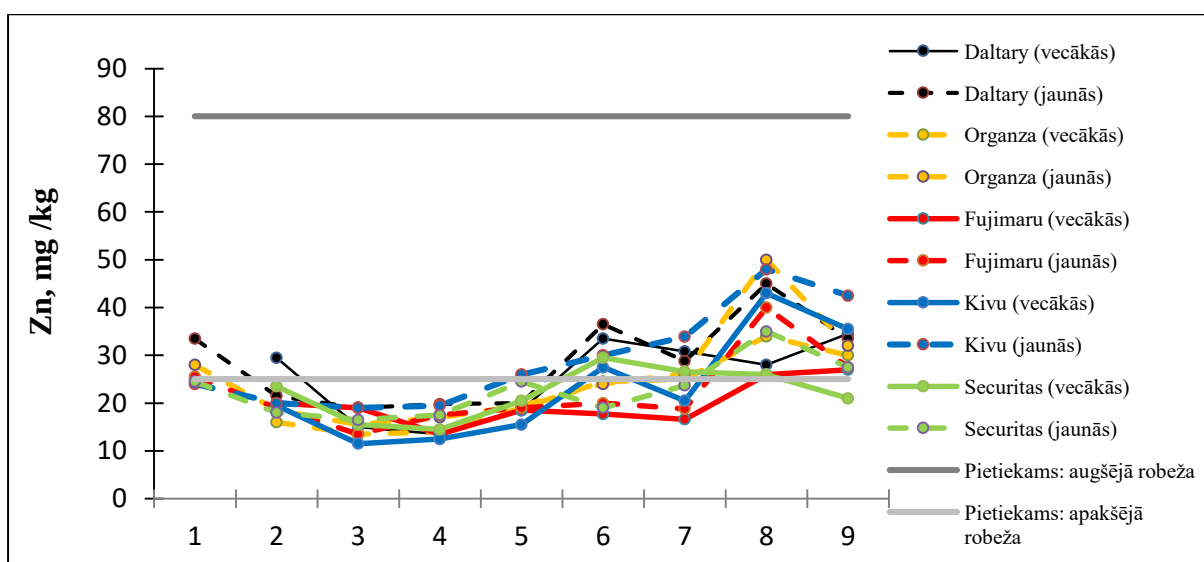
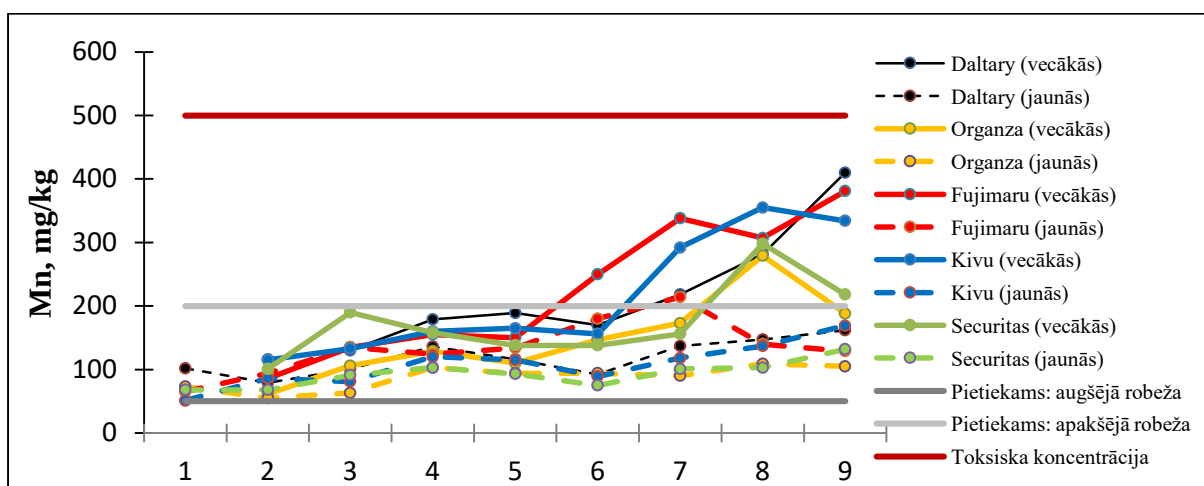
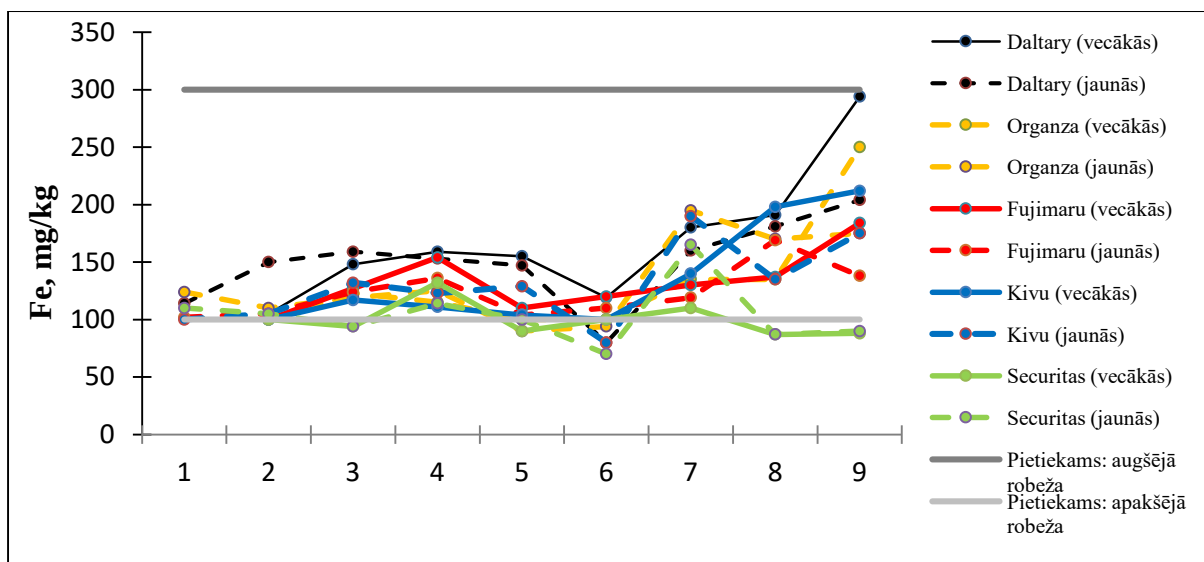


30. attēls. N, P un K saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2021. gada ražošanas ciklā.

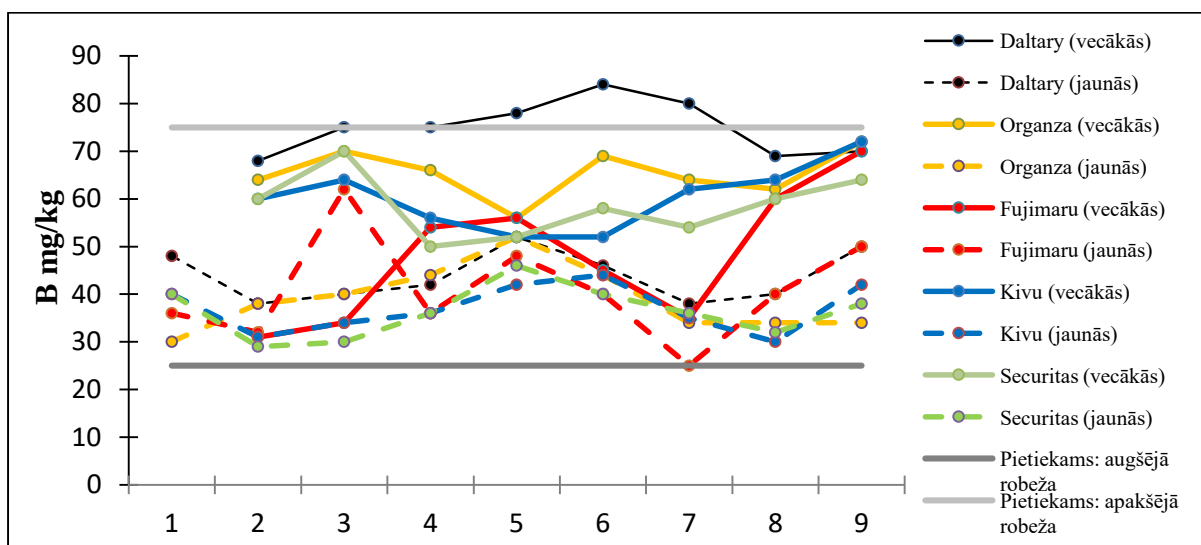
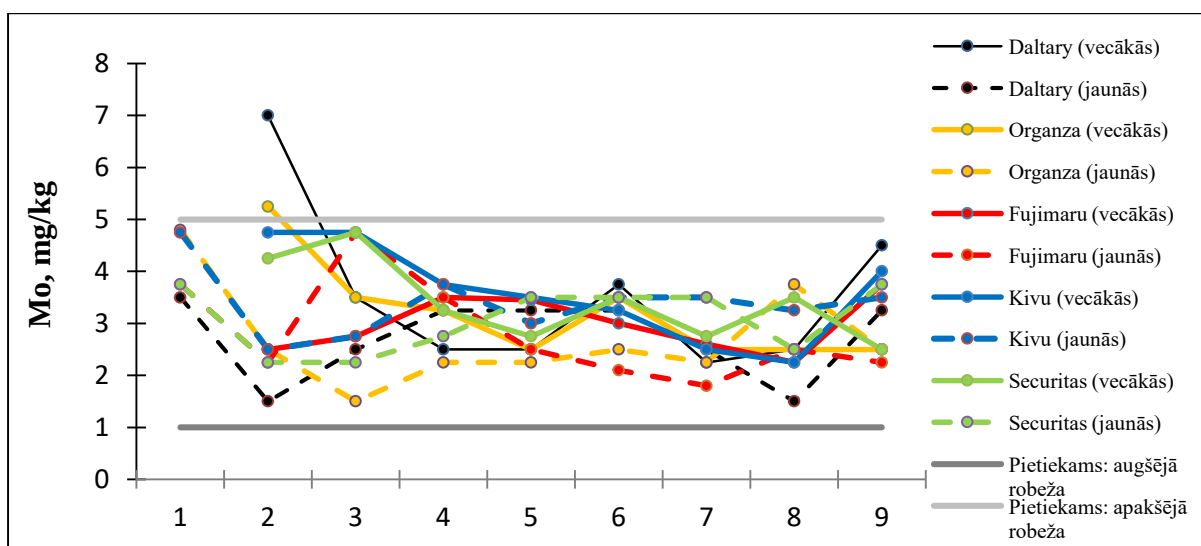
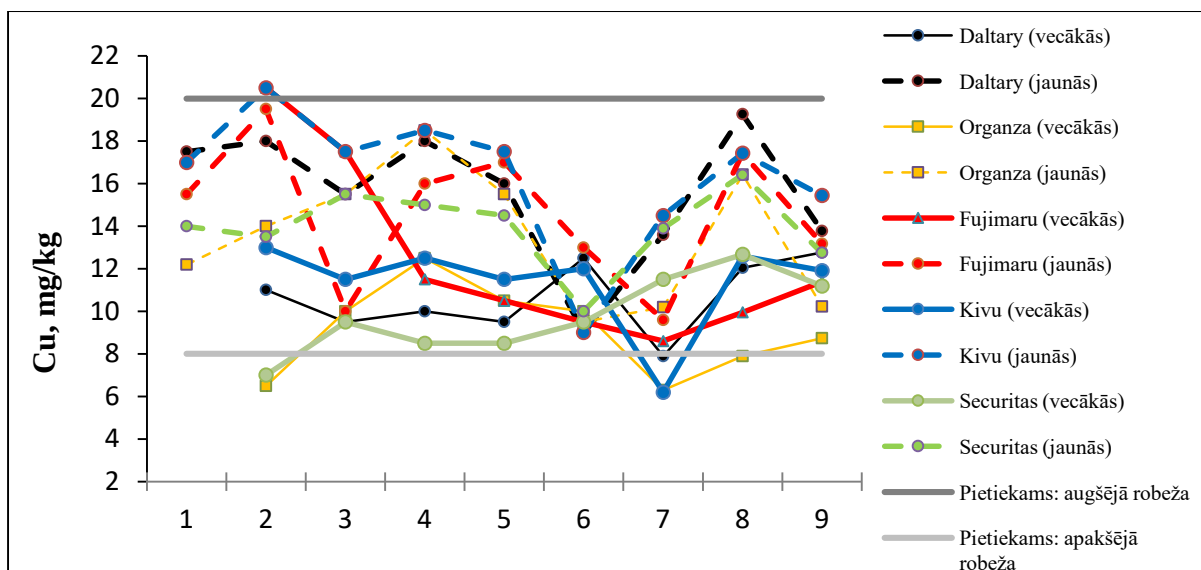
Paraugu ievākšanas datumi: 1- 24.03.2021; 2- 09.04.2021; 3- 23.04.2021; 4- 07.05.2021; 5- 25.05.2021; 6-10.06.2021; 7- 05.07.2021; 8- 27.07.2021., 9- 17.08.2021.



31. attēls. Ca, Mg un S saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2021. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 24.03.2021; 2- 09.04.2021; 3- 23.04.2021; 4- 07.05.2021; 5- 25.05.2021; 6-10.06.2021; 7- 05.07.2021; 8- 27.07.2021., 9- 17.08.2021.



32. attēls. Fe, Mn un Zn saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2021. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 24.03.2021; 2- 09.04.2021; 3- 23.04.2021; 4- 07.05.2021; 5- 25.05.2021; 6-10.06.2021; 7- 05.07.2021; 8- 27.07.2021., 9- 17.08.2021.



33. attēls. Cu, Mo un B saturs jaunās un vecākās tomātu lapās 2021. gada ražošanas ciklā. Paraugu ievākšanas datumi: 1- 24.03.2021; 2- 09.04.2021; 3- 23.04.2021; 4- 07.05.2021; 5- 25.05.2021; 6-10.06.2021; 7- 05.07.2021; 8- 27.07.2021., 9- 17.08.2021.

Pietiekams S saturs siltumnīcu tomātu lapās, saskaņā ar dažādiem literatūras avotiem (Campbell, 2000; Hochmuth, 2018), ir robežās no 0,4 līdz 1,0 mg/kg. Saskaņā ar 15. un 17. tabulā sniegtajiem datiem, mūsu pētījuma rezultāti parādīja ievērojami augstāku S līmeni ne tikai vecākās, bet arī jaunākajās lapās visām tomātu šķirnēm. Tā kā augi parasti var izturēt samērā augstas S koncentrācijas augšanas vidē, Mg, K, Mn, Zn un Cu mēslošanas līdzekļi plaši tiek izmantoti tieši sulfātu formā (Hochmuth, 2018). Siltumnīcu dārzeņu ražošanā ir izplatīta arī S saturošu produktu kā augu aizsardzības līdzekļu izmantošana (Llorens et al., 2017). Lai gan augsts S līmenis var izpausties kā citu barības elementu uzņemšanas antagonists, mūsu pētījums neatklāja būtiskas negatīvas korelācijas starp S un citiem barības elementiem jaunās un vecākās tomātu lapās ($p < 0,05$). Tādējādi varam secināt, ka palielināta S uzkrāšanās lapās nevarētu negatīvi ietekmēt tomātu minerālās barošanās apstākļus kokosšķiedras substrātā. Tas saskan ar Xiong et al. (2017) pētījumiem, kas arī liecina par paaugstinātu S uzņemšanu tomātos audzējot tos kokosšķiedras substrātā.

Lai gan projektu uzsākot 2020. g. Zn koncentrācija barības šķīdumā (0,4 mg/l) bija standarta līmenī, kāds rekomendēts tomātiem (0,3-0,4 mg/l, Heuvelink, 2018), Zn deficīts tika konstatēts jau no otrās augu paraugu ņemšanas reizes (aprīļa vidū), kas sakrita ar tomātu novākšanas sākumu (28.attēls). Pamatojoties uz lapu analīžu rezultātiem, līdz ražošanas cikla vidum (06.06.2020.) Zn saturs barības šķīdumā pakāpeniski tika palielināts no 0,4 mg/l līdz 0,70 mg/l. Šo korekciju rezultātā palielinājās Zn saturs tomātu lapās, un vairumā gadījumu, jaunajās lapās tika sasniegts zemākais pietiekamības līmenis – 25 mg/kg. Tika konstatētas dažas šķirņu atšķirības - pēc Zn palielināšanas barības šķīdumā “Securitas” vecākajām un jaunajām lapām, kā arī “Fujimaru” un “Organza” vecākajām lapām Zn saturs nesasniedza 25 mg/kg, vai arī tas notika ļoti pakāpeniski.

Arī otrā pētījuma gada pavasara mēnešos konstatējām nepietiekamas Zn koncentrācijas tomātu lapās. Tādēļ tika veiktas korekcijas barības šķīdumā, aprīlī palielinot Zn saturu līdz 0.8 mg/l, maija beigās līdz - 1.0 mg/l. Tā rezultātā Zn saturs tomātu lapās normas robežās sasniegts visām šķirnēm (32.attēls).

Zn ir nozīmīga loma augā, tā funkcijas ir saistītas ar fermentu sistēmas aktivizēšanu, hlorofila veidošanos, augsniņu metabolismu, dažādu vides stresa tolerancei u.c. (Mengel & Kirkby, 2001). Tāpēc audzējot tomātus kokosšķiedras substrātā īpaša uzmanība jāpievērš optimālai Zn apgādei. **Ieteicamā Zn koncentrācija barības šķīdumā 0,8-1,0 mg/l.**

2020. g. sezonas sākuma tika konstatēts straujš Mn koncentrācijas pieaugums gan jaunām, gan vecākām tomātu lapām (28.attēls). Lai to ierobežotu, tika uzsākta Mn koncentrācijas samazināšana barības šķīdumā. No aprīļa beigām līdz jūnija sākumam Mn koncentrācija barības šķīdumā pakāpeniski tika samazināta no 0.60 mg/l līdz 0.20-0.30 mg/l un tāda uzturēta līdz sezonas beigām. Šis pasākums apturēja gandrīz lineāro Mn satura pieaugumu vecākajās lapās un nodrošināja Mn samazināšanos jaunajās lapās - to koncentrācija sasniedza normas robežās visām šķirnēm. Jāatzīmē, ka augstas Mn koncentrācijas, kas pārsniedz 500 mg/kg, var būt toksiskas un var nelabvēlīgi ietekmēt citu barības elementu uzņemšanu (Mengel & Kirkby, 2001; Kleiber 2014). Projekta otrajā gadā (2021. g.) Mn saturs barības šķīdumā tika uzturēts 0.30-0.35 mg/l, kas nodrošināja kopumā optimālu vidējo Mn koncentrāciju līmeni: 87-135

mg/kg jaunajās un 149-225 mg/kg vecākajās tomātu lapās. Tā kā augiem kļūstot vecākiem Mn saturam ir tendence pieaugt, īpaši vecākās lapās, **ražošanas sezonas beigās Mn koncentrācijai nebūtu ieteicams būtiski pārsniegt 0.30 mg/l, tomātus audzējot kokosšķiedras substrātā.**

Lai gan Fe saturs tomātu lapās kopumā atbilda normas robežām, straujš Mn koncentrāciju pieaugums audzēšanas cikla gaitā izraisīja nelabvēlīgu Fe:Mn attiecību lapās, mangānam ievērojami pārsniedzot Fe saturu. Tāpēc līdz ar Mn samazināšanu tika uzsākta Fe koncentrācijas palielināšanās barības šķīdumā no 1.8 mg/l līdz 2.4 mg/l, sezonas beigās 2.8-3.0 mg/l. Tā rezultātā Fe saturs tomātu lapās palielinājās šķirnēm 'Daltary', 'Kivu' un 'Fujimaru', savukārt šķirnēm 'Securitas' un 'Organza' visu sezonu bija zemāks Fe līmenis gan jaunajās, gan vecākajās lapās, kas nemainījās arī pēc Fe satura palielināšanas barības šķīdumā. 2021. g. audzēšanas sezonā Fe saturs barības šķīdumā vidēji 2.4 mg/l, kas kopumā nodrošināja optimālu Fe apgādi. Arī šajā sezonā šķirnei 'Securitas' raksturīgas zemākās Fe koncentrācijas lapās, kas nepieaug, augiem paliekot vecākiem.

Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti identificēja vairākas atšķirības starp tomātu šķirnēm barības elementu saturā lapās. Tādējādi ķiršu tomātiem "Daltary" bija tendence akumulēt augstākas N, K, Fe, Zn, bet zemākas P koncentrācijas lapās, salīdzinot ar lielāko daļu citu tomātu šķirņu. Kopumā zemākie N, Fe un Cu rādītāji bija vairāk raksturīgi lielaugļu tomātu "Securitas" lapām. Aktīvākā reakcija uz barības šķīdumu sastāva izmaiņām tika konstatēta tomātu šķirnēm "Daltary" un "Fujimaru". Šīs šķirnes efektīvāk uzkrāja papildu Zn un Fe lapās nekā "Organza" un "Securitas".

Hlorofila saturs ir svarīgs lapu fotosintēzes un augu vitalitātes rādītājs (Zagar Shoostari et al., 2020; Hatamian et al., 2020). Pētījuma rezultāti parādīja būtisku pozitīvu korelāciju starp lapu SPAD vērtībām un S koncentrācijām jaunās tomātu lapās visām šķirnēm, izņemot "Organza" un 'Kivu'. Arī Ca saturs jaunajās tomātu lapās vairumā gadījumu pozitīvi korelēja ar SPAD visās šķirnēs, izņemot "Securitas" un "Kivu" (19.tabula). Tika konstatēta arī būtiska pozitīva korelācija starp hlorofila saturu SPAD vienībās un mikroelementu Fe, Mn, Zn un B koncentrācijām tomātu lapās, īpaši jaunajās lapās, visām šķirnēm.

Līdzīgas tendences tika konstatētas arī 2021. g. audzēšanas sezonā. Būtiskākās korelācijas jaunajās lapās: šķirnei "Daltary" ar Ca 0.726, Zn 0.996 un B 0.866; šķirnei "Securitas" ar S 0.979, B 0.999; šķirnei "Kivu" ar S 0.750, Zn 0.866 un B 0.996. Abu sezonu laikā hlorofila saturs SPAD vienībās pieauga gan jaunajām, gan vecākajām lapām, kas kopumā norāda uz tādiem audzēšanas apstākļiem, kas nodrošina sekmīgu fotosintēzes procesu. SPAD vidējie rādītāji 2020. un 2021. g. bija: 45.20 un 42.65 jaunajām lapām; 44.00 un 40.93 vecākajām lapām, attiecīgi. References vērtības - SPAD 50 vienības (Padilla et al., 2018), tika sasniegtas vasaras vidū un beigās, kad siltumnīcās bez maksīgā apgaismojuma ir augstāka gaismas intensitāte. Jāatzīmē, ka nevienā no pētījuma gadiem netika konstatēta būtiska korelācija starp SPAD vērtībām un N saturu tomātu lapās. Tas skaidrojams ar kopumā optimālo N nodrošinājumu un mazo N koncentrāciju diapazonu.

Nedestruktīvo augu fizioloģisko mērījumu rādītāji PI un Fv/Fm, kas raksturo augu vitalitāti, augstāki bija tomātu vecākajās lapās (Fv/Fm) vai arī būtiski neatšķīrās (PI) un arī tiem bija tendence pieaugt sezonas gaitā. Šo rādītāju vidējās vērtības kopumā atbilst optimāliem augšanas apstākļiem: Fv/Fm jaunajām lapām 0.804 un 0.820, Fv/Fm vecākajām lapām 0.830 un 0.833. Fv/Fm vērtības tomātu lapās, kas sasniedz un pārsniedz 0.73-0.77 (Padilla et al., 2018), raksturo optimālus augšanas apstākļus. Literatūrā norādīts, ka stresa apstākļi var ievērojami samazināt šīs vērtības (Kalaji et al., 2014).

19. tabula. Pīrsona korelācijas koeficienti starp barības elementu koncentrāciju lapās un SPAD vērtībām jaunajām tomātu lapām ($p < 0,05$, ns - nav nozīmīgas)

	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B
Daltary	0.800	0.621	0.795	0.770	0.756	0.901
Organza	0.679	ns	ns	0.721	ns	0.678
Fujimaru	0.697	0.819	0.955	ns	0.832	0.698
Securitas	ns	0.783	0.689	0.69	0.578	0.685
Kivu	ns	ns	0.798	0.816	ns	0.716

Tomātu raža

Ražas uzskaites dati apkopoti 20. tabulā. Tie parāda, ka 2020. g. iegūtā kopējā tomātu raža sekojoša: “Daltary”- 21,56 kg/m², „Organza”-30,41 kg/m², „Fujimaru” 36,41 kg/m², “Kivu” – 37.58 kg/m² „Securitas”-46,71 kg/m².

2021. g. tomātu ražas dati apkopoti līdz gada 34. nedēļai – 17.08.2021. Kopumā var secināt, ka 34 nedēļu kumulatīvā raža 2021.g. vairumā gadījumu pat nedaudz augstāka nekā 2020. g. iegūtā līdzīgā periodā, neskatoties uz ļoti sarežģītajiem laika apstākļiem jūnija – jūlija mēnešos, kad ekstremāli augstās gaisa temperatūras varēja būtiski negatīvi ietekmēt tomātu ražas veidošanos.

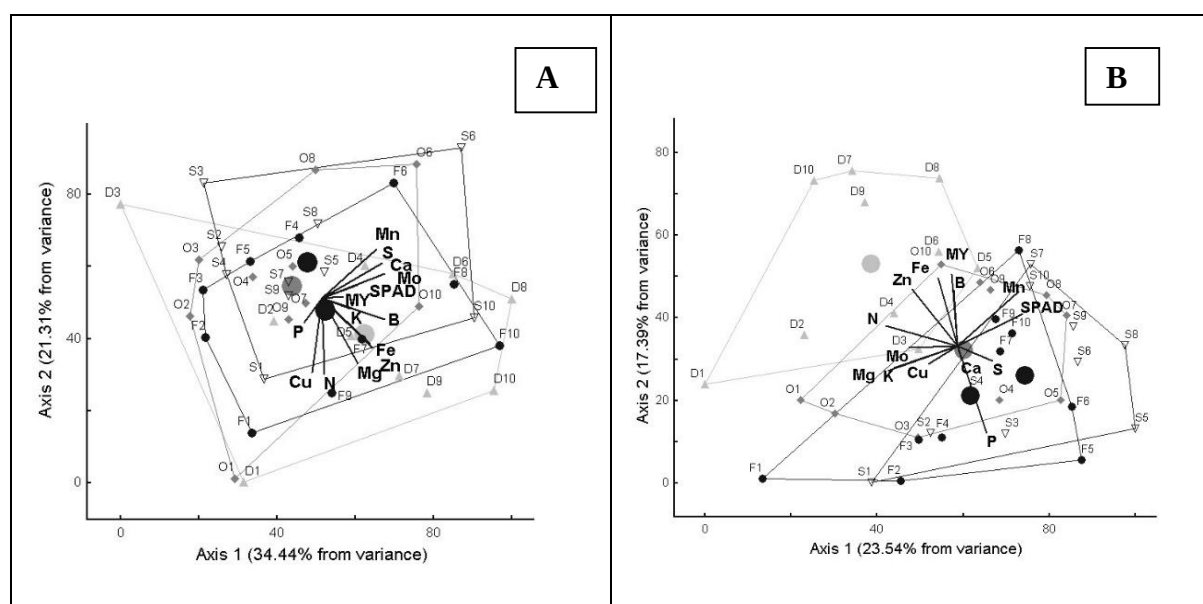
20.tabula. Tomātu ražas vidējie rādītāji 2020.-2021.g. audzēšanas sezonās z/s Kliģeni siltumnīcās projekta ietvaros.

	Daltary		Organza		Fujimaru		Securitas		Kivu	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Kopējā raža kg/m ²	21.56		30.41		36.41		46.71		37.58	
Kumulatīvā raža līdz 17.08.2021. (34 nedēļa)	15.89	15.21	20.92	22.51	25.04	27.57	30.53	33.43	25.05	28.39
Standartā produkcija, %	99.95	99.13	96.65	93,84	86.47	90,03	95.43	90,81	99.37	96,00
Nestandarta produkcija, %	0.05	0,87	3.35	6,15	13.53	9,97	4.57	9,16	0.63	4,00

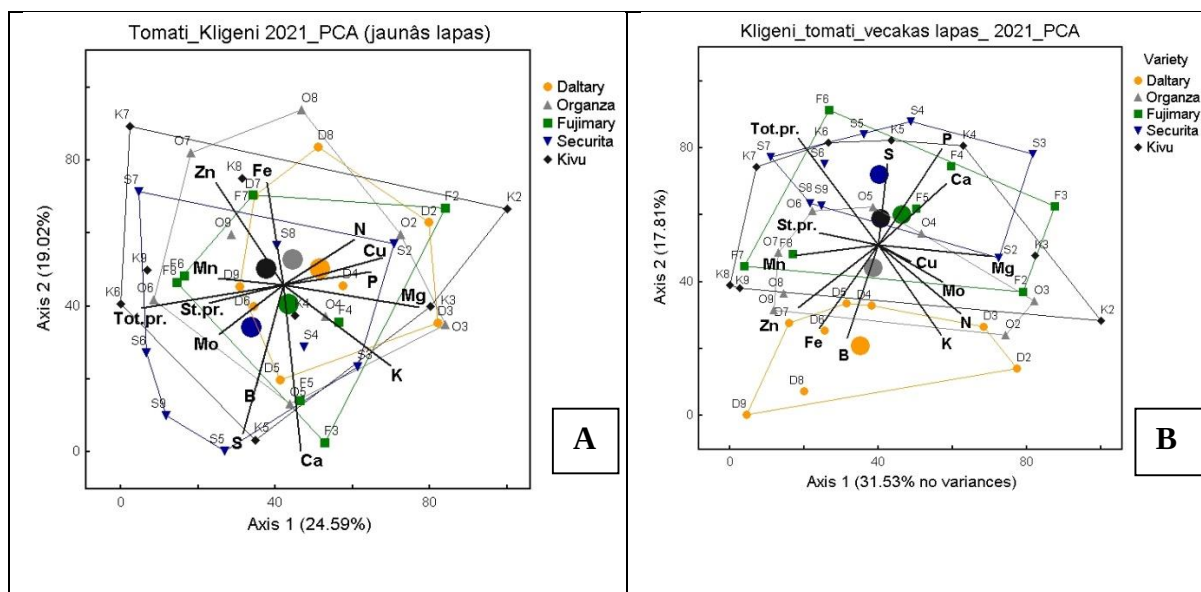
Kopumā ķiršu tomātu “Daltary” kopējo ražu, kas iegūta bez mākslīgā apgaismojuma, var uzskatīt par augstu un salīdzināmu ar ražām, kas iegūtas Nīderlandē un Itālijā tādā pašā tomātu tipam izmantojot papildus apgaismojumu: piem., 21–25 kg/m² (Dueck et al., 2012; Palmitessa et al., 2020). Lielaugļu tomātu vidējā raža Nīderlandē un citās vadošajās tomātu audzēšanas valstīs sasniedz 50–60 kg/m² un vairāk (Heuvelink, 2018). Tātad ražas rādītāji lielaugļu tomātiem “Securitas” 46.7 kg/m², tos audzējot kokosšķiedras substrātā, kopumā atbilst šķirnes raksturojumam, kaut gan uzlabojumi ir iespējami.

Pētījumā tika iekļautas 5 tomātu šķirnes ar dažādu augļu krāsu un masu. Lai raksturotu ražas kvalitāti tika salīdzināta standarta produkcijas procentuālā daļa no kopējās ražas. Rezultāti 2020. g. atklāja, ka neatkarīgi no barības elementu satura lapās, šķirnēm “Daltary”, “Organza”, “Kivu” un “Securitas” standarta ražas īpatsvars bija tuvu 100% un bija attiecīgi 99.95%, 96.65%, 99.37 un 95.43%. Tas norāda uz šo šķirņu augsto piemērotību komerciālai audzēšanai siltumnīcās bez mākslīgā apgaismojuma kokosšķiedras substrātā. Ražas komponentu analīze līdz 2021. g. sezonas otrajai pusei arī kopumā apliecina šo secinājumu.

Tā kā barības elementu koncentrācija lapās būtiski ietekmēja hlorofila saturu un tomātu ražu, šie dati ir izmantoti komponentanalīzē PCA (McCune & Grace 2002). 2020. g. 1. ass izskaidroja 34,44% un 23,54% no kopējās dispersijas, otrā ass - attiecīgi 21,13% un 17,39% no kopējās dispersijas jaunām un vecākām lapām. PCA analīze apstiprināja, ka “Daltary” lapu ķīmiskais sastāvs kopumā atšķiras no citām šķirnēm. Tas bija īpaši izteikts vecākajām lapām. Tā “Daltary” bija augstāks N, Zn, Fe saturs un standarta augļu raža. Individuālie paraugu ņemšanas punkti dažādu šķirņu jaunām lapām bija vairāk izkaisīti ordinācijas telpā, galvenokārt grupējoties pēc paraugu ņemšanas laika, kas netieši norāda uz augu vecumu, augšanas cikla periodu un iespējamo mikroklimata ietekmi (34.attēls). Tādējādi PCA norādīja uz būtiskām atšķirībām barības elementu koncentrācijās lapās audzēšanas perioda gaitā. 2021.g. datu PCA analīzē (35.attēls) atspoguļoti līdzīgi rezultāti.



34. attēls. Tomātu šķirņu lapu ķīmiskā sastāva, SPAD vērtību un standarta ražas sadalījuma PCA analīze 2020.g. A - jaunas lapas, B - vecākās lapas. (D - ‘Daltary’, O - ‘Organza’, F - ‘Fujimaru’, S - ‘Securitas’, MY – standarta raža).



35. attēls. Tomātu šķirņu lapu ķīmiskā sastāva, SPAD vērtību un standarta ražas sadalījuma PCA analīze 2021.g. A - jaunas lapas, B - vecākās lapas. (D - ‘Daltary’, O - ‘Organza’, F - ‘Fujimaru’, S - ‘Securitas’, MY – standarta raža).

Tomātu šķirnei “Fujimaru”, vienīgajai no pētītajām šķirnēm, kurai 2020.g. tika konstatēta būtiska nestandarta tomātu ražas daļa (vidēji 13,53%), tika veikta arī korelācijas analīze starp standarta ražas procentuālo daļu, barības elementu saturu lapās un SPAD vērtībām. Iegūtie rezultāti apstiprināja Ca, S, Fe, Zn un B nozīmi augstas kvalitātes augļu ražas nodrošināšanā (21. tabula). Pozitīva korelācija starp šiem barības elementiem jaunās lapās liecināja par zināmu sinerģiju uzņemšanas procesos. Mūsu pētījums atklāja statistiski būtisku pozitīvu korelāciju starp Ca un S, Mn, B; S un Fe, Mn; Fe un Zn, B; Zn un B ($0.601 < r < 0.825$, $p < 0,05$).

21. tabula. Pīrsona korelācijas koeficienti starp barības elementu saturu lapās, SPAD vērtībām un standartprodukcijas īpatsvaru šķirnei ‘Fujimaru’ ($n = 10$, $p < 0.05$, $r > 0.578$)

Jaunās lapas		Vecākās lapas	
Barības elements	r	Barības elements	r
Ca	0.688	K	-0.580
S	0.734	B	0.588
Fe	0.854	SPAD	0.739
Zn	0.805		
B	0.853		
SPAD	0.884		

Lai gan K nenoliedzami pozitīvi ietekmē tomātu kvalitāti, novēršot tādus fizioloģiskus defektus kā nevienmērīgs augļu krāsojums un nepilnīga nogatavošanās (Schwarz et al., 2013; Hernández-Pérez et al., 2020), vienīgā nozīmīgā negatīvā korelācija tika konstatēta starp K saturu vecākajās lapās un “Fujimaru” augļu standarta ražu. Būtiska negatīva korelācija bija arī starp SPAD indeksiem un K koncentrāciju “Fujimaru” vecākajās lapās. Saskaņā ar dažādiem pētījumiem, plaši izplatīta parādība tomātu audzēšanā ir konkurējoša mijiedarbība starp tādiem

barības elementiem kā Ca, Mg un K, kas var dažkārt likt izvēlēties, vai nu palielināt K apgādi, lai nodrošinātu augļu kvalitāti uzglabāšanas vai garšas ziņā, vai samazināt K līmeni, potenciāli samazinot Ca fizioloģisko traucējumu risku (Pujos & Morard, 1997; Fanasca et al., 2005; Sambo et al., 2019). Tātad svarīga ir šo elementu sabalansēta apgāde. Tā kā „Fujimaru” netika konstatēta augļu galotnes puves (BER) izplatība, K saturu lapās ieteicams uzturēt pietiekami augstā līmenī. Jāatzīmē, ka abu sezonu otrā pusē konstatēts K koncentrāciju kritums lapās visām šķirnēm, kas norāda uz nepieciešamību veikt korekcijas barības šķīdumā, tā nodrošinot optimālu K apgādi visas sezonas laikā.

Tomātu kvalitātes problēmas, kas noteica “Fujimaru” tomātu nestandarta produkcijas daļu, bija saistītas ar augļu neatbilstību šķirnes vidējam svaram, augļa neregulāro formu un tomātu augļu deformāciju (Catface). Šādu augļu defektu izplatība parasti ir saistīta ar mikroklimatu siltumnīcā, galvenokārt zemu temperatūru un gaismas intensitāti ziedēšanas laikā, kā arī nepilnīgu apputeksnēšanu (Peet, 2009). Mūsu pētījums atklāja būtisku pozitīvu korelāciju starp standarta ražas procentuālo daudzumu un dienas temperatūru, 24 stundu vidējo temperatūru un dabīgā apgaismojuma intensitāti 6 nedēļas pirms ražas novākšanas ($0.414 < r < 0.658$, $p < 0,05$). Vislielākās novirzes no ieteicamā optimālā diennakts temperatūras diapazona (19 līdz 20° C), kā arī zemākais gaismas intensitātes līmenis tika novērots laikā no februāra līdz aprīļa vidum, kas arī noteica lielāku nestandarta augļu procentuālo daudzumu ražas novākšanas sākumā. Jāatzīmē, ka tomātu audzēšanā pavasara mēnešos bez mākslīgā apgaismojuma Latvijas ģeogrāfiskajos platuma grādos ir sarežģīti nodrošināt augstu un 100% kvalitatīvu ražu. Tomēr mūsu pētījums šajā aspektā atklāja visai nozīmīgas šķirņu atšķirības - “Daltary”, “Organza”, „Kivu” un “Securitas” bija mazāk jutīgas pret novirzēm no optimālajiem mikroklimata apstākļiem.

Kopsavilkums - secinājumi

- Pētījumā konstatēts, ka barības elementu saturs tomātu lapās vairumā gadījumu atbilda rekomendēto koncentrāciju diapazonam. Tomēr atklātas arī atsevišķas novirzes no optimālā: visām pētījumā iekļautajām tomātu šķirnēm bija raksturīgs zems Zn un augsts S līmenis gan jaunās, gan vecākās lapās, kā arī augsta Mn koncentrācija vecākajās lapās. Veiktā barības šķīduma sastāva korekcijas novērsa nelabvēlīgi augstu Mn uzkrāšanos tomātu lapās, kā arī sekmēja Zn apgādi.
- Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti identificēja vairākas atšķirības starp tomātu šķirnēm barības elementu saturā lapās. Tā, ķiršu tomātiem “Daltary” bija tendence akumulēt augstākas N, K, Fe, Zn, bet zemākas P koncentrācijas lapās, salīdzinot ar lielāko daļu citu tomātu šķirņu. Kopumā zemākie N, Fe un Cu rādītāji bija vairāk raksturīgi lielaugļu tomātu “Securitas” lapām. Aktīvākā reakcija uz barības šķīdumu sastāva izmaiņām tika konstatēta tomātu šķirnēm “Daltary” un “Fujimaru”. Šīs šķirnes efektīvāk uzkrāja papildu Zn un Fe lapās nekā “Organza” un “Securitas”.
- Nevienā no pētījuma gadiem netika konstatēta būtiska korelācija starp hlorofila saturu SPAD vienībās un N saturu tomātu lapās, tā atklājot zināmu *plato* efektu optimālos N apgādes apstākļos. Iegūtie rezultāti apstiprināja Ca, S, Fe, Zn un B būtisko nozīmi ne tikai augu fotosintēzē, bet arī augstas tomātu augļu ražas kvalitātes nodrošināšanā. Tāpēc, lai nodrošinātu intensīvu fotosintēzi kā priekšnoteikumu lielai ražai, ir svarīgi kontrolēt tomātu

minerālās barošanās stāvokli, savlaicīgi veikt korekcijas, lai optimizētu barības elementu apgādi, īpaši attiecībā uz mikroelementiem.

- Rezultāti atklāja, ka neatkarīgi no mikroklimata un barības elementu nodrošinājuma lapās, šķirnēm “Daltary”, “Organza”, “Kivu” un “Securitas” standarta ražas īpatsvars bija tuvu 100% un bija attiecīgi 99.95%, 96.65%, 99.37% un 95.43%. Tas norāda uz šo šķirņu augsto piemērotību komerciālai audzēšanai siltumnīcās bez mākslīgā apgaismojuma kokosšķiedras substrātā.
- Tomātu defektu izplatība kā augļa neatbilstība šķirnes vidējam svaram un augļa deformācijas liecināja, ka šķirne “Fujimaru” bija jutīgāka pret novirzēm no optimālā mikroklimata siltumnīcā.

Izmantotā literatūra

- Barrett, G.E., Alexander, P.D., Robinson, J. S. & Bragg, N.C. 2016. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – a review. *Scientia Horticulturae* 212, 220–234. doi:10.1016/j.scienta.2016.09.030
- Brust, G. 2013. Nutrient Problems and Their Management in Tomatoes. University of Maryland extension. <https://extension.umd.edu/learn/nutrient-problems-and-their-management-tomatoes>. Accessed 13.12.2020.
- Campbell, C.R. 2000. Reference Sufficiency Ranges for Plant Analysis in the Southern Region of The United States. Southern Cooperative Series Bulletin, 394, pp. 122, www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf.
- Carlile, W.R., Cattivelo, C. & Zaccheo, P., 2015. Organic growing media: constituents and properties. *Vadose Zone Journal* 14(6), 1–13. doi: 10.2136/vzj2014.09.0125
- Dueck, T.A., Janse, J., Eveleens, B.A., Kempkes, F.L.K., Marcelis, L.F.M. 2012. Growth of tomatoes under hybrid LED and HPS lighting. *Acta Horticulturae* 952, 335–342. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.952.42
- Fanasca, S., Roupahel, Y., Cardarelli, M. & Colla, G. 2005. The influence of K:Ca:Mg:Na ratio and total concentration on yield and fruit quality of soilless-grown tomatoes: a modelling approach. *Acta Horticulturae* 697, 345–350. doi: 10.17660/ActaHortic.2005.697.43
- Haifa 2020. Nutritional Recommendations for Tomato. <https://www.haifa-group.com/files/Guides/tomato/Tomato.pdf>. Accessed 15.03.2020.
- Hatamian, M., Rezaei Nejad, A., Kafi, M., Souri, M.K. & Shahbazi, K. 2020. Interaction of lead and cadmium on growth and leaf morphophysiological characteristics of European hackberry (*Celtis australis*) seedlings. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 7(1), 1–8. doi:10.1186/s40538-019-0173-0.
- Hernández-Pérez, O.I., Valdez-Aguilar, L.A., Alia-Tejacal, I., Cartmill, A.D. & Cartmill, D.L. 2020. Tomato fruit yield, quality, and nutrient status in response to potassium: calcium balance and electrical conductivity in the nutrient solution. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20, 484–492. doi: 10.1007/s42729-019-00133-9
- Heuvelink, Ep. 2018. Tomatoes. 2nd edition, Crop production science in horticulture series, 27. CABI International, Oxfordshire, 388 pp.
- Hochmuth, G.J. 2018. Fertilizer Management for Greenhouse Vegetables—Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3. UF/IFAS Extension HS787, 19 pp.
- Kalaji HM, Schansker G, Ladle RJ, Goltsev V, Bosa K, Allakhverdiev SI, Brestic M, Bussotti F, Calatayud A, Dąbrowski P, Elsheery NI, Ferroni L, Guidi L, Hogewoning SW, Jajoo A, Misra AN, Nebauer SG, Pancaldi S, Penella C, Poli D, Pollastrini M, Romanowska-Duda ZB, Rutkowska B, Serôdio J, Suresh K, Szulc W, Tambussi E, Yanniccari M, Zivcak M. 2014. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynth Res.*, 122, 121–58. doi: 10.1007/s11120-014-0024-6.
- Kleiber, T., Markiewicz, B. & Niewiadomska, A. 2012. Organic substrates for intensive horticultural cultures: yield and nutrient status of plants, microbiological parameters of substrates. *Polish Journal of Environmental Studies* 21(5), 1261–1271.
- Llorens, E., Agustí-Brisach, C., González-Hernández, A.I., Troncho, P., Vicedo, B., Yuste, T., Orero, M., Ledó, C., García-Agustina, P. & Lapeña, L. 2017. Bioassimilable sulphur provides

- effective control of *Oidium neolycopersici* in tomato, enhancing the plant immune system. *Pest Management Science* 73(5), 1017–1023. doi:10.1002/ps.4419
- McCune, B. & Grace, J.B. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Glenden Beach, Oregon, 304 pp.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 849 pp.
- Padilla, F.M., Thompson, R.B., Peña-Fleitas, M.T. & Gallardo, M. 2018. Reference values for phenological phases of chlorophyll meter readings and reflectance indices for optimal N nutrition of fertigated tomato. *Acta Horticulturae* 1192, 65–72. doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1192.7
- Palmitessa, O.D., Paciello, P. & Santamaria, P. 2020. Supplemental LED increases tomato yield in mediterranean semi-closed greenhouse. *Agronomy* 10, 1353, doi:10.3390/agronomy10091353
- Peet, M.M. 2009. Physiological disorders in tomato fruit development. *Acta Horticulturae* 821, 151–160. doi: 10.17660/ActaHortic.2009.821.16
- Pujos, A. & Morard, P. 1997. Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage. *Plant and Soil* 189, 189–196. doi: 10.1023/A:1004263304657
- Rinkis, G.J., Ramane, H.K. & Kunickaya, T.A. 1987. *Methods of soil and plant analysis*. Zinatne, Riga, 174 pp. (in Russian).
- Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R. & Cesco, S. 2019. Hydroponic solutions for soilless Pproduction systems: issues and opportunities in a smart agriculture perspective. *Frontiers in Plant Science* 10, 923. doi: 10.3389/fpls.2019.00923
- Schwarz, D., Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Brückner, B. & Krumbein, A. 2013. Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Scientia Horticulturae* 149, 70–79. doi: 10.1016/j.scienta.2012.06.013.
- Xing, J., Gruda, N., Xionga, J. & Liua, W. 2019. Influence of organic substrates on nutrient accumulation and proteome changes in tomato-roots. *Scientia Horticulturae* 252, 192–200. doi: 10.1016/j.scienta.2019.03.054
- Xiong, J., Tian, Y., Wang, J., Liu, W. & Chen, Q. 2017. Comparison of coconut coir, rockwool, and peat cultivations for tomato production: nutrient balance, plant growth and fruit quality. *Frontiers in Plant Science* 8, 1327. doi: 10.3389/fpls.2017.01327
- Zargar Shooshtari, F., Souri, M.K., Hasandokht, M.R. & Kalate Jari, S. 2020. Glycine mitigates fertilizer requirements of agricultural crops: case study with cucumber as a high fertilizer demanding crop. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 7(1), 1–10. doi:10.1186/s40538-020-00185-5.

II. Pētījumi augu aizsardzības jomā

1. Kaitēkļu monitorings un derīgo kukaiņu aktivitātes pētījums

Kameņu aktivitātes noteikšana segtajās platībās

Pirmie kameņu aktivitātes noteikšanas pētījumi uzsākti SIA “Getliņi EKO” tomātu audzētavā 2019. gada septembrī, bet z/s „Kliģeni” 2020. gada martā. Līdz šim zinātniskajās publikācijās nepieciešamā informācija par kameņu aktivitātes noteikšanu segto platību tomātu audzētavās ir maz pieejama. Tāpēc kameņu aktivitātes noteikšanai bija nepieciešams izveidot metodi, kas ļautu iegūt objektīvus uzskaites datus.

Kameņu aktivitātes uzskaites veica stikla siltumnīcās. Projekta ietvaros metodes pamatā katrā uzskaites reizē uzskaitīti tomātu augu ķekaros pilnziedā ziedošie ziedi. Kameņu aktivitāti noteica, kad katram uzskaitītajam ziedam fiksēja kameņu kodumus. Kameņu kodums ziedā raksturojams kā sakosta zieda auglenīca, uz kuras redzami kameņu žokļu nospiedumi. Vēlāk uz zieda auglenīcas ir skaidri redzams iebrūnējies žokļu nospiedums, tas izceļas uz pārējā zieda fona un atgādina fizioloģisku bojājumu ziedam (skat. 1. att).



1. att. Attēlā kreisā zieda auglenīcai redzams brūns plankums, kas radies no kameņu koduma.

Datu ievākšanai bija nepieciešami šādi materiāli: norobežojošā lenta ratiņtrubu rindas un augu marķēšanai, etiķetes ķekaru marķēšanai un krāsainie diegi ziedu marķēšanai ķekaros. Uzskaitēm tika izvēlēti desmit tomātu augi ar savstarpēji vienādu izvietojumu, kas atradās visā siltumnīcas platībā dažādās augu rindās. Izvēlēto augu ratiņtrubu rindas tika marķētas ar norobežojošu lentu, lai ātri un ērti tās spētu identificēt katrā uzskaites reizē. Pēc tam katrā ratiņtrubu rindā izvēlēts viens augs, kuru marķēja ar norobežojošu lentu, apsienot to ap auga

stumbru. Uz katra marķētā auga ķekariem piestiprināja etiķetes ar numerāciju, uz kurām pēc kārtas uzskaitīja izveidojušos ķekarus (skat. 2. att.).



2. att. Augam piestiprināta etiķete ar ķekara numerāciju.

Uz katra ķekara pilnziedā augošos ziedus marķēja ar dažādas krāsas diegiem. Ziedu marķēšanai izmantoja zilu, zaļu, sarkanu, dzeltenu, baltu un melnu krāsu. Ziedus marķēja, lai turpmākajās uzskaitēs tos atšķirtu no citiem ziediem, kā arī lai konstatētu vai auglis ir izveidojies (nogatavojies) kā standarta vai nestandarta auglis. Par nestandarta augli uzskata tādu augli, kas fizioloģiski ir neattīstījies, cietis mehāniski, cietis no patogēna vai apkārtējās vides izraisītas slimības. Pēc sakosto un nesakosto ziedu uzskaites katrā auga ķekarā veica kameņu aktivitātes aprēķinu procentos (%). Kameņu aktivitātes aprēķins veikts pēc šādas formulas:

$$A = \frac{s \cdot 100}{k},$$

kur,

A – kameņu aktivitāte, %;

s – sakostie ziedi;

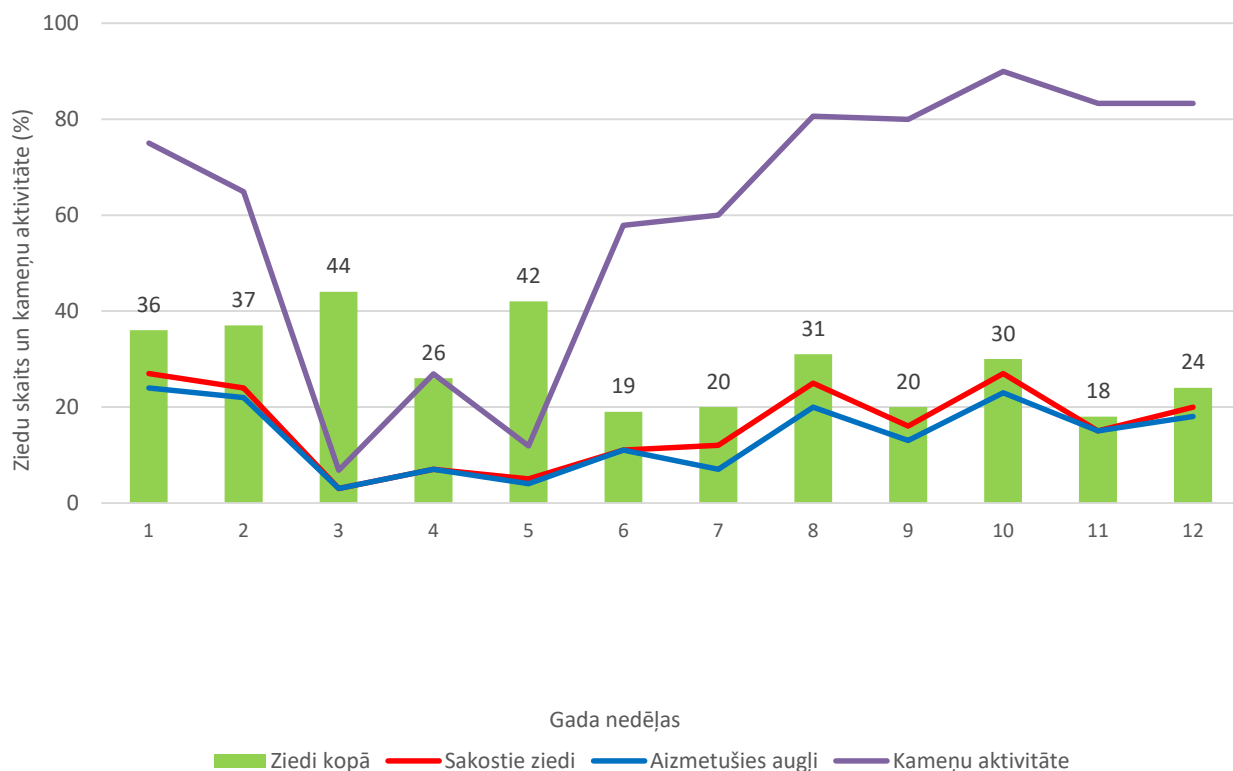
k – kopējais uzskaitīto ziedu skaits.

Izmantojot programmu Rstudio, tika aprēķināts Spīrmena rangu korelācijas koeficients (r_s) ar divpusīgu nozīmīguma testu (R Core Team, 2018), lai noteiktu, cik ciešas un būtiskas sakarības pastāv starp kameņu lidošanas un plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti un dažādiem siltumnīcu vides faktoriem (UV radiācija, gaisa temperatūra u.c.). Korelācijas ciešums tika novērtēts pēc šāda sadalījuma:

- 1) $|r| = 0.00 - 0.19$ (ļoti vāja korelācija);
- 2) $|r| = 0.20 - 0.39$ (vāja korelācija);
- 3) $|r| = 0.40 - 0.59$ (vidēja korelācija);
- 4) $|r| = 0.60 - 0.79$ (cieša korelācija);
- 5) $|r| = 0.80 - 1.00$ (ļoti cieša korelācija) (Green, Salkind, Akey, 2000).

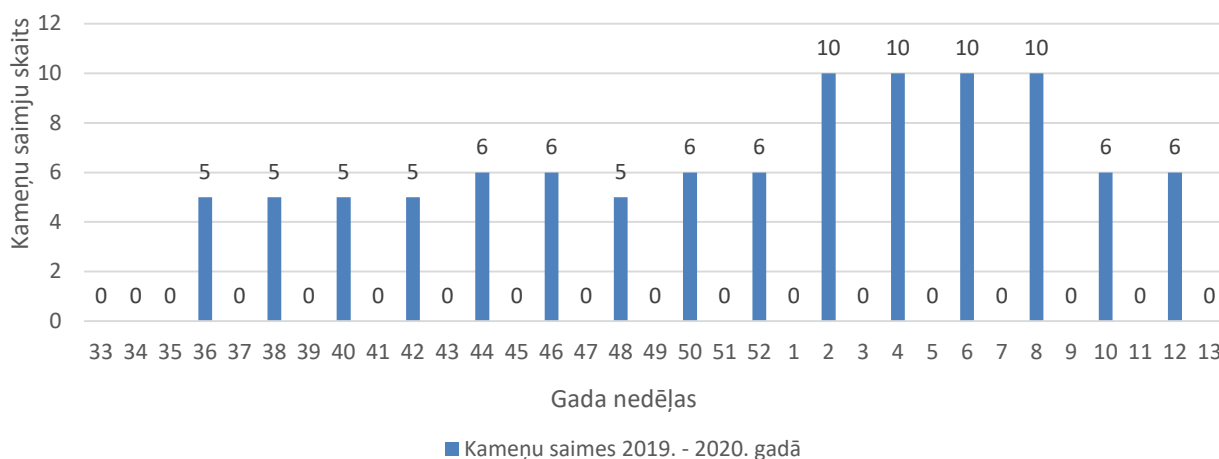
Kameņu aktivitātes uzskaites SIA “Getliņi EKO”

SIA “Getliņi EKO” tomātu audzētavā pirmo datu ieguve par kameņu aktivitātes uzskaitēm tomātu augu ziedos uzsākta 2019. gada 11. novembrī un pabeigta 2020. gada 6. maijā. Sezonas laikā uzskaites veica 12 reizes, bet vidējais intervāls starp katru uzskaiti bija divas nedēļas. Pavisam uzskaitīti 347 ziedi, vidējais uzskaitīto ziedu skaits katrā uzskaites reizē bija 28.9 ziedi. No kopējā uzskaitīto ziedu skaita kameņu darbības rezultātā sakosti 192 ziedi, vidēji 16 ziedi katrā uzskaites reizē. No sakostajiem ziediem aizmetās 167 augļi jeb 48% no kopā uzskaitītajiem ziediem. Zemākā kameņu aktivitāte reģistrēta starp 2019. gada 51. un 2020. gada 3. uzskaites nedēļu (skat. 3. att.).



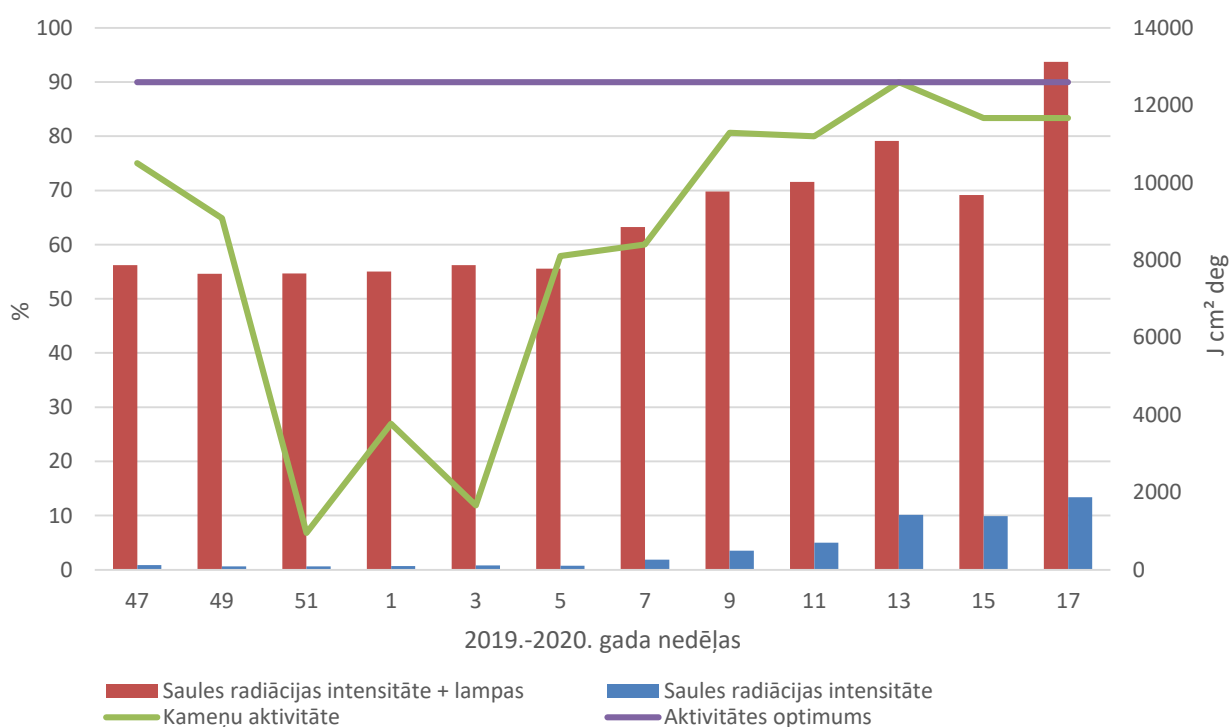
3. att. Attēlā redzama kameņu aktivitāte %, kopējais uzskaitīto ziedu skaits, sakostie ziedi un aizmetušies augļi 2019.–2020. gada sezonā “Getliņi EKO”.

Pavisam kopā sezonas laikā izvietoja 101 kameņu saimi. Siltumnīcas blokā izvietoja piecas līdz desmit saimes katru otro nedēļu. 2020. gada 2. nedēļā kameņu saimju skaitu papildināja līdz 10 vienībām. 10 kameņu saimes izvietoja 2., 4., 6. un 8. gada nedēļās. Savukārt 10. un 12. nedēļā kameņu saimju skaits bija 6 (skat. 4. att.).



4. att. Attēlā redzams izvietoto kameņu saimju skaits un 2019.–2020. gada nedēļas SIA “Getliņi EKO” tomātu siltumnīcā.

Pēc 12. uzskaites nedēļas līdz sezonas beigām, kad augu galotnes tika nogalotņotas, jaunas kameņu saimes vairs neizvietoja. Starp 3. un 5. uzskaites nedēļu reģistrēts straujš kameņu aktivitātes pieaugums, kā arī 13. uzskaites nedēļā kameņu aktivitāte sasniedza 90% aktivitāti. Lai izprastu kameņu uzvedību sezonas laikā, kameņu aktivitātes dati tika salīdzināti ar saules radiācijas intensitātes datiem no dabīgā un mākslīgā apgaismojuma (skat. 5. att.).

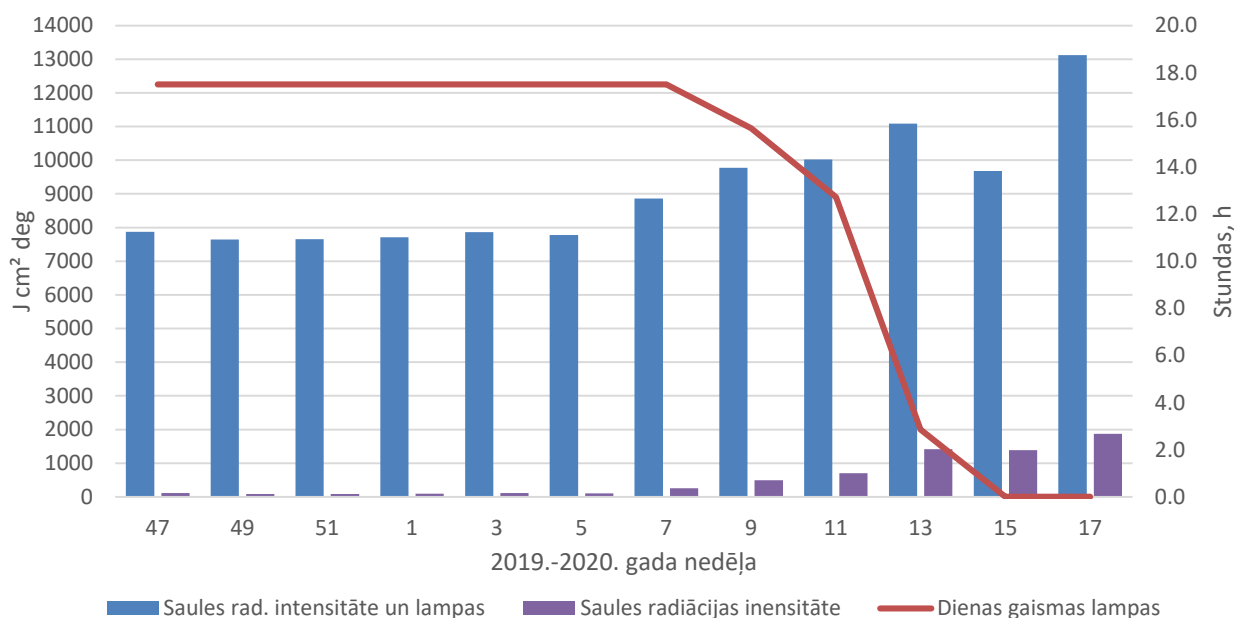


5. att. Attēlā redzama saules radiācijas intensitāte no dabīgā un mākslīgais apgaismojuma, kameņu aktivitāte un aktivitātes optimālais līmenis 2019.–2020. gada sezonā SIA “Getliņi EKO” tomātu siltumnīcā.

Novērojumi liecina, ka 2019.–2020. gada sezonā, ja saules radiācijas intensitātes rādītāji ar mākslīgo apgaismojumu samazinās zem 8000 J cm² deg, kameņiem zūd aktivitātes līmenis.

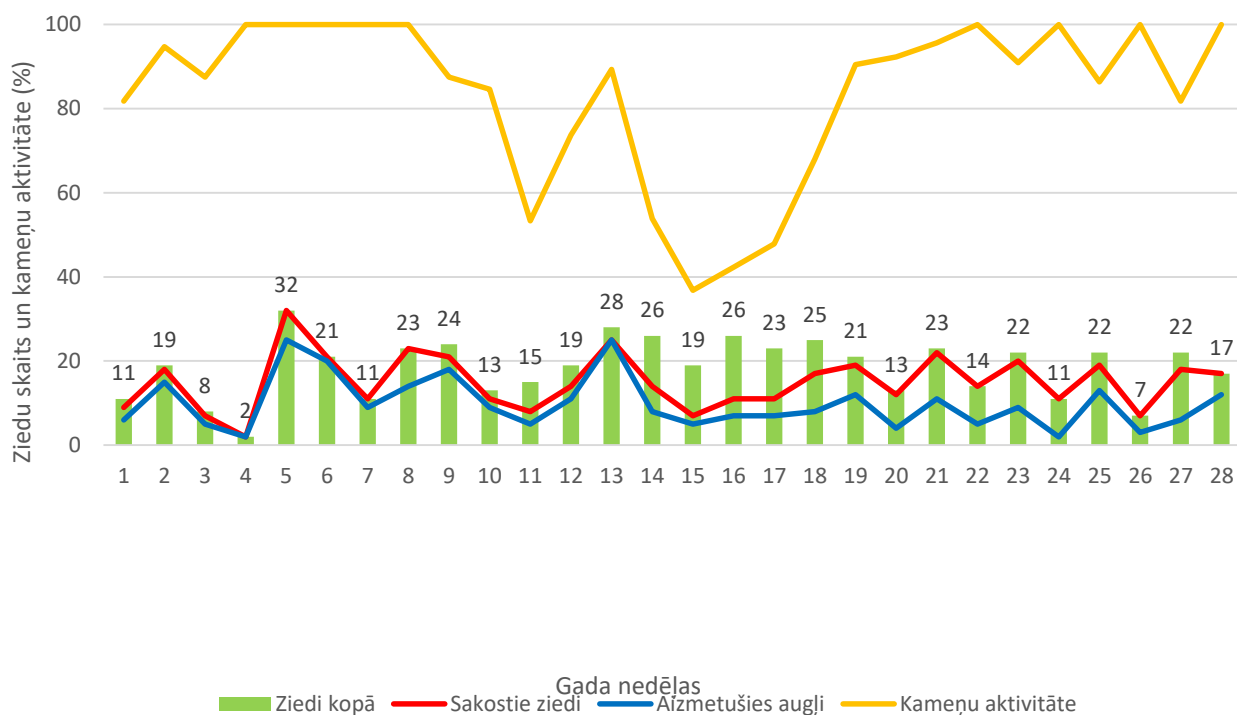
Konstatēta būtiski nozīmīga ($p=0.0006$) ļoti cieša pozitīva korelācija ($r_s=0.84$) starp kameņu aktivitāti un saules radiācijas intensitāti 2019.–2020. gada sezonā, kā arī starp kameņu aktivitāti un saules radiācijas intensitāti kombinācijā ar dienas gaismas lampām (un $r_s=0.81$ un $p=0.001$). Samazinoties saules radiācijas intensitātei, samazinās arī kameņu aktivitāte. Tas skaidrojams ar to, ka gada 1. un 4. ceturksnis neveido dabiskos apstākļus kameņiem, kādi tie dabīgi pieejami vasaras mēnešos. Korelācija tika veikta arī starp kameņu aktivitāti un saimju skaitu. Iegūtie rezultāti liecina, ka nav būtiski nozīmīgas korelācijas starp kameņu aktivitāti un kameņu saimju skaitu Getliņos 2019.–2020. sezonā, tādēļ, iespējams, nebija nepieciešama saimju skaita palielināšana ziemas mēnešos.

Mākslīgo apgaismojumu siltumnīcā nodrošināja visas sezonas laikā. Mākslīgo apgaismojumu pārstāj izmantot, kad dabiskais apgaismojums palielina UV staru un radiācijas intensitātes līmeni optimālā daudzumā. 6. attēlā redzams, ka pavasara mēnešos, palielinoties dienas gaismajam laikam, palielinās saules radiācijas intensitāte un tiek samazināta dienas gaismas lampu izmantošana. Ziemas mēnešos lampu apgaismojums sasniedz 17.5 stundas dienā, kad saules radiācijas intensitāte ir zema.



6. att. Attēlā redzama saules radiācijas intensitāte no dabīgā un mākslīgā apgaismojuma, kā arī dienas gaismas lampu stundas 2019.–2020. gada sezonā SIA “Getliņi EKO” tomātu siltumnīcā.

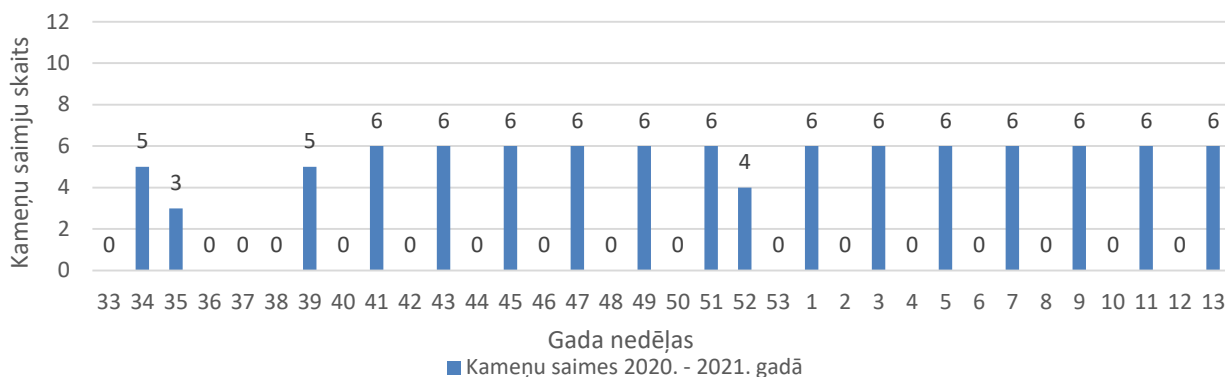
SIA "Getliņi EKO" otrās sezonas datu ieguve par kameņu aktivitātes uzskaitēm tomātu augu ziedos uzsākta 2020. gada 17. septembrī un noslēgta 2021. gada 16. aprīlī. Sezonas laikā uzskaites veica 28 reizes. Katru mēnesi veica četras kameņu aktivitātes uzskaites. Sezonas laikā, starp 2020. gada 17. septembri un 2021. gada 26. martu, uzskaitīja 517 ziedus, vidējais uzskaitīto ziedu skaits katrā uzskaites reizē bija 18.5 ziedi. No kopējā uzskaitīto ziedu skaita kameņu darbības rezultātā sakosts 421 zieds, vidēji 15 ziedi katrā uzskaites reizē. No sakostajiem ziediem aizmetās 276 augļi jeb 53% no kopā uzskaitītajiem ziediem. (skat. 7. att.).



7. att. Attēlā redzama kameņu aktivitāte %, kopējais uzskaitīto ziedu skaits, sakostie ziedi un aizmetušies augļi 2020.–2021. gada sezonā.

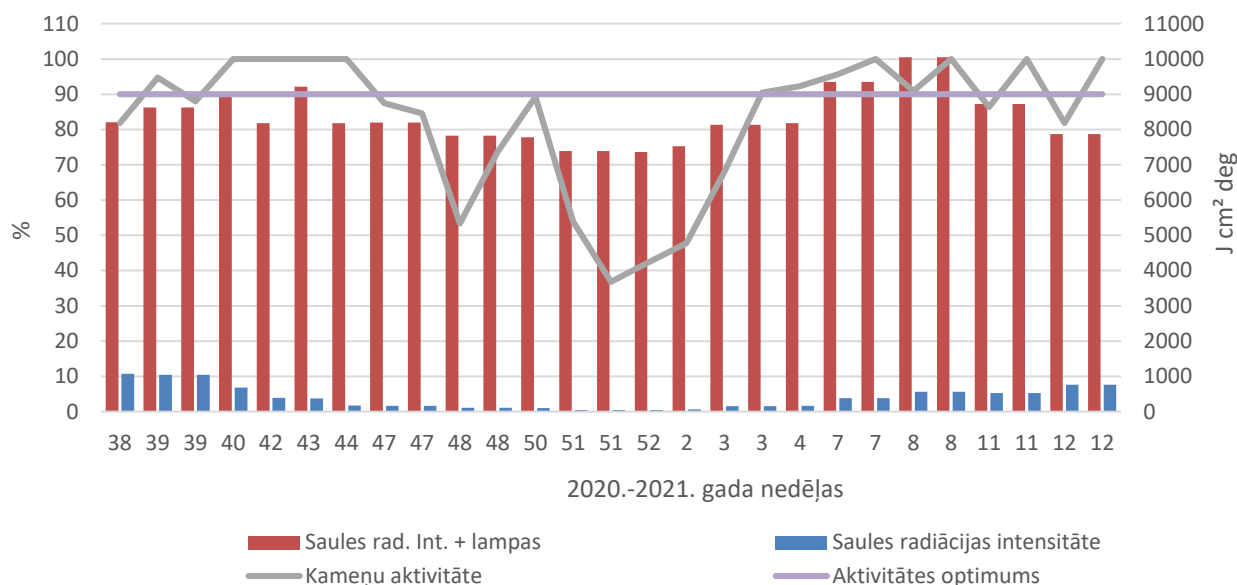
Sezonas laikā no 2020. gada 34. nedēļas līdz 2021. gada 13. nedēļai pavisam izvietoja 95 kameņu saimes. Septembra uzskaites datus fiksēts kameņu aktivitātes pieaugums no 82% līdz 100%.

34. nedēļā izvietoja piecas saimes, bet 35. nedēļā trīs saimes. 39. nedēļā papildus izvietoja piecas saimes. Oktobrī, 42.-44. nedēļā, visās uzskaitēs kameņu aktivitāte bija 100%. Jaunas kameņu saimes izvietoja 41. un 43. nedēļā pa sešām saimēm katrā reizē. Novembrī, 47.-48. nedēļā, reģistrēts kameņu aktivitātes samazinājums no 88% līdz 53%. Šajā posmā tikai 47. nedēļā izvietoja sešas jaunas kameņu saimes. Decembra sākumā novērots kameņu aktivitātes pieaugums līdz 89%, bet 2020. gada 21. decembrī novērota zemākā aktivitāte – 37%. Uzskaites decembrī veica no 50.-52. nedēļai, bet 51. nedēļā izlaida sešas saimes un 52. nedēļā četras saimes. 2021. gada janvārī vērojams dinamisks kameņu aktivitātes pieaugums, no 42% līdz 100%. Februārī kameņu aktivitāte fiksēta starp 90% un 100%, bet martā starp 81% un 100%. No 1.-13. nedēļai izlikto kameņu saimju skaits bija nemainīgs, katrā nepāra nedēļā izlika sešas saimes (skat. 8. att.).



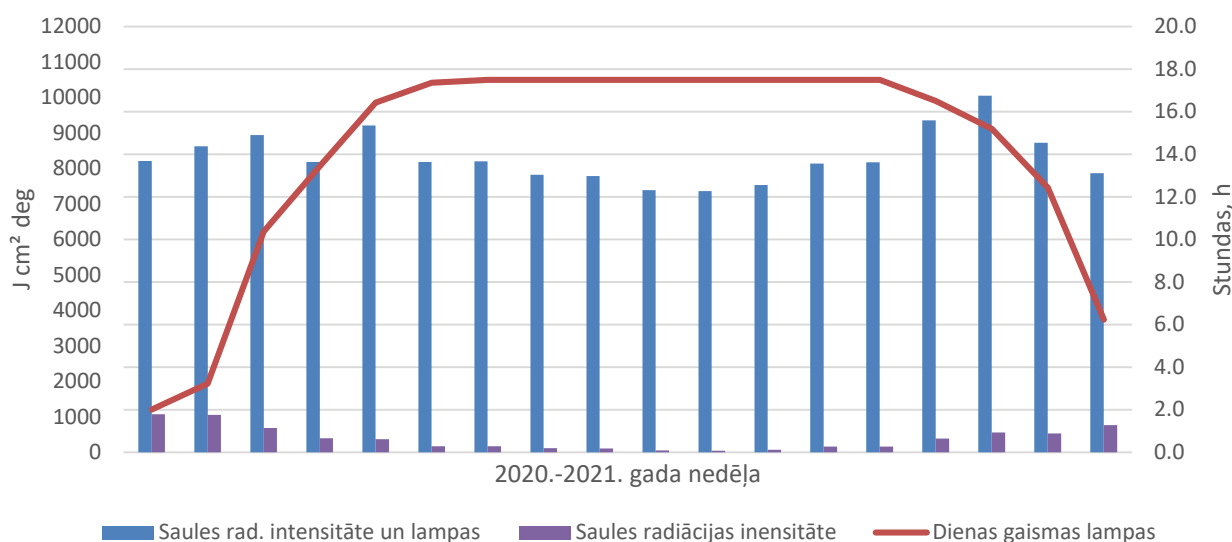
8. att. Attēlā redzams izvietoto kameņu saimju skaits 2020.–2021. gada sezonā SIA “Getliņi EKO” tomātu siltumnīcā.

Analizējot iegūtos datus par 2020.–2021. gada sezonu, jāsecina, ka kameņi savu aktivitāti zaudē, kad rudens un ziemas mēnešos samazinās dienas garums. Likumsakarīgi, samazinoties dienas garumam, samazinās saules radiācijas intensitāte (skat. 9. att.)



9. att. Attēlā redzama saules radiācijas intensitāte, mākslīgais apgaismojums, kameņu aktivitāte un aktivitātes optimālais līmenis 2020.–2021. gada sezonā SIA “Getliņi EKO” tomātu siltumnīcā.

Arī 2020.–2021. gada sezonā mākslīgo apgaismojumu siltumnīcā nodrošināja visu augu audzēšanas periodu. 10. attēlā redzams, ka rudens mēnešos saules aktīvā radiācija samazinās un tiek izmantotas dienas gaismas lampas. Pavasara mēnešos palielinoties dienas gaišajam laikam, palielinās saules radiācijas intensitāte un tiek samazināta dienas gaismas lampu izmantošana. Ziemas mēnešos lampu apgaismojums sasniedz 17.5 stundas dienā.



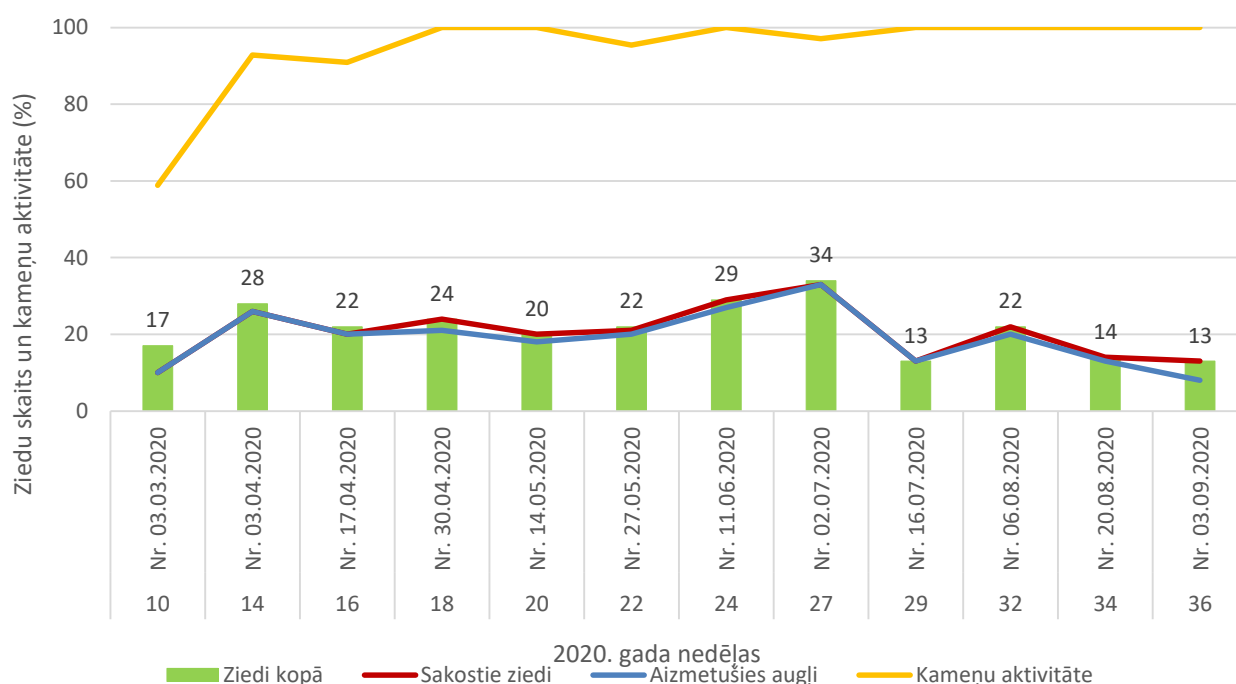
10. att. Attēlā redzama saules radiācijas intensitāte no dabīgā un mākslīgā apgaismojuma, kā arī dienas gaismas lampu stundas 2020.–2021. gada sezonā SIA “Getliņi EKO” tomātu siltumnīcā.

Lai analizētu iegūtos datus par 2020.–2021. gada sezonu, tika veikta datu korelācija starp kameņu aktivitāti un saules radiācijas intensitāti. Konstatēta būtiski nozīmīga ($p=0.002$) vidēji cieša pozitīva korelācija ($r=0.56$) starp kameņu aktivitāti un saules radiācijas intensitāti 2020.–2021. gada sezonā, kā arī būtiski nozīmīga ($p=0.0001$) cieša pozitīva ($r=0.67$) korelācija starp kameņu aktivitāti un saules radiācijas intensitāti kombinācijā ar dienas gaismas lampām. Abos gados iegūtie dati liecina, ka saules radiācija būtiski ietekmē kameņu aktivitāti sezonas laikā.

Kopumā kameņu optimālai (pēc audzētāju subjektīva vērtējuma) aktivitātei, pēc pētījuma datiem, nepieciešama saules radiācijas aktivitāte virs $1000\text{--}1800\text{ J cm}^2$. Kameņu aktivitāti var veicināt, izmantojot mākslīgo apgaismojumu, taču optimuma sasniegšanai tomēr būtisks ir tieši dabiskais saules apgaismojums. Nav atrasta būtiska sakarība starp kameņu kodumiem jeb aktivitāti un augļu aizmešanos nevienā no pētījuma sezonām SIA Getliņi Eko tomātu platībās.

Kameņu aktivitātes uzskaites z/s “Kliģeni”

Z/s “Kliģeni” tomātu audzētavā kameņu aktivitātes novērojumi galvenokārt veikti tomātu šķirnē ‘Securita’ (2.0 ha siltumnīcas blokā), papildus aktivitātes novērojumi veikti ‘Fujimara’ (1.1 ha siltumnīcas blokā), 2020. un 2021. gada sezonās. Pirmās sezonas kameņu aktivitātes novērojumi tomātu augu ziedos uzsākti 2020. gadā no 3. marta un noslēgti 3. septembrī. Katrai šķirnei kameņu aktivitātes uzskaites sezonas laikā veica 12 reizes, bet vidējais intervāls starp katru uzskaiti bija divas līdz četras nedēļas. 2020. gada sezonā šķirnē ‘Securita’ kopā uzskaitīti 258 ziedi, vidējais uzskaitīto ziedu skaits katrā uzskaites reizē bija 21.5 ziedi. No kopējā uzskaitīto ziedu skaita kameņu darbības rezultātā sakosti 245 ziedi, vidēji 20.4 ziedi katrā uzskaites reizē. No sakostajiem ziediem aizmetās 229 augļi jeb 89% no kopā uzskaitītajiem ziediem (skat. 11. att.).



11. att. Attēlā redzama kameņu aktivitāte %, kopējais uzskaitīto ziedu skaits, sakostie ziedi un aizmetušies augļi 2020. gada sezonā tomātu šķirnē ‘Securita’.

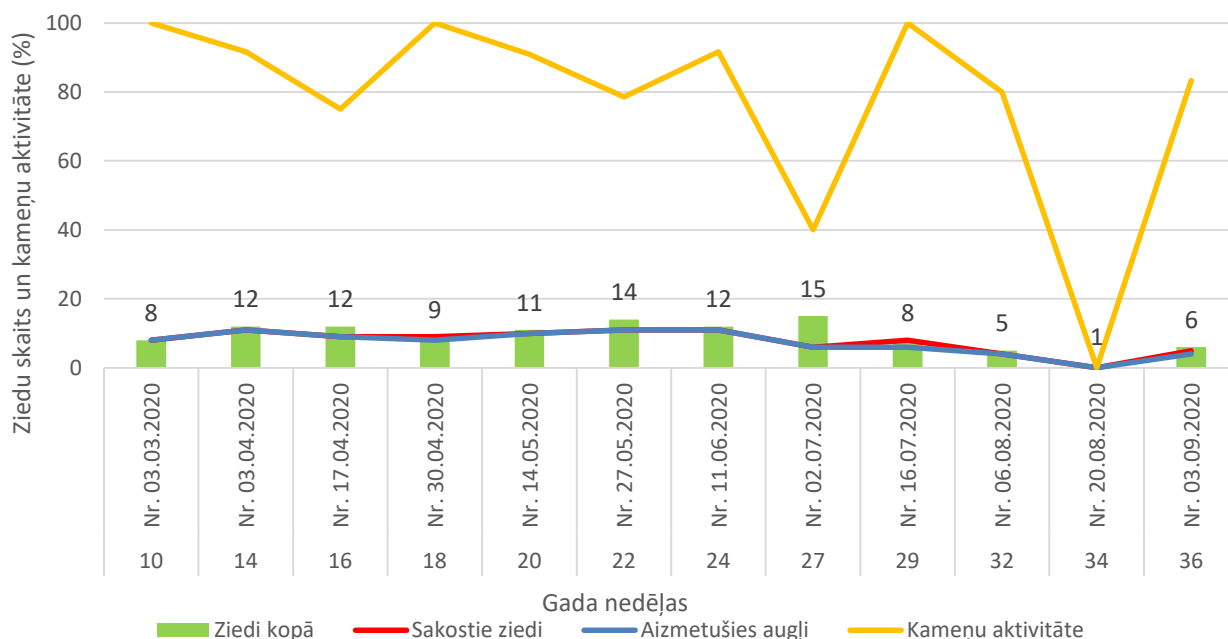
Tomātu šķirnē ‘Securita’ 8. nedēļā izvietoja divas kameņu saimes, bet 10. nedēļā fiksēja 59% kameņu aktivitāti. Iespējams, šajā periodā kameņiem bija nepietiekams nodrošinājums ar saules radiācijas intensitāti. 11. nedēļā izvietoja vēl divas jaunas saimes. Veicot uzskaiti 3. aprīlī (14. nedēļa), kameņu aktivitāte četru nedēļu laikā pieauga līdz 93%, bet 30. aprīlī (18. nedēļā) fiksēta 100% kameņu aktivitāte. No 22. līdz 36. nedēļai kameņu aktivitāte fiksēta starp 95-100%. Izvietoto kameņu saimju skaits redzams 12. attēlā.



12. att. Attēlā redzams izvietoto kameņu saimju skaits šķirnē ‘Securita’ 2020. gada sezonā z/s “Kliģeni” tomātu siltumnīcā.

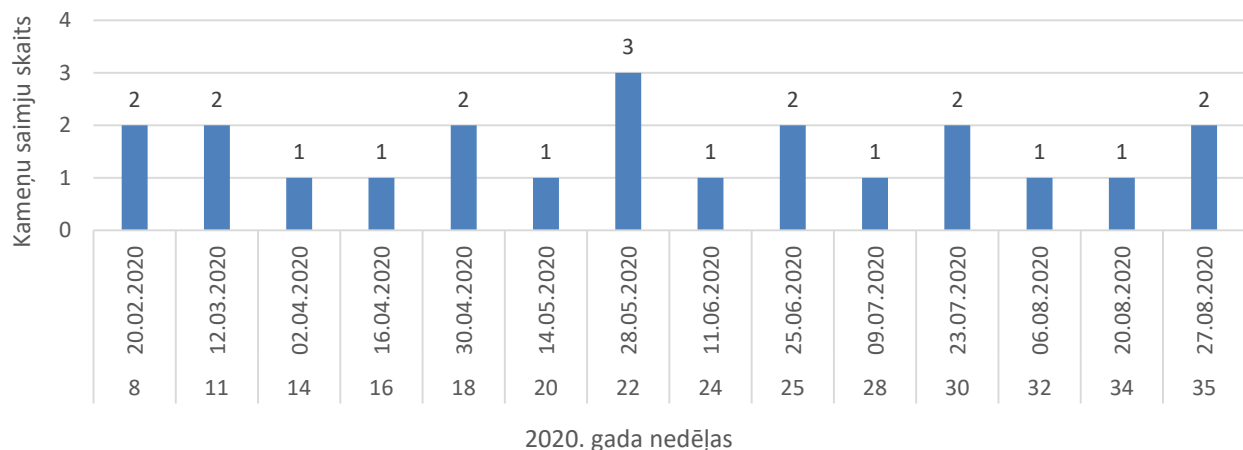
Kopējais izvietoto kameņu saimju skaits 2020. gada sezonā šķirnē ‘Securita’ sasniedza 31 saimi. Abās šķirnēs jaunas kameņu saimes izvietoja ik pēc divām līdz trīs nedēļām, sākot no 8. nedēļas līdz 35 nedēļai. Šķirnē ‘Securita’ izvietoja vienu līdz trīs saimes, izņemot 28. nedēļu, kad izvietoja piecas saimes un 34. nedēļu, kad neizvietoja nevienu saimi. Analizējot 2020. gada sezonas kameņu aktivitāti ar izvietoto kameņu saimju skaitu, nav novērotas būtiskas izmaiņas kameņu aktivitātes darbībā. 28. nedēļā izvietoja piecus kameņu stropus, 30. nedēļā divus, 34. nedēļā nevienu un 35. nedēļā trīs stropus. Kameņu aktivitāte šajā laika posmā nemainīgi bija 100%.

2020. gada sezonā šķirnē ‘Fujimara’ kopā uzskaitīti 113 ziedi, vidējais uzskaitīto ziedu skaits katrā uzskaites reizē bija 9.4 ziedi. No kopējā uzskaitīto ziedu skaita sakosti 92 ziedi, vidēji 7.7 ziedi katrā uzskaitē. No sakostajiem ziediem aizmetās 88 augļi jeb 96% no kopā uzskaitītajiem ziediem (skat. 13. att.).



13. att. Attēlā redzama kameņu aktivitāte %, kopējais uzskaitīto ziedu skaits, sakostie ziedi un aizmetušies augļi 2020. gada sezonā tomātu šķirnē ‘Fujimara’.

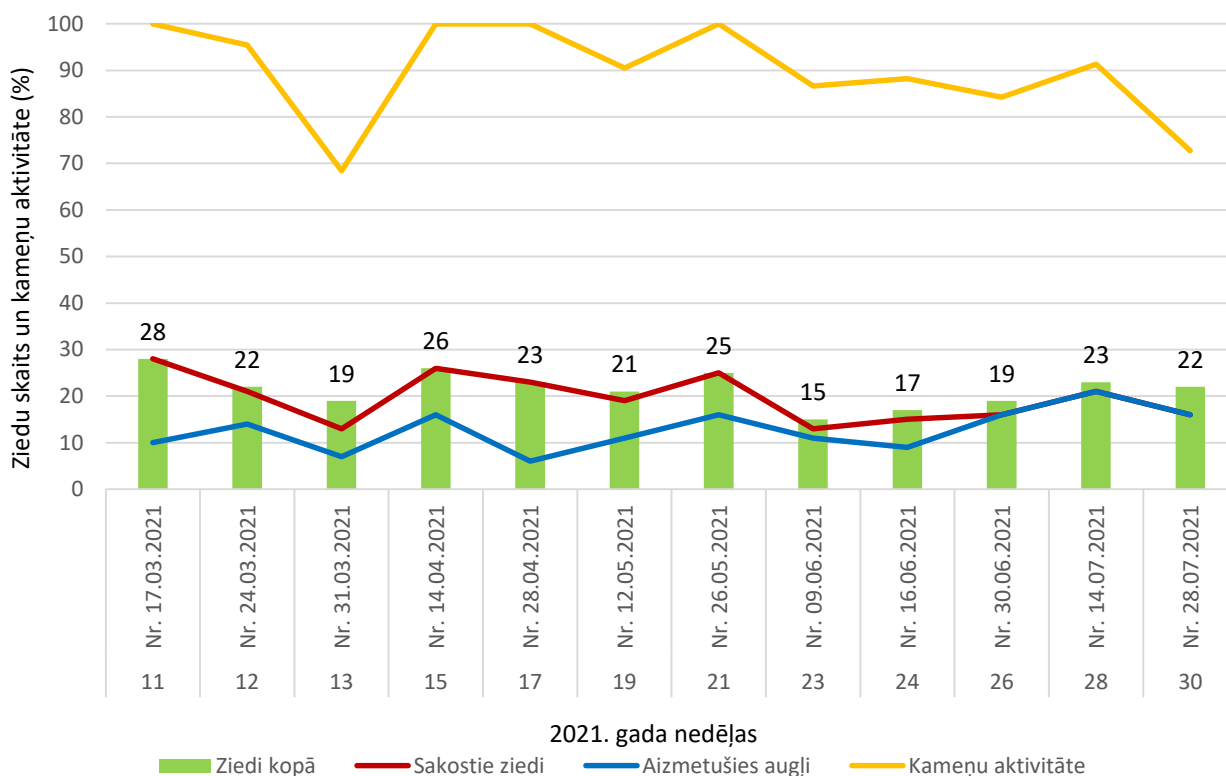
Kopējais izvietoto kameņu saimju skaits 2020. gada sezonā šķirnē ‘Fujimara’ bija 22 saimes. Kameņu saimju skaits redzams 14. attēlā. 2020. gada sezonā novērotas atšķirības starp izvietoto kameņu saimju skaitu un kameņu aktivitāti. 8. nedēļā izvietoja divas kameņu saimes, un 10. nedēļā fiksēja 100% kameņu aktivitāti. 14. nedēļā fiksēja samazinājumu līdz 92%, bet 16. nedēļā līdz 75%. Kameņu aktivitātes kritums skaidrojams ar kameņu saimju skaitu samazināšanos. Iepriekš 8. un 11. nedēļā to skaits bija divas saimes, bet 14. un 16. nedēļā izliktais saimju skaits bija viena saime. No 16. līdz 18. nedēļai kameņu aktivitāte palielinājās līdz 100%, kas skaidrojama ar divu saimju izlikšanu 18. nedēļā, piesaistot ziediem jaunas karmenes. No 18. līdz 22. nedēļai kameņu aktivitāte samazinājās līdz 79%.



14. att. Attēlā redzams izvietoto kameņu saimju skaits šķirnē ‘Fujimara’ 2020. gada sezonā z/s “Kliģeni” tomātu siltumnīcā.

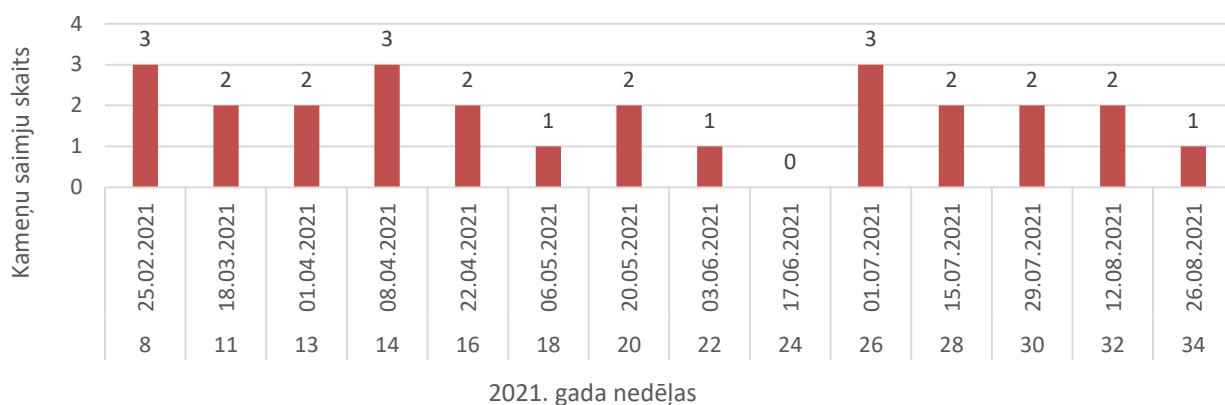
To varētu izskaidrot ar skaita ziņā mazāku saimju izvietošanu siltumnīcā – 18. nedēļā izvietoja divas saimes, bet 20. nedēļā tikai vienu saimi. 22. nedēļā 27. maijā reģistrēja 79% kameņu aktivitāti, bet 28. maijā izvietoja trīs jaunas saimes un kameņu aktivitāte 24. nedēļā pieauga līdz 92%. 27. nedēļā kameņu aktivitāte samazinājās līdz 40%. Līdz tam papildus 24. nedēļā izlika vienu saimi, bet 25. nedēļā divas saimes. Iespējams, ka izliktais kameņu skaits šajā periodā bijis nepietiekams un tā rezultātā samazinājās arī kameņu aktivitāte. Taču 29. nedēļas kameņu aktivitātes dati liecina par pretējiem rezultātiem. 29. nedēļā fiksēja 100% kameņu aktivitāti, kaut gan iepriekš 28. nedēļā izvietoja tikai vienu jaunu saimi. 32. nedēļā kameņu aktivitāte samazinājās līdz 80%. Šajā periodā 30. nedēļā papildus izlika divas jaunas saimes un 32. nedēļā vienu saimi. 34. nedēļā fiksēja 0% kameņu aktivitāti, jo uzskaitīts tikai viens ziedošs zieds. Pārējiem uzskaites augiem ziedi bija noziedējuši, nobiruši vai ziedi vēl nebija attīstījušies līdz pilnziedam. 35. nedēļā izvietoja divas saimes un 36. nedēļā fiksēja 83% kameņu aktivitāti.

Otrās sezonas kameņu aktivitātes novērojumi tomātu augu ziedos uzsākti 2021. gadā no 17. marta līdz 28. jūlijam. Sezonas laikā uzskaites veica 12 reizes, starp kurām uzskaišu intervāls bija viena līdz divas nedēļas. Šķirnei ‘Securita’ pavisam uzskaitīti 260 ziedi, vidēji 21.7 ziedi katrā uzskaitē. Sakosto ziedu skaits sasniedza 236 ziedus, vidēji veidojot 19.7 ziedus katrā uzskaitē. Aizmetušos augļu skaits sasniedza 153 augļus jeb 59% no kopā uzskaitītajiem ziediem. Uzskaitīto ziedu skaits un kameņu aktivitāte redzami 15. attēlā.



15. att. Attēlā redzama kameņu aktivitāte %, kopējais uzskaitīto ziedu skaits, sakostie ziedi un aizmetušies augļi 2021. gada sezonā tomātu šķirnē ‘Securita’.

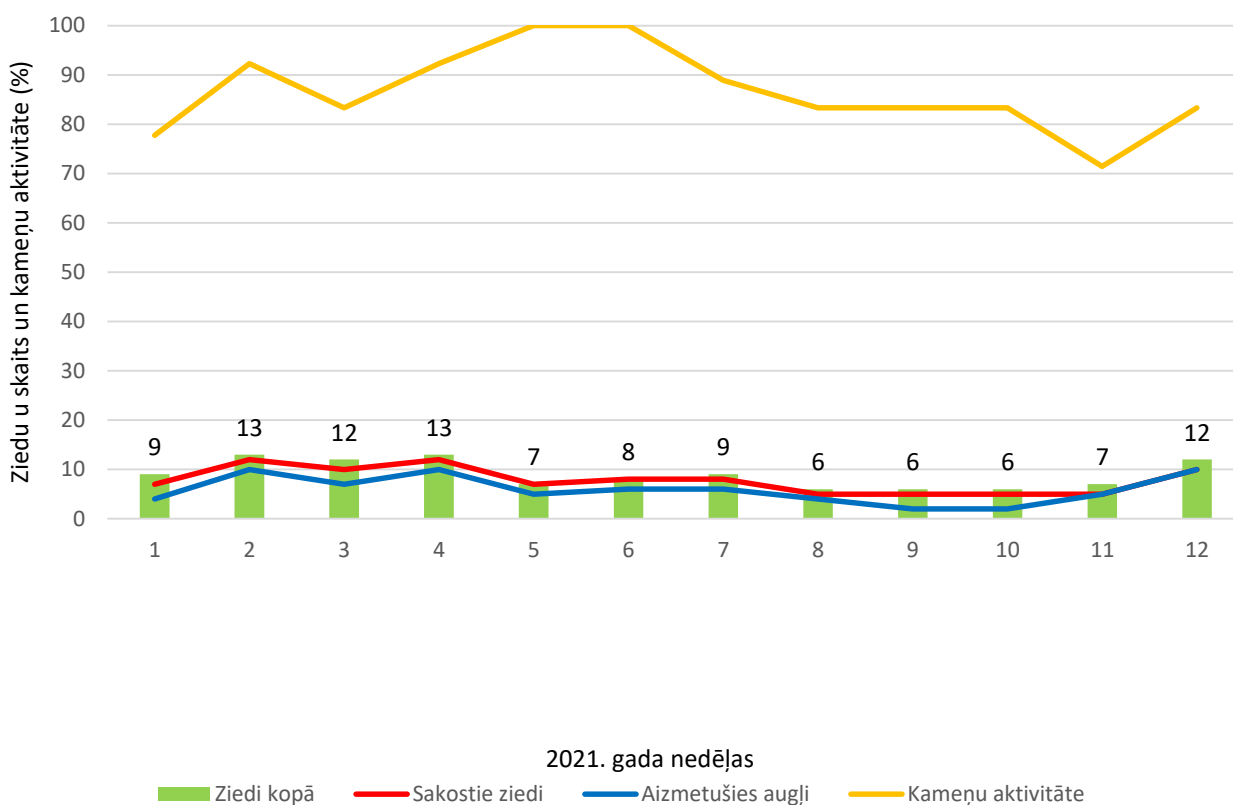
Veicot uzskaites, 11. nedēļā fiksēja 100% kameņu aktivitāti, 12. nedēļā fiksēja aktivitātes kritumu līdz 95%, bet 13. nedēļā līdz 68%. 15. un 17., un 21. nedēļā fiksēja 100% kameņu aktivitāti, izņemot 19. nedēļu, kad tajā fiksēja 90% aktivitāti. 23. nedēļā fiksēts aktivitātes kritums līdz 87%, 24. nedēļā 88%, bet 26. nedēļā 84%. 28. nedēļā kameņu aktivitāte palielinājās līdz 91%, bet 30. nedēļā tā bija 73%. Kopējais izvietoto kameņu saimju skaits 2021. gada sezonā šķirnē ‘Securita’ bija 26 saimes. Kameņu saimju skaits redzams 16. attēlā.



16. att. Attēlā redzams izvietoto kameņu saimju skaits šķirnē ‘Securita’ 2021. gada sezonā z/s “Kliģeni” tomātu siltumnīcā.

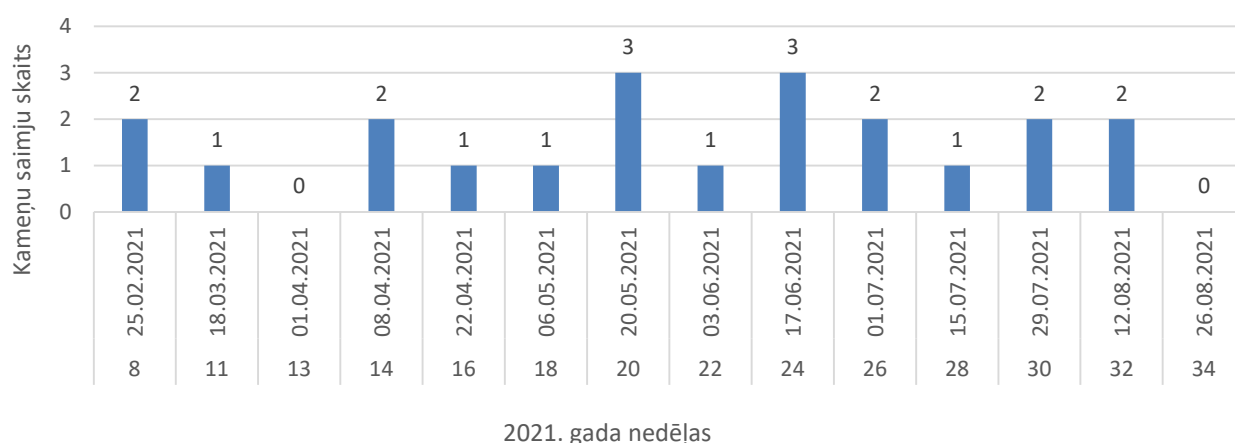
Kameņu saimes katrā šķirnē izvietoja ik pēc vienas līdz trīs nedēļu intervāla. 13. nedēļā fiksēta kameņu aktivitātes samazināšanās, kaut gan saimju skaits 11. un 13. nedēļā netika samazināts. 24. nedēļā netika izvietotas jaunas kameņu saimes, bet kameņu aktivitāte bija 88%.

Šķirnei ‘Fujimara’ 2021. gada sezonā pavisam uzskaitīti 108 ziedi, vidēji 9 ziedi katrā uzskaitē. No tiem sakosto ziedu skaits sasniedza 94 ziedus, vidēji veidojot 7.8 ziedus katrā uzskaitē. Aizmetušos augļu skaits sasniedza 71 augli jeb 66% no kopā uzskaitītajiem ziediem (skat. 17. att.).



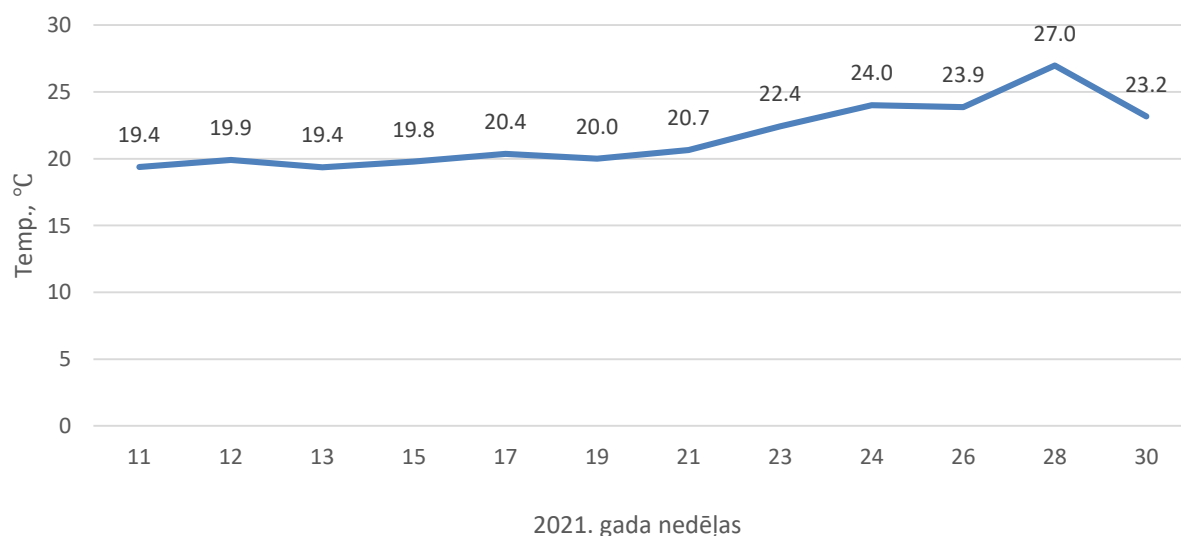
17. att. Attēlā redzama kameņu aktivitāte %, kopējais uzskaitīto ziedu skaits, sakostie ziedi un aizmetušies augļi 2021. gada sezonā tomātu šķirnē ‘Fujimara’.

11. nedēļas uzskaitē fiksēja 78% kameņu aktivitāti, kura 12. nedēļas uzskaitē pieauga līdz 92%. 13. nedēļā fiksēja aktivitātes kritumu līdz 83%, bet 15., 17. un 19. nedēļā aktivitātes kāpums fiksēts no 92-100%. No 19. līdz 21. nedēļai kameņu aktivitāte samazinājās līdz 89%, bet 23., 24., 26. un 30. nedēļā tā bija 83%, izņemot 28. nedēļu, kad aktivitātes kritums bija līdz 71%. Šajā šķirnē izvietoja 21 kameņu saimi. Saimju skaits, ko izvietoja sezonas laikā, redzams 18. attēlā. 13. nedēļā redzams, ka netika izvietota jauna saime. Arī kameņu aktivitāte samazinājās līdz 83%. Fiksējot kameņu aktivitātes pieaugumu 17. nedēļā līdz 100%, paralēli 14. un 16. nedēļā izvietoja trīs jaunas kameņu saimes. Taču kameņu aktivitātes palielināšanās nav būtiski sekmējusi jaunu saimju izvietošana 24. nedēļā, kad izvietoja trīs saimes. Tāpat arī 26. un 28. nedēļā kameņu saimju izvietošana nav radījusi proporcionālu pieaugumu kameņu aktivitātei.



18. att. Attēlā redzams izvietoto kameņu saimju skaits šķirnē 'Fujimara' 2021. gada sezonā z/s "Kliģeni" tomātu siltumnīcā.

Analizējot siltumnīcas temperatūras datus kopā par kameņu aktivitāti, var secināt, ka 28. nedēļā, gaisa temperatūrai sasniedzot +27.0°C, kameņu aktivitāte samazinājusies. Kameņu aktivitātes kritums novērots no 19. nedēļas, kad gaisa temperatūra siltumnīcā katru dienu pieauga par vienu līdz trīs grādiem (skat. 19. att.).



19. att. Siltumnīcas dienas temperatūra z/s Kliģeni tomātu siltumnīcā 2021. gada sezonā.

Veicot savstarpēju datu salīdzinājumu, secināts, ka z/s „Kliģeni” ‘Securita’ un ‘Fujimara’ stādījumos 2020. gada sezonā nav statistiski būtisku sakarību starp gaisa temperatūru un kameņu aktivitāti, kā arī nav būtiskas temperatūras ietekmes uz augļu aizmešanos.

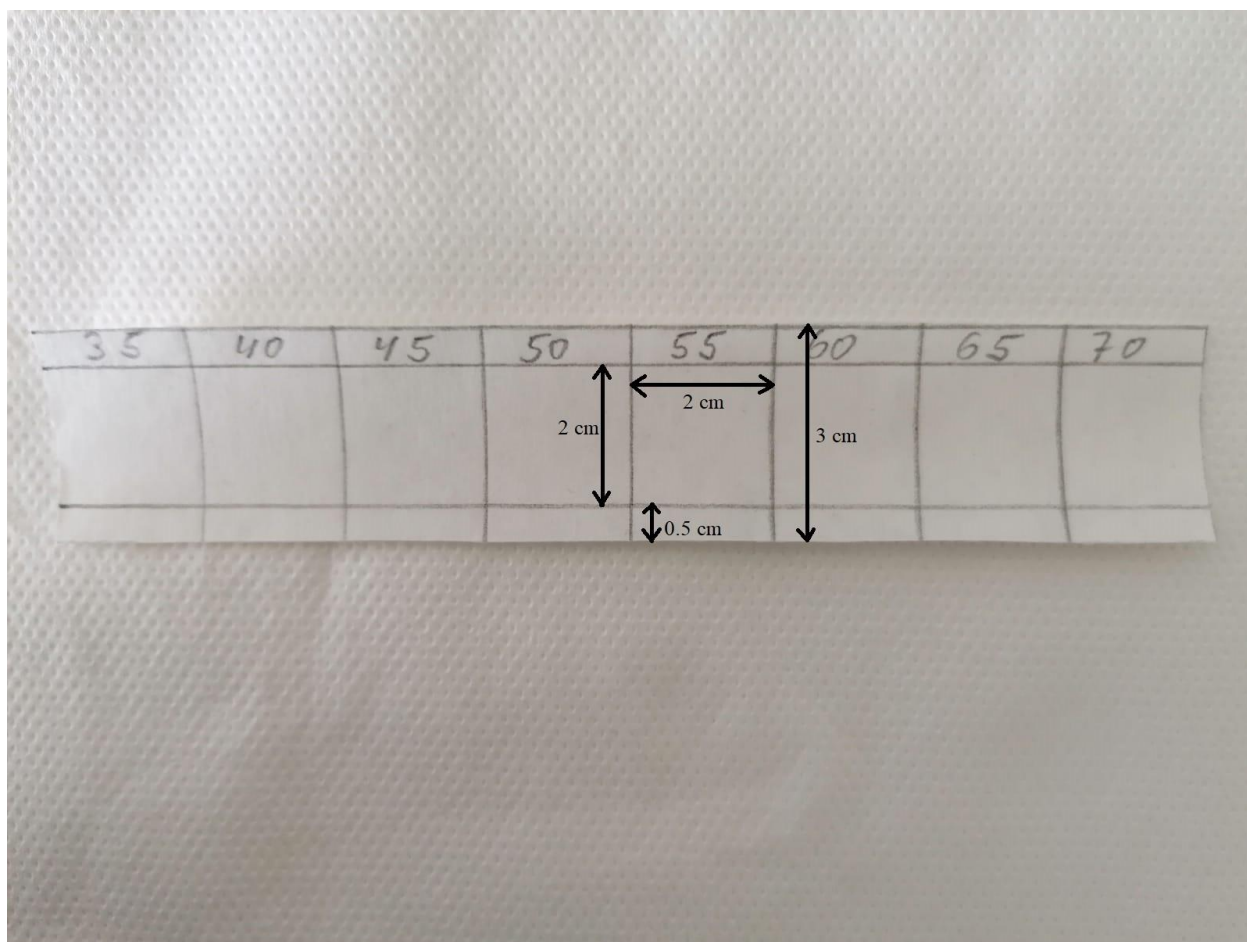
Nav būtisku sakarību starp kameņu aktivitāti un dienas gaisa temperatūru z/s „Kliģeni” ‘Securita’ stādījumā 2021. gada sezonā. Taču konstatēta būtiska ($p=0.006$) cieša pozitīva korelācija ($r=0.74$) starp dienas gaisa temperatūru un augļu aizmešanos šķirnes ‘Securita’ stādījumā.

Dienas temperatūras ietekme uz augļu aizmešanos šķirnes ‘Fujimara’ stādījumā 2021. gada sezonā nebija būtiska. Taču konstatēta būtiska ($p=0.037$) cieša negatīva korelācija ($r=-0.60$) starp kameņu aktivitāti un dienas gaisa temperatūru. Pastāv iespēja, ka temperatūras pieaugums ‘Fujimara’ stādījumā 28. nedēļā veicinājis kameņu aktivitātes samazināšanos. Šāds apgalvojums pretrunā ar Vācijā veiktu pētījumu, kurā iegūti pretēji rezultāti. Labākie kameņu aktivitātes rādītāji reģistrēti gaisa temperatūrai sasniedzot $+25^{\circ}\text{C}$ (Höfer, Ayasse, Kuppler et al, 2021). Līdzīgi kameņu aktivitātes rezultāti iegūti arī lauka izmēģinājumā Anglijā, kur pētījumā izmantoja firmas “Biobest” kameņu saimes (Greenop, Nevine, Sarah et al, 2020).

Konstatēta būtiska ($p=0.007$) cieša pozitīva korelācija ($r=0.73$) starp kameņu aktivitāti un augļu aizmešanos ‘Fujimara’ stādījumā 2020. gada sezonā. Otrajā pētījuma gadā šādas sakarības nebija būtiskas.

Mīkstblakšu uzskaitē

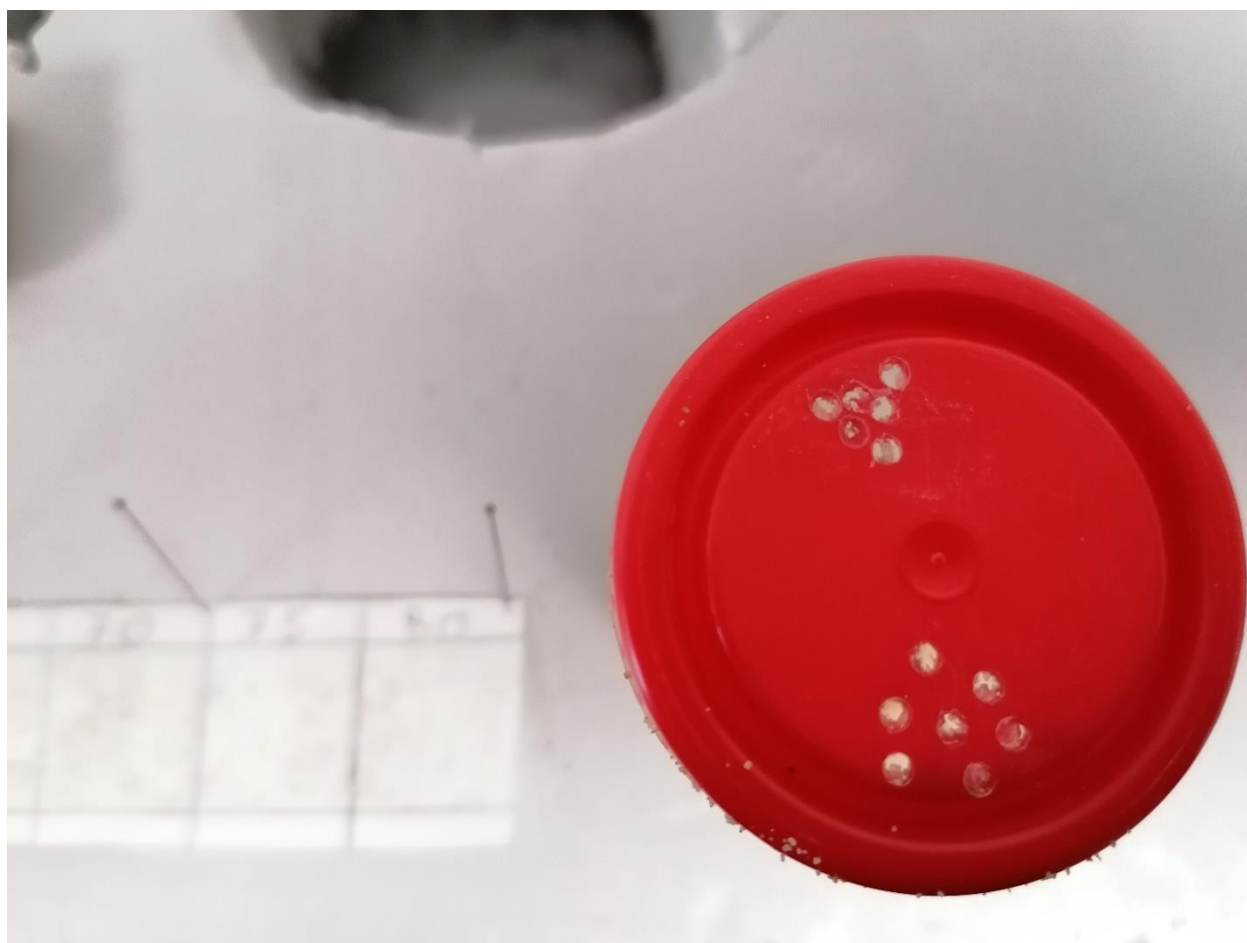
Gan z/s “Kliģeni” gan SIA “Getliņi EKO” mīkstblakšu (*Macrolophus caliginosus*) plēsonības līmeņa noteikšanai tika izmantotas “olu kartītes” (baltas un neapstrādātas biezas papīra loksnes ar laukuma izmēru 2*3 cm). Pēc tam uz šādām papīra loksņēm tika iezīmēti atsevišķi centra laukumi (kvadrāti) ar izmēriem 2*2 cm, savukārt katras loksnes malā atstātas joslas 0.5 cm garumā (skatīt 20. att.).



20. att. Olu kartītes mīkstblakšu plēsonības līmeņa noteikšanai (laukuma izmēri iezīmēti bildē).

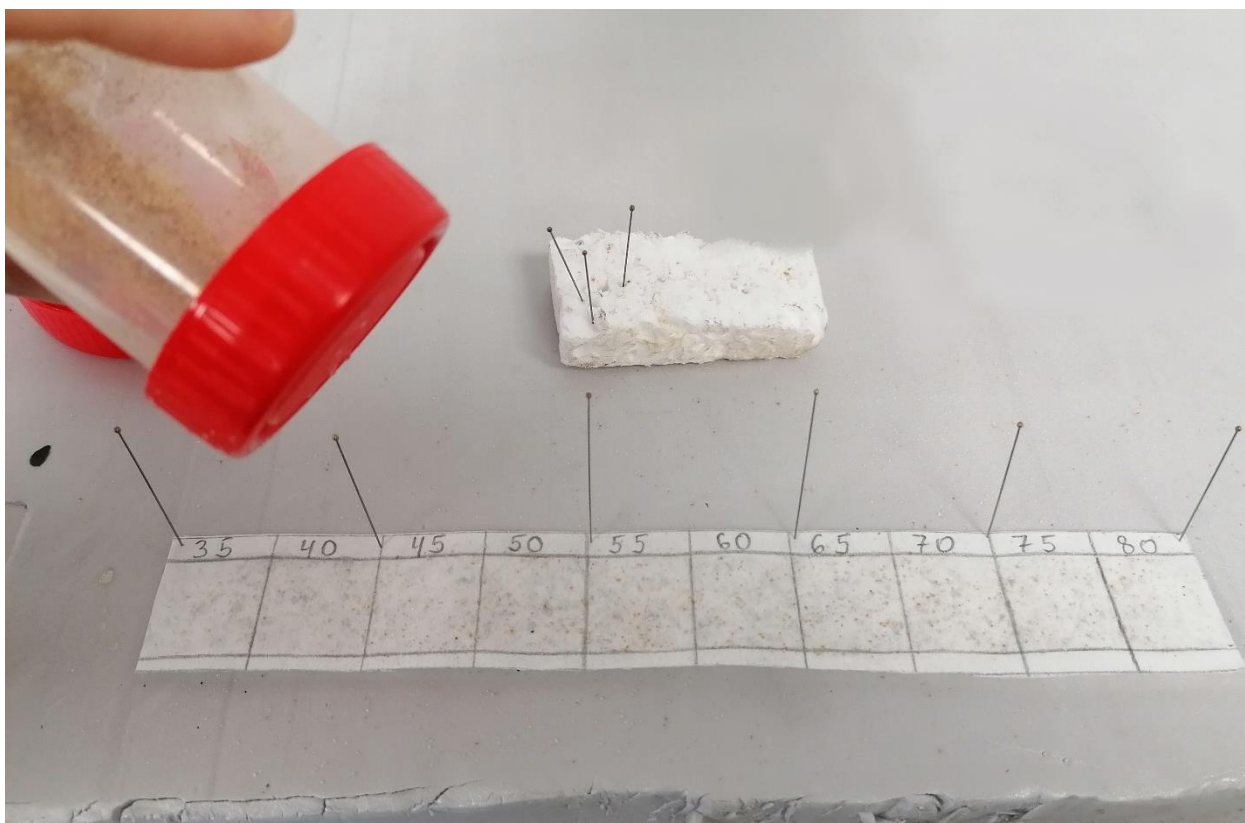
Olu kartītes tika nostiprinātas uz mīksta virsmas ar entomoloģiskajām adatām. Par virsmu tika izmantota būvniecības veikalā nopērkama ēku siltināšanai paredzēta polistirola putuplasta plāksne. Šajos 2*2 cm iezīmētajos laukumos ar kancelejas preču veikalā nopērkamu krāsojamo otiņu uzklāj jēlu vistas olas baltumu. Vistas olas baltums veic līmvielas funkciju, kas strādā kā dabīgs salipšanas šķidrums. Tas neizraisa nelabvēlīgu ietekmi uz apkārtējo vidi un derīgajiem kukaiņiem. Kad jēls olas baltums tika uzklāts uz loksņēm, tās nokaisīja ar sterilizētām miltu sviļņa (*Ephestia kuehniella*) olām. Šāda procesa veikšanai tika izmantots firmas “Biobest Group N.V.” produkts “Nutrimac”, kas satur miltu sviļņa olas un garneļu cistas (*Artemia* spp.).

Lai veiktu vienmērīgu olu nokaisīšanu uz papīra loksnēm, bija nepieciešams izveidot trauciņu ar noslēdzamu vāku. Vāka galā tika izurbti vairāki smalki caurumi, līdzīgi kā sālstrauka atverei (skat. 21. att.).



21. att. Trauciņa vāks ar izurbtiem caurumiem miltu sviļņa olu izkaisīšanai.

Caurumu izurbšana trauciņa vākā samazina risku lieki vai nejauši izbērt lielāku daudzumu olu. Studējot zinātnisko literatūru, citu valstu zinātniskajos pētījumos izmantotais olu skaits variēja starp 15 – 25 olu uz vienu papīra loksni. Līdz ar to, pētījuma veikšanai uz katras olu kartītes tika izmantotas 20 veselas un nebojātas miltu sviļņa olas (skat. 22. att.)



22. att. Sterilizētu miltu sviļņa olu izkaisīšana uz sagatavotām papīra strēmelēm, kas noklātas ar svaigu olas baltumu.

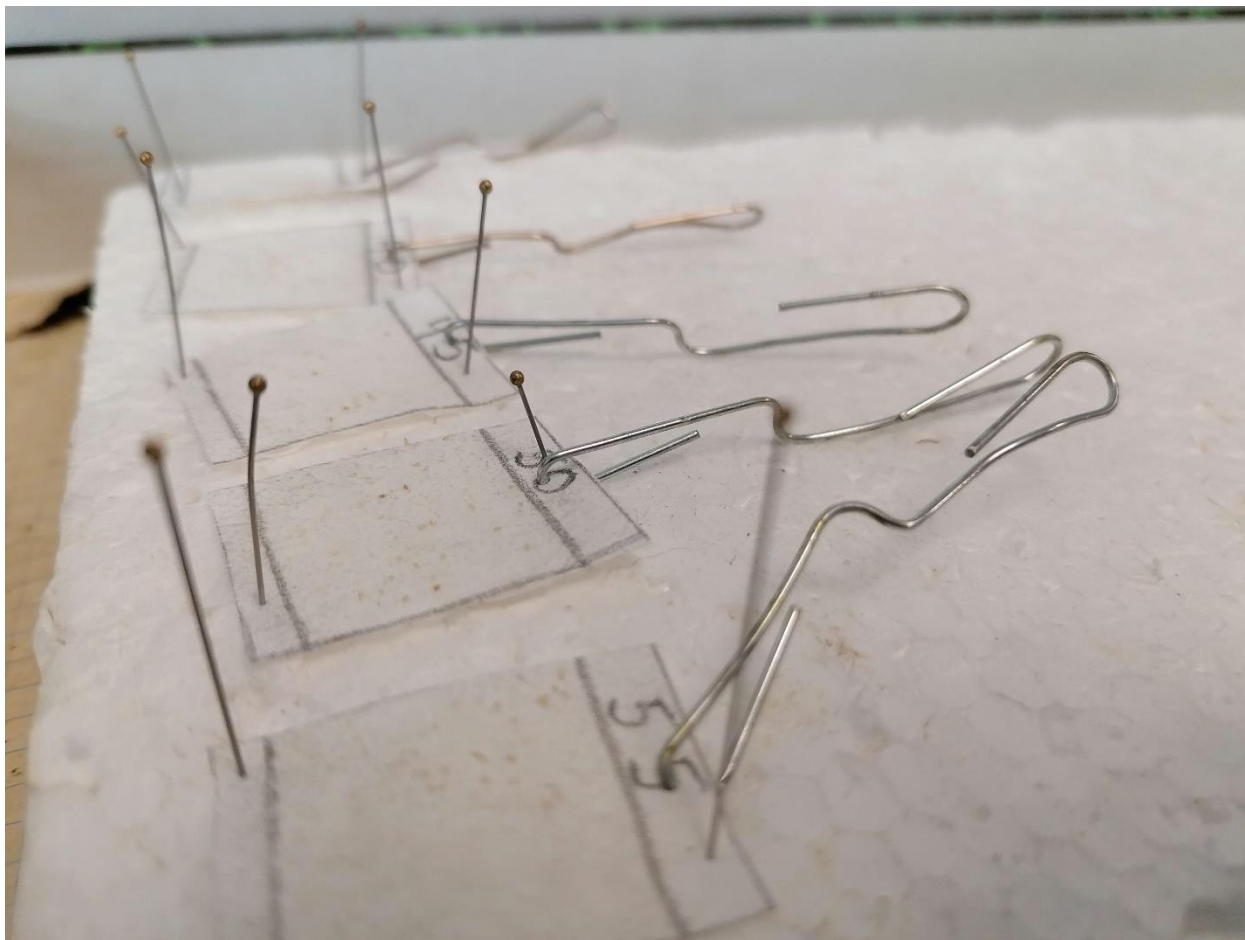
Lai precīzi noteiktu veselo olu skaitu un koriģētu vienmērīgu to izvietojumu uz papīra loksnēs iezīmētajiem 2*2 cm laukumiem, bija nepieciešams izmantot stereomikroskopu ar digitālo kameru "S9i", "Leica microsystems" (skat. 23. att.).



23. att. Stereomikroskops ar digitālo kameru.

Papīra strēmeles pirms stereomikroskopa izmantošanas tika atdalītas ar šķērēm. Kad uz katras olu kartītes bija atstāts nepieciešamais veselo olu skaits, vienā no 0.5 cm laukuma malām tika

izdurts caurums papīra saspraudes ievietošanai. Papīra saspraudes strādā kā stiprinājums olu kartīšu piestiprināšanai pie tomāta auga daļām (skat. 24. att.).



24. att. Olu kartītes sagatavotas transportēšanai un piestiprināšanai pie auga daļām.

Loksnes ar olām nogādāšanai siltumnīcās tika sagatavotas dienu pirms to transportēšanas vai transportēšanas dienā. Dienu pirms transportēšanas, olu kartītes tika ievietotas ledusskapī ar gaisa temperatūru $+3.0^{\circ}\text{C}$. Materiāla transportēšanai izmantota putu polistirola plāksne, kas ievietota 20*30 cm kartona kastē ar aizveramu vāku. Kad olu kartītes sagatavoja mīkstblakšu plēsonības līmeņa monitoringam, tās izlika vienmērīgi pa visu siltumnīcu, piestiprinot tomātu augu galotnēs (skat. 25. att.)



25. att. Uz tomāta auga redzama piestiprināta loksne ar miltu sviļņa olām un mīkstblakti barošanās procesā.

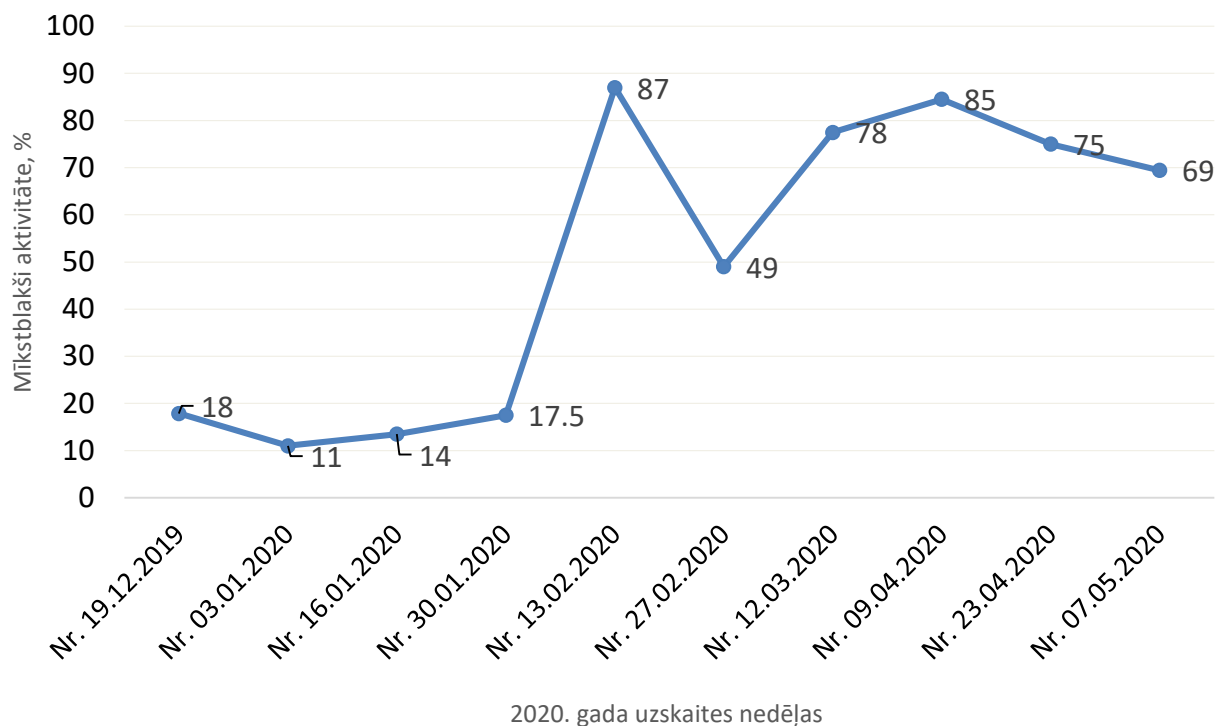
Kad pēc olu kartīšu izlikšanas siltumnīcā pagāja 24 stundas, tās noņēma no augiem un sagatavoja transportēšanai uz Agrihorta entomoloģijas laboratoriju tālākai izpētei. Pēc zinātnieku pētījumiem uzskatāms, ka 24 stundu laika ciklā mīkstblakts iziet miera un barības meklējumu periodu. Pēc lokšņu noņemšanas tika veikta gan bojāto, gan veselo miltu sviļņa olu uzskaitē. Olu uzskaitē tika izmantots iepriekš minētais stereomikroskops ar digitālo kameru (skat. 26. att.).



26. att. Attēlā redzams fotouzņēmums ar bojātajām miltu sviļņa olām.

Bojātās sviļņa olas atgādina laivveida čaumalas, kas palikušas no mīkstblakšu barošanās. Attiecīgi saskaitot veselo olu skaitu pret bojātajām olām, procentuāli tika aprēķināts plēsīgās mīkstblakts plēsonības līmenis procentos.

Getliņu mīkstblakšu monitorings 2019.–2020. gada sezonā. Pirmie dati no mīkstblakšu plēsonības līmeņa uzskaitēm tika iegūti uzņēmuma SIA „Getliņi EKO” siltumnīcā laika posmā no 2019. gada 19. decembra līdz 2020. gada 7. maijam. Kopā tika veiktas desmit plēsonības līmeņa uzskaites (skat. 27. att.).



27. att. Attēlā redzams plēsīgās mīkstblakts plēsonības līmenis % katrā uzskaites nedēļā šķirnē ‘Beorange’ 2019. un 2020. gada sezonā.

Siltumnīcas platībā, kurā audzēja tomātu šķirni ‘Beorange’, katru uzskaites reizi izvietoja desmit olu kartiņas ar sterilizētām miltu sviļņa olām. Uz katras olu kartiņas atradās 20 miltu sviļņa olas. Pirmajā pētījuma gadā uzskaites veiktas, lai pārliecinātos par metodikas aprobāciju.

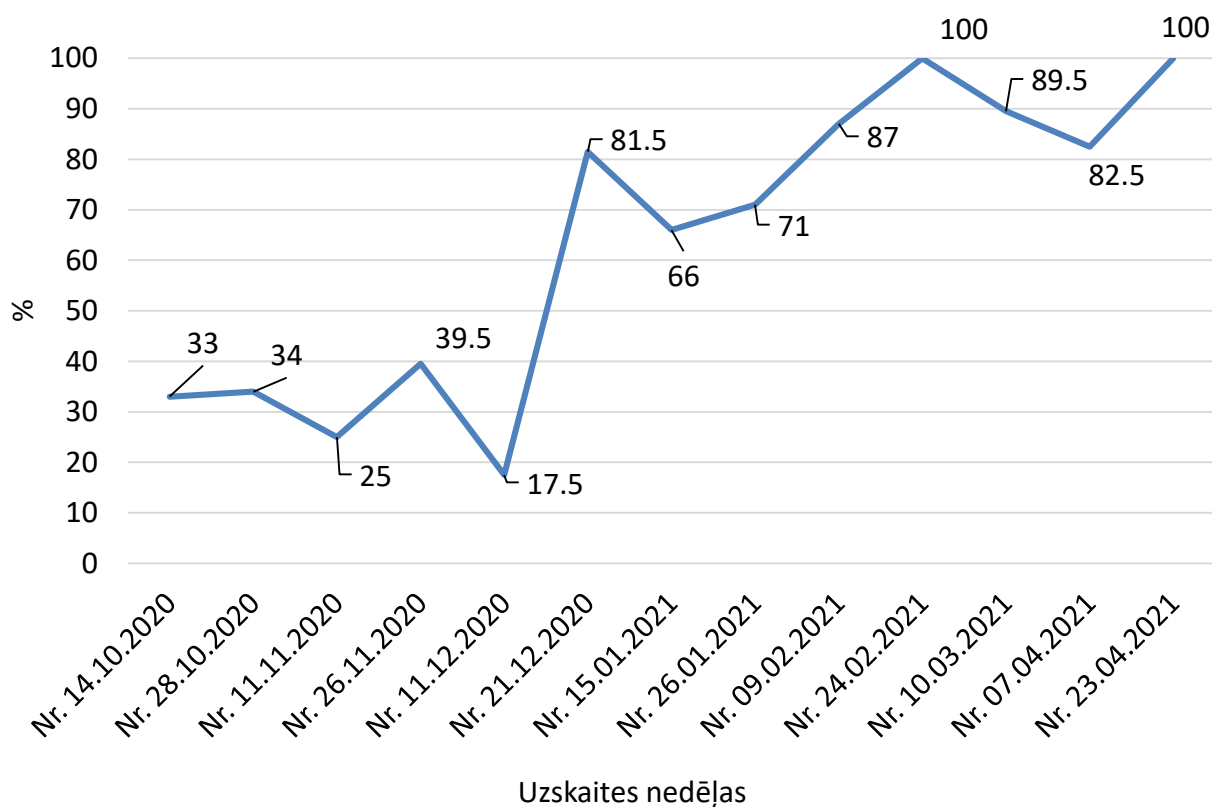
Pirmās četras uzskaites veiktas, piestiprinot olu kartītes augu lapotnes vidusdaļā. Iegūtie dati liecina, ka mīkstblakšu plēsonības līmenis ir izteikti zems, robežās starp 11.0%–17.5%. Zināms, ka mīkstblakts imago un nimfas mēdz uzturēties un slēpties zem lapām starp visa auga daļām, bet biežāk sastopamas auga galotnēs, kur atrodas jaunās lapas un dzinumī. Šajā četru uzskaitu laika periodā siltumnīcas iekštelpu vidējā dienas gaisa temperatūra bija +21.2°C, kas ir pietiekama mīkstblakts attīstības veicināšanai. Iegūtie rādītāji izskaidrojami ar olu kartīšu savstarpējo novietojumu pret auga daļām. Mīkstblakšu plēsonības līmeņa monitoringam atlikušajās uzskaites reizēs tika pieņemts lēmums olu kartītes izvietot tomātu augu galotnēs.

No 2020. gada 13. februārim līdz 7. maijam iegūtie uzskaites dati ievērojami atšķirās ar iepriekš iegūtajiem monitoringa datiem. Mīkstblakts plēsonības līmenis variēja robežās starp 49.0%–87.0% un norādīja uz ievērojamu mīkstblakšu aktivitātes pieaugumu augu galotnes apvidū. Šajā uzskaitu laika periodā siltumnīcas iekštelpu vidējā dienas gaisa temperatūra bija +21.8°C, kas būtiski neatšķiras ar iepriekš minētajiem temperatūras datiem. Līdz ar to,

apstiprinājās literatūrā iegūtā informācija par mīkstblakšu skaita pieaugumu jauno augu lapu un dzinumumu galotnēs.

Derīgo kukaiņu izlaišanai siltumnīcā izmantoja firmas “Biobest Group NV” bioloģisko augu aizsardzības līdzekli “Macrolophus – System – 500”, kura sastāvā ir dzīvie organismi jeb plēsīgā mīkstblakts. To piebarošanai izmantoja iepriekš minētās firmas derīgo kukaiņu papildbarību “Nutrimac”. Mīkstblaktis, nimfas un imago attīstības stadijās, tika izlaistas 2019. gada 39. nedēļā (oktobra pirmajā nedēļā). Lai imago veiktu paaudzes nomaiņu un sasniegtu ievērojamu populācijas pieaugumu, no olas izšķīlšanās brīža līdz pieauguša kukaiņa attīstības stadijai nepieciešamas vismaz 60 dienas (vai pat ilgāk), vidēji +25°C temperatūra un pietiekams nodrošinājums ar barības bāzi (piemēram, siltumnīcu baltblusiņa (*Trialeurodes vaporariorum*) un tās nimfas, un olas, garneļu cistas, miltu sviļņa olas).

Getliņu mīkstblakšu monitorings 2020. un 2021. gada sezonā. Dati no mīkstblakšu plēsonības līmeņa uzskaitēm tika iegūti uzņēmuma SIA „Getliņi EKO” siltumnīcā laika posmā no 2020. gada 14. oktobra līdz 2021. gada 23. aprīlim. Kopā tika veiktas 13 plēsonības līmeņa uzskaites (skat. 28. att.).



28. att. Attēlā redzams plēsīgās mīkstblakts plēsonības līmenis % katrā uzskaites nedēļā šķirnē ‘Beorange’ 2020. un 2021. gada sezonā.

Uzskaites veiktas tās pašas siltumnīcas platībās, kurās audzēja tomātu šķirni “Beorange”. Arī šajā pētījuma sezonā katrā uzskaites reizē visā siltumnīcā augu galotnēs izliktas desmit olu kartītes, kur uz katras atradās 20 sterilizētas miltu sviļņa olas.

Plēsīgās mīkstblaktis siltumnīcā izlaistas 2020. gada 24. septembrī. Pirmā uzskaitē veikta 21 dienu pēc derīgo kukaiņu izlaišanas 2020. gada 14. oktobrī. Iegūtajos datos redzams, ka plēsonības līmenis gan oktobra, gan novembra mēnešos ir bijis vienmērīgs, robežās no 25.0% – 39.5%. 2020. gada 11. decembra uzskaitē iegūtais plēsonības līmenis 17.5% bija divreiz mazāks nekā oktobra un novembra mēnešos. Iespējams, ka mīkstblaktis ir jutīgas pret kādu no lietotajiem augu aizsardzības līdzekļiem vai šķidrajiem lapu minerālmēsliem. Piemēram, uzskaites dienā vai laika posmā pirms tās, varēja tikt veikts smidzinājums, kas samazinājis plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti. Šādam apgalvojumam salīdzināti dati, kas iegūti no 2020. gada 21. decembra uzskaites. Tie liecina par ievērojamu plēsonības līmeņa pieaugumu salīdzinājumā ar 11. decembra uzskaiti.

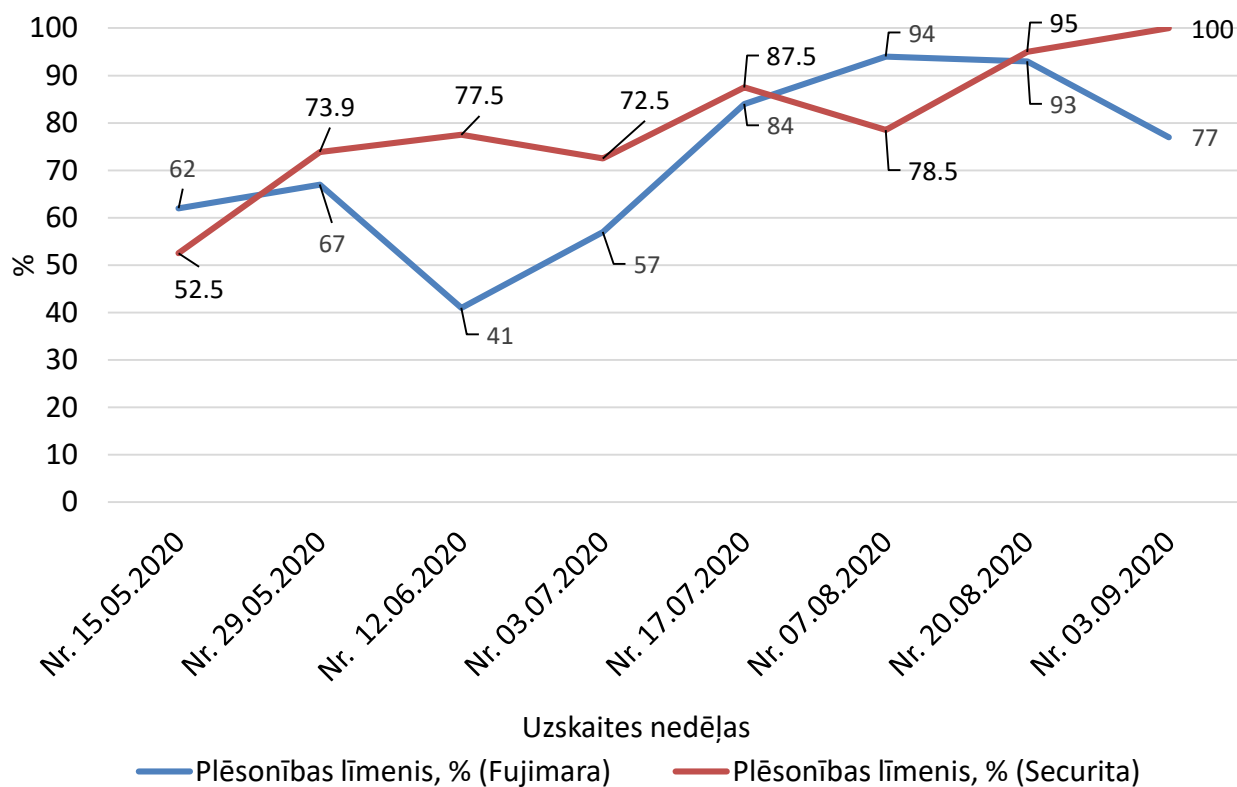
Nr.p.k. 6 – 13 uzskaitēs redzams, ka mīkstblakšu aktivitāte ievērojami atšķiras no sākotnēji iegūtajiem datiem. Astonās uzskaites reizēs sezonas griezumā plēsonības līmenis konstatēts robežās starp 66.0% – 100%. Arī starp sesto un septīto uzskaites reizi vērojams plēsonības līmeņa kritums. Savukārt ar katru nākamo uzskaites reizi novērojams plēsonības līmeņa pieaugums, piemēram, uzskaitēs nr. p. k. 7 – 10.

Secinājumi par mīkstblakšu aktivitāti SIA „Getliņi EKO” tomātu stādījumos ‘Beorange’. Kopumā mīkstblakšu aktivitātes pieaugumam SIA „Getliņi EKO” siltumnīcā bija nepieciešamas vairāk nekā 60 dienas. Izteikts plēsonības līmeņa pieaugums novērojams no 2020. gada 21. decembra. Analizējot iegūtās datu kopas, bija nepieciešams noteikt vai starp iegūtajiem datiem pastāv sakarība. Mīkstblakšu aktivitāte tika saistīta ar saules aktīvo radiācijas intensitāti, dienas gaismas lampu apgaismojuma ilgumu un dienas siltumnīcas temperatūru. Iegūtie korelācijas dati uzrāda, ka 2019.-2020. gada sezonā ‘Beorange’ tomātu stādījumā pastāv nebūtiska ($p=0.060$) sakarība starp mīkstblakšu aktivitāti un saules radiācijas intensitāti kombinācijā ar dienas gaismas lampām. Arī nākamajā sezonā iegūta nebūtiska ($p=0.261$) sakarība. Saules radiācijas intensitātei kombinācijā ar dienas gaismas lampām nebija būtiskas ietekmes uz mīkstblakšu aktivitāti.

No 2019.-2020. gada sezonas datiem, analizējot sakarības starp mīkstblakšu aktivitāti un dienas gaismas lampu apgaismojuma ilgumu, iegūta nebūtiska ($p=0.082$) korelācija. Līdzīgs rezultāts iegūts arī nākamajā sezonā. Dienas lampu apgaismojuma ilgumam abās sezonās nebija būtiska ietekme uz mīkstblakšu aktivitāti. Līdz ar to nevar apgalvot, ka, jo ilgāk dienas lampas apgaismo augus, jo mazāk aktīvas paliek mīkstblaktis.

Sakarības starp mīkstblakšu aktivitāti un dienas siltumnīcas temperatūru 2019.-2020. gada sezonā bija nebūtiskas ($p=0.131$). Arī otrajā sezonā šīs sakarības nebija būtiskas ($p=0.871$). Mīkstblakšu aktivitāti būtiski neietekmēja siltumnīcas dienas temperatūra.

Z/s “Kliģeni” mīkstblakšu monitorings 2020. gada sezonā. Mīkstblakšu monitorings saimniecībā tika uzsākts 2020. gada 15. maijā un noslēgts 2020. gada 3. septembrī. Kopā tika veiktas astoņas uzskaites (skat. 29. att.).

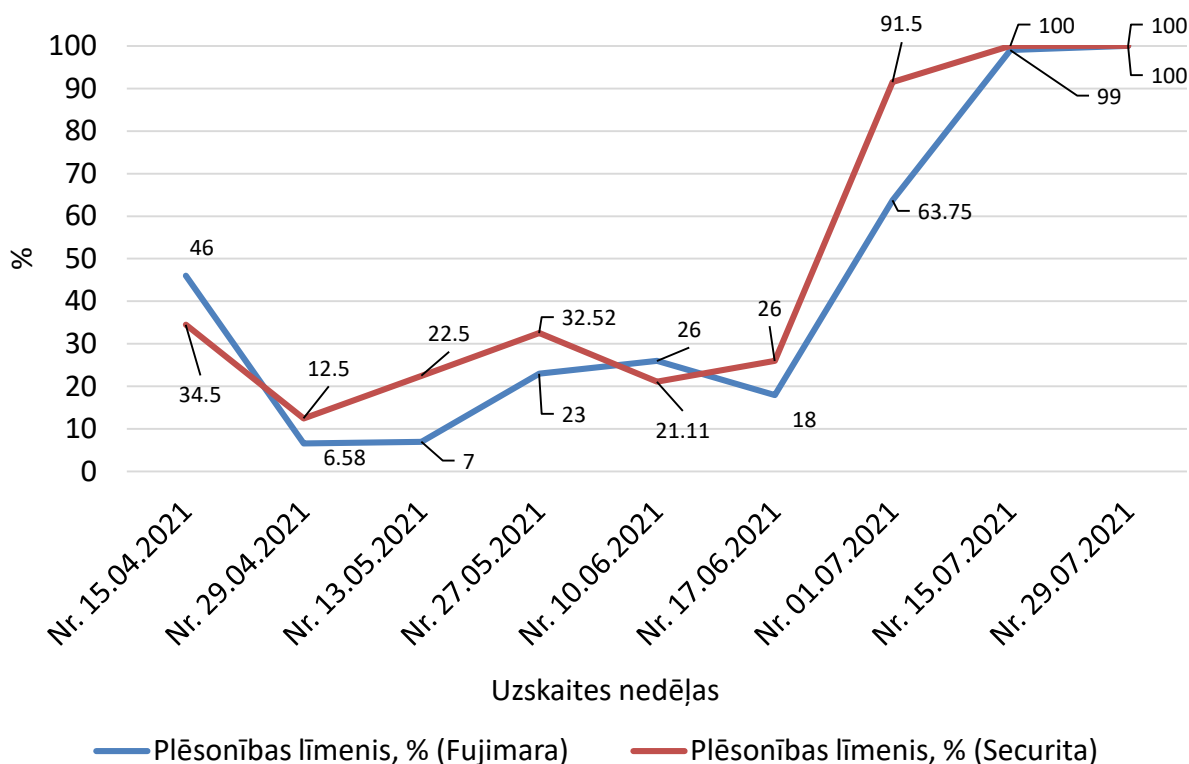


29. att. Attēlā redzams plēsīgās mīkstblakts plēsonības līmenis % katrā uzskaites nedēļā šķirnēs ‘Fujimara’ un ‘Securita’ 2020. gada sezonā.

Pēc aktīvās tomātu audzēšanas sezonas uzsākšanas, mīkstblaktis siltumnīcā izlaida 2021. gada 18. martā. Mīkstblakšu plēsonības līmeņa uzskaites veica divām tomātu šķirnēm: ‘Fujimara’ un ‘Securita’. Katra šķirne siltumnīcā atradās savstarpēji nodalītā siltumnīcas blokā.

Redzams, ka maija uzskaitēs mīkstblakšu plēsonības līmenis tomātu šķirnē ‘Fujimara’ bija starp 62.0% – 67.0%, jūnijā tas samazinājies līdz 41.0%, taču jūlija un augusta uzskaitēs tas ievērojami palielinājies, sasniedzot 94.0%. Šķirnē ‘Securita’ mīkstblakšu plēsonības līmenis maijā palielinājies no 52.5% līdz 73.9%. Jūnija uzskaitēs konstatēts palielinājums līdz 77.5%. Savukārt, tomātu audzēšanas sezonai noslēdzoties, redzams ievērojams plēsonības līmeņa pieaugums, līdz pat 100% aktivitātei.

Z/s “Kliģeni” mīkstblakšu monitorings 2021. gada sezonā. Mīkstblakšu monitorings saimniecībā uzsākts 2021. gada 15. aprīlī un noslēgts 2021. gada 29. jūlijā.



30. att. Attēlā redzams plēsīgās mīkstblakts plēsonības līmenis % katrā uzskaites nedēļā šķirnēs ‘Fujimara’ un ‘Securita’ 2020. gada sezonā.

Mīkstblaktis abos siltumnīcas blokos izlaida 2021. gada 18. martā. Pirmā uzskaite šķirnē ‘Fujimara’ veikta 28 dienas pēc mīkstblakšu izlaišanas siltumnīcā 2021. gada 15. aprīlī. Redzams, ka mēneša laikā pēc to izlaišanas, konstatētais mīkstblakšu plēsonības līmenis bija 46.0%, savukārt 2021. gada 29. aprīļa un 13. maija uzskaitēs fiksēts ievērojami zemāks plēsonības līmenis, starp 6.58% – 7.0%. Sezonas laikā mīkstblakšu aktivitāte kopš to izlaišanas brīža nepalielinājās līdz 2021. gada 1. jūlijam, kad novērots straujš aktivitātes pieaugums abos siltumnīcu blokos ar pētāmajām tomātu šķirnēm. Pēdējās uzskaites nedēļās redzams 99.0 – 100.0% mīkstblakšu plēsonības aktivitātes pieaugums, kas nepārprotami liecina par strauju kukaiņu populācijas pieaugumu.

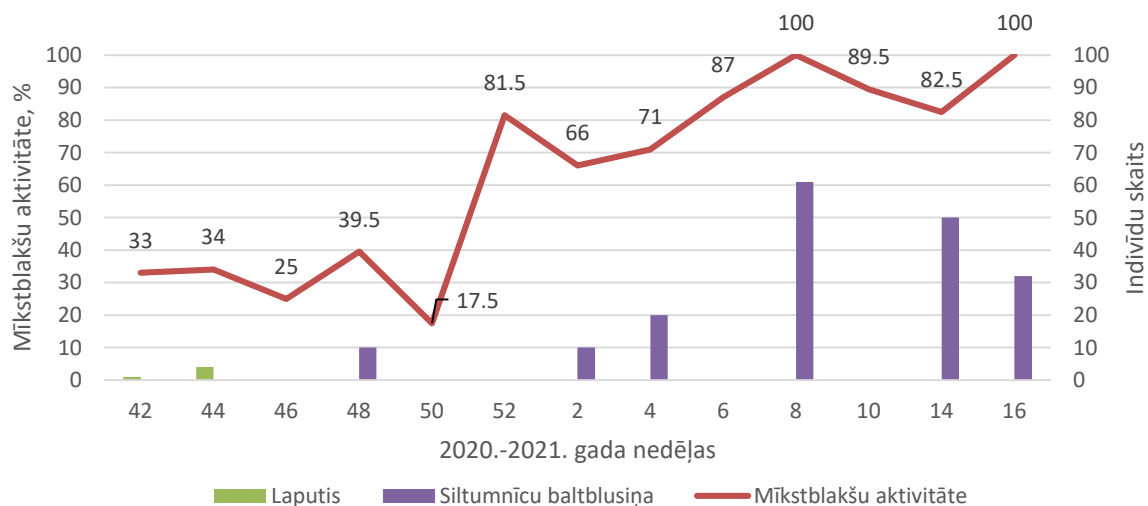
Secinājumi par mīkstblakšu aktivitāti z/s „Kliģeni” siltumnīcā. 2020. gada sezonā ‘Securita’ tomātu stādījumos saules aktīvajai radiācijai nebija būtiskas ietekmes uz mīkstblakšu aktivitāti ($p=0.052$). Arī 2021. gada sezonā tai nebija būtiskas ietekmes ($p=0.663$). Tika analizēti arī plēsīgās mīkstblakts aktivitātes un siltumnīcas dienas temperatūras dati 2020. un 2021. gada sezonā. Pirmajā sezonā iegūta nebūtiska ($p=0.142$) korelācija, bet otrajā būtiska ($p=0.034$) cieša pozitīva korelācija ($r=0.70$). Pirmajā gadā dienas temperatūra siltumnīcā nav būtiski ietekmējusi mīkstblakšu aktivitāti, taču būtiska ietekme ir bijusi otrajā pētījumu gadā. 2021. gada temperatūras dati uzrāda, ka, starp 24. un 30. nedēļu, temperatūra svārstījās no $+23.2^{\circ}\text{C}$ līdz $+27.0^{\circ}\text{C}$, un šis laiks sakrīt ar mīkstblakts aktivitātes pieaugumu. Arī 2020. un 2021. gada sezonā ‘Fujimara’ tomātu stādījumos saules aktīvajai radiācijai nebija būtiskas ietekmes uz mīkstblakšu aktivitāti. Abos gados iegūtas nebūtiskas korelācijas (attiecīgi $p=0.128$ un $p=0.502$). Tāpat kā šķirnē ‘Securita’, arī ‘Fujimari’ pirmajā gadā siltumnīcas dienas gaisa temperatūrai nebija būtiskas ($p=0.276$) ietekmes uz mīkstblakšu aktivitāti. Taču

otrajā sezonā novērota līdzīga tendence kā ‘Securita’ tomātu stādījumos—pieaugot siltumnīcas temperatūrai, pieaug arī mīkstblakšu aktivitāte ($r=0.72$, $p=0.026$). Šādi dati par abiem pētījuma gadiem liecina, ka dienas temperatūras pieaugums siltumnīcā veicinājis plēsīgo mīkstblakšu aktivitātes pieaugumu, kas pielīdzināms šīs sugas dabiskajiem dzīves apstākļiem, $\pm 25.0^{\circ}\text{C}$ optimālā temperatūrā. Iemesls, kāpēc temperatūra būtiski neietekmēja plēsīgās mīkstblakts aktivitāti pirmajā gadā, ir izmaiņas temperatūras starpībā. Nepieciešamais dienu skaits mīkstblakts attīstības ciklā var ievērojami atšķirties, ja gaisa temperatūra atšķiras par dažiem grādiem. Līdzīgi dati iegūti kādā pētījumā, kura ietvaros mīkstblaktis attīstības ciklu veica 27.6 dienās $+24.0^{\circ}\text{C}$ temperatūrā (Zaini, Ismail, Mohamad et al, 2009), bet citā pētījumā $+22.0^{\circ}\text{C}$ temperatūrā mīkstblakšu attīstībai bija nepieciešamas 35–40 dienas, par astoņām līdz 13 dienām ilgāk (Berengere, Greinier, Bonnot et al, 1996).

Mīkstblakšu plēsonības līmeņa aktivitātes noteikšana ar olu kartītēm segto platību augu audzētājiem sniedz iespēju veikt tā monitoringu visā augu audzēšanas sezonas periodā. Šāda monitoringa ieviešana praksē ir veids kādā noteikt mīkstblakšu populācijas izmaiņas noteiktā laika posmā, jo olu kartīšu sagatavošana, izvietošana siltumnīcā, materiāla savākšana, un datu apstrāde aizņem īsu laika posmu. Audzētājiem jāseko līdzi siltumnīcas temperatūras izmaiņām, jo galvenokārt, tas ietekmē plēsīgo mīkstblakšu attīstības ciklu.

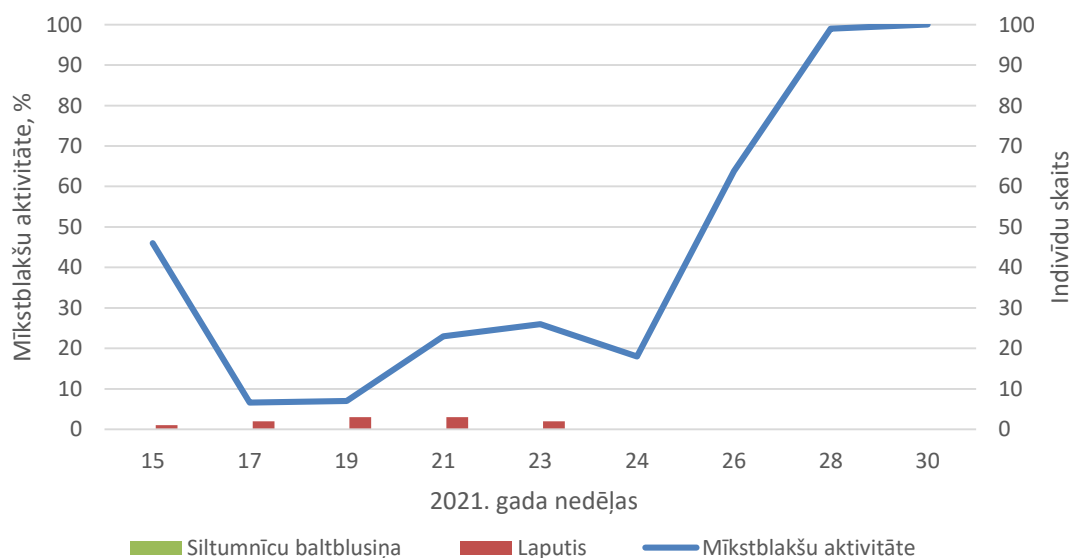
Sakarības starp plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti un kaitēkļiem

2020.-2021. gada sezonā SIA “Getliņi EKO” tika novērota pastiprināta baltblusiņu klātbūtne tomātu stādījumos, kā arī fiksētas dažas nenozīmīgas laputis. Veicot korelācijas analīzi, aprēķināta būtiska ($p=0.041$) vidēja pozitīva sakarība ($r=0.57$) starp plēsīgās mīkstblakts aktivitāti un siltumnīcas baltblusiņas populācijas izmaiņām. Secināts, ka mīkstblakšu aktivitāte būtiski palielinās, pieaugot baltblusiņu populācijai. Šāda sakarība ir loģiska un pamatojama ar mīkstblakts barības bāzes pieaugumu tomātu stādījumos, kā rezultātā būtiski palielinās mīkstblakts plēsonības līmenis un, iespējams, pieaug tās populācija. Mīkstblakts aktivitātes un kaitēkļu attīstības gaitu skatīt 31. attēlā.



31. att. Attēlā redzama plēsīgās mīkstblakts aktivitāte, kaitēkļu indivīdu skaits 2020.-2021. g. sezonā SIA “Getliņi EKO” siltumnīcā tomātu šķirnē ‘Beorange’.

2021. gada sezonā z/s “Kliģeni” šķirnē 'Securita' tomātu stādījumos starp plēsīgās mīkstblakts aktivitāti un laputu populāciju aprēķināta būtiska ($p=0.028$) cieša negatīva korelācija ($r=-0.71$). Mīkstblakšu aktivitāte būtiski ietekmēja laputu populācijas samazināšanos. Siltumnīcu baltblusiņa sezonas laikā netika fiksēta uz augiem un dzeltenajiem līmes slazdiem. Mīkstblakts aktivitātes un kaitēkļu attīstības gaitu skatīt 32. attēlā.



32. att. Attēlā redzama plēsīgās mīkstblakts aktivitāte, kaitēkļu indivīdu skaits 2021. g. sezonā z/s “Kliģeni” siltumnīcā tomātu šķirnē ‘Securita’.

Papildus UV gaismas avoti

SIA Getliņi Eko siltumnīcā tika izvietotas industriālas kukaiņu lamatas “Antibit” AGD – 06 (jauda 1W) kā papildus UV gaismas avots. Ultravioletās gaismas lampas tika modificētas, noņemot tām insektu nonāvēšanai paredzētos elementus, lai netraumētu derīgos kukaiņus. Virs vienas tomātu stādu rindas tika izvietoti un pieslēgti 8 papildus UV gaismas avoti, kuru ieslēgšanās/izslēgšanās cikls tika pieskaņots siltumnīcas apgaismes lampu ciklam.

Papildus UV gaismas avotu izvietošanas mērķis bija pārbaudīt, vai lokāls UV gaismas avots uzlabo kameņu orientēšanos un ziedu apputeksnēšanu. Salīdzinot kosto ziedu īpatsvaru rindā ar papildus UV gaismas avotiem un rindās bez tiem, netika novērota būtiska atšķirība.



33. att. Eksperimentālais UV gaismas avots Getliņu siltumnīcā

Attālinātā kukaiņu aktivitātes novērošana

SIA Getliņi Eko siltumnīcā tika iekārtota un starp tomātu augiem novietota kukaiņu foto kamera kukaiņu aktivitātes novērošanai (skat. 34. att.).



34. att. Kukaiņu foto kamera Getliņu siltumnīcā

Fotokamerai pretī izvietoja dzeltenos līmes vairogus, kas pievilina dažādus kaitēkļus. Fotokameras izmantošanas laikā fiksēja siltumnīcu baltblusiņu. Dienu pēc līmes vairogu uzstādīšanas bija redzamas liels indivīdu skaits, vidēji trīs līdz četri kaitēkļi uz 4 cm² vienas rūtiņas laukumu. Nedēļas laikā ar katru nākošo dienu baltblusiņu skaits, kas iekrita līmes vairogos, samazinājās. Tika secināts, ka šāda fotokameru izmantošana var tik veiksmīgi izmantota, lai kvantitatīvi novērtētu kaitēkļu blīvumu attālināti, bez nepieciešamības apmeklēt siltumnīcu, tādējādi būtiski ietaupot laiku.

Secinājumi

1. Kameņu aktivitāti tomātu siltumnīcās būtiski ietekmē apgaismojuma līmenis (gan saules radiācija, gan saules radiācija kopā ar mākslīgo apgaismojumu). Starp abiem šiem parametriem pastāv statistiski būtiska cieša korelācija.
2. Nav konstatēta sakarība starp kameņu lidošanas aktivitāti un siltumnīcās izvietoto kameņu saimju skaitu. Ja siltumnīcās izvieto vairāk kameņu saimes nekā nepieciešams, kameņu lidošanas un ziedu apmeklēšanas intensitāte nepieaug.
3. Ne saules radiācijas līmenis, ne mākslīgā apgaismojuma līmenis būtiski neietekmē plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti tomātu siltumnīcās.
4. Pagaidām nevar viennozīmīgi apgalvot, vai pastāv būtiskas sakarības starp kameņu lidošanas aktivitāti un siltumnīcas gaisa temperatūru (1), starp kameņu lidošanas aktivitāti un tomātu augļu aizmešanās intensitāti un augļu kvalitāti (2) un starp plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti un siltumnīcas gaisa temperatūru (3). Dažādos pētījuma gados un vietās tika iegūti savstarpēji pretrunīgi rezultāti, tāpēc šo jautājumu noskaidrošanai ir nepieciešami papildus pētījumi.

Literatūra

1. Berengere, C., Grenier, S., and Bonnot, G. (1996). Artificial Substrate for Egg Laying and Embryonic Development by the Predatory Bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). 20 Avenue Albert Einstein, 69621, Villeurbanne Cedex, France. Volume 7, Issue 2. 140-147.
2. Green S. B., Salkind N. J., Akey T. H. (2000). Using SPSS for Windows: Analyzing and understanding data. New Jersey: Prentice Hall, p. 430.
3. Greenop, Arran, Nevine Mica-Hawkyard, Sarah Walkington, Andrew Wilby, Samantha M. Cook, Richard F. Pywell, and Ben A. Woodcock 2020. "Equivocal Evidence for Colony Level Stress Effects on Bumble Bee Pollination Services" *Insects* Vol. 11, No. 3: p. 191.
4. Höfer R. J., Ayasse M., Kuppler J. (2021). Bumblebee Behavior on Flowers, but Not Initial Attraction, Is Altered by Short-Term Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*, Vol.11, p. 2255. ISSN=1664-462X.
5. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
6. Zaini, M.R., Ismail, F., Mohamad, W.A., Rashid, S.A., Rawi, C.S., & Jusoff, K. (2009). Biology of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) Predator of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *International Journal of Biology*, Volume 1, 63.

2. Slimību monitorings un ierobežošanas paņēmieni efektivitātes pētījums

METODIKA

Tomātu miltrasas herbārija sagatavošanas metodika

Konstatējot tomātu miltrasas pazīmes, paraugam ņem inficēto tomātu lapu. Ievieto papīra tūtā. Veic parauga žāvēšanu: novieto inficēto tomāta lapu uz stingras virsmas, pakļaujot zem tā tīru papīra lapu un salveti, nokļāj ar salveti. Paraugus var likt vairākās kārtās, katru reizi atkārtojot iepriekš minēto secību. Virs paraugiem novieto slogu. Salvete maina katru dienu, līdz paraugi ir sausi. Pēc tam paraugus novieto glabāšanās vietā starp tīra papīra lapām, starp katru liekot stingru materiālu, piemēram, kartona sloksni. Vēlams šim nolūkam izmantot herbārija rāmīti. Uzglabā sausā vietā.

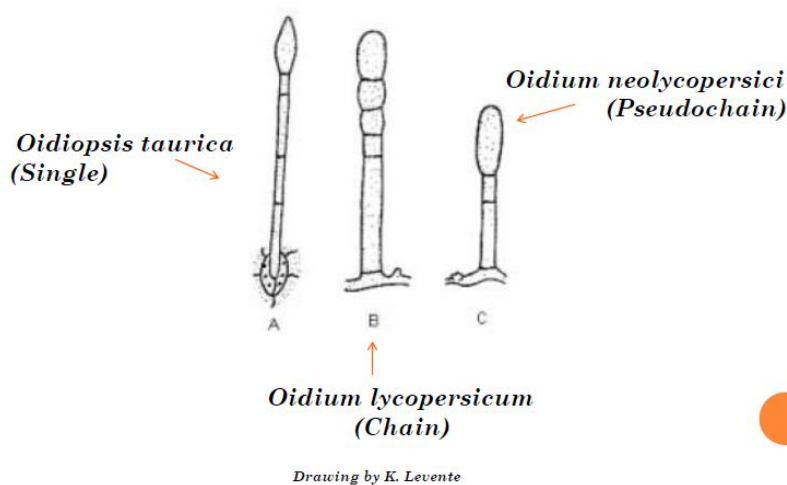
Herbarizēto materiālu izmanto slimības ierosinātāja identificēšanai un mākslīgas inficēšanas vajadzībai.

Tomātu miltrasas identificēšanas metodika pēc morfoloģiskajām pazīmēm

1. Tomātu miltrasu identificē pēc slimības redzamajām pazīmēm uz auga. Ja slimības pazīmes sastopamas uz lapas virspuses, tad ierosinātājs pieder *Oidium* ģintij. Ja slimības pazīmes novērojamas lapas apakšpusē, tad slimības ierosinātājs ir *Leveillula taurica*.

2. Identificēšana mikroskopējot.

Mikroskopēšanai izmanto svaigas tomāta lapas ar miltrasas pazīmēm vai herbarizēto materiālu. Uz priekšmetstikliņa uzpilda ūdeni, izmantojot pipeti. Ar skalpeli viegli nokasa infekcijas materiālu no miltrasas plankuma, lai uz stikliņa nebūtu pārāk daudz daļiņu no lapas virsmas. Nosedz ar segstikliņu. Objektu novieto zem mikroskopa. Tajā redzamās sēnes daļas (konīdijas, konīdijnesējus utml.), salīdzina ar noteicēju (skat 35. attēlā), pieraksta novērojumus un saglabā fotoattēlus.



35. attēls. Noteicējs konīdiju un konīdijnesēju salīdzināšanai miltrasu ierosinātājiem no *Oidium* ģints un *Leveillula taurica*.

Tomātu miltrasas novērojumu veikšanas metodika un ierobežošanas pasākumu efektivitātes novērtēšana ZS Kligēni un SIA Getliņi Eko tomātu stādījumos

Miltrasas attīstības sākumā no katras šķirnes izvēlas vairākas tomātu stādījuma rindas, atkarībā no slimības sastopamības (novērtē subjektīvi), tā, lai uzskaitē būtu iekļauti vismaz 100 lapas no 20 augiem no katras rindas. Novērtē slimības izplatību: uzskaites veidlapā atzīmē – 0 - augs ir vesels, 1 – uz auga atrodas pirmās slimības pazīmes.

Miltrasas nozīmīgas izplatības laikā (izplatība uz augiem tuvojas vai pārsniedz 50%) no katras šķirnes izvēlas vairākas tomātu stādījuma rindas, atkarībā no slimības sastopamības (novērtē subjektīvi). Uzskaiti veic katrā dobē uz nejauši izvēlētiem 20 augiem uz katra auga 5 apakšējām lapām. Novērtē slimības izplatību uz lapām: uzskaites veidlapā atzīmē – 0 - lapa ir vesela, 1 – uz lapas atrodas slimības pazīmes.

Stipras izplatības gadījumā (izplatība tuvojas 100% un uz katra auga inficēta vidēji vairāk nekā 1 lapa) no katras šķirnes izvēlas vairākas tomātu stādījuma rindas, atkarībā no slimības sastopamības (novērtē subjektīvi). Uzskaiti veic katrā dobē uz nejauši izvēlētiem 100 augiem uz katra auga 5 apakšējām lapām, kopā uz 500 lapām. Nosaka inficēto lapu skaitu uz auga.

Miltrasas uzskaites veic regulāri, sākot no pirmo pazīmju parādīšanās, ar minimālo intervālu 14 dienas. Uzskaitēm izvēlas šķirnes, kurās pēc audzētāju pieredzes iepriekš ir novērota šīs slimības izplatība.

Izmantojot novērojumos iegūtos uzskaites datus, aprēķina tomātu miltrasas izplatību % uz lapām pēc formulas:

$$\text{Izplatība (\%)} = \text{inficēto lapu skaits} / \text{visu uzskaitē iekļauto lapu skaits} * 100.$$

Sadarbībā ar tomātu audzēšanas saimniecību, reģistrē veiktos augu aizsardzības pasākumus (augu aizsardzības vai mēslošanas līdzekli vai mehāniskas aizsardzības metodi, apstrādes devu, datumu). Izmantojot datus par aprēķināto tomātu miltrasas izplatības dinamiku, novērtē augu aizsardzības pasākuma efektivitāti, salīdzinot miltrasas izplatību pirms un pēc veiktā pasākuma. Pasākuma efektivitāti aprēķina pēc formulas, kas pielāgota konkrētam gadījumam (Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Am Mosq Control Assoc 3:302–3):

$$\text{Efektivitāte} = (\text{slimības izplatība pirms pasākuma veikšanas} - \text{slimības izplatība pēc pasākuma veikšanas}) / \text{slimības izplatība pirms pasākuma veikšanas}) * 100.$$

Tomātu miltrasas ierobežošanas izmēģinājuma metodika

Testējamie preparāti – visi Latvijā šobrīd reģistrētie fungicīdi.

Izmēģinājuma varianti:

1. Kontrole

2. Serenade ASO, bioloģiskas izcelsmes, atļauts lietot 6 reizes, pēc pirmo pazīmju parādīšanās, ik pa 7 dienām, 8 L/ha = 3.5 mL uz variantu.

3. Amistar 250 SC, sistēmiska, translamināra un aizsargājoša iedarbība. Darbīgā viela pieder strobilurīnu grupai. Apstrāds deva: 0.08 % šķīdums = 0.21 mL uz 0.26L ūdens. Intervāls 7-10 dienas. Atļauts lietot 2x reizes. 3. smidzinājums, ja nepieciešams, ar Topas 100 SC 0.5L/ha = 0.216 mL uz variantu

4. Candit 0.2 L/ha, = 0.09 mL uz variantu Lokāla sistēmas iedarbība. Darbīgā viela pieder strobilurīnu grupai. Intervāls 7-10. Atļauts lietot 2x reizes. 3. smidzinājums, ja nepieciešams, ar Cidely Top 1L/ha = 0.432 mL uz variantu

5. Cidely Top 1L/ha = 0.432 mL uz variantu, Lokāla sistēmas iedarbību. Darbīgo vielu grupas - triazoli un amidoksīmi. Intervāls 10 dienas. Atļauts lietot 2x reizes. 3. smidzinājums, ja nepieciešams, ar Amistar 250 SC = 0.21 mL uz 0.26L ūdens

6. Topas 100 SC 0.5L/ha = 0.216 mL uz variantu, penkonazols. Darbīgā viela pieder triazolu grupai. Sistēmas. Intervāls 8 dienas. Atļauts lietot 2x reizes. 3. smidzinājums, ja nepieciešams, ar Candit 0.2 L/ha, = 0.09 mL uz variantu.

Vispirms uzskaita slimības izplatību un attīstības pakāpi % no lapas virsmas, uz iepriekš sanumurētu augu visām lapām. Katrā variantā divi augi.

Smidzina pa variantiem, ar aizslietni nodrošinot testējamā preparāta nenokļūšanu uz citu variantu augiem.

Uzskaitē pēc 7 dienām, nolauž pilnīgi atmirušās lapas un veic atkārtotu apstrādi.

Nākamā uzskaitē pēc vismaz 7 dienām.

Pasākuma tehnisko efektivitāti aprēķina pēc formulas: (Bankina B., Turka I. Augu slimību un kaitēkļu uzskaites metodes. – Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2013.- 24 lpp.)

*Tehniskā efektivitāte = (slimības izplatība/attīstības pakāpe kontrolē – slimības izplatība/attīstības pakāpe variantā kur lietots fungicīds) / slimības izplatība/attīstības pakāpe kontrolē) * 100.*

REZULTĀTI

Literatūras apkopojums par tomātu miltrasas bioloģiju, ierosinātāju identificēšana, herbārija sagatavošana.

Tomātu īsto miltrasu (turpmāk – tomātu miltrasa) ierosina vairākas sēnes – *Oidium lycopersici*, *O. neolycopersici* un *Leveillula taurica*. Slimības rezultātā uz lapām parādās nelieli balti plankumi, ko veido sēnes micēlijs ar konīdijām (sporām). Miltrasai attīstoties, plankumi saplūst un stipras infekcijas gadījumā nokļāj lapas plātņi un veicina inficētās lapas virsmas sakalšanu un atmiršanu. *Oidium* ģints sēņu ierosinātās miltrasas pazīmes vērojamas lapas virspusē, savukārt *Leveillula taurica* inficē galvenokārt lapas apakšējo pusi.

Projekta laikā konstatēja, ka ZS Kliģēni un SIA Getliņi EKO ir sastopamas tikai miltrasas, ko ierosina *Oidium* ģints sēnes, tādēļ turpmāk par šīs ģints ierosinātās miltrasas bioloģiju.

Tomātu miltrasas *Oidium* spp. ierosinātājs ir obligāts biotrofs jeb spēj attīstīties tikai uz zaļojošām auga daļām. Tomātu miltrasa inficē galvenokārt tomātus, taču kā tomātu miltrasas saimniekaugi literatūrā ir pieminēti vairāki nakteņu dzimtas augi: dažas nakteņu dzimtas nezāles, kartupeļi, baklažāni, tabaka, sarkanā paprika, petūnijas. Kā slimības saimniekaugi literatūrā pieminēti arī atsevišķi ķirbjaugi.

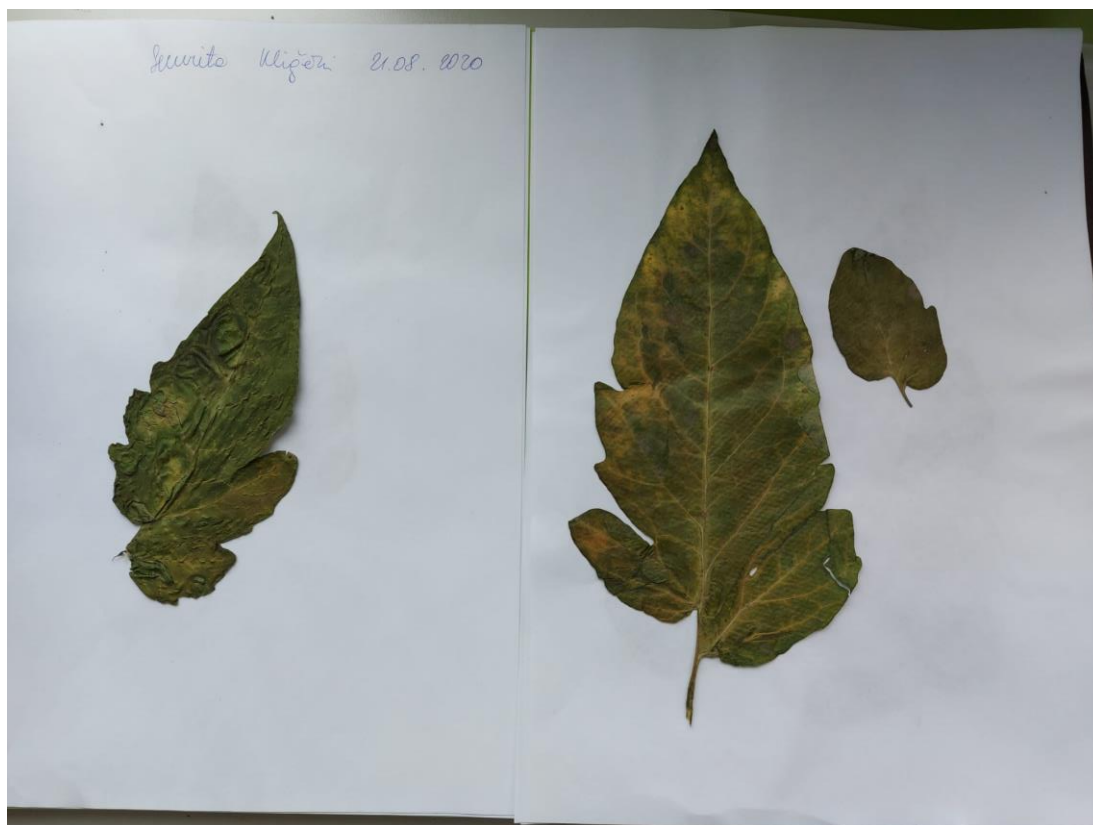
Slimības ierosinātājs ar micēliju saglabājas tomātu augos un citos saimniekaugos. Miltrasas ierosinātājs zemās gaisa temperatūrās un augstā gaisa mitrumā var ilgstoši (pat līdz 4 mēnešiem) saglabāties inficētos augos bez redzamām slimības pazīmēm. Tas arī kalpo kā pirmās slimības izplatības avots. Sēnes auglķermeņi, ar ko saglabājas un izraisa pirmo inficēšanos vairāki citi miltrasas ierosinātāji, *Oidium* ģints tomātu miltrasas ierosinātājiem līdz šim nav atklāti. Slimības izplatība notiek ar konīdijām, kas nokļūstot uz tomātu lapām vai stublājiem, inficē tos. Sporas var izplatīties no cita slimības saimniekauga, uz kura jau ir izveidojušies miltrasas plankumi. Sporas pārvietojas ar gaisa plūsmām un var iekļūt siltumnīcā caur vēdināšanas sistēmu. Tāpat, sporas no citām platībām uz tomātiem var pārnest ar darbinieku apģērbu, vai infekcijas materiāls tiek ienests siltumnīcā ar tomātu stādiem un augā atrodas slēptā veidā, līdz rodas labvēlīgi apstākļi slimības attīstībai. Pirmās redzamās pazīmes kļūst redzamas vienu līdz divas nedēļas pēc inficēšanās brīža. Tās vispirms parādās uz vecākajām apakšējām auga lapām. No miltrasas plankumiem vairākkārt turpinās sekundāra sporu izplatība.

Miltrasa spēj attīstīties plašā gaisa temperatūru diapazonā – no 10 līdz 35°C, bet optimālā gaisa temperatūra ir no 22 līdz 25°C. Straujas temperatūru svārstības ir labvēlīgs slimības attīstību ietekmējošs faktors. Optimālais gaisa mitrums tomātu miltrasas attīstībai ir 80 %, savukārt ļoti augsts gaisa mitrums virs 95 % slimības attīstību kavē vai pārtrauc. Dažādām tomātu šķirnēm ir atšķirīga ieņēmība pret tomātu miltrasu.

Projekta laikā savākts un saglabāts ar tomātu miltrasu inficētu lapu herbārijs (skat. 36.-38. attēlā).

Miltrasas ierosinātāja identificēšanai izmantoja gan svaigu, gan herbarizētu materiālu. Visos gadījumos miltrasas pazīmes konstatēja lapas virspusē (skat. 38. attēlā) vai uz stublājiem. Tas liecina par to, ka ierosinātājs pieder *Oidium* ģintij. Salīdzinot mikroskopēšanas rezultātā iegūtos konīdiju un konīdijnesēju attēlus ar noteicējus, konstatēja, ka tie atbilst *Oidium* ģintij (skat. 39. un 40. attēlos). Abiem tomātu īstās miltrasas ierosinātājiem no šīs ģints - *Oidium*

lycopersici, *O. neolycopersici* – ir ļoti līdzīga bioloģija. Tas nozīmē, ka arī ierobežošanas metodes neatšķiras un ir pietiekoši identificēt slimības ierosinātāju līdz ģints līmenim.



36. attēls. Tomātu miltrasas herbārijs.



37. attēls. Tomātu miltrasas herbārijs, ievietots speciālā rāmī.



38. attēls. Tomātu miltrasas pazīmes uz lapas virsmas.



39. attēls. Konīdijnesējs ar konīdiju. Līdzīgs *Oidium neolycopersici*.



40. attēls. Konīdijnesējs ar konīdijām. Līdzīgs *Oidium lycopersici*.

Tomātu miltrasas ierobežošanas izmēģinājuma rezultāti

Tomātu miltrasas ierobežošanas izmēģinājumu ierīkoja LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta Agrihorts eksperimentālajā siltumnīcā tomātu šķirnē 'Beorange'.

Izmēģinājumā veikto pasākumu kalendāru skat. 1. tabulā. Plānotās noslēdzošās apstrādes ar testa produktiem nebija nepieciešamas, jo miltrasas attīstība dabiski apstājās.

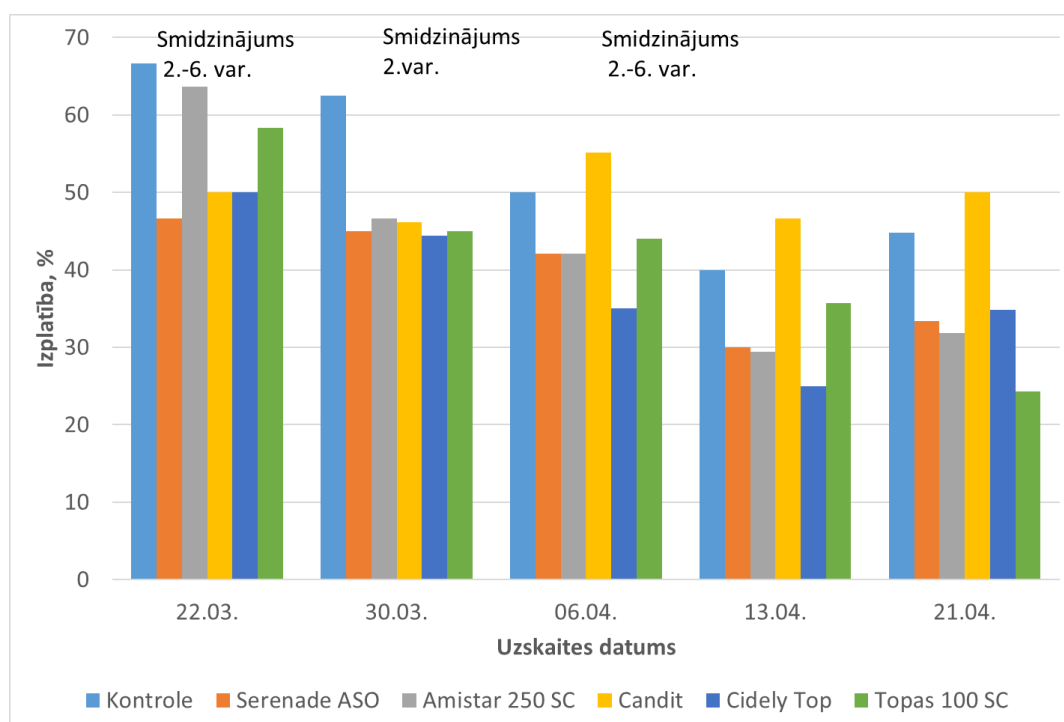
Izmēģinājumā veiktie pasākumi.

1. tabula

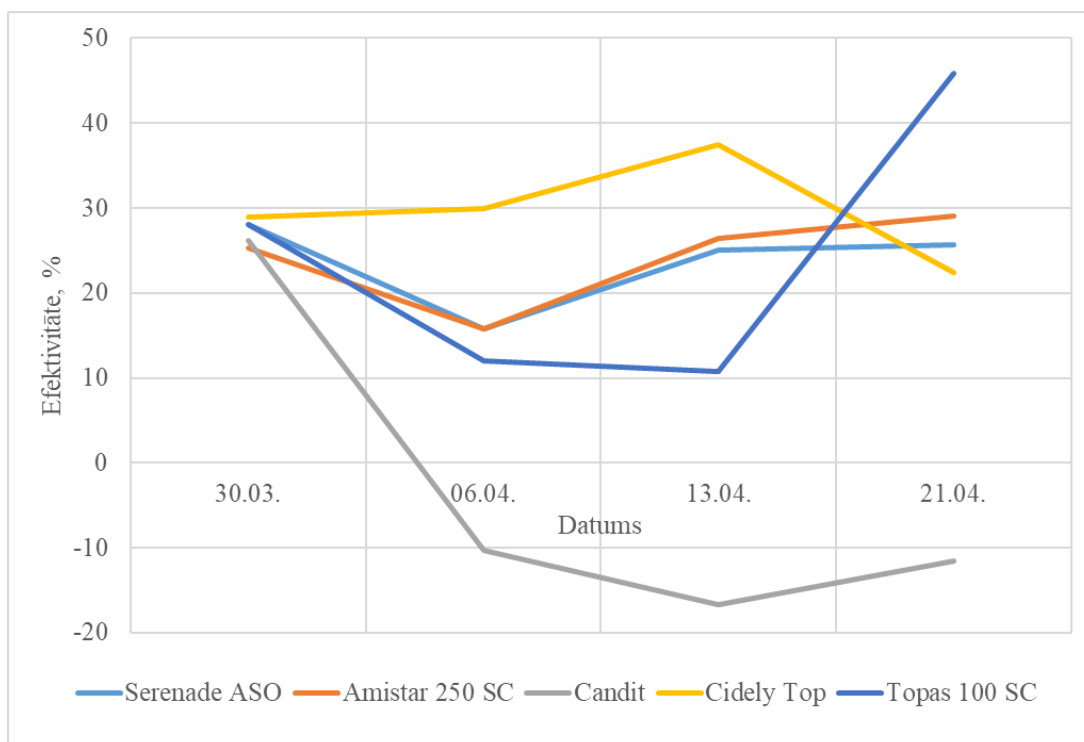
Datums	Pasākums	Piezīmes
22.03.2021	Uzskaitē	Pēc metodikas
22.03.2021	Fungicīdu smidzinājumi	2.-6. variants
30.03.2021	Uzskaitē, atmirušo lapu izlaušana	Pēc metodikas
30.03.2021	Fungicīdu smidzinājumi	2.variants
06.04.2021	Uzskaitē, atmirušo lapu izlaušana	Pēc metodikas
06.04.2021	Fungicīdu smidzinājumi	2.-6. variants
13.04.2021	Uzskaitē, atmirušo lapu izlaušana	Pēc metodikas.
21.04.2021	Uzskaitē, atmirušo lapu izlaušana	Pēc metodikas.

Izmēģinājumu sāka, kad miltrasas izplatība un attīstības pakāpe visos izmēģinājuma variantos bija augsta – 50-67% un 34-37% attiecīgi (skat. 41., 42. attēlos). Tas sakrita ar izmēģinājuma mērķi – noskaidrot Latvijā pieejamo augu aizsardzības līdzekļu efektivitāti, ja tomātu miltrasas ierobežošana uzsākta novēloti jeb slimības attīstības ekstrēmos apstākļos. Šāds mērķis izvēlēts tādēļ, ka tomātu audzētāji bieži vien sūdzas par nepietiekamu pieejamo fungicīdu efektivitāti tomātu miltrasas ierobežošanā. Taču, kā pierādījās novērojumos projekta laikā, bieži vien zemā efektivitāte bija saistīta ar novēlotu augu aizsardzības pasākumu uzsākšanu.

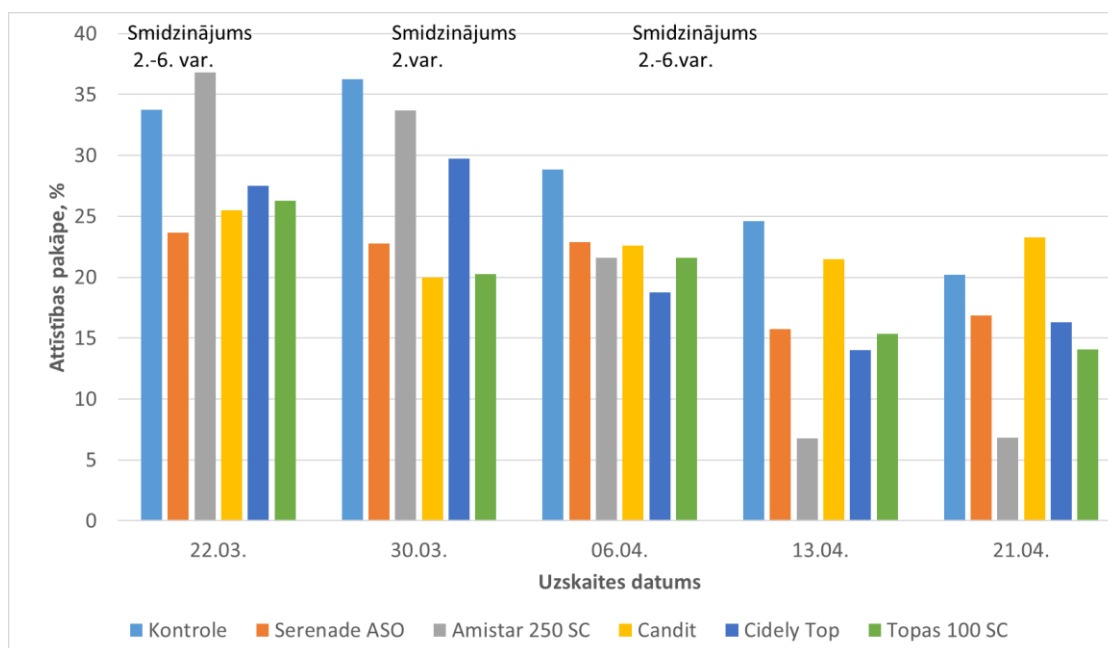
Vienu nedēļu pēc pirmā testējamo produkta smidzinājuma, visos variantos samazinājās tomātu miltrasas izplatība un attīstības pakāpe, salīdzinājumā ar kontroli (skat. 43., 44. attēlos). Smidzinājumu efektivitāte gan nerasniedza pat vidēju līmeni, kā tas jau iepriekš bija prognozējams. Bioloģiskās izcelsmes fungicīda Serenade Aso efektivitāte pēc otrā smidzinājuma nedaudz nokritās, taču pēc trešā smidzinājuma atkal sasniedza iepriekšējo līmeni (25-36%). Pēc otrā smidzinājuma pozitīvu efektivitāti konstatēja 3., 5. un 6. variantā. Variantā, kur smidzinājumu veica ar Candit, efektivitāti, salīdzinājumā ar kontroli, nekonstatēja. Taču, ja salīdzina miltrasas izplatības un attīstības pakāpes izmaiņas šajā variantā, ir redzama slimības attīstības stabilizēšanās.



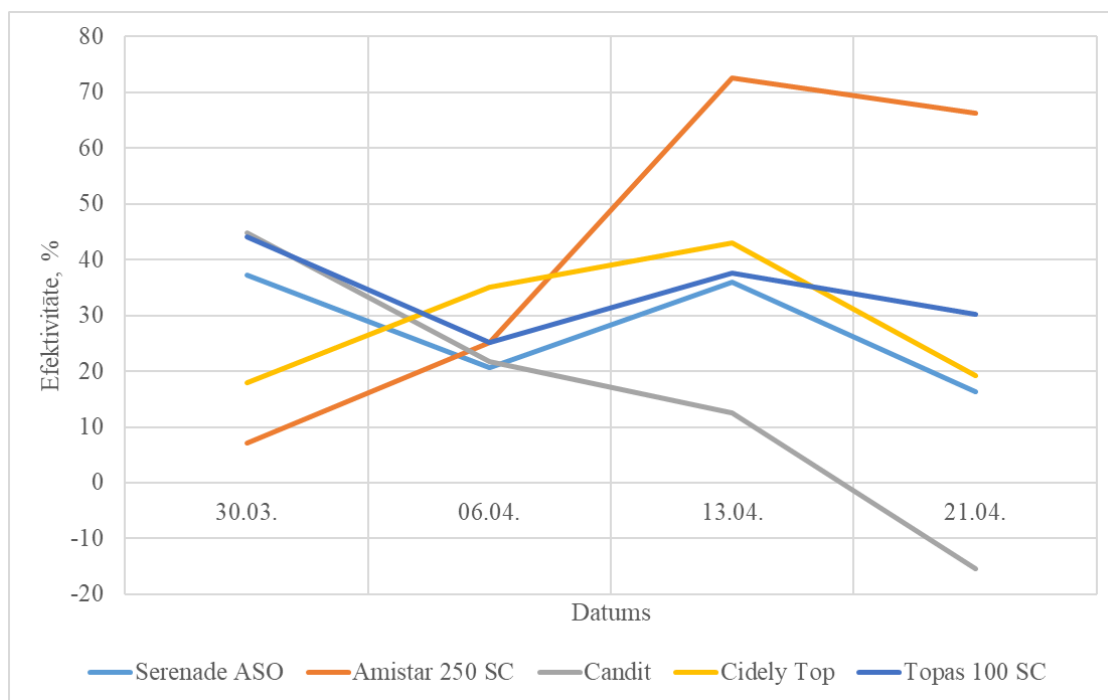
41. attēls. Tomātu miltrasas izplatība dažādos izmēģinājuma variantos.



42. attēls. Testēto produktu efektivitāte tomātu miltrasas izplatības samazināšanā.



43. attēls. Tomātu miltrasas attīstības pakāpe dažādos izmēģinājuma variantos.



44. attēls. Testēto produktu efektivitāte tomātu miltrasas attīstības pakāpes samazināšanā.

Analizējot veiktā eksperimenta datus, kas iegūti, ierobežošanas pasākumus uzsākot novēloti, var secināt, ka visi Latvijā reģistrētie fungicīdi miltrasas ierobežošanai tomātu stādījumos segtajās platībās, spēj bremsēt slimības attīstību arī ekstrēmos apstākļos. Ņemot vērā šo faktu, var secināt, ka tie būs vēl efektīvāki, miltrasas ierobežošanu uzsākot savlaicīgi. Candit lietošanu vajadzētu izvēlēties tieši miltrasas attīstības sākumā. Savukārt izvēloties Cidely Top, kā miltrasas ierobežošanas līdzekli, jāpievērš uzmanība nogaidīšanas laikam līdz ražas novākšanai, kas ir 10 dienas nevis 3 dienās, kā tas ir pārējiem šim nolūkam reģistrētajiem ķīmiskās izcelsmes fungicīdiem.

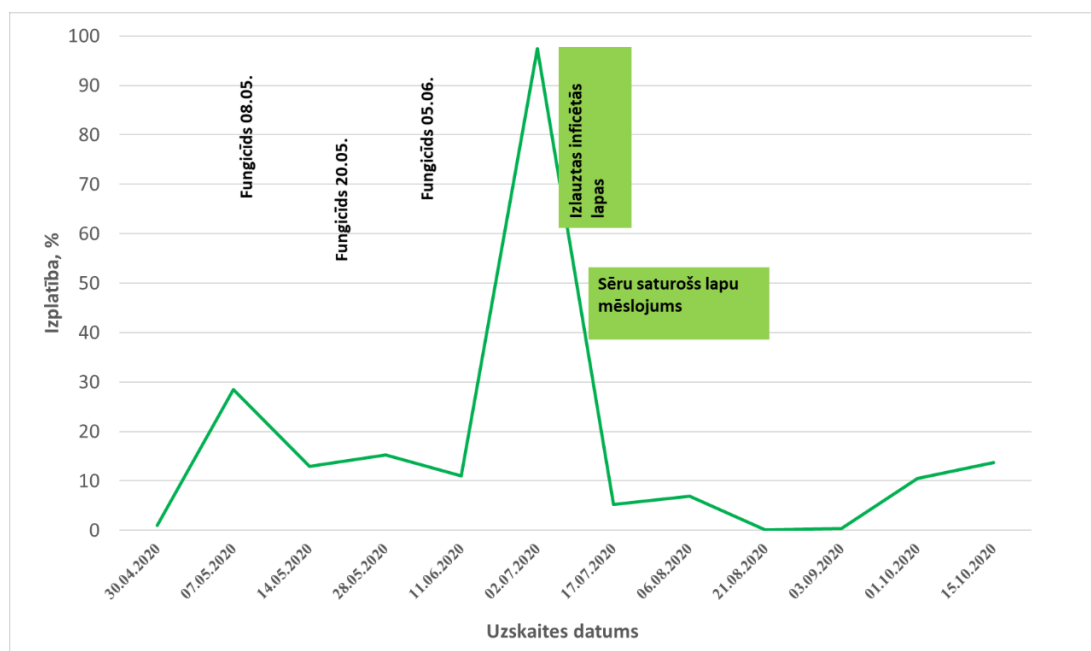
Tomātu miltrasas attīstības dinamika un veikto augu aizsardzības pasākumu efektivitātes novērtējums 2019.–2021. gadā ZS Kliģēni un SIA Getliņi Eko tomātu stādījumos

SIA Getliņi Eko tomātu miltrasas novērojumus visa projekta laikā veica šķirņu ‘Beorange’ un ‘Haiku’ stādījumos. Tomātu miltrasu konstatēja tikai 2019.-2020. gada audzēšanas sezonā šķirnē ‘Beorange’ viena novērojuma laikā 2019. gada novembrī ar nelielu izplatību 3%. Veicot tomātu miltrasas uzskaites divas nedēļas pēc pirmā konstatējuma un turpmāk sezonā, miltrasas pazīmes netika atrastas. Varēja secināt, ka fungicīda smidzinājums bija efektīvi ierobežojis tomātu miltrasas attīstību. Augsto efektivitāti pozitīvi ietekmēja savlaicīga ierobežošanas pasākumu veikšana uzreiz pēc miltrasas pirmo pazīmju parādīšanās. Nākamajā sezonā veica regulārus novērojumus miltrasas konstatēšanai, taču slimības pazīmes nekonstatēja.

ZS Kliģēni tomātu stādījumos 2019. gada sezonā veica tikai divus tomātu miltrasas novērojumus šķirnēs ‘Ladoga’ un ‘Securita’, jo šajā saimniecībā 2019. gada tomātu audzēšanas aprīte noslēdzās oktobra sākumā. Šķirnē ‘Ladoga’ 12.09.2019 bija inficēti 5% lapu, šķirnē

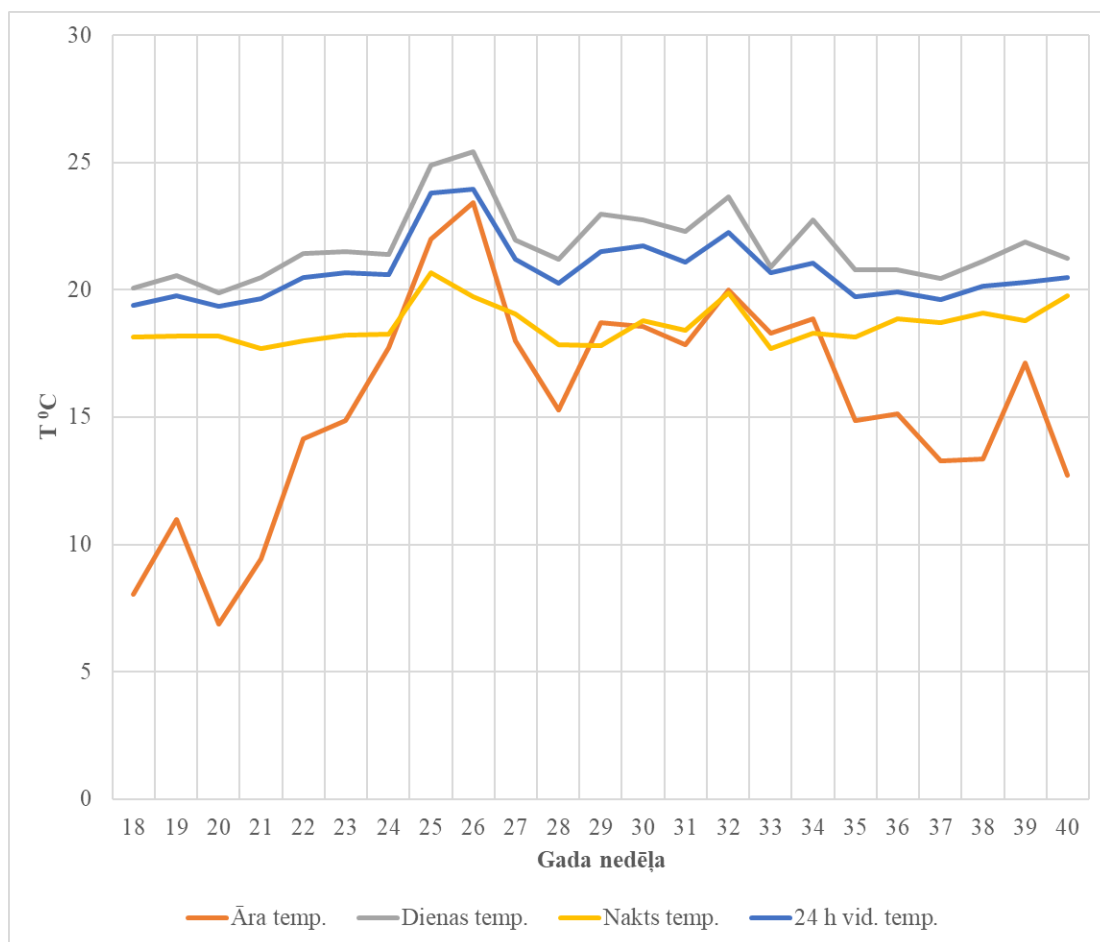
‘Securita’ – 0,5%, savukārt 9. oktobrī miltrasas infekcijas izplatība bija pieaugusi līdz 48.5 un 15% attiecīgi. Miltrasas ierobežošanas pasākumus 2019. gada sezonas noslēgumā saimniecībā neveica, tādēļ pasākumu efektivitātes novērtējums nebija nepieciešams.

2020. gada sezonā ZS Klīgēni tomātu stādījumos veica pavisam 12 miltrasas uzskaites, sākot no slimības pirmo pazīmes konstatēšanas šķirnē ‘Securita’ aprīļa beigās. Līdz tam veica regulārus novērojumus, lai konstatētu slimības pirmās pazīmes. Šķirnes ‘Fuji Mari’ stādījumā 2020. gada sezonā miltrasas pazīmes konstatēja vien uz dažiem augiem pēdējās trīs uzskaišu reizēs sezonas noslēgumā. Savukārt pirmās miltrasas pazīmes šķirnē ‘Securita’ konstatēja 2020. gada aprīļa beigās (deviņas nedēļas pēc tomātu iestādīšanas) un nedēļas laikā slimība izplatība pieauga līdz 28%. Tomātu miltrasas attīstības dinamiku šajā šķirnē 2020. gada sezonā skat. 45. attēlā.



45. attēls. Tomātu miltrasas izplatības dinamika uz tomātu lapām šķirnē ‘Securita’ 2020. gada audzēšanas sezonā un veiktie augu aizsardzības pasākumi.

Miltrasas straujo attīstību, kas bija vērojama, sākot no 11. jūnija līdz jūlija sākumam, var izskaidrot ar gaisa temperatūras, kā faktora, ietekmi. 24. līdz 26. gada nedēļā jeb no 8. līdz 28. jūnijam bija novērojams krass āra gaisa temperatūras pieaugums, pakāpjoties temperatūrai virs +20 °C. Tas ietekmēja arī siltumnīcas iekšējo gaisa temperatūru un, kā redzams, salīdzinot pieminētos laika periodus 45., 46. attēlos, radīja labvēlīgus apstākļus miltrasas attīstībai. Relatīvais gaisa mitrums ZS Klīgēni siltumnīcā šķirnes ‘Securita’ platībā sezonas laikā nepārsniedza 40%. Tas nozīmē, ka miltrasas attīstībai tas nebija labvēlīgs, t.i., nebija nozīmīgs slimības attīstību ietekmējošais faktors 2020. gada audzēšanas sezonā.



46. attēls. Gaisa temperatūras dažādu parametru (āra temperatūra, dienas, nakts un 24 stundu jeb diennakts) vidējās vērtības nedēļā tomātu stādījumā šķirnē ‘Securita’ 2020. gada audzēšanas sezonā.

Miltrasas izplatības līmenis nebija vienmērīgs visā stādījumā. Uzskaites veica piecās rindās, kurās pirmajās konstatēja slimības pazīmes. Tāpēc 45. attēlā redzamais slimības izplatības grafiks neattēlo kopējo situāciju stādījumā, taču uzskaitēs iegūtais datu apjoms ļauj kvalitatīvi novērtēt miltrasas izplatības dinamiku un veikto augu aizsardzības pasākumu efektivitāti (skat. 2. tabulā).

Pirmo fungicīda smidzinājumu Kligēnos veica, kad miltrasas izplatība uzskaitēs iekļautajās tomātu stādījuma rindās bija tuvu 30%. Tas izskaidro pasākuma labo, bet ne augsto efektivitātes līmeni (skat. 2. tabulā), jo slimība bija paspējusi sasniegt agronomiski nozīmīgu izplatības līmeni.

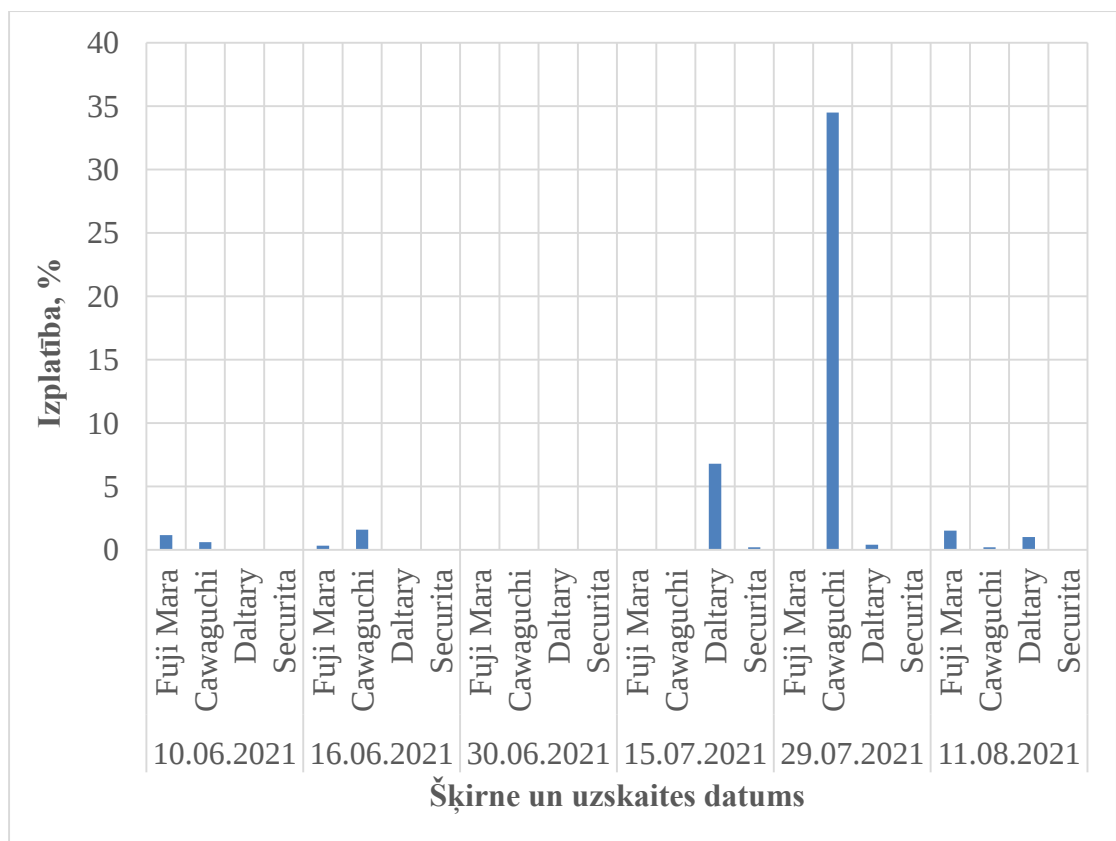
Augu aizsardzības pasākumu efektivitātes novērtējums šķirnes ‘Securita’ stādījumā 2020. gada tomātu audzēšanas sezonā ZS “Kliģēni”.

2. tabula

Veiktais augu aizsardzības pasākums	Datums	Izplatība, %		Efektivitāte, %
		pirms	pēc	
Fungicīda smidzinājums	08.05.2020	28.5	10.5	63.2
Fungicīda smidzinājums	20.05.2021	10.5	15.2	-
Fungicīda smidzinājums	05.06.2020	15.2	11.0	38.2
Inficēto lapu izlaušana + sēru saturoša mēslojuma smidzinājums pa lapām	02.- 17.07.2020	97.5	5.2	94.7
Sēru saturoša mēslojuma smidzinājums pa lapām	06.08.2020	7.0	0.4	94.3

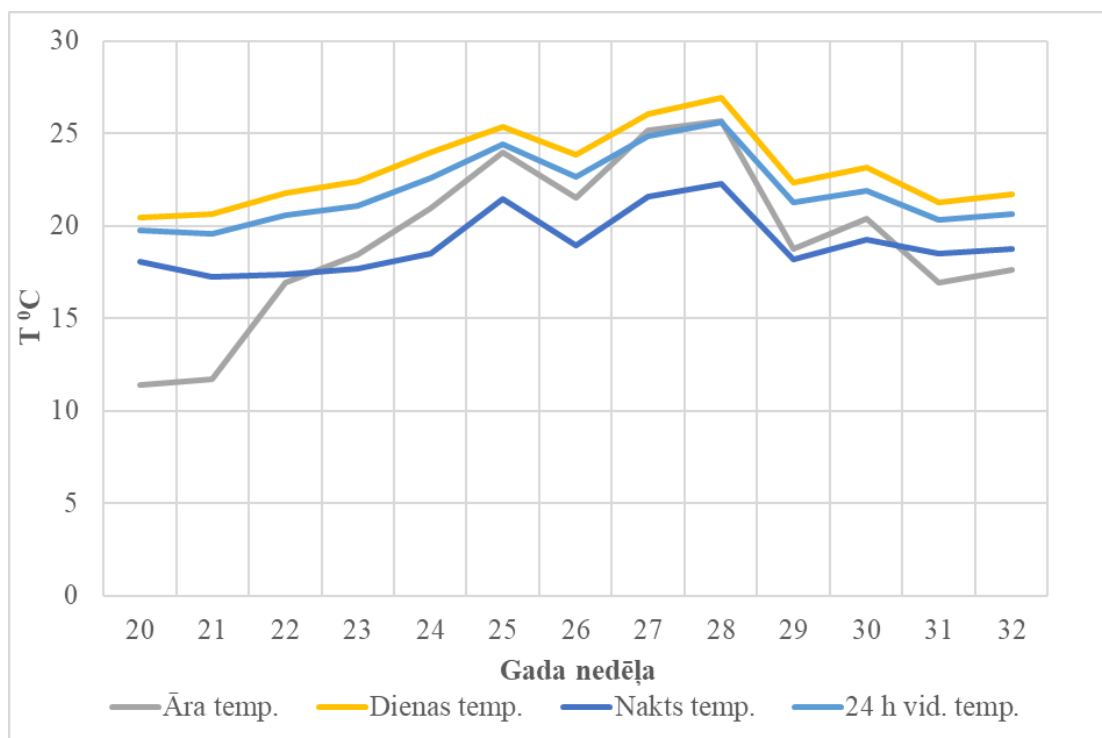
Nākamais fungicīda smidzinājums 20. maijā, spriežot pēc aprēķinu rezultātiem, nebija efektīvs, taču faktiski slimības izplatība bija neliela un izplatības pieaugums neliels, tādēļ efektivitāti nebija iespējams objektīvi novērtēt. Trešais fungicīda smidzinājums nedaudz samazināja infekcijas izplatību. Tādēļ, sākoties straujai slimības izplatībai, tika pieņemts lēmums kombinēt vairākus augu aizsardzības pasākumus – pamatīgi izlauzt inficētās lapas, kombinējot ar sēra mēslojuma smidzinājumu uz lapām, vienlaikus kontrolējot sēra saturu lapās. Šie pasākumi efektīvi samazināja miltrasas izplatību, un noturēja apmierinošā līmenī līdz pat sezonas beigām. Šo pasākumu efektivitāti labvēlīgi ietekmēja arī gaisa temperatūras stabilizēšanās (skat. 46. attēlā datus, sākot ar 28. gada nedēļu).

2021. gada sezonā tomātu miltrasas novērojumus veica šķirņu ‘Fuji Mari’, ‘Cawaguchi’, ‘Daltary’ un ‘Securita’ stādījumos. Salīdzinājumā ar iepriekšējo sezonu, miltrasu konstatēja vēlāk un tikai uz atsevišķiem augiem šķirnēs ‘Fuji Mari’ un ‘Cawaguchi’ 12 nedēļas pēc tomātu iestādīšanas (2020. gadā – 9 nedēļas pēc iestādīšanas), laikā kad nogatavojās pirmie augļi. Pēc sēru saturoša lapu mēslojuma lietošanas 21. maijā, jaunas miltrasas pazīmes uz atsevišķiem augiem parādījās jūnija sākumā. Pēc pirmā fungicīda smidzinājuma miltrasas attīstība turpinājās, taču ļoti lēni. Tātad veiktais pasākums bija efektīvs un pasargāja no straujas slimības izplatības. Sākot ar jūnija otro nedēļu, veica regulāras tomātu miltrasas uzskaites, lai savlaicīgi konstatētu slimības attīstības izmaiņas un varētu pieņemt lēmumu par turpmāku ierobežošanas pasākumu nepieciešamību. Tomātu miltrasas attīstības dinamiku dažādu tomātu šķirņu stādījumos 2021. gadā skat. 47. attēlā.



47. attēls. Tomātu miltrasas izplatības dinamika uz tomātu lapām šķirnēs ‘Fuji Mari’, ‘Cawaguchi’, ‘Daltary’ un ‘Securita’ 2021. gada audzēšanas sezonā ZS Kligēni siltumnīcā.

Lai gan gaisa temperatūra arī 2021. gada sezonā ietekmēja tomātu miltrasas attīstības sākumu un attīstību, tomēr visā 2021. gada novērojumu periodā nozīmīga miltrasas izplatība netika konstatēta, izņemot jūlija beigās, kad slimības izplatība šķirnē ‘Cawaguchi’ sasniedza 34%. Tomātu miltrasas attīstības sākums norisinājās vienlaicīgi ar gaisa temperatūras tuvošanos 20°C atzīmei, un atsevišķie straujas slimības attīstības periodi sakrita ar gaisa temperatūras paaugstināšanos virs 20°C (skat. 47., 48. attēlos).



48. attēls. Gaisa temperatūras dažādu parametru (āra temperatūra, dienas, nakts un 24 stundu jeb diennakts) vidējās vērtības nedēļā 2021. gadā ZS Kliģēni tomātu stādījumos. Paskaidrojums attēlam: 20. nedēļa – 17.-23. maijs; 21. nedēļa – 24.-30. maijs; 22. nedēļa – 31. maijs – 6. jūnijs; 23. nedēļa – 7.-13. jūnijs; 24. nedēļa – 14.-20. jūnijs; 25. nedēļa – 21.-27. jūnijs; 26. nedēļa – 28. jūnijs – 4. jūlijs; 27. nedēļa – 5.-11. jūlijs; 28. nedēļa – 12.-18. jūlijs; 29. nedēļa – 19.-25. jūlijs; 30. nedēļa – 26. jūlijs – 1. augusts; 31. nedēļa – 2.-8. augusts; 31. nedēļa – 9.-15. augusts.

Augsto augu aizsardzības pasākumu efektivitāti (skat. 3. tabulā) labvēlīgi ietekmēja savlaicīgi veiktie pasākumi, uzreiz pēc pirmo tomātu miltrasas pazīmju parādīšanās. Turklāt šajā sezonā, atšķirībā no iepriekšējās sezonas, ZS Kliģēni siltumnīcā bija uzstādīti stacionāri sērotāji, kas darbojās regulāri naktīs.

**Augu aizsardzības pasākumu efektivitātes novērtējums šķirņu ‘Fuji Mari’,
‘Cawaguchi’, ‘Daltary’ un ‘Securita’ stādījumos 2021. gada tomātu audzēšanas sezonā
ZS “Kligēni”.**

3. tabula

Veiktais augu aizsardzības pasākums	Datums	Šķirne	Izplatība, %		Efektivitāte, %
			pirms	pēc	
Sēru saturoša mēslojuma smidzinājums pa lapām	21.05.2021	Visas novērotās	pirmās pazīmes	0	100
Fungicīda smidzinājums	04.06.2021	Visas novērotās	pirmās pazīmes	0	100
Sēru saturoša mēslojuma smidzinājums pa lapām	18.06.2021	‘Fuji Mari’	0.32	0	100
		‘Cawaguchi’	1.6	0	100
Fungicīda smidzinājums	15.07.2021	‘Daltary’	6.8	0.4	94.1
		‘Securita’	0.2	0	100
Fungicīda smidzinājums	29.07.2021	‘Daltary’	0.4	1	-
		‘Cawaguchi’	35.4	0.2	99.4

SECINĀJUMI

1. Tomātu miltrasas, kas konstatēta ZS Kligēni un SIA Getliņi Eko tomātu stādījumos, ierosinātais pieder *Oidium* ģintij.
2. Tomātu miltrasas izplatība un attīstība ZS Kligēni un SIA Getliņi Eko bija atšķirīga. To galvenokārt ietekmēja atšķirīgais mikroklimats šajās siltumnīcās.
3. Gaisa temperatūras režīms siltumnīcā bija viens no galvenajiem tomātu miltrasas attīstību ietekmējošiem faktoriem.
4. Tomātu miltrasas attīstību ietekmējošs faktors ir tomātu šķirne, ko pierādīja atšķirīgā miltrasas sastopamība dažādu tomātu šķirņu stādījumos.
5. Visi šobrīd Latvijā reģistrētie fungicīdi, tajā skaitā bioloģiskas izcelsmes fungicīds, miltrasas ierobežošanai tomātu stādījumos segtajās platībās spēj bremsēt slimības attīstību, ja ierobežošana uzsākta pie augsta slimības attīstības līmeņa. Ņemot vērā šo faktu, var secināt, ka tie būs vēl efektīvāki, miltrasas ierobežošanu uzsākot savlaicīgi.
6. Savlaicīga tomātu miltrasas ierobežošanas uzsākšana uzreiz pēc pirmo pazīmju parādīšanās ir viens no galvenajiem efektivitāti ietekmējošiem faktoriem. Dažādu ierobežošanas metožu (profilaktisku, mehānisku, ķīmisku) kombinēšana ļauj paaugstināt efektivitāti, it īpaši augstas tomātu miltrasas izplatības gadījumā.

**TOMĀTU MILTRASAS IEROBEŽOŠANAS IESPĒJAS UN IETEIKUMI,
PAMATOJOTIES UZ TĀS ATTĪSTĪBAS ĪPATNĪBĀM UN IEGŪTAJIEM
REZULTĀTIEM PROJEKTA LAIKĀ.**

- Izturīgu šķirņu izvēle.
- Regulāru novērojumu veikšana, lai konstatētu slimības pirmo parādīšanos.
- Segtajās platībās miltrasu samērā veiksmīgi var profilaktiski ierobežot, regulējot mikroklimatu, galveno uzmanību, pievēršot gaisa mitruma apstākļiem. Tas nozīmē, ka segtajās platībās vēlams uzturēt tomātiem labvēlīgu gaisa mitrumu (60-65%), neļaujot tam pacelties līdz 80% mitrumam.
- Gaisa temperatūras regulēšana, neļaujot temperatūrai pacelties virs 22⁰C.
- Inficēto lapu izlaušana un iznešana no siltumnīcas.
- Miltrasas sporas var pieķerties darbinieku apģērbam un mehānismiem un tādējādi izplatīties uz veselīgiem augiem. Nepieciešams novērst šādu slimības izplatības iespēju.
- Sēru saturoša mēslojuma lietošana caur tomātu lapām samazinās un ierobežos slimības attīstību. Šeit gan jāievēro, ka sēra devas jāsabalansē ar pārējo barības elementu nepieciešamību. Jāizvairās no lapu apdedzināšanas, tādēļ smidzinājumu ar sēra mēslojumu vajadzētu veikt, kad zema gaismas intensitāte un mērena gaisa temperatūra.
- Latvijas Republikā reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā 2021. gadam ir reģistrēti vairāki fungicīdi miltrasas ierobežošanai tomātos segtajās platībās: Amistar 250 SC (analogi Conclude AZT 250 SC, Mirador 250 C), Candit, Cidely Top, Topas 100 EC un tajā skaitā arī bioloģiskas izcelsmes fungicīds Serenade Aso.
- Vēlams pirmo smidzinājumu slimības ierobežošanai veikt uzreiz pēc miltrasas pirmo pazīmju parādīšanās.

Projekta publicitātes pasākumu īstenošana plašsaziņas līdzekļos.

Par projekta rezultātiem plašsaziņas līdzekļos informāciju snieguši gan zinātniskie, gan ražojošie partneri.

Projekta ievaros veikti šādi publicitātes pasākumi:

Raksti Latvijas Avīzē:

Publikācija 23.07.2020.

Publikācija 05.11.2020.

Publikācija 26.05.2021.

Publikācija 17.08.2021.

Sižeti TV raidījumā “Atspēriens izaugsmei”:

02.08. un 06.08.2020.;

22.11.2020.;

29.05.2021. un 30.05.2021.;

15.08.2021. un 16.08.2021.

Raidījums “Redzes leņķis” Radio SWH:

24.07.2020.;

01.11.2020.;

25.05.2021.;

11.08.2021.

Sagatavots vebinārs plašai interesentu auditorijai “Jaunāko tehnoloģiju iespējas dārzeņu audzēšanas pilnveidošanai siltumnīcās” (19.05.2021.), kurā projekta dalībnieki dalījās ar informāciju par projekta realizācijas laikā iegūtajām atziņām. Pasākums norisinājās ZOOM platformā, tajā piedalījās vairāk kā 50 interesentu.

Pasākuma plakāts un programma:



Vebinārs Jaunāko tehnoloģiju iespējas dārzeņu audzēšanas pilnveidošanai siltumnīcās

Apraksts par pasākumu:

Kādi ir optimāli tomātu un gurķu audzēšanas apstākļi Ziemeļeiropas siltumnīcās? Kā samazināt ražošanas izmaksas un paaugstināt ražas kvalitāti, lai vairotu Latvijā audzētu dārzeņu konkurētspēju? Kā jaunākās dārzeņu audzēšanas tehnoloģijas var palīdzēt agronomiem labāk izprast augus un to vajadzības? Zinātnieki un praktiķi ir apvienojušies īpašā projektā, lai pētītu optimālus augu audzēšanas apstākļus Latvijas siltumnīcās ar dabisko un mākslīgo apgaismojumu. Aicinām ikvienu interesentu piedalīties vebinārā un uzzināt no profesionāļiem par jaunākajiem atklājumiem dārzeņu audzēšanā Latvijā.

Vebinārā piedalīsies:

Dr. biol. Anīta Osvalde,
LU Bioloģijas institūta vadošā pētniece:

Minerālās barošanās nozīme un īpatnības segtajās platībās, ūdens ķīmiskais sastāvs, šķirņu atšķirības, dažādu substrātu raksturojums un izmantošanas iespējas Latvijā.

Mg. sc. env. Jānis Jaško,
LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta "Agrihorts" pētnieks:

Kameņu izmantošana segtajās platībās ziemas periodā.

Mg. agr. Niks Badaukis,
LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta "Agrihorts" pētnieks:

Siltumnīcu baltblusīņa un tās ierobežošana ar dabiskajiem ienaidniekiem.

Mg. agr. Inta Jakobija,
LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta "Agrihorts" pētniece:

Tomātu miltstrasas attīstība un tās ierobežošana siltumnīcās.

Guntars Strauts,
SIA "Getliņi EKO" siltumnīcas vadītājs, diplomēts agronomis:

Kā izprast augus un to vajadzības? Sensori kā palīgs augu precīzās audzēšanas metodei.

Norises laiks:

2021. gada 19.maijs plkst. 10.00 – 11.30

Pasākums notiks ZOOM platformā. Lūdzu reģistrēties šajā saitē: <https://ej.uz/46pn>

Projektu finansē Eiropas Lauksaimniecības fonds lauku attīstībai.

getliņi eko



Dalība zinātniskās konferencēs, sagatavotie un publicētie zinātniskie raksti par projekta rezultātiem

Dalība konferencēs

1. Prezentēts ziņojums LU 79. starptautiskajā zinātniskajā konferencē (03.02.2021., Rīga), Augu bioloģijas sekcijā: A. Osvalde, G. Čekstere, A. Karlsons "Barības elementu nodrošinājuma ietekme uz hidroponikā audzētu tomātu ražu un kvalitāti intensīvas ražošanas apstākļos".
2. Prezentēts ziņojums Starptautiskās zinātniskās dārzkopības biedrības (ISHS) organizētajā konferencē „III International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics: Hydro 2021” (19.03.2021., Limasola, Kipra): G. Čekstere, A. Osvalde, A. Karlsons, G. Strauts "Nutrient status of tomatoes grown in hydroponics during the crop cycle as a factor involved in fruit yield and quality".
3. Prezentēts ziņojums starptautiskā konferencē Biosystems Engineering 2021 (BSE 2021), (05.05.2021., Tartu, Igaunija): A. Osvalde, A. Karlsons, G. Čekstere "Leaf nutrient status of tomatoes in coconut coir medium – differences in varieties, impact on yield and quality".
4. Prezentēts ziņojums starptautiskajā konferencē SGEM 2021 (14.-22. 08.2021. Albena, Bulgārija): A. Osvalde, A. Karlsons, G. Čekstere „Comparison of rockwool and peat substrates for the hydroponic production of greenhouse cucumbers".

Sagatavotie un publicēti zinātniskie raksti izdevumiem, kas indeksēti SCOPUS un WoS datu bāzēs

1. Osvalde, A., Karlsons, A., Čekstere, G. 2021. Leaf nutrient status of tomatoes in coconut coir medium – differences in varieties, impact on yield and quality. Agronomy Research 19(X), xxx–ccc, <https://doi.org/10.15159/AR.21.110>.
2. Čekstere, G., Osvalde, A., Karlsons, A., Strauts, G. 2021. Nutrient status of tomatoes grown in hydroponics during the crop cycle as a factor involved in fruit yield and quality. Acta Hort. 1321, 109-116. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1321.14, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1321.14>.
3. Osvalde, A., Karlsons, A., Čekstere, G. 2021. Comparison of rockwool and peat substrates for the hydroponic production of greenhouse cucumbers. Akceptēts starptautiskās konferences SGEM 2021 rakstu krājumam.

Populārzinātniskie raksti

- Jakobiņa I. 2021. Tomātu miltrasa un tās ierobežošanas paņēmieni. Žurnāls Saimnieks. Augusts'21, Nr. 7 (205), 63.-65. lpp.
- Niks O. 2021. Ar bioloģiskām metodēm pret baltblusiņu. Žurnāls Saimnieks. Jūlijs'21, Nr. 6 (204), 68.-70.lpp.

Secinājumi un nākotnes perspektīva

Projekta ietvaros veikts apjomīgs izpētes darbs gan augu minerālās barošanās, gan augu aizsardzības jomā, sadarbojoties zinātniskajām institūcijām un ražojošām siltumnīcu saimniecībām, ar mērķi noteikt optimālu augšanas apstākļus dārzeņiem izmantojot hidroponikas audzēšanas metodi ar mākslīgo un dabīgo apgaismojumu. Iegūtais plašais datu materiāls ne tikai iztirzāts projekta atskaitē, bet arī apkopots daudzskaitlīgos un kompleksos pielikumos.

Pētījums pierāda, ka izmantojot lapu monitoringa datus un substrātu izvilkumu analīžu rezultātus, iespējams izvērti pieņemt lēmumus par potenciālu barības šķīdumu receptūru izmaiņas nepieciešamību. Audzējot dārzeņus gan mākslīgajā, gan dabīgajā apgaismojumā, tika konstatēta līdzīga nesabalansētība to nodrošinājumā ar mikroelementiem (Mn pārbagātība un Zn deficīts), kas sekmīgi novēršama koriģējot barības šķīduma receptūras. Turpretī tomātu augļu defekti, kas galvenokārt noteica nestandarta produkcijas daļu, bija kardināli atšķirīgi. Ja dabīgajā apgaismojumā un organiskā substrātā audzētiem tomātiem (z/s Kliģēni) kvalitātes problēmas galvenokārt noteica augļu neatbilstība šķirnes vidējam svaram, neregulāra forma un augļu deformācija, kas saistīta ar novirzēm no optimālā mikroklimata siltumnīcā, tad mākslīgajā apgaismojumā un akmens vates substrātā (SIA Getliņi EKO) – tā viennozīmīgi bija ar Ca apgādes traucējumiem saistīta augļu galotnes puve, jeb BER. Balstoties uz pašreizējo zināšanu bāzi vēl nevaram dot skaidras rekomendācijas, lai novērstu šī defekta veidošanos, tāpēc pētījumi minētajā virzienā noteikti turpināmi. Hipotētiski BER veidošanās varētu būt saistīta ar substrāta veida (neorganisks/organisks) un audzēšanas sezonas (ziema/vasara) klimatisko apstākļu ietekmi uz iespējam uzturēt tomātiem optimālu augšanas vides reakciju. Pētījums liecina par būtiski augstāku pH līmeni (≤ 7) akmens vates substrātā, salīdzinājumā ar kokosšķiedras substrātu (pH 6) visā audzēšanas cikla gaitā. Par organiska substrāta labvēlīgo ietekmi vides pH līmeņa uzturēšanā liecina arī eksperiments ar gurķu audzēšanu kūdras substrātā, kad netika konstatēta substrāta pasārmināšanās.

Ražas un tās kvalitātes rādītāji pierāda tomātu šķirņu “Daltary”, “Organza”, “Kivu” un “Securitas” augsto piemērotību komerciālai audzēšanai siltumnīcās bez mākslīgā apgaismojuma kokosšķiedras substrātā, bet “Managua” un “Haiku” – mākslīgajā apgaismojumā akmens vates substrātā.

Līdzīgi kā barības elementu optimāla nodrošināšana augam kļūst arvien precīzāka un uz mērījumu rezultātiem balstīta, arī augu aizsardzībai segtajās platībās arvien vairāk izmanto precīzās tehnoloģijas. Tas attiecas gan uz slimību, gan derīgo kukaiņu un kaitēkļu precīzu uzskaiti un izlaišanu. Lai arī derīgo kukaiņu pielietošana segtajās platībās tiek izmantota jau salīdzinoši ilgu periodu, metodes to uzskaitēi un efektivitātes novērtēšanai joprojām ir aktuāls jautājums audzētājiem. Tāpēc projektā izstrādātās un adaptētās metodes kameņu aktivitātes novērtēšanai un mīkstblakšu plēsonības līmeņa noteikšanai būs labs līdzeklis audzētājiem, lai optimizētu derīgo kukaiņu darbību savās siltumnīcās.

Paplašināsi secinājumi un ieteikumi atbilstoši projekta īstenošanas virzieniem:

Tomātu minerālās barošanās stāvokļa un optimizācijas izpēte siltumnīcā ar mākslīgo apgaismojumu. Tomātu šķirnes 'Beorange', 'Managua' un 'Haiku'

1. SIA Getliņi EKO siltumnīcās pielietotā tomātu audzēšanas tehnoloģija kopumā nodrošina normas robežām atbilstošu makroelementu (N, P, K, Ca, Mg, S) un mikroelementu (Fe, Cu, Mo, B) apgādi lapās tomātu šķirnēm 'Beorange', 'Managua' un 'Haiku' visā audzēšanas ciklā akmens vates substrātā.
2. Lai novērstu nelabvēlīgi augstu Mn uzkrāšanos tomātu lapās, tomātus audzējot hidroponikā akmens vates substrātā, ieteicamā Mn koncentrācija barības šķīdumā: 0.32-0.35 mg/l.
3. Lapu diagnostika liecināja, ka Zn līmeņa paaugstināšana barības šķīdumā līdz 0.8 mg/l nevar pilnībā nodrošināt optimālu Zn saturu tomātu lapās. Kā iespējams risinājums – Zn paaugstināšana barības šķīdumā (potenciāli 1.0 mg/l), foliāru Zn mēslošanas līdzekļu pielietošana. Smidzinājumu lietderība pa auga lapām izvērtējama gan no papildus mitruma, gan stresa līmeņa paaugstināšanas aspekta augam, konkrētos siltumnīcas apstākļos.
4. Lai arī tika konstatēta statistiski būtiska pozitīva korelācija starp Ca un Mg saturu vecākajās lapās un standartam atbilstošu tomātu ražu, savukārt K tika reģistrēta negatīva korelācija, šīs sakarības nebija viennozīmīgas. Tāpēc, lai nodrošinātu K, Ca un Mg sabalansētu apgādi, jāņem vērā šķirņu specifika un, iespējams, jākorrigē K un/vai Mg apgāde augsta Ca nodrošinājuma apstākļos, lai mazinātu augļu defektu (BER) izplatību. Šajā virzienā pētījumi vēl turpināmi.
5. Standarta ražas īpatsvars tomātu šķirnei "Haiku (97.69% un 97.46%), neatkarīgi no barības elementu nodrošinājuma lapās, norāda uz šīs šķirnes augsto piemērotību komerciālai audzēšanai siltumnīcās mākslīgā apgaismojumā akmens vates substrātā.
6. Standarta ražas īpatsvars šķirnei 'Managua' būtiski pieauga no 87.42% 2019.-2020. g. sezonā līdz 95.12% 2020.-2021. g. sezonā. Iespējams, tas saistīts gan ar barības elementu koriģētās (Mn, Zn, K) apgādes, gan ar substrāta maiņas uz Grodan Prestige NG2.0 ar vertikālu šķiedru struktūru, labvēlīgo ietekmi. Šādos pašos apstākļos šķirnei 'Beorange' nestandarta produkcijas daļa, ko noteica galvenokārt BER izplatība, bija gandrīz nemainīgi augsta: 15.61% un 14.21%.
7. Pārbaudot papildus Ca apgādes iespējas tomātu augļu defektu veidošanās novēršanai šķirnei 'Beorange', izmantojot 4 dažādu Ca saturošu mēslošanas līdzekļu (Brexil Duo, Calmax Zero N, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ un CaCl_2) un 1 Ca uzņemšanu veicinoša preparāta (Greenstim) smidzinājumus tieši uz augļiem, tika iegūts negatīvs rezultāts. Nevienam no preparātiem nebija efektīvs Ca satura paaugstināšanā šķirnes 'Beorange' augļos. Arī ražas dati apliecināja šādu smidzinājumu nelietderību rudens-pavasara mēnešos audzējot tomātu šķirni 'Beorange' mākslīgajā apgaismojumā.
8. Ieteicamais pasākumu kopums, lai ierobežotu BER veidošanos: 1) novērst apstākļus, kas veicina ļoti strauju augļu augšanu t.sk. nepieļaut augstas gaismas intensitātes un temperatūras paaugstināšanos, 2) optimizēt Ca uzņemšanu caur saknēm – izvairīties no augstas sāļu koncentrācijas ($<5 \text{ mS/cm}$) un amonija formas N pārbagātības ($<10\%$ no kopējā N) barības šķīdumā, nepieļaut ekstremālu temperatūru ($<14^\circ\text{C}$ vai $>30^\circ\text{C}$) un pārmērīga sausumu sakņu zonā, 3) samazināt lapu: augļu attiecību, lai palielinātu transpirācijas plūsmu uz augļiem.

9. Tā kā nosacījumi un audzēšanas agronomiskie paņēmieni, lai samazinātu BER veidošanos, tika ievēroti un pielietoti Getliņi EKO tomātu siltumnīcās, varam secināt, ka tomātu šķirne 'Beorange' ģenētiski ir BER ieņēmīga. Lai arī 2 pētījuma gados tika atklātas atsevišķas tendences un korelācijas, balstoties uz pašreizējo zināšanu bāzi vēl nevaram dot skaidras rekomendācijas, lai novērstu šī defekta veidošanos. Tādējādi audzējot 'Beorange' rudens/pavasara audzēšanas ciklā mākslīgajā apgaismojumā jārēķinās ar ~ 15% lielu nestandarta produkcijas daļas veidošanos. Pētījumi šajā virzienā neapšaubāmi turpināmi.

Gurķu minerālās barošanās stāvokļa izpēte siltumnīcā ar mākslīgo apgaismojumu. Gurķu šķirne 'Imea'

1. Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti liecināja, ka Getliņi EKO siltumnīcās izmantotā audzēšanas tehnoloģija kopumā optimāli nodrošina barības elementu apgādi gurķiem gada ražošanas cikla abās apritēs, izmantojot pilnu LED mākslīgo apgaismojumu.
2. Tā kā gurķi ir kultūraugs ar augstām kālija prasībām, īpaša uzmanība jāpievērš K saturam gurķu lapās un substrātā ziemas mēnešos 1. aprītes noslēgumā, lai nepieciešamības gadījumā veiktu korekcijas barības šķīdumā, tā nodrošinot optimālu K apgādi visas sezonas laikā.
3. Fe deficīts jaunajās gurķu lapās operatīvi novēršams izmantojot papildus mēslošanu caur lapām ar Fe helātu.
4. Pārbaudot iespēju diversificēt audzēšanas substrātus, iegūta stabili augsta raža un augsta augļu kvalitāte, gurķus audzējot gan akmens vates, gan kūdras substrātos. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka kūdras substrātu ar samazinātu smalko daļiņu proporciju var veiksmīgi izmantot siltumnīcas gurķu rūpnieciskai hidroponiskai ražošanai mākslīgā apgaismojuma apstākļos un augstas ražības šķirņu audzēšanā, bez izmaiņām standarta audzēšanas tehnoloģijā, kas piemērota akmens vates substrātiem. Minētajos apstākļos konstatēta teicama sakņu sistēmas attīstība un izplatība substrātā, kā arī paša substrāta stabilitāte.

Tomātu minerālās barošanās stāvokļa un optimizācijas izpēte siltumnīcā ar dabīgo apgaismojumu. Tomātu šķirnes 'Daltary', 'Organza', 'Fujimaru', 'Securitas' un 'Kivu'

1. Z/s Kliģeni siltumnīcās pielietotā tomātu audzēšanas tehnoloģija vairumā gadījumu nodrošina rekomendēto koncentrāciju robežām atbilstošu makroelementu (N, P, K, Ca, Mg) un mikroelementu (Fe, Cu, Mo, B) apgādi lapās tomātu šķirnēm 'Daltary', 'Organza', 'Fujimaru', 'Securitas' un 'Kivu' audzēšanas ciklā kokosšķiedras substrātā.
2. Tā kā pētījums neatklāja būtiskas negatīvas korelācijas starp S un citu barības elementu saturu jaunās un vecākās tomātu lapās, var secināt, ka palielināta S uzkrāšanās lapās, sasniedzot 1.50% jaunajās un 3,20% vecākajās, neietekmē negatīvi tomātu minerālās barošanās apstākļus kokosšķiedras substrātā.
3. Lai novērstu nelabvēlīgi augstu Mn uzkrāšanos tomātu lapās, tomātus audzējot hidroponikā kokosšķiedras substrātā, ieteicamā Mn koncentrācija barības šķīdumā audzēšanas sezonas laikā: 0.30-0.35 mg/l, ražošanas sezonas beigās Mn koncentrācijai nebūtu ieteicams pārsniegt 0.30 mg/l.
4. Lapu diagnostika liecināja, ka, audzējot tomātus kokosšķiedras substrātā, īpaša uzmanība jāpievērš optimālai Zn apgādei. Ieteicamā Zn koncentrācija barības šķīdumā 0,8-1,0 mg/l.

5. Lai nodrošinātu kopumā pietiekamu Fe saturu tomātu lapās, ieteicamā Fe koncentrācija barības šķīdumā vidēji ≥ 2.4 mg/l.

6. Abos pētījuma gados iegūtie rezultāti identificēja vairākas atšķirības starp tomātu šķirnēm barības elementu saturā lapās. Tā, ķiršu tomātiem "Daltary" bija tendence akumulēt augstākas N, K, Fe, Zn, bet zemāka P koncentrācijas lapās, salīdzinot ar lielāko daļu citu tomātu šķirņu. Kopumā zemākie N, Fe un Cu rādītāji bija vairāk raksturīgi lielaugļu tomātu "Securitas" lapām. Aktīvākā reakcija uz barības šķīdumu sastāva izmaiņām tika konstatēta tomātu šķirnēm "Daltary" un "Fujimaru". Šīs šķirnes efektīvāk uzkrāja papildu Zn un Fe lapās nekā "Organza" un "Securitas".

7. Rezultāti atklāja, ka neatkarīgi no mikroklimata un barības elementu nodrošinājuma lapās, šķirnēm "Daltary", "Organza", "Kivu" un "Securitas" standarta ražas īpatsvars bija tuvu 100% un bija attiecīgi 99.95%, 96.65%, 99.37 un 95.43%. Tas norāda uz šo šķirņu augsto piemērotību komerciālai audzēšanai siltumnīcās bez mākslīgā apgaismojuma kokosšķiedras substrātā.

8. Tomātu defektu izplatība, kā augļa neatbilstība šķirnes vidējam svaram un augļa deformācijas, liecināja, ka šķirne 'Fujimaru' ir jutīgāka pret novirzēm no optimālā mikroklimata siltumnīcā, galvenokārt pavasara mēnešos, kad ražas veidošanās sākumā zemāka 24 stundu vidējā temperatūra un dabīgā apgaismojuma intensitāte.

Kaitēkļu monitorings un derīgo kukaiņu aktivitātes pētījums

1. Kameņu aktivitātes kvantitatīvai uzskaiti veiksmīgi izmantojama projekta vajadzībām pielāgotā metode, kas ļauj fiksēt monitoringa ziedu stāvokli no atvēršanās līdz ražas novākšanai.

2. Kameņu aktivitāti tomātu siltumnīcās būtiski ietekmē apgaismojuma līmenis (gan saules radiācija, gan saules radiācija kopā ar mākslīgo apgaismojumu). Starp abiem šiem parametriem pastāv statistiski būtiska cieša korelācija.

3. Nav konstatēta sakarība starp kameņu lidošanas aktivitāti un siltumnīcās izvietoto kameņu saimju skaitu. Ja siltumnīcās izvieto vairāk kameņu saimes nekā nepieciešams, kameņu lidošanas un ziedu apmeklēšanas intensitāte nepieaug.

4. Projekta ietvaros izstrādātā metode mīkstblakšu plēsonības noteikšanai ir veiksmīgi izmantojama, lai novērtētu populācijas lielumu un pieņemtu lēmumu par nepieciešamību izlaist siltumnīcā papildus mīkstblaktis.

5. Ne saules radiācijas līmenis, ne mākslīgā apgaismojuma līmenis būtiski neietekmē plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti tomātu siltumnīcās.

6. Pagaidām nevar viennozīmīgi apgalvot, vai pastāv būtiskas sakarības starp kameņu lidošanas aktivitāti un siltumnīcās gaisa temperatūru (1), starp kameņu lidošanas aktivitāti un tomātu augļu aizmešanās intensitāti un augļu kvalitāti (2) un starp plēsīgo mīkstblakšu aktivitāti un siltumnīcās gaisa temperatūru (3). Dažādos pētījuma gados un vietās tika iegūti savstarpēji pretrunīgi rezultāti, tāpēc šo jautājumu noskaidrošanai ir nepieciešami papildus pētījumi.

Slimību monitorings un ierobežošanas paņēmieni efektivitātes pētījums

1. Konstatēta atšķirīga tomātu miltrasas (ierosinātājs pieder *Oidium* ģintij) izplatība un attīstība ZS Kligēni un SIA Getliņi Eko. To galvenokārt ietekmēja atšķirīgais mikroklimats šajās siltumnīcās.

2. Gaisa temperatūras režīms siltumnīcā un audzētā tomātu šķirne bija vieni no galvenajiem tomātu miltrasas attīstību ietekmējošiem faktoriem.

3. Visi šobrīd Latvijā reģistrētie fungicīdi, tajā skaitā bioloģiskas izcelsmes fungicīds, miltrasas ierobežošanai tomātu stādījumos segtajās platībās spēj bremsēt slimības attīstību, ja ierobežošana uzsākta pie augsta slimības attīstības līmeņa.

4. Savlaicīga tomātu miltrasas ierobežošanas uzsākšana uzreiz pēc pirmo pazīmju parādīšanās ir viens no galvenajiem efektivitāti ietekmējošiem faktoriem. Dažādu ierobežošanas metožu (profilaktisku, mehānisku, ķīmisku) kombinēšana ļauj paaugstināt efektivitāti, it īpaši augstas tomātu miltrasas izplatības gadījumā.

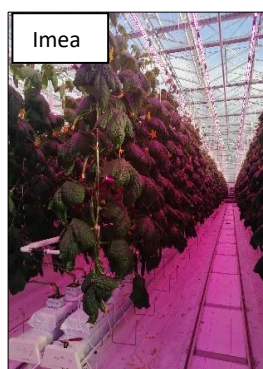
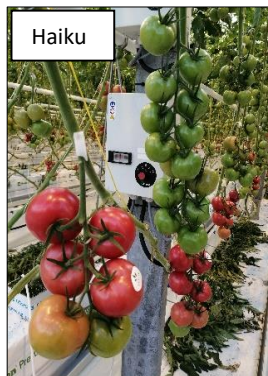
5. Ieteikumi tomātu miltrasas ierobežošanai:

- Izturīgu šķirņu izvēle.
- Regulāru novērojumu veikšana, lai konstatētu slimības pirmo parādīšanos.
- Mikroklimata noregulēšana, galveno uzmanību, pievēršot gaisa mitruma apstākļiem. Tas nozīmē, ka segtajās platībās vēlams uzturēt tomātiem labvēlīgu gaisa mitrumu (60-65%), neļaujot tam pacelties līdz 80% mitrumam.
- Gaisa temperatūras regulēšana, neļaujot temperatūrai pacelties virs 22°C.
- Inficēto lapu izlaušana un iznešana no siltumnīcas.
- Tā kā miltrasas sporas var pieķerties darbinieku apģērbam un mehānismiem un tādējādi izplatīties uz veselīgiem augiem, nepieciešams novērst šādu slimības izplatības iespēju.
- Sēru saturoša mēslojuma lietošana caur tomātu lapām. Šeit gan jāievēro, ka sēra devas jāsabalansē ar pārējo barības elementu nepieciešamību. Jāizvairās no lapu apdedzināšanas, tādēļ smidzinājumu ar sēra mēslojumu vajadzētu veikt, kad zema gaismas intensitāte un mērena gaisa temperatūra.
- Latvijas Republikā reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā 2021. gadam ir reģistrēti vairāki fungicīdi miltrasas ierobežošanai tomātos segtajās platībās: Amistar 250 SC (analogi Conclude AZT 250 SC, Mirador 250 C), Candit, Cidely Top, Topas 100 EC un tajā skaitā arī bioloģiskas izcelsmes fungicīds Serenade Aso.
- Vēlams pirmo smidzinājumu slimības ierobežošanai veikt uzreiz pēc miltrasas pirmo pazīmju parādīšanās.

Projektu uzsākot 2019. gadā.



SIA Getliņi EKO



z/s Klīģeni

