

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĶĪMIJAS FAKULTĀTE

**PELNU IETEKME UZ ELEMENTU SATURU
GURĶU AUGOS (CUCUMIS SATIVUS)
BAKALaura DARBS**

Autors: **Daniels Kļaviņš**

Studenta apliecības Nr.: dk18016

Darba vadītāji: pētnieks Mg. Chem. Māris Bērtiņš

RĪGA
2021

ANOTĀCIJA

Pelnu ietekme uz elementu saturu gurķu augos (*Cucumis Sativus*). Kļaviņš D., zinātniskais vadītājs Mg. Chem. Bērtiņš M. Bakalaura darbs, 41 lappuse, 31 attēls, 4 tabulas, 34 literatūras avoti. Latviešu valodā.

Darbā tika veikta gurķu stādu audzēšana kūdrā ar pelnu mēslojumu un bez tā. Paraugu sagatavošanai izmantoja slapjo mikroviļņu mineralizāciju. Makroelementu un mikroelementu koncentrācijas noteikšana tika veikta, izmantojot induktīvi saistītas plazmas masspektometrija.

ICP-MS, MIKROVIĻŅU MINERALIZĀCIJA, MAKROELEMENTI, MIKROELEMENTI, PELNI, PELNU SATURS, KŪDRA, GURĶU STĀDI, CUCUMIS SATIVUS.

ABSTRACT

Ash effect on element content in cucumber plants (*Cucumis Sativus*). Kļaviņš D., supervisor Mg. Chem. Bērtiņš M. Bachelor's thesis, 41 pages, 31 figures, 4 tables, 34 literature references. In Latvian.

Cucumber seedlings were grown in peat with and without ash fertilizer. Wet microwave mineralization was used for sample preparation. Determination of macronutrient and micronutrient concentrations was performed using inductively coupled plasma mass spectrometry.

ICP-MS, MICROWAVE MINERALIZATION, MACROELEMENTS, TRACE ELEMENTS, ASH, ASH CONTENT, PEAT, CUCUMBER PLANTS, CUCUMIS SATIVUS.

SATURS

SAĪSINĀJUMI	6
IEVADS	7
1. LITERATŪRAS APSKATS	9
1.1. Koksnes pelnu raksturojums.....	9
1.1.1. Pelnu utilizācija Latvijā	9
1.1.2. Pelnu izmatošana lauksaimniecībā	10
1.2. Elementu aprīte (elementu plūsmas)	10
1.3. <i>Cucumis sativus</i> raksturojums	11
1.3.1. Augsnes pH ietekme uz gurķu stādiem.....	11
1.3.2. Mikroelementu deficīta ietekme uz gurķu stādiem.....	12
1.3.3. Makroelementu deficīta ietekme uz gurķu stādiem.....	12
1.3.4. Gurķa šķirne Merengue F1	12
1.4. Gurķiem izplatītas slimības	12
1.4.1. <i>Ervinia tracheiphilla</i> – bakteriālā vīte.....	13
1.4.2. <i>Colletotrichum lagenarium</i> – ķirbju iedega	13
1.5. Gurķu audzēšanas alternatīvas	13
1.5.1. Gurķu stādu audzēšana uz kūdras substrāta.....	14
1.6. Augsnes pH noteikšana	14
1.7. Paraugu sagatavošanas metodes	14
1.7.1. Sausā mineralizācija	14
1.7.2. Slapjā mineralizācija.....	14
1.7.3. Mineralizācija ar mikroviļņu enerģiju	15
1.8. Elementu analīzes metodes.....	16
1.8.1. ICP-OES	16

1.8.2. Induktīvi saistītās plazmas masspektometrija ICP-MS	16
1.8.3. Augstas tīrības ūdens	17
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	19
2.1. Izmantotā aparātūra un reaģenti	19
2.2. Paraugu sagatavošana	20
2.3. Mikro- un makro elementu noteikšana ar ICP-MS	20
3. REZULTĀTU ANALĪZE	21
3.1. Gurķu stādu kopējais izvērtējums	21
3.2. Mikro un makroelementu daudzums augsnē, kūdrā un pelnos	24
3.3. Mikro un makroelementu daudzums gurķu stādu paraugos	26
3.4. Pelnu ietekmes uz gurķu stādu audzēšanu kūdrā kopsavilkums	32
SECINĀJUMI	33
LITERATŪRAS SARAKSTS	34
PIELIKUMI.....	37

SAĪSINĀJUMI

ICP-MS – Induktīvi saistītās plazmas masspektometrija

ICP-OES – Induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometrija

ppm – daļas uz miljonu

ppt – daļas uz triljonu

IEVADS

Gurķi ir populārs auglis, un to izcelsme meklējama Dienvidāzijā, bet kulinārijā tos izmanto visā pasaulē, gan svaigā veidā gan marinētā, lai nodrošinātu cilvēkus ar visām organismam nepieciešamajām barības vielām. Ik gadu pasaulē tiek saražots 88 miljoni tonnu gurķu, tai skaitā 7250 tonnas Latvijā.¹ Tropu un subtropu platumu grādos gurķi tiek audzēti klajā laukā, bet mērenajā joslā tie tiek audzēti siltumnīcās. Pie tam gurķu audzēšanai un realizēšanai ir būtiska loma Latvijas, kā arī citu valstu, lauku reģionu attīstībā, nodrošinot darba vietas un sekmējot ekonomiku.²

Gurķu stādi bieži cieš no dažādām slimībām, kā piemēram Bakteriālo vīti, ko izraisa *Ervinia tracheiphilla*, kas Amerikas savienoto valstu austrumu daļā ir vainojama pie 80% ķirbju dzimtas augu pārstāvju bojāejas gadījumiem³, un ķirbju iedegu, ko izraisa *Colletotrichum lagenarium*, un ar kuru ir reģistrētas ap 40 inficētu sugu.⁴

Ražotājiem ir nepieciešams samazināt izdevumus, saglabāt dabas resursus un samazināt ietekmi uz apkārtējo vidi, nezaudējot ražīgumu un ražas kvalitāti. To iespējams sasniegt ar pareizu mēslošanas plānošanu.⁵ Kā arī ņemot vērā iepriekš apskatīto slimību izplatību, ikgadējo ražotājiem nodarīto zaudējumu apjomu un šo slimību spēju pārziemot augsnē ir vērts apsvērt gurķu stādu audzēšanu hidroponikā vai izmatot kūdras substrātu, ko atšķirībā no augsnes ir iespējams viegli nomainīt katru gadu, lai izvairītos no jaunās sezonas stādu inficēšanas ar šīm slimībām, kas spējīgas pārziemot.

Darba mērķis:

Novērtēt dažādu elementu koncentrācijas izmaiņas gurķos (gurķu augā), kas auguši ar pelniem mēsloātā kūdras substrātā.

Hipoteze:

Audzējot gurķu stādus uz kūdras substrāta, to attīstību labvēlīgi ietekmēs pelnu mēslojums.

Darba uzdevumi:

1. Izdiedzēt gurķu stādus parastā augsnē un augsnē, kura mēslota ar pelniem.
2. Veikt augsnes paraugu un izdiedzēto gurķu stādiņu paraugu sagatavošanu (žāvēšana, sadalīšana, mikroviļņu mineralizācija).
3. Veikt sagatavoto paraugu analīzi ar induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas (ICP-MS) metodi
4. Veikt iegūto rezultātu apstrādi
5. Izvērtēt un salīdzināt iegūtos rezultātus

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Koksnes pelnu raksturojums

Pelni ir neorganiskas un organiskās atliekas pēc koksnes vai koksnes šķiedru sadegšanas. Koksnes pelnu fizikālas un ķīmiskās īpašības krasi atšķiras atkarībā no vairākiem faktoriem. Kad pelni tiek radīti industriālos apstākļos, sadegšanas temperatūrai, koksnes tīrībai, izcelsmes vietai un pašam sadegšanas procesam var būt liela ietekme uz to īpašībām. Piemēram pelnu daudzums samazinās palielinoties degšanas temperatūrai.⁶

Lapu koku koksnes degšanas procesā parasti rodas vairāk pelnu nekā skuju koku, kā arī stumbra miza un koka lapas rada lielāku pelnu atlikumu kā koka iekšējās koksnes degšana. Vidēji koksnes degšanas procesā rodas 6-10% pelnu. Koksnes pelnu sastāvs var krasi atšķirties atkarībā no ģeogrāfiskās atrašanās vietas un degšanas procesa izvēles. Tas padara koksnes pelnu testēšanu īpaši svarīgu.⁷

Pelnos esošo makroelementu daudzumus visbiežāk var sarindot šādā dilstošā secībā $Ca > C > K > Mg > P > S > N$, kaut gan 1 tonnā pelnu var būt pat 302 kg kalcija, bet tikai 6 kg slāpekļa. Smago metālu sastāvs pelnos parasti ir zems un nepārsniedz pieļaujamās vērtības.⁸

1.1.1. Pelnu utilizācija Latvijā

Koksnes apstrādes rūpnīcās, kā piemēram papīra ražotnēs, kokzāģētavās un koģenerācijas stacijās tiek sadedzināti lieli daudzumi koksnes atlieku, kas rada lielu daudzumu pelnu un tie kļūst par lielu cieto atkritumu utilizācijas problēmu. Šobrīd lielākā daļa rūpnieciski iegūto pelnu nonāk poligonos.⁹

Daudzās valstīs arī Latvijā tiek izskatītas pelnu utilizācijas iespējas, kā piemēram to izmantošana kā lauksaimniecības vai mežsaimniecības mēslojumu, lai veicinātu kultūraugu un koku augšanu jaunaudzēs. Tā pat arī iespējams tos izmantot būvniecībā kā piedevu cementam, betonam vai asfaltbetonam, kā arī ceļu būvniecībā kā pildvielu vai saistvielu. Portlandcimenta ražošanā iespējams izmantot tīras koksnes pelnus, kas daļēji spēj aizstāt izejvielas, jo tie satur CaO , SiO_2 , Al_2O_3 un Fe_2O_3 .

Pelnu izmantošanas standartizācija ir apgrūtināta, jo kurināmā kvalitāte un degšanas apstākļi var ļoti atšķirties.¹⁰

1.1.2. Pelnu izmatošana lauksaimniecībā

Pelni ir bāzisks materiāls ar pH vērtību robežās no 8 līdz 13. Tie satur mikro un makroelementus, ko koks ir uzņēmis no augsnes.⁹ Parasti koksnes pelni satur relatīvi lielu kalcija karbonāta un kalcija oksīda daudzumu, kas sadegšanas procesos rodas no koksne esošajiem makroelementiem. Dēļ augstā kalcija savienojumu satura pelnos to ir iespējams izmantot kā kaļķošanas līdzekli, lai novērstu augsnes paskābināšanos.¹¹ Izmantojamo pelnu daudzumu uz vienu hektāru zemes prasti nosaka kalcija karbonāta ekvivalentās vienības pelnos un augsnes skābums.⁹ Pelnos arī mēdz būt fosfora un slāpekļa savienojumi, kas var tikt izmantoti kā šo makro elementu avoti. Pelni, kas tiek uzskatīti par visvērtīgākajiem lauksaimniecībā, parasti ir ar lapu koku izcelsmi.⁸

Lauksaimniecības zemju apstrāde ar pelniem var būt droša un ekonomiska, alternatīva to nodošanai izgāztuvēs un poligonos, pieņemot, ka transporta izdevumi līdz lauksaimniecības zemēm ir mazāki, kā to nodošana izgāztuvēs.⁹

1.2. Elementu aprīte (elementu plūsmas)

Augi ir pieticīgi organismi, to pamatvajadzības dzīvošanai pamatā apmierina gaisma, CO₂ un ūdens, ko papildina uzņemtie minerāli no augsnes. Makroelementi, kas nepieciešami salīdzinoši lielos daudzumos, ir slāpekļis (N), kālijs (K), sērs (S), fosfors (P), magnijs (Mg) un kalcijs (Ca). Zināšanas, par augiem nepieciešamajām barības vielām – makroelementiem, ir radījušas lielu izaugsmi lauksaimniecības pārtikas ražošanā un liela daļa zemkopju Dienvidēiropā un ASV regulāri izmanto N, P, K mēslojumus. Bet neskatoties uz to barības vielu nepietiekamību ir regulāri novērojama mēsłotos laukos, jo augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības var radīt samazinātu makroelementu absorbēšanu un mobilitāti vai makroelementu zudumu.

Lai uzņemtu makroelementus un tos novirzītu un attiecīgajām šūnu daļām, vai pat audu grupām, augi izmanto transporta proteīnus, kas ir atšķirīgi ne tikai ar to, kuros audos un membrānās tie darbojas, bet arī ar savu specifitāti. Transporta proteīnu dažādība dod iespēju augam izmantot atbilstošākos transporta proteīnus atkarībā no apstākļiem.¹²

1.3. *Cucumis sativus* raksturojums

Gurķu izcelsme meklējama Dienvidāzijā, kur novērojama liela šīs dzimtas pārstāvju dažādība. Gurķi tiek kultivēti jau 3000 gadus un Eiropu ar tiem vistīcāmāk iepazīstināja senie grieķi vai romieši. Vēsturiskos avotos par gurķu audzēšanu Francijā runā jau 9. gadsimtā un Anglijā 14. gadsimtā.^{2,13}

Cucumis sativus ir viengadīgs, ložņājošs augs, kas garumā var sasniegt līdz pat 2 metru garumu. Tas ir plaši audzēts ķirbju dzimtas augs, kura augļus plaši izmanto kulinārijā. Augam ir lielas lapas, kas veido augļa lapotni. Gurķa augļi ir gan gandrīz cilindriski, gan iegareni ar konusveida galiem, un var būt pat līdz 60 cm gari. Gurķi ir siltās sezonas augs, tie aug tropu un subtropu klimatos, mērenajā joslā tie tiek audzēti siltumnīcās.^{2,13}

Gurķi labi uzņem barības vielas, bet to saknes var viegli tikt bojātas no liela mēslojuma daudzuma, vai mēslojuma nevienmērīgas pieejamības. Nesabalansēta barības vielu pieejamība var izraisīt pārlietu lielu zaļās masas augšanu augā, kas nelabvēlīgi iespaido ražu. No otras puses nevēlami apstākļi kā augsts pH, liels daudzums CaCO₃ un nevēlama augsnes iedarbība ar mikro un makroelementiem var ietekmēt dažu barības vielu pieejamību saknēm. Mehānismi, kas kontrolē auga spēju uzņemt mikroelementus, bieži ir atkarīgi no augsnes tekstūras, pH, katjonu apmaiņas kapacitātes, CaCO₃, organiskām vielām, māla daudzuma, auga sugas un tās barības vielu prasībām.^{14,5}

1.3.1. Augsnes pH ietekme uz gurķu stādiem

Lielākā augu barības vielu uzņemšanas spēja ir novērota augsnes pH robežas no 5,5 līdz 6,5. Ja pH ir lielāks par 7, tas samazina fosfora un mikroelementu šķīdību, bet ļoti skābs pH rada toksisku ietekmi saistībā ar mikroelementiem, it īpaši Mn un Al. Augsnes pH ir būtiska ietekme uz Fe, Mn, Zn un Cu pieejamību. Ca un Mg ir mazāk pieejami skābās augsnēs, kamēr Fe, Mn un Zn ir mazāk pieejami bāziskās augsnēs.¹⁴

Bāziskās augsnēs liels hidrogēnkarbonātu daudzums palielina augsnes pH un samazina mikroelementu koncentrāciju augsnes šķīdumā un kavē Fe, Zn, Mn, Cu un P plūsmu no saknēm uz kātiem un no kātiem uz lapām.¹⁴

1.3.2. Mikroelementu deficīta ietekme uz gurķu stādiem

Mikroelementiem ir nozīmīga loma auga metabolisma oksidēšanas un reducēšanās procesos un citās svarīgās augu šūnu aktivitātēs veidojot koenzīmus. Mikroelementu trūkums nopietni ietekmē auga šūnu metabolismu, radot problēmas auga augšanā un ražas apjomā.¹⁴

1.3.3. Makroelementu deficīta ietekme uz gurķu stādiem

Ca trūkums gurķu stādā sākotnēji novērojams uz jaunām lapām, kā izkaisīti dzelteni plankumi vai krāsas trūkums, hlorofila trūkuma dēļ, kas turpinās līdz ir novērojamas mirušas šūnas lapā. Mg trūkums novērojams uz vidēji nobriedušām lapām kā izbalējis lapas centrs, kas beigās noved pie mirušām šūnām lapā. K trūkums novērojams uz vidēji nobriedušām lapām kā dzeltenas lapas malas, kas progresē līdz novērojams hlorofila trūkums visā lapā. P trūkums novērojams uz vidēji nobriedušām un vecākām lapām kā izkaisīti hlorofila trūkuma plankumi. N trūkuma gadījumā novēro raksturīgās zaļās krāsas trūkumu visā augā un ievērojamu augšanas ātruma samazināšanos.⁵

1.3.4. Gurķa šķirne Merengue F1

Gurķa šķirne Merengue F1 ir jauna pašapputes hibrīd šķirne, ko radījuši holandiešu selekcionāri. Augs ir garš ar vairākiem augļu ķekariem. Gurķa izmēri parasti ir 10-14cm ar diametru 3-4cm, svars 80-100g. Augsnei priekš šo gurķu audzēšanas jābūt irdenai, lai tā labi absorbētu ūdeni, un ar zemu augsnes skābumu.

1.4. Gurķiem izplatītas slimības

Augu slimības ir kopējs drauds ražošanas kvalitātei un apjomam visās lauksaimniecības nozarēs un to apkarošana un nodarītais posts sastāda daļu no ražošanas izmaksām. Dati liecina, ka augu slimības vainojamas pie vismaz 10% samazinājuma globālajā pārtikas rūpniecībā. Ražotājiem gurķu audzēšanā bieži sanāk saskarties ar augu slimībām, kā arī ar tādām, kas spēj pārziemot augsnē vai augu atliekās.¹⁵

1.4.1. *Ervinia tracheiphilla* – bakteriālā vīte

Bakteriālo vīti izraisa *Ervinia tracheiphilla*, tā sastopama Ziemeļamerikā, Eiropā, Dienvidāfrikā un Japānā. Bakteriālo vīti Amerikas savienoto valstu austrumu daļa uzskata par visbīstamāko ķirbju dzimtas pārstāvjiem, tā vainojama 80% ķirbju dzimtas pārstāvju bojāejas gadījumos. Bakteriālā vīte var inficēt augu jebkurā sezonas laikā, taču jauniem augiem pastāv lielāks epidēmijas risks, jo tie ir uzņēmīgāki pret slimību kā citi augi. Augi inficēti ar bakteriālo vīti dzeltē un paliek brūni, izkalst dienas laikā, līdz izzūst pilnībā.³

Augi visbiežāk tiek inficēti caur ievainojumiem, kodumiem no “gurķu vabolēm”, kas barojas no ķirbju dzimtas augiem. Pastāv tieša sakarība starp vaboļu populācijas lieluma un inficēto augu skaitu. *E. Tracheiphilla* izdzīvo šo vaboļu barības kanālā, augsnē tā nevar izdzīvot ne ilgāk kā 2-3 mēnešus. Vaboļu kāpuri pārziemo augsnē, un pavasarī 7-11% jauno vaboļu ir inficētas.³

1.4.2. *Colletotrichum lagenarium*– ķirbju iedega

Ķirbju iedegu izraisa *Colletotrichum lagenarium*, tā ir plaši sastopama visā pasaulē, gadījumi ir reģistrēti Āzijā, Āfrikā, Ziemeļamerikā, Dienvidamerikā, Centrālamerikā, Eiropa un Okeānijā. Ir reģistrētas ap 40 sugu kuru šī sēnīte inficē un īpaši ierobežo gurķu stādu attīstību.⁴

Ķirbju iedega skar, gan siltumnīcās audzētus gurķus, gan klajā laukā audzētus. Tā izplatās ar sporu palīdzību, kad sporas sāk attīstīties uz auga virsmas, tā sāk veidot speciālas invāzijas struktūras, ar kuru palīdzību tā nokļūst auga šūnās. Iedega ietekmē visas auga daļas, bet parasti parādās uz auga lapu dzīslējuma kā bāls mitrs pleķis, kas attīstās līdz 1 cm diametram, un kļūst par brūngani sarkanu apdegumu. Šie apdegumi pietiekošā daudzumā spēj iznīcināt auga lapas, un līdz ar to samazinās auga ražīgums.¹⁶ *C. lagenarium* ir patogēns, kas spēj pārziemt augu atliekās un arī augsnē.¹⁷

1.5. Gurķu audzēšanas alternatīvas

Ražotājiem ir nepieciešams samazināt izdevumus, saglabāt dabas resursus un samazināt ietekmi uz apkārtējo vidi, nezaudējot ražīgumu un ražas kvalitāti. To iespējams sasniegt ar pareizu mēslošanas plānošanu.⁵ Kā arī ņemot vērā iepriekš apskatīto slimību izplatību, ikgadējo ražotājiem nodarīto zaudējumu apjomu un šo slimību spēju ir pārziemt augsnē ir vērts apsvērt gurķu stādu

audzēšanu hidroponikā vai izmatot kūdras substrātu, ko atšķirībā no augsnes ir viegli iespējams nomainīt katru gadu.

1.5.1. Gurķu stādu audzēšana uz kūdras substrāta

Lai audzētu stādus, kūdra var tik izmantota dažādos veidos, bet tīras kūdras gadījumā populāri ir stādu audzēšana maisos, kastēs vai no plēves veidotās vannās, kur jāveic rūpīga apūdeņošana. Parasti kūdra tiek sajaukta ar krītu vai dolomītu, lai regulētu tās pH, kā arī tiek pievienotas citas barības vielas.^{18,19}

1.6. Augsnes pH noteikšana

Augsnes pH vērtība sniedz ļoti daudz informācijas par augsnes īpašībām, jo tas ne tikai parāda vai tā ir bāziska vai skāba, bet pēc tās var arī spriest par dažādu barības vielu pieejamību un toksicitāti, jo ir zināma to saistība ar pH. Augsnes pH noteikšanai izmanto 30g sausu augsnes paraugu, kuram pievieno 75ml 1M KCl šķīduma un to maisa 1 min. Paralēli ar tukšo un sagatavoto paraugu veic mērījumus ar pH metru.^{20,21}

1.7. Paraugu sagatavošanas metodes

1.7.1. Sausā mineralizācija

Pelnu sastāvs dažādās biomasās bieži tiek noteikts gravimetriski, sadedzinot paraugus mufelkrāsnī augstā temperatūrā, šo procesu sauc par sauso mineralizāciju jeb sauso oksidēšanos.²² Mufelkrāsnī, karsēšanas laikā, iztvaiko paraugā esošais ūdens un organiskās vielas sadeg. Lielākā daļa minerālu – elementu tiek pārvērsti par oksīdiem, sulfātiem, fosfātiem, hlorīdiem, karbonātiem un/vai silikātiem.²³

Pēc tam šo pārpeļnoto paraugu šķīdina kādā no stiprajām skābēm, lai atbrīvotos no organiskām paliekām, un tālāk varētu izmantot elementu noteikšanā.²²

1.7.2. Slapjā mineralizācija

Procedūru kurā, lai mineralizētu un izšķīdinātu bioloģiskus paraugus, izmanto skābes oksidējošus reaģentus vai to kombinācijas, sauc par slapjo mineralizāciju. Tā noārda organisko

matricu, panākot, ka individuālie elementi- minerāli ir ūdens šķīdumā, ko pēc tam var izmantot tālākās spektrometriskās analīzēs.²³

1.7.3. Mineralizācija ar mikroviļņu enerģiju

Mikroviļņu tehnoloģijas tiek pielietotas dažādās zinātnes nozarēs, ne tikai ierastajās telekomunikāciju nozarēs, bet arī gan sensoros un attēl veidošanas ierīcēs, gan kā siltuma avots, lai uzlabotu dažādu ķīmisku procesu kinētiku. Mikroviļņi ir elektromagnētiskie viļņi, kas atrodas starp radio viļņiem un infrasarkanajiem viļņiem, ar viļņa garumu no viena metra līdz vienam milimetram, vai ar frekvenci no 300MHz līdz 300GHz. Komerciāli pieejamās mikroviļņu krāsnis un mikroviļņu reaktori ir pieejami ar darbības frekvenci 2,45Ghz, lai novērstu interferenci ar telekomunikāciju un mobilo sakaru tīkliem.

Mikroviļņu mineralizācija ir plaši pielietota metode, lai veicinātu neorganisko un organisko materiālu ar sarežģītām matricām, sadalīšanos un šķīšanu, kā piemēram augsnes, nogulumu, ēdiena un bioloģisko paraugu analīzei.^{24,25} Mikroviļņu mineralizācijai noslēgtā sistēmā ir skaidras priekšrocības pār tradicionālo slapjo mineralizāciju, iegūstot augstāku precizitāti ar viegli gaistošiem elementiem, zemāku paraugu piesārņošanu, mazāku reagentu apjomu un labāku atkārtojamību.²⁶ Šīs priekšrocības ir iespējamās pateicoties mikroviļņu iedarbībai ar dielektriskiem materiāliem.

Sildīšana sevī iekļauj divus mehānismus:

- Dipolāra polarizācija – dipola mijiedarbība ar elektromagnētisko lauku un polārām molekulām, kas rada siltumu.
- Jonu vadīšana – lādētās daļiņas (visbiežāk joni) paraugā tiek kustinātas uz priekšu un atpakaļ mikroviļņa iedarbībā, veidojot sadursmes ar citām daļiņām, kas rada siltumu.²⁴

Mikroviļņu fotona enerģija (0,0016eV pie frekvences 2,45GHz) ir par zemu, lai sašķeltu molekulāras saites, tāpēc mikroviļņi nevar izraisīt ķīmiskas reakcijas tiešas elektromagnētiskās absorbcijas rezultātā, kā tas noliek ar ultravioleto un redzamo gaismu fotoķīmijā.²⁵

Lai sadalītu organiskās un neorganiskās matricas, tiek izmatotas koncertētas skābes, lai sadalītu organiskus paraugus izmanto oksidējošas skābes, kā piemēram slāpekļskābe, lai sadalītu

neorganiskās vielas izmanto neoksidējošās skābes - sālsskābi un fluorūdeņražskābi kombinācijā ar slāpekļskābi.²⁷

Mikroviļņu mineralizācija noslēgtā sistēmā: saliktās vielas matricas noārdīšanās ātrums un efektivitātē skābā vidē palielinās ievērojami lielākā temperatūrā un spiedienā. Rekcijām, kas noris paaugstinātā spiedienā un temperatūrā, ir nepieciešams mazāk laika, lai tās notiktu pilnībā, nekā rekcijās, kas limitētas ar skābes viršanas punkta temperatūru. Turklāt vielas, kas parastos apstākļos nereaģētu ar šo skābi, reaģē paaugstinātā spiedienā un temperatūrā.^{27,28}

1.8. Elementu analīzes metodes

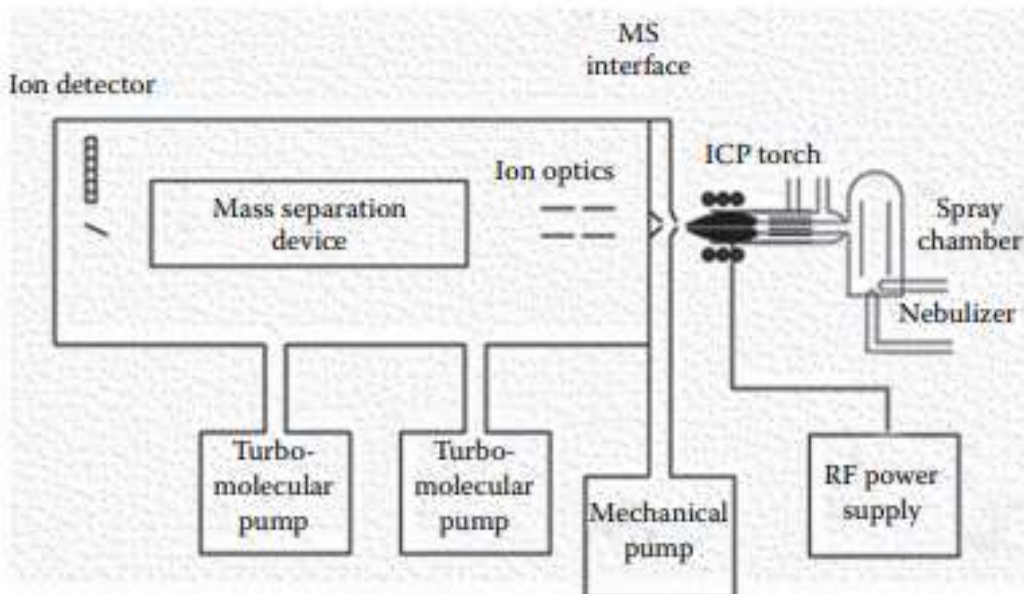
1.8.1. ICP-OES

Elementu analīzes metode ar optiskās emisijas spektrometriju, izmantojot atmosfēras spiediena induktīvi saistīto plazmu, kā emisijas avotu. Vielu paraugu šķīdumi nokļūst plazmā ar smidzinātāja palīdzību, kā laikā tiek zaudēta liela daļa parauga, līdz par 95%.²⁹

1.8.2. Induktīvi saistītās plazmas masspektometrija ICP-MS

Induktīvi saistītās plazmas tehnoloģijas ir nozīmīgas daudzās jomās, kā piemēram ģeoķīmijā, farmācijā, vides zinātnēs un arī pārtikas analīzē. ICP-MS nodrošina augstu analīžu precizitāti un ātru izpildes laiku, kā arī iespēju analizēt praktiski jebkāda veida paraugu, ja tas ir piemēroti sagatavots. ICP-MS priekšrocība ir tā, ka ir iespējams ne tikai detektēt mazus mikroelementus trilijonātajās daļās parauga (ppt), gan arī kvantificēt vielas milijono daļu apgabalā (ppm), tas padara šo metodi pievilcīgāku par pārējām metodēm, kuras pārsvarā izmanto, lai noteiktu vielas ar augstām koncentrācijām.

Paraugs šķidrā formā tiek sūknēts ar ātrumu 1ml/min ar peristaltikas sūkni un sajaukts ar nesēj gāzi argonu, kas plūst ar 1 l/min ātrumu. Maisījums tiek izsmidzināts smidzināšanas kamerā un pārvērsts par aerosola gāzi. Smalkākie aerosola pilieni 1-2% no kopējā parauga daudzuma tiek atdalīti no lielākajiem aerosola pilieniem izsmidzināšanas kamerā. Smalkais aerosols tālāk nokļūst plazmas deglī caur parauga inžektoru.³⁰

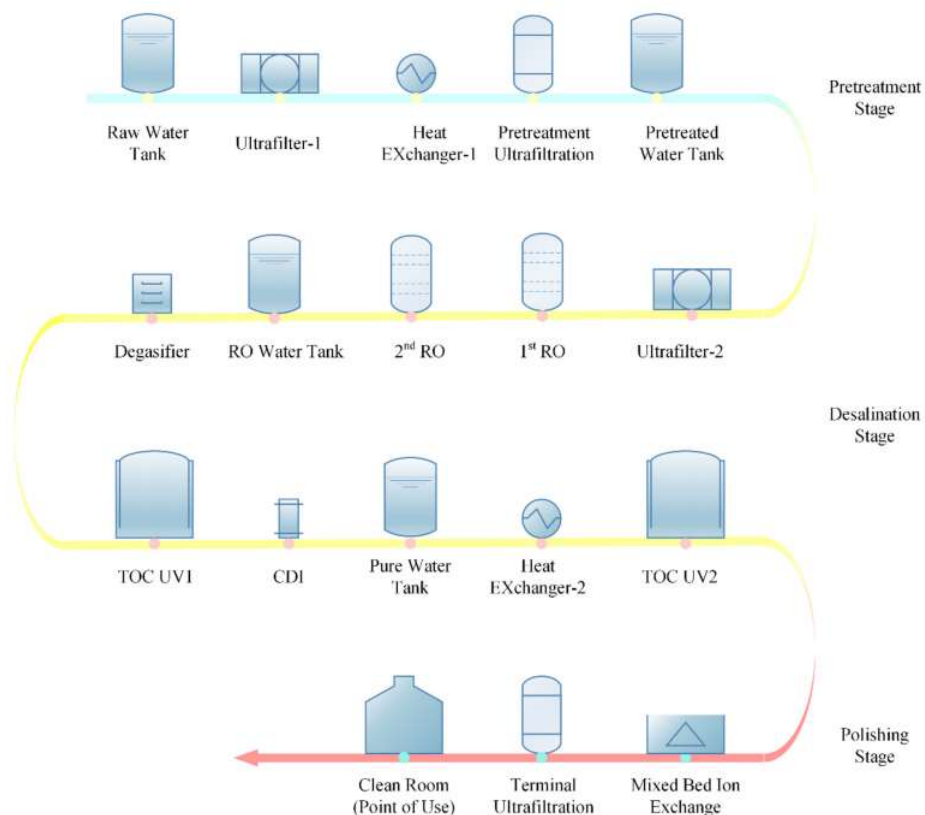


1.1.att. ICP – MS instrumentālie komponenti³⁰

1.8.3. Augstas tīrības ūdens

Augstas tīrības ūdens nesatur gandrīz nekādus citus elektrolītus izņemot ūdeņraža un skābekļa jonus, kā arī tas nedrīkst saturēt nekādus citus piesārņotājus tai skaitā patogēnus, suspendētas daļiņas, radioaktīvu piesārņojumu, organiskos un neorganiskos savienojumus. Mērķis augstas tīrības ūdens ražošanā ir no ūdens atņemt visas papildus komponentes, atstājot tikai ūdens molekulas, tā kā tas ir praktiski neiespējami dažādās industrijās, prasības par augstas tīrības ūdens mēdz atšķirties, kur visprasīgākā nozare šobrīd ir pusvadītāju ražošanas nozare.³¹

Aprēķinos pēc jonu kustības noteikts, ka pretestība ideālam augstas tīrības ūdens ir $18,3 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 25°C temperatūrā, tāpēc ne destilēts ūdens, ne dejonizēts ūdens (pretestība $10,0 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$) netiek uzskatīti par augstas tīrības ūdeni. Augstas tīrības ūdens ražošanā tiek izmantoti tādi procesi kā jonu apmaiņas adsorbcija, aktīvās ogles granulā adsorbcija, vairākkārtēja apgrieztā osmoze, elektro-dejonizācija un ultravioletā apstarošana ar viļņa garumu 185 nm , kas palīdz sadalīt mazmolekulāros organiskos savienojumus.³¹ Šos procesus var sadalīt trīs kategorijās: 1. pirmreizēja apstrāde, lai atbrīvotos no suspendētām daļiņām, 2. atsāļošana ar reversās osmozes palīdzību un 3. pulēšanas stadija, lai paceltu ūdens kvalitāti līdz nepieciešamam standartam.³²



1.2.att. Augstas tīrības ūdens tipiska ražošanas sistēmas plūsma³¹

Ar ICP-MS metodi ir iespējams noteikt daļiņas pat zem ppm limita, un paraugu sagatavošanā tiek izmantots ūdens. Ir skaidri saprotams, ka jebkuri ūdens piemaisījumi uzrādīsies analīzes rezultātā un nosakot mazus vielas daudzumu ūdenī esošie piesārņotāji var kompromitēt visu analīzi, tāpēc izmantotam ūdenim ir jābūt augstas analītiskās klases – augstas tīrības ūdens, lai tas neietekmē ICP-MS metodes precizitāti. Augstas tīrības ūdens nepieciešams izmantot instrumentu tīrīšanā, veidojot kalibrācijas līknes, standart šķīdumos un protams paraugu sagatavošanā.³³

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Izmantotā aparatūra un reaģenti

Reaģenti un šķīdumi :

- Makro un mikro mikroelementu standart šķīdums izvēlēto elementu kalibrēšanai ICP-MS
- Koncentrēta slāpekļskābe 67%
- Argons 99,999%
- Dejonizēts ūdens (Adrona, Milipore EVS < 0.055 uS/cm)

Trauki un aparatūra:

- Analītiskie sviri “Metler Toledo ME204” ± 0,0001 g
- Mikroviļņu krāsns Milestone Start E
- 5 mL automātiska pipete (500 – 5000 µL), Eppendorf
- Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrs: ICP-MS Agilent 8900 QQQ
- Mērtrauki plastmasas 50 ml
- žāvēšanas skapis, Memmert,

Darba režīms:

- ICP-MS darba režīma parametri redzami 2.1.tabulā

2.1. tabula

ICP-MS darba režīma parametri

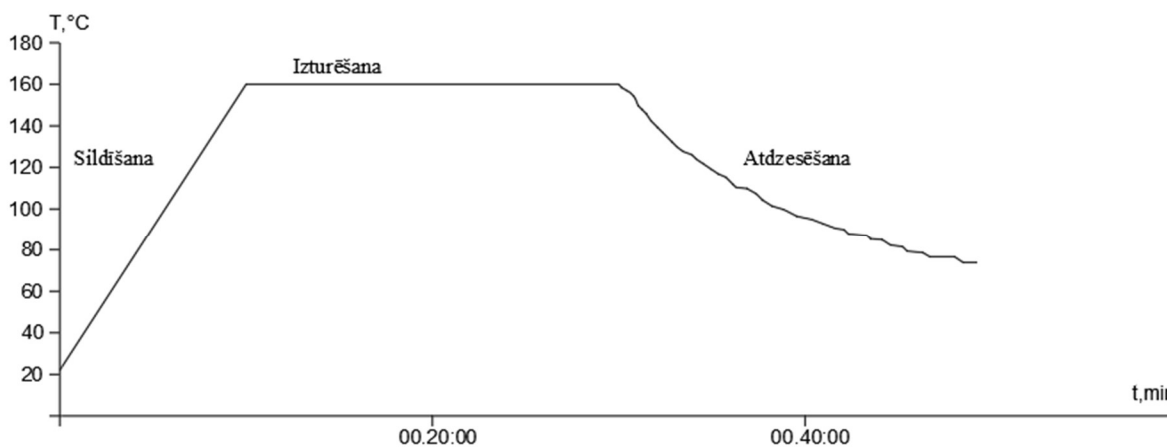
Parametrs	Iestatījums
RF jauda, W	1550
Parauga ņemšanas dziļums, mm	8.0
Plazmas gāzes plūsma, L/min	15
Nesējgāzes plūsma, L/min	0.9
He gāzes plūsma, L/min	5

2.2. Paraugu sagatavošana

Paraugi pirms to mineralizācijas mikroviļņu krāsni tika žāvēti žāvēšanas skapī 105°C temperatūrā 3 stundas.

Augsnes paraugus nosvēra uz analītiskiem svāriem un pārnesa mikroviļņu krāsns teflona traukos. Paraugu masa bija no 0,2g līdz 0,5g. Auga daļu paraugu masas nepārsniedza 0,1g, jo paraugi tika ņemti no tikko izdīgušiem, maziem augiem.

Mikroviļņu krāsns teflona traukos tika pievienoti 8mL koncentrētas slāpekļskābes. Traukus hermētiski aizvēra un ievietoja mikroviļņu krāsnī.



2.1 att. Mineralizācijas procesa temperatūras režīms

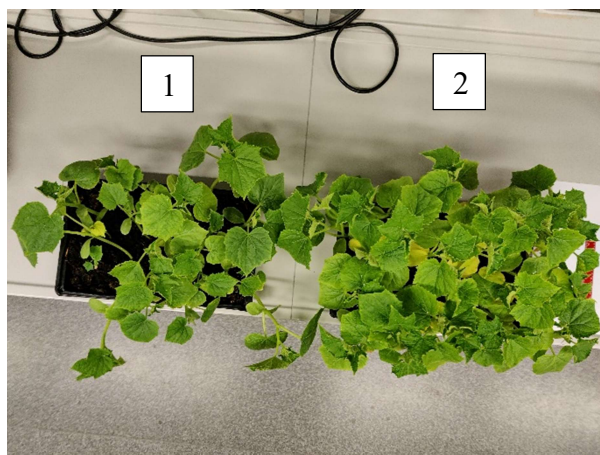
2.3. Mikro- un makro elementu noteikšana ar ICP-MS

Lai kvantitatīvi noteiktu elementu koncentrācijas analizējamajos paraugos ir nepieciešams iegūt kalibrēšanas grafikus, katram elementam. Tiek veikti signāla intensitātes mērījumi standartšķīdumiem, kas satur analizējamus makro- un mikroelementu elementus ar zināmu koncentrāciju no 0,1 - 1000 µg/L.

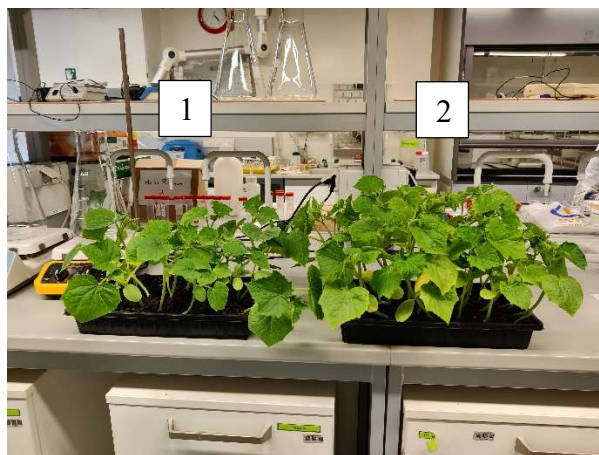
3. REZULTĀTU ANALĪZE

3.1. Gurķu stādu kopējais izvērtējums

Kūdrā audzētie gurķu stādi pēc audzēšanas 3.1 attēlā ir redzami skatā no augšas un 3.2 attēlā stādi redzami no sāna. Vizuāli novērtējot stādus pēc audzēšanas redzams, ka traukā ar 10% pelnu piemaisījumu (trauks Nr.1) stādi ir izdīguši mazākā skaitā un tie ir mazāk izauguši nekā traukā ar tīru kurdu (trauks Nr.2).



3.1.att. Gurķu stādu virsskats



3.2.att. Gurķu stādu sānskats

Pēc gurķu stādu audzēšanas pārtraukšanas tie tika nomērīti un nosvērti (attēls 3.3) un likti žāvēties 24 stundas 105°C temperatūrā, pēc žāvēšanas tie tika vēlreiz mērīti un svērti (attēls 3.4), un iegūtie dati tika apkopoti un stāda vidējās vērtības attēlotas tabulā 3.1.



3.3.att. Gurķa stāds pirms žāvēšanas



3.4.att. Gurķa stāds pēc žāvēšanas

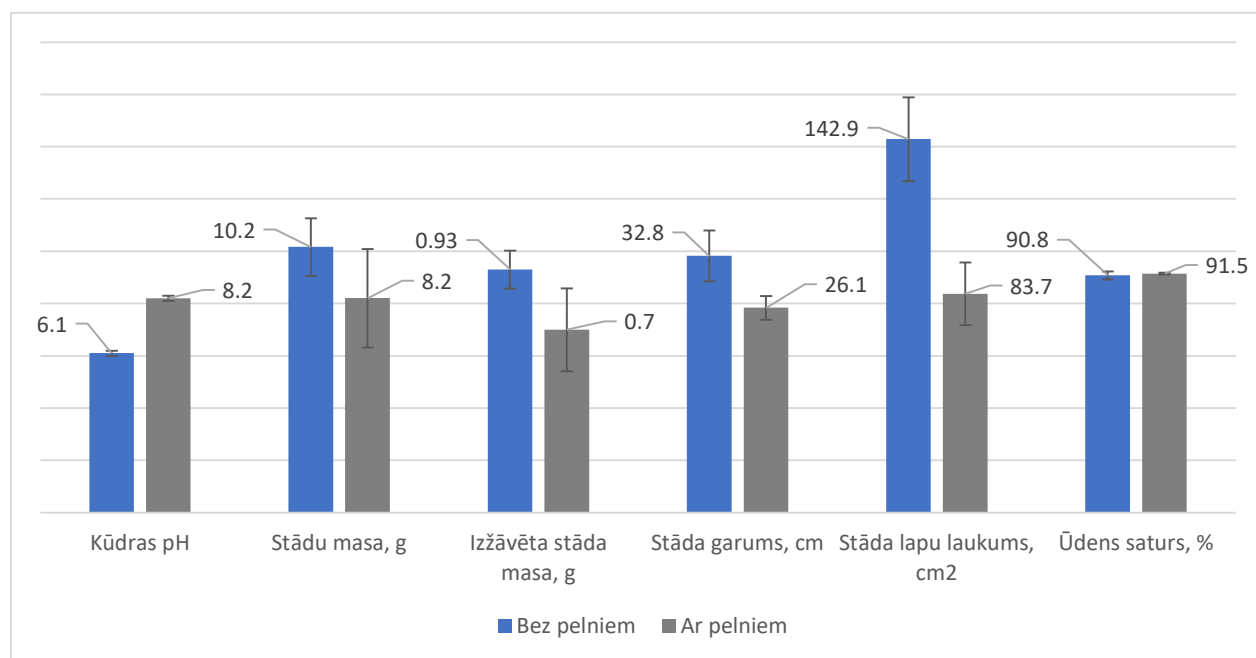
Pēc gurķu stādu audzēšanas, lai novērtētu pelnu kopējo ietekmi uz stādu audzēšanu kūdrā tika apskatīta, stādu masa, izžāvētā stādu masa, to kopējais garums ar saknēm, stādu lapu laukums, stādu kopējais ūdens saturs un kūdras pH.

3.1. tabula

Gurķa stāda raksturlielumi pēc gurķu stādu audzēšanas kūdrā ar un bez pelniem

	Bez pelniem	Ar pelniem
Kūdras pH	6,10±0,10	8,20±0,10
Stādu masa, g	10,1±1,1	8,2±1,9
Izžāvētā stāda masa, g	0,93±0,10	0,7±0,2
Stāda garums, cm	32±3	26,1±1,5
Stāda lapu laukums, cm ²	142±16	84±12
Ūdens saturs, %	90,8±1,6	91,5±0,4

Diagrammu veidā parādīti gurķu stādu raksturlielumi pēc gurķu stādu audzēšanas kūdrā ar pelniem un bez pelniem, kā arī kūdras pH maisījumā ar 10% pelnu un bez tiem.



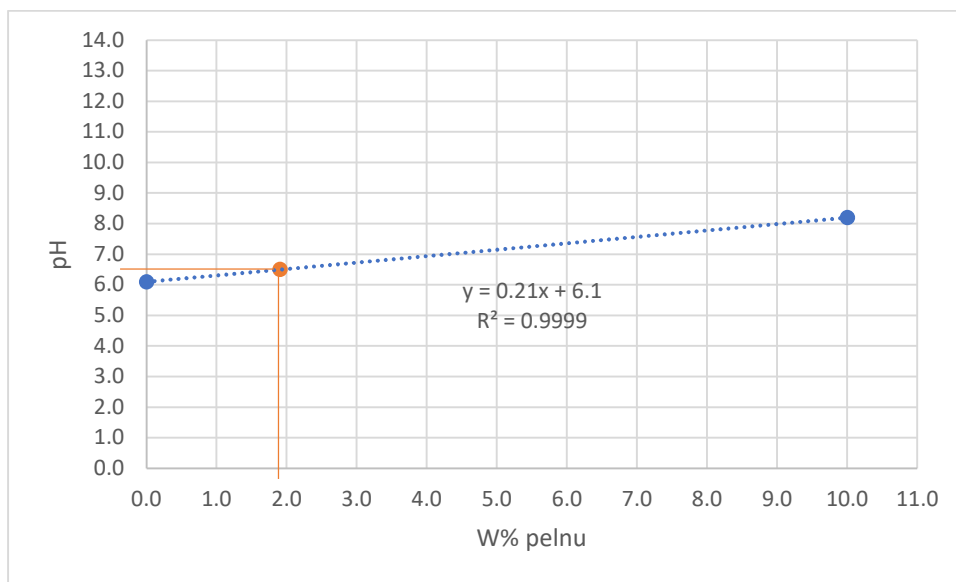
3.5.att. Gurķa stāda raksturlielumi pēc audzēšanas kūdrā ar un bez pelniem

Salīdzinot stādu masas novērojams, ka stādu masa ir par 24% lielāka stādiem, kas audzēti bez pelniem, kā arī sausa, izžāvētā stāda masa 32% lielāka stādiem, kas audzēti bez pelniem nekā stādiem, kas auguši kūdras maisījumā ar pelniem.

Apskatot vidējos stādu garumus un stādu lapu laukumus redzams, ka lapu laukums ir par 71% lielāks stādiem, kas auguši tīrā kūdrā, un arī stādu garums ir par 26% lielāks. Ūdens procentuālais saturs augos gan kļūdas robežās sakrīt stādiem, kas audzēti ar pelnu piemaisījumu un tīrā kūdrā.

Negatīvo pelnu ietekmi uz stādu augšanu var skaidrot ievērojamo pH pieaugumu no 6.1 uz 8.2 kūdras maisījumā ar pelniem attiecībā pret vāji skābo vidi tīrā kūdrā. Gurķi dod priekšroku vāji skābam augsnēm.

Izstrādājot kursa darbu, gurķu stādi tika audzēti augsnes un kūdras maisījumā ar pelniem, un bez tiem. Ņemot vērā iepriekš apskatītās augsnē pārzīmētās slimības un problēmas analizējot trīs komponentu sistēmas ietekmi uz gurķu stādu audzēšanu bakalaura darba izstrādei tika izvēlēta tīra kūdra. Un arī pēc pirmā eksperimenta bija "salīdzinoši" nelielas izmaiņas starp augiem, kas audzēti augsnē ar pelniem un bez tiem, tāpēc bakalaura darba izstrādē tika saglabāti 10% pelnu galvenokārt tādēļ, lai abi substrāti pēc iespējas vairāk atšķirtos savā starpā un labāk būtu novērojamas izmaiņas.



3.6.att. Kūdras pH vērtības atkarība no pelnu masas daļas %

Gurķu audzēšanai rekomendētais pH ir intervālā no 5,5 – 6,5. Augu stādu audzēšanai ar pelniem mēslošanās augsnēs literatūrā ir atrodama rekomendētā pelnu masas daļa procentos no 0,41-2,61%.³⁴

Pelni ir stipri bāziski n to pievienošana rūpīgi jākontrolē, lai neizjauktu augiem optimālo pH diapazonu augsnē. Veicot tālākos pētījumus nepieciešams veikt gurķu stādu audzēšanu rūpīgi dozējot pelnus un veikt to ietekmes uz gurķus stādu audzēšanu izpēti ar vairākām mazām pelnu dozas variācijām. Veicot interpolāciju datiem no 3.6 attēla, lai iegūtu optimālo pH 6.5 gurķu stādiem, ieteicama 1,9% pelnu masas daļa.

3.2. Mikro un makroelementu daudzums augsnē, kūdrā un pelnos

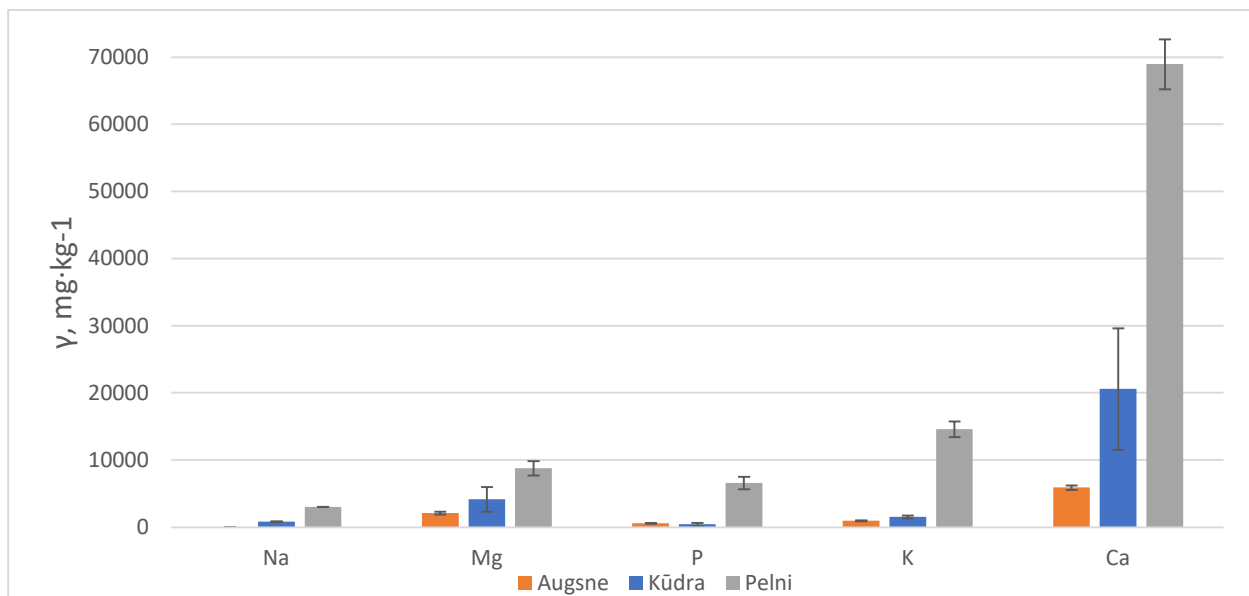
Ar ICP-MS tika noteikti 5 makroelementi – Na, Mg, P, K, Ca un 5 pieci mikroelementi – Fe, Mn, Cu, Zn, Al augsnes un kūdras maisījumiem ar un bez pelniem, pirms un pēc gurķu stādu audzēšanas.

3.2. tabula

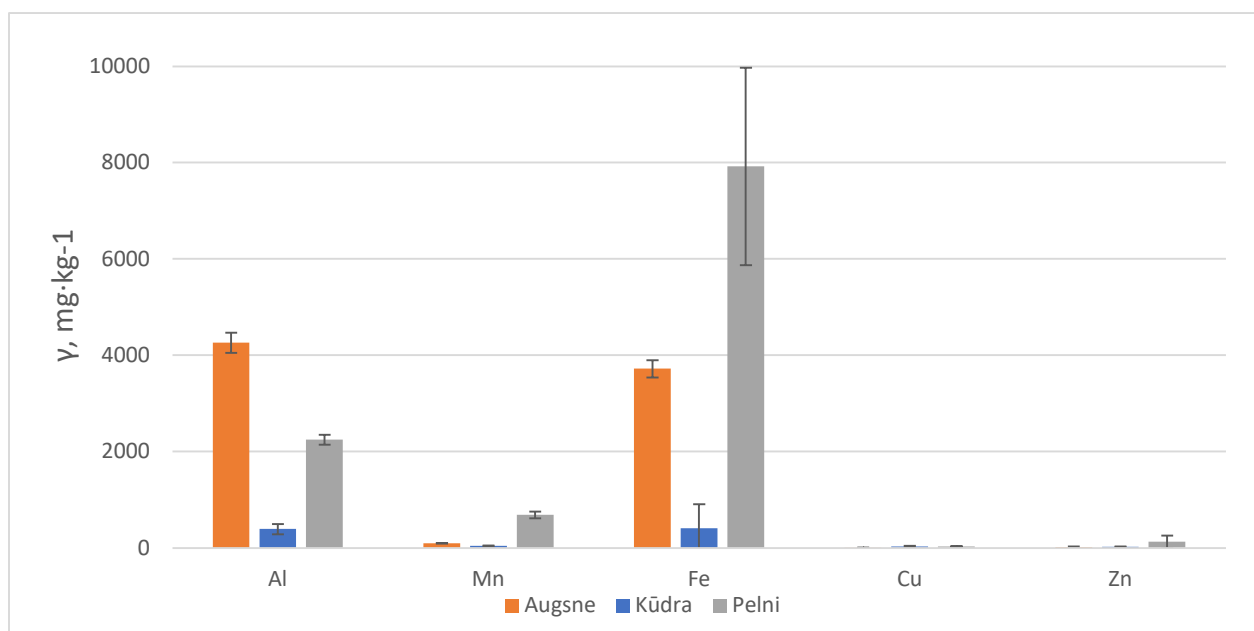
Mikro un makroelementu daudzums augsnē, kūdrā un pelnos

γ , mg·kg ⁻¹	Augsne	Kūdra	Pelni
Na	31	840	3000
Mg	2100	4200	8800
Al	4300	390	2200
P	560	430	6600
K	960	1500	15000
Ca	5900	21000	69000
Mn	100	45	690
Fe	3700	410	7900
Cu	5	27	32
Zn	18	22	130

Diagrammu veidā parādītas mikro un makroelementu koncentrācijas augsnei, kūdrai un pelniem. Tika veikts mikro un makroelementu salīdzinājums starp augsni, kas tika izmantota pirmajā stādu audzēšanā kursa darbā, un tīras kūdras un pelniem, kas tika izmantoti otrajā gurķu stādu audzēšanā. No šīs kūdras un pelniem tiek veidots maisījums gurķu stādu audzēšanai.



3.7.att. Makroelementu saturs augsnē, kūdrā un pelnos



3.8.att. Makroelementu saturs augsnē, kūdrā un pelnos

Salīdzinot makro un mikro elementu daudzumu kūdras un pelnu paraugos redzams, ka pelnos visu elementu koncentrācijas ir 2,1-15 reizes augstākas nekā kūdrā.

Salīdzinot kūdrā ar augsni novērojams, ka kūdrā ir ievērojami vairāk Na, Mg, K, Ca un Cu, bet mazāk P, Mn un 9-10.8 reizēm mazāk Al un Fe. Ņemot vērā, ka šo elementu masas koncentrācijas ir mazākas kūdrā salīdzinājumā ar augsni, būtu ieteicams to uzlabot, mēslojot kūdrā ar pelniem.

3.3. Mikro un makroelementu daudzums gurķu stādu paraugos

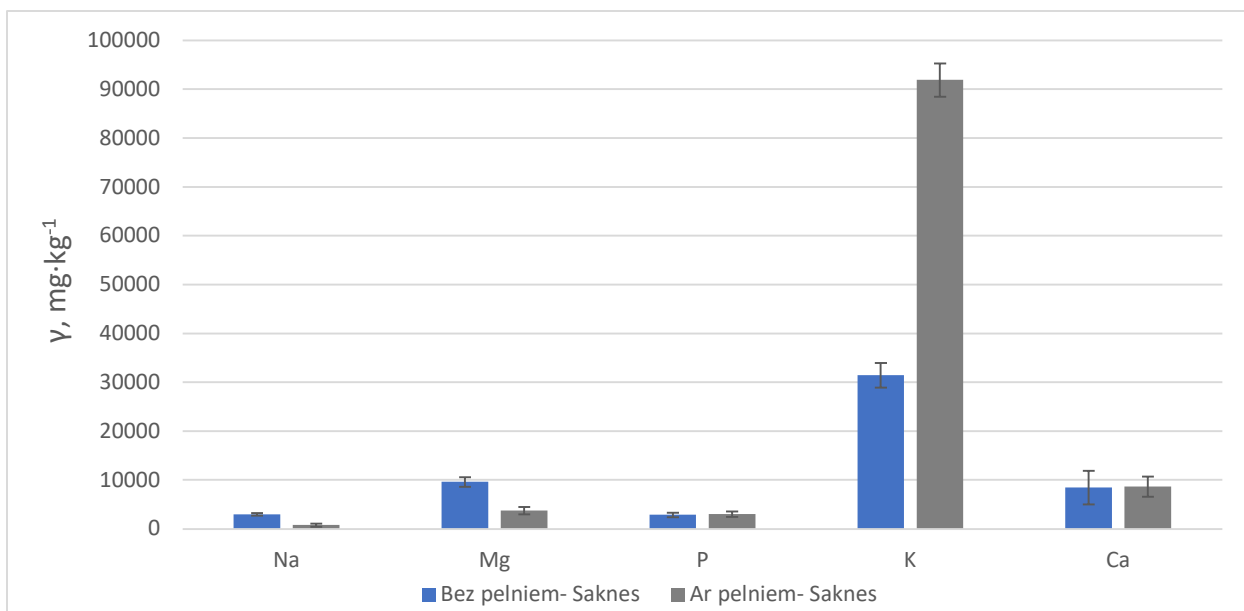
Ar ICP-MS tika noteikti 5 makroelementi – Na, Mg, P, K, Ca un 5 pieci mikroelementi – Fe, Mn, Cu, Zn, Al gurķu stādu daļās, kas audzēti kūdrā ar pelniem un bez pelniem. Elementu koncentrācijas tika noteiktas saknēs, kātos, dīgļlapās un lapās. Iegūtās masas koncentrācijas γ , $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ apkopotas tabulā 3.3.

3.3. tabula

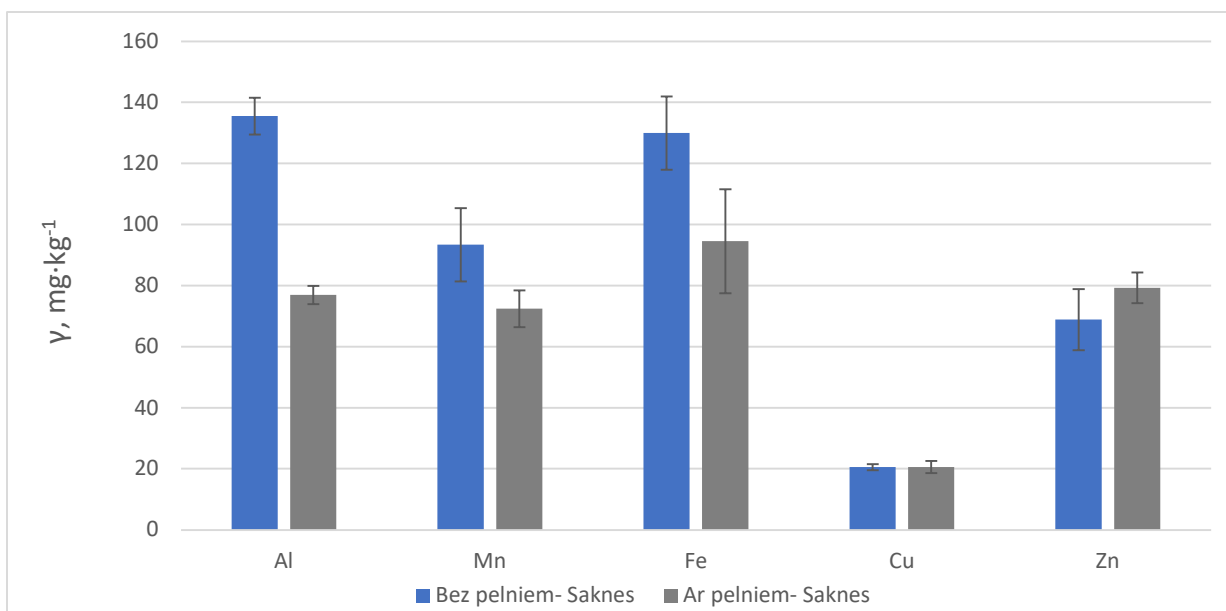
Noteiktā makro un mikroelementu koncentrācija gurķu stādu daļās, kas audzēti kūdrā ar pelniem un bez pelniem

γ , $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	Bez pelniem					Ar pelniem				
	Lapas	Dīgļlapas	Saknes	Kāti	Kūdra	Lapas	Dīgļlapas	Saknes	Kāti	Kūdra
Na	380	650	3000	3200	840	380	640	770	1100	550
Mg	4300	7100	9600	5900	4200	4900	8800	3700	2000	5500
Al	10	14	140	2	390	11	16	77	2	810
P	2400	2500	2700	2900	430	2100	1200	3000	1200	1600
K	17000	22000	31000	54000	1500	40000	60000	92000	100000	12000
Ca	16000	40000	8400	18000	21000	13000	30000	8700	5300	33000
Mn	50	140	93	28	45	45	98	72	19	160
Fe	84	160	130	30	410	88	140	95	27	930
Cu	5	5	21	5	27	5	7	21	3	38
Zn	27	29	69	14	22	31	40	79	12	71

Diagrammu veidā parādīts mikro- un makroelementu salīdzinājums gurķu stādu daļās, kas audzēti kūdrā bez un ar pelniem. Makroelementu un mikroelementu koncentrācijas savā starpā atšķiras par vairākām kārtām, tāpēc tās tiek attēlotas atsevišķās diagrammās.

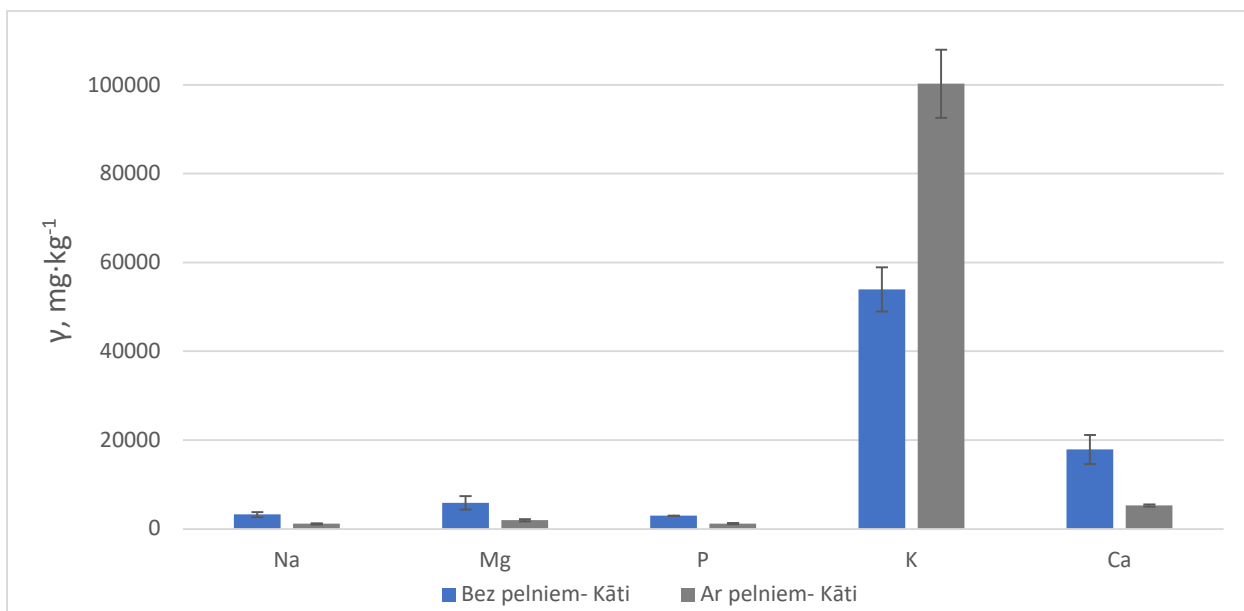


3.9.att. Makroelementu saturs gurķu stādu saknēs

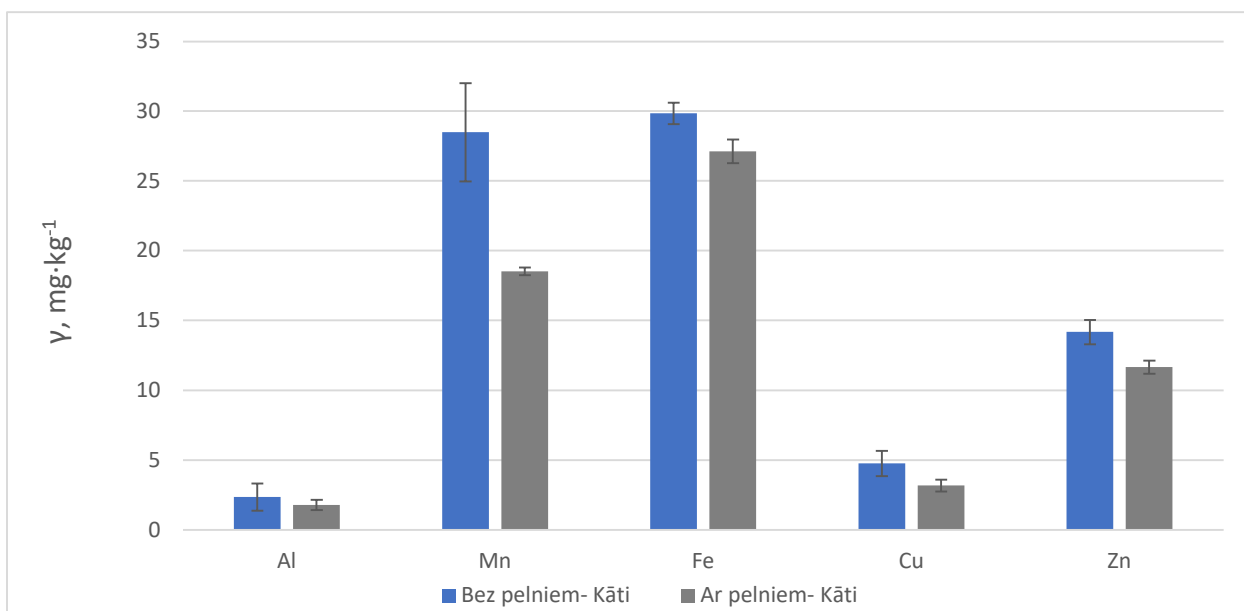


3.10.att Mikroelementu saturs gurķu stādu saknēs

Audzējot gurķus ar pelniem mēsloātā augsnē to saknēs ir samazinājusies Na, Mg, Al, Mn un Fe elementu koncentrācijas. P, Ca, Cu un Zn koncentrācijas nav būtiski mainījušās un kļūdas robežās sakrita. Saknēs, kas audzētas kūdras maisījumā ar 10% pelnu, ir novērojams būtisks kālija pieaugums, līdz pat 3,2 reizēm.

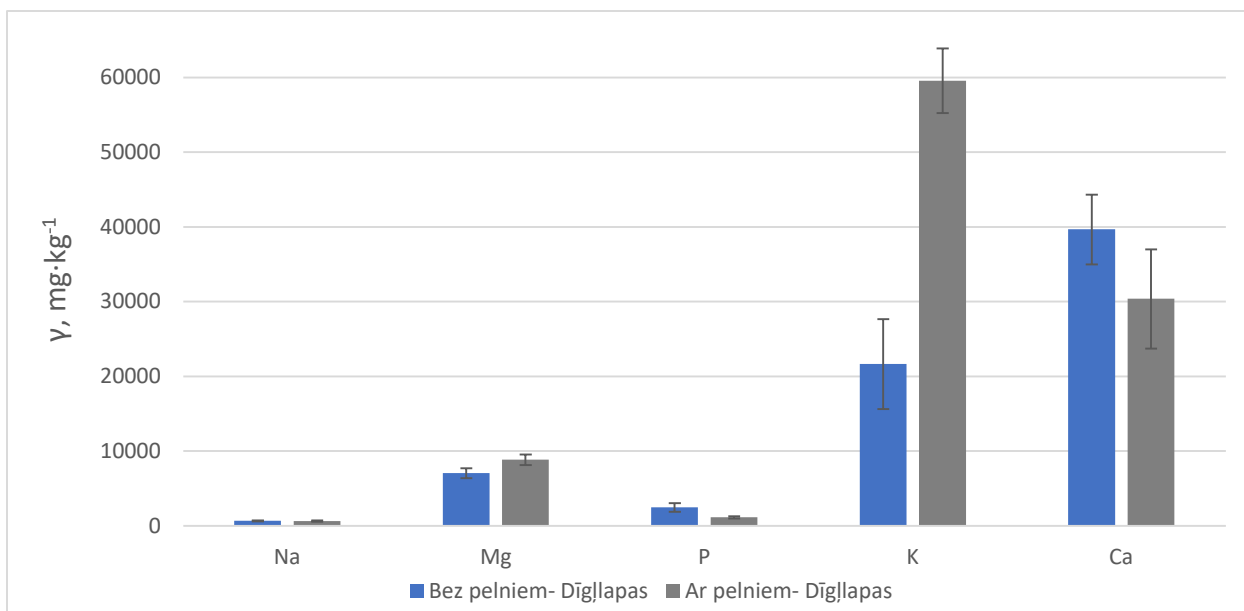


3.11.att. Makroelementu saturs gurķu stādu kātos

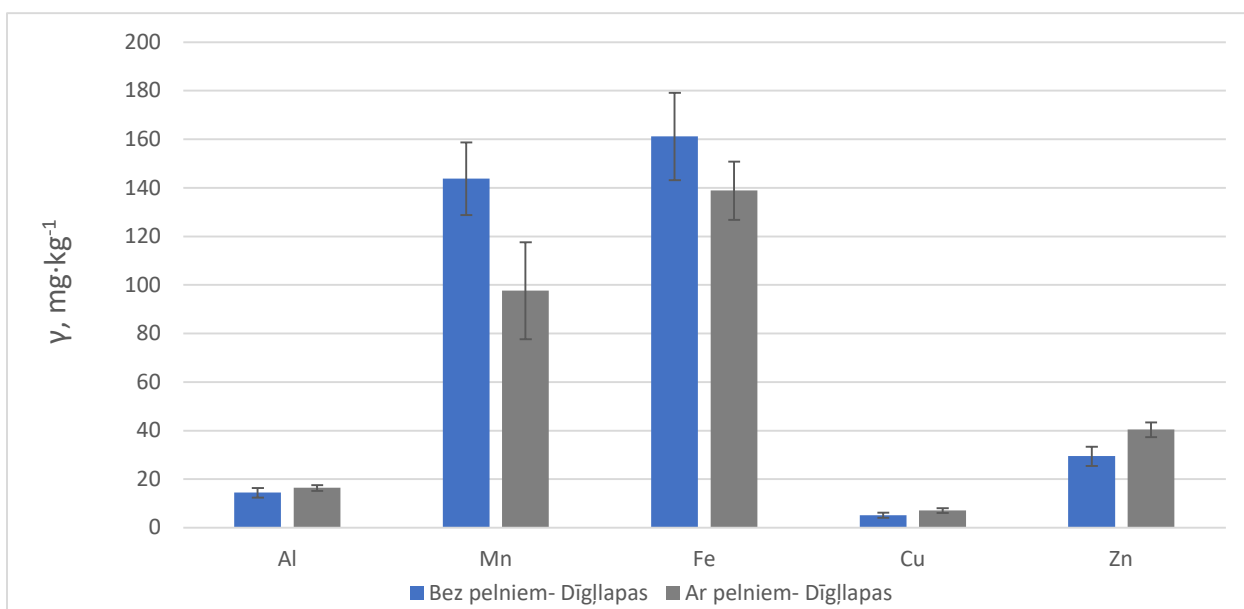


3.12.att. Mikroelementu saturs gurķu stādu kātos

Apskatot mikroelementu masas koncentrācijas gurķu stādu kātos redzams, ka to koncentrācijas ir mazākas stādos, kas audzēti ar pelniem. Visievērojamāk samazinājusies Mn koncentrācija, 1,5 reizes. Apskatot makroelementus redzams, ka ievērojami (2,5 – 3,4 reizes) samazinājušās Na, Mg, P un Ca koncentrācijas, bet kālija koncentrācija ir palielinājusies 1,9 reizes.

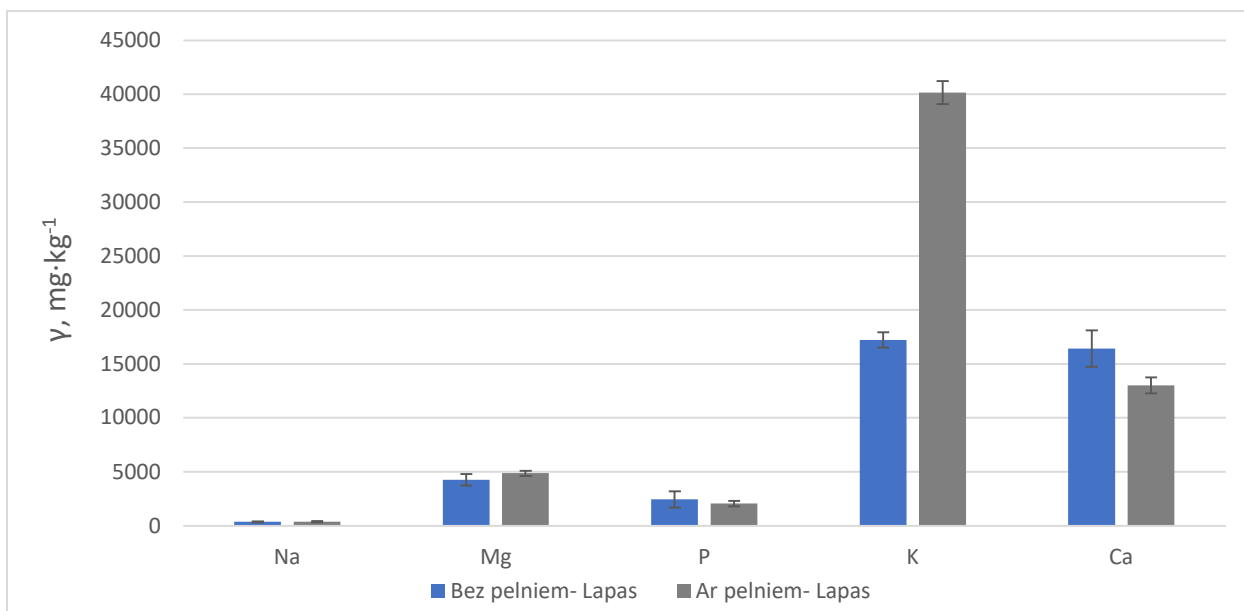


3.13.att. Makroelementu saturs gurķu stādu dīgļlapās

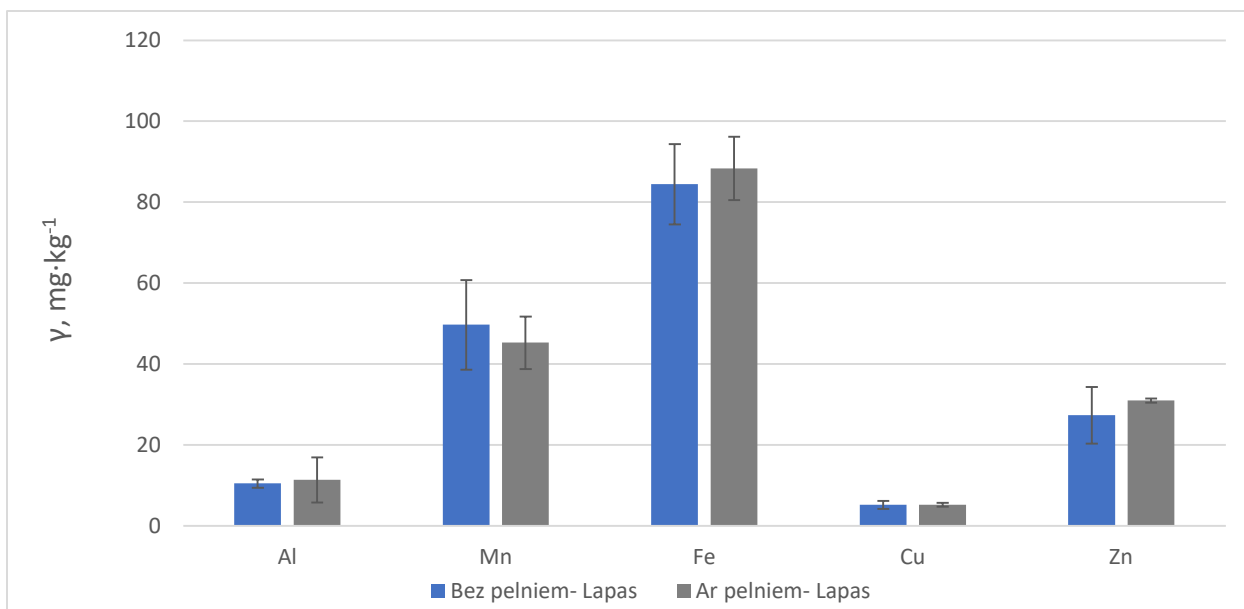


3.14.att. Mikroelementu saturs gurķu stādu dīgļlapās

Na, Al un Cu elementu nav būtiski mainījušās. Mg, K un Zn koncentrācijas ir augstākas stādos, kas audzēti ar pelniem, bet P, Ca, Mn un Fe elementu masas koncentrācijas ir samazinājušās stādos, kur kūdrai ir 10% pelnu piemaisījuma.

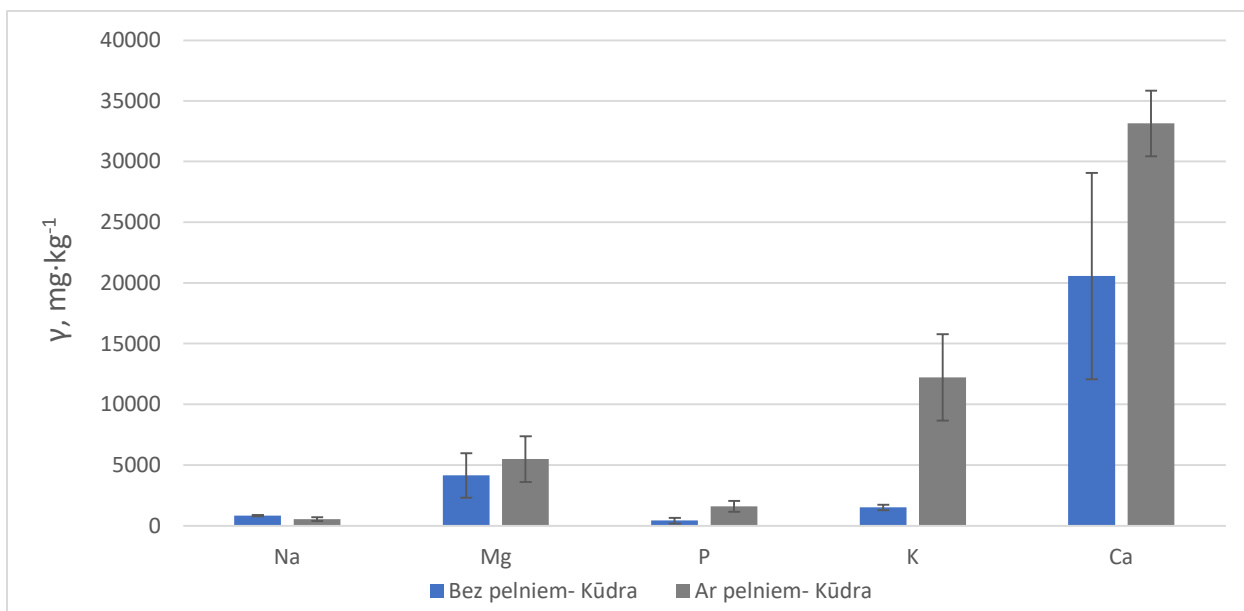


3.15.att. Makroelementu saturs gurķu stādu lapās

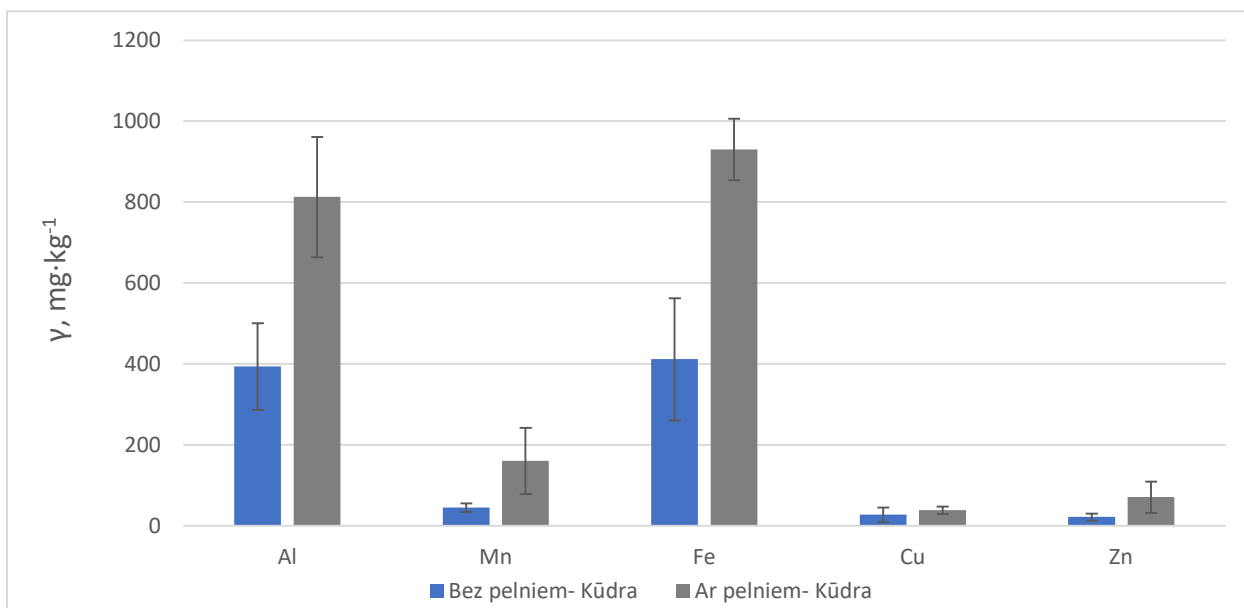


3.16.att. Mikroelementu saturs gurķu stādu lapās

Na, Mg, P, Al, Mn, Fe, Cu un Zn elementu nav būtiski mainījušās. K koncentrācija ir lielāka stādos, kas audzēti ar pelniem, 1,5 reizes, bet Ca koncentrācija ir samazinājusies.



3.17.att. Makroelementu saturs kūdrā



3.18.att. Mikroelementu saturs kūdrā

Salīdzinot tīras kūdras un kūdras ar 10% pelnu piemaisījumu elementu saturu redzams, ka visu apskatīto elementu masas koncentrācijas, izņemot Na, ir lielākas par 1,4 līdz 8,1 reizei.

3.4. Pelnu ietekmes uz gurķu stādu audzēšanu kūdrā kopsavilkums

Salīdzinot tīru kūdrā ar tīru augsni 3.7 un 3.8 attēlā bija novērojams, ka kūdrā ir mazākas P, Mn elementu koncentrācijas un pat 9-10.8 reizēm mazākas Al un Fe elementu koncentrācijas nekā augsnē. Pievienojot kūdrai 10% pelnu, šo elementu koncentrācijas kūdrā palielinājās, P un Mn palielinājās 3,7-5,7 reizes un Al, Fe 2,0-2,2 reizes.

Ir arī novērojama K elementa koncentrācijas palielināšanās 1,9-2,9 reizes visās auga daļās stādiem, kas auguši kūdrā ar pelnu piemaisījumu. Nepārprotami pelni padara kāliju daudz pieejamāku augam, un pelnus var lietot, kā mēslojumu kālija trūkuma gadījumā.

Audzējot gurķus ar pelniem, mēsloātā augsnē to saknēs ir samazinājusies Na, Mg, Al, Mn un Fe elementu koncentrācijas, un gurķu stādu kātos mikroelementu koncentrācijas ir mazākas kā arī makroelementu Na, Mg, P un Ca koncentrācijas 2,5 – 3,4 reizes samazinājušās.

Bet apskatot gurķu stādus kopumā ir novērojama negatīva pelnu ietekme uz stādu augšanu, jo stādu masa ir par 24% lielāka stādiem, kas audzēti bez pelniem, kā arī sausa, izžāvēta stāda masa 32% lielāka stādiem, kas audzēti bez pelniem nekā stādiem, kas auguši kūdras maisījumā ar pelniem. Arī stādu lapu laukumi ir par 71% lielāki stādiem, kas auguši tīrā kūdrā, un vidējie stādu garumi ir par 26% lielāki stādiem, kas auguši bez pelnu piemaisījuma kūdrā. Tas skaidrojams ar pelniem raksturīgo augsto kaļķa saturu, kas izmaina kūdras pH no 6,1 uz 8,2. Gurķi dod priekšroku vāji skābam augsnēm, nevis bāziskām. Optimāli būtu izmantot 1,9% pelnu piemaisījumu nevis 10%, lai nodrošinātu pH 6.5.

SECINĀJUMI

1. Pelnos visu apskatīto elementu koncentrācijas ir 2,1-15 reizes augstākas nekā kūdrā.
2. Kūdrā ir ievērojami vairāk Na, Mg, K, Ca un Cu, bet mazāk P, Mn un 9-10,8 reizēm mazāk Al un Fe nekā augsnē.
3. Audzējot gurķus augsnē, kura satur 10% pelnu mēslojuma gurķu dīgtspēja samazinās.
4. Stādu masa ir par 24% lielāka stādiem, kas audzēti bez pelniem, kā arī sausa, izžāvēta stāda masa 32% liekā stādiem, kas audzēti bez pelniem nekā stādiem, kas auguši kūdras maisījumā ar pelniem.
5. Lapu laukums ir par 71% lielāks un stādu garums ir par 26% lielāks stādiem, kas auguši tīrā kūdrā.
6. Ūdens procentuālais saturs augos gan kļūdas robežās sakrīt stādiem, kas audzēti ar pelnu piemaisījumu un tīrā kūdrā.
7. K elementa koncentrācija palielinās 1,9-2,9 reizes visās auga daļās stādiem, kas auguši kūdrā ar pelnu piemaisījumu.
8. Makroelementu Na, Mg, P un Ca koncentrācijas ievērojami (2,5 – 3,4 reizes) samazinājušās augu kātos, kas auguši ar pelniem, bet kālija koncentrācija ir palielinājusies 1,9 reizes.
9. Mikro elementu Al, Mn, Fe, Cu, Zn koncentrācijas augu kātos samazinājušās 1,2 līdz 1,5 reizes augos, kas auguši ar pelniem.
10. Izvirzītā hipotēze, ka gurķu stādu audzēšanu labvēlīgi ietekmē pelnu mēslojums, neapstrupinājās, jo pelni ir stipri bāziski to pievienošana rūpīgi jākontrolē, lai neizjauktu augiem optimālo pH diapazonu augsnē.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- (1) Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> skatīts[29.06.2021].
- (2) Mariod, A. A.; Saeed Mirghani, M. E.; Hussein, I. Cucumis sativus Cucumber. *Unconv. Oilseeds Oil Sources* **2017**, 89–94. DOI: 10.1016/b978-0-12-809435-8.00016-0.
- (3) Claudio M. Vrisman, Loic Deblais, Gireesh Rajashekara, and S. A. M. Differential Colonization Dynamics of Cucurbit Hosts by *Erwinia tracheiphila*. *Phytopathology* **2016**, Vol.110-5, 684–692. DOI: 10.1094/PHYTO-11-15-0289-R.
- (4) Amal A. Khalil, El-Abbasi, I.H. and El-Wakil, A. . Molecular Technology Confirms Identification of Cantaloupe Anthracnose Caused by *Colletotrichum* sp. *Egypt. J. Phytopatho* **2018**, Vol. 36, N, 37–48.
- (5) Carmona, V.; Costa, L.; Filho, A. Symptoms of Nutrient Deficiencies on Cucumbers. *Int. J. Plant Soil Sci.* **2015**, 8, 1–11. DOI: 10.9734/ijpss/2015/20243.
- (6) Risse, M.; Gaskin, J. Best management practices for wood ash as agricultural soil amendment. *UGA Coop. Ext. Bull.* **2002**, 1142, 1–4.
- (7) Siddique, R. Wood Ash. **2008**, 303–304.
- (8) Symanowicz, B.; Becher, M.; Jaremko, D.; Skwarek, K. Possibilities for the use of wood ashes in agriculture. *J. Ecol. Eng.* **2018**, 19, 191–196. DOI: 10.12911/22998993/86156.
- (9) Huang, H.; Campbell, A. G.; Folk, R.; Mahler, R. L. Wood Ash as a Soil Additive and Liming Agent for Wheat; Field Studies. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **1992**, 23, 25–33. DOI: 10.1080/00103629209368567.
- (10) Atkritumu, L. Koksnes sadedzināšanas pelnu kā otrreizēji izmantojamu materiālu gala statusa noteikšana Ekspertu novērtējums. **2019**, No. 1.
- (11) Maschowski, C.; Zangna, M. C.; Trouvé, G.; Gieré, R. Bottom ash of trees from Cameroon as fertilizer. *Appl. Geochemistry* **2016**, 72, 88–96. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2016.07.002.
- (12) Amtmann, A.; Blatt, M. R. Regulation of macronutrient transport. *New Phytol.* **2009**, 181, 35–52. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02666.x.

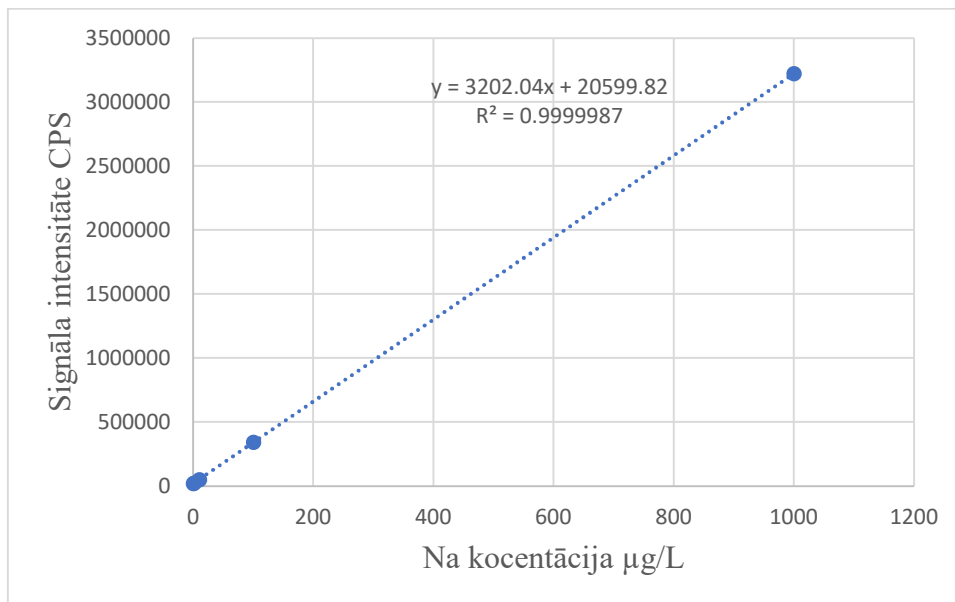
- (13) Draie, R. Effect of spraying with microelements on growth and productivity of Top and Elite cucumber varieties. **2019**, No. November.
- (14) Ahmad Mohammadi Ghehsareh. Effect of soil acidification on growth indices and microelements uptake by greenhouse cucumber. *African J. Agric. Res.* **2012**, 7, 1659–1665. DOI: 10.5897/ajar11.1714.
- (15) Ma, J.; Du, K.; Zheng, F.; Zhang, L.; Gong, Z.; Sun, Z. A recognition method for cucumber diseases using leaf symptom images based on deep convolutional neural network. *Comput. Electron. Agric.* **2018**, 154, 18–24. DOI: 10.1016/j.compag.2018.08.048.
- (16) Samane Eskandari. Foliar Manganese spray induces the resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Plant Physiol.* **2020**. DOI: 10.1016/j.jplph.2020.153129.
- (17) Cheng-Ping Kuan, Min-Tze Wu, H. C. H. and H. C. Rapid Detection of *Colletotrichum lagenarium*, Causal Agent of Anthracnose of Cucurbitaceous Crops, by PCR and Real-time PCR. *J Phytopathol* **2011**, 159, 276–282. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2010.01765.x.
- (18) Olympios, C. . SOILLESS MEDIA UNDER PROTECTED CULTIVATION ROCKWOOL, PEAT, PERLITE AND OTHER SUBSTRATES. *Acta Hortic.* **1993**, No. 323, 215–234. DOI: 10.17660/ActaHortic.1993.323.20.
- (19) Khatiwada, A.; Adhikari, P. EFFECT OF VARIOUS ORGANIC FERTILIZERS ON SEEDLING HEALTH AND VIGOUR OF DIFFERENT VARIETIES OF CUCUMBER IN RAUTAHAT CONDITION. *Malaysian J. Sustain. Agric.* **2020**, 4, 81–85. DOI: 10.26480/mjsa.02.2020.81.85.
- (20) Thomas, G. W. Soil pH and Soil Acidity. In *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*; University of California Press, 1996; pp 475–490. DOI: 10.2136/sssabookser5.3.c16.
- (21) *Standarts Augsnēs pH noteikšanai FOCT 26483-85.*
- (22) Liu, K. Effects of sample size, dry ashing temperature and duration on determination of ash content in algae and other biomass. *Algal Res.* **2019**, 40, 101486. DOI: 10.1016/j.algal.2019.101486.
- (23) Liu, K. Characterization of ash in algae and other materials by determination of wet acid

- indigestible ash and microscopic examination. *Algal Res.* **2017**, *25*, 307–321. DOI: 10.1016/j.algal.2017.04.014.
- (24) Bimal K Banik, D. B. *Advances in Microwave Chemistry*; 2019.
- (25) Kappe, C. O. Microwave-assisted chemistry. *Compr. Med. Chem. II* **2006**, *3*, 837–860. DOI: 10.1016/b0-08-045044-x/00109-7.
- (26) Pinheiro, F. C.; Barros, A. I.; Nóbrega, J. A. Microwave-assisted sample preparation of medicines for determination of elemental impurities in compliance with United States Pharmacopeia: How simple can it be? *Anal. Chim. Acta* **2019**, *1065*, 1–11. DOI: 10.1016/j.aca.2019.03.016.
- (27) Müller, E. I.; Mesko, M. F.; Moraes, D. P.; Korn, M. das G. A.; Flores, É. M. M. *Wet Digestion Using Microwave Heating*; Elsevier, 2014. DOI: 10.1016/B978-0-444-59420-4.00004-0.
- (28) Kingston, H. M.; Jassie, L. B. Microwave Energy for Acid Decomposition at Elevated Temperatures and Pressures Using Biological and Botanical Samples. *Anal. Chem.* **1986**, *58*, 2534–2541. DOI: 10.1021/ac00125a038.
- (29) Beauchemin, D. *Sample Introduction Systems in ICPMS and ICPOES*; Elsevier, 2020.
- (30) Robert Thomas. *Practical Guide to ICP-MS A Tutorial for Beginner*; 2013.
- (31) Zhang, X.; Yang, Y.; Ngo, H. H.; Guo, W.; Wen, H.; Wang, X.; Zhang, J.; Long, T. A critical review on challenges and trend of ultrapure water production process. *Sci. Total Environ.* **2021**, *785*, 147254. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147254.
- (32) Jin, Y.; Lee, H.; Zhan, M.; Hong, S. UV radiation pretreatment for reverse osmosis (RO) process in ultrapure water (UPW) production. *Desalination* **2018**, *439*, 138–146. DOI: 10.1016/j.desal.2018.04.019.
- (33) Dr. Elmar Herbig, M. Reutz, R. B. Pure water: Generating ultrapure water for ICP-MS. *Filtr. + Sep.* **2012**, *49*, 34–35. DOI: 10.1016/S0015-1882(12)70111-8.
- (34) Ohno, T.; Susan Erich, M. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agric. Ecosyst. Environ.* **1990**, *32*, 223–239. DOI: 10.1016/0167-8809(90)90162-7.

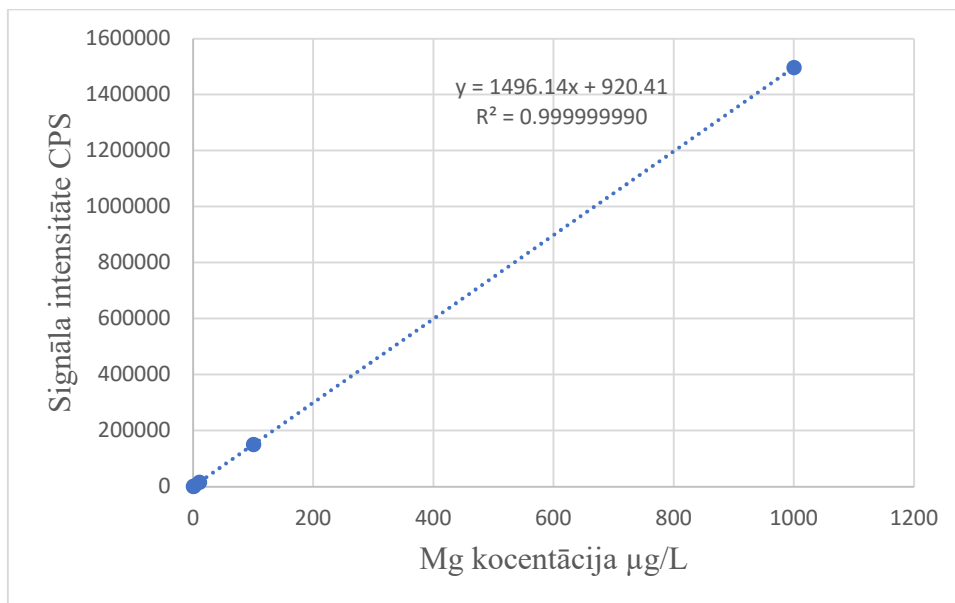
PIELIKUMI

1.pielikums.

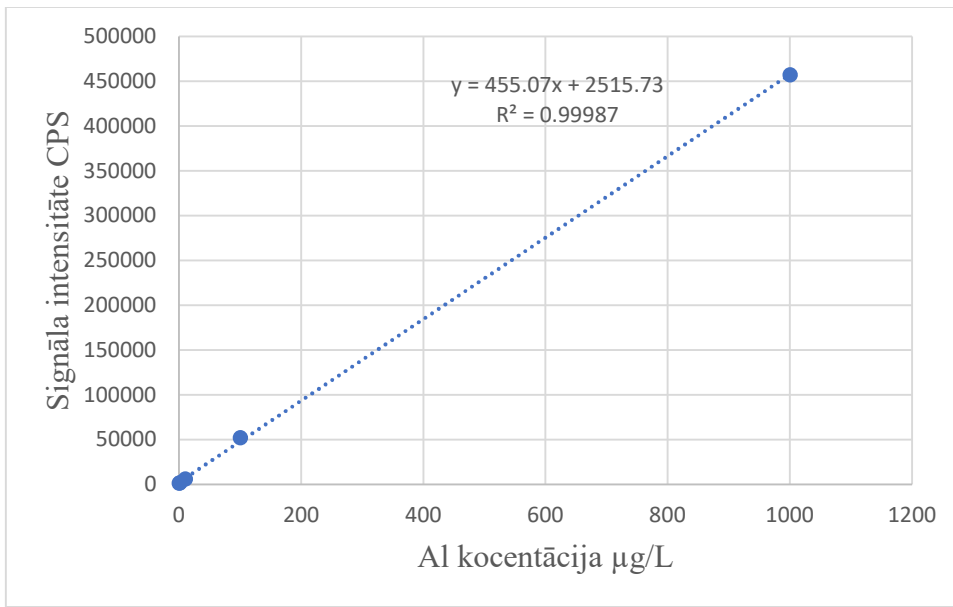
ICP-MS kalibrēšanas grafiki.



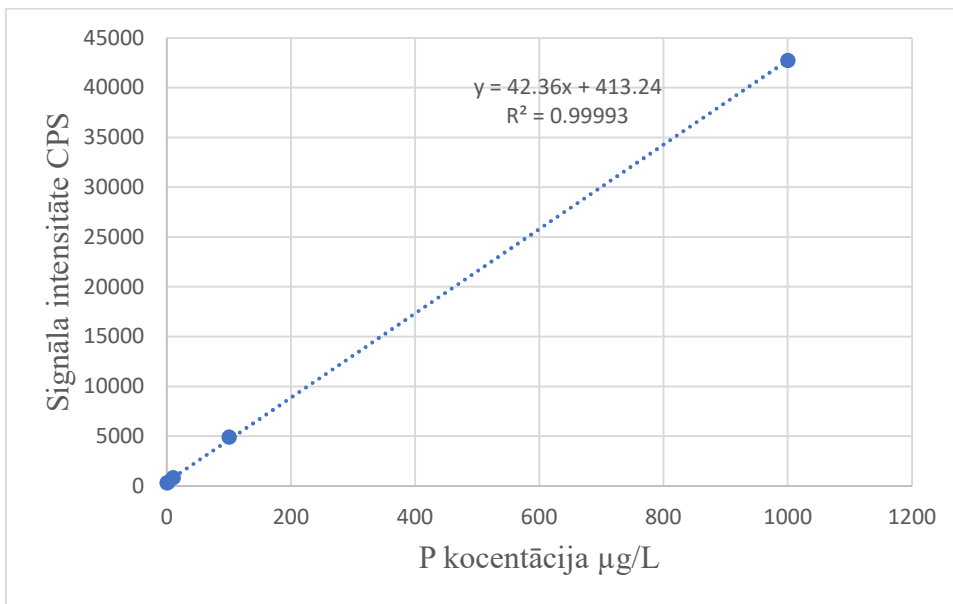
1.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Na koncentrācijas



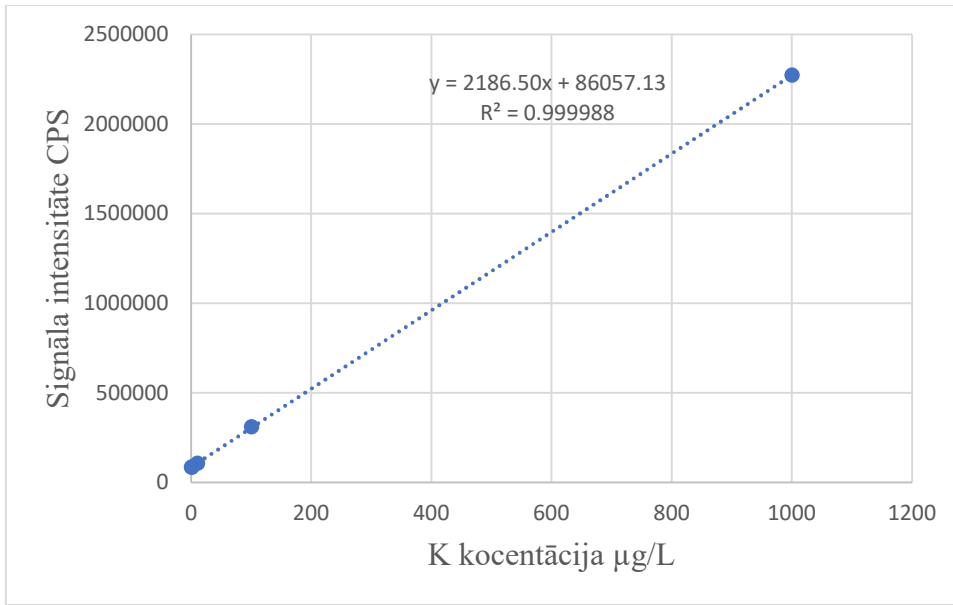
2.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Mg koncentrācijas



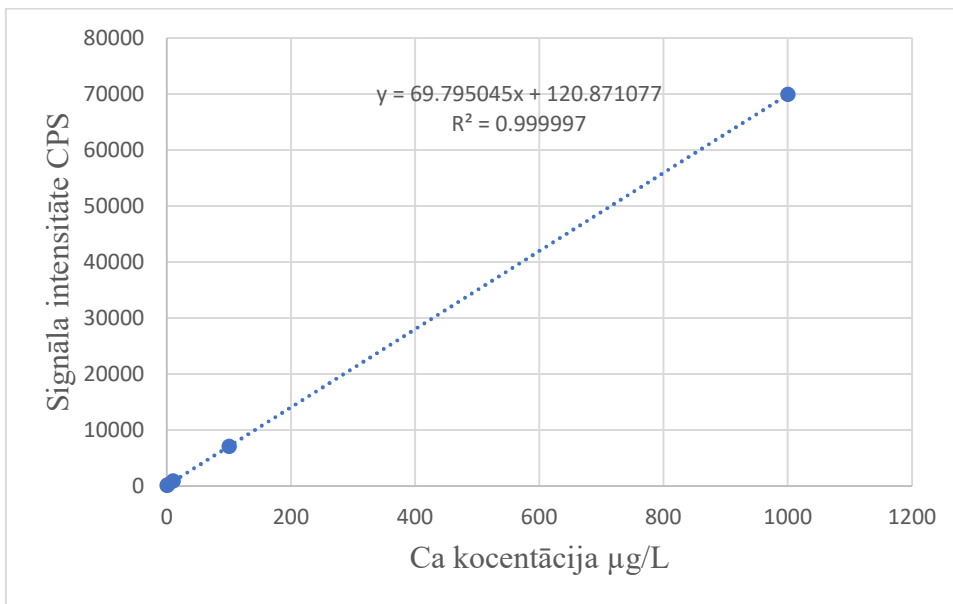
3.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Al koncentrācijas



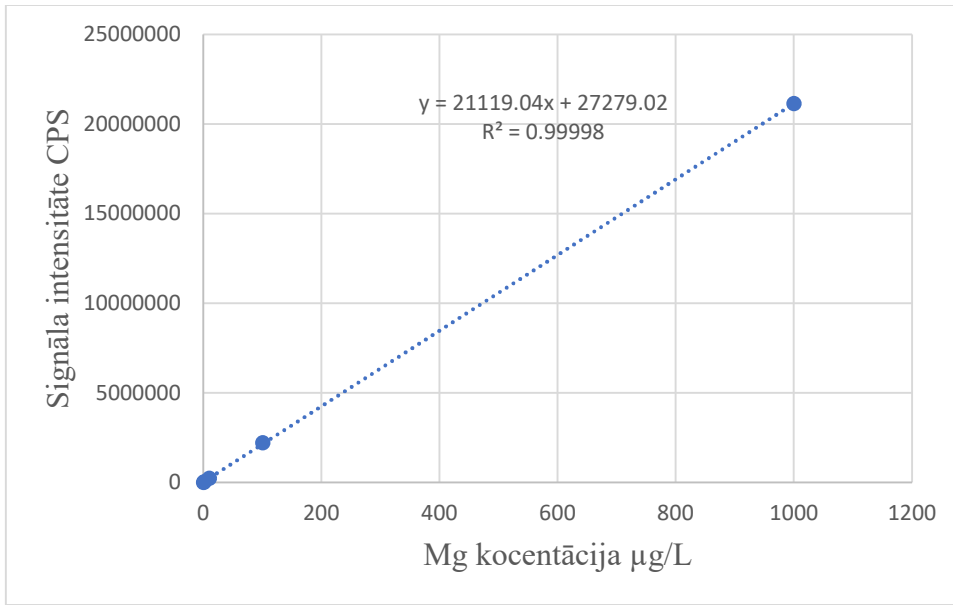
4.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Al koncentrācijas



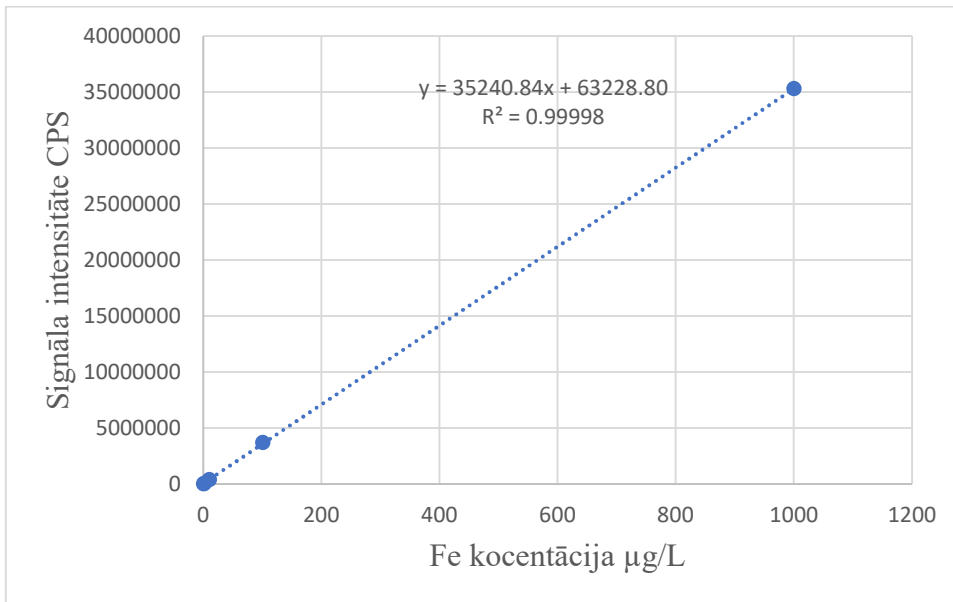
5.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība K koncentrācijas



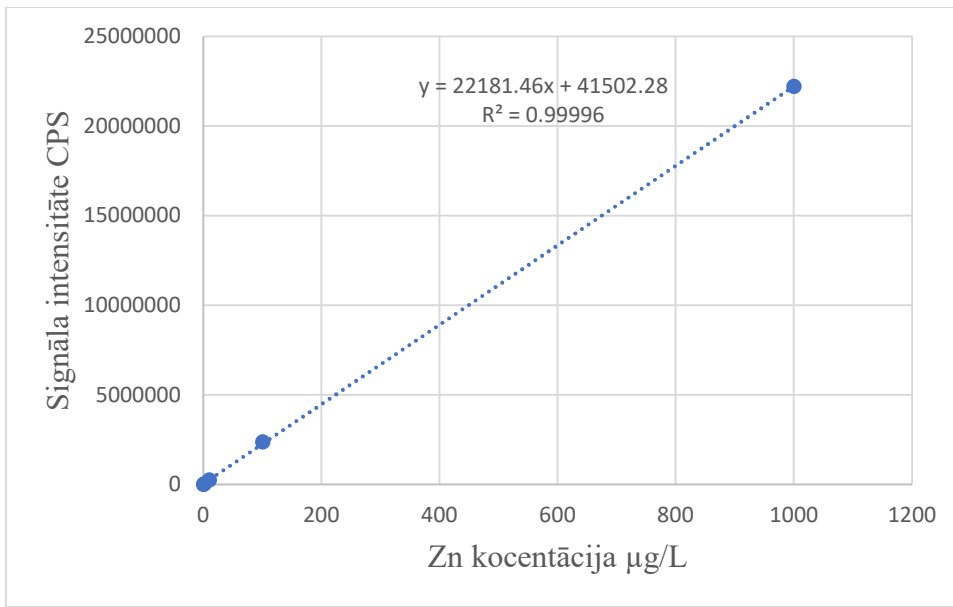
6.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Ca koncentrācijas



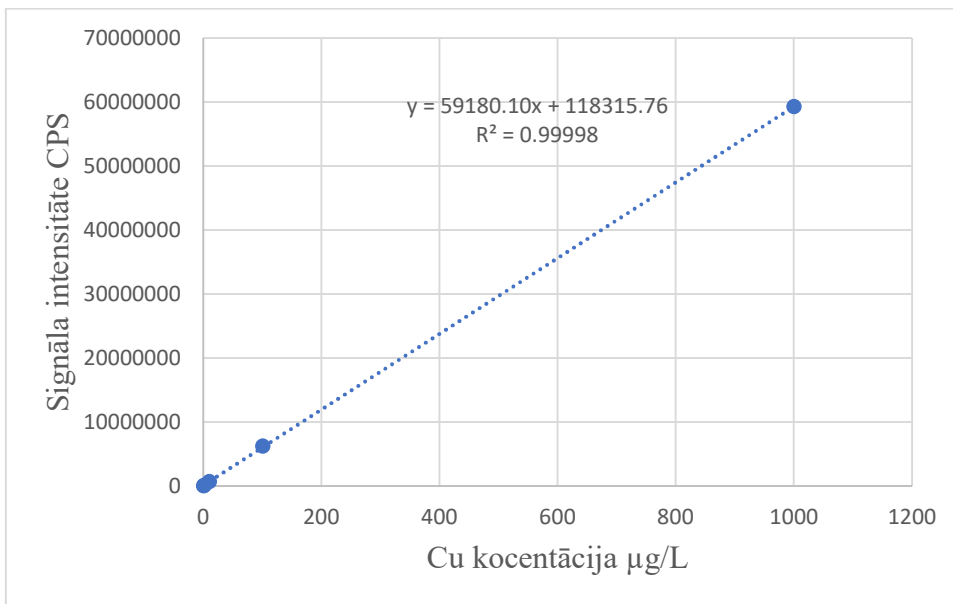
7.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Ca koncentrācijas



8.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Fe koncentrācijas



9.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Zn koncentrācijas



10.att. Elementu jonu signāla intensitātes atkarība Cu koncentrācijas

Bakalaura darbs „Pelnu ietekme uz elementu saturu gurķu augos (*Cucumis Sativus*)”
izstrādāts LU Ķīmijas fakultātē.

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

Autors: _____ Daniels Kļaviņš
(personiskais paraksts)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Darba vadītājs: pētnieks Mg. Chem. Māris Bērtiņš _____
(personiskais paraksts) (datums)

Recenzents: _____
(personiskais paraksts) (datums) (paraksta atšifrējums)

Darbs iesniegts Ķīmijas fakultātē 18.08.2021.

Dekāna pilnvarotā persona: _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē:

: _____ protokols Nr. _____
(datums) (protokola Nr.)

Komisijas sekretāre: lektore _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)