



ELFLA projekts

“Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā”

Nr. 18-00-A01612-000010

Gala pārskats

Jelgava, 2023

Saturs

Kopsavilkums.....	5
INFORMĀCIJAS SAGATAVOTĀJS.....	5
PROJEKTA KOORDINATORS UN TĀ KONTAKTINFORMĀCIJA	5
SADARBĪBAS PARTNERI UN TO KONTAKTINFORMĀCIJA.....	5
PROJEKTA ĪSTENOŠANAS PERIODS	6
KOPĒJĀS PROJEKTA IZMAKSAS	6
PROJEKTA PAMATJĒDZIENS.....	6
DARBĪBAS UN PROJEKTA KOPSAVILKUMS, IETVEROT MĒRĶUS, PROBLĒMAS UN IESPĒJAS, IEGUVUMUS UN IESPĒJAS GALALĪETOTĀJAM, GALVENĀS DARBĪBAS, SASNIEGTOS PRAKTISKOS REZULTĀTUS UN REKOMENDĀCIJAS. 6	
Aktualitāte un problēmas.	6
Projekta mērķis:.....	10
Galvenie uzdevumi:.....	10
Galvenās aktivitātes un partneri, kas to īstenoja.	10
Sasniegtie rezultāti un rekomendācijas.	10
1. aktivitāte - Sapropeļa ieguve un dehidratācija	13
Materiāli un metodes	13
Primārā sapropeļa dehidratācija	14
Rezultāti	14
Pētījuma vietas un apstākļu izvērtējums	14
Absolūtā mitruma kontrole.....	16
Volumetriskā mitruma kontrole sapropeļa primārās dehidratācijas ietvaros	18
Sapropeļa minerālais sastāvs un sorbcijas īpašības.....	20
HUMĀTU, HUMĪNSKĀBJU UN FULVOSKĀBJU EKSTRAKCIJAS METODES	21
SAPROPEĻA IEGUVES EKONOMISKAIS IZVĒRTĒJUMS.....	22
Sapropeļa ieguves tehnoloģijas	22
Iegūtais apjoms un kvalitāte	23
Faktiskā iegūtās produkcijas pašizmaksa	23
SECINĀJUMI par sapropeļa ieguvi un dehidratāciju.....	24
2. aktivitāte – Sapropeļa sekundārā dehidratācija un uzglabāšanas pētījumi.....	26
Sekundārā sapropeļa atūdeņošana 21–23 °C temperatūrā.....	26
Sekundārā sapropeļa atūdeņošana 50 un 70 °C temperatūrā.....	27
Sapropeļa fermentatīvās aktivitāte uzglabāšanas laikā dabiskos apstākļos dehidratētām sapropelīm	29
Metodika.....	29
Sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšana.....	29
Sapropeļī esošo dehidrogenāžu aktivitātes noteikšana.....	29
Sapropeļī esošo hidrolītisko fermentu aktivitātes noteikšana	29
Sausnes satura noteikšana	30
Sapropeļa mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes mērījumi	30
Sausnes satura izmaiņas	30
Sapropeļī esošo dehidrogenāžu aktivitātes noteikšana.....	31
Sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšana.....	32
Sapropeļa mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitāte paraugu uzglabāšanas laikā.....	33
Sausnes izmaiņas.....	33
Elpošanas intensitātes izmaiņas	34
FDA hidrolīzes intensitāte.....	36
Dehidrogenāžu aktivitāte.....	36
Sapropeļa fermentatīvās aktivitāte uzglabāšanas laikā izžāvētā sapropelī.....	39
Metodika.....	39
Sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšana.....	39

Sapropelī esošo dehidrogenāžu aktivitātes noteikšana.....	39
Sapropelī esošo hidrolītisko fermentu aktivitātes noteikšana	39
Sapropēļa mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes mērījumi	40
SECINĀJUMI	40
Sapropēļa dehidratācijas pakāpes ietekme uz gurķu un zirņu sēklu dīgšanas stimulēšanu .	41
Nūstiņu ezera sapropēļa sastāva izpēte	41
3.1. aktivitāte - Sapropēļa pielietošana mēslojumam atklātajās platībās bioloģiskajā lauksaimniecībā.....	42
Metodika.....	42
LAUKA IZMĒĢINĀJUMU APSTĀKĻI	42
Izmēģinājumu vietas raksturojums.....	42
Audzēšanas tehnoloģija.....	43
Meteoroloģiskie apstākļi	43
Izmēģinājumā iekļauto šķirņu raksturojums	44
Sapropēļa raksturojums	46
Izmēģinājuma shēma.....	48
Novērojumi un uzskaites:.....	48
Analīzes un mērījumi	48
Augsnes paraugu noņemšana	48
Ražas un kvalitātes noteikšana	49
Datu matemātiskā apstrāde.....	49
REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS	50
Augsnes agroķīmiskie rādītāji.....	50
Kultūraugu fenoloģiskie novērojumi	50
Kultūraugu raža	52
Kultūraugu ražas kvalitāte.....	53
Slimību un kaitēkļu monitorings	55
Ekonomiskā analīze.....	56
KOPSAVILKUMS.....	57
3.2. aktivitāte - Sapropēļa pielietošana mēslojumam dārzkopībā	58
METODIKA.....	58
Pētījuma apstākļi, augsnes un sapropēļa raksturojums	58
Augsnes un sapropēļa izpētes metodika.....	60
Augsnes fizikālo īpašību noteikšanas metodika	60
Lapu paraugu vākšana.....	60
Augu veģetatīvās augšanas novērojumu uzskaites metodika un augu minerālās barošanās diagnostika	60
Augsnes un augu analīžu metodika	61
Datu matemātiskā apstrāde.....	61
PĒTĪJUMA REZULTĀTI.....	61
Augsnes un sapropēļa raksturojums 2019. gadā	61
Augsnes fizikālo īpašību izmaiņas	61
Augu veģetatīvās augšanas novērojumi	64
Augu minerālā barošanās	74
Augu bioķīmiskie rādītāji.....	80
SECINĀJUMI	83
4.1. aktivitāte - Sapropēļa un no sapropēļa iegūta Na humātāta pielietojums Holšteinas melnraibās šķirnes teļu audzēšanā.....	84
Pētījuma vieta, materiāls un metodika	84
Galvenie secinājumi:	89
TEĻU VESELĪBA UN GREMOŠANAS TRAKTA MIKROBIOLOĢIJA.....	90
Asins hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju noteikšana	90



Zarnu trakta satura mikrobioloģiskā izmeklēšana.....	90
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	92
Asiņu hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju izmaiņu analīze	92
Bioķīmisko asins rādītāju izvērtējums	92
Hematoloģisko asins rādītāju analīze	95
Sapropeļa piedevu ietekme uz fekāliju mikrobiotas izmaiņām.....	97
SECINĀJUMI	100
4.2. aktivitāte - Sapropeļa un no sapropeļa iegūta Na humātāta pielietojums broileru audzēšanā	104
Materiāli un metodes	105
Pētījuma rezultāti.....	109
Broileru veselība un gremošanas trakta mikrobioloģija.....	123
Holesterīna daudzuma noteikšana muskulatūrā	123
Asiņu hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju izmaiņu izvērtējums	124
Sapropeļa piedevu ietekmes uz fēču mikrobiotas izmaiņām salīdzinājums	128
Holesterīna daudzuma izvērtējums broilercāļu muskulatūrā	129
SECINĀJUMI	132
5.aktivitāte – Projekta rezultātu publicitāte un izplatīšana.....	136
Pētījuma rezultātu zinātniskās publikācijas (kopsavilkumi un pilnu tekstu publikācijas konferenču izdevumos, žurnālos).....	136
Pētījuma rezultātu prezentēšana zinātniskās konferencēs	138
Pētījuma rezultātu prezentēšana semināros un lauka dienās	140
Projekta rezultātu publiskošana (info partneru web lapās un soc tīklos)	141
Dalība EIP darba grupu semināros	144
Citi rezultāti.....	144

KOPSAVILKUMS

INFORMĀCIJAS SAGATAVOTĀJS

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte LBTU
Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001
Līga Proškina, liga.proskina@lbtu.lv, 28206624

PROJEKTA KOORDINATORS UN TĀ KONTAKTINFORMĀCIJA

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (LBTU), (*iepriekš Latvijas Lauksaimniecības universitāte (LLU)*)
Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001
Irina.Pilvere, rektors@lbtu.lv, 29217851

SADARBĪBAS PARTNERI UN TO KONTAKTINFORMĀCIJA

Agroresursu un ekonomikas institūts, Priekuļu pētniecības centrs (AREI PPC)
Zinātnes iela 2, Priekuļi, Cēsu novads, LV-4126
Sallija Ceriņa, sallija.cerina@arei.lv, 26528261

SIA «Ainava GG»
Rītausmas, Svariņu pagasts, Dagdas novads, LV-5698
Guntis Gūtmanis, guntis@rgg.lv, 29440446

SIA «Ogres Piens»,
Ogresgala pag., Ogres nov. LV-5041
Līga Langmane, liga.langmane@gmail.com, 27733377

SIA «Valmiera Agro»
Ogres nov., Ogresgala pag., "Ekāni", LV-5041
Sergejs Senkāns, valdes loceklis

SIA «Stādu audzētava «Dimzas»»
Aku ceļš 3, Jelgava, LV-3008
Andrejs Vītoliņš, dimzas@dimzas.com, 25951565

SIA «Zemgales dārzi»,
Andrejs Vītoliņš, andrejs@stadi.lv, 25951565

Lauksaimniecības organizāciju sadarbības padome (LOSP)
Republikas laukums 2, Rīga, LV-1010

Latvijas Bioloģiskās lauksaimniecības asociācija (LBLA)
Republikas laukums 2, Rīga, LV-1010
Gustavs Norkārkliis, gustavs@ekoprodukti.lv, 29495888

Stādu Audzētāju Biedrība (SAB)

Republikas laukums 2, Rīga, LV-1010
Andrejs Vītoliņš, andrejs@stadi.lv, 25951565

PROJEKTA ĪSTENOŠANAS PERIODS

07.05.2018.-02.05.2023.

KOPĒJĀS PROJEKTA IZMAKSAS

499570.75 EUR, no tā publiskais finansējums 449613.68 EUR

PROJEKTA PAMATJĒDIENS

Projekta ietvaros tiks pārnesta un pētīta citā nozarē funkcionējoša tehnoloģija, kas sapropeļa ieguvē ir inovatīvs risinājums. Iegūtais produkts – dehidratēts sapropelis, izmantots lauksaimniecības primārās ražošanas jomā kā inovatīvs produkts – sapropeļa mēslojums augsnes ielabošanai augkopībā bioloģiskajā lauksaimniecībā un segtās platībās dārzkopībā integrētajā lauksaimniecībā. Uz sapropeļa bāzes izstrādātā inovatīvā lopbarības piedeva pielietota lopkopībā – holšteinas šķirnes vaislas teļu ēdināšanā un broilercāļu ēdināšanā kā minerālvielu un vitamīnu piedeva, samazinot lopbarības izmaksas, uzlabojot dzīvnieku veselības un imunitātes stāvokli, veicinot dzīvnieku produktivitāti un sekmējot ražošanas rentabilitāti.

DARBĪBAS UN PROJEKTA KOPSAVILKUMS, IETVEROT MĒRĶUS, PROBLĒMAS UN IESPĒJAS, IEGUVUMUS UN IESPĒJAS GALALĪETOTĀJAM, GALVENĀS DARBĪBAS, SASNIEGTOS PRAKTISKOS REZULTĀTUS UN REKOMENDĀCIJAS

Aktualitāte un problēmas.

Sapropelis ir organogēni ezera nogulumi, kas veidojas nogulsņējoties un pārveidojas ūdensaugu un organismu atliekām kopā ar minerāldaļiņām (smilts, māls, kalcija karbonāts un citi savienojumi). Tā sastāvā esošo humusvielu unikālā spēja uzlabot dzīvnieku vielmaiņas procesus, ļauj paaugstināt to organisma aizsargspējas un palielināt ražošanas efektivitāti. Augkopībā, sapropeļa spēja uzlabot augsnes kvalitāti un bioloģisko aktivitāti, ir vitāla augu apsākšanās un augšanas procesā un ļauj samazināt importēto sintētisko minerālmēslu lietošanu augkopībā. Vienlaikus nodrošina augstāku ražības līmeni, tādējādi nodrošinot lauksaimniecības resursu saglabāšanu, ražošanas efektivitātes uzlabošanu un samazinot mēslošanas līdzekļu lietošanu.

Rūpnieciski izmantojamo sapropeļa krājumi 2021. gadā bija 732.4 milj. m³ (pēc LVGMC datiem), bet kopējie krājumi varētu pārsniegt 2 miljardus m³ (Segliņš, 2014). Lai gan pagājušā gadsimta pirmajā pusē sapropeli galvenokārt izmantoja augsnes mēslošanai kā augsnes ielabotāju vai papildmēslojumu (Stankeviča, Kļaviņš, 2014), mūsdienās to pielieto materiālzinātnē, kosmētikā, medicīnā un daudzās citās nozarēs. Tomēr līdz šim sapropeļa ieguve un izmantošana rūpnieciskos apjomos Latvijā nav bijusi veiksmīga, jo nav izdevies atrast ekonomiski pamatotas tā ieguves un dehidratēšanas risinājumus.

Nemot vērā sapropeļa, kā organiskā materiāla vērtību augšņu ielabošanā un apzinoties sapropeļa lielo daudzveidību ķīmiskā sastāva ziņā, svarīgi saprast konkrētā ieguves vietā iegūta materiāla izmantošanas potenciālu dažādām laukaugu sugām. Sapropeļa kā bioloģiskā mēslojuma augkopībā izpēte valsts mērogā ir iespēja attīstīt augstas pievienotās vērtības produktu vietējam un eksporta tirgum, kas var dot būtisku pozitīvu efektīvu ilgtermiņā

augkopības nozares ražošanas rentabilitātes palielināšanā, nodarbinātības sekmēšanai Latvijas laukos un Latvijas eksporta spējas stiprināšanā.

Lai turpmāk attīstītu lopkopības nozares un nodrošinātu to audzēšanas efektivitātes uzlabošanu, ir nepieciešami inovatīvi risinājumi par barības efektīvāku izmantošanu, izmantojot dabiskas izcelsmes bioloģiski aktīvās vielas, kas iegūtas no vietējiem resursiem un izejvielām. Meklējot jaunus veidus lopkopības produktivitātes paaugstināšanai un ņemot vērā augstās vides prasības, prasības produktīvo dzīvnieku un putnu veselībai, produktivitātei un produkcijas kvalitātei, ir nozīmīgi palielināties pētījumu skaits par dažādas izcelsmes humusvielu izmantošanu lopkopībā, akcentējot no vietējiem resursiem iegūtas barības piedevas. Intensīvas lopkopības apstākļos tiek meklēti arvien jauni izejvielu avoti, kas spēj novērst minerālvielu, vitamīnu un organisko savienojumu deficītu barības devās. Viens no dabiskiem un maz izmantotiem šādu izejvielu avotiem ir Latvijā plaši sastopamais sapropelis. Pētījumā analizēta no Latvijā iegūta ezera sapropeļa un no tā ražota nātrijs humāts (NaHum) barības piedevu izmantošana Holšteinas melnraibo vaislas teļu un broilercāļu ēdināšanā.

Pārtikas drošība un klimata pārmaiņas ir svarīgākie 21. gadsimta globālie izaicinājumi. 2050. gadā pasaulē tiek prognozēts būtisks pārtikas trūkums, jo uz Zemes būs gandrīz 10 miljardi cilvēku — par aptuveni 3 miljardiem vairāk nekā bija 2010. gadā. Turklāt arī iedzīvotāju ienākumi palielināsies, tāpēc cilvēki arvien vairāk patērēs resursietilpīgāku dzīvnieku izcelsmes pārtiku [1]. Tas izraisīs nepieciešamību dubultot lauksaimniecības dzīvnieku izcelsmes pārtikas ražošanu [2,3]. Zemes resursu globālā izmantošana turpinās un palielināsies līdz ar prognozēto pasaules iedzīvotāju skaita un pārtikas pieprasījuma pieaugumu. Risinot globālās zemes izmantošanas vides problēmas, ārkārtīgi svarīgi ir atrast kompromisus starp cilvēku vajadzību apmierināšanu un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu nākamajām paaudzēm. Pārtikas patēriņa modeļi būs nesaraujami saistīti ar zemes izmantošanu un tās izmaiņām [4]. Tāpēc ir nepieciešamas inovatīvas stratēģijas, lai uzlabotu lauksaimniecības produkcijas ražošanas un patēriņa sistēmu ilgtspējību, kas nozīmē jaunu, efektīvu un videi draudzīgu mēslošanas, barības līdzekļu meklējumi un izpēti. Šajā kontekstā var atzīmēt saldūdens sapropeli, kas līdz šim ir Latvijā maz izmantots resurss.

Sapropelis ir plaši sastopams visā pasaulē, visvairāk raksturīgs Āzijas un Eiropas mērenajai klimata joslai (Krievijā, Skandināvijā, Francijā, Vācijā, Polijā, Baltijas valstīs, Baltkrievijā un Ukrainā), kā arī Ziemeļamerikas kontinenta Lielo ezeru reģionam (Kanādā un Amerikas Savienotajās valstīs). Neskatoties uz sapropeļa krājumiem un plašo pētījuma klāstu, ilgstoša sapropeļa ieguve nav notikusi, jo nav izdevies atrast ekonomiski pamatotus tā ieguves un dehidratēšanas risinājumus, kas lielā mērā ir saistīti ar sapropeļa ieguves īpatnībām un sapropeļa atūdeņošanās gaitu (Kaķītis, 1999). Atsevišķās pasaules valstīs ir veikti nozīmīgi pētījumi par sapropeļa ieguvu un tā ķīmisko sastāvu, piemēram, Krievijā, zinātnieki konstatēja, ka sapropelis ir saistīts ar karbonātu klasi un identificēti vairāk nekā 30 sapropeļa makro un mikroelementi [25, 26, 27, 28, 29, 30], līdzīgi pētījumi ir veikti arī citās Eiropas valstīs, īpaši uzsverot humusvielu satura izpēti sapropelī. Šādi pētījumi ir īpaši nozīmīga Baltijas valstīm un Ziemeļeiropai, jo šajā reģionā sapropelis ir plaši izplatīts un pieejams saldūdens tilpnēs [31]. Pētījumi par sapropeļa izpēti ir veikti Baltkrievijā [32], Zviedrijā [33, 34], Rumānijā [35], Horvātijā [36], Vācijā [37], Norvēģijā [38] u.c. valstīs. Arī Baltijas valstīs ir atrodami vairāku pētījumu rezultāti par sapropeli un tā iespējamo izmantošanu. Piemēram, ir konstatēts, ka Lietuvas ezeros un purvos ir > 10 miljardi m³ sapropeļa atradņu. Sapropelis ir uzkrājis ievērojamu dabā sabalansētu bioaktīvo vielu saturu: vitamīnus, īpaši B grupas, enzīmus, neaizvietojamās aminoskābes, ogļhidrātus, estrogēnus, humīnskābes, lipīdu frakcijas, augšanas un citus biostimulatorus, arī probiotikas [39, 40, 41]. Igaunijā pētnieki uzsver, ka ar bioloģiskām vielām bagāto sapropeli var izmantot lauksaimniecībā un acīmredzot arī medicīniskiem nolūkiem [42]. Latvijas ezeros arī ir ievērojami sapropeļa nogulumu krājumi [43] un tie ir novērtēti aptuveni ar 800-900 milj.m³, minētais resursu apjoms kā izejviela, varētu pietikt vairākām simtgadēm [44]. Ja lielākā daļa zinātnieku pētījumos koncentrējas uz sapropeļa ķīmiskā sastāva izpēti, tad salīdzinoši maz pētījumu ir

par sapropeļa un tā aktīvo vielu izmantošanu tautsaimniecībā.

Pētījumā Latvijas apstākļos novērtēta sapropeļa atūdeņošanās gaitu citviet plaši izmantajos ģeotekstila maisos, kas nodrošina efektīvāku atūdeņošanās procesu, samazina vides piesārņojuma iespējamību atšķirībā no atklātajiem sapropeļa atūdeņošanas baseiniem. Ģeotekstila materiālu rūpnieciski izmanto jau kopš pagājušā gadsimta 50-iem gadiem, galvenokārt hidroinženierijā un vides zinātnēs, savukārt kopš pagājušā gadsimta 90-iem gadiem ģeotekstila maiši tiek izmantoti arī piesārņotu nogulumu, t.sk. arī sapropeļa atūdeņošanā. Tāpēc viens no pētījuma uzdevumiem bija ir novērtēt ģeotekstila (GeoTube) maišu piemērotību sapropeļa atūdeņošanai un apkārtējo vides apstākļu ietekmi uz sapropeļa atūdeņošanas tempu. (1. aktivitāte), kā arī izvērtēt iegūtā sapropeļa sastāvu un tā izmaiņas uzglabāšanas laikā (2. aktivitāte). Sapropeļa transportēšanas iespējas ierobežo lielais mitruma daudzums sapropeļa sastāvā, tāpēc kā svarīgs aspekts tika analizētas iespējas un sapropeļa izmaiņas tā piespiedu dehidratēšanas apstākļos pie dažādiem temperatūras režīmiem (2. aktivitāte)

Projekta “Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā” viens no uzdevumiem bija noskaidrot konkrēta sapropeļa lietošanas efektivitāti laukkopībā un dārzkopībā, dažādu kultūraugu mēslošanā (3. aktivitāte). Sapropeļa kā bioloģiskā mēslojuma augkopībā izpēte valsts mērogā ir iespēja attīstīt augstas pievienotās vērtības produktu vietējam un eksporta tirgum, kas var dot būtisku pozitīvu efektīvu ilgtermiņā augkopības nozares ražošanas rentabilitātes palielināšanā, nodarbinātības sekmēšanai Latvijas laukos un Latvijas eksporta spējas stiprināšanā.

Zinātniskajos pētījumos noskaidrots, ka sapropelis atkarībā no reģiona ģeogrāfiskajiem apstākļiem un cilvēku veiktajām aktivitātēm ir daudzveidīgs pēc ķīmiskā sastāva un līdz ar to arī pēc īpašībām, kas ir noteicošās tā izmantošanas izvēlei. Ņemot vērā sapropeļa, kā organiskā materiāla vērtību augšņu ielabošanā un apzinoties sapropeļa lielo daudzveidību ķīmiskā sastāva ziņā, svarīgi saprast konkrētā ieguves vietā iegūta materiāla izmantošanas potenciālu dažādām laukaugu sugām. Laukkopībā un dārzkopībā to izmanto augu mēslošanai un augsnes uzlabošanai. Augsnes uzlabošanai un mēslošanai ar vislielāko efektivitāti var izmantot organogēnās un organogēnās–silikātu klases sapropelus. Tie, pēc organisko ezeru nogulumu klasifikācijas, pārstāv klasisko sapropeli, kur organiskās vielas ir 15–70% un kura minerālo daļu veido silikāti. Skābām augsnēm ieteicams izmantot karbonātu klases sapropelus.

Sapropeļa izmantošanai lauku ielabošanā ir salīdzinoši sena vēsture, un, lai arī fragmentāri, daudzās valstīs veikti plaši pētījumi. Līdz šim iegūtie dati liecina, ka, izmantojot sapropeli, uzlabojas augsnes īpašības un palielinās iegūtās ražas līmenis; to sekmē sapropeli esošais lielais humusvielu daudzums. Tiesa, jāņem vērā, ka organisko savienojumu pārveidošanās (mineralizācijas) process ir lēns, tāpēc uz tūlītēju acīm redzamu efektu nevajadzētu noskaņoties (Zariņa, 2016). Fulvoskābe, kura ir sapropeļa sastāvā, stimulē augu augšanu, piem., pēc sēklu apstrādes, arī ārpussakņu mēslošanas gadījumā, kā arī, ja tā tiek pievadīta sakņu zonas vidē – max pozitīvais efekts konstatēts pie devas 90 mg L⁻¹. Iedarbība uz augiem izpaužas atbilstoši pētījumā izmantotajam mēslošanas veidam. Ja pielieto ārpussakņu mēslošanu – uzlabojās augu virszemes daļu minerālā barošanās un vielmaiņas procesi, arī augu virszemes daļu asimilācijas aktivizēšana, attiecīgi pie barības šķīduma pievadīšanas sakņu zonā – tiek veicināta sakņu pilnvērtīga apgāde ar barības elementiem un fotosintēzes pigmentu – hlorofila un karotinoīda sintēzes aktivizēšana, kas aktivizē pašu fotosintēzes procesu (Удалова, et al., 2021).

Lauksaimniecības politikā, kuras mērķis ir gan ilgtspēja, gan nabadzības samazināšana un lauku reģionu attīstība, būtu jāievēro daudzpusīga pieeja [13]. Viena no tām – lopbarības izmantošanas efektivitātes palielināšana, kas ir izšķiroši svarīga gaļas un piena ražošanā. Gaļas un piena ieguve no atgremotājiem ir nozīmīgi olbaltumvielu avoti cilvēku uzturā visā

pasaulē [7]. Dzīvnieku izcelsmes produktu ražošana atbalsta vietējo tirdzniecību un reģionālo ekonomiku, vienlaikus veicinot pārtikas pieejamību bez lielas ārējās atkarības [8]. Lauku apvidos lauksaimniecības dzīvnieku audzēšana nodrošina ne tikai ienākumus to īpašniekiem, bet ir arī pārtikas ieguves un darbaspēka avots [8, 9, 10], lopkopība garantē kultūrainavas saglabāšanu un kopšanu, veicina lauku apvidu pievilcību un rekreatīvo vērtību. Tomēr prognozētās klimata pārmaiņas būtiski ietekmēs lopkopību, jo lauksaimniecības dzīvnieku produktivitāte pazemināsies, barības struktūra un nepieciešamais apjoms mainīsies, tiek prognozēta reģionāla dažādu infekcijas slimību izplatība [3]. Tāpēc daudzviet pasaulē zinātnieki un ražotāji meklē jaunas stratēģijas un tehnoloģiskās inovācijas, lai uzlabotu lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanu, ģenētiku, veselību, lai lopkopībā palielinātu produktivitāti, padarot resursu izmantošanu efektīvāku ar potenciālu samazināt SEG emisijas [2, 11]. Produktivitāte un ienākumi ir būtiski ilgtspējīgai lauksaimniecības izaugsmei [12]. Bažas par lauksaimniecības sistēmu ilgtspējību ir saistītas ar nepieciešamību izstrādāt jaunas tehnoloģijas un praksi, kas neatstātu negatīvu ietekmi uz vidi, būtu efektīvas un pieejamas lauksaimniekiem, uzlabotu pārtikas ražošanas produktivitāti [13]. Jaunāko pētījumu statistika atklāj, ka lauksaimnieciskās ražošanas pieaugums pasaulē pēdējās desmitgadēs ir apstājies klimata pārmaiņu dēļ. Tāpēc lauksaimniecības produktivitātes palielināšana ir vienīgais risinājums pieaugošā pasaules iedzīvotāju skaita nodrošināšanai ar pārtiku [14, 15].

Barības sastāvs un kvalitāte ir galvenie faktori, kas nosaka lauksaimniecības dzīvnieku produktivitāti un barības izmantošanas efektivitāti. Zinātnieku veiktie pētījumi pierāda, ka lopkopības sistēmās ir lielas atšķirības barības efektivitātes un emisiju intensitātē [16, 17]. Straujāks lopkopības produktivitātes palielinājums un cilvēku uztura izmaiņas varētu sekmēt mazāka apjoma zemes izmantošanu pārtikas patēriņa veicināšanai ar tehnoloģiju un zemes pārvaldības uzlabojumiem, stingrākas klimata un vides politikas ieviešanu un izmaiņas pārtikas izvēlē [18]. Lauksaimniecības dzīvnieku produktivitātes palielināšana (t.i. dzīvmasas pieaugums vai piena ieguve no viena dzīvnieka) un auglība (t.i. mazāka izkaušana un zemāki aizstāšanas rādītāji) var samazināt SEG emisijas uz katru ražotā produkta kg [19]. Turklāt ir jāmeklē risinājumi arī dzīvnieku veselības nodrošināšanai, jo tas var veicināt to produktivitāti un ilgmūžību, efektīvāk izmantojot esošos resursus [20]. Tas atbilstu European Green Deal kursam un tā centrā esošajai “Farm to Fork” stratēģijai, kas daudzveidīgi risina uzdevumus saistībā ar ilgtspējīgām pārtikas sistēmām. Tāpēc lauksaimniekiem ir ātrāk jāpārveido ražošanas metodes un optimāli jāizmanto dabā balstīti risinājumi, kas ļautu gūt klimatam un videi draudzīgākus rezultātus, nostiprināt pārtikas nozares izturētspēju pret klimata pārmaiņām un mazināt ražošanā nepieciešamo resursu izmantošanu [21]. Jo klimata pārmaiņu negatīvo seku samazināšana vienlaikus var mazināt emisiju intensitāti un palielināt ražošanu, turklāt nodrošinot dzīvnieku veselību. Tas īpaši attiecas uz uzlabotu lopbarības izmantošanas un lauksaimniecības dzīvnieku barošanas praksi, kā arī labāku ganāmpulka veselības un pārvaldības praksi [9]. Turklāt Eiropas Komisija uzsver, ka Eiropas Savienībā (ES) iespēju robežās izejvielas jāiegūst no saviem resursiem [10]. Tāpēc ir nepieciešams izstrādāt vietējus inovatīvus produktus saskaņā ar ES “Farm to Fork” stratēģiju, kas var palīdzēt stiprināt lauksaimnieku lomu un palielināt viņu ienākumus [22].

Līdzīgi uzstādījumi ir arī Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijā līdz 2030.gadam par nepieciešamību stiprināt tradicionālo lauksaimniecības nozaru efektivitāti un konkurētspēju, nodrošinot valsts apgādi ar kvalitatīviem un konkurētspējīgiem pārtikas produktiem [23]. Latvijas Nacionālās attīstības plānā 2021.–2027.gadam ir paredzēts, ka pieaugoša sabiedrības izpratne un pieprasījums pēc vietējas izcelsmes precēm, produktiem un ilgtspējīgām ražošanas tehnoloģijām sniegs ieguldījumu bioekonomikas un aprites ekonomikas mērķu sasniegšanā [24].

Balstoties uz iepriekš izklāstīto, LBTU zinātnieki 2017.–2022. gadā meklēja iespējas, lai no saldūdens ezerā nogulsņētā sapropeļa izveidotu jaunas, inovatīvas lopbarības piedevas, kas veicinātu lopkopības nozares produktivitātes paaugstināšanu, turklāt ņemot vērā arī labvēlīgu ietekmi uz lauksaimniecības dzīvnieku veselību (4. aktivitāte).

Latvijā ir veikti vairāki pētījumi par sapropeļa izmantošanu būvniecībā [44, 45, 46], par sapropeļa ekstrakta iegūšanu un tā izmantošanu farmaceitisko preparātu ražošanā [47], par sapropeļa pielietošanu augšņu mēslošanā un ielabošanā [31, 48], tomēr par sapropeļa izmantošanu lopkopībā ir tikai divi pētījumi, kuru rezultāti ir publicēti 2001.gadā un tie ir par sapropeļa piedevu izēdināšanu putniem un cūkām [47, 48]. Tāpēc šajā pētījumā atspoguļotie rezultāti par no ezera sapropeļa iegūtā nātrija humāta piedevu izēdināšanu Holšteinas melnraibās šķirnes vaislas telēm un broilercāļiem ir unikāli, jo tie var sekmēt lopkopības nozaru nodrošināšanu un sekmēšanu ar vietējiem resursiem, nodrošinot lauksaimniecības dzīvnieku veselību, tādējādi sekmējot attiecīgo lauksaimniecības nozaru ilgtspējīgu attīstību.

Projekta mērķis:

Izpētīt un izstrādāt energoefektīvas un ekonomiski pamatotas sapropeļa ieguves (dehidratēšanas) tehnoloģijas Latvijas apstākļos un izvērtēt sapropeļa kā bioloģiski aktīvas piedevas un augsnes mēslošanas līdzekļa izmantošanas piemērotību lauksaimniecības nozarēs

Galvenie uzdevumi:

- sapropeļa dehidratācijas metodes izstrāde;
- sapropeļa kā bioloģiskā mēslojuma un augsnes substrātu produktu izpēte;
- bioloģiski aktīvas sapropeļa lopbarības piedevas izpēte lopkopībā.

Galvenās aktivitātes un partneri, kas to īstenoja.

Lai sekmīgi un efektīvi sasniegtu izvirzītos mērķus, projekta īstenošana tika sadalīta pa posmiem un darba uzdevumu pakām jeb aktivitātēm, kuru ietvaros katrs no partneriem īstenoja darbības savas kompetences ietvaros.

1.aktivitāte. Sapropeļa ieguve un primārā dehidratācija (LBTU, SIA Ainava GG, SIA Ogres piens) + Na humāta ieguve no sapropeļa (LBTU)

2. aktivitāte - Sapropeļa sekundārā dehidratācija un uzglabāšanas pētījumi (LBTU)

3.1. aktivitāte. Sapropeļa pielietošana mēslojumam atklātajās platībās bioloģiskajā lauksaimniecībā (AREI PPC)

3.2. aktivitāte. Sapropeļa pielietošana mēslojumam dārzkopībā (LBTU, SIA Stādu audzētava Dimzas, SIA Zemgales dārzi)

4.1. aktivitāte. Sapropeļa izmantošana lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanā (telēm) (LBTU, SIA Ogres piens)

4.2. aktivitāte. Sapropeļa izmantošana lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanā (broileriem) (LBTU, SIA Valmiera Agro)

5. aktivitāte. Projekta rezultātu izplatīšana (LBTU, AREI PPC, SIA AinavaGG, SIA Ogres Piens, SIA Valmiera Agro, SIA Zemgales Dārzi, LO SP, LBLA, SAB)

6.aktivitāte. Projekta vadība un uzraudzība. (LBTU, AREI PPC, SIA AinavaGG, SIA Ogres Piens, SIA Valmiera Agro, SIA Zemgales Dārzi, LO SP, LBLA, SAB)

Sasniegtie rezultāti un rekomendācijas.

Šī pētījuma rezultāti papildina esošajos pētījumos konstatēto atziņu par sapropeļa un tā produkta pielietošanu praksē laukkopībā, dārzkopībā, kā arī lopkopības nozarēs.

Sapropeļa ieguves un praktiskās pielietošanas tehnoloģiju izpēte ir radījusi zināšanas, kuras izmantojot praksē lauksaimnieki spēs uzlabot saimniecību ekonomiskos rādītājus, konkurēt strauji augošajā lauksaimniecības produktu tirgū un nodrošināt papildus ieguvumus Latvijas lauksaimniecības attīstībai un augstas pievienotās vērtības eksportspējīgu produktu klāsta paplašināšanai, nodrošinot ekonomiski dzīvotspējīgas lauksaimniecības ražošanas

sistēmas attīstību, ievērojot ilgtspējīgas attīstības principus.

Laukkopībā (bioloģiskajā lauksaimniecībā) pētījumu periodā sapropeļa mēslojuma lietošana vien atsevišķos gadījumos uzrāda tā lietošanas priekšrocības, tomēr efektivitāte uz ražas lielumu un kvalitāti nav pārliecinoša. Ņemot vērā šajā pētījumā iegūtos rezultātus un, atsaucoties uz citu pētnieku pētījumu rezultātiem (Baksiene&Janušiene, 2005.), sapropeļa efektivitātes nodrošināšanai augsnes ielabošanai un kultūraugu ražas paaugstināšanai jāpielieto lielākas tā devas.

Dārzkopībā augu minerālās barošanās rezultāti atspoguļo, ka optimālākā sapropeļa deva substrātā ir 20% apmērā, to parāda trīs sugu un divu šķirņu augi (citronliānas, vērmeles un zemenes) ar augstāko barības elementu nodrošinājumu. Savukārt veģetatīvā attīstība augiem novērota mainīga pa gadiem ar 20% un 30% sapropeļa koncentrāciju substrātā.

Pārbaudot Latvijā iegūta sapropeļa sastāvu un pārbaudot tā ķīmiskās īpašības, konstatēts, ka tas nesatur dzīvniekiem kaitīgus komponentus un to var izēdināt lauksaimniecības dzīvniekiem kā vitamīnu un minerālvielu piedevu. Lai samazinātu iegūtās piedevas pelnainību, no tā laboratorijas apstākļos iegūts nātrijs (Na) humāts sapropeļa masai pievienojot NaOH.

Izmantojot sapropeli un no sapropeļa iegūto Na humātu (šķidrā formā) broilercāļu ēdināšanā, pierādījās, ka pievienojot pie dzeramā ūdens 25 un 50 mL/L nātrijs humātu, tas paaugstina broilercāļu augšanas rādītājus un palielina kautmasas iznākumu, kā arī uzlabo ražošanas ekonomiskos rādītājus.

Ņemot vērā visos atkārtojumos novēroto tendenci, varam secināt, ka sapropeļa piedevas izmantošana telēm nedod zootehniski pamatotu efektu, ņemot vērā tā palielināto pelnainību un nelielo teļu augšanas tempa palielinājumu.

Balstoties uz pētījuma rezultātiem, secināts, ka turpmāk ir nepieciešami ieguldījumi pārtikas sistēmu pētniecībā “no lauka līdz galdam”, lai ar inovācijām palielinātu ražošanas un pārstrādes ilgtspējību, padarītu pieejamu veselīgu pārtiku iedzīvotājiem, turklāt risinājumiem ir jābūt lokāliem, un tas uzlabotu gan ienākumus pārtikas ķēdē iesaistītajiem uzņēmējiem, gan veicinātu nodarbinātības iespējas lauku teritorijās. Ir nepieciešams veikt ievērojamus ieguldījumus pielāgošanās klimata izmaiņām, lai izveidotu "klimata ziņā gudru pārtikas sistēmu", kas ir noturīgāka pret klimata pārmaiņu ietekmi uz nodrošinātību ar pārtiku pieaugošo pasaules .

Tāpēc iespējamie pētījuma virzieni par sapropeļa pielietojumu varētu būt:

- meklēt veidus no ezera sapropeļa iegūtā NaHum sausās frakcijas ieguvei, lai nodrošinātu vienkāršāku tā dozēšanu un izbarošanu dzīvnieku ēdināšanas procesā;
- pētīt kā NaHum kā piedevas izmantošana lauksaimniecības dzīvnieku audzēšanā ietekmē dažādas emisijas lopkopībā;
- augkopībā jāturpina pētījumi par sapropeļa efektivitātes nodrošināšanas iespējām augsnes ielabošanai un kultūraugu ražas paaugstināšanai pielietojot lielākas tā devas;
- turpināt līdzīgus pētījumus par NaHum izēdināšanu un optimālo devu meklēšanu ar vecākām telēm, lai varētu noteikt, vai pozitīvais efekts no NaHum izēdināšanas saglabājas arī turpmākajos augšanas periodos un turpināt pētījumus ar govīm (pēc šo teļu atnešanās), lai noskaidrotu, vai pozitīvie pētījuma rezultāti agrīnajā vaislas teļu augšanas posmā, saglabā arī savu ietekmi uz govju produktivitātes un veselības rādītājiem; veikt padziļinātus pētījumus par to, kā šādas piedevas izmantošana ietekmē vaislas teļu veselību un ilgmūžību, tādējādi sekmējot procesu, kad ar mazākiem resursiem iespējams iegūt lielāku produkcijas daudzumu.



- veikt pētījumus lopkopībā un putnkopībā, pielietojot sapropeli ilgstošā laika periodā kā barības piedevu, ar mērķi izvērtēt sapropeļa un tā produktu ietekmi uz dzīvnieku veselību un produktivitāti ilgtermiņā.

1. AKTIVITĀTE - SAPROPEĻA IEGUVE UN DEHIDRATĀCIJA

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma vieta – Bižas ezers, Andrupenes pagasts, Krāslavas novads. Sapropēja atūdeņošanā izmantota ģeotekstila maisu tehnoloģija, kas ļauj veikt dabīga sapropēja iesūkņēšanu 58 m³ lielos Tencate ģeotekstila maisos, kas izgatavoti no stingra ūdeni filtrējoša materiāla. Ģeotube maisi novietoti uz morēnas pamatnes ar nelielu slīpumu ezera virzienā (1.1.attēls).

Sapropēja ieguve veikta 3 posmos:

- I posmā (26.06.2018.) ar sapropeli (abs. mitrums 97–94%) piesūkņēti 3 ģeotekstila maisi;
- II posmā (31.10.2018.) ar sapropeli (abs. mitrums 95%) piesūkņēts 1 sapropēja maiss;
- III posmā (31.01.2019.) ar sapropeli (abs. mitrums 96–94%) piesūkņēti 2 sapropēja maisi;



1.1. attēls. Sapropēja mitruma moritorings dažādos laika posmos.

Trijos ģeotekstila maisos, kas piesūkņēti pirmajā sapropēja ieguves posmā 2018. gada 26. jūnijā, izņemot laika posmu no 2018. gada decembra līdz 2019. gada februārim, kad sapropēja masa atradās sasalušā stāvoklī, veikta regulāra paraugu noņemšana. Paraugi transportēti uz LLU LF Augsnes un Augu zinātņu institūta Augsnes un Agroķīmijas nodaļas laboratoriju absolūtā mitruma kontrolei, tai skaitā nogādāti uz LLU LF Augsnes un Augu

zinātņu institūta Augu Bioloģijas nodaļu sapropeļa mikrobiālās aktivitātes noteikšanai un sapropeļa dehidratācijas sākuma un beigu posmā LLU Biotehnoloģiju zinātniskā laboratorijā sapropeļa sastāva noteikšanai.

Volumetriskā mitruma kontrole veikta *in-situ*, izmantojot WatchDog 1000 Series Micro Stations - Temp/RH, visu novērojuma periodu no 10.11.2018.-18.09.2020. Mitruma sensori ievadīti 3 dziļumos (1,4 m maisa apakšā, 0,75 m maisa vidusdaļā, maisa augšdaļā 0,25 m). Sensori ievietoti ģeotekstila maisā Nr.4, kas piepildīts II sapropeļa sūknēšanas posmā.

Primārā sapropeļa dehidratācija

Primārās sapropeļa dehidratācijas gaitas apsekošanas rezultātā veikti *in-situ* mērījumi ar mitruma sensoriem un katrā apsekošanas reizē ņemti paraugi absolūtā mitruma kontrolei.

REZULTĀTI

Pētījuma vietas un apstākļu izvērtējums

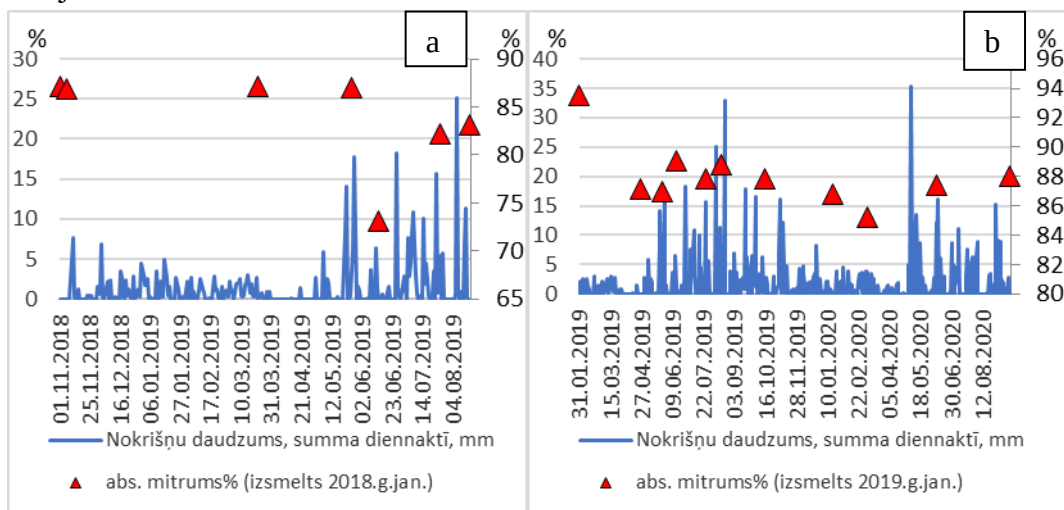
Pētījuma vieta izraudzīta atbilstoši sapropeļa ieguves vietai – Bižas ezera (Andrupenes pagasts) apendiksa A daļā starp Pussalām un Sīmaņiem (LKS-92 sistēmā A garums 56°10'11'', Z platums 27°22'8''). Ģeotekstila maisi novietoti morēnu paugura nogāzes lejas daļā ~ 100 m no sapropeļa ieguves vietas. Vietas ģeomorfoloģiskie apstākļi uzskatāmi par apgrūtināšiem, jo nogāzes slīpums ir limitējošs faktors sapropeļa transportēšanai, jo īpaši mitros laika apstākļos vai ziemā. Ģeotekstila maisi novietoti uz morēnas nogulumiem ar nelielu slīpumu ezera virzienā ar mērķi aizvadīt sapropeļa atūdeņošanās gaitā radušos ūdeni (2.1. att.). Tomēr sapropeļa atūdeņošanās gaitas monitorings parādīja, ka šādos apstākļos sapropeļa atūdeņošanās galvenokārt norit caur ģeotekstila maisu sāniem un augšu. Sapropeļa atūdeņošanās procesa straujākai norisei un sekmēšanai ar līdźīgu ūdens necaurlaidīgu pamatni pirms ģeotekstilu maisu novietošanas nepieciešams noklāt dolomīta šķembu slāni vai kādu citu ūdens caurlaidīgu materiālu.



2.1. attēls. Ģeotekstila maisu pamatne – ūdensnecaurlaidīgs materiāls (smilšmāla morēna).

Ģeotekstila maisā iestrādātā “kapuce”, pa kuru sapropelis tiek iesūknēts ģeotekstila maisā, izgatavota no materiāla, kas ir ūdenscaurlaidīgs abos virzienos. Uz kopējo ģeotekstila maisa virsmas laukumu “kapuces” laukums ir neliels, tomēr, kā tika novērots ģeotekstila maisu monitoringa laikā pa to maisā nokrišņu rezultātā nokļuva papildu mitrums (2.2. att.). Absolūtā mitruma mērījumi un to salīdzinājums ar nokrišņu daudzumu noteiktā laika vienībā parādīja, ka, pieaugot nokrišņu daudzumam, pieaug sapropeļa mitrums, jo īpaši pēc tā

atūdeņošanās līdz 73% un 85% abs. mitrumam (2.2. att). Pirmajā gadījumā sapropeļa mitrums pieauga pat par 10%, kas norāda uz to, ka pie dotajiem apstākļiem, sapropelim atūdeņojoties līdz ~ 70–80% abs. mitrumam tas būtu transportējams vai iekļaujams kādā no ražošanas cikliem, jo klimatiskie apstākļi var sekmēt atkārtotu papildu mitruma rašanos sapropeļa masā. Turklāt, ja apskata sapropeļa ieguves laiku un sapropeļa masas izsalšanas nepieciešamību, tad piemērotākais sapropeļa ieguves laiks ir aukstā sezona (oktobris-februāris). Šāds pieņēmums balstīts uz vairākiem faktoriem – sapropeļa iespēja izsilt; sākoties siltajai sezonai notiek strauja sapropeļa atūdeņošanās (4–6 mēneši no ieguves brīža); sapropeļa transportēšana notiek siltajā sezonā.



2.2. attēls. Nokrišņu daudzuma ietekme uz sapropeļa atūdeņošanās gaitu. a – sapropeļa ieguve 2018. g. janvāris; b – sapropeļa ieguve 2019. g. janvāris.

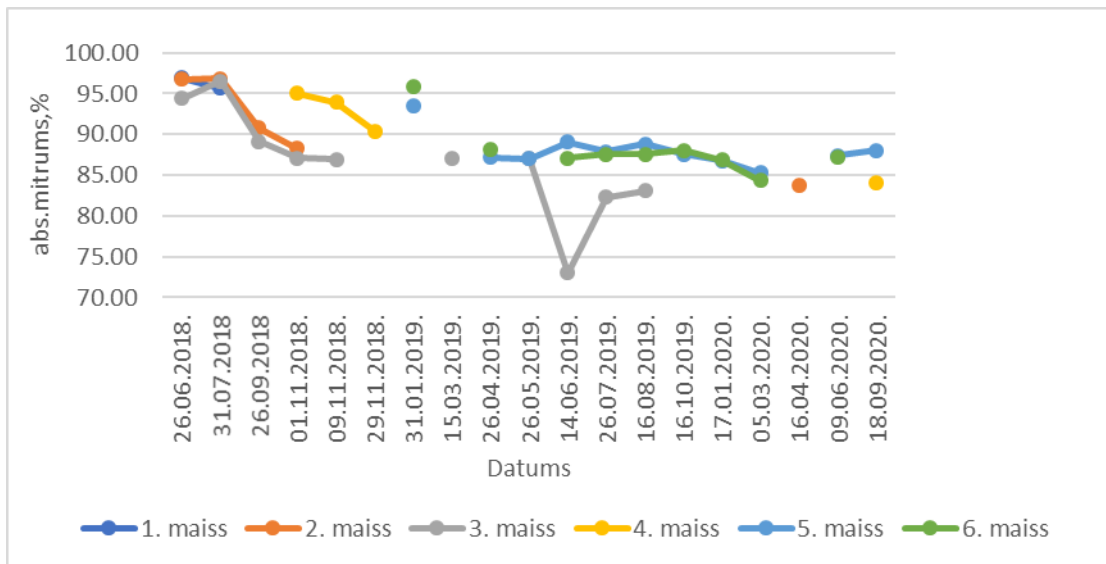
Apskatot sapropeļa ieguves procesā izmantotās tehnoloģijas, iegūtā sapropeļa daudzums II un III posmā ir gandrīz 5x lielāks nekā I sapropeļa ieguves reizē (2.3. att.). Tomēr jāatzīst, ka atūdeņošanās process sekmīgāk noritēja sapropeļa masai ar mazāko biežumu (~10 cm zaudējot 20% abs. mitruma) (I ieguves posms), ko apliecina arī sapropeļa atūdeņošanās gaitas kontrole laboratorijas apstākļos (3.nod.).



2.3. attēls. Ģeotekstila maiši ar sapropeli pēc I (1), II (2) un III (3) ieguves tehnoloģijām.

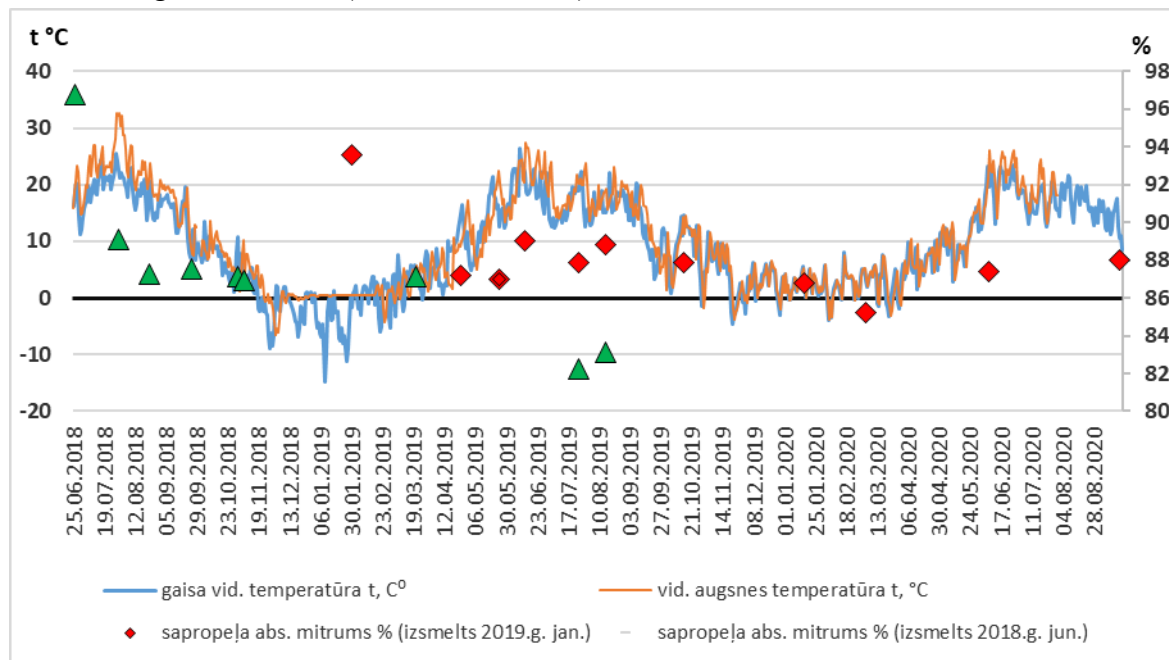
Absolūtā mitruma kontrole

Absolūtais mitrums sapropēļa paraugos noteikts visā pētījuma posmā (2018. gada jūnijs – 2020. gada septembris), izņemot periodus, kad sapropēlis atradās sasalušā stāvoklī. Sapropēļa absolūta mitruma izmaiņas raksturotas laika griezumā un atspoguļo sapropēļa primāro dehidratāciju, kā arī rehidratāciju (2.4. att.).



2.4. attēls. Sapropēļa atūdeņošanās gaita. 1–3. maiss I ieguves posms; 4 – maiss II ieguves posms; 6 – maiss III ieguves posms.

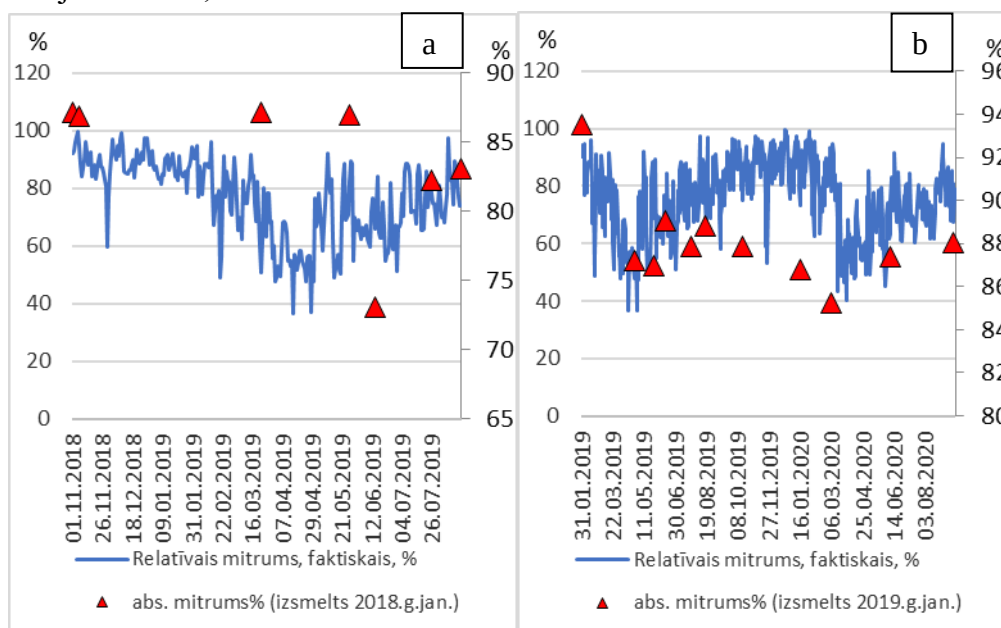
Sapropēļa absolūtā mitruma mērījumi par sapropēļa atūdeņošanas gaitu liecina, ka tā ir atkarīga no klimatiskajiem apstākļiem, piemēram, gaisa un augsnes temperatūras, nokrišņiem un relatīvā gaisa mitruma (2.2., 2.5., 2.6. att.).



2.5. attēls. Augsnes un gaisa vidējo temperatūru ietekme uz sapropēļa absolūto mitrumu.

Iegūtie rezultāti liecina, ka sapropēļa atūdeņošanās norit līdz 0 °C (2.5. att.) neatkarīgi no temperatūras, jo kā minēts iepriekš sapropēļa dehidratāciju nosaka arī paaugstināts gaisa relatīvais mitrums un nokrišņu daudzums (2.2., 2.6. att.). Gaisa relatīvajam mitrumam līdzīgi kā nokrišņiem ir ietekme uz sapropēļa rehidratāciju (2.6. att.), savukārt sākotnējo sapropēļa

atūdeņošanās gaitu, kad tā notiek smaguma spēka ietekmē, ūdenim noplūstot pa ģeotekstila maisa brīvajām vietām, minētie faktori neietekmē.



2.6.attēls. Relatīvā gaisa mitruma ietekme uz sapropeļa atūdeņošanās gaitu. a – sapropeļa ieguve 2018. g. janvāris; b – sapropeļa ieguve 2019. g. janvāris.

Aplūkojot absolūtā mitruma izmaiņas laika griezumā (2.4. att.) neskatoties uz sapropeļa ieguves laiku un ieguves tehnoloģiju ir novērojama kopīga tendence – straujšais atūdeņošanās temps pirmajos 6 mēnešos, pēc tam atūdeņošanās temps strauji samazinās un mituma izmaiņas sāk fluktuēt 1–2% robežās, izņemot pirmo sūknēšanas variantu, kur konstatēta mitruma fluktuācija 10% robežās, kas saistīts ar nelielo izsūknēta sapropeļa daudzumu un siltu un sausu vasaru.

Dotajos lauka apstākļos neizdevās sapropeli izžāvēt < 73% abs. mitrumam, līdz ar to tikmēr kamēr sapropelis nav atūdeņojies līdz noteiktai mitruma pakāpei, tas ir spējīgs uzņemt un atdot ūdeni.

Sapropeļa ieguves un atūdeņošanas process ir jāplāno ziemā, lai pēdējie atūdeņošanās mēneši norit pēc iespējas sausāka laika apstākļos. Sapropeļa atūdeņošanās tempu nosaka sākotnējais sapropeļa mitrums un ieguves apjoms.

Iegūtie rezultāti liecina, ka atūdeņošanas noslēguma fāzē, sapropeļa absolūtais mitrums ir augsts vid. 84%, tādēļ pirms sapropeļa ieguves uz smilšmāla vai malā pamatnes ir jāiekļāj ūdeni filtrējošs slānis, piemēram, dolomīta šķembas. Šāds risinājums varētu sekmēt sapropeļa ieguvi no ģeotekstila maisiem ar zemāku mitruma saturu, padarot to vieglāk transportējamu.

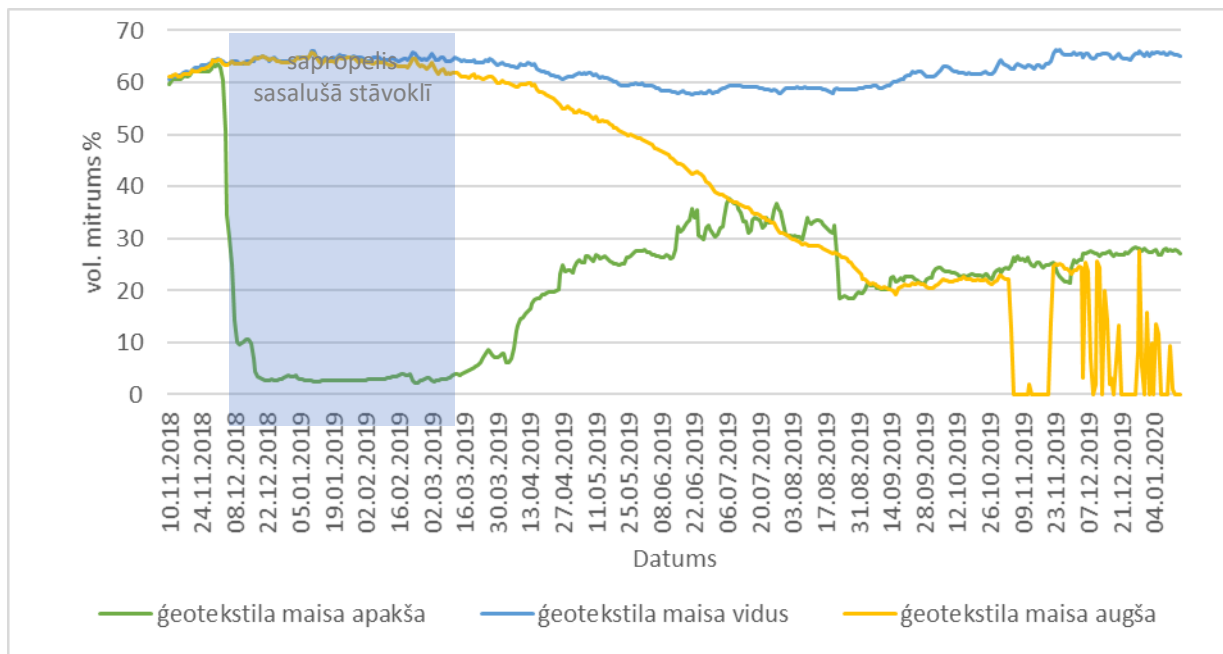
Volumetriskā mitruma kontrole sapropeļa primārās dehidratācijas ietvaros

Volumetriskā mitruma jeb mitruma tilpuma (augšes ūdens tilpuma saturs) monitorings veikts *in-situ* laika posmā no 10.11.2018. līdz 15.01.2020. veicot automātisku datu nolasīšanu (2.7. un 2.8. att.), bet no 17.01 veicot manuālu datu nolasīšanu (2.1.tab.).



2.7. attēls. Mitruma sensori ar datu logeri “WachDog 1000”pētījuma vietā.

Iegūtie monitoringa dati liecina, ka sapropeļa atūdeņošanās norit caur ģeotekstila maisa apakšu un augšu (2.8. att). Ģeotekstila maiss gada laikā (2018. nov.–2019. nov.) zaudēja 2/3 no sākotnējā apjoma, maisa biezumam sarūkot no 1,5 m līdz 0,5 m. Atūdeņošanās sākumā (~1 mēnesis) sapropelis strauji zaudēja mitrumu caur ģeotekstila maisa apakšu, savukārt nākamajos mēnešos mitrums zaudēts galvenokārt caur ģeotekstila maisa augšu.



2.8. attēls. Sapropeļa volumetriskā mitruma monitoringa dati un sapropeļa atūdeņošanās gaita laika posmā no 10.11.2018.–15.01.2020.

Ģeotekstila maisā iestrādātā ”kapuce” visu mērījuma laiku tika nosepta, līdz ar to mazinot mitruma nonākšanu ģeotekstila maisā no ārpuses un atkārtota sapropeļa rehidratācija

netika novērota. Mitruma pieaugums pēc I ziemas sezonas ģeotekstila maisa pamatnē skaidrojams gan ar sapropeļa masas rukšanu, gan sapropeļa atkušanu, gan arī ar klimatiskajiem apstākļiem. Iespējams, daļēja mitruma atbrīvošanās caur ģeotekstila pamatni ir kavēta mitros un slapjos laika apstākļos, kad morēnas pamatne ir pārmitrināta.

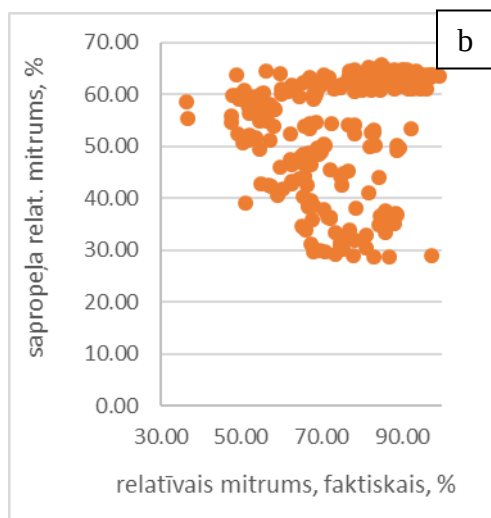
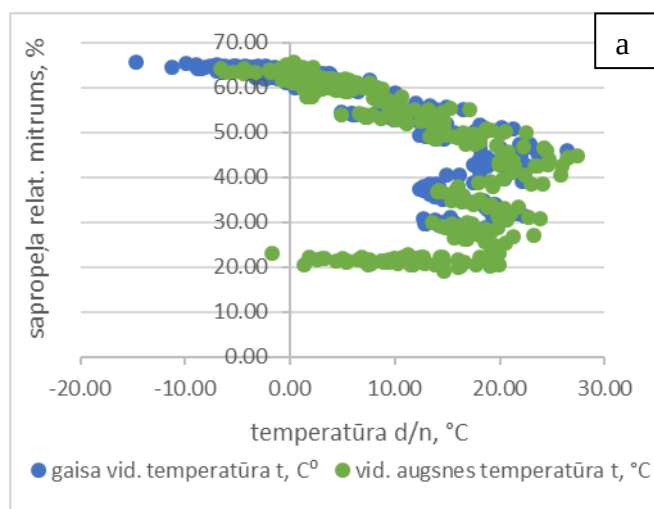
Noslēdzot 22 mēnešus garo novērojuma posmu, nākas secināt, ka sapropelis ir zaudējis tikai 10% no sākotnējā abs. mitruma. Zaudējot 10% abs. mitruma sapropelis vairs netek un ir transportējams, tomēr pārdomājot ģeotekstila maisu efektivitāti un ekonomisko izdevīgumu, ir jāņem vērā iepriekš minētais (7. lpp.). Pēdējos 6 mēnešos volumetriskā mitruma starpība pamazām izlīdzinās visā sapropeļa masā (2.1.tab.).

2.1.tab.

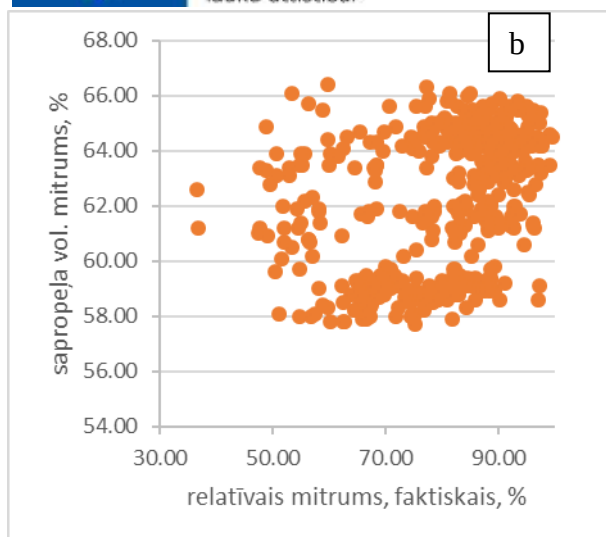
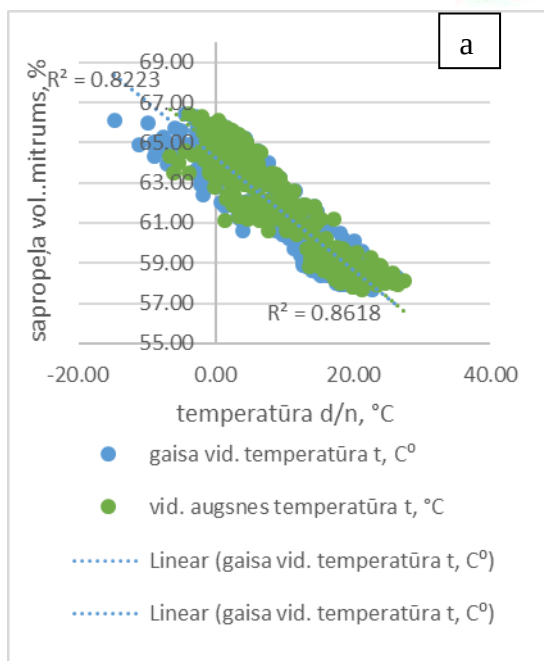
Manuāli volumetriskā mitruma nolasījumi, %.

	17.01.2020.	05.03.2020.	09.06.2020.	01.07.2020.	18.09.2020.
Ģeotekstila maisa augša	28,0	58,6	22,3	66,3	24,4
Ģeotekstila maisa vidus	64,9	65,6	58,5	50,6	59,9
Ģeotekstila maisa apakša	26,6	62,8	59,2	-	56,3

Volumetriskā mitruma tieša korelācija ar klimatiskajiem apstākļiem ģeotekstila maisa pamatnē un augšējā daļā netika novērota (2.9, 2.11. att.). Volumetriskā mitruma izmaiņas ģeotekstila maisa pamatnē ir ietekmējuši vairāki faktori, t.sk. ārējie, jo novērots, ka nokrišņu sezonā noplūde caur ģeotekstila maisa pamatni mazinājās.



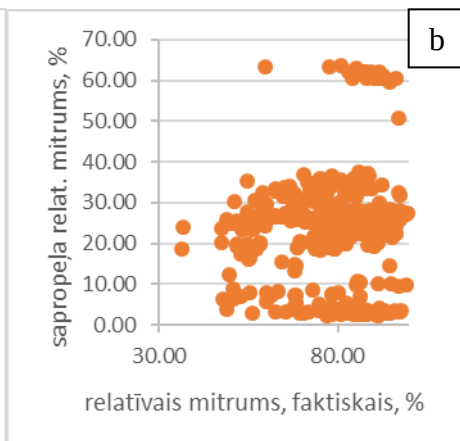
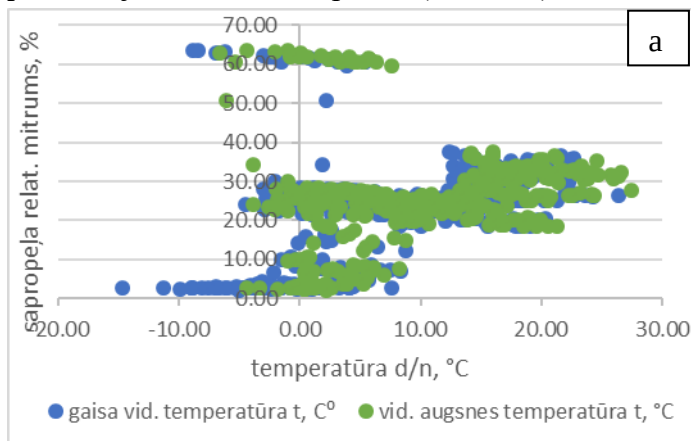
2.9.attēls. Sapropļa atūdeņošanās gaitas atkarība no augsnes un gaisa vidējās d/n temperatūras (a) un relatīvā mitruma (b) ģeotekstila maisa augšdaļā.



2.10. attēls. Sapropēja atūdeņošanās gaitas atkarība no augsnes un gaisa vidējās d/n temperatūras (a) un relatīvā mitruma (b) ģeotekstila maisa vidusdaļā.

Cieša volumetriskā mitruma korelācija ar gaisa un augsnes diennakts temperatūru novērota ģeotekstila maisa vidū, kur ir novērojama sapropēja volumetriskā mitruma samazināšanās pieaugot vides temperatūrai (2.10.a. att.). Savukārt tieša sakarība starp relatīvo gaisa mitrumu un sapropēja volumetrisko mitrumu ģeotekstila maisa vidusdaļā netika konstatēta (2.10.b. att.).

Savukārt klimatisko apstākļu ietekme uz sapropēja atūdeņošanos ģeotekstila maisa pamatnē jau ir atrunāta iepriekš (2.1. nod.).

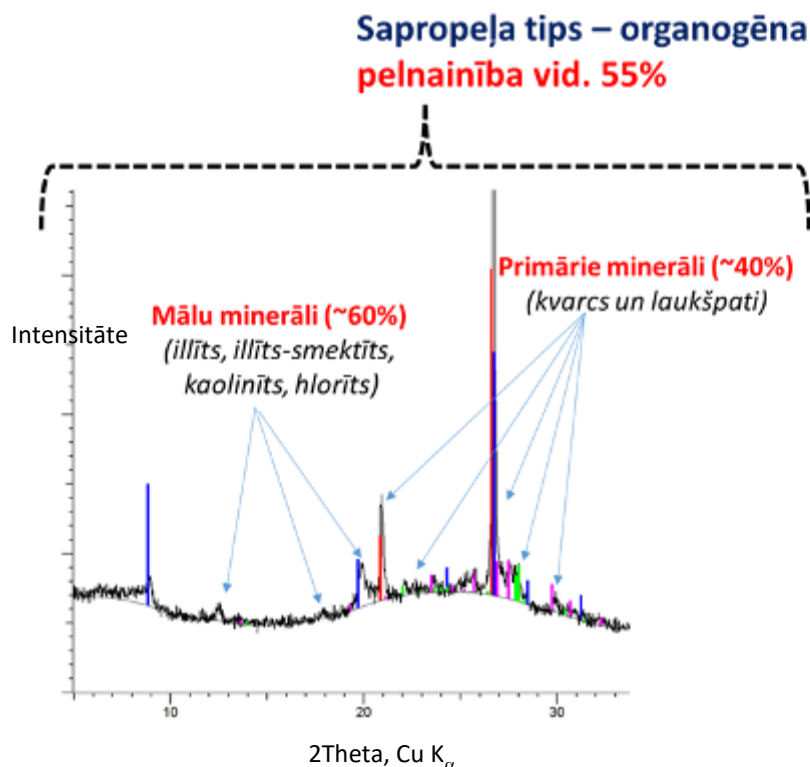


2.11.attēls. Sapropēja atūdeņošanās gaitas atkarība no augsnes un gaisa vidējās d/n temperatūras (a) un relatīvā mitruma (b) ģeotekstila maisa apakšā.

SAPROPEĻA MINERĀLAIS SASTĀVS UN SORBCIJAS ĪPAŠĪBAS

Sapropēja minerālais sastāvs noteikts, izmantojot rentgenstaru pulverdifrakcijas analīzi, ar mērķi, lai noskaidrotu pelnu frakcijā uzbrīstošo mālu minerālu fāzes, kas ietekmē materiāla sorbcijas īpašības un perspektīvo sapropēja izmantošanu lopkopībā. Uzņemtas vairākas rentgenogrammas, t.sk. paraugos pie zemām temperatūrām izdedzinot organisko vielu, tomēr reprezentatīvākie rezultāti iegūti termiski neapstrādātam teksturētam sapropēja

paraugam (4.1. att.). Paraugu uzņemšanas parametri Bruker D8 Advance difraktometrs ar CuK α radiāciju, 2,5° Soler slits un LynxEye detektoru 2 Theta intervālā no 5°–60° ar 0,02 soli uz 1 sekundi.



4.1. attēls. Sapropēja minerālais sastāvs.

Noskaidrots, ka sapropēja pelnainību sastāda primārie (~40%) un sekundārie minerāli (~60%) (4.1. att.). No uzbriestošajām minerālajām fāzēm konstatēts illīts-smektīts. Tomēr neuzbriestošo māla minerālu un primāro minerālu īpatsvars prevalē, tādēļ precīzs illīta-smektīta fāzes daudzums netika aprēķināts, jo sarunu ceļā ar lopkopības speciālistiem noteikts, ka augstās pelnainības un pelnu sastāva dēļ tīrā veidā sapropelis projektā plānotajām lopkopības vajadzībām nav izmantojams. Ir nepieciešama humsuvielu, t.sk. humīnskābju izdalīšana.

HUMĀTU, HUMĪNSKĀBJU UN FULVOSKĀBJU EKSTRAKCIJAS METODES

Na-humātu, humīnskābju un fulvoskābju ekstrakcijas metodes no organiskas izcelsmes nogulumiem ir plaši aprakstītas zinātniskajā literatūrā. Lai atrastu piemērotāko ekstrakcijas metodi no plašā metožu klāsta, bija nepieciešams rūpīgi izvērtēt katras metodes priekšrocības un ierobežojumus, ņemot vērā mērķi – atdalīt un iegūt aktīvo sastāvdaļu no izejvielas. Šo metožu atšķirības un efektivitāti galvenokārt nosaka izmantotie reaģenti, ekstrakcijas vides apstākļi (temperatūra, pH, UV u.c.), ekstrakcijas laiks un gaita, kā arī iegūto vielu struktūra, sastāvs un funkcionalitāte.

Projekta ietvaros veikta Na-humātu, humīnskābju un fulvoskābju ieguves tehnoloģiju aprobācija, izmantojot organogēno silikātu sapropeli kā pamatizejvielu. Metodikas atlase un pielāgošana veikta, ņemot vērā vairākus kritērijus, tostarp iegūto rezultātu atkārtojamību, metodes energoefektivitāti un organisko vielu ekstrakciju no materiāla ar augstu minerālo komponentu saturu.

Iegūto organisko savienojumu ieguves procesu var sadalīt trīs posmos:

(1) Sagatavošanas posms, kas ietver materiāla sagatavošanu ekstrakcijai. Šajā posmā tiek noteikts parauga absolūtais mitrums, lai precīzi aprēķinātu turpmākos ekstrakcijas soļus. Ja sapropeļa paraugi ir izžuvuši, tie tiek smalcināti pirms ekstrakcijas procesa.

(2) Ekstrakcijas posms, kur sagatavots sapropeļa maisījums tiek apstrādāts ar sārmu vai skābju šķīdumu. Šķīdums un sapropeļa maisījums tiek sildīti, lai palielinātu reakcijas ātrumu un veicinātu organisko vielu atdalīšanos un dispersiju.

(3) Attīrīšanas posmā notiek minerālo daļiņu atdalīšana no šķīduma. Šī uzdevuma veikšanai pēc nepieciešamības var tikt izmantotas filtrēšanas vai centrifugēšanas metodes.

Pētījumā **Na-humāts** iegūts bagātinot sapropeļa/ūdens suspensiju ar NaOH, kur NaOH sastāda 0,5 M šķīduma koncentrāciju. Sagatavoto suspensiju liek maisīties uz magnētiskā maisītāja ar 850 rpm uz 4 h pie 85 °C. Lai atdalītu minerālo daļu, 1–3x pēc vajadzības tiek izmantota centrifugēšana, paraugu griežot 15 min uz 3200 rpm, rezultātā iegūstot Na-humāta supernatantu, kas tiek noliets atsevišķā traukā. Iegūto humātu-fulvātu šķīdumu uzglabā slēgtā traukā, tumsā, 4°C.

Kompleksa lauksaimniecībā izmantojamu organisko savienojumu ieguve no sapropeļa. **Fulvoskābes** iegūtas no sapropeļa un 0,1 M NaOH šķīduma attiecībā 1:10, kur 1 atbilst absolūti sausa sapropeļa masai. Suspensijai ļauj nostāvēties 24 h, pēc tam to periodiski maisot 70 °C karsē 4 h. Minerālā frakcija atdalīta izmantojot centrifugēšanas metodi. Supernatantu paskābina ar 6M HCl līdz pH robežās no 2–1,5. Iegūtajam šķīdumā 12–24 h intervālā ļauj frakcionēties fulvoskābēm un humīnskābēm. **Humīnskābes** (HS) izkrīt nogulsnēs turpretim fulvoskābes (FS) paliek šķīdumā. HS no FS atdala, tās filtrējot. Nogulsnes un filtrātu žāvē 105 °C līdz pulverveida konsistencei. Minerālajā daļā sedimentēto organisko vielu iespējams izmantot Na-humātu ieguvei, tādējādi veidojot slēgtu ražošanas ciklu. Minerālo komponenti iespējams izmantot, iekļaujot citos ražošanas procesos.

Pētījumā aprobētas un pielāgotās Na-Hum, FS un HS ieguves metodes atbilst sākotnēji uzstādītajiem kritērijiem un tās:

- nodrošina labu organisko savienojumu atdalīšanas un izdalīšanas pakāpi, kas ļauj iegūt augstas kvalitātes produktus.
- ļauj precīzi kontrolēt ekstrakcijas apstākļus, piemēram, temperatūru, pH vērtību un ekstrakcijas laiku, kas ļauj optimizēt procesu un iegūt stabilus rezultātus, kas ir būtisks faktors, veidojot slēgtu ražošanas ciklu vai iegūstot vienmērīgu kvalitāti.
- nodrošina labu atkārtojamību, kas ir svarīgi pētniecības un ražošanas kontekstā.
- ir salīdzinoši vienkāršas un praktiskas un ir realizējamās ražošanas apstākļos.
- ir ekonomiski izdevīgas, jo tajās izmanto nelielas reaģentu koncentrācijas, zemas apstrādes temperatūras un salīdzinoši ar citām metodēm nav laikietilpīgas.

SAPROPEĻA IEGUVES EKONOMISKAIS IZVĒRTĒJUMS

Sapropeļa ieguves tehnoloģijas

Ņemot vērā to, ka sapropeļa apjoms ir izvietots zem ūdens līmeņa, materiāla ieguvei tika izmantotas tehnoloģijas, kas nodrošina tā transportēšanu no zemūdens līmeņa uz krasta zonu, kur materiāls tika izvietots un uzglabāts specializētos Geo Tube tekstila maisos, kuru galvenā funkcija bija tā primārā dehidratācija.

- 1.1. Tehnoloģija Nr.1 *Sapropeļa atsūkņēšana ar zemes sūkni sajaucot sapropeļa masu ar ūdeni*

Sākotnēji projekta gaitā tika izvēlēta un pielietota Tehnoloģija Nr.1, kas atradās uz uz peldošas amfībijas/ pašgājēja un kausu ielaižot ūdenī, tika sajaukta sapropeļa masa ar ūdeni un aizsūknēta pa cauruli uz krastu. Šajā tehnoloģijā process notika ļoti raiti, taču bija ļoti augsts ūdens īpatsvars dehidratācijai paredzētajos maisos, kas padarīja procesu neefektīvu un ar zemu rezultativitāti.

Ņemot vērā zemo pielietotās tehnoloģijas Nr.1 efektivitāti un kaut arī darba ātrums bija pietiekoši augsts, projekta gaitā tika meklēti citi risinājumi, lai uzlabotu sasniegto rezultātu.

1.2. Tehnoloģija Nr.2 *Sapropeļa atsūknēšana ar zemes sūkni nesajaucot masu ar ūdeni*

Uz statīva un peldošas pašizgatavotas platformas tika izvietots **Progressing Cavity Pumps Bellin type LG 800M/K**. Sūkņa svars ir 180 kg, tā gabarīti ir: 580 x 2050 x 380 mm. Izmantojot sūkni, sapropeļa materiāls pa peldošu ugunsdzēsības cauruļvadu tika novadīts Geotube® ģeotekstila maisos.

Šai tehnoloģijai bija lielāka vilkmes jauda, agregāts tika uzmontēts uz paštaisīta plosa, uzgalis iegremdēts masā un tika sūkta tīra masa bez ūdens piejaukuma. Process noritēja ļoti lēni, neefektīvi, jo sūkšanas attālums no iegremdētā uzgaļa līdz sūknim bija aptuveni 4 m, un kad konkrētais apgabals tika izsūkts, agregāts bija jāpārvieto uz citu zonu. Dēļ lielā attāluma no izsūknējamās zonas līdz pašam sūknim darba ražīgums bija ļoti zems, kaut masa bija ar zemu ūdens piejaukumu. Tika izdarīts secinājums, jo tuvāk sūknis atrodas sūknējamai masai, jo lielāka izsūknēšanas jauda.

Sūkņa, kas atrodas uz peldošās platformas (plosta), darbība tika nodrošināta ar elektromotoru, ko darbina attiecīgas jaudas dīzeļģenerators, kas atrodas ezera krastā.

Strāva no dīzeļģeneratora elektromotoram tiks pievadīta pa izolētu, ūdensdrošu kabeli. Atbilstoši ražotāja specifikācijām, sūkņa darbībai raksturīgs zems trokšņa līmenis. Tā maksimālā ieguves jauda - 15 m³/h. Pakalpojums izsūkt Daugavā smiltis maksā 4 EUR/kubā.

Iegūtais apjoms un kvalitāte

Tehnoloģija Nr.1 *Sapropeļa atsūknēšana ar zemes sūkni sajaucot sapropeļa masu ar ūdeni*

2018.gada 26.-28.jūnijam 16 h laikā tika uzpildīti 3 Geo tube maiši ar kopēju kubatūru 150 m³. Tehnoloģijas **Nr.1 darba ražīgums stundā ir 9,375 m³/h.**

2.2. Tehnoloģija Nr.2 *Sapropeļa atsūknēšana ar zemes sūkni nesajaucot masu ar ūdeni*

2018.gada 31.oktobrī tika uzsākta sapropeļa atsūknēšana izmantojot tehnoloģiju Nr.2. Darba ražīgums slapjā masā bija ļoti zems. Tika uzpildīts 1 Geo tube maišs ar kopējo kubatūru 50 m³ 40 h laikā. Tehnoloģijas Nr.2 darba ražīgums uz peldošās platformas ir 1,25 m³/h.

Ņemot vērā zemo darba ražīgumu, tika pieņemts lēmums mainīt tehnoloģisko procesu – izmantojot šo pašu agregātu sūknēt sapropeli ziemā, kad ūdenstilpne ir aizsalusi un ir iespēja samazināt attālumu starp sūknējamā masu un pašu sūkni. Rezultātā 2019.gada 31.janvārī tika uzpildīti 2 Geo tube maiši ar kubatūru 100 m³ 48 h laikā. Šādas **tehnoloģijas darba ražīgums ir 2,0833 m³/h.**

Faktiskā iegūtās produkcijas pašizmaksa

Eksperimentālās izpētes nolūkiem izmantotās sapropeļa masas iegūšanas izcenojumi nav pielīdzināmi rūpnieciskās ražošanas procesam, tāpēc turpmākā darbā apskatītas iespējamo agregātu iegādes izmaksas katrai no tehnoloģijām.

1.2.1. Elektroenerģijas patēriņš katrai no tehnoloģijām;

Pirmajai iekārtai dīzeļa patēriņš 55 kW/75 HP; otrajai elektrības patēriņš 1800 w/h.

1.2.2. Transporta izmaksas;

Vidējās tirgus cena materiāla iekraušanai kravas transportlīdzeklī transportēšanai uz ostu, noliktavu vai citu savākšanas punktu sastāda 30 EUR/h.

Vidējās tirgus cenas nefasēta berama materiāla transportēšanai sastāda 1 EUR/km par vidējās kravnesības kravas automašīnu 20 t, kas attiecīgi nozīmē 0,05 EUR/t par 1 km. Vidējais attālums līdz Rīgas ostai sastāda 260 km vienā virzienā, kas attiecīgi nozīmē 520 km loks jeb 0,05 EUR x 520 km = 26 EUR uz 1 tonnu. Transports no ieguves vietas līdz tuvākajai ostai. Transporta izmaksas ir ļoti augstas, tāpēc no ražošanas ekonomijas un biznesa rentabilitātes viedokļa ir ļoti būtiski maksimāli samazināt masas mitrumu tās ieguves vietā, lai samazinātu ūdens īpatsvaru transportējamā masā.

1.2.3. Geotube maisu dehidratēšanas izmaksas;

Tirgū piedāvājumā ir dažādi ražotāji, kas piedāvā līdzīgas funkcijas tekstila produkciju. To īpašības un cenu diapazons ir ļoti atšķirīgs un atkarīgs no ražotāja zīmola.

1.2.4. Laukuma labiekārtošanas izmaksas

Projekta laikā secināts, ka būtu vēlams veidot zem maisiem drenējošu slāni ūdens novadīšanai. Vidējās drenējošā slāņa izveides izmaksas 1 m² sastāda no 10 līdz 30EUR.

1.2.5. Darbaspēka izmaksas

Materiāla ieguves procesā nepieciešams nodarbināt 2- 3 cilvēkus, kuru vidējā darba stundas likme bruto sastāda 5-6 EUR/h, kas attiecīgi darba devējam izmaksā 6,20 - 7,45 EUR/h. Kopā darbaspēka izmaksas stundā sastāda 15,5 – 18,63 EUR. Vidējās izmaksas uz 1 iegūto tonnu ir atšķirīgas katrai no tehnoloģijām dažādā darba ražīguma dēļ.

2. Alternatīvie produkti un tirgus cenas.

Slieku biohumuss vistuvākasi, Kūtsmēsli, Sintētiskais mēslojums, kas nav bio. Šobrīd LV tirgū nav pieejams tīrs produkts iegādei kā mēslojums un augsnes ielabotājs.

SECINĀJUMI PAR SAPROPEĻA IEGUVI UN DEHIDRATĀCIJU

1. Iegūtā sapropeļa daudzums II un III posmā ir gandrīz 5x lielāks nekā I sapropeļa ieguves reizē. Tomēr jāatzīst, ka atūdeņošanās process sekmīgāk noritēja sapropeļa masai ar mazāko biezumu (~10 cm zaudējot 20% abs. mitruma) (I ieguves posms), ko apliecina arī sapropeļa atūdeņošanās gaitas kontrole laboratorijas apstākļos.
2. Dotajos lauka apstākļos nav iespējams sapropeli izžāvēt līdz gaissausam stāvoklim, līdz ar to tikmēr kamēr sapropelis nav atūdeņojies līdz noteiktai mitruma pakāpei, tas ir spējīgs uzņemt un atdot ūdeni.
3. Sapropeļa ieguves un atūdeņošanas process ir jāplāno ziemā, lai pēdējie atūdeņošanās mēneši norit pēc iespējas sausāka laika apstākļos.
4. Sapropeļa atūdeņošanās tempu nosaka sākotnējais sapropeļa mitrums un ieguves apjoms.
5. Atūdeņošanas noslēguma fāzē sapropeļa absolūtais mitrums lauka apstākļos ir augsts vid. 84%, tādēļ pirms sapropeļa ieguves uz smilšmāla vai malā pamatnes ir jāieklāj ūdeni filtrējošs slānis, piemēram, dolomīta šķembas. Šāds risinājums varētu sekmēt sapropeļa ieguvi no ģeotekstila maisiem ar zemāku mitruma saturu, padarot to vieglāk transportējamu.



6. Zaudējot 10% abs. mitruma sapropelis vairs netek un ir transportējams, tomēr pārdomājot ģeotekstila maisu efektivitāti un ekonomisko izdevīgumu, ir jāņem vērā iepriekš minētais.
7. Mazinot sapropeļa rehidratācijas iespēju, sapropelim atūdeņojoties līdz ~ 70–80% abs. mitrumam, tas būtu transportējams vai iekļaujams kādā no ražošanas cikliem, jo klimatiskie apstākļi var sekmēt atkārtotu papildu mitruma rašanos sapropeļa masā.
8. Izvērtējot sapropeļa ieguves laiku un sapropeļa masas izsalšanas nepieciešamību, tad piemērotākais sapropeļa ieguves laiks ir aukstā sezona (oktobris-februāris). Šāds pieņēmums balstīts uz vairākiem faktoriem – sapropeļa iespēja izsāļ; sākoties siltajai sezonai notiek strauja sapropeļa atūdeņošanās (4–6 mēneši no ieguves brīža); sapropeļa transportēšana notiek siltajā sezonā.
9. *In-situ* pētījumus par sapropeļa daudzuma ietekmi uz atūdeņošanās tempu apliecina sapropeļa sekundārās dehidratācijas modeļeksperimenti, kur sapropeļa žūšana ir atkarīga no sākotnējā sapropeļa mitruma, masas un biezuma.
10. Lielās un finansiāli kapitālietilpīgas tehnoloģijas, kas sniedz iespēju Latgales ezeru un dīķu īpašniekiem nodot savu īpašumu apkārtējiem lauksaimniekiem augsnes auglības uzlabošanai Latgales reģionā vai citiem uzņēmējiem komerciāla produkta ražošanai;
11. Neliela un salīdzinoši finansiāli pieejama tehnoloģija vidējiem un maziem uzņēmējiem/ dīķu un ezeru īpašniekiem pašiem saviem spēkiem izsūknēt ezeru vai dīķi, gan lai radītu finansiālu ieguvumu sava īpašuma vai reģiona augsnes ielabošanā, gan kā sociāli ekoloģisku uzlabojumu, atgūstot Latgales ūdenstilpnes zivsaimniecībai un tūrismam.

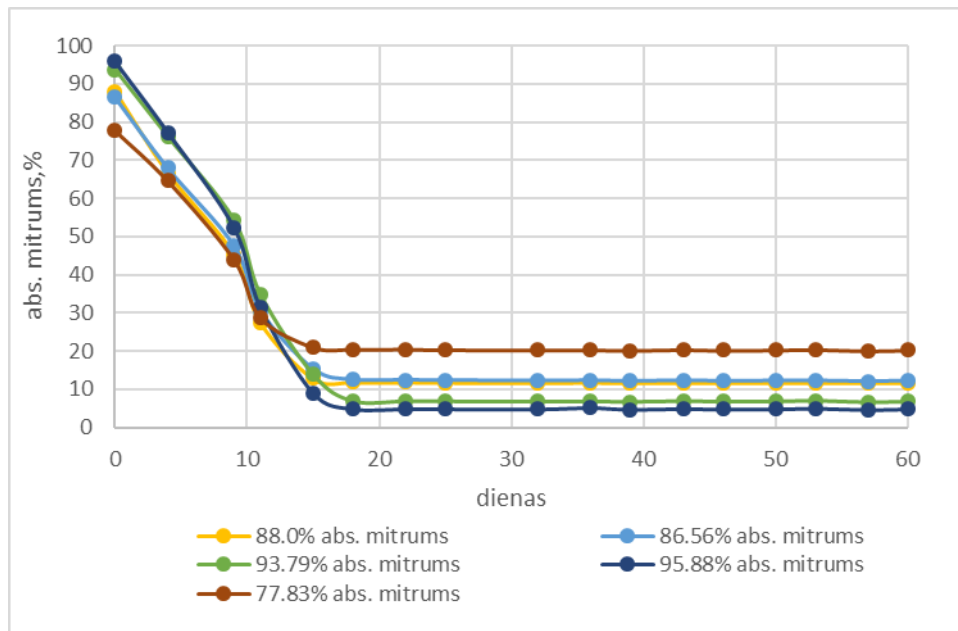
2. AKTIVITĀTE – SAPROPEĻA SEKUNDĀRĀ DEHIDRATĀCIJA UN UZGLABĀŠANAS PĒTĪJUMI

Sekundārā sapropeļa atūdeņošanas eksperiments 21–23 °C temperatūrā ierīkots laboratorijas apstākļos, nodrošinot sapropeļa žūšanu no sāniem un virsmas. Savukārt sapropeļa žāvēšanas eksperimenti pie 50 un 70 °C veikti, izmantojot ADAM PMB2020 mitruma analizatoru.

In-situ pētījumus par sapropeļa daudzuma ietekmi uz atūdeņošanās tempu apliecina sapropeļa sekundārās dehidratācijas modeļeksperimenti, kur sapropeļa žūšana ir atkarīga no sākotnējā sapropeļa mitruma, masas un biezuma.

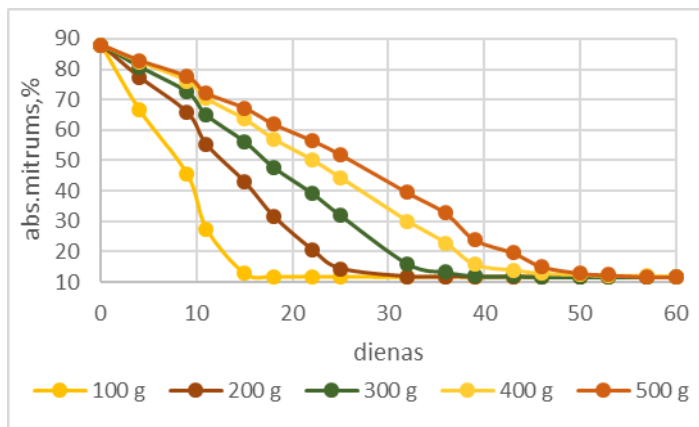
SEKUNDĀRĀ SAPROPEĻA ATŪDEŅOŠANA 21–23 °C TEMPERATŪRĀ

Atūdeņošanās gaita pirmajās 10 dienās visiem paraugiem norīt līdzīgi un strauji, zaudējot mitrumu no 50–60% abs. mitruma robežās, atkarībā no sākotnējā paraugu abs. mitruma (3.1. att.). Savukārt nākamajās 10 dienās sapropeļa žūšana notiek intensīvāk paraugiem ar abs. mitrumu virs 90%. Sapropeli ar šādu sākotnējo mitrumu 21–23 °C temperatūrā ir iespējams izžāvēt līdz 5–7% abs. mitrumam, savukārt paraugiem ar zemāku sākotnējo mitrumu žūšana apstājas un saglabājas 12% (sākotnējais abs. mitums 88–86%) vai pat 20% robežās (sākotnējais abs. mitums 77,83%). Līdz ar to nākas secināt, ka sapropeļa sākotnējam mitrumam pie žāvēšanas ir būtiska nozīme sapropeļa žāvēšanai 21–23 °C temperatūrā, kur maksimālā mitruma atdeve ir novērojama sapropelī ar augstāku sākotnējo mitrumu, bet sapropelī, kas jau daļēji ir zaudējis mitrumu, ūdens atdeve apstājas, kas, iespējams, saistīts ar sapropeļa īpatnējo struktūru.

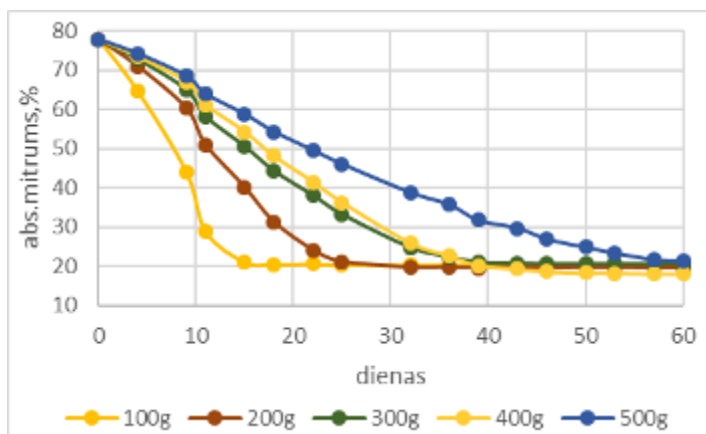


3.1. attēls. Sapropeļa žūšana 21–23 °C temperatūrā.

Neatkarīgi no parauga sākotnējā mitruma parauga masa ietekmē sapropeļa žūšanas dinamiku, jo lielāka parauga masa, jo žūšana norit vienmērīgāk (3.2. att., 3.3. att.), tomēr parauga masa neietekmē minimālo abs. mitrumu daudzumu, līdz kuram 60 dienu žūšanas ciklā 21–23 °C temperatūrā tika nožāvēti paraugi, to kā minēts iepriekš (3.1.att.) ietekmē paraugu sākotnējais mitrums.



3.2.attēls. Sapropēja žūšana 21–23 °C temperatūrā pie 88% abs. mitruma.



3.3.attēls. Sapropēja žūšana 21–23 °C temperatūrā pie 78% abs. mitruma.

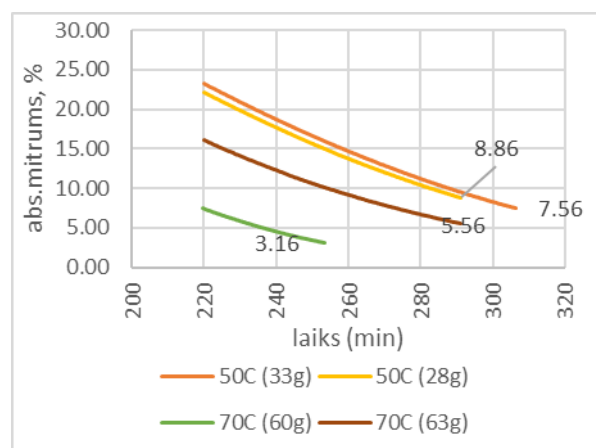
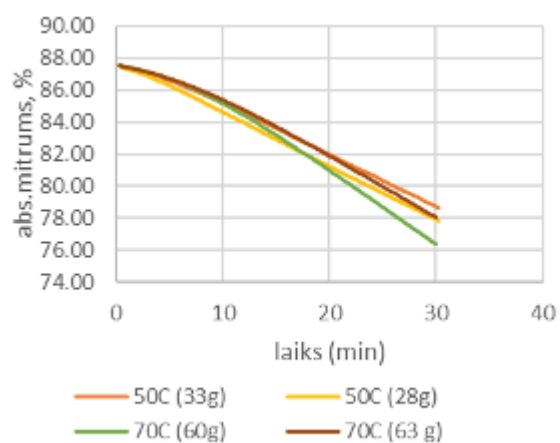
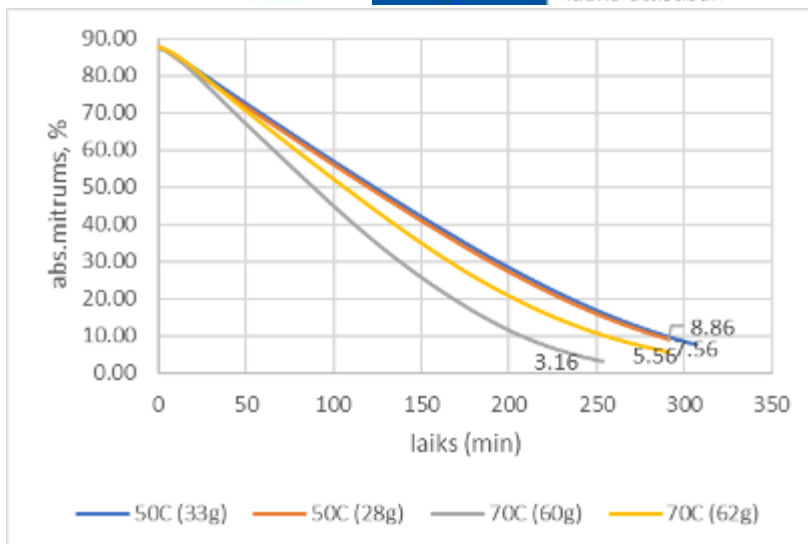
Masas rukums % neatkarīgi no sākotnējās parauga masas un abs. mituma ir no 85–77% sasniedzot žūšanas stabilizācijas fāzi.

SEKUNDĀRĀ SAPROPEĻA ATŪDEŅOŠANA 50 UN 70 °C TEMPERATŪRĀ

Eksperimentāli noskaidrots, ka sapropēja žāvēšana pie 50 °C ir ar lielāku atkārtotamību, savukārt sapropeli žāvējot lielākos apjomos pie 70 °C iegūto rezultātu amplitūda ir lielāka, ko var izsaukt materiāla nevienādīgums vai citu faktoru, kas vēl ir pētāmi, ietekme. Turklāt žūšanas iznākumu žāvēšanas ciklā pie 50 °C nosaka sapropēja žūšanas gaita pirmajās 5–10 minūtēs, bet pie 70 °C pirmajās 5–15 minūtēs (3.4. att.). Tomēr žūšanas process pie augstākām temperatūrām ir vienmērīgs līdzīgi kā pie zemākām temperatūrām sapropēja sekundārās atūdeņošanas gaitā lielākas masas paraugiem (300–500 g) (3.2., 3.3. att.).

Eksperimentālā ceļā tika panākts, ka ~ 300 min intervālā ir iespējams izžāvēt uz 1/2 lielāku sapropēja parauga daudzumu un ar zemāku abs. mitrumu, palielinot žāvēšanas režīmu no 50 uz 70°C (3.4. att.).

Žūšanas laika amplitūda pie 50 °C no 290–310 min sasniedzot abs. mitrumu no 7,5–9%, pie 70 °C žūšanas laika amplitūda var būt lielāka no 250–300 min sasniedzot abs. mitrumu no 3–5,5%



3.4. attēls. Sapropeļa žūšanas piemēri pie 50 un 70 °C. a – žāvēšanas cikla sākums un b – žāvēšanas cikla beigas.

SAPROPEĻA FERMENTATĪVĀS AKTIVITĀTE UZGLABĀŠANAS LAIKĀ DABISKOS APSTĀKĻOS DEHIDRATĒTAM SAPROPELIM

Projekta ietvaros veiktas šādas aktivitātes

1. Metodikas adaptācija:
 - sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšanai,
 - dehidrogenāžu un hidrolītisko fermentu aktivitātes novērtēšanai.
2. Sapropeļa mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes mērījumi “svaigam” sapropelim.
3. Sapropeļa mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes izmaiņas tā uzglabāšanas laikā

METODIKA

Sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšana

Sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes raksturošanai izmantota substrāta elpošanas intensitāte, kura noteikta modificējot (Сэри, 1983; Microbiological Methods for Assessing Soil Quality, 2005). Sapropeļa mikrobioloģiskā aktivitāte vērtēta pēc izdalītā CO₂ daudzuma no 100 g sausas augsnes stundā (mgCO₂ 100g⁻¹ h⁻¹).

Īss metodes apraksts. Stikla traukā ievieto 50±1 g sapropeļa un sverglāzīti, kurā iepilda 10 mL 0.1M KOH. Lai novērstu gāzu apmaiņu, trauku rūpīgi noslēdz ar vāku. Trauku ievieto termostātā 30 °C temperatūrā uz 24 h. Sapropeļa elpošanas procesā izdalītais CO₂ saistās ar KOH. Sverglāzītes saturu notitrē ar 0.1M HCl, tādējādi nosakot nesaistītā kālija sārna daudzumu. Veic aprēķinus un rezultātu pārrēķina uz sausni.

Sapropeli esošo dehidrogenāžu aktivitātes noteikšana

Dehidrogenāžu aktivitāte sapropelī noteikta izmantojot modificētas literatūrā aprakstītās metodes (Microbiological Methods for Assessing Soil Quality, 2005; Хазиев, 2005; Kaimi et al., 2007), kuru pamatā ir jodonitrotetrazolija hlorīda (INT) reducēšanās intensitātes novērtēšana. Rezultātu izsaka = μgINTF g sausas augsnes⁻¹ diennaktī.

Īss metodes apraksts. Iesver mēģenē 1±0,01 g sapropeļa, pievieno 0,2 mL 0,4% INT, 1mL 0,25 M Tris buferi. Mēģenēm uzskrūvē korķus. Sapropeli un reaģentus kārtīgi sajauc (var samaisīt uz Vorteks). Mēģenes novieto inkubēties tumsā 30 °C temperatūrā 24h. Pēc inkubācijas perioda katrā mēģenē pievieno 10 mL metanolu, lai apturētu reakciju un ekstrahētu radušos formazānu.

Formazānu nosaka spektrofotometriski pie 460 nm un daudzumu aprēķina pēc standartlīknes. Iegūto rezultātu pārrēķina uz 100 g sausas.

Sapropeli esošo hidrolītisko fermentu aktivitātes noteikšana

Sapropelī esošo hidrolītisko fermentu aktivitāti nosaka novērtējot fluorescēna (FDA) hidrolīzi pēc Ghini, Morandi, (2006). FDA hidrolīzi nosaka spektrofotometriski. Hidrolizētā fluoresceīna daudzumu nosaka pēc standartlīknes. Iegūto rezultātu pārrēķina uz 100 g sausas augsnes. Izsaka μgINTF g sausas augsnes⁻¹ h⁻¹.

Īss metodes apraksts. Iesver mēģenē 2,50±0,01 g sapropeļa. Pievieno 0,1 mL FDA šķīduma un 10 mL bufera šķīdumu. Mēģenēm uzskrūvē korķus. Sapropeli un reaģentus kārtīgi

sajauc (var samaisīt uz Vorteks). Mēģenes novieto inkubēties tumsā 26 °C temperatūrā 60 minūtes uz kratītāja. Pēc inkubācijas perioda katrā mēģenē pievieno 10 mL acetona, lai apturētu reakciju un ekstrahētu radušos hidrolizēto fluoresceīnu. Nosaka spektrofotometriski pie 490 nm un daudzumu aprēķina pēc standartlīknes.

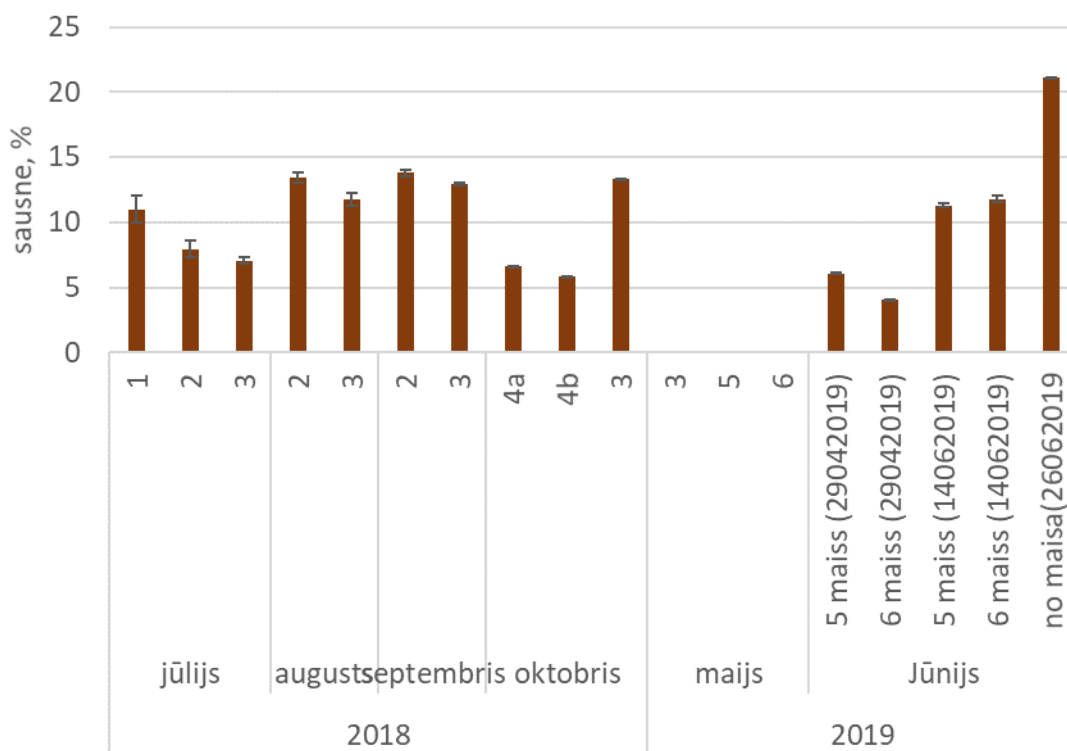
Sausnes satura noteikšana

Lai korekti novērtētu sapropeļa aktivitāti, veic sausnes satura noteikšanu. Sverglāzītē iesver sapropeļa paraugu un ievieto termostātā uz 105 °C. Pēc 48 h sverglāzītes izņem no termostarta ievieto eksikatorā un pēc atdzišanas atkal nosver. Aprēķina sapropeļa sausni, %

SAPROPEĻA MIKROBIOLOĢISKĀS UN FERMENTATĪVĀS AKTIVITĀTES MĒRĪJUMI

Sausnes satura izmaiņas

Izmēģinājumos noskaidrots, ka sausnes saturs dažādos paraugos būtiski atšķiras. Svaigi izsmeltajos paraugos tas svārstās no 4.1 līdz 11.1%. Paraugu dehidratācijas laikā laikā sausnes saturs palielinās, un paraugam Nr. 3 vienpadsmit mēnešus pēc izsmelšanas sausnes saturs palielinājies trīs reizes no 7.0 līdz 21.1%.

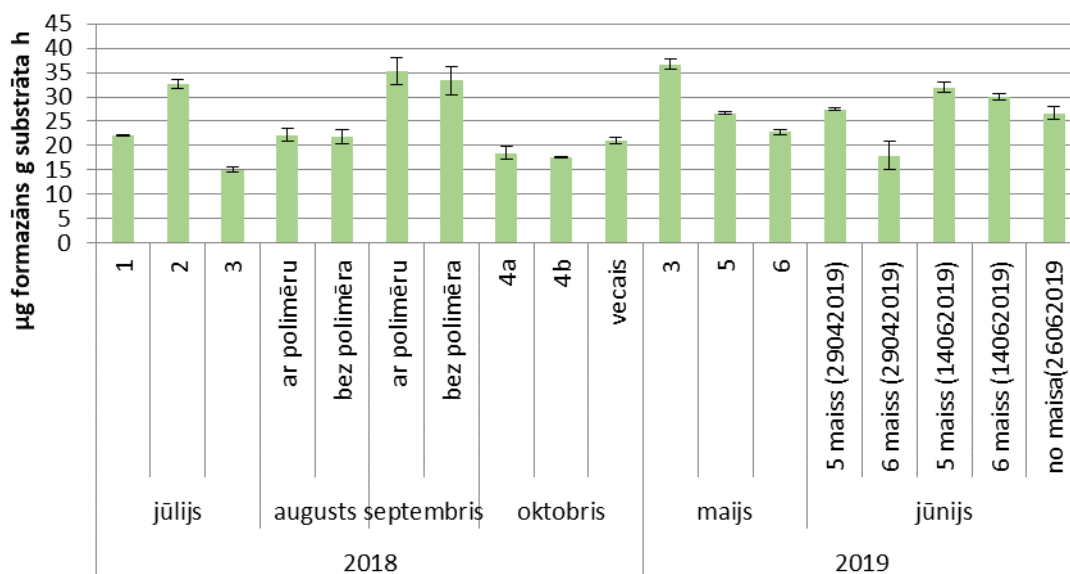


1. att. Sausnes saturs sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos

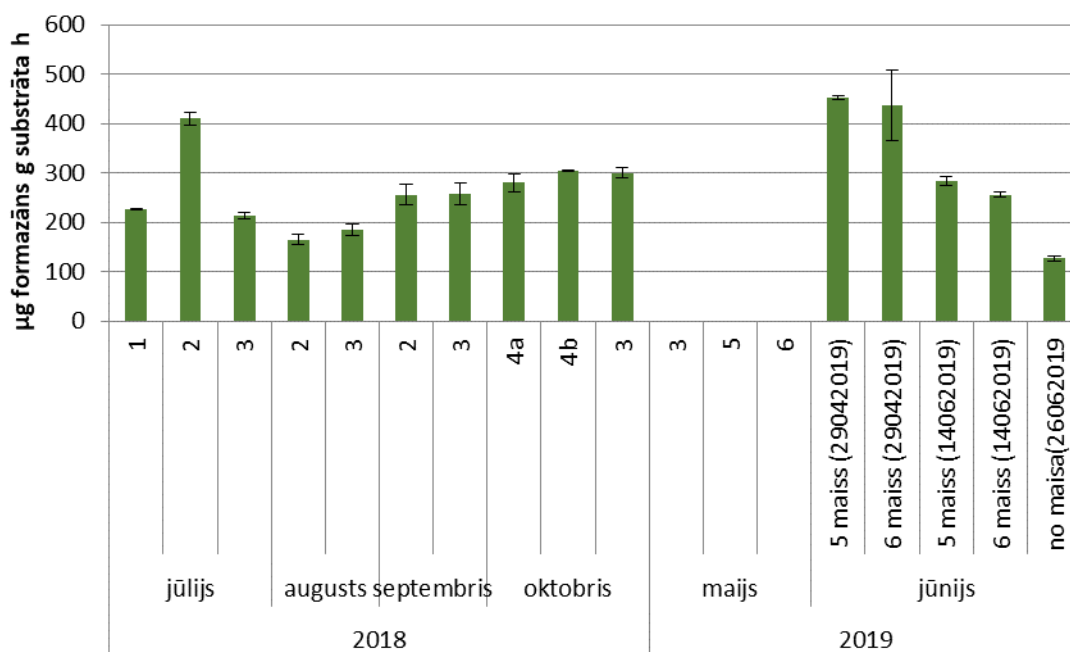
2.2. Sapropeļī esošo hidrolītisko fermentu aktivitāte

Izmēģinājumos noskaidrots, sapropelī esošo hidrolītisko fermentu aktivitāte, ir atkarīga gan no parauga ņemšanas laika, gan tā dehidratācijas pakāpes. Dehidratācijas laikā

hidrolītisko fermentu aktivitātei ir tendence palielināties.



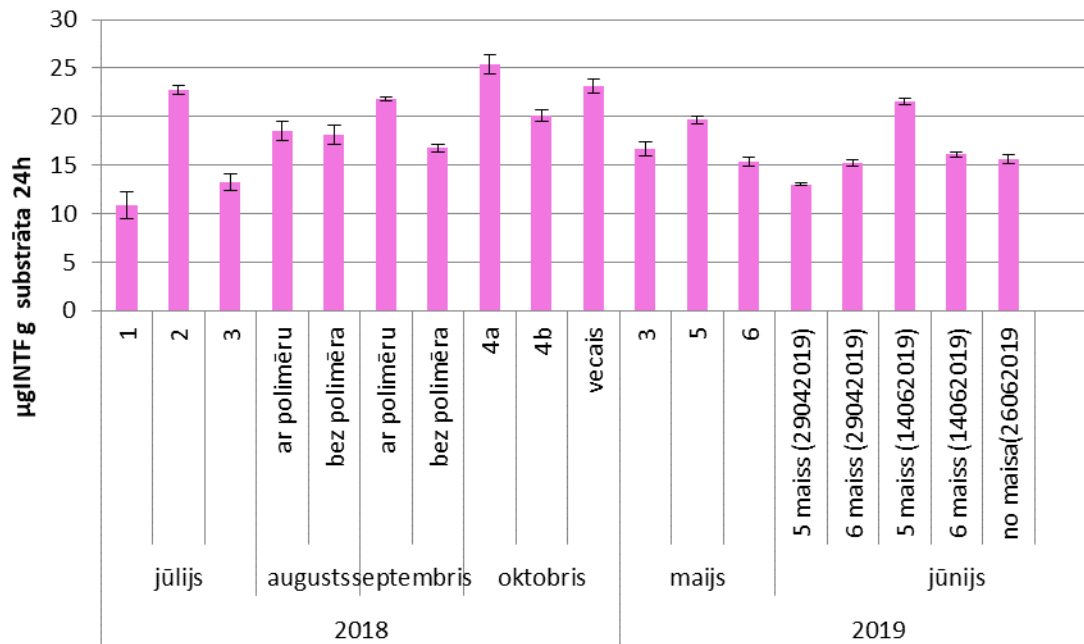
2. att. FDA hidrolīzes intensitāte sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos, µg formazāns g svaiga substrāta h



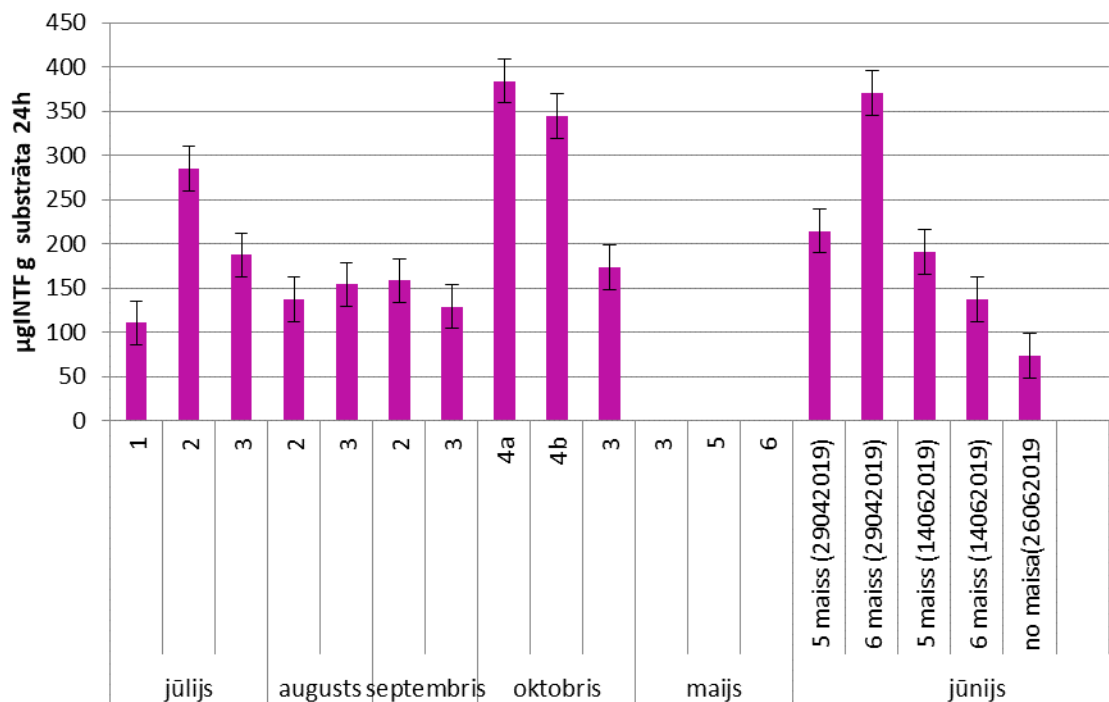
3. att. FDA hidrolīzes intensitāte sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos, µg formazāns g sausa substrāta h.

Sapropelī esošo dehidrogenāžu aktivitātes noteikšana

Izmēģinājumos noskaidrots, dehidrogenāzes aktivitāte ir atkarīga gan no parauga ņemšanas laika, gan tā dehidratācijas pakāpes. Izvērtējot dehidrogenāžu aktivitāti augstākā tā ir bijusi 4. maisā.



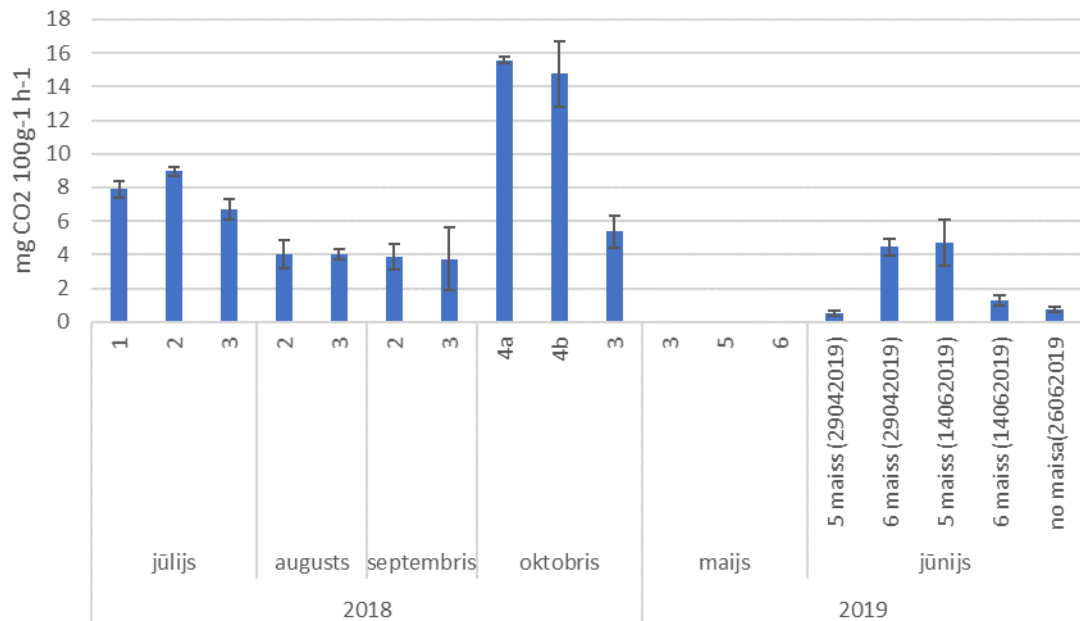
4. att. Dehidrogenāzu aktivitāte sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos, µgINTF g substrāta 24h



5. att. FDA hidrolīzes intensitāte sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos, µgINTF g sausa substrāta 24h

Sapropeļa mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšana

Augstākā mikrobioloģiskā aktivitāte konstatēta 4. paraugā. Paraugiem dehidratējoties mikrobioloģiskā aktivitāte mainās salīdzinoši maz.

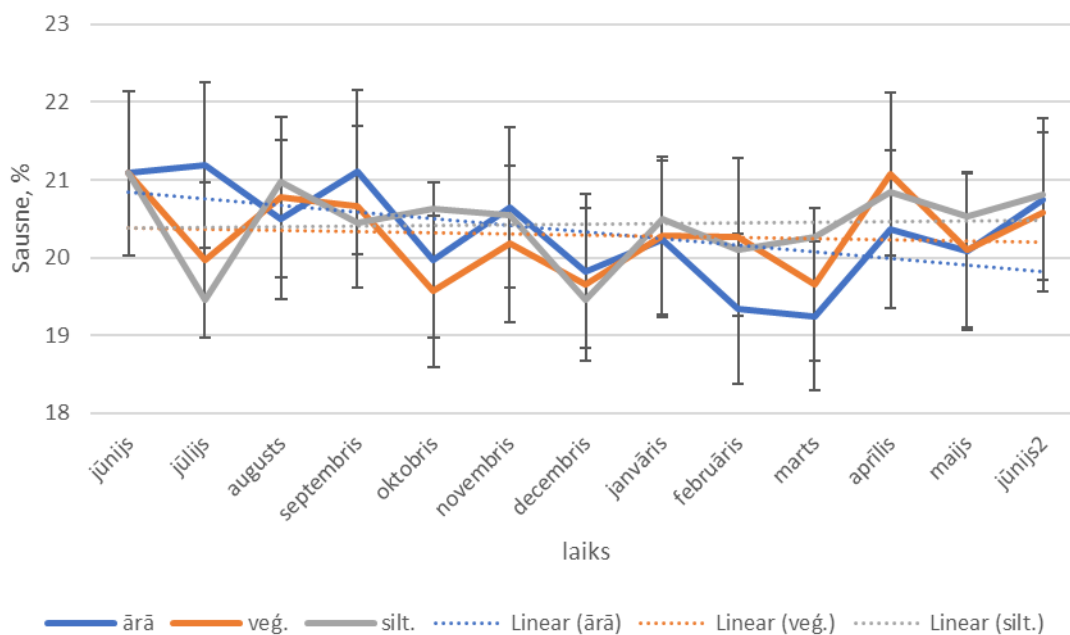


6. Att. Mikrobioloģiskā aktivitāte dažādos paraugu ņemšanas laikos, mg CO₂ 100g⁻¹ h⁻¹

SAPROPEĻA MIKROBIOLOĢISKĀS UN FERMENTATĪVĀS AKTIVITĀTE PARAUGU UZGLABĀŠANAS LAIKĀ

Sausnes izmaiņas

Sausnes saturs sapropelī mainās robežas no 21.19 līdz 19.25%. Sausnes izmaiņas sapropelī vairāk izskatās, ka ir atkarīgas no mitruma satura apkārtējā vidē nevis no uzglabāšanas vietas.



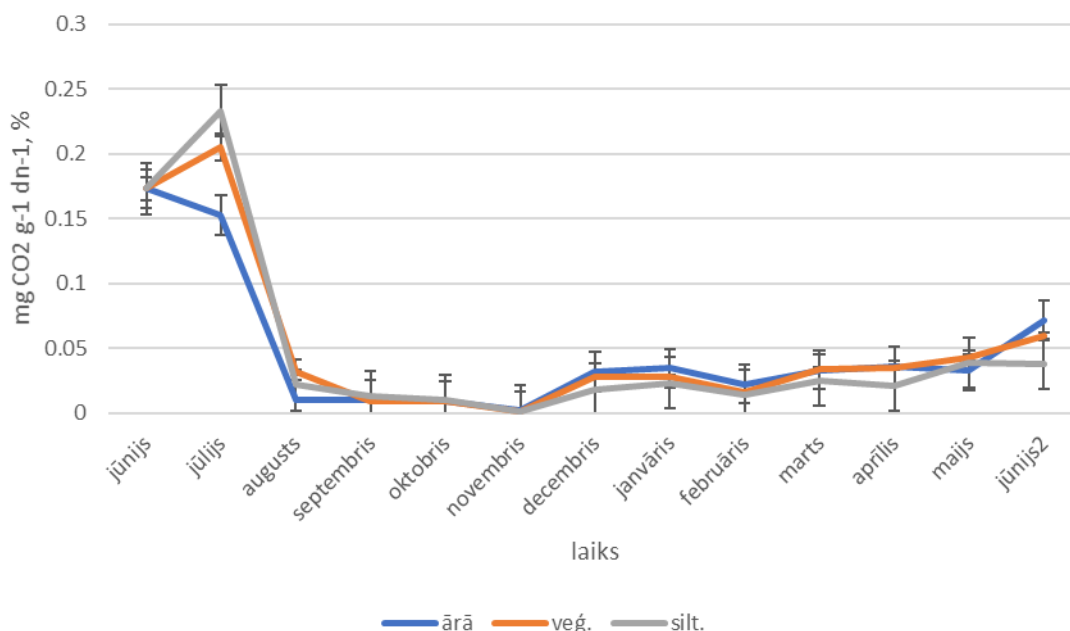
7. att. Sausnes saturs sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos

Konstatēt būtiskas atšķirības sausnes satura izmaiņās starp dažādām paraugu uzglabāšanas vietām neizdevās.

Elpošanas intensitātes izmaiņas

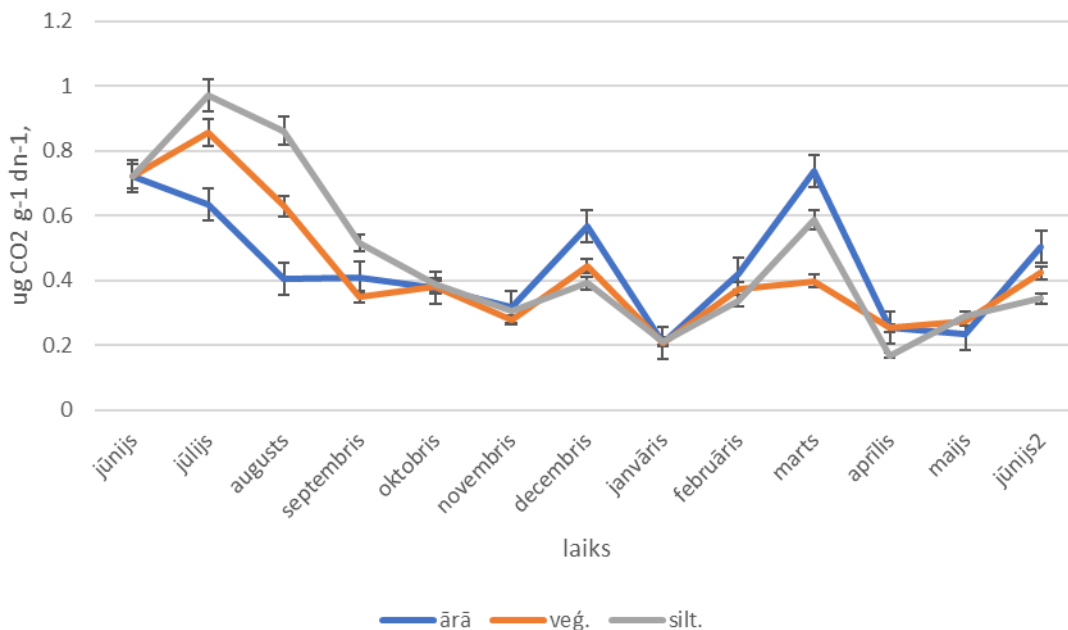
Paraugu uzglabāšanas laikā pirmajos 2 mēnešos novēro būtisku elpošanas intensitātes kritumu, kurš saglabājas zems 4 mēnešus, tālāk novēro nelielu elpošanas intensitātes kāpumu.

Salīdzinot dažādas sapropela glabāšanas vietas, noskaidrots, ka pirmajos uzglabāšanas mēnešos augstākā elpošanas intensitātē novērojama siltumnīcā glabātajiem paraugiem. To varētu skaidrot ar paaugstināto temperatūru un mikroorganismiem labvēlīgiem apstākļiem. Vēlākā laika posmā elpošanas intensitāte izlīdzinās un sākot ar decembra mēnesi šim variantam ir zemākā elpošanas intensitāte, ko varētu skaidrot ar elpošanas substrāta daudzuma samazināšanos paraugos. Sapropelī, kurš uzglabāts āra apstākļos, sākotnēji konstatēta zemākā elpošanas intensitāte, bet uzglabāšanas laikā šie paraugi būtiski neatšķiras no citur uzglabātajiem paraugiem. (7. att.).

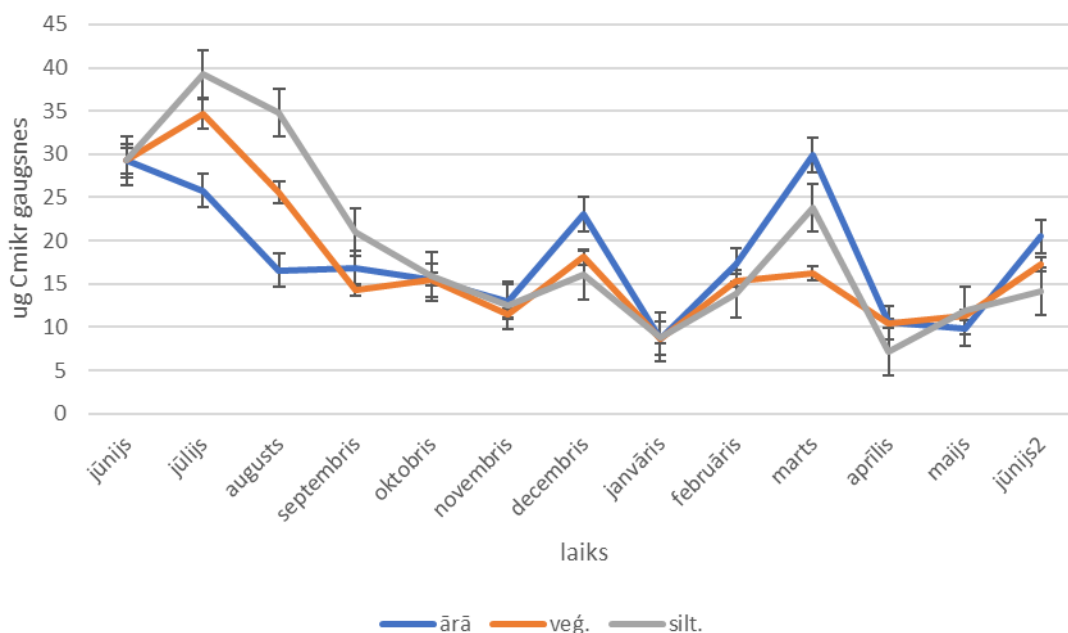


8. att. Mikrobioloģiskā aktivitāte (elpošanas intensitāte) dažādos paraugu ņemšanas laikos, mg CO₂ g⁻¹ dn⁻¹.

Bagātinot sapropeli ar viegli izmantojamu ogļhidrātu avotu (glikozi), var aktivēt arī tos mikroorganismus, kuri atrodas latentā stāvoklī. Likumsakarīgi, ka arī šajos izmēģinājumos uzglabāšanas sākumposmā, augstāka substrāta inducētā elpošana novērojama siltumnīcā glabātajā sapropelī. Vismazākās svārstības novēro veģetācijas telpā glabātajam sapropelīm, ko varētu skaidrot ar vismazākajām temperatūras svārstībām šajā telpā.



9. att. Mikrobioloģiskā aktivitāte (substrāta inducētā elpošana) dažādos paraugu ņemšanas laikos, mg CO₂ g⁻¹ dn⁻¹

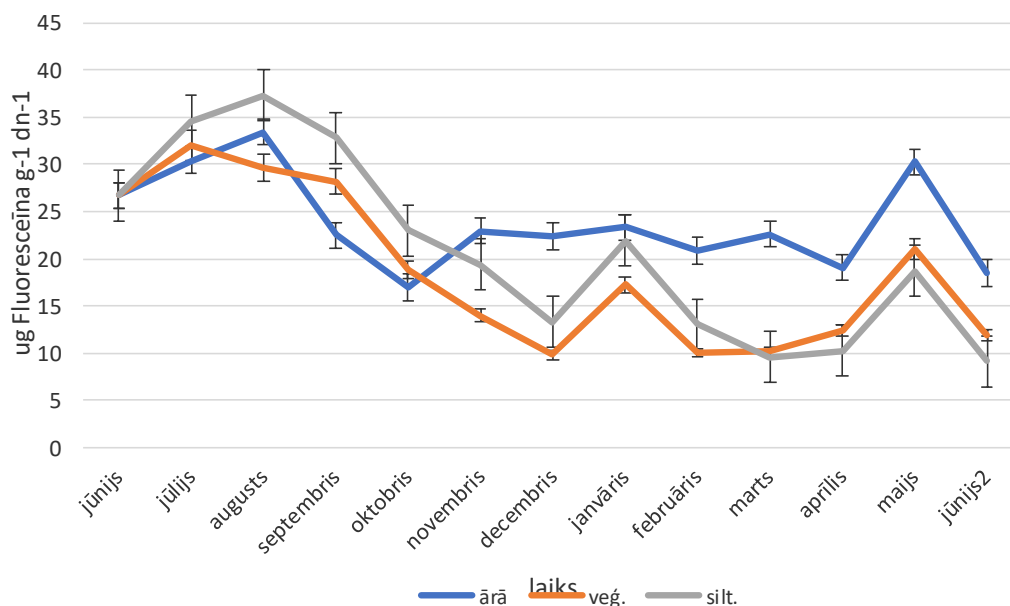


10. att. Mikroorganismu biomasa dažādos paraugu ņemšanas laikos, μg C g⁻¹

Tā kā mikroorganismu biomasa tiek izrēķināta no inducētās substrāta elpošana, tad likumsakarības ir iepriekš aprakstītās. Vislielākās svārstības un būtiskas atšķirības paraugu elpošanā starp dažādām uzglabāšanas vietām konstatētas decembra un marta mēnešos. Visticamākais, ka paaugstinātā elpošanas intensitāte šajos mēnešos saistāma ar meteoroloģiskajiem apstākļiem. Tā kā laukā uzglabātajiem paraugiem bijusi zemāka temperatūra nekā veģetācijas un siltumnīcas apstākļos glabātajiem, tad, iespējams, ka, ienesot paraugus elpošanai optimālos apstākļos, mikroorganismi, kuri sāk intensīvāk izmantot sapropelī esošās barības rezerves.

FDA hidrolīzes intensitāte

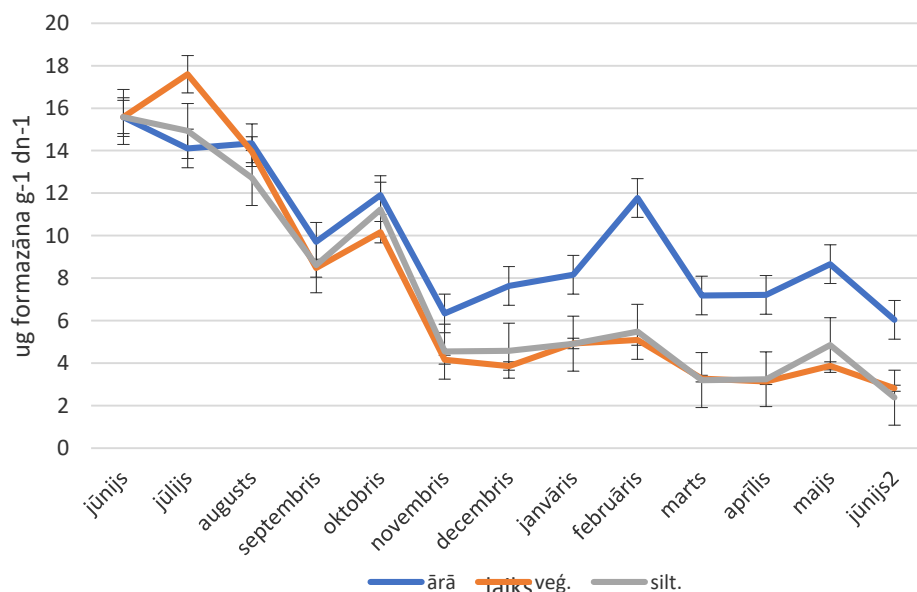
Fluoresceīna (FDA) hidrolīzes intensitāte liecina par hidrolītisko fermentu aktivitāti sapropelī. Izmēģinājumos noskaidrots, ka pirmajos četros paraugu uzglabāšanas mēnešos augstākā fluoresceīna hidrolīzes intensitāte bijusi siltumnīcā uzglabātajos paraugos. Tas varētu būt skaidrojams ar augstākām temperatūrām uzglabāšanas laikā, kas savukārt nodrošinājušas aktīvāku fermentatīvo darbību. Pēc tam abos siltumā glabātajos paraugos novēro FDA hidrolīzes intensitātes kritumu. Skaidrojums šeit varētu būt mikroorganismiem viegli izmantojamā substrāta trūkums. Turpretim āra apstākļos uzglabātie paraugi saglabā augstāku FDA hidrolīzes intensitāti visā ziemas, pavasara periodā.



11.att. FDA hidrolīzes intensitāte sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos, μg formazāna g substrāta diennaktī

Dehidrogenāžu aktivitāte

Dehidrogenāžu aktivitāte sapropeļa uzglabāšanas laikā līdz novembrim samazinās. Tālākā glabāšanas laikā tā stabilizējas. Augstāka dehidrogenāžu aktivitāte (vidēji 2 reizes) saglabājas āra apstākļos uzglabātajos paraugos.



**att. Dehidrogenāžu aktivitāte sapropelī dažādos paraugu ņemšanas laikos,
μgformazāna g substrāta 24h**

**Uzglabāto paraugu bioķīmiskās analīzes, kuras veiktas Biotehnoloģiju
zinātniskajā laboratorijā.**

Testētais paraugs identifikācijas	sapropelis 3.maiss Final 24.10.2019.	A-96 SILT /03.06.20.	A-97 VEG /03.06.20.	A-98 ĀRĀ /03.06.20.
kopējais sausnes saturs (mitrs paraugs)%	24,40	20,36	19,58	19,66
N / kopproteīns, % sausnē	2,83, % (sausnē)	0,53 (kopslāpekļis dabīgā paraugā)	0,52 (kopslāpekļis dabīgā paraugā)	0,49 (kopslāpekļis dabīgā paraugā)
koppelni, % sausnē	48,98	48,58	48,89	49,21
pH	4,63	5,04	4,94	5,57
Amonija slāpekļis, g/kg	0,07	0,1	0,09	0,07
C, % sausnē	29,27	27,8	27,44	29,53
S, %	0,62	0,51	0,51	0,51

SECINĀJUMI

1. Paraugu mikrobioloģiskā aktivitāte atkarīga no parauga ievākšanas laika un sausnes satura paraugos. Augstākā mikrobioloģiskā aktivitāte konstatēta ceturtajā maisā.
2. Sausnes saturs paraugā atkarīgs no apkārtējās vides mitruma sastāva. Uzglabāšanas laikā tas mainās maz.
3. Mikrobioloģiskā aktivitāte visos paraugos ir zema, kas liecina par barības bāzes nepietiekamību mikroorganismu darbībai.



4. Fluorescīna (FDA) hidrolīzes intensitāte atkarīga no temperatūras uzglabāšanas laikā. Augstāka tā ir paraugos, kuri uzglabāti āra apstākļos
5. Pirmajos piecos uzglabāšanas mēnešos dehidrogenāžu aktivitāte uzglabāšanas laikā samazinās. Pēc tam dehidrogenāžu aktivitāte izmainās maz. Salīdzinot uzglabāšanas variantus, augstāka aktivitāte konstatēta āra apstākļos glabātiem sapropeļa paraugiem.
6. Visos uzglabātajos variantos mikrobioloģiskā un fermentatīvā aktivitāte bija zema, kas liecina, ka sapropeļa kvalitāte glabāšanas laikā neatkarīgi no glabāšanas apstākļiem izmainās maz.

SAPROPEĻA FERMENTATĪVĀS AKTIVITĀTE UZGLABĀŠANAS LAIKĀ IZŽĀVĒTĀ SAPROPELĪ

Projekta ietvaros veiktas šādas aktivitātes: Sapropēja mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes mērījumi pie dažādām temperatūrām “izžāvētām” sapropelīm.

METODIKA

Sapropēja mikrobioloģiskās aktivitātes noteikšana

Sapropēja mikrobioloģiskās aktivitātes raksturošanai izmantota substrāta elpošanas intensitāte, kura noteikta modificējot (Сэри, 1983; Microbiological Methods for Assessing Soil Quality, 2005). Sapropēja mikrobioloģiskā aktivitāte vērtēta pēc izdalītā CO₂ daudzuma no 100 g sausas augsnes stundā (mgCO₂ 100g⁻¹ h⁻¹).

Īss metodes apraksts. Stikla traukā ievieto 50±1 g sapropēja un sverglāzīti, kurā iepilda 10 mL 0.1M KOH. Lai novērstu gāzu apmaiņu, trauku rūpīgi noslēdz ar vāku. Trauku ievieto termostātā 30 °C temperatūrā uz 24 h. Sapropēja elpošanas procesā izdalītais CO₂ saistās ar KOH. Sverglāzītes saturu notitrē ar 0.1M HCl, tādējādi nosakot nesaistītā kālija sārna daudzumu. Veic aprēķinus un rezultātu pārrēķina uz sausni.

Sapropelī esošo dehidrogenāžu aktivitātes noteikšana

Dehidrogenāžu aktivitāte sapropelī noteikta izmantojot modificētas literatūrā aprakstītās metodes (Microbiological Methods for Assessing Soil Quality, 2005; Хазиев, 2005; Kaimi et al., 2007), kuru pamatā ir jodonitrotetrazolija hlorīda (INT) reducēšanās intensitātes novērtēšana. Rezultātu izsaka = μgINTF g sausas augsnes⁻¹ diennaktī.

Īss metodes apraksts. Iesver mēģenē 1±0,01 g sapropēja, pievieno 0,2 mL 0,4% INT, 1mL 0,25 M Tris buferi. Mēģenēm uzskrūvē korķus. Sapropeli un reaģentus kārtīgi sajauc (var samaisīt uz Vorteks). Mēģenes novieto inkubēties tumsā 30 °C temperatūrā 24h. Pēc inkubācijas perioda katrā mēģenē pievieno 10 mL metanolu, lai apturētu reakciju un ekstrahētu radušos formazānu.

Formazānu nosaka spektrofotometriski pie 460 nm un daudzumu aprēķina pēc standartlīknes. Iegūto rezultātu pārrēķina uz 100 g sauses.

Sapropelī esošo hidrolītisko fermentu aktivitātes noteikšana

Sapropelī esošo hidrolītisko fermentu aktivitāti nosaka novērtējot fluorescēna (FDA) hidrolīzi pēc Ghini, Morandi, (2006). FDA hidrolīzi nosaka spektrofotometriski. Hidrolizētā fluorescēna daudzumu nosaka pēc standartlīknes. Iegūto rezultātu pārrēķina uz 100 g sausas augsnes. Izsaka μgINTF g sausas augsnes⁻¹ h⁻¹.

Īss metodes apraksts. Iesver mēģenē 2,50±0,01 g sapropēja. Pievieno 0,1 mL FDA šķīduma un 10 mL bufera šķīdumu. Mēģenēm uzskrūvē korķus. sapropeli un reaģentus kārtīgi sajauc (var samaisīt uz Vorteks). Mēģenes novieto inkubēties tumsā 26 °C temperatūrā 60 minūtes uz kratītāja. Pēc inkubācijas perioda katrā mēģenē pievieno 10 mL acetona, lai apturētu reakciju un ekstrahētu radušos hidrolizēto fluorescēnu. Nosaka spektrofotometriski pie 490 nm un daudzumu aprēķina pēc standartlīknes.

Sapropeļa mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes mērījumi

Sausajos paraugos ar izmantotajām metodēm neizdevās konstatēt ne fermentatīvo, ne mikrobioloģisko aktivitāti.

SECINĀJUMI

1. *In-situ* pētījumus par sapropeļa daudzuma ietekmi uz atūdeņošanās tempu apliecina sapropeļa sekundārās dehidratācijas modeļeksperimenti, kur sapropeļa žūšana ir atkarīga no sākotnējā sapropeļa mitruma, masas un biezuma.
2. Sapropeļa sākotnējam mitrumam ir būtiska nozīme pie sapropeļa žāvēšanas 21–23 °C temperatūrā.
3. Neatkarīgi no parauga sākotnējā mitruma parauga masa ietekmē žūšanas dinamiku.
4. Palielinot sapropeļa žāvēšanas laiku par 20 °C no 50 uz 70 °C, vienādā laika intervālā ir iespējams palielināt izžāvētā materiāla daudzumu par 2x.
5. Turpmākajai darbībai vajadzētu izžāvētos paraugus samitrināt un tad dinamikā skatīties mikrobioloģiskās un fermentatīvās aktivitātes izmaiņas.

SAPROPEĻA DEHIDRATĀCIJAS PAKĀPES IETEKME UZ GURĶU UN ZIRŅU SĒKLU DĪGŠANAS STIMULĒŠANU

Projekta ietvaros izstrādāts Sandras Suljo bakalaura darbs (2020. gads), kurā pārbaudīta izvirzītā hipotēze: organiskie šķīdumi ar dažādas dehidratācijas pakāpes sapropeli ietekmē sēklu dīgtspēju.

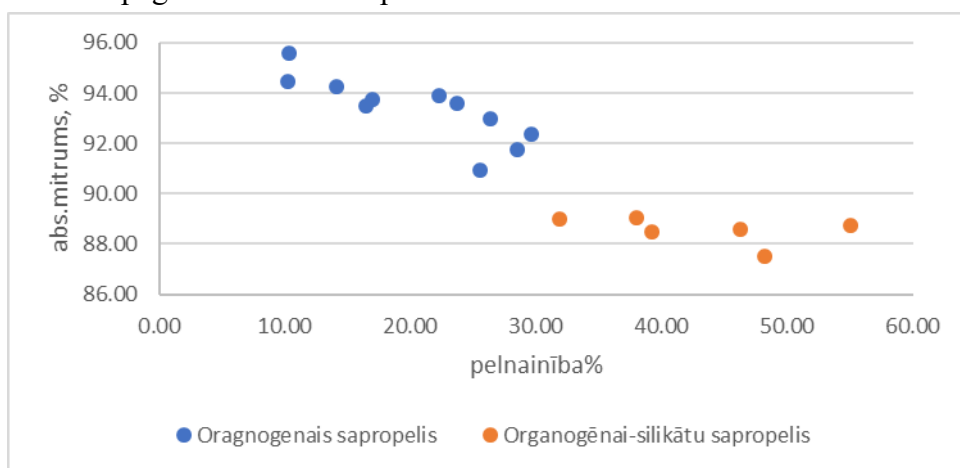
Pētījumā tika izmantotas gurķu *Cucumis sativus* L. un zirņu *Pisum sativum* L. sēklas. Abi kultūraugi dīdējami istabas temperatūrā no +20 °C līdz +23 °C. Pētījumā analizēta dažādu organisko šķīdumu, t.sk. četru dažādas dehidratācijas pakāpes sapropeli, divu kūtsmēsļu paraugu, viena kūdras un viena vermikomposta ekstrakta parauga ietekme uz gurķu un zirņu sēklu dīgtspēju. Kopumā izveidoti 24 dažādu koncentrāciju šķīdumi, 100%, 50% un 25% koncentrāciju atšķaidījumos katram paraugam. Kontroles variantā sēklas inkubētas destilētā ūdenī.

Veikti kultūraugu dīgstu un dīglsakņu mērījumi, lai izpētītu minēto kultūraugu dīgtspēju un dīgšanas enerģiju dažādos organiskajos šķīdumos un to atšķaidījumos.

Rezultāti parādīja būtisku sapropeļa šķīdumu ietekmi uz zirņu sēklu dīgšanu, bet neuzrādīja efektīvus rezultātus attiecībā uz gurķu sēklām. Sapropeļa paraugi ar 78% absolūto mitrumu uzrādīja statistiski būtisku dīgšanu stimulējošu efektu uz zirņu sēklām.

NŪSTIŅU EZERA SAPROPEĻA SASTĀVA IZPĒTE

Projekta ietvaros, meklējot alternatīvus sapropeļa resursus ar zemāku pelnainības saturu, apsektos Nūstiņu ezers (Tukuma nov., Irlavas pag.). Ievāktajos paraugos konstatēts gan organogēnais, gan organogēnais-silikātu sapropelis (6.1. att.). Paraugos novērota interesanta sakarība – organogēnais-silikātu sapropelis ir ar zemāku abs. mitruma daudzumu nekā organogēna sapropeļa paraugos. Tomēr iegūto paraugu skaits ir neliels – līdz ar to minētā sakarība pagaidām nav droši pierādāma.



6.1. attēls. Nūstiņa ezera sapropeļa paraugu abs. mitrums un pelnainība.

3.1. AKTIVITĀTE - SAPROPEĻA PIELIETOŠANA MĒSLOJUMAM ATKLĀTAJĀS PLATĪBĀS BIOLOĢISKĀJĀ LAUKSAIMNIECĪBĀ

Lai īstenotu projekta “Inovātīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā” (Līg.Nr. 18-00-A01612-000010), izvirzītos uzdevumus, 3.1. aktivitātē (Laukaugu mēslošana) ietvaros pētījumu periodā, tika īstenotas sekojošas aktivitātes:

- 1) Izstrādāta izmēģinājumu ierīkošanas un datu iegūšanas metodika triju sapropeļa mēslojuma devu salīdzināšanai trijām laukaugu sugām: ziemas rudzi, kartupeļi, lauka pupas.
- 2) Katru gadu, saskaņā ar metodiku, ņemti augsnes paraugi agroķīmisko analīžu veikšanai un veikta analīzēs iegūto datu apkopošana;
- 3) Triju sezonu periodā, saskaņā ar metodiku, veikta ražas noteikšana laukos, kur salīdzinātas dažādas sapropeļa mēslojuma devas.
- 4) Veiktas ražas kvalitātes analīzes, apkopoti iegūtie dati.
- 5) Veiktas literatūras studijas un sagatavots kopsavilkums par sapropeļa izmantošanu laukaugu mēslošanā to publicējot nozares laikrakstā.
- 6) Organizēti un ņemta līdzdalība publicitātes pasākumos.

METODIKA

LAUKA IZMĒĢINĀJUMU APSTĀKĻI

Izmēģinājumu vietas raksturojums

Izmēģinājumi tika ierīkoti Agroresursu un ekonomikas institūta Priekuļu pētniecības centra bioloģiskajā augsekā. Izmēģinājumu lauku augsnes vidēji līdz labi iekultivētas, vidējs smilšmāls. Priekšaugi ziemas rudziem – zaļmēslojums (griķi), lauka pupām – vasarāju labības, kartupeļiem – ziemas rudzi. Lauku atrašanās vieta un augsnes agroķīmiskie rādītāji atspoguļoti 1. tabulā.

1. tabula

Izmēģinājumu lauku raksturojums izmēģinājumu ierīkošanas gadā

Kultūraugs	Atrašanās vieta	pH	organiskās vielas saturs, %	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹
Ziemas rudzi	57.4205500; 25.4498200	5.2	2.8	103	117
Lauka pupas	57.318511; 25.361875	5.8	2.2	157	65
Kartupeļi	57.318112; 25.360954	5.7	2.8	141	95

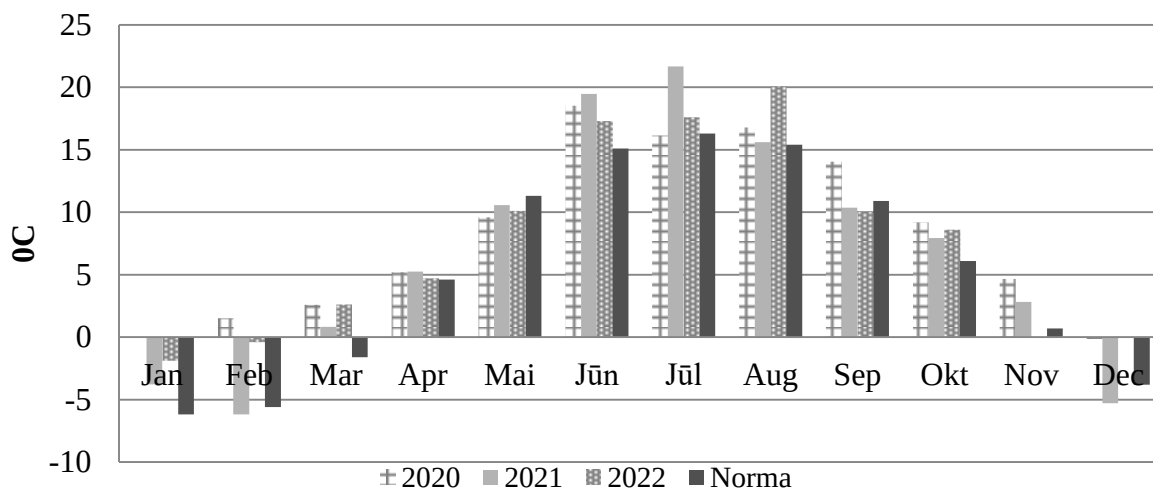
Visi lauki ir ar skābu reakciju, taču ar labu organiskās vielas saturu un nodrošinājumu ar viegli izmantojamo fosforu. Kālija saturs augsnē – nepietiekošs. Augsnes rādītāju salīdzināšanai turpmākajos pētījuma gados analīzēm ņemti paraugi no lauciņiem ar vidējo sapropeļa devu (40 t ha⁻¹).

Audzēšanas tehnoloģija

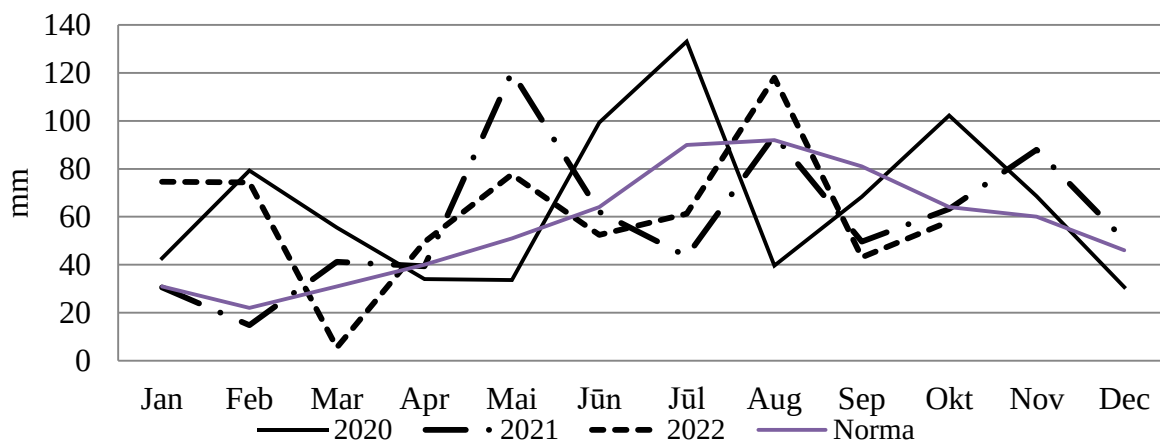
Laukaugu audzēti pēc tradicionālās metodes, laukus uzarot. Pirms ziemas rudzu sējas tika iearts zaļmēslojums, bet lauku pupām un kartupeļiem paredzētie lauki uzarti iepriekšējā rudenī – oktobra sākumā. Sapropeļi tika izkaisīti uz lauka virsmas pēc lauku kultivēšanas vienā kārtā, pēc tam veikta atkārtota kultivēšana, sapropeli iestrādājot līdz 12 cm dziļi. Sējumu kopšanas darbos lauka pupām ietilpa ecēšana, vienu reizi, pēc to sadīgšanas 3.-5. dienā, bet kartupeļu stādījumi tika 4 reizes rušināti (vienu reizi ecēti un 4 reizes vagoti). Augu aizsardzības pasākumi veikti tikai kartupeļu stādījumā, pret kartupeļu lapgrauzi (Kolorado vabole), izsmidzinot preparātu NeemAzal-T/S, 2.5 L ha⁻¹.

Meteoroloģiskie apstākļi

Saskaņā ar LVGMC meteoroloģiskās novērojumu stacijas Priekuļi datiem, 2020. gadā veģetācijas periods atsākās 20. aprīlī. Kaut arī atsevišķu mēnešu vidējie meteoroloģiskie rādītāji bija atbilstoši ilggadīgajiem vidējiem rādītājiem, tomēr pa dekādēm 2020. gada veģetācijas sezona raksturojās ar nevienmērīgām vidējām gaisa temperatūrām un nevienmērīgu nokrišņu sadalījumu (1., 2. att., 1. pielikums). Kopumā laikapstākļu ziņā 2020. gada sezona bija optimāli rudzu un kartupeļu ražas veidošanai, bet nebija optimāla augstu lauka pupu ražu iegūšanai. Maijs raksturojās ar zemu vidējo gaisa temperatūru 2. un 3. dekādē, jūnijs bija karsts un nokrišņiem bagāts. Savukārt vasaras otrajā pusē nokrišņu bija mazāk nekā ilggadēji vidēji, un tas negatīvi ietekmēja graudu veidošanos lauka pupām.



1.att. Vidējais gaisa temperatūra pētījumu periodā pa mēnešiem Priekuļos



2.att. Vidējais nokrišņu daudzums pētījumu periodā pa mēnešiem Priekuļos.

2021. gadā veģetācijas periods atsākās 11. aprīlī. Kopumā 2021. gada laikapstākļi nebija labvēlīgi augstu ražu iegūšanai. Pavasaris bija ilgs, auksts un slapjš, sagatavot lauku un iestādīt kartupeļus varēja tikai maija 2. dekādē. Zemas gaisa temperatūras un daudz nokrišņu maija 3. dekādē nebija optimāli apstākļi ne kartupeļu dīgšanai un pirmējai stādījumu kopšanai, ne arī lauka pupu attīstībai. Turpretī ziemas rudzus šādi apstākļi vizuāli maz ietekmēja. Karstums un sausums jūnija pirmajās dekādēs neveicināja liela bumbuļu skaita aizmešanos. Jūnija 3. dekādē pie liela karstuma arī nokrišņu daudzums pārsniedza normu. Jūlija pirmajās dekādēs karstums un sausums turpinājās. Šādi laikapstākļi nebija labvēlīgi pākšu veidošanai lauka pupu sējumā un kartupeļu augu attīstībai, kuriem masveidā uzbruka arī kartupeļu lapgrauzis (Kolorado vabole). Ar jūlija 3. dekādi laika apstākļi normalizējās, tomēr karstuma pēc ietekme izpaudās ražas iznākumā praktiski visām izmēģinājumā iekļautajām sugām: kartupeļiem, lauka pupām un arī ziemas rudziem. Kopumā 2021. gadā meteoroloģiskie apstākļi kultūraugu attīstībai vasaras vidū bija mazāk piemēroti nekā 2020. gadā.

2022. gadā veģetācijas periods atsākās 18. aprīlī. Pavasaris bija vēss un nokrišņiem bagāts, gan aprīlī, gan maijā temperatūra bija zemāka par normu, bet nokrišņu bija vairāk. Savukārt jūnijs bija silts, temperatūrai par 1.9 grādiem pārsniedzot vidējos ilggadīgos rādītājus, ar vidēji zemāku nekā norma nokrišņu daudzumu. Jūlijā temperatūra tuva normai, toties nokrišņu bija par 28% mazāk nekā vidēji ilggadīgi, kas kopumā negatīvi atsaucas uz kartupeļu bumbuļu ražas veidošanos. Jūnija trešās dekādes sausums negatīvi ietekmēja rudzu graudu veidošanos, bet lauku pupām kopumā laika apstākļi bija labvēlīgi.

Izmēģinājumā iekļauto šķirņu raksturojums

Ziemas rudzi 'Kaupo' (3.att.) izveidoti Priekuļos, Agroresursu un ekonomikas institūtā, izmantošanai pārtikā un spirta rūpniecībā. Augi vidēji gari (130–140 cm). Ziemcietība vidēja līdz laba. Šķirne agrīna, veģetācijas periods aptuveni 315–321 diena. Izturība pret veldrēšanos vidēja līdz laba. Šķirne piemērota konvencionālajai un bioloģiskajai audzēšanai, tās ražas potenciāls ir 5.0–6.0 t ha⁻¹, bet 1000 grauda masa vidēji no 35 līdz 40 gramiem. Graudu tilpummasa 730 g l⁻¹, proteīna saturs graudos – 10–12%, krišanas skaitlis vidēji 250 sekundes. Izturība pret sniega pelējumu – vidēja, pret rūsām – vidēji laba.



3.att. **Ziema rudzi ‘Kaupo’** <https://www.arei.lv/lv/ziema-rudzi-kaupo>

Kartupeļu šķirne ‘Imanta’ izveidota Priekuļos, Agroresursu un ekonomikas institūtā. Tā ir vidēji vēla ar augstu un stabilu cietes saturu (> 18%). Vārīti bumbuļi ir ļoti miltaini. Izmantojama pārtikai un pārstrādei cietē. Šķirne ir izturīga pret kartupeļu vēzi un nematodi, vidēji izturīga pret lakstu puvi. Lai izvairītos no lakstu puves radītajiem zaudējumiem, sēklas bumbuļus nepieciešams gaismā diedzēt. Šķirne piemērota audzēšanai smagākās smilšmāla augsnēs vai labi iekultivētās smilts augsnēs ar pietiekamu mitruma nodrošinājumu. Labi aug bioloģiskajos laukos, arī bioloģiskās cietes ražošanai.



4.att. **Kartupeļu šķirne ‘Imanta’** (<http://www.arei.lv/lv/imanta>)

Auga cers vidēji izklaidēts, vidēji augsts. Aplapojums vidēji biezs, lapas vidēji lielas. Zied bagātīgi gaiši violetiem ziediem. Bumbuļi garenovāli, acis ļoti seklas, miza dzeltena ar sātām acu vietām, bet mīkstums balts vai ļoti gaiši dzeltens (4. att.).

Lauka pupu šķirne ‘Lielplatones’ (5.att.) ir viena no vecākajām un izplatītākajām sīksēkļu jeb lopbarības pupu šķirnēm Latvijā. Šķirne ir vidēji agrīna un augstražīga ar 34% proteīna sēklās, veģetācijas periods 130–140 dienas. ‘Lielplatones’ pupu sēklas ir gaiši pelēki brūnas, sīkas, 1000 sēkļu masa 340–530 g. Augi 100–150 cm gari, pietiekami izturīgi pret sausumu un arī pret aukstumu. Dīgsti viegli pacieš līdz –4 °C salnu. (<https://www.la.lv/lauka-pupas-pirmskiriga-lopbariba-2>).



5.att. Lauku pupas 'Lielplatone'

Sapropēja raksturojums

Izmēģinājumu ierīkošanai tika izmantots sapropelis, kas iegūts Bižas ezers, Andrupenes pagasts, Krāslavas novads. Sapropēja atūdeņošanā izmantota ģeotekstila maisu tehnoloģija, kas ļauj veikt dabīga sapropēja iesūkņēšanu 58 m³ lielos ģeotekstila maisos, kas izgatavoti no stingra ūdeni filtrējoša materiāla. Tā ķīmiskais sastāvs noteikts ar standartmetodēm (2.pielikums), dati atspoguļoti 2. tabulā.

2. tabula

Sapropēja ķīmiskais sastāvs

Nosakāmais rādītājs, mērvienība	24.10.2019.
	Sapropelis, 3.maiss
Sausna, %	24,40
Kopslāpeklis, % (sausnā)	2,83
Tauki, % (sausnā)	0,34
Koppelni % (sausnā)	48,98
Fosfors (P) % (sausnā)	0,09
Etiķskābe, %	0,64
Sviestskābe, %	nav
Pienskābe, %	4,42
Vides reakcija (pH)	4,63
Amonija slāpeklis (N/NH ₄), g/kg	0,07
Ogleklis% (sausnā)	29,27
Sērs, ppm	0,62

Sapropelis pie lauka tika atvests birstošā formā (6.A, 6.B att.). Ziemas rudziem paredzētajā laukā to iestrādāja pirms 2. kultivācijas sagatavojot lauku sējai, bet pārējais tika

sabērts maisos un novietots nojumē uzglabāšanai līdz pavasara sējai (7. att.).



A



B

6.att. **Sapropelis pirms izkaisīšanas 2019. gada augustā.**



7.att. **Sapropelis uzglabāšanas vietā.**

Izmēģinājuma shēma.

Varianti:

- S1 Kontrole (bez sapropeļa mēslojuma)
- S2 Sapropelis 20 t ha⁻¹
- S3 Sapropelis 40 t ha⁻¹
- S4 Sapropelis 60 t ha⁻¹

Variantu izkārtojums atspoguļots 8.attēlā.

		1. atk.	2. atk.	3. atk.	4. atk.
	6	10	10	1	10
6,0	Izolācija	Izolācija	Izolācija	Izolācija	Izolācija
1,2 0,3		1	3	2	4
1,2 0,3		2	4	3	1
1,2 0,3		3	1	4	2
1,2		4	2	1	3

8.att. Izmēģinājuma shēma

Novērojumi un uzskaites:

- fenoloģiskie novērojumi: masveida sadīgšana; ziedēšanas sākums;
- raža (t ha⁻¹), kartupeļiem arī ražas struktūra (frakcijas: līdz 25 mm, 26-50 mm, virs 50 mm);
- cietes saturs kartupeļu bumbuļos, proteīna saturs lauka pupās, krišanas skaitlis ziemas rudziem;
- slimību un kaitēkļu monitorings.

Analīzes un mērījumi

- Veids – augsnes analīzes, augu analīzes.
- Vieta – AREI Augu kvalitātes un bioķīmijas laboratorija (augu analīzes), VAAD (Valsts augu aizsardzības dienests) laboratorija (augsnas analīzes).

Augsnes paraugu ņemšana

Augsnes paraugus ņem pirms izmēģinājuma ierīkošanas katrā izmēģinājumā veikšanas gadā. Augsnes paraugu ņemšanai izmanto parasto augsnes zondi (9.att.). Paraugus ņem no katra varianta visiem atkārtojumiem pa lauciņa diagonāli veicot 15-20 zondējumus aramkārtas dziļumā. Atsevišķos zondējumos vai rakumos paņemto augsni ievieto spainī, rūpīgi samaisa. No samaisītās augsnes paņem vienu vidējo augsnes paraugu

(apmēram 0,5), ko ievieto tīrā auduma maisiņā).



9.att. **Aprīkojums augsnes paraugu ņemšanai**

Ražas un kvalitātes noteikšana

Ziemas rudziem un lauku pupām nokuļ katru lauciņu, ražu izvietojot atsevišķos maisos. Nosver. No katra varianta un atkārtojuma ņem paraugu (1 kg), laboratorijā nosaka graudu mitrumu, paraugu izžāvē, nosver atkārtoti un veic graudu masas pārrēķinu pie 14% mitruma. Graudu ražas nosvēršanai izmanto verificētus elektroniskos masas noteikšanas svarus (elektroniskie galda svāri), ar precizitāti simtdaļās.

Pēc tam veic paraugu tīrīšanu uz sietiem, pēc tīrīšanas sagatavo paraugu ražas kvalitātes analīzēm laboratorijā. Ražas kvalitātes noteikšanai paraugus sagatavo no katra varianta visiem atkārtojumiem. Ražas kvalitātes analīzes graudaugiem un pākšaugiem tiek noteiktas ar Infratec iekārtu.

Datu matemātiskā apstrāde

Datu matemātiskai apstrādei izmantota vienfaktora dispersijas analīze (programmatūra *IBM SPSS Statistics 23*).

REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS

Augsnes agroķīmiskie rādītāji

Izmēģinājumu lauka datu rezultātu dinamika pa gadiem atspoguļota 3. tabulā. Salīdzinājumā ar datiem izmēģinājuma ierīkošanas gadā augsnes agroķīmiskie rādītāji sapropeļa lietošanas ietekmē ir vairāk vai mazāk mainījušies, tomēr izteiktas likumsakarības netika fiksētas. Augsnes skābuma rādītājs nav mainījies K3 laukā, bet uzlabojies R1 un P2 laukos. Augsnes organiskās vielas saturs divu gadu periodā kopumā ir samazinājies visos laukos. Savukārt augiem uzņemamā fosfora saturs otrajā izmantošanas gadā ir samazinājies, taču trešajā izmantošana gadā – palielinājies. Līdzīgi ir ar augiem pieejamā kālija saturu, kur, izņemot P2 lauku, šī elementa daudzums paaugstinājies jau otrajā sapropeļa izmantošanas gadā.

Zinot, ka augsnē notiekošos procesus ietekmē ļoti daudzi dažādi faktori, bet tos projekta ietvaros nebija plānots izvērsti pētīt, nevar viennozīmīgi pieņemt, ka sapropeļa izmantošana lauku ielabošanai jau īsā periodā (2-3 gadi) ietekmēs augsnes agroķīmiskos pamatrādītājus. Šī pētījuma dati norāda uz augsnes skābuma neitralizācijas spēju, kas sakrīt ar pētnieku pausto literatūrā (Vasiliev et al, 2022, Naumova et al., 2017). Tomēr, tā pozitīvais efekts, saskaņā ar Lietuvā veikto ilggadīgo pētījumu datiem (Bakšiene & Ciunus, 2012), izpaužas tikai ilgākā laika posmā.

3. tabula

Izmēģinājumu lauku agroķīmisko rādītāju dinamika 2020.-2022.

Lauka nr.p.k.	Kultūraugs	Gadi	pH	organiskās vielas saturs, %	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹
1. R1	Ziemas rudzi	2020	5.2	2.8	103	117
	Kartupeļi	2021	5.7	2.3	101	56
	Lauka pupas	2022	5.8	2.6	142	105
2. P2	Lauka pupas	2020	5.8	2.2	157	65
	Ziemas rudzi	2021	6.2	2.3	134.8	88.7
	Kartupeļi	2022	6.1	1.8	219	94
3. K3	Kartupeļi	2020	5.7	2.8	141	95
	Lauka pupas	2021	5.7	2.3	101	56
	Ziemas rudzi	2022	5.7	2.6	152	98

K1,P2,R3 – lauka apzīmējums, ņemot vērā pirmajā izmēģinājumu gadā audzēto kultūraugu.

Kultūraugu fenoloģiskie novērojumi

Ziemas rudzi

2019. gadā rudzi sadīga divu nedēļu laikā. Vizuāli sapropeļa lietošanas efekts netika novērots. Arī pavasarī, atsākoties veģetācijai, un turpmākā periodā līdz vārpošanas stadijai atšķirības starp variantiem netika novērotas. Nogatavošanās sākumā veiktie augu garuma mērījumu dati liecināja, ka augi vidēji par 20 cm pārsniedz šķirnes raksturojumā minēto garumu. Rudzu garums atkarībā no variantā svārstījās no 159.4 sm (S20) līdz 164.2 cm (S60). Tikai variantā ar lielāko sapropeļa devu rudzi bija garāki garumu ($p=0.001$) nekā variantos ar

abām mazākajām devām un kontrolē.

2020. gadā rudzi sadīga par 2-3 dienām ilgākā periodā. Variantā ar lielāko sapropeļa devu sadīgšana bija nedaudz straujāka. Vizuāli sapropeļa lietošanas efekts netika novērots ne rudenī, ne pavasarī, atsākoties veģetācijai. Turpretī piengatavības stadijā augi variantos ar sapropeli vizuāli bija zaļāki.

2021. gadā rudzi sadīga pēc 19 dienām. Līdzīgi, kā iepriekšējos gados, arī trešajā sējas gadā vizuāli sapropeļa lietošanas efekts netika novērots. Līdzīgi pavasarī, atsākoties veģetācijai, un turpmākā periodā līdz vārpošanas stadijai vizuālas atšķirības starp variantiem netika novērotas. Nogatavošanās sākumā veiktie augu garuma mērījumu dati liecina, ka variantos ar sapropeli augi ir nedaudz, par 2 cm garāki nekā variantā bez sapropeļa. Variantos ar sapropeli augi ir izlīdzinātāki.

Kartupeļi

2020. gadā kartupeļi sadīga četrās nedēļās. Augšanas sezonā atšķirības variantiem ar sapropeli, salīdzinot ar kontroles variantu, fenoloģisko fāžu iestāšanās laikos netika konstatētas. Visos variantos bumbuļi sadīga līdzīgi – 31 dienu pēc stādīšanas, butonizācijas sākums – 51 dienu pēc stādīšanas, ziedēšanas sākums – 66 dienas pēc stādīšanas, lakstu atmiršanas sākums – apmēram 95 dienas pēc stādīšanas, kartupeļu paraugi analīzēm tika ievākti 103. dienā pēc stādīšanas. Lakstu vidējais garums 45.8-48.1 cm. Dati norāda uz tendenci, ka variantos ar sapropeli laksti ir nedaudz īsāki.

2021. gadā kartupeļi sadīga pēc 24 dienām. Augu vizuālās atšķirības pa variantiem sezonas laikā netika fiksētas. Butonizācijas sākums – 54 dienas pēc stādīšanas, ziedēšanas sākums – 65 dienas pēc stādīšanas, lakstu atmiršanas sākums 13.08. – agrāk nekā iepriekšējā sezonā. Lakstu vidējais garums sasniedza 39.5-43.6 cm. Vidēji par 2 cm tie bija garāki variantos ar sapropeli, kas bija atšķirīgi salīdzinājumā ar iepriekšējo sezonu.

2022. gadā kartupeļi sadīga mēneša laikā. Pumpurošanas fāze sākās 27. jūnijā. Ziedēšanu kā pirmie uzsāka kontroles variantā augošie kartupeļi. Variantos ar sapropeli kartupeļu ziedēšana iesākās par 1-2 dienām vēlāk. Lakstu vidējais garums 39.2-41.1 cm. Sapropeļa lietošanas efektivitāte vizuāli neizpaudās, lakstu mērījumu dati nelielu tendenci par sapropeļa ietekmi uzrādīja. Vidējais stublāju skaits cerā bija 4.2-4.9 gab.

Lauka pupas

2020. gadā pupas sadīga 28 dienas pēc sējas. Veģetācijas periodā vizuālas atšķirības pa variantiem netika fiksētas. Nogatavošanās sākumā veiktie augu garuma mērījumi liecina par nelielām (līdz 0.8 cm) augu garuma svārstībām atkarībā no sapropeļa pielietošanas varianta, taču likumsakarības nebija novērojamas. Lauku pupām garums bija 83.7 -84.5 cm. Pākstis pilngatavību sasniedz 21. augustā.

2021. gadā pupas sadīga divas dienas ātrāk nekā gadu iepriekš. Vizuāli labāks sējums bija variantā ar lielāko sapropeļa devu. Vēlāk vizuālās atšķirības izlīdzinājās. Nogatavošanās sākumā veiktie augu garuma mērījumi liecina par nelielām augu garuma svārstībām atkarībā no sapropeļa pielietošanas varianta. Nedaudz garāki (vidēji par 2 cm) augi bija pie lielākās sapropeļa mēslojuma devas. Pākstis pilngatavību sasniedza 25. augustā

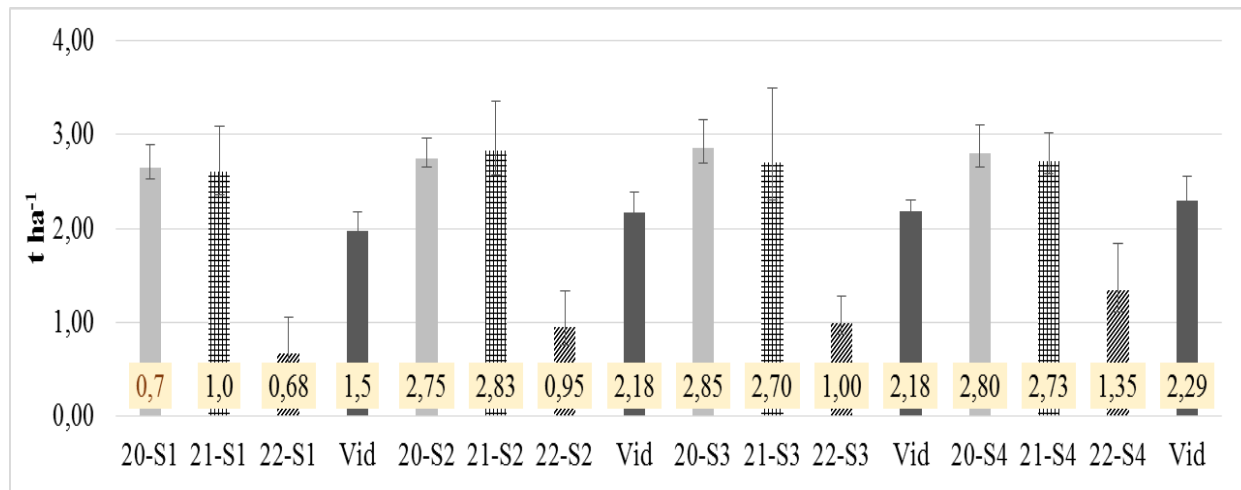
2022. gadā lauka pupas sadīga 26 dienas pēc sējas, tātad, par 2 dienām ātrāk nekā iepriekšējā sezonā. Ziedēšanas sākums fiksēts 17. jūnijā, pākšu veidošanās sākums – 2. jūlijā, bet nogatavošanās sākums – jau 26. jūlijā. Veģetācijas periodā vizuālas atšķirības pa variantiem netika fiksētas. Nogatavošanās sākumā veiktie augu garuma mērījumi liecina par nelielām augu garuma svārstībām atkarībā no sapropeļa pielietošanas varianta – starpība pa variantiem 1.1 cm.

Kultūraugu raža

Ziemas rudzi

2020. gadā izmēģinājumu laukā vidējā ziemas rudzu raža sasniedza 2.7 t ha^{-1} . Raža pa variantiem atspoguļota 10.attēlā, tās svārstības nelielas – 0.2 t ha^{-1} . Sapropeļa lietošanas ietekme uz bumbuļu ražas lielumu netika fiksēta.

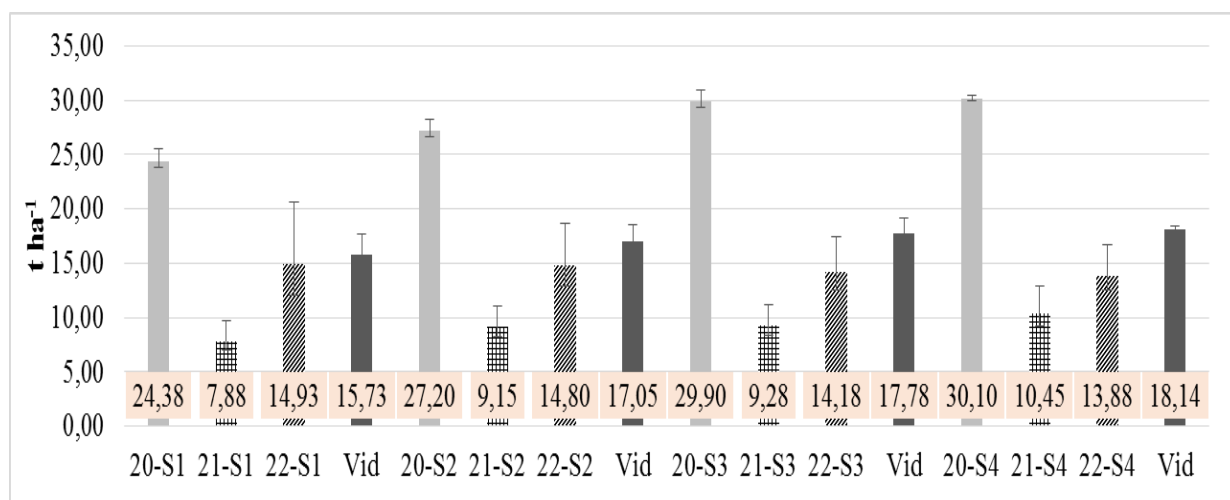
2021. gadā, iegūta praktiski tāda pat raža, kā 2020. gadā. Abos gados variantos ar sapropeli raža lielāka nekā kontroles variantā (bez sapropēļa iestrādes), taču ražas starpība nav būtiska.



10.att. Ziemas rudzu raža atkarībā no sapropēļa mēslojuma devas 2020., 2021. un 2022. gadā.

Kartupeļi

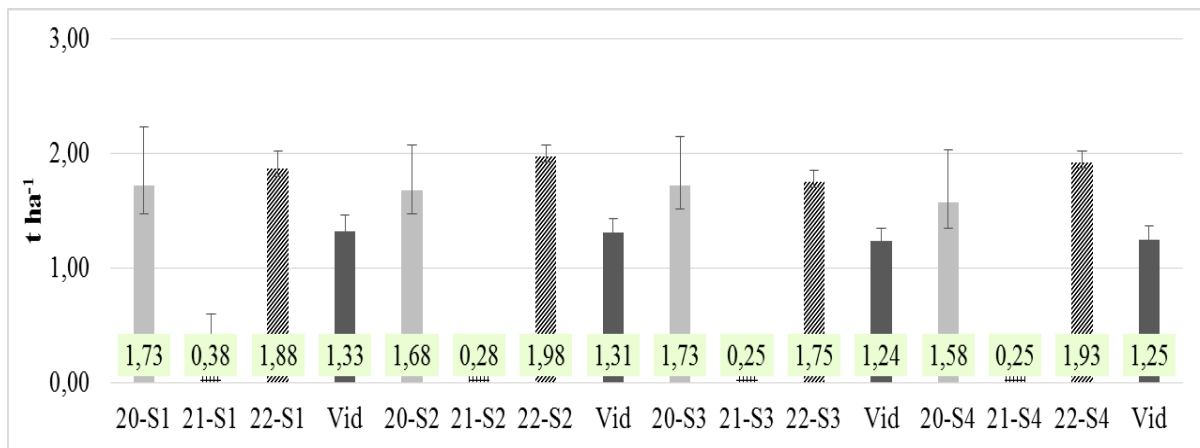
2020. gadā izmēģinājumā iegūtā vidējā raža bija 28.7 t ha^{-1} , kas, salīdzinot ar valstī vidējo ražību (27.4 t ha^{-1}), vērtējama kā laba. Ja 2020. gadā vidēji iegūtā valstī vidējā raža, tad 2021. gadā, atkarībā no variantā iegūtas tikai $7.9\text{--}10.5 \text{ t ha}^{-1}$. Variantos ar sapropēļa mēslojumu abos gados raža augstāka (11.att.).



11.att. Kartupeļu raža atkarībā no sapropēļa mēslojuma devas 2020., 2021. un 2022. gadā.

Lauku pupas

Visā pētījumu periodā iegūta zema lauka pupu raža (12.att.), kas izskaidrojams ar neveiksmīgu klimatisko apstākļu sakritību, kad pākšu aizmešanāslaikā pieturējās karsts un sauss laiks. Dati neuzrāda sapropeļa ietekmi uz ražas veidošanos nevienā no variantiem. 2020. gadā iegūtas 1.58-1.73 t ha⁻¹, 2021. gadā tikai 0.25-0.38 t ha⁻¹, bet 2022. gadā – 1.75-1.98 t ha⁻¹.



12.att. Lauka pupu raža atkarībā no sapropeļa mēslojuma devas 2020., 2021. un 2022. gadā.

Kultūraugu ražas kvalitāte

Ziemas rudzi

Variantos ar sapropeli konstatēta lielāka 1000 sēklu masa. Starpība starp variantiem 2020. gadā ir 1.8 g, svārstoties no 33.2 g variantā bez sapropeļa, līdz 35 g visos variantos ar sapropeli, un tā nav būtiska. Arī 2021. gadā, tāpat kā iepriekšējā sezonā, variantos ar sapropeli 1000 sēklu masa bija lielāka. Salīdzinot pa abiem gadiem 2021. gadā tā bija nedaudz mazāka, vidēji 32.1 kontroles variantā, un attiecīgi 33.2, 32.6 un 34.1 g. variantos ar sapropeļa devu 20, 40 un 60 t ha⁻¹. Starpība starp variantiem nebūtiska. Arī 2022. gadā starpība starp 1000 sēklu masas rādītājiem nebūtiska. Tā svārstījās no 27.4 līdz 28.2 g. Šajā gadā rudzu graudi bija sīkāki, tāpēc arī 1000 sēklu svars mazāks nekā abos iepriekšējos gados.

Sapropeļa lietošana pratiski neietekmē rudzu graudu krišanas skaitli. Līdz ar devas palielinājumu krišanas skaitlis nedaudz samazinās, tomēr starpība nav būtiska ($p=0.001$). 2020. gadā tas ir 105.8-113.3 sek. 2021. gadā rudziem bija ļoti augsts krišanas skaitlis. Tas svārstījās no 289.5-308 sek. 2022. gadā rudzu graudu krišanas skaitlis bija no 212 sek variantā ar mazāko sapropeļa devu līdz 227 sek kontroles variantā un variantā ar lielāko sapropeļa devu. Vidēji trijos gados iegūtie rezultāti neliecina par sapropeļa lietošanas ietekmi uz rudzu graudu krišanas skaitli.

Kartupeļi

Dati liecina, ka sapropeļa pielietošana sekmējusi cietes saturs uzkrāšanos bumbuļos. Tās saturs bumbuļos visos gados ir virs 18%, kas saskan ar šķirnes raksturojumā sniegto informāciju. Starp variantiem starpība nav būtiska ne 2020., ne 2021. gadā. Savukārt 2022. gadā variantos ar sapropeli cietes saturs bumbuļos būtiski augstāks ($p=0.001$) (4. tabula). Tas svārstās no 19.0% kontroles variantā līdz 27.3% variantā ar mazāko sapropeļa devu. Starpība starp variantiem ar sapropeli nebūtiska. Vidēji trijos gados cietes saturs kontroles variantā bija par 4.6–7.5% mazāks nekā ar sapropeli mēslotajos variantos.

Cietes saturs bumbulos atkarībā no sapropeļa mēslojuma devas, %

Variants	2020	2021	2022	Vidēji
S 1	19,4	18,4	19,0	18,9
S 2	25,7	26,3	27,3	26,4
S 3	24,6	25,1	26,0	25,3
S 4	23,3	23,3	24,1	23,5

Lauka pupas

Lauku pupas pa gadiem uzrādīja atšķirīgu 1000 sēklu svaru. 2020. gadā tas svārstījās no 607.4–615.4 g., 2021. un 2022. gadā attiecīgi 594.2–600.2 un 604.8–612.1 g. Sapropeļa ietekme neizpaudās ($p=0.001$).

Sapropeļa lietošana nav atstājusi ietekmi uz proteīna saturu lauka pupu graudos (5.tab.). Nedaudz augstāks proteīna saturs pupām bija 2021. un arī 2022. gada sezonā.

5. tabula

Proteīna saturs lauka pupu 'Lielplatone' graudos atkarībā no sapropeļa mēslojuma devas, %

Variants	2020	2021	2022	Vidēji
S 1	28,4	29,6	32,0	30,0
S 2	27,7	29,9	30,5	29,4
S 3	29,0	30,0	31,0	30,0
S 4	28,8	30,6	31,8	30,4

Nosakot aminoskābes, visos pētījuma gados tika noteikta arī proteīna kvalitāte (6.tabula). To daudzums mainījās gan pa gadiem, gan arī sapropeļa mēslojuma ietekmē, tāču likumsakarības neizpaudās.

Aminoskābju saturs lauka pupu proteīnā atkarībā no mēslošanas ar sapropeļa mēslojumu 2020.-2022. gadā

2020.																
Rādītāji	Aminoskābes, g kg ⁻¹															
	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
S - 1	3,8	4,9	4,9	21,4	3,9	1,8	3,0	6,0	3,4	1,3	4,4	10,6	4,0	3,4	2,9	4,5
S - 2	3,8	4,7	4,8	22,3	3,9	1,8	3,0	6,1	3,4	1,4	4,6	10,8	4,0	3,3	2,9	4,6
S - 3	3,8	4,8	4,8	21,9	3,9	1,8	3,0	6,1	3,4	1,4	4,5	10,8	4,0	3,4	2,9	4,5
S - 4	3,8	4,9	4,7	22,0	3,9	1,8	3,0	6,1	3,4	1,3	4,5	10,7	4,0	3,4	2,8	4,5
2021.																
Rādītāji	Aminoskābes, g kg ⁻¹															
	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
S - 1	4,1	4,3	4,6	18,6	4,0	1,6	2,8	6,1	3,4	1,4	4,2	10,8	3,8	3,2	2,6	4,4
S - 2	4,0	4,3	4,7	17,3	4,0	1,5	2,7	5,8	3,2	1,3	3,9	10,3	3,5	3,1	2,4	4,2
S - 3	4,1	4,3	4,6	17,9	4,0	1,5	2,6	5,8	3,3	1,3	4,0	9,9	3,6	3,2	2,3	4,1
S - 4	4,1	4,7	5,0	19,0	4,2	1,7	2,9	6,2	3,4	1,4	4,4	11,3	3,9	3,4	2,6	4,4
2022.																
Rādītāji	Aminoskābes, g kg ⁻¹															
	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Tyr	Val
S - 1	4,0	4,2	4,5	17,4	4,0	1,5	2,7	5,9	3,3	1,4	4,1	10,6	3,6	3,1	2,4	4,2
S - 2	3,9	4,4	4,8	18,5	4,0	1,6	2,8	5,9	3,3	1,3	4,1	10,7	3,7	3,2	2,5	4,3
S - 3	4,0	4,2	4,7	17,8	4,0	1,5	2,6	5,8	3,3	1,3	4,0	10,1	3,6	3,1	2,3	4,2
S - 4	4,1	4,4	4,7	17,2	4,0	1,5	2,7	5,9	3,3	1,4	4,1	10,5	3,7	3,2	2,3	4,3

Slimību un kaitēkļu monitorings

Pētījumu veikšanas periodā lauka pupām un ziemas rudziem būtiski kaitēkļu un slimību izraisīti bojājumi netika fiksēti. Sezonas izskaņā lauku pupās pastiprinājās infekcija ar *Botrytis fabae* un *Alternaria spp.* izraisītājiem. Starp variantiem vizuālajā vērtējumā starpība neuzrādījās. Augu aizsardzības līdzekļi tika lietoti kartupeļos, kartupeļu lapgrauža ierobežošanai lietojot NeemAzal-T/S, 2,5 l ha⁻¹. Kartupeļiem tika veikta arī bumbuļu izvērtēšana. 7.-9. tabulās atspoguļotie dati neliecina par sapropeļa ietekmi uz kaitīgo organismu izplatību kartupeļos. Bumbuļi kopumā salīdzinoši daudz inficēti ar parasto kraupi un sauso puvi, kā arī tos daudz bojājuši sprakšķu kāpuri.

6. tabula

Kartupeļu 'Imanta' bumbuļu bojājumi AREI PPC 2020. gadā

Variants	Bumbuļu bojājumi, %					
	Melnais kraupis	Parastais kraupis	Sausā puve	Sprakšķu bojājumi	Maijvaboļu bojājumi	Plaisājušie
S 1 (Kontrole)	6	28	2	45	0	1
S 2.	5	31	2	43	2	0
S 3	5	27	1	50	1	1
S 4	6	29	2	42	0	1

7. tabula

Kartupeļu 'Imanta' bumbuļu bojājumi AREI PPC 2021. gadā

Variants	Bumbuļu bojājumi, %					
	Melnais kraupis	Parastais kraupis	Sausā puve	Sprakšķu bojājumi	Maijvaboļu bojājumi	Plaisājušie
S 1 (Kontrole)	9	72	18	22	8	9
S 2.	15	72	9	14	11	4
S 3	13	76	15	21	8	7
S 4	8	82	20	27	9	5

8. tabula

Kartupeļu 'Imanta' bumbuļu bojājumi AREI PPC 2022. gadā

Variants	Bumbuļu bojājumi, %					
	Melnais kraupis	Parastais kraupis	Sausā puve	Sprakšķu bojājumi	Maijvaboļu bojājumi	Plaisājušie
S 1 (Kontrole)	1	81	19	22	10	6
S 2.	0	75	21	16	13	2
S 3	0	78	13	25	7	4
S 4	0	75	14	16	19	4

Ekonomiskā analīze

Ekonomiskā analīze veikta uz LLKC izstrādāto bruto segumu aprēķina bāzes (3.pielikums), aprēķinos no kopējiem ieņēmumiem (par preču produkciju) atņemot mainīgās izmaksas. Bruto seguma aprēķini par vidēji trijos gados izmēģinājumā iegūtajiem rādītājiem atspoguļoti 3. tabulā. Dati liecina, ka, ziemas rudziem sapropeļa izmantošana nodrošina papildus ieņēmumus par 22.4-27.2 euro ha⁻¹. Savukārt kartupeļiem cietes ražošani bruto segums bez atbalsta maksājumiem ir negatīvs, jo zemāka raža, jo zaudējumi lielāki. Ar atbalsta maksājumiem viennozīmīgi visos variantos ar sapropeļa lietošanu ir būtiski lielāks ekonomiskais ieguvums.

Lauka pupām, ņemot vērā faktu, ka iegūta ļoti zema raža, ekonomiskie aprēķini netika veikti.

9. tabula

Bruto seguma rādītāji ziemas rudziem, kartupeļiem un lauka pupām atkarībā no sapropeļa lietošanas

Kultūraugs	Raža, t ha ⁻¹				Cena par 1 t produkcijas	Ieņēmumi no saražotās produkcijas, euro				Mainīgās izmaksas, euro	Bruto segums, euro			
varianti	S 1	S 2	S 3	S 4		S 1	S 2	S 3	S 4		S 1	S 1	S 2	S 3
Ziemas rudzi	2,6	2,77	2,8	2,75	160	417,6	443,2	444,8	440	339,94	77,66	103,26	104,86	100,06
Kartupeļi	17	18	19	21,2	120	2088	2160	2328	2544	2708,77	-620,8	-548,8	-380,8	-164,8
Kartupeļi	ar atbalsta maksājumiem (EUR 810.85)										190,08	262,08	430,08	646,08



KOPSAVILKUMS

Pētījumu periodā sapropeļa mēslojuma lietošana vien atsevišķos gadījumos uzrāda tā lietošanas priekšrocības, tomēr efektivitāte uz ražas lielumu un kvalitāti nav pārliecinoša. Ņemot vērā šajā pētījumā iegūtos rezultātus un, atsaucoties uz citu pētnieku pētījumu rezultātiem (Baksiene&Janušiene, 2005.), sapropeļa efektivitātes nodrošināšanai augsnes ielabošanai un kultūraugu ražas paaugstināšanai jāpielieto lielākas tā devas.

3.2. AKTIVITĀTE - SAPROPEĻA PIELIETOŠANA MĒSLOJUMAM DĀRZKOPIBĀ

Izmēģinājums par sapropeļa izmantošanu, kā mēslošanas līdzekli un augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību ielabotāju segtajās platībās tika uzsākts 2019. gada maijā LLU sadarbībā ar SIA Stādu audzētavu „Dimzas”. Veikta cenu aptauja un iegādāti veģetācijas trauki pētījumā izmantoto daudzgadīgo augu kultivēšanai trīs turpmākos gadus. Izvēlēts daudzpusīgs augu sortiments, lai sniegtu zinātniskos pētījumus un aptvertu lielākās dārzkopības apakšnozares – augļkopību, dārzkopību un daiļdārzkopību. Pētījumā izmantotos augus piegādāja SIA Stādu audzētava „Dimzas”.

METODIKA

Pētījuma apstākļi, augsnes un sapropeļa raksturojums

Pētījuma vieta. Izmēģinājums iekārtots Platones pagastā, Jelgavas novadā, kas atbilstoši Latvijas fizioģeogrāfiskajam iedalījumam atrodas Latvijas centrālajā daļā Zemgales vidienē, Zemgales līdzenumā. Šie apstākļi norāda, ka klimats ir mēreni kontinentāls.

Augsnes un sapropeļa raksturojums, pētījumu uzsākot. Pirms pētījumā veikta augu iepodošana 2019. gada 2. augustā, paņemti minerālaugsnes (atšifrējums šim terminam tekstā nākošā rindkopā zem tabulas) un sapropeļa paraugi ķīmisko īpašību noteikšanai (higroskopiskais mitrums, vides apmaiņas reakcija, OV saturs, augiem izmantojamais K_2O , P_2O_5 un kopslāpekļis), skat 1.1. tabula. Minerālaugsnes granulometriskais sastāvs ir mālsmilts.

1.1. tabula

Kultivēšanas vides galvenās ķīmiskās īpašības

Kultivēšanas vide	Higroskopiskais mirums, % sausnē	K_2O , mg kg^{-1} sausnē	P_2O_5 , mg kg^{-1} sausnē	OV saturs sausnē, %	pH KCl	Kopslāpekļis, %
Minerālaugsne	97.67	69.05	101.98	6.46	6.35	0.26
Sapropelis	84.56	230.70	85.99	60.43	5.45	2.78

Pētījumā izmantota pirms vairākiem gadiem stādaudzētavas teritorijā nostumtā augsnes aramkārtā, kas turpmāk tekstā pieminēta kā minerālaugsne. Augsnes apmaiņas reakcija pH KCl – 6.35, sapropeļa reakcija pH KCl – 5.45. Attiecīgi augiem izmantojamais kālijs minerālaugsnē – 69.05 mg kg^{-1} , sapropelī – 230.70 mg kg^{-1} . Savukārt augiem izmantojamais fosfors minerālaugsnē ir praktiski 102 mg kg^{-1} , un sapropelī – 86 mg kg^{-1} . Organiskās vielas – no 6.46 augsnē līdz 60.43 – sapropelī.

Izmēģinājuma iekārtošana. Pētījuma praktiskā daļa uzsākta 2019. gada jūnijā ar sapropeļa transportēšanu uz stādaudzētavu „Dimzas”. Sagatavota segtā platība augu izvietojumam, uzstādīti noēnošanas tīkli, pielāgota laistīšanas sistēma un uz grunts uzklāts jauns ģeotekstils.

Augu stādīšana sākta 2019. gada 2. augustā dažāda diametra un tilpuma veģetācijas traukos – Ø 23 7 L un Ø 28 10 L, atkarībā no auga sakņu sistēmas un habitusa īpatnībām.

Izmēģinājumā iekļauti trīs atkārtojumi no katras sugas un/vai šķirnes. Katrā atkārtojumā

pa 5 augiem un kontrole. Trīs dažādos substrātos, kuros sapropelis sastāda 10%, 20% un 30%. Kopā visos atkārtojumos 60 augi no katras augu vienības. Kontroles variants – minerālaugsne bez piedevām (1.2. tabula).

Minerālaugsne sajaukta ar sapropeli mehāniski, šim nolūkam izmantojot stādaudzētavā pieejamo inventāru. Rezultātā sagatavoti modificēti substrāti ar dažādu sapropeļa daudzumu piejaukumu minerālaugsnei un kontroles varianti tikai ar minerālaugsni.

1.2. tabula

Pētījuma shēma

Zemes 'Dukat'		Citronliānas
I 10% n=...		I 10%
II 20% n=...		II 20%
III 30% n=...		III 30%
Kontrole n=...		Kontrole
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
Z 'Surpriz Olimpīadi'		Raudenes
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
Ponta vērmeles		Citronmārsils
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole
I 10%		I 10%
II 20%		II 20%
III 30%		III 30%
Kontrole		Kontrole

Agrotehnika. Iepodotie augi novietoti zemseguma tunelī atsevišķi pa variantiem un sugām. Augi tika noēnoti, un līdz veģetācijas perioda beigām veica nezāļu ierobežošanu. Laistīšana pielietota, atkarībā no augu pieprasījuma, savukārt mēslošana netika veikta.

Izmēģinājumā izmantotie augi. Pētījumā tiks izmantoti sešu sugu un piecu šķirņu augi:

- Kīnas citronliāna *Chisandra chinensis* L. – ārstniecības augs.
- Parastā raudene *Origanum vulgare* L. – garšaug, ārstniecības augs.
- Smaržīgais citronmārsils *Thymus x citriodorus* 'Limonē' – gan dekoratīvs, gan garšaug.

- Dārza jeb lielogu zemenes *Fragaria x ananassa* šķirne ‘Dukats’ un ‘Sjurpriz Olimpiadi’ – augļaug.
- Ponta vērmēle *Artemisia pontica* L. – ārstniecības augs.
- Krūmmellenes (pētījumā no 2021. gada).

Augsnes un sapropeļa izpētes metodika

Pētījumu uzsākot 2019. gadā, tika ņemti pieci augsnes paraugi no pētījumā izmantot paredzētās minerālaugsnes un izveidots viens vidējais paraugs, lai noteiktu augsnes ķīmiskos rādītājus. Konkrētā minerālaugsne atradās “Dimzās” un vairākus gadus pirms pētījuma tikusi sastumta kaudzē, un sākotnēji veidojusi augsnes aramkārtu. Tā pati metodika pielietota, veidojot sapropeļa vidējo paraugu, kuram arī noteikti ķīmiskie parametri. Piecās dažādās vietās ievākts sapropelis no geotube maisa “Dimzās” un aizvests izanalizēt uz LLU Augsnes un augu zinātņu laboratoriju.

Augsnes fizikālo īpašību noteikšanas metodika.

Augsnes penetrometriskās pretestības noteikšana bija atšķirīga pa gadiem. 2020. gadā augsnes blīvumu noteica, beidzoties veģetācijas periodam septembrī visos izmēģinājuma variantos, t.sk. kontroles variantā (n=5), lai konstatētu substrāta izmaiņas augšanas perioda beigās.

No 2021. līdz 2022. gadam – augsnes penetrometriskā pretestība tika noteikta katru mēnesi aktīvajā veģetācijas periodā (no maija līdz septembrim), lai konstatētu substrāta blīvuma izmaiņas mēnešu griezumā.

Substrāta penetrometriskās pretestības noteikšanai izmantots rokas penetrometrs (*Hand-penetrometer for top layers, type IB*). Penetrēšanas dziļums visos variantos bija 30 cm.

Substrāta sakrišanās un mitrumietilpība noteikta 2022. gadā no maija līdz septembrim.

Lapu paraugu vākšana

Minerālās barošanās diagnostikai 2021. gadā tika ievākti lapu paraugi 16. augustā no visām sugām (no katras sugas un katra variantā tika sagatavots vidējais lapu paraugs, pa 5 lapām no katra auga). Šajā periodā augu lapās jau ir uzkrājušies barības elementi, lai konstatētu, vai sapropeļa koncentrācija ietekmēs barības elementu saturu augos.

Augu veģetatīvās augšanas novērojumu uzskaites metodika un augu minerālās barošanās diagnostika

Katrai augu sugai un variantam veica fenoloģiskās attīstības uzskaiti katrai augu sugai katrā pētījuma variantā (n=5) visā veģetācijas periodā.

Papildus augu veģetatīvās augšanas un attīstības novērtēšanai tika uzskaitīts augu dzinumu skaits (gb) un garums (cm) katrā variantā augusta beigās. Dzinumu skaits uzskaitīts katrā variantā (n=5 x 3 atkārtojumos). Savukārt dzinumu garums nomērīts katrā variantā, izvēloties īsāko dzinumu un garāko dzinumu, pēc tam aprēķinot vidējo. Mērījumi veikti augusta beigās, noslēdzoties aktīvajam veģetācijas periodam, lai iegūtu rezultātus no pilnībā attīstītiem un intensīvo augšanu beigušiem augu dzinumiem.

Minerālās barošanās diagnostikai 2021. gadā tika ievākti lapu paraugi 16. augustā no visām sugām (no katras sugas un katra variantā tika sagatavots vidējais lapu paraugs). Šajā periodā augu lapās jau ir uzkrājušies barības elementi, lai konstatētu, vai sapropeļa

koncentrācija ietekmēs barības elementu saturu augos.

Augsnes un augu analīžu metodika

Augsnes paraugu metodika. Augsnes paraugi izžāvēti gaissausi, sasmalcināti un sijāti caur sietu (līdz 2 mm). Paraugus nosvērti un sagatavoti analīzes iesvaram (250 g). Analīzes veiktas LLU Augsnes un augu zinātņu institūta laboratorijā, izmantojot Latvijas Valsts noteiktās standartmetodes.

Augsnes reakcija potenciometriski 1 M KCl suspensijā (ISO 10390). Organisko vielu saturs minerālaugsnē noteikts pēc Tjurina metodes (EN 12579), sapropelī – pārpelnojojot. Kopējo slāpekli noteica pēc Kjeldāla metodes, augiem izmantojamo fosfora (P_2O_5) un kālija (K_2O) saturu augsnē – pēc Egnera – Rīma metodes (ekstrakcija ar 0.02 M kalcija laktāta ($Ca nH_2O$ ($n=0-5$)) šķīdumu, buferētu ar 5 M HCl līdz pH KCl 3.5 – 3.7), bet sapropelī kopējais fosfors un kālijs noteikts veidojot pelnu izvilkumu.

Augu paraugu metodika. Minerālās barošanās novērtēšanai tika ievākti lapu paraugi no katras augu sugas katrā izmēģinājuma variantā un atkārtojumā, kuros noteica sešus svarīgākos makro- (N, P, K, Ca, Mg, S) un sešus mikroelementus (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B). Slāpekli N, fosforu P, sēru S, molibdēnu Mo un boru B noteica spektrometriski. Pārējos makro- un mikroelementus noteica ar atomemisijas spektrometru. Analīzes veica LU Bioloģijas institūta Minerālās barošanās laboratorijā.

Datu matemātiskā apstrāde

Dati statistiski analizēti, izmantojot datorprogrammas *EXCEL* funkcijas. Tika veiktas vienfaktoru un divfaktoru dispersijas analīzes, kā arī salīdzināta grupu vidējo variēšana.

PĒTĪJUMA REZULTĀTI

Augsnes un sapropēja raksturojums 2019. gadā

Pirms pētījuma uzsākšanas augiem izmantojamais kālijs – gan augsnē 69.05 mg kg^{-1} , gan sapropelī $230.70 \text{ mg kg}^{-1}$ – raksturojams kā zems nodrošinājums (minerālaugsnē no 66 līdz 130 mg kg^{-1} , savukārt organiskās augsnēs ((OV virs 50%) no 126 līdz 250 mg kg^{-1}). Augiem izmantojamais fosfors augsnē ir 101.88 – vidējs, savukārt sapropelī ir 85.99 mg kg^{-1} – zems. Organisko vielu saturs – minerālaugsnē ir ar paaugstinātu koncentrāciju, augsnes apmaiņas reakcija – normāla gan minerālminerālaugsnē, gan sapropelī, skatīt 1.1. tabulu (Timbare, 2002).

Augsnes fizikālo īpašību izmaiņas

Sapropelis satur augstu organisko vielu daudzumu – 60.43%. Līdz ar to organiskās vielas būtiski ietekmēs augsnes fizikālās īpašības, samazinot augsnes tilpummasu, palielinot aerāciju un mitrumietilpību.

Modificētā substrāta augsnes pretestības mērījumu rezultāti aplūkoti 2.1. tabulā.

2.1. tabula

Modificētā substrāta augsnes pretestības mērījumi 2020. gada septembris



Izmantotie augi	Augsnes pretestība, N cm ⁻²			
	Kontrole	10%	20%	30%
Citronmārsils	20.8± 5.0	17.6± 3.0	7.6± 2.2	8.4± 1.0
Ponta vērmēle	32.8± 3.0	22.8± 2.0	12.4± 1.7	9.6± 0.1
Parastā raudene	20.4± 2.2	14.0± 1.0	16.0± 3.0	8.7± 1.9
Ķīnas citronliānas	24.2± 7.8	22.8± 3.7	11.8± 3.1	5.0± 3.1
Dārza zemenes 'Dukat'	15.0± 4.4	13.0± 2.6	6.0± 2.0	4.0± 4.0
Dārza zemenes 'Sjurpriz Olimpiadi'	15.5± 6.8	9.00± 3.7	10.5± 2.7	9.34± 1.3

Pēc tabulā attēlotajiem rezultātiem vērojama tendence, ka pie augstākas sapropeļa koncentrācijas augsnes pretestība samazinās.

Modificētā substrāta augsnes pretestības mērījumu rezultāti aplūkojami 2.2. tabulā.



2.2.tabula

Modificētā substrāta augsnes pretestības mērījumi 2021. gada veģetācijas periodā

Izmantotie augi	Augsnes pretestība, N cm ²																			
	Kontrole n=...					10% n=...					20% n=...					30% n=...				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Citronmārsils	19.5±...	20.1±...	20.5	19.6	18.2	15.9	17.0	16.4	16.1	15.8	8.4	7.8	7.0	6.6	7.1	8.6	7.9	9.0	7.5	7.4
Ponta vērmēle	30.9±...	30.5±...	31.0	30.7	30.2	20.9	21.2	21.0	21.5	19.4	12.0	13.5	12.7	12.1	12.4	9.5	10.0	10.1	9.2	9.5
Parastā raudene	20.5±...	19.8±...	19.2	18.7	19.1	15.0	14.4	11.9	13.5	12.7	15.0	14.3	16.1	15.6	14.4	8.0	6.7	8.4	7.9	8.1.
Ķīnas citronliānas	22.8±...	21.7±...	21.9	22.3	23.2	22.0	21.5	22.3	19.0	18.1	12.2	11.9	11.1	10.7	10.9	6.00	5.5	6.3	5.7	5.1
Dārza zemenes 'Dukat'	17.4±...	16.6±...	15.4	15.7	16.0	12.5	14.0	12.7	12.2	12.1	6.4	5.9	5.5	6.0	5.2	4.5	4.0	5.2	3.8	4.1
Dārza zemenes 'Sjurpriz Olimpiadi'	14.7±...	14.4±...	16.1	15.8	15.6	9.7	9.00	8.2	8.9	8.7	11.0	11.4	10.7	10.2	9.8	7.6	6.4	6.8	7.5	7.0

Augu veģetatīvās augšanas novērojumi

Pētnieki no Sankt-Pēterburgas konstatējuši, ka fulvoskābe, kura ir sapropeļa sastāvā, stimulē augu augšanu, piem., pēc sēklu apstrādes, arī ārpussakņu mēslošanas gadījumā, kā arī, ja tā tiek pievadīta sakņu zonas vidē – max pozitīvais efekts konstatēts pie devas 90 mg L⁻¹. Iedarbība uz augiem izpaužas atbilstoši pētījumā izmantotajam mēslošanas veidam. Ja pielieto ārpussakņu mēslošanu – uzlabojās augu virszemes daļu minerālā barošanās un vielmaiņas procesi, arī augu virszemes daļu asimilācijas aktivizēšana, attiecīgi pie barības šķīduma pievadīšanas sakņu zonā – tiek veicināta sakņu pilnvērtīga apgāde ar barības elementiem un fotosintēzes pigmentu – hlorofila un karotinoīda sintēzes aktivizēšana, kas aktivizē pašu fotosintēzes procesu (Удалова, et al., 2021).

Savukārt zinātnieki no Novosibirskas konstatējuši, ka sapropeļa pielietošana ir ievērojami par 80% palielinājusi likopēna koncentrāciju tomātos, uzlabojot augļu kvalitāti, tomēr nav ietekmējusi ražas lielumu. Tāpat šajā pētījumā konstatēts, ka sapropeļa pievienošana nav būtiski ietekmējusi augsnes ķīmiskās īpašības, bet ir palielinājusi augsnes mikroorganismu biomasas slāpekli. Attiecīgi pētījums ir pierādījis, ka sapropelīm ir ietekme uz augsnes mikrobioloģiskajām īpašībām, organisko vielu mineralizāciju un slāpekļa imobilizāciju (Naumova et al., 2017).

Augu attīstības fāzes Zemeņu attīstības fāzes 2021. gads

Zemeņu 'Dukat' attīstības fāzes		Varianti			
		Kontrole	10%	20%	30%
Attīstības fāze 1: Lapu pumpuru attīstība	Galotnes pumpura izvirzīšanās	25. marts	25. marts	25. marts	25. marts
Attīstības fāze 2: Lapu attīstība	Pirmā sakļautā lapa no galotnes pumpura	30. marts	30. marts	30. marts	30. marts
	Pirmā jaunā lapa cerā atvērusies	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis
	Divas un vairāk lapas cerā atvērušās	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis
Attīstības fāze 3: Ziedkopu (auga ģeneratīvo daļu attīstība)	Cera centrā redzams ziedkopas pumpurs	20. aprīlis	28. aprīlis	28. aprīlis	28. aprīlis
	Ziedkopas pumpura izvirzīšanās	28. aprīlis	28. aprīlis	28. aprīlis	28. aprīlis
	Ziedpumpuri atdalījušies viens no otra	3. maijs	3. maijs	10. maijs	10. maijs
Attīstības fāze 4: Ziedēšana	Ziedēšanas sākums (ap 10% atvērušos ziedu)	10. maijs	10. maijs	10. maijs	10. maijs
	Pilnzieds (sākas ziedlapiņu nobiršana)	23. maijs	23. maijs	23. maijs	23. maijs
	Ziedēšanas nobeigums (lielākā daļa ziedlapiņu nobirušas)	31. maijs	31. maijs	31. maijs	31. maijs
Attīstības fāze 5: Augļu attīstība	Ziedgultnes izvirzīšanās (ogu aizmetņa) uz augšu virs kauslapām	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs
	Redzamas sēkliņas uz ogas aizmetņa	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs
	Pirmā zaļā oga sasniegusi raksturīgo lielumu	13. jūnijs	13. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs
Attīstības fāze 6: Augļu nogatavošanās	Ogu gatavošanās sākums – lielākā daļa ogu kļuvas baltas	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs
	Pirmajām ogām izveidojies raksturīgais krāsojums	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs
	Lielākā daļa ogu nogatavojušās	8. jūlijs	8. jūlijs	15. jūlijs	15. jūlijs
Attīstības fāze 7: Augu sagatavošanās miera periodam	Jaunu lapu veidošanās sākums – ceru sānos	25. jūlijs	25. jūlijs	25. jūlijs	25. jūlijs
	Vecu lapu atmiršanas sākums	15. augusts	15. augusts	25. augusts	25. augusts

Sapropeļa ekstraktu iedarbība ir atkarīga no izmantotā daudzuma, tā pH un sausnas koncentrācijas u.c. parametriem (Nsengumuremyi, 2018). Arī Adadi un Obeng (2017) atzīmēja sapropeļa pH nozīmi, jo tam ir liela ietekme uz mikroorganismu attīstību. Vēl viens būtisks aspekts – zinātnieki ir konstatējuši, ka sapropelim piemīt antibakteriālas un pretsēnīšu īpašības (Barakova et al. (2017). Tomēr šīs īpašības ir atkarīgas no izmantotā sapropeļa daudzuma. Tāpat ir pētītas sapropeļa baktericīdās īpašības, kuras saistītas ar humātu klātbūtni (humīnskābes), šie savienojumi var kavēt dažu mikroorganismu grupu vairošanos (Buzlama, Chernov, 2010).

Kīnas citronliānu attīstības fāzes 2021. gads

Kīnas citronliānu attīstības fāzes 2021. gads		Varianti			
Augu attīstības fāzes		Kontrole	10%	20%	30%
Attīstības fāze 1: Lapu pumpuru attīstība	Lapu pumpuru briešanas sākums	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis
	Lapu pumpuri nedaudz pavērušies	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis
Attīstības fāze 2: Lapu attīstība	Lapu plaukšanas sākums- pirmās lapas atdalās	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis
	Pirmās lapas sasniegušas raksturīgo lielumu	3. maijs	3. maijs	3. maijs	3. maijs
Attīstības fāze 3: Dzinumu attīstība	Jauno dzinumu – liānu augšanas sākums	10. maijs	10. maijs	10. maijs	10. maijs
	Dzinumi sasnieguši ap 20 - 90% no raksturīgā garuma	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs	8. jūlijs
Attīstības fāze 4: Ziedkopu (auga ģeneratīvo daļu attīstība)	Ziedpumpuru briešana	-	-	-	-
	Ziedpumpuru plaukšana	-	-	-	-
	Ziedpumpuru atdalīšanās	-	-	-	-
Attīstības fāze 5: Ziedēšana	Ziedēšanas sākums – ap 10% ziedu ir atvērušies	-	-	-	-
	Pilnzieds – ap 50% ziedu atvērušies	-	-	-	-
	Ziedēšanas beigas – ziedlapas nobirušas	-	-	-	-
Attīstības fāze 6: Augļu attīstība	“Zaļā čiekura” stadija	-	-	-	-
	Ķekara izveidošanās, redzami ogaizmetņi	-	-	-	-
	50 - 80% ogaizmetņu izveidojušies	-	-	-	-
	Ogas sasniegušas raksturīgo lielumu	-	-	-	-
Attīstības fāze 7: Augļu nogatavošanās	Ogu gatavošanās sākums – sāk parādīties raksturīgais ogu krāsojums	-	-	-	-
	Ogu nogatavošanās – pirmās ogas ķekarā iegūst raksturīgo krāsojumu	-	-	-	-
	Lielākā ogu daļā nogatavojušās	-	-	-	-
Attīstības fāze 8: Augu sagatavošanās miera periodam	Dzinumu augšanas apstāšanās	15. augusts	15. augusts	15. augusts	15. augusts
	Lapas sāk zaudēt zaļo krāsu	30. augusts	30. augusts	30. augusts	30. augusts
	Lielākā daļa lapu nobirušas	28. septembris	28. septembris	28. septembris	28. septembris

Smaržīgā citronmārsila attīstības fāzes 2021. gads

Smaržīgā citronmārsila attīstības fāzes		Varianti			
Augu attīstības fāzes		Kontrole	10%	20%	30%
Attīstības fāze 1: Lapu attīstība	Galotnes lapu plaukšanas sākums- pirmās lapas izvīrās	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis
	Pirmās 2 – 3 lapas izvīrējušās	13. aprīlis	13. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis
Attīstības fāze 2: Dzinumu attīstība	Jauno dzinumu augšanas sākums	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis
Attīstības fāze 3: Ziedēšana	Ziedēšanas sākums – ap 10% ziedu ir atvērušies	-	-	-	-
	Pilnzieds – ap 50% ziedu atvērušies	-	-	-	-
	Ziedēšanas beigas – ziedlapas nobirušas	-	-	--	-



Attīstības fāze 4: Augu sagatavošanās miera periodam	Dzinumu augšanas apstāšanās	30. augusts	30. augusts	5. septembris	5. septembris
--	-----------------------------	-------------	-------------	---------------	---------------

Ponta vērmēles attīstības fāzes 2021. gads

Ponta vērmēles attīstības fāzes		Varianti			
Augu attīstības fāzes		Kontrole	10%	20%	30%
Attīstības fāze 1: Lapu attīstība	Lapu plaukšanas sākums- pirmās lapas izvirzās	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis
	Pirmās lapas sasniegušas raksturīgo lielumu	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis
Attīstības fāze 2: Dzinumu attīstība	Jauno dzinumu augšanas sākums	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis
Attīstības fāze 3: Ziedēšana	Ziedēšanas sākums – ap 10% ziedu ir atvērušies	-	-	-	-
	Pilnzieds – ap 50% ziedu atvērušies	-	-	--	-
	Ziedēšanas beigas – ziedlapas nobirušas	-	-	-	-
Attīstības fāze 4: Augu sagatavošanās miera periodam	Dzinumu augšanas apstāšanās	5. septembris	5. septembris	5. septembris	5. septembris

Parastās raudenes attīstības fāzes 2021. gads

Augu attīstības fāzes		Varianti			
		Kontrole	10%	20%	30%
Attīstības fāze 1: Lapu attīstība	Galotnes lapu plaukšanas sākums- pirmās lapas izvirzās	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis
	Pirmās lapas sasniegušas raksturīgo lielumu	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis
Attīstības fāze 2: Dzinumu attīstība	Jauno dzinumu augšanas sākums	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis
Attīstības fāze 3: Ziedēšana	Ziedēšanas sākums – ap 10% ziedu ir atvērušies	8. jūlijs	8. jūlijs	8. jūlijs	8. jūlijs
	Pilnzieds – ap 50% ziedu atvērušies	25. jūlijs	25. jūlijs	25. jūlijs	25. jūlijs
	Ziedēšanas beigas – ziedlapas nobirušas	15. augusts	15. augusts	25. augusts	25. augusts
Attīstības fāze 4: Augu sagatavošanās miera periodam	Dzinumu augšanas apstāšanās	25. augusts	25. augusts	25. augusts	25. augusts



Dārza zemeņu 'Sjurpriz Olimpiadi' attīstības fāzes 2021. gads

Augu attīstības fāzes		Varianti			
		Kontrole	10%	20%	30%
Attīstības fāze 1: Lapu pumpuru attīstība	Galotnes pumpura izvirzīšanās	30. marts	30. marts	30. marts	30. marts
Attīstības fāze 2: Lapu attīstība	Pirmā sakļautā lapa no galotnes pumpura	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis	5. aprīlis
	Pirmā jaunā lapa cerā atvērusies	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis	13. aprīlis
	Divas un vairāk lapas cerā atvērušās	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis	20. aprīlis
Attīstības fāze 3: Ziedkopu (auga ģeneratīvo daļu attīstība)	Cera centrā redzams ziedkopas pumpurs	28. aprīlis	28. aprīlis	28. aprīlis	28. aprīlis
	Ziedkopas pumpura izvirzīšanās	28. aprīlis	3. maijs	3. maijs	3. maijs
	Ziedpumpuri atdalījušies viens no otra	10. maijs	10. maijs	10. maijs	10. maijs
Attīstības fāze 4: Ziedēšana	Ziedēšanas sākums (ap 10% atvērušos ziedu)	10. maijs	10. maijs	16. maijs	16. maijs
	Pilnzieds (sākas ziedlapiņu nobiršana)	23. maijs	23. maijs	31. maijs	31. maijs
	Ziedēšanas nobeigums (lielākā daļa ziedlapiņu nobirušas)	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs
Attīstības fāze 5: Augļu attīstība	Ziedgultnes izvirzīšanās (ogu aizmetņa) uz augšu virs kauslapām	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs	6. jūnijs
	Redzamas sēkliņas uz ogas aizmetņa	13. jūnijs	13. jūnijs	13. jūnijs	13. jūnijs
	Pirmā zaļā oga sasniegusi raksturīgo lielumu	13. jūnijs	13. jūnijs	13. jūnijs	13. jūnijs
Attīstības fāze 6: Augļu nogatavošanās	Ogu gatavošanās sākums – lielākā daļa ogu kļuvušas baltas	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs
	Pirmajām ogām izveidojies raksturīgais krāsojums	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs	20. jūnijs
	Lielākā daļa ogu nogatavojušās	15. jūlijs	15. jūlijs	15. jūlijs	15. jūlijs
Attīstības fāze 7: Augu sagatavošanās miera periodam	Jaunu lapu veidošanās sākums – ceru sānos	25. jūlijs	25. jūlijs	25. jūlijs	25. jūlijs
	Veco lapu atmiršanas sākums	25. augusts	25. augusts	25. augusts	25. augusts

Novērtējot veģetatīvo augšanu 2020.un 2021. gadā (dzinumu skaitu un/vai garumu), jāsecina, ka rezultāti ir atšķirīgi pa sugām un sapropeļa koncentrācijas variantiem. Veģetatīvās augšanas rādītāji novērtēti pēc 5 baļļu skalas, kur 5 balles – visproduktīvākais augušo augu variants, bet 1 balle – visvājākā augu veģetatīvā augšana variantā.

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Parastai raudenei 2020. gadā

Balles (no 1 līdz 5*)	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles				x
1 balle	x			

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Parastai raudenei 2021. gadā

Balles (no 1 līdz 5*)	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles				x
3 balles		x		
1 balle	x			

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Parastai raudenei 2022. gadā

Balles (no 1 līdz 5*)	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles				x
3 balles		x		
1 balle	x			

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Ponta vērmelei 2020. gadā

Balles (no 1 līdz 5*)	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles	x			
1 balle				x

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Ponta vērmelei 2021. gadā

Balles (no 1 līdz 5*)	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles				x
4 balles			x	
3 balles		x		
1 balle	x			

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Ponta vērmelei 2022. gadā

Balles (no 1 līdz 5*)	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles				x
3 balles	x			
1 balle		x		

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums citronmārsilam 2020. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles	x			
1 balle				x

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums citronmārsilam 2021. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles				x
1 balle	x			

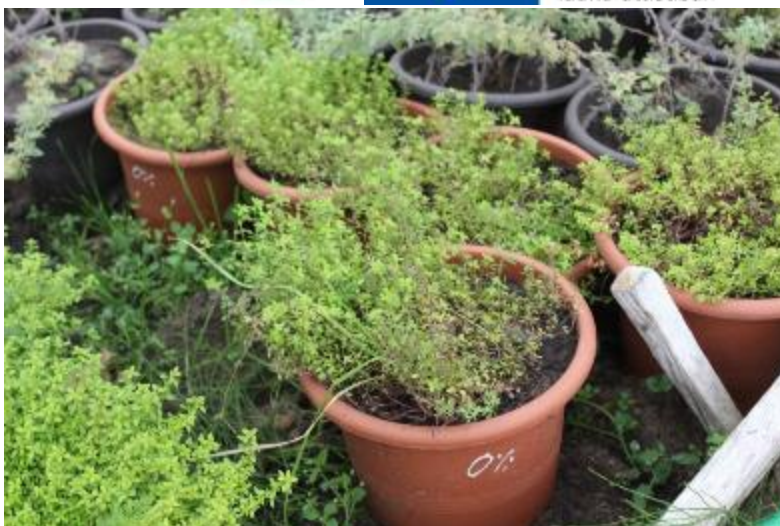
Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums citronmārsilam 2022. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles				x
3 balles		x		
1 balle	x			

Citronmārsils visproduktīvāk ir audzis substrātā ar 20% pievienoto sapropeli, tad 10%, tālāk seko 30%, un pēdējā vietā seko kontroles variants.



2.1.att. Citronmārsils ar 20% sapropeļa piejaukumu.



2.2.att. Kontroles variants, salīdzinot ar 20% sapropeļa koncentrāciju, ir ievērojami sliktāk audzis.

Citronliānas visproduktīvāk ir augušas substrātā ar 10% sapropeļa piejaukumu (dzinumu skaits 9 gb. un garākais dzinums 72.8 cm), tad seko variants ar 20%.

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Ķīnas citronliānai 2020. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles		x		
4 balles			x	
3 balles	x			
1 balle				x

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Ķīnas citronliānai 2021. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles				x
1 balle	x			

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Ķīnas citronliānai 2022. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles		x		
4 balles			x	
3 balles	x			
1 balle				x

Dārza zemenes ‘Sjurpriz Oļimpiadi’ vismazākie augu ceri ir kontroles variantā, attiecīgi vislabākie rezultāti ir ar sapropeļa piejaukumu 10%.

**Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Dārza zemenei ‘Sjurpriz Oļimpiadi’
2020. gadā**

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles		x		
4 balles			x	
3 balles				x
1 balle	x			

**Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Dārza zemenei ‘Sjurpriz Oļimpiadi’
2021. gadā**

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles				x
1 balle	x			

**Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Dārza zemenei ‘Sjurpriz Oļimpiadi’ 2022.
gadā**

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles				x
3 balles		x		
1 balle	x			

Otrai dārza zemeņu šķirnei “Dukat” visproduktīvākā veģetatīvā augšana ir ar sapropela koncentrāciju 30 % (14 augi ir labi izveidojuši lapu rozetes, 1 augs izkritis) un vissliktākā kontroles variantam (3 augi labi izveidojušies, izkritušo nav, tomēr krietni atpalikusi augšana).

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Dārza zemenei ‘Dukat’ 2020. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles				x
4 balles			x	
3 balles		x		
1 balle	x			

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Dārza zemenei ‘Dukat’ 2021. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles			x	
4 balles		x		
3 balles	x			
1 balle				x

Veģetatīvās augšanas rezultātu novērtējums Dārza zemenei 'Dukat' 2022. gadā

Balles (no 1 līdz 5)*	Pētījuma varianti			
	Kontrole	10%	20%	30%
5 balles				x
4 balles			x	
3 balles		x		
1 balle	x			



2.3.att. Zemeņu šķirne 'Dukat' ar 30% sapropeļa piejaukumu, foto Nr.1.



2.4.att. Zemeņu šķirnes 'Dukat' attīstība 2020. gadā ar 30% sapropeli, foto Nr.2.

Augu veģetatīvās attīstības rezultāti (dzinumu skaita un garums) 2020. gadā

Izmantotie augi	Dzinumu skaits, gb/garums, cm			
	Kontrole	10%	20%	30%
Citronmārsils	-/13,1	-/14,8	-/18,0	-/8,4
Ponta vērmele	4/28,7	6/38,0	8/37,6	11/44,2
Parastā raudene	3/41,6	8/50,1	8/55,4	5/49,3
Ķīnas citronliānas	4/26,2	9/38,4	5/42,10	4/18,7
*Dārza zemenes 'Dukat'	8/7,4	13/9,5	16/9,2	15/11,0
*Dārza zemenes 'Sjurpriz Oļimpiadi'	9/7,1	14/8,6	13/8,9	13/10,7

*zemenēm tika mērītas un skaitītas lapas kopā ar kātiņu.

Augu veģetatīvās attīstības rezultāti (dzinumu skaita un garums) 2021. gadā

Izmantotie augi	Dzinumu skaits, gb/garums, cm			
	Kontrole	10%	20%	30%
Citronmārsils	-/9,0	-/14,4	-/12,0	-/6,7
Ponta vērmele	4/15,6	6/2,5	13/45,2	11/43,0
Parastā raudene	5/39,7	8/44,6	8/50,0	10/50,5
Ķīnas citronliānas	4/22,3	6/44,1	5/37,8	4/22,0
Dārza zemenes 'Dukat'	6/6,3	14/10,7	14/9,9	10/8,7
Dārza zemenes 'Sjurpriz Oļimpiadi'	8/8,2	13/10,1	13/9,4	12/8,2

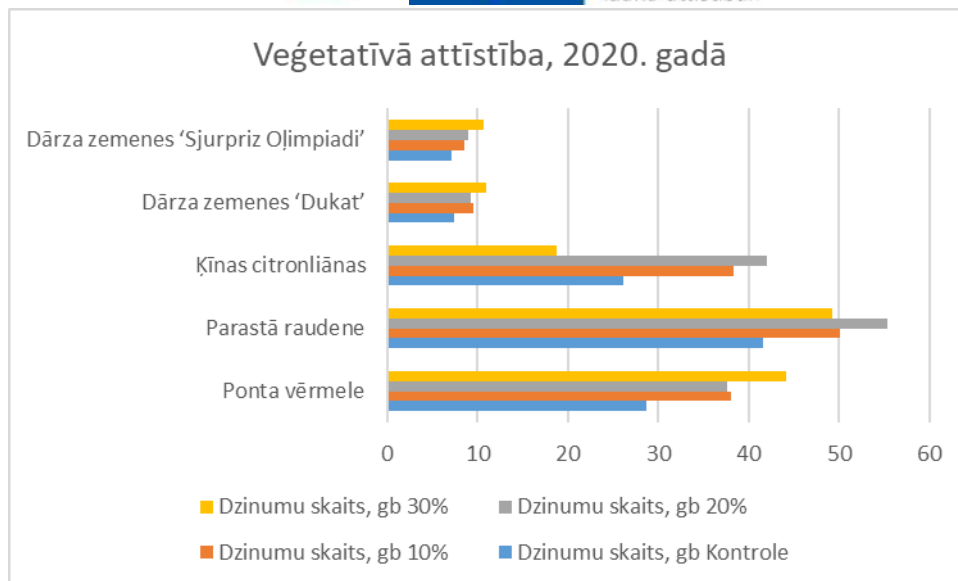
Dzinumu skaita un garuma attīstības rezultāti 2022. gadā

Izmantotie augi	Dzinumu skaits, gb/garums, cm			
	Kontrole	10%	20%	30%
Citronmārsils	-/16,5	-/17,0	-/26,2	-/17,6
Ponta vērmele	4/35,0	7/33,8	15/54,0	12/50,4
Parastā raudene	5/40,7	9/45,3	15/56,2	8/49,7
Ķīnas citronliānas	6/31,2	9/50,8	7/81,6	7/75,9
*Dārza zemenes 'Dukat'	5/7,3	8/8,0	10/9,5	10/10,4
*Dārza zemenes 'Sjurpriz Oļimpiadi'	5/6,0	9/6,6	11/9,0	8/8,1

*zemenēm tika mērītas un uzskaitītas lapas kopā ar kātiņu.

Dārza zemenes 'Dukat' vismazākie augu ceri ir kontroles variantā, attiecīgi vislabākie rezultāti ir ar sapropeļa piejaukumu 10%.

Otrai dārza zemeņu šķirnei visproduktīvākā veģetatīvā augšana ir ar sapropeļa koncentrāciju 30 % (14 augi ir labi izveidojuši lapu rozetes, 1 augs izkritis) un vissliktākā kontroles variantam (3 augi labi izveidojušies, izkriušo nav, tomēr krietni atpalikusi augšana, 2.5.att.).



2.5.att. Dzinumus skaits augiem pie atšķirīgas sapropeļa koncentrācijas.

Augu minerālā barošanās

Lai novērtētu augu apgādi ar barības elementiem, 2021. un 2022. gadā tika ievākti lapu paraugi no katras augu sugas, izņemot krūmmellenes. Krūmmelleņu attīstība netika vērtēta pirmajā gadā pēc iestādīšanas, jo augi ir novājināti ziemošanas-pavasara periodā. 2022. gadā veģetācijas periodā var secināt, kādi iemesli ir krūmmelleņu vājai attīstībai.

Minerālās barošanās rezultāti Smaržīgā citronmārsila lapās, 2021. gada 18. augustā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	1,77	1,83	1,95	1,77	Spektrofotometrs
P	0,21	0,21	0,26	0,26	Spektrofotometrs
K	1,52	1,75	1,68	1,74	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,52.	1,21	1,46	1,62	
Mg	0,42.	0,39	0,44	0,38	
S	0,21	0,20	0,25	0,44	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	47	67	49	117	Atomemisijas spektrometrs
Mn	9,59	12,97	10,19	15,05	
Zn	17,95	18,38	25,31	30,18	
Cu	5,11	5,59	6,21	7,12	
Mo	11,4	10,8	7,8	2,6	Spektrofotometrs
B	24	27	27	26	Spektrofotometrs

Nodrošinājums ar barības makro- un mikroelementiem 20% variantā ir korelējošs ar variantu 30%. Būtiskākā makroelementa N (slāpekļa) saturs 1,95% (raksturojams kā pietiekams) Norma ? ir konstatēts variantā ar 20% sapropeļa saturu. Kalcija (Ca) saturs augstāks savukārt novērots pie 30% sapropeļa piejaukuma – 1,62%, kā arī labs nodrošinājums ar Fe – 117 mg kg⁻¹.



Minerālās barošanās rezultāti zemeņu šķirnes ‘Dukat’ lapās, 2021. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	2,30	2,15	2,30	2,23	Spektrofotometrs
P	0,28	0,31	0,29	0,24	Spektrofotometrs
K	0,55	0,69	0,59	0,61	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,31	1,20	1,10	1,18	
Mg	0,27	0,27	0,27	0,27	
S	0,08	0,08	0,08	0,09	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	191	102	61	72	Atomemisijas spektrometrs
Mn	11,32	6,80	8,22	10,75	
Zn	10,17	8,95	10,15	9,97	
Cu	2,80	3,89	4,04	4,18	
Mo	0,98	0,90	0,40	0,65	Spektrofotometrs
B	9	18	15	10	Spektrofotometrs

Šķirnei ‘Dukat’ labākais nodrošinājums ar barības elementiem ir pie sapropeļa koncentrācijas 10%. Tas sakrīt ar veģetatīvās augšanas un attīstības datu rezultātiem.

Minerālās barošanās rezultāti zemeses ‘Sjurpriz Olimpiadi’ lapās

Elementi	B. E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	2,45	2,63	2,61	2,41	Spektrofotometrs
P	0,26	0,26	0,29	0,25	Spektrofotometrs
K	0,55	0,62	0,59	0,56	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,39	1,22	1,24	1,05	
Mg	0,34	0,31	0,35	0,33	
S	0,11	0,11	0,13	0,10	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	225	260	259	177	Atomemisijas spektrometrs
Mn	12,28	10,72	17,52	14,86	
Zn	13,75	14,68	14,88	13,53	
Cu	3,93	4,91	5,08	4,39	
Mo	0,35	0,60	0,30	0,65	Spektrofotometrs
B	8	10	12	13	Spektrofotometrs

Otrai zemeņu šķirnei ‘Sjurpriz Olimpiadi’ augstākais nodrošinājums ar barības elementiem ir variantā ar 30% sapropeļa piejaukumu.



Minerālās barošanās rezultāti Ponta vērmeles lapās, 2021. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	2,55	2,40	2,65	2,15	Spektrofotometrs
P	0,26	0,27	0,26	0,26	Spektrofotometrs
K	1,43	1,19	1,05	1,78	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,73	1,91	2,27	1,63	
Mg	0,37	0,38	0,42	0,31	
S	0,15	0,18	0,16	0,16	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	104	82	86	85	Atomemisijas spektrometrs
Mn	12,49	10,26	12,92	7,95	
Zn	35,34	37,59	50,87	34,96	
Cu	3,74	4,90	4,61	5,10	
Mo	3,0	13,8	11,4	7,8	Spektrofotometrs
B	40	44	42	42	Spektrofotometrs

Minerālās barošanās rezultāti Ķīnas citronliānas lapās 2021. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
P	0,84	0,81	0,55	0,48	Spektrofotometrs
K	0,19	0,19	0,22	0,17	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,52	1,77	2,32	2,44	
Mg	0,80	1,01	1,15	1,07	
mg/kg					
Fe	197	116	87	106	Atomemisijas spektrometrs
Mn	9,87	9,13	8,81	10,07	
Zn	9,20	8,72	6,86	7,60	
Cu	8,17	9,40	8,29	9,78	
Mo	3,5	4,5	18,3	10,5	Spektrofotometrs

Minerālās barošanās rezultāti Parastās raudenes lapās 2021. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	2,75	2,40	2,78	2,60	Spektrofotometrs
P	0,29	0,25	0,25	0,32	Spektrofotometrs
K	0,82	1,23	1,23	1,29	Atomemisijas spektrometrs
Ca	3,07	2,95	2,31	2,75	
Mg	0,53	0,38	0,48	0,39	
S	0,23	0,40	0,21	0,34	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	220	150	72	97	Atomemisijas spektrometrs
Mn	7,24	9,28	5,81	6,98	
Zn	21,22	43,19	20,66	33,56	
Cu	6,24	6,91	6,74	8,82	
Mo	15,6	11,4	10,8	7,8	Spektrofotometrs
B	36	56	42	46	Spektrofotometrs

Tabulā attēlots augstākais nodrošinājums ar barības elementiem katrai augu sugai un šķirnei.

Augstākais nodrošinājums ar barības elementiem, 2021. gadā

Izmantotie augi	Sapropela koncentrācija			
	Kontrole	10%	20%	30%
Ķīnas citroliānas		10-20%		
Ponta vērmele			20%	
Smaržīgais citromārsils				30%
Parastā raudene				30%
Zemenes 'Dukat'		10-20%		
Zemenes 'Sjurpriz Olimpiadi'		10-20%		

Pēc tabulā aplūkojamiem datiem redzams, ka trīs sugu augiem (Ķīnas citronliānai, Ponta vērmelei, un dārza zemenēm) augstākais nodrošinājums ar barības elementiem ir variantos 10% un/vai 20%. Savukārt Smaržīgam citronmārsilam un Parastai raudenei šis rādītājs ir substrātā ar 30% sapropela piejaukumu.

Minerālās barošanās rezultāti Ķīnas citronliānas lapās 2022. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	1,37	1,73	1,93	1,60	Spektrofotometrs
P	0,33	0,42	0,45	0,32	Spektrofotometrs
K	0,24	0,33	0,61	0,53	Atomemisijas spektrometrs
Ca	0,76	0,90	1,08	0,88	
Mg	0,79	1,10	1,16	0,86	
S	0,08	0,08	0,16	0,13	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	76	71	76	71	Atomemisijas spektrometrs
Mn	9,30	7,75	8,78	8,88	
Zn	13,02	9,68	9,37	8,79	
Cu	5,68	8,30	8,46	5,59	
Mo	18,0	12,6	13,2	10,8	Spektrofotometrs
B	22	24	29	29	Spektrofotometrs

Augstākais nodrošinājums ar makro- un mikroelementiem tika konstatēts variantā 20. Atsevišķi mikroelementi – mangāns Mn un cinks Zn raksturojams kā zems nodrošinājums arī kontroles variantā, kurā šo mikroelementu rādītāji bija augstāki, savukārt molibdēna (Mo) saturs kontroles variantā bijis paaugstināts.

Jāņem vērā, ka nodrošinājums ar barības elementiem tiek vērtēts augiem, kurus var klasificēt kā ārstniecības vai garšaugus un, kuriem ir specifiskas prasības pēc nodrošinājuma ar barības elementiem. Šīs prasības atšķiras no plašāk pazīstamo kultūraugu vajadzības pēc B.E. nodrošinājuma.

Minerālās barošanās rezultāti Dārza zemeņu šķirnes ‘Dukat’ lapās 2022. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	1,32	1,30	1,47	1,27	Spektrofotometrs
P	0,16	0,20	0,16	0,21	Spektrofotometrs
K	0,71	0,88	0,93	0,92	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,55	1,35	1,12	1,13	
Mg	0,35	0,33	0,29	0,29	
S	0,08	0,07	0,09	0,08	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	183	88	78	63	Atomemisijas spektrometrs
Mn	22,77	21,33	27,59	29,99	
Zn	14,17	11,05	11,64	10,14	
Cu	2,36	2,59	2,85	3,00	
Mo	2,16	0,70	1,06	0,85	Spektrofotometrs
B	13	13	10	10	Spektrofotometrs

Augstākais nodrošinājums ar makroelementiem bijis variantā 30. Atsevišķi mikroelementi kā Fe, Zn, Mo un B kontroles variantā ir augstāki, tomēr uzskaitītie mikroelementi arī variantos 20 un 30 vērtējami kā relatīvi pietiekami, izņemot boru B.

Minerālās barošanās rezultāti Dārza zemeņu šķirnes ‘Sjurpriz Oļimpiadi’ lapās 2022. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	1,45	1,53	1,52	1,10	Spektrofotometrs
P	0,28	0,25	0,26	0,25	Spektrofotometrs
K	0,84	0,71	0,73	0,73	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,13	1,22	1,29	1,44	
Mg	0,37	0,39	0,44	0,49	
S	0,08	0,06	0,06	0,08	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	85	98	133	133	Atomemisijas spektrometrs
Mn	27,66	29,10	18,80	18,37	
Zn	13,76	12,31	13,34	14,46	
Cu	2,74	3,09	4,31	3,15	
Mo	1,38	0,80	2,00	1,05	Spektrofotometrs
B	15	15	18	19	Spektrofotometrs

Otra Dārza zemeņu šķirne ‘Sjurpriz Oļimpiadi’ pilnvērtīgāk ar barības elementiem tika nodrošināta variantos 20. Savukārt variantā 30 nozīmīgākais no makroelementiem kā slāpekļis vērtējams kā nepietiekams.

Minerālās barošanās rezultāti Smaržīgā citronmārsila lapās 2022. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	1,03	1,10	1,17	1,13	Spektrofotometrs
P	0,15	0,16	0,15	0,18	Spektrofotometrs
K	1,32	1,56	1,48	1,39	Atomemisijas spektrometrs
Ca	1,19	1,28	1,20	1,22	
Mg	0,32	0,39	0,40	0,35	
S	0,19	0,19	0,16	0,19	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	77	88	75	84	Atomemisijas spektrometrs
Mn	22,61	23,55	21,66	16,04	
Zn	17,95	18,53	31,14	21,02	
Cu	5,97	5,14	5,21	4,82	
Mo	11,4	15,6	11,4	6,8	Spektrofotometrs
B	21	22	22	21	Spektrofotometrs

Barības elementu augstākais nodrošinājums vērojams variantos 10 un 20. Makroelementa N koncentrācija augu lapās ir relatīvi zema visos variantos.

Minerālās barošanās rezultāti Ponta vērmes lapās 2022. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	0,92	1,57	1,50	1,47	Spektrofotometrs
P	0,21	0,23	0,20	0,21	Spektrofotometrs
K	1,51	1,90	1,31	1,78	Atomemisijas spektrometrs
Ca	0,97	0,77	0,97	0,93	
Mg	0,18	0,17	0,31	0,18	
S	0,14	0,19	0,15	0,13	Spektrofotometrs
mg/kg					
Fe	103	110	86	85	Atomemisijas spektrometrs
Mn	12,70	12,62	11,49	9,65	
Zn	28,29	32,44	33,01	29,39	
Cu	3,84	5,11	3,27	3,71	
Mo	10,4	10,8	12,0	9,6	Spektrofotometrs
B	22	28	24	23	Spektrofotometrs

Relatīvi izlīdzināts barības elementu saturs augos trīs variantos 10, 20 un 30. Makroelementi slāpeklis N, fosfors P, kālijs K, kalcijs Ca un magnijs Mg vērtējami kā pietiekams nodrošinājums, savukārt sērs ir nedaudz samazinātā koncentrācijā (skatīt 5. tabulu). Mikroelementu saturs augos ir nodrošināts, izņemot mangānu Mn, kura saturs ir nepietiekams.

Minerālās barošanās rezultāti Parastā raudene lapās 2022. gadā

Elementi	B.E. koncentrācija				Analīžu metode
	Kontrole	10%	20%	30%	
%					
N	1,92	1,78	2,07	2,23	Spektrofotometrs
P	0,22	0,21	0,22	0,21	Spektrofotometrs
K	1,32	1,37	1,47	1,70	Atomemisijas spektrometrs
Ca	2,20	1,82	1,85	1,55	
Mg	0,40	0,32	0,41	0,35	
S	0,19	0,18	0,18	0,13	
mg/kg					
Fe	86	95	92	100	Atomemisijas spektrometrs
Mn	13,73	13,71	12,66	19,33	
Zn	27,80	27,20	26,19	21,14	
Cu	6,38	6,49	7,94	8,55	
Mo	27,0	11,0	14,8	7,0	Spektrofotometrs
B	44	44	46	40	Spektrofotometrs

Gan makro-, gan mikroelementu augstākais līmenis ir variantos 20 un 30. Kontroles variantā mikroelements molibdēns Mo ir paaugstināts.

Augu bioķīmiskie rādītāji

Svaigu Kīnas citronliānu lapās bioķīmiskie rādītāji (C vitamīna, kopējo fenolu, flavonoīdu, tanīnu saturs, kā arī antioksidatīvā aktivitāte) ir būtiski augstāki, salīdzinot ar pārējiem testētajiem augiem. Tas atspoguļo citronliānu bioķīmisko augstvērtību. Vērtējot sapropeļa variantu ietekmi uz svaigu augu bioķīmiskiem rādītājiem, pēc 1. tabulā apkopotiem rezultātiem tiek secināts, ka variantā ar 20% un 30% sapropeļa piejaukumu ir augstākie bioķīmiskie rādītāji C vitamīna un kopējo flavonoīdu saturā, kā arī antioksidatīvā aktivitātē. Kopējie fenoli un tanīna saturs augos visaugstākais tika konstatēts kontroles variantā (1. tabula).

Citronmārsilam augstākais kopējo fenolu daudzums un augstākā antioksidatīvā aktivitāte bijusi variantos 20 un 30, savukārt flavonoīdu – kontrolē un variantā 10, bet tanīna saturs – kontrolē un variantā 20. Izvērtējot bioķīmisko saturu žāvētos augu paraugos pa variantiem un pētījumā iekļautām sugām, jāsecina, ka sapropeļa koncentrācija augsnē ietekmē arī bioķīmiskā satura rādītājus augos (2. tabula).



Biokīmiskie rādītāji nežāvētos, svaigos ārstniecības augos 2022. gadā

Paraugi (nežāvēti, svaigi)	Mitrums, %		Kopējais skābes saturs, %		C vitamīna saturs mg 100 g		Kopējais fenolu saturs, mg 100 g		Flavonoīdu saturs, mg 100 g		Tanīnu saturs, mg 100 g		AOA (DPPH ^o)TE mg 100 g ⁻¹	
	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV
Vērmeles 0	29,20	0,14	0,29	0,02	8,20	0,42	198,12	5,90	119,37	4,58	27,43	2,88	39,32	1,89
Vērmeles 10	30,35	0,21	0,32	0,02	6,03	0,72	195,47	26,73	121,57	0,04	30,53	0,61	28,94	3,44
Vērmeles 20	29,80	0,14	0,37	0,00	5,69	0,36	246,03	29,68	133,27	4,12	33,04	0,04	33,07	6,86
Vērmeles 30	29,90	0,14	0,38	0,02	5,48	0,42	186,48	22,36	115,92	12,20	31,39	2,19	30,06	0,30
Raudene 0	42,90	0,28	0,41	0,02	7,05	0,36	293,23	19,85	258,01	4,39	38,08	2,29	81,41	14,70
Raudene 10	38,50	0,14	0,40	0,00	6,71	0,12	230,44	28,20	252,18	6,84	39,13	2,77	83,38	20,70
Raudene 20	33,75	0,21	0,38	0,02	6,07	0,18	195,48	12,63	201,32	7,14	31,70	1,80	68,99	3,25
Raudene 30	42,90	0,14	0,41	0,02	5,90	0,06	274,74	10,29	266,82	8,52	35,03	0,90	75,46	1,74
Mārsils 0	24,50	0,14	0,28	0,00	4,67	0,48	212,00	22,57	160,04	11,83	30,56	3,54	99,38	13,35
Mārsils 10	24,60	0,14	0,24	0,00	5,39	0,06	272,18	2,92	253,59	3,98	42,71	1,17	149,80	2,28
Mārsils 20	26,65	0,21	0,26	0,02	6,33	0,42	255,17	9,26	226,43	2,06	42,17	4,81	125,14	4,14
Mārsils 30	25,50	0,28	0,24	0,00	6,03	0,12	229,53	13,82	200,06	8,60	37,91	3,10	114,42	9,92
Citronliāna 0	24,50	0,14	0,44	0,02	32,15	0,30	1082,83	28,39	515,78	5,68	123,24	4,92	367,48	41,56
Citronliāna 10	18,20	0,71	0,43	0,00	50,58	0,66	758,54	41,19	564,38	30,25	75,15	0,49	331,97	22,56
Citronliāna 20	17,80	0,28	0,47	0,02	70,59	1,20	841,28	24,63	671,21	3,97	84,37	2,53	379,11	14,18
Citronliāna 30	20,95	0,35	0,41	0,02	76,19	0,36	906,96	41,90	758,38	3,22	57,23	6,50	395,80	71,72



Bioķīmiskie rādītāji žāvētos, sausos ārstniecības augos 2022. gadā

Paraugi (žāvēti, sausi)	Mitrums, %		Kopējais fenolu saturs, mg 100 g		Flavonoīdu saturs, mg 100 g		Tanīnu saturs, mg 100 g		AOA (DPPH°)TE mg 100 g-1	
	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV	VID	STDEV
Vērmeles 0	9,22	0,44	3,71	0,32	2,92	0,22	195,01	32,08	55,91	1,13
Vērmeles 10	8,47	0,30	3,18	0,73	1,95	0,42	78,36	25,82	41,63	1,84
Vērmeles 20	9,51	0,44	3,26	0,46	2,63	0,58	103,57	28,69	47,85	1,69
Vērmeles 30	9,45	0,29	3,82	0,23	2,39	0,69	91,89	2,86	58,04	4,11
Raudene 0	8,82	0,36	4,47	0,56	2,80	0,04	102,30	5,49	69,70	3,45
Raudene 10	9,03	0,10	5,68	0,17	3,59	0,10	177,96	19,19	84,53	2,44
Raudene 20	8,99	0,06	5,02	0,06	3,37	0,05	166,92	2,33	74,13	2,08
Raudene 30	8,36	0,25	6,17	0,60	4,11	0,26	147,59	32,24	90,57	3,42
Mārsils 0	8,74	0,16	5,05	0,50	3,73	0,10	172,29	6,61	80,41	4,79
Mārsils 10	9,07	0,14	5,21	0,34	3,90	0,21	166,72	2,45	89,39	2,21
Mārsils 20	9,44	0,18	5,30	0,12	3,62	0,28	177,63	32,37	89,60	0,74
Mārsils 30	9,38	0,11	5,57	0,34	3,55	0,71	169,95	15,03	91,08	0,72



SECINĀJUMI

1. Augsnē augiem uzņemamā kālija un fosfora nodrošinājums pirms pētījuma uzsākšanas raksturojams kā zems līdz vidējs, savukārt sapropeli zems.
2. Zemākā augsnes penetrometriskā pretestība bija variantā ar 30% sapropeļa piejaukumu ($4\text{--}9.6\text{ N cm}^{-2}$), kā arī 20% variantā ($7.6\text{--}16\text{ N cm}^{-2}$).
3. Produktīvāka veģetatīvā attīstība Ķīnas citronliānai 2020. gadā konstatēta variantā ar 10% sapropeļa piejaukumu, savukārt 2021. gadā – ar 20% sapropeļa piejaukumu. Smaržīgam citronmārsilam abos pētījuma gados rezultāts bija nemainīgs – 20% variantā. Ponta vērmelēm – 30%, savukārt Parastai raudenei – 2020. gadā 20% variantā un 2021. gadā 20% variantā. Dārza zemenēm ‘Dukat’ – 2020. gadā produktīvākā veģetatīvā augšana 30% variantā un 2021. gadā – 20% variantā. Bet šķirnei ‘Sjurpriz Oļimpiadi’ 2020. gadā – 10 % variantā, bet 2021. gadā – 20% variantā.
4. Augu minerālās barošanās rezultāti atspoguļo, ka variants ar sapropeļa koncentrāciju 20% trīs sugu un divu šķirņu augiem (citronliānas, vērmeles un zemenes) ir ar augstāko barības elementu nodrošinājumu. Attiecīgi variants ar 30% sapropeli – Smaržīgam citronmārsilam un Parastai raudenei.

4.1. AKTIVITĀTE - SAPROPEĻA UN NO SAPROPEĻA IEGŪTA NA HUMĀTĀTA PIELIETOJUMS HOLŠTEINAS MELNRAIBĀS ŠĶIRNES TEĻU AUDZĒŠANĀ

Intensīvas lopkopības apstākļos tiek meklēti arvien jauni izejvielu avoti, kas spēj novērst minerālvielu, vitamīnu un organisko savienojumu deficītu barības devās. Viens no dabiskiem un maz izmantotiem šādu izejvielu avotiem ir Latvijā plaši sastopamais sapropelis.

PĒTĪJUMA VIETA, MATERIĀLS UN METODIKA

Sapropēja un no tā iegūtā nātrija humāta piedevu izmantošanas iespējas Holšteinas melnraibās šķirnes vaislas teļu ēdināšanā tika pētītas SIA „Ogres piens”. Pētījuma vajadzībām saimniecībā tika izveidotas 3 teļu grupas (4.1. tab.). Pirmajā atkārtojumā, uzsākot pieradināšanas periodu, visās grupās bija 7 teles. Viena 2. pētījuma grupas tele 1. atkārtojuma laikā veselības problēmu dēļ tika no grupas izslēgta, kā rezultātā pētījuma trīs atkārtojumos izmantotas 20. Otrajā atkārtojumā, saimniecisku apsvērumu dēļ, kontroles grupā tika iekļautas 9 teles, kas atspoguļojas lielākā kopējā pētījumā iekļauto teļu skaitā – 23. Nemainīga bija 1. pētījuma grupa, kurā visos trīs atkārtojumos bija pa 7 telēm, kopā 21.

4.1. tabula

Pētījuma ierīkošanas shēma

Grupa (lietotais saīsinājums)	Barības devas sastāvs	Pētījuma teļu skaits trīs atkārtojumos
1. kontroles	piens, starterbarība, siens	23
2. pētījuma (piedeva sapropelis)	piens, starterbarība, siens+sapropelis	21
3. pētījuma (piedeva nātrija humāts)	piens, starterbarība, siens+nātrija humāts	20

Kontroles grupas telēm barības devā (turpmāk tekstā BD) iekļauts piens (normēti), starterbarība (*ab libitum*) un siens (*ab libitum*). Pētījuma 2. grupas teles papildus BD saņēma sapropēja piedevu, kuras daudzums pakāpeniski tika palielināts no 50 g vienai telei pētījuma pirmajās 7 dienās līdz 300 g pētījuma pēdējās 10 dienās. Pētījuma 3. grupas teles papildus saņēma nātrija humātu, kura daudzums pētījuma pirmajās 7 dienās vienai telei bija 12 mL, bet pētījuma pēdējās 10 dienās 60 mL (2. tab.). Izmantotās sapropēja un nātrija humāta devas ir līdzīgas, kādas pielietotas citos pētījumos (Noori et al, 2018; Bogdanovich, 2019). Piena izēdināšanas laikā piedevas tika iejauktas tajā, bet pēcpiena periodā, tās iejauca starterbarībā.

4.2. tabula

Sapropēja un Na humāta izēdināšanas shēma telēm pa augšanas posmiem

Periods	Dienas	Sapropēja deva, kg		Nātrija humāta deva, mL	
		uz kg dzīvmasas	telei dienā	uz kg dzīvmasas	telei dienā
Pieradināšanas posms	9	0.001	0.050	0.3	12
1. posms	35	0.002	0.100	0.4	24
2. posms	35	0.003	0.200	0.5	40
3. posms	35	0.003	0.300	0.6	60

Teles pienu saņēma visu 1. pētījuma posmu (35 dienas). Otrajā pētījuma posmā teles pienu saņēma vēl 21 dienu. Starterbarība un siens izēdināts visu pētījuma laiku.

Pētījuma laikā saimniecības darbinieki katru dienu uzskaitīja patērētās barības un piedevu daudzumu. Jāatzīmē, ka apēstā siena daudzums nav skaidrs, jo daļu siena teles izkaisīja pa aizgalda grīdu. Ik pa 35 dienām (viena pētījuma posms ilgums) veikta teļu svēršana. Kopējais pētījuma perioda ilgums 105 dienas.

Sapropeļa un nātrija humāta ķīmiskais sastāvs noteikts LBTU Biotehnoloģiju zinātniskā laboratorijā. Noskaidrots, ka sapropelis satur vidēji 23.2% sausas, tās sastāvā 15.6% kopproteīna, palielināts dzelzs, kalcija, kālija un magnija saturs, liels koppelnu saturs (4.3. tab.). Jāņem vērā, ka palielināts koppelnu saturs atstāj ietekmi uz sapropeļa sagremojamību un sausas uzņemšanas spēju.

4.3. tabula

Barības piedevu ķīmiskais sastāvs

Barības vielas		Sapropelis	Na humāts	S un NaH salīdzinājums
Sausna, g		231.9	44.8	187.1
Sausnā	Kopproteīns, g	156.2	104.3	51.9
	Kokšķiedra, g	44.0	3.6	40.4
	ME, MJ	7.0	14.3	-7.3
	NEG, MJ	0.8	5.8	-5.0
	Koptauki, g	3.0	0.9	2.1
	Koppelni, g	501.0	759.8	-258,8
	Ca, g	8.3	4.2	4.1
	P, g	1.0	0.8	0.2
	K, g	3.0	2.6	0.4
	Mg, g	2.7	1.7	1.0
	Na, g	0.2	4.2	-4.0
	Zn, mg	0.12	0.09	0.03
	Cu, mg	0.01	0.01	0.0
	Mn, mg	0.17	0.06	0.11
	Fe, mg	9.19	4.81	3.38
Sausnas sagremojamība (TDN/DDM, %)		41.0	82.3	-41.3
Organisko vielu sagremojamība (OMD), %		22.6	87.0	-64.4
DMI, % (sausnas uzņemšana)		2.3	113.2	-110.9

Nātrija humāts iegūts laboratorijas apstākļos, sapropeli bagātinot ar NaOH. Pēc izskata tas atgādina melasi vai Rīgas melno balzamu, ir viegli viskozas konsistences, tumši brūnā krāsā ar specifisku smaržu. Nātrija humāta sastāva analizēs noskaidrots, ka tas satur 4.5% sausas. Tajā, salīdzinot ar sapropeli, 1 kg sausas ir vairāk maiņas enerģijas un enerģijas dzīvmasas pieauguma ieguvei, attiecīgi 14.3 MJ un 5.8 MJ, kā arī ievērojami palielināts koppelnu saturs – 759.8 g, tais skaitā Na 4.2 g. Salīdzinot ar sapropeļa piedevu, iegūtie rezultāti liecina par labu nātrija humāta sausas sagremojamībai – 87.0% un sausas uzņemšanas spējai – 113.2%.

Dzīvnieku ēdināšanas izmēģinājuma ekonomiskās efektivitātes rādītāji noteikti, izmantojot dzīvmasas pieauguma (WG), izēdinātās barības apjoma (QF) un barības izmaksu

(FC) rādītājus, nosakot barības izmaksas uz vidējo dzīvmasas pieaugumu diennaktī (ADWG) pēc formulas:

$$FC_{ADWG} = \frac{\sum_{i=1}^n (QF_i \times P_i) + \dots + (QF_i + P_i)}{ADWG}$$

un barības izmaksas uz kopējo dzīvmasas pieaugumu (WG) izmēģinājuma periodā pēc formulas:

$$FC_{WG} = \frac{\sum_{i=1}^n (QF_i \times P_i) + \dots + (QF_i + P_i)}{WG},$$

kur QF - barības līdzekļa daudzums un P - barības līdzekļa cena.

Tā kā vaislas teļu attīstība ir nozīmīgs kvalitatīva un augstražīga ganāmpulka atražošanas rādītājs, noteikts arī relatīvais augšanas rādītājs (RGR) kg BWper day jeb eksponenciālais augšanas rādītājs pēc Lima et al. (2017):

$$RGR = \left[\frac{(\log BW_{ef} - \log BW_{if})}{T} \right] \times 100$$

Aprēķiniem izmantoti saimniecības dati par barības un piena izmaksām laika periodā no 2021. gada septembra (uzsākot izmēģinājumu) līdz 2022. gada maijam, noslēdzot izmēģinājumu. Teļiem izēdinātā piena izmaksu aprēķināšanai ir izmantota vidējā svaigpiena realizācijas cena saimniecībā. Starterbarības cena rēķināta pēc vidējās aritmētiskās tirgus cenas izmēģinājuma periodā. Savukārt NaHumum izmaksu aprēķinā ir ņemts vērā analoģu barības piedevu (GreenOK NaHumates for animals) cena tirgū uz 2021./2022. gadā (<https://greenok.lv/en/home-page/>).

Pētījuma rezultāti.

Teļu ēdināšanu un pētījuma datu ieguvī nodrošināja saimniecības speciālisti. Pateicoties iegūto datu precizitātei, izveidotas pēc vidējā vecuma un dzīvmasas līdzvērtīgas teļu grupas. Teļu vecums, uzsākot pētījumu, bija vidēji 39 un 40 dienas, dzīvmasa no 67.67 kg līdz 70.98 kg (4.4. tab.). Ar sapropela piedevu ēdinātajām telēm (2. pētījuma grupa) visos pētījuma periodos saglabājās mazākā dzīvmasa.

4.4. tabula

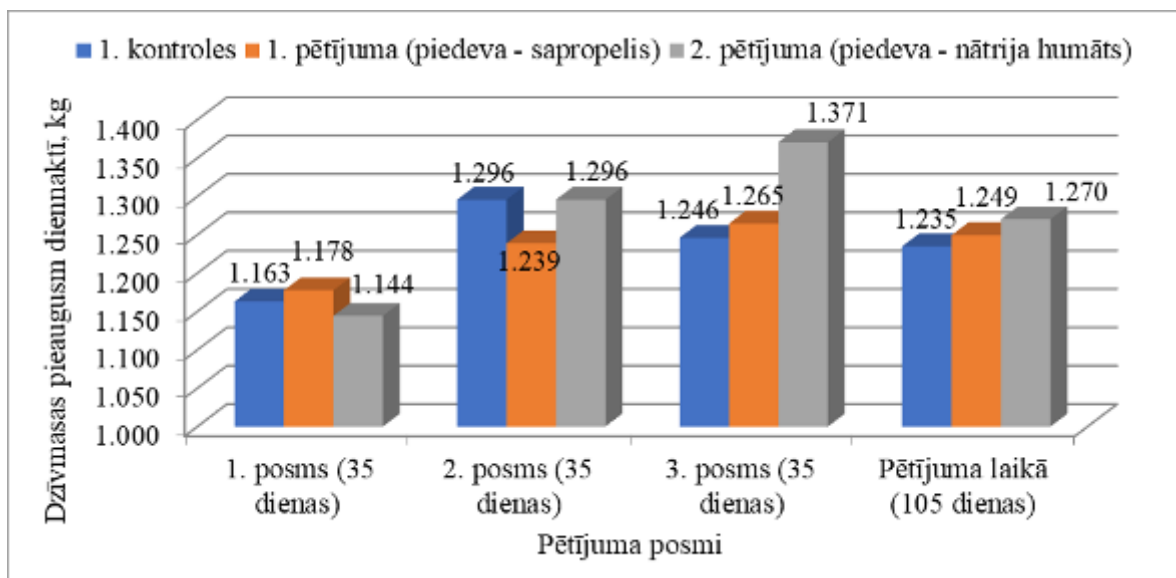
Teļu vecums un dzīvmasa pa pētījuma posmiem

Grupa	Vecums uzsākot pētījumu, dienas	Dzīvmasa uzsākot pētījumu, kg	Vecums uzsākot 2. posmu, dienas	Dzīvmasa uzsākot 2. posmu, kg	Vecums uzsākot 3. posmu, dienas	Dzīvmasa uzsākot 3. posmu, kg	Vecums, dienas	Dzīvmasa, kg
1. Kontroles	40	69.86	75	110.57	110	155.91	145	199.52
2. Pētījuma (piedevas – sapropelis)	39	67.67	74	108.88	109	152.88	144	198.86
3. Pētījuma (piedevas- Na humāts)	39	70.98	74	111.03	109	156.38	144	204.35

Pētījuma noslēgumā teles pārsniedza 190 kg dzīvmasu esot nepilnus 5 mēnešus vecas. Tas norāda uz strauju teļu augšanu. Pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka smagākas bija 3. pētījuma grupas teles, kurām kā piedevu izēdināja nātrija humātu, vidēji 204.35 kg, kas ir par

4.82 kg vairāk kā kontroles grupas un par 5.49 kg vairāk kā 2. pētījuma grupas telēm.

Teļu dzīvmasas pieaugums diennaktī pa grupām apkopots 4.1. attēlā. Pa pētījuma grupām mainīgs augšanas temps novērots kontroles grupas telēm, no 1.163 kg diennaktī 1. posmā līdz 1.296 kg 2. posmā un samazinājums 3. posmā, vidēji 1.246 kg. Abu pētījuma grupu telēm dzīvmasas pieaugums pa posmiem palielinājās, no 1.178 kg līdz 1.265 kg 2. pētījuma grupas telēm un no 1.144 kg 1. posmā līdz 1.371 kg 3. posmā 3. pētījuma grupas telēm. Visā pētījuma laikā šīs grupas telēm dzīvmasa palielinājās par 1.270 kg diennaktī. Tas ir par 21 g vairāk kā 2. pētījuma grupas telēm un par 35 g vairāk kā kontroles grupas telēm.



4.1. att. Teļu dzīvmasas pieauguma izmaiņas diennaktī pētījuma laikā, kg.

Visa eksperimenta laikā, lielākais kopējais dzīvmasas pieaugums iegūts 3. pētījuma grupas telēm, vidēji 133.38 kg (4.5. tab.). Salīdzinot ar kontroles grupas telēm, tas ir par 3.71 kg vairāk, bet ar 2. pētījuma grupu, par 2.18 kg vairāk.

4.5. tabula

Teļu dzīvmasas pieaugums eksperimenta laikā un tā salīdzinājums starp grupām

Grupa	Dzīvmasas pieaugums, kg				Starpība ar kontroles grupu, kg		Starpība ar 2. grupu, kg	
	1. posmā	2. posmā	3. posmā	eksperimenta laikā	uz 1 teli pētījuma laikā, kg	uz 1 teli pētījuma laikā, %	uz 1 teli pētījuma laikā, kg	uz 1 teli pētījuma laikā, %
1. kontroles	40.70	45.35	43.61	129.66	...	100.0	-1.53	98.8
2. pētījums (Piedevas - sapropelis)	41.21	43.36	44.26	131.19	1.53	101.2	...	100.0
3. pētījuma (Piedevas - Na humāts)	40.05	45.35	47.98	133.38	3.71	102.9	2.18	101.7

Visa pētījuma laikā mazākais dzīvmasas pieaugums iegūts kontroles grupas telēm, pie kam, 3. pētījuma posmā novērots kopējā pieauguma samazinājums. Varam izdarīt

secinājumu, ka piedevu izēdināšana ir veicinājusi tēlu augšanas tempu.

Pētījuma laikā izēdinātās barības daudzums vienā barības dienā apkopots 4.6. tabulā. Sienu izēdināja vienādā daudzumā visām grupām, kas 105 dienu pētījuma periodā bija 430.0 kg. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka kontroles grupas teles vienā barības dienā uzņēma mazāk starterbarības, kas varētu izskaidrot mazāko dzīvmasas pieaugumu diennaktī.

4.6. tabula

Barības patēriņš vienā barības dienā pa pētījuma grupām

Grupa	Satrterbarība barības dienā, kg				Piens dienā, kg		
	Pētījuma posms			Vidēji visā pētījumā (105 dienas)	Pētījuma posmi		Vidēji 1 piena izēdināšanas dienā (56 dienas)
	1.posms (35 dienas)	2. posms (35 dienas)	3. posms (35 dienas)		1. posms (35 dienas)	2. posms (21 diena)	
1. kontroles	1.065	3.747	5.470	3.427	7.271	3.028	6.082
2. pētījuma (sapropelis)	1.010	3.920	5.680	3.537	7.324	2.889	6.033
3. grupa (NaH)	0.957	3.901	5.676	3.511	7.274	2.830	5.998

Vairāk starterbarības uzņēma 2. pētījuma grupas teles, vidēji 3.537 kg dienā. Vidējā pozīcijā ir 3. grupas teles, kurām bija labākie augšanas rezultāti. Salīdzinot ar kontroles grupu, šīs grupas telēm starterbarības patēriņš par 0.84 kg lielāks, bet piena patēriņš par 0.055 L mazāks, bet salīdzinot ar 2. pētījuma grupu, attiecīgi par 0.026 kg un 0.035 L mazāks.

Kopumā jāsecina, ka piena patēriņš vienā barības dienā visu grupu telēm ir līdzvērtīgs, nedaudz lielāka ir starterbarības patēriņa atšķirība. Saimniecības speciālisti atzīmēja to, ka teles, kuras saņēma sapropeļa un nātrija humāta piedevas, bija aktīvākas, kas varēja atstāt ietekmi uz patērētās barības daudzumu.

Kopējais divos pētījuma atkārtojumos patērētais sapropeļa un nātrija humāta daudzums apkopots 4.7. tabulā. Kopā izēdināts 414.4 kg sapropeļa un 117.7 L nātrija humāta.

4.7. tabula

Izēdinātā sapropeļa un nātrija humāta piedevu daudzums un izmantošana 1 barības dienā

Rādītāji	Sapropelis, kg	Na humāts, L
Barības patēriņš kopā	414.4	117.7
Barības dienas kopā	2205	2100
Barības patēriņš 1 barības dienā	0.188	0.056
Barības sausna, g	0.232	0.045
Ar piedevām uzņemtā barības sausna visā pētījuma laikā, kg	96.1	5.3
Ar piedevām uzņemtā barības sausna vienā barības dienā, kg	0.044	0.003

Vienā barības dienā vidēji katra 2. pētījuma grupas tele saņēma 0.188 kg sapropeļa un 3. pētījuma grupas tele 0.056 L nātrija humāta. Piedevu daudzuma salīdzināšanai, aprēķināts ar

piedevām uzņemtais kopējais sausnas daudzums visā periodā un vienā barības dienā. Pētījuma laikā papildus pamatbarībai 2. pētījuma grupas teles uzņēma 96.1 kg sapropeļa sausnas, bet vienā barības dienā, katra vidēji 44 g. Ņemot vērā, ka nātrija humāts ir šķidrums, tad 3. pētījuma grupas teles papildus uzņēma mazāku sausnas daudzumu, vidēji 5.3 kg, bet vienā dienā vidēji 3 g. Pamatojoties uz izmantoto piedevu ķīmiskā sastāva rezultātiem (3. tab.), varam secināt, ka abu pētījuma grupu telēm tika nodrošināta papildus barības vielu, sevišķi minerālvielu, uzņemšana, kas ir sevišķi nozīmīga imunitātes stiprināšanai. Ņemot vērā barības vielu sagremojamību, sapropeļa piedevu izmantošana nevarēja būt tik efektīva, kā Na humāta piedevu.

GALVENIE SECINĀJUMI:

1. Ņemot vērā visos atkārtojumos novēroto tendenci, varam secināt, ka sapropeļa piedevas izmantošana telēm nedod zootehniski pamatotu efektu, ņemot vērā tā palielināto pelnainību un nelielo teļu augšanas tempa palielinājumu.
2. No sapropeļa iegūtā nātrija humāta piedevu izēdināšanu ir jāturpina pētīt, papildus plānojot tā sausās frakcijas iegūvi, kas nodrošinās vienkāršāku tā dozēšanas iespēju dzīvnieku ēdināšanas procesā.

Literatūras avoti:

Noori R. , Y. Chashnidel Y., Ghorbani G.R., Teimori yansari A., Mahdavi A.H. (2018). Effects of Sodium humate on performance, blood and ruminal parameters in Holstein calves. J. of Ruminant Research, Vol. 6(3), 2018 <http://ejrr.gau.ac.ir>

Bogdanovich D. M. (2019). Silica and carbonate sapropels in the diets of young cattle. In the collection: Modernization of agricul-tural education: integration of science and practice. Collection of scientific papers based on the V International Scientific and Practical Conference materials, 216–219.



TEĻU VESELĪBA UN GREMOŠANAS TRAKTA MIKROBIOLOĢIJA

METODIKA

Asins hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju noteikšana

Asins paraugi no pētījumā iekļautajiem teļiem tika iegūti laikā, kad saimniecībā tika pieskaņoti citi plānotie profilaktiskie pasākumi (tādāļ Ētikas komisijas atļauja nebija nepieciešama). Asins paraugi tika iegūti no jugulārās vēnas (*v. jugularis externa*) atbilstošos vakutaineros, ievietoti vēsā vidē un 4 stundu laikā nogādāti LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Veterinārās klīnikas laboratorijā.

Asins plazmas paraugi pēc 4 000 rpm x 20 min centrifugēšanas tika ievietoti -20 °C līdz turpmākās testēšanas uzsākšanai. Asins plazmas paraugi tika analizēti ar laboratorijā esošo Mindray BS-120 Bioķīmisko analizatoru, izmantojot absorbcijas fotometrijas metodi un komerciālos kitus, saskaņā ar ražotāja rekomendācijām un norādēm.

Serumā tika noteikti sekojoši rādītāji: holesterols (CHOL), triglicerīdi (TRIG), kalcijs (Ca), kopējais proteīns (TP), fosfors (P), albumīni (ALB), globulīni (GLOB), magnijs (Mg), gamma-glutamīltransferāze (GGT), sārmainā fosfatāze (ALP), glikoze (GLU), izmantojot klīnisko ķīmijas analizatoru (Mindray BS-380, Ķīna) un atbilstošos reaģentus: ACCENT – 200 GLU, ACCENT – 200 CALCIUM, ACCENT – 200 PHOSPHORUS, ACCENT – 200 GGT, ACCENT – 200 ALP, ACCENT – 200 ALB, ACCENT – 200 TOTAL PROTEIN, ACCENT – 200 TG mono, ACCENT – 200 CHOL, ACCENT – 200 ASAT (PZ Cormay S. A., Polija).

Hematoloģijā tika noteikti sekojoši rādītāji: kopējais leukocītu skaits (WBC), eritrocīti (RBC), hematokrīts (HCT), hemoglobīns (HGB), vidējais eritrocītu tilpums (MCV), vidējais hemoglobīna saturs eritrocītā (MCH) un vidējā hemoglobīna koncentrācija eritrocītos (MCHC), eritrocītu lieluma izkliede (RDW), trombocīti (PLT), trombocītu vidējais tilpums (MPV), segmentkodolainie neitrofīlie leukocīti, eozinofīlie leukocīti, monocīti, limfocīti, izmantojot veterināro hematoloģisko analizatoru (Exigo Eos, Zviedrija).

Hematoloģiskie paraugi mikroskopijai tika sagatavoti, pielietojot Diff - Quik uztriepju krāsošanas metodi saskaņā ar reaģenta ražotāja (Merck, Vācija) instrukciju, izmantojot 3 krāsošanas reaģentus, t.i., fiksācijas reaģentu, ksantēna krāsvielu un tiazīna krāsvielu ar metilēnzilo krāsu. Leikocītārās formulas pielietošanai tika skaitītas eļļas imersijā 100 asins šūnas (heterofīlie, eozinofīlie, monocīti un limfocīti) 100x palielinājumā. Trombocīti tika skaitīti 10 redzes laukos 100x palielinājumā eļļas imersijā un to skaits tika reizināts ar 15.

Zarnu trakta satura mikrobioloģiskā izmeklēšana

No katra testētā teļa fekāliju masas parauga tika iesvērta 25 g masas, ievietots katrs sterilā Whirl-Pack maisiņā un veikta primārā atšķaidījuma sagatavošana attiecībā 1:9 (wt/vol), izmantojot sterilu fizioloģisko šķīdumu. Tālāk sekoja 10-kārša šķīduma atšķaidījuma sērijas pagatavošana (10^1 līdz 10^7) sterilā 1% peptona buljonā (Biolife, Itālija) un pa 1 ml no katra atšķaidījuma dublikātā atkārtojumā tika ienests sterilās Petri platēs, kam tālāk uzņests 15 - 18

ml nepieciešamā agara (skat.info zemāk) saskaņā ar standarta LVS ISO 21528-2:2007 prasībām.

- lai noteiktu paraugos **ESBL producējošā *E.coli*** klātbūtni, izmantojām Hromogēno ESBL agaru (ESBL) (Chromart ESBL Agar, Biolife) (10^1 un 10^2 pakāpē); Ja pēc inkubācijas nenovērojām audzi uz hromogēnā ESBL agara, veicām atkārtotu inkubāciju vēl 24h. Palielas un rozā kolonijas uz hromogēnā ESBL agara tiktu uzskatītas kā aizdomīgas ESBL *E.coli* kolonijas.
- ***Lactobacillus spp.*** izolēšanai un skaita noteikšanai izmantojām MRS agaru ar polisorbāta 80 piedevu (MRS agar with Tween® 80, Biolife) saskaņā ar ražotāja ieteikumiem. Vienu mL sākotnējās suspensijas un tā decimālšķīdumus pārnesām paralēlās sterilās Petri platēs. Tad uzlējām 10 mL 45-47 °C MRS agaru ar polisorbāta 80 piedevu un ļāvām sacietēt. Lai nodrošinātu mikroaerofilus apstākļus, plates pārlējām vēl ar 10-15 mL MRS agaru. Inkubējām 36 °C $\pm$ 1 °C, 72h $\pm$ 2h. Pēc inkubācijas atlasījām plates ar raksturīgām (baltām) *Lactobacillus spp.* kolonijām ar skaitu līdz 300 un veicām kvv uzskaiti. Raksturīgās kolonijas apstiprinājām, izmantojot Grama krāsošanas metodi un katalāzes testu (ūdeņraža peroksīds RFF 3%, AS Rīgas farmaceitiskā fabrika). *Lactobacillus spp.* ir gram pozitīvi koki vai nūjiņas, katalāzes tests-negatīvs.
- **Koliformo** baktēriju uzskaitē tika izmantots VRB (Violet Red Bile) agars (Oxoid), inkubācijas apstākļi - 36 °C $\pm$ 1 °C, 24 h $\pm$ 1h.
- ***Clostridium spp.*** izolēšanai tika izmantots TSC agars (Biolife, IT) un sagatavotās plates tika inkubētas anaerobes apstākļos 36 °C $\pm$ 1 °C, 24 h $\pm$ 1h (Gas-Pack konteinerā, AnaeroPack™).

Iegūtais mikroorganismu skaits tika aprēķināts kā KVV/g.

Datu statistiskā apstrāde un rezultātu izvērtēšana

Iegūto datu matemātiskai apstrādei izmantojām MS Excel datu analīzes rīkus: „Aprakstošā statistika” (Descriptive Statistics) vidējo un standartklūdas rādītāju aprēķiniem, kā arī % aprēķinus.

Mikrobioloģiskie rezultāti (KVV g⁻¹) tika izteikti arī kā Log 10 kvv g⁻¹.

Teļu asins bioķīmiskie un hematoloģiskie rezultāti, kuri ir apkopoti 4.10. un 4.11. tabulā, tika izvērtēti atbilstoši citu pētnieku ieteiktām asins rādītāju normām, un tās apkopotas zemāk 4.8., 4.9 tabulā.

4.8. tabula

Govu asins bioķīmisko rādītāju normas

Rādītājs	Vērtējamais intervāls	Autori
CHOL (mmol/l)	1 – 5,6	Jackson, Cockcroft, 2002
TRIG (mmol/l)	0 – 0,2	Jackson, Cockcroft, 2002
Ca (mmol/l)	2 – 3	Cockcroft, 2015
TP (g/l)	21 - 36	Jackson, Cockcroft, 2002
P (mmol/l)	1,29 – 2,26	Cockcroft, 2015
ALB (g/l)	22 – 36	Cockcroft, 2015
GLOB (g/l)	24 – 40	Cockcroft, 2015
Mg (mmol/l)	0,6 – 1,2	Aiello, Moses, 2016
GGT (U/L)	< 36	Cockcroft, 2015
ALP (U/L)	0 -500	Jackson, Cockcroft, 2002
GLU (mmol/l)	2,2 – 5,6	Aiello, Moses, 2016

Govs asins hematoloģisko rādītāju normas

Rādītājs	Vērtējamais intervāls	Autori
WBC ($\times 10^9/l$)	4 – 12	Cockcroft, 2015
RBC ($\times 10^{12}/l$)	5 -10	Cockcroft, 2015
HCT (%)	22 – 33	Aiello, Moses, 2016
HBG (g/dl)	8 – 15	Cockcroft, 2015
MCV (fl)	40 - 60	Cockcroft, 2015
MCH (pg)	11 – 17	Cockcroft, 2015
MCHC (g/dl)	30 – 36	Cockcroft, 2015
RDW (%)	16 -20	Harvey, 2012
PLT ($\times 10^9/l$)	100 – 800	Aiello, Moses, 2016
MPV (fl)	3,5 – 6,5	Aiello, Moses, 2016
Formula:		
Segmentkodolainie neitrofilie (%)	27 – 75	Aiello, Moses, 2016
Segmentkodolainie neitrofilie ($\times 10^9/l$)	1,5 – 7,0	Aiello, Moses, 2016
Eozinofilie (%)	0 – 20	Aiello, Moses, 2016
Eozinofilie ($\times 10^9/l$)	< 0,8	Cockcroft, 2015
Monocīti (%)	0 – 8	Aiello, Moses, 2016
Monocīti ($\times 10^9/l$)	< 0,9	Cockcroft, 2015
Limfocīti (%)	45 – 75	Aiello, Moses, 2016
Limfocīti ($\times 10^9/l$)	2,5 – 7,5	Cockcroft, 2015

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Asiņu hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju izmaiņu analīze

Asins hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju novērtēšana ļauj mums spriest par dažādiem procesiem organismā un organisma kopīgo fizioloģisko un veselības stāvokli. Izmantojot dažādas barības piedevas un premiksus, lopkopībā ir iespējams nodrošināt teļu organisma attīstībai vajadzīgās minerālvielas un bioloģiski aktīvās vielas. Konstatēts, ka sapropelī esošās humatvielas stimulē hematopoēzi, uzlabo metabolismu un imunitāti (Radchikov et al., 2021).

Sapropela iedarbību uz teļu organismu un to veselības stāvokli var izvērtēt, salīdzinot kontrolgrupu un pētījuma grupu dzīvnieku asins hematoloģiskos un bioķīmiskos rādītājus. Govs asins hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju ieteiktās normas ir minētas darba “metodikas” apakšsadaļā.

Bioķīmisko asins rādītāju izvērtējums

Ļoti svarīgi ir kontrolēt ganāmpulka barības devas, kā arī bioķīmiskos procesus organismā, lai nodrošinātu dzīvnieku veselību un produktivitāti. Kontroli var veikt ar asins vielmaiņas profila bioķīmiskiem testiem, tie ir komerciāli pieejami un rentabli, tos izmanto galvenokārt, lai veiktu barošanas un/vai turēšanas apstākļu novērtēšanu piena liellopu ganāmpulkos, taču tos var arī izmantot, lai identificētu klīniski veselus dzīvniekus ar

“slēptām” veselības problēmām, piemēram, zemu produktivitāti, reproduktīvām slimībām un citām subklīniskām saslimšanām (Teneva et al., 2021).

Pētījumā iekļauto teļu asins seruma bioķīmiskās izmeklēšanas rezultāti ir apkopoti 4.10.tabulā.

4.10. tabula

Teļu asins bioķīmijas vidējie* rezultāti

Rādītājs / grupas	Kontrole	Sapropelis	NaHum
CHOL (mmol/l)	2,67 ± 0,537	2,58 ± 0,19	2,60 ± 0,672
TRIG (mmol/l)	0.29 ± 0.092	0,30 ± 0,03	0.25 ± 0.074
Ca (mmol/l)	2.51 ± 0.157	2,40 ± 0,04	2.55 ± 0.153
TP (g/l)	68.55 ± 4.169	64,08 ± 1,26	67.97 ± 4.773
P (mmol/l)	2.79 ± 0.289	2.78 ± 0.442	2,65 ± 0,05
ALB (g/l)	40.67 ± 2.648	40,10 ± 0,49	41.29 ± 1.790
GLOB (g/l)	28,04 ± 1,24	23,98 ± 1,02	25,98 ± 1,46
Mg (mmol/l)	1.01 ± 0.309	1,01 ± 0,10	0.96 ± 0.147
GGT (U/L)	18,51 ± 2,17	23,69 ± 1,16	21,99 ± 4,30
ALP (U/L)	244.39 ± 75.085	245,65 ± 28,92	282.93 ± 107.156
GLU (mmol/l)	4.50 ± 0.432	4,49 ± 0,15	4.48 ± 0.594

*vidēji ± SE (standartklūda)

No 4.10. tabulas datiem redzams, ka visu pētījumā iekļauto dzīvnieku grupu asins bioķīmiskie vidējie rezultāti (izņemot triglicerīdus) konstatējām teļiem normas robežās.

NaHum piedevas lietošana telēm izraisīja kopējā holesterīna un triglicerīdu līmeņa pazemināšanos, kā arī Ca līmeņa paaugstināšanos, salīdzinot ar kontroles grupas dzīvniekiem

Triglicerīdu jeb neitrālo lipīdu līmenis asinīs galvenokārt variē atbilstoši uzturam (Большаков, Никешина, 2015). Novērojām, ka teļiem, kuriem kā barības piedeva tika izēdināts nātrija humāts, tiem samazinājās triglicerīdu līmenis asinīs vidēji par 15,6% salīdzinot ar kontrolgrupu un par 6,2% - salīdzinot ar grupu, kam izēdināja sapropeļa piedevas.

Kā minēts literatūrā, triglicerīdu koncentrācija dzīvnieku asins serumā palielinās pēc barības uzņemšanas un, ja barībā ir liels tauku saturs vai arī - viegli pieejami ogļhidrāti, kas aktivizē lipogēzi aknās. Olbaltumvielu un taukos šķīstošo vielu (holīna, metionīna, treonīna, selēna, E vitamīna, nikotīnskābes) trūkums uzturā arī var veicināt lipīdu līmeņa paaugstināšanos dzīvnieku asins serumā (Большаков, Никешина, 2015).

Tā kā triglicerīdu līmenis asinīs visa pētījumā laikā visu grupu teļiem bija virs normas, tad tas varētu liecināt par izmantotās barības sastāvā esošu palielinātu tauku vai viegli pieejamo ogļhidrātu paaugstinātu saturu, kā arī par asins parauga noņemšanu drīz pēc teļu barošanas (šis pēdējais faktors varēja būt arī kā līmeņa ietekmētājs mūsu veiktā pētījuma gadījumā, jo teļiem asins paraugi tika iegūti drīz pēc rīta barošanas).

Kalcijs ir viens no svarīgākajiem komponentiem, kas regulē membrānu caurlaidību. Kalcija joni veicina aktīna un miozīna mijiedarbību jeb muskuļšķiedru kontrakciju. Šajā minētajā processā piedalās arī magnijs un ATF. Kalcija joni nervu – muskuļu sinapsēs veicina acetilholīna izdalīšanos un saistīšanos ar holīnreceptoru, savukārt pie acetilholīna pārpalikuma aktivizē holīnesterāzi, kas šķel acetilholīnu. Kalcija joni aktivizē asins recēšanas procesu. Procesu, kas ir saistīti ar kalcija metabolismu, ir cieši saistīti arī ar D vitamīna aktīvām

formām un parathormonu, viņi nodrošina kalcija absorbciju zarnās un kavē to izvadīšanos ar urīnu. Kalcija līmeņa pazemināšanos var novērot pie ilgstoša kalcija trūkuma barībā, vai, ja ir D vitamīna un parathormona deficīts (Большаков, Никешина, 2015).

Salīdzinot kalcija līmeni teļu asinīs pētījuma noslēgumā (jeb 105.dienā), mēs konstatējam, ka lai arī grupai, kam izēdināja sapropeļa piedevu, kalcija līmenis samazinājās par 0,41% salīdzinot ar kontrolgrupu, savukārt nātrija humāta grupai tas paaugstinājās par 0,83%, salīdzinot ar kontrolgrupu, tomēr būtisku atšķirību rādītājos mēs nenovērojam. No pētījuma varam secināt, ka nātrija humāta piedevas teļu uzturam labvēlīgāk ietekmē kalcija metabolismu organismā salīdzinot ar sapropeļa piedevām.

Arī Radčikova ar līdzautoriem savā pētījumā novēroja humāta pozitīvu iedarbību uz fosfora un kalcija metabolismu. Kalcija līmenis asinīs rezultātā pieauga par vidēji 7% visām 3 pētāmajām grupām, kam pievienoja nātrija humāta barības piedevas dažādās devās, salīdzinot ar kontrolgrupu (Radchikov et al., 2021). Savukārt Dobruka pētījuma grupām, pievienojot nātrija humāta piedevu, kalcija līmenis asinīs pieauga par 8,1 – 8,8% salīdzinot ar kontrolgrupu (Добрук et al., 2011). Ežkovas pētījumā kalcija līmenis paaugstinājās par 5,9% salīdzinot ar kontrolgrupu, pievienojot sapropeļa piedevu barībai (Ежкова et al., 2018).

Fosfors ir viens no galvenajiem organismu strukturējošiem elementiem. Visi vielmaiņas procesi organismā ir cieši saistīti ar fosforskābes pārvēršanu. Fosfors ir iekļauts nukleīnskābju struktūrā, pateicoties fosforilēšanai notiek zarnu adsorbcija, glikolīze, tieša ogļhidrātu oksidēšana, lipīdu transports, aminoskābju metabolisms utt. Fosfors sastopams asinīs neorganiskā un organiskā formā. Fosfora līmeņa pazemināšanās asinīs tiek novērota, ja ir to trūkums barībā vai slikta tā uzsūkšanās, kā arī pie gremošanas trakta traucējumiem vai D vitamīna deficīta un endokrīnās sistēmas slimībām. Endokrīnās slimības var izraisīt arī fosfora līmeņa paaugstināšanās. Hiperfosfatēmija var rasties sirds mazspējas, ketozes, D vitamīna hipervitaminozes dēļ, kā arī nefrītu, nefrozes un grūsnības toksikozes gadījumā. Kamēr teļu barības devā ir iekļauts piens, fosfora līmenis asinīs ir nedaudz augstāks nekā pieaugušiem dzīvniekiem (Большаков, Никешина, 2015).

Salīdzinot fosfora līmeni teļu asinīs pētījuma noslēgumā (jeb 105.dienā), konstatējam, ka sapropeļa piedevu grupai, fosfora līmenis būtiski neatšķiras salīdzinot ar kontrolgrupu, savukārt nātrija humāta grupai tas pazeminājās vidēji par 7,2% salīdzinot ar kontrolgrupu.

Radčikova pētījumā nātrija humāta piedevai bija pozitīva ietekme uz fosfora metabolismu. Visām pētījuma grupām fosfora līmenis pieauga salīdzinot ar kontrolgrupu. (Radchikov et al., 2021). Dobruka pētījumā, pielietojot nātrija humātu teļu barībā, fosfora līmenis asinīs arī pieauga - par 9,7 – 10,4% salīdzinot ar kontrolgrupu (Добрук et al., 2011). Ežkovas pētījumā fosfora līmenis paaugstinājās par 7,7% salīdzinot ar kontrolgrupu, pievienojot sapropeļa piedevas barībai (Ежкова et al., 2018).

Lielākā daļa **globulīnu** sintēze notiek aknās un limfopoētiskos audos. Ir vairāki globulīnu veidi, kuru līmeni var izmērīt asinīs, bet liellopiem lielākoties nosaka kopējo globulīnu koncentrāciju. Paaugstināta globulīnu koncentrācija asinīs norāda uz organisma aizsargspējām, var norādīt arī uz akūtu iekaisuma fāzi (Otter, 2013).

Analizējot pētījuma dzīvnieku globulīna līmeņa rezultātus, gan sapropeļa, gan nātrija humāta teļu grupām globulīnu līmenis ir zemāks salīdzinot ar kontrolgrupu, vidēji par 14,48% 2. pētījuma (sapropeļa) grupai un par 7,35% 3. pētījuma (nātrija humāta) grupai.

Pretējus rezultātus ir ieguvusi Dobruka savā pētījumā, kur nātrija humāta piedevas dažādās devās paaugstināja gamma-globulīnu līmeni par 8,6 – 11,5% salīdzinot ar kontrolgrupu (Добрук et al., 2011).

Gamma-glutamīltransferāze (GGT) ir atrodama gandrīz visās šūnās, izņemot muskuļus, un lielākā daļa atrodas nierēs un žultsvados. GGT palielināšanās virs normas

robežām asinīs norāda uz žults stāzi. Ļoti liels GGT daudzums ir govīs pirmcipienā, tāpēc to rādītāju izmanto, lai novērtētu pirmcipiena uzsūkšanās efektivitāti (Otter, 2013).

Lai arī iegūtie GGT rezultāti teļiem ir pieļaujamās fizioloģiskās normās, tomēr abu pētījuma grupu teļiem GGT līmenis ir augstāks salīdzinot ar kontrolgrupu. Sapropeļa grupai - vidēji par 28% un nātrija humāta grupai - par 19%.

Sārmainā fosfatāze (ALP) ir atrodama zarnās, nierēs, aknās un kaulos, tomēr lielākas aktivitātes zonas ir aknas un kauli. Ja attiecīgie orgāni ir skarti, tad ALP paaugstinās ārpus asins bioķīmisko rādītāju normām. Tā kā ALP nodrošina metabolisma procesus organismā, tad fizioloģiski ALP ir paaugstināta intensīvi augošiem dzīvniekiem (Otter, 2013).

Analizējot pētījumā iegūtos datus, ALP līmenis 2. grupai (sapropeļa) ir paaugstināts vidēji par 14% un 3. grupai (nātrija humāta) - par 23% salīdzinot ar kontrolgrupu. Tas var norādīt, ka teļu grupām, kam izbaroja sapropeļa un humānu vielu barības piedevas, metaboliskie procesi organismā tomēr notika straujāk. Arī Ežkovas ar līdzautoriem savā pētījumā konstatēja ALP dzīvniekiem normas robežās, bet zemākos rezultātos nekā mūsu, kaut gan arī secināja, ka sapropeļa piedevas nozīmīgi paaugstināja ALP līmeni (Ежкова et al., 2018).

Holesterīns ir vissastopamākais steroīds organismā. Tas ir svarīgs holesterīna esteru, žultsskābju un steroīdu hormonu prekursors. To iegūst no barības un organismā tas sintezējas aknās un citos audos (zarnās, virsnieru dziedzeros un reproduktīvajos orgānos). Holesterīna līmeņa noteikšana var norādīt uz aknu darbību, kuņģa-zarnu trakta slimībām un vielmaiņas traucējumiem. Holesterīna līmenis asinīs var paaugstināties, ja dzīvnieki uzņem treknu barību (Mayer, Donnelly, 2013).

Novērtējot pētījuma laikā iegūtos rezultātus, varam secināt, ka holesterola līmenis būtiski neatšķiras starp pētījuma un kontrolgrupas dzīvniekiem un tā līmenis iekļaujas bioķīmisko rādītāju normu vērtējamā intervālā.

Hematoloģisko asins rādītāju analīze

Gandrīz visi organismā notiekošie procesi atspoguļojas asiņu hematoloģiskos rādītājos. Ar to palīdzību var novērtēt organisma fizioloģisko veselību, kas tieši ietekmē dzīvnieku produktivitātes spējas. Asinīm dzīvnieka organismā ir svarīga loma jo tas pilda dzīvībai svarīgas funkcijas. Asins hematoloģisko parametru izpētei ir liela nozīme dzīvnieku uzturvērtības novērtēšanā, jo ar asinīm organisma šūnas iegūst vajadzīgas vielas kā arī ar asinīm nevajadzīgas organismam vielas tiek izvestas. Atkarībā no turēšanas apstākļiem, uztura kvalitātes, produktivitātes un vairākiem citiem faktoriem, asins hematoloģiskie faktori atšķirties, bet tajā pašā laikā paliekot hematoloģisko rādītāju normu vērtējamā intervālā "metodikas" apakšsadaļā 4.9. tabulā.

4.11.tabula

Teļu hematoloģiskie vidējie* rezultāti

Rādītājs	Kontrole	Sapropeļi	NaHum
WBC (10 ⁹ /l)	10.7 ± 2.21	11,9 ± 1,4	9,92 ± 1,59
RBC (10 ¹² /l)	8.42 ± 0.74	8,7 ± 0,2	8,51 ± 0,73
HCT (%)	31.58 ± 2.236	32,6 ± 0,7	32.22 ± 1.842
HBG (g/dl)	11.04 ± 0.686	11,2 ± 0,2	11.20 ± 0.699
MCV (fl)	37,1 ± 0,8	37,6 ± 0,9	37,8 ± 0,9
MCH (pg)	13,0 ± 0,3	13,0 ± 0,2	13,1 ± 0,2
MCHC (g/dl)	35,0 ± 0,2	34,6 ± 0,3	34,7 ± 0,3
RDW (%)	20,9 ± 0,9	20,3 ± 0,5	20,1 ± 0,8

RDWa (fl)	29,4 ± 1,1	29,1 ± 0,7	29,0 ± 0,6
PLT (10 ⁹ /l)	343,4 ± 67,7	300,9 ± 63,9	406,3 ± 56,1
MPV (fl)	7,1 ± 0,4	6,9 ± 0,3	6,6 ± 0,3
Formula			
Segmentkodolainie neitrofilie (%)	41,0 ± 4,2	43,6 ± 3,0	52,8 ± 5,7
Segmentkodolainie neitrofilie (absolūtais)	4,3 ± 0,5	5,2 ± 0,7	5,1 ± 0,6
Eozinofilie (%)	0,7 ± 0,4	0,2 ± 0,2	0,5 ± 0,3
Eozinofilie (absolūtais)	0,07 ± 0,04	0,03 ± 0,03	0,05 ± 0,03
Monocīti (%)	5,3 ± 1,2	5,7 ± 1,2	4,6 ± 0,9
Monocīti (absolūtais)	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1
Limfocīti (%)	53,0 ± 4,0	50,5 ± 3,1	41,3 ± 4,9
Limfocīti (absolūtais)	5,3 ± 0,6	6,0 ± 0,9	4,0 ± 0,5

*vidēji ± SE (standartklūda)

Vaislas telišu asins hematoloģiskie parametri ir norādīti xx. tabulā. Pētījuma beigās asins analīžu rezultāti vaislas telēm attiecībā uz šādiem parametriem: WBC, RBC, LYM, MO, Hb un HCT nebija nozīmīgas atšķirības starp grupām ($P > 0,05$). NaHum pētījuma grupā tika konstatēts augstāks Hb līmenis un RBC skaits.

Pētījuma rezultāti parāda, ka pētījuma dzīvniekiem piedevu izēdināšana ir veicinājusi **eritrocītu (RBC) un hemoglobīna (HGB)** līmeņa paaugstināšanos telēm.

Baltajām asins šūnām jeb **leikocītiem** ir būtiska nozīme un loma imūnaizsardzībā. Leikocīti ietver sevī dažādas šūnas, kā neitrofilie leikocīti, eozinofilie leikocīti, monocīti, bazofilie granulocīti un limfocīti. Leikocīti rodas un nobriest kaulu smadzenēs, limfocītu gadījumā limfoīdos audos un tikai neliela daļa no tiem cirkulē asinīs. Neitrofilie leikocīti piestiprinās pie endoteliālām šūnām, tādēļ nelielas asins spiediena izmaiņas var uzreiz izmainīt to skaitu asinsritē. Liellopiem kopējais leikocītu skaits ar vecumu samazinās un atkarībā no vecuma dominē dažādi limfocīti (Roland et al., 2014). Govīm leikocītu attiecība ir 1 neitrofils uz 2 limfocītiem, savukārt telēm, kas jaunākas par 6 mēnešiem, neitrofilie leikocīti predominē, kā arī WBC var būt augstāks nekā pieaugušiem dzīvniekiem. Leikocītu rādītājus var ietekmēt stress, iekaisums vai neoplāzijas (Cockroft, 2015).

Visās pētāmajās teļu grupās dzīvniekiem leikocītu līmeni asinīs konstatējām pieļaujamās robežās. Tomēr, pētījuma noslēgumā (105. eksperimenta dienā) var novērot, ka nātrija humāta piedevu teļu grupai WBC līmenis samazinājās vidēji par 40% salīdzinot ar kontrolgrupu un par 25% - salīdzinot ar grupu, kam izēdināja sapropeļa piedevas. No tā var secināt, ka sapropeļa piedeva starterbarībai efektīvāk ietekmē teļu imunitāti un limfopoēzi nekā nātrija humāta piedeva.

Trombocīti ir asins formelementi, kas veido hemostatisko “korķi” bojāta asinsvada sienā un nepieļauj asins zudumu. PTL rādītājs ir novērtējams 4 līdz 6 stundas pēc asins noņemšanas, jo trombocītu agregācija bieži rodas atgremotājiem un var rasties no ilgas EDTA vai heparīna iedarbības. Trombocitoze parasti ir sekundāra (reaktīva trombocitoze) un var rasties fiziskas slodzes, stresa vai iekaisuma apstākļos. Atgremotājiem var rasties kļūdaini trombocītu skaita pieaugums, jo automātiskie analizatori mazos eritrocītus uzskaita kā trombocītus (Jones, Allison, 2007).

Pēc pētījuma rezultātu izvērtēšanas varam konstatēt, ka trombocītu (PLT) skaitlis 2.pētījuma (sapropeļa) grupai ir mazāks par 12,38% nekā kontrolgrupai, savukārt 3.pētījuma

(nātrija humāta) grupai skaitlis ir par 18,32% lielāks nekā kontrolgrupai. Kopumā redzam, ka starp visām trīs pētījuma grupām būtiskas trombocītu skaita atšķirības nenovērojām.

Mūsu gadījumā trombocītu skaits bija saskaitīts manuāli, kontrolgrupas un sapropeļa grupas dažiem teļu paraugiem konstatēja trombocītu agregāciju, kas varēja ietekmēt vidējos grupu rezultātus

Neitrofilie leukocīti pieestiprinās pie endoteliālām šūnām, tādēļ nelielas asins spiediena izmaiņas var uzreiz izmainīt to skaitu asinsritē. Liellopiem kopējais leukocītu skaits ar vecumu samazinās un atkarībā no vecuma dominē dažādi limfocīti (Roland et al., 2014). Neitrofilo leukocītu skaita palielināšanās var rasties dēļ viegla vai vidēji smaga iekaisuma organismā, arī kā reakcija uz neoplastiskiem procesiem organismā un arī stresa gadījumā (Jones, Allison, 2007).

Pētījuma un kontroles grupas teļiem segmentkodolaino neitrofilo leukocītu līmenis asinīs bija pieļaujamās robežās. Tomēr, apkopojot rezultātus, novērojām, ka teļiem, kuri saņēma nātrija humāta piedevu, segmentkodolaino neitrofilu leukocītu līmenis paaugstinājās vidēji par 28,8% salīdzinot ar kontrolgrupu un paaugstinājās par 6,3%, salīdzinot ar grupu, kam izēdināja sapropeļa piedevas.

Neitrofilo leukocītu skaits jauniem dzīvniekiem dominē pār limfocītu skaitu. Neitrofilo leukocītu skaita palielināšanās, izbarojot sapropeļa piedevas, var liecināt par pastiprinātu metabolismu un imūnaizsardzības uzlabošanu (Jones, Allison, 2007).

Limfocīti iedalās T un B šūnās. B limfocīti producē antivielas, savukārt T limfocītu funkcija ir imunitātes regulācija un citotoksiska imunitāte. Teļiem dominē galvenokārt neitrofilie limfocīti, bet ar vecumu leukocīti pārņem dominēšanu. Vērtējot limfocītu skaitu, var spriest par organisma aizsargspējām (Jones, Allison, 2007).

Lai arī kopumā visās pētījuma grupās teļiem konstatētais limfocītu līmenis asinīs ir pieļaujamās normā, tomēr varam novērot, ka telēm, kuras uzņēma nātrija humātu, limfocītu līmenis pazeminājās par 22% salīdzinot ar kontrolgrupu un pazeminājās par 5%, salīdzinot ar grupu, kam izēdināja sapropeļa piedevas. Tas var norādīt uz to, ka nātrija humāta piedeva, iespējams, mazāk stimulē teļu imūno sistēmu, kā arī stress ir būtisks faktors, kas varēja radīt izmaiņas asinīs.

Literatūrā minēts, ka limfocītu līmeņa samazināšanās var norādīt uz akūtu stresu, virusālām vai bakteriālām saslimšanām, imunosupresiju, hronisku nieru slimību un citām patoloģijām (Кондрахина, 2004).

Vairāki pētnieki veica pētījumus, kur izmantoja sapropeļa vai humātvielu piedevas liellopu barošanā un veica dzīvnieku veselības stāvokļa novērtēšanu, pamatoties uz asiņu morfoloģiskiem parametriem. Lemeševska pētījums rezultējās ar kopējā proteīna palielināšanos liellopu asinīs, kā arī urīnvielas samazināšanos, savukārt - hemoglobīns, eritrocīti, kopējais proteīns, urīnviela, sārmainā fosfatāze, glikoze, kalcijs, fosfors, karotīns, vitamīns A, iekļāvās fizioloģiskās normās (Лемешевский et al., 2019). Savukārt Dobruka pētījuma rezultāti atklāja, ka kopā ar hemoglobīna, eritrocīta, kalcija, fosfora un kopējā proteīna rādītājiem, palielinājās arī sārmainās fosfatāzes un globulīnu rādītāji asinīs (Добрук et al., 2011). Visos iepriekš minēto zinātnieku pētījumos ir izteikts secinājums, ka sapropeļa vai humātvielu barības piedevas pozitīvi ietekmē liellopu vielmaiņas procesus un nerada dzīvniekiem kaitējumu vai nevēlamu iedarbību.

Sapropeļa piedevu ietekme uz fekāliju mikrobiotas izmaiņām

Gremošanas trakta sabalansēta mikroflora ir viens no svarīgākajiem faktoriem, ko vajag nodrošināt jauniem dzīvniekiem, īpaši teļiem, jo tie ir vairāk predisponēti elpošanas un gremošanas sistēmas slimībām vājās imūnaizsardzības dēļ. Gastrointestinālā trakta attīstība

jaundzimušiem dzīvniekiem notiek ļoti strauji un to ietekmē ģenētiskie, vides faktori, ēdināšana un zarnu mikrobiotas attīstība. Atgremotāji piedzimst ar vienu kuņģi un ar laiku attīstās spureklis, aceknis, grāmatnieks un glumenieks. Pirmais dzīves mēnesis gastrointestinālā trakta attīstībā ir pats nozīmīgākais. Spureklis ir lielākais atgremotāju priekškuņģis, un tas ir ļoti svarīgs uzņemto barības daļiņu pārvēršanai metabolītos, ko absorbē un izmanto saimniekorganisms, izmantojot baktērijas un viensūņus kā olbaltumvielu avotu. Lai izveidotos pilnībā nobrieduša gastrointestinālā sistēma, visiem kuņģiem jāattīstās ar to saistītu mikrobiomu. Pirmo dzīves periodu glumenieks un zarnas kalpo kā galvenās barības vielu uzsūkšanas vietas. Vienu nedēļu veciem teļiem spureklis jau ir apdzīvots ar baktērijām, kas nodrošina anaerobo vidi citām baktērijām. Anaerobās baktērijas, tostarp celulozītiskās un proteolītiskās baktērijas, pirmajās divās dzīves nedēļās izveido un dominē zarnu mikrobiomā. Kad gastrointestinālā sistēma pilnībā attīstās un ir izveidojusi savu mikrobiotu, tā paliek diezgan stabila, un mainās tikai, ja dzīvnieka fizioloģiskā veselība ir skarta. Tāpēc par dzīvnieku veselības izmaiņām, turēšanas apstākļiem un barošanas atbilstību var spriest, arī izmeklējot gastrointestinālā trakta mikrobiotas izmaiņas. Izpratne par saimniekorganismu un to mikrobiotu ir ļoti svarīga, lai izstrādātu efektīvas barības piedevas, lai uzlabotu teļu gastrointestinālo veselību. Mikrobiālai kolonizācijai ir kritiska loma teļu imunitātes izveidošanā (Malmuthuge, 2017; Schwager et al., 2020; Amin, Seifert, 2021).

Lai novērtētu sapropeļa un nātrija humāta ietekmi uz gremošanas trakta mikrobiotu teļiem, mēs izvērtējam mikroorganismu skaitu fekālajās masās. Pētījuma laikā iegūtie rezultāti par sapropeļa un nātrija humāta ietekmi uz teļu zarnu mikrobiotu ir atspoguļoti zemāk

4.12. tabula

Mikrobiotas skaits teļiem vidēji (log KVV g⁻¹)

Grupa / Rādītājs	Koliformu skaits	<i>Enterobacteriaceae</i> skaits	<i>Lactobacillus</i> spp. skaits	<i>Clostridium</i> spp. skaits
Kontrole	7,02 ± 0.331	7.84 ± 0.438	6.95 ± 0.473	2.18 ± 0.15
Sapropelis	7,05 ± 0,56	7,02 ± 0,77	8,02 ± 0,69	1,48 ± 0,33
NaHum	7.09 ± 1.07	6.54 ± 0.82	8.49 ± 0.34	1.18 ± 0.87

Pētījuma noslēgumā *Lactobacillus* spp. skaits fēču paraugos bija nemainīgs, tomēr konstatējām ievērojamu atšķirību starp grupām - vidēji no 6.95 log CFU/g kontroles grupā līdz 8.49 log CFU/g pētījumu NaHum grupā. Visaugstākā vērtība ($1,39 \times 10^9$ KVV uz g) tika atrasta pētījumu (NaHum) grupas paraugā, savukārt viszemākā bija kontroles grupā ($1,4 \times 10^6$ KVV uz g). Vidējais enterobaktēriju skaits pētījuma (NaHum) grupā bija mazāks (6,54 log CFU/g) nekā kontroles grupā (7,84 log CFU/g), un konstatējām ievērojamu atšķirību starp abām grupām. Visaugstākā vērtība ($2,6 \times 10^8$ KVV uz g) tika konstatēta kontroles grupas dzīvniekiem, bet zemākā bija NaHum grupā ($1,38 \times 10^5$ KVV uz g). Koliformo baktēriju skaitā tika novērota pretēja tendence. Kontroles grupas vaislas telišu fēcēs koliformu skaits bija nedaudz mazāks nekā NaHum grupas dzīvnieku zarnu traktā. *Lactobacillus* spp. /koliformu attiecība bija ievērojami augstāka pētījumu (NaHum) grupā (> 1) nekā kontroles grupā.

Aplūkojot iegūtos teļu fēču mikrobiotas rezultātus, redzam, ka pētījuma teļiem gan **koliformu skaits, gan *Enterobacteriaceae* dzimtas** mikroorganismu skaits mainās salīdzinot ar kontroles grupu, pie tam, humāta piedevu grupai koliformu skaits palielinās vidēji par 7%,

bet sapropeļa grupai - par 2%. *Enterobacteriaceae* dzimtas mikroorganismu skaita samazināšanās ir vidēji par 10%, bet sapropeļa grupai - par 6%.

Kas attiecas uz *Lactobacillus spp.* klātbūtni teļu zarnu traktā, tad to skaits būtiski palielinājās pētījuma grupu dzīvniekiem, salīdzinot ar kontroles grupu, t.i., 1,6 reizes vairāk sapropeļa piedevu grupai un par 2,4 reizām vairāk nātrija humāta piedevu teļiem.

Lactobacillus ģints baktērijas ir dominantie teļu gremošanas trakta iemītnieki. Tiem piemīt antikancerogēna, antimutagēna iedarbība, kā arī ir ļoti svarīga loma zarnu gļotādas veselības uzturēšanai. Humānskābēm piemīt antimikrobiāla, absorbcijas un detoksikācijas īpašības, kas veicina vajadzīgo baktēriju augšanu. Ir ierosināts, ka līdzīga reakcija var rasties spureklī, kas, palielinot mikrobu aktivitāti, varētu uzlabot barības vielu fermentāciju un sagremojamību (Terry, 2018).

Palielināts *Lactobacillus* skaits teļu fekālijās tika novērots teļiem, kam izbaroja vairāk piena, kas rezultējās ar uzlabotu kopējo zarnu mikrofloru. Gramnegatīvo baktēriju agrīna kolonizācija gastrointestinālajā traktā var negatīvi ietekmēt teļu veselību un piena teļu augšanas spēju. Ir pierādīts, ka *Lactobacillus spp.* kolonizācija vienlaikus kavē arī *E.coli* augšanu (Amin, Seifert, 2021). Šādu sakarību konstatējām arī mūsu pētījumā, t.i., pieaugot lactobaciļu skaitam, samazinās koliformo un *Enterobacteriaceae* dzimtas baktēriju skaits.

Klostrīdijas ir grampozitīvas, anaerobas, sporas veidojošas baktērijas, kuras bieži atrodamas augsnē, kūtsmēslos vai piesārņotā barībā. Pastāv vairākas klostrīdiu sugu baktērijas, taču liellopu audzētājiem īpaši jāuztraucas par *Clostridium perfringens*, kas var būtiski ietekmēt dzīvnieku zarnu veselību — īpaši jauniem dzīvniekiem, tostarp teļiem, kas jaunāki par 2 mēnešiem, jo tiem vēl nav pilnībā attīstīta zarnu mikrobiota (Arshad et al., 2021).

Izvērtējot *Clostridium spp.* baktēriju klātbūtni teļu zarnu traktā (skat. 4.12.att.), tad to skaits būtiski zemāks bija NaHum piedevu grupas teļiem salīdzinot ar pārējām grupām.

Ir veikti pētījumi, kas pierāda, ka laktobaciļiem ir antagoniska iedarbība uz klostrīdijām (Сухина, 2018). Šādu tendenci varēja novērot arī mūsu pētījuma rezultātos.

Kopumā vairākos citu zinātnieku pētījumos arī pierādās, ka probiotiku un prebiotiku barības piedevas paaugstina gremošanas traktam vajadzīgo baktēriju un samazina patogēno baktēriju skaitu (Agazzi, 2014). Arī organisko skābju piedevas radīja pozitīvu iedarbību uz teļu gremošanas trakta mikrobiotu un efektivitāti pret gram negatīvās grupas baktērijām (Reddy et al., 2020).

Literatūrā minēts, ka tādi faktori kā diēta, vecums un turēšanas apstākļi var ietekmēt mikrobiotas izmaiņas dzīvniekiem. Wang ar līdzautoriem savā pētījumā arī novēroja tendenci, ka nātrija humāta piedevas teļu barībai samazina *Escherichia coli* skaitu fekālijās, savukārt ievērojami paaugstina noderīgo baktēriju, kā *Bifidobacterium spp.* un *Lactobacillus spp.* skaitu teļu fekālijās (Wang et al., 2022), kas nozīmē, ka nātrija humāta piedevas teļu racionā kopumā labvēlīgi ietekmē teļu zarnu mikrobiotu.



SECINĀJUMI

1. Lai arī visi iegūtie asins rādītāji iekļāvās fizioloģiskajās normās, tomēr piedevas veicināja hemoglobīna, eritrocītu, kalcija, gamma-glutamīltransferāzes un sārmainās fosfatāzes līmeņa paaugstināšanos. Asins hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju rezultāti norāda, ka sapropeļa un nātrija humāta barības piedevas nerada kaitējumu un nevēlamu iedarbību uz teļu organismu.
2. Teļiem *Lactobacillus* spp. skaits 1,6 reizes bija lielāks sapropeļa piedevu grupai un 2,4 reizes lielāks nātrija humāta grupai salīdzinot ar kontroli. Novērojām sakarību, ka piedevu grupu teļiem, pieaugot lactobaciļu skaitam, būtiski samazinās koliformu un *Enterobacteriaceae* dzimtas baktēriju skaits, tādējādi mikrobiotas skaita izmaiņas norāda uz pētījumā izmantoto piedevu labvēlīgo ietekmi uz teļu gremošanas trakta labvēlīgajām baktērijām.



IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Agazzi A., Tirloni E., Stella S., Marocco S., Ripamonti, B., Bersani C., Caputo J., Dell'Orto V., Rota N. un Savoini G. (2014) Effects of species-specific probiotic addition to milk replacer on calf health and performance during the first month of life. *Annals of Animal Science*, 14 (1) 101-115 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <https://sciencedirect.com/article/10.2478/aoas-2013-0089>
2. Amin, N., un Seifert, J. (2021). Dynamic progression of the calf's microbiome and its influence on host health. *Computational and structural biotechnology journal*, 19, 989-1001 lpp. URL: [Skatīts: 12.05.2022] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2001037021000398>
3. Arshad M. A., Hassan F. U., Rehman M. S., Huws S. A., Cheng Y. un Din A. U. (2021). Gut microbiome colonization and development in neonatal ruminants: Strategies, prospects and opportunities. *Animal Nutrition* 7 (3), 883-895 lpp. URL: [Skatīts: 12.05.2022] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654521000822>
4. Cockcroft, P. D. (ed), (2015), *Bovine Medicine*, [Tiešsaitē] 3. izdevums, URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Terry S. A., Ribeiro G. de O., Gruninger R. J., Hunerberg M., Ping S., Chaves A. V., McAllister T. A. (2018). Effect of humic substances on rumen fermentation, nutrient digestibility, methane emissions, and rumen microbiota in beef heifers, *Journal of Animal Science*, 96(9), 3863–3877 lpp. <https://doi.org/10.1093/jas/sky265>
6. Harvey John W. (2012) *Veterinary Hematology, A Diagnostic Guide and Color Atlas*, Elsevier Inc. URL: [Skatīts: 12.05.2022] <https://veterinary.arriah.ru/jour/article/view/220>
7. Jackson Peter G.G., Cockcroft Peter D., (2002), *Clinical Examination of Farm Animals*, [Tiešsaitē], Blackwell Science Ltd. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/>
8. Jones M. L. un Allison R. W. (2007) Evaluation of the ruminant complete blood cell count. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(3), 377-402 lpp. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749072007000461>
- 9.
10. Mayer, J., un Donnelly, T. M. (2013). *Clinical veterinary advisor*. Elsevier/Saunders.
11. Malmuthuge, N. (2017). Understanding the gut microbiome of dairy calves: Opportunities to improve early-life gut health. *Journal of dairy science*, 100(7), 5996-6005 lpp. URL: [Skatīts: 12.05.2022] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217304046>
12. Otter A. (2013) *Diagnostic blood biochemistry and haematology in cattle*. In *Practice*, 35(1), 7–16 lpp. URL: <https://bvajournals.onlinelibrary.wiley.com/>
13. Radchikov V. F., Tzai V. P., Kot A. N., Sapsaleva T. L., Besarab G. V., Gutyj B. V., Karpovskiy V. I., un Trokoz V. O. (2021) Natural biologically active additive in feeding calves, *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 4(3), 28–32 lpp. Pieejams - URL: <https://ujvas.com.ua/index.php/journal/article/view/97/119>
14. Reddy P. R. K., Elghandour M. M. M. Y., Salem A. Z. M., Yasaswini D., Reddy P. P. R., Reddy A. N. un Hyder I. (2020) Plant secondary metabolites as feed additives in calves for antimicrobial stewardship. *Animal Feed Science and Technology*, 264 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114469>

15. Roland L., Drillich M. un Iwersen M. (2014) Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 26(5), 592–598 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1040638714546490>
16. Teneva A., Stoimenov G., Hristov K., Koynarski T., un Stoimenov A. (2021), Analysis of blood biochemical profiles of dairy cows and their calves from bulgarian brown cattle Breed. *Tradition and modernity in veterinary medicine*, Vol. 6, No 2(11): 78–83 URL: [Skatīts: 12.05.2022] https://www.researchgate.net/profile/Kalin-Hristov-3/publication/356716163_ANALYSIS_OF_BLOOD_BIOCHEMICAL_PROFILES_OF_DAIRY_COWS_AND_THEIR_CALVES_FROM_BULGARIAN_BROWN_CATTLE_BREED/links/61a8759eaade5b1bf5f91a12/ANALYSIS-OF-BLOOD-BIOCHEMICAL-PROFILES-OF-DAIRY-COWS-AND-THEIR-CALVES-FROM-BULGARIAN-BROWN-CATTLE-BREED.pdf
17. Wang D., You Z., Du Y., Zheng D., Jia H., Liu Y. (2022) Influence of Sodium Humate on the Growth Performance, Diarrhea Incidence, Blood Parameters and Fecal Microflora of Pre-Weaned Dairy Calves. *Animals* 2022, 12, 123 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527311548_c01.pdf
18. Большаков Д. С., Никешина Т. Б. (2015). Биохимические показатели сыворотки крови сельскохозяйственных животных. *Ветеринария сегодня*, (4), 49-56 lpp.
19. Добрук Е. А., Пестис В. К., Сарнацкая Р. Р., Тарас А. М., Фролова Л. М., Наумова Г. В., Яковчик Н. С. (2011). Биологически активные добавки из сапропеля в рационах телят. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*, (14 (1)), 90-96 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheski-aktivnye-dobavki-iz-sapropelya-v-ratsionah-telyat>
20. Ежкова А. М., Яппаров И. А., Ежков В. О., Яппаров А. Х. и Файзрахманов, Р. Н. (2018) Живая масса и состав крови телят в зависимости от формы и дозы применения кормовых добавок на основе сапропеля. *Ветеринарный врач*, (4), 48-53 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <https://cyberleninka.ru/article/n/zhivaya-massa-i-sostav-krovi-telyat-v-zavisimosti-ot-formy-i-dozy-primeneniya-kormovyh-dobavok-na-osnove-sapropelya>
21. Кондрахин И.П., (2004), *Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики*, [Tiešsaitē], Издательство Колос — 520 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <http://booksshare.net/index.php?id1=4&category=biol&author=kondrahin-ip&book=2004>
22. Лемешевский В. О., Гмир В. С., Курепин А. А., и Натынчик, Т. М., (2017) Использование сапропелей в кормлении крупного рогатого скота. *Биотехнология: достижения и перспективы развития*, 71-74 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] https://rep.polessu.by/bitstream/123456789/13145/1/LEMEShEVSKIJ_ISPOL%27%27ZOVANIE_SAPROPELEJ.pdf
23. Сухина М.А., Шельгин Ю.А., Жуховицкий В.Г., Фролов С.А., Кашников В.Н., Веселов А.В., Луценко С.В., Чистякова Д.А. Перспективы использования антагонистической активности лактобацилл для подавления роста *Clostridium (Clostridioides) difficile* // ЭпКГ. 2018. №12, 160 lpp. URL: [Skatīts: 09.05.2022] <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-antagonisticheskoy-aktivnosti-laktobatsill-dlya-podavleniya-rosta-clostridium-clostridioides-difficile>

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

4.2. AKTIVITĀTE - SAPROPEĻA UN NO SAPROPEĻA IEGŪTA NA HUMĀTĀTA PIELIETOJUMS BROILERU AUDZĒŠANĀ

Efektīva barības izmantošana ir galvenais iemesls intensīvās putnkopības produkcijas ieguvei. Tādēļ tiek meklētas lētākas barības piedevas, kuras ir līdzvērtīgas pēc savas bioloģiskās vērtības tradicionālai barībai. Lai uzlabotu cilvēka uzturā lietotās pārtikas nekaitīgumu, zinātniekiem ir jāizstrādā jaunas putnu ēdināšanas stratēģijas, lai samazinātu dzīvnieku gremošanas trakta slimību risku un palielinātu ekonomisko efektivitāti. Viena no galvenajām mājputnu problēmām saimniecībās ir gremošanas trakta traucējumi, īpaši audzēšanas pirmajā periodā, kas bieži noved pie nopietnas sanitāro apstākļu pasliktināšanās. Tādēļ pētījumiem par barības piedevu izmantošanu mājputniem ir pievērsta īpaša uzmanība.

Pieprasījums pēc mājputnu gaļas un olām pieaug straujāk, pateicoties tās kvalitātei, uzturvērtībām un saprātīgai cenai. Pieaugot pieprasījumam pēc olām un putnu gaļas, pieaug arī pieprasījums pēc putnu barības. Lielākā daļa putnu barībā izmantoto barības sastāvdaļu tiek izmantotas arī cilvēku uzturā. Tāpēc šīs galvenās barības sastāvdaļas un mājputnu barība saskaras ar tirgus konkurenci un ar paaugstinātām izmaksām, it īpaši šajā, ģeopolitiski saspringtajā laikā. Pēdējo mēnešu notikumi un Lauksaimniecības tirgus veicināšanas centra paziņojumi par cenu kāpumu ne tikai graudkopības nozarē, rada bažas par putnkopības nozares ilgtspējīgu attīstību. Tādēļ ļoti svarīgi ir atrast tādas barības piedevas kas uzlabotu barības līdzekļu uzņemšanu un sagremošanu, lai samazinātu barības konversiju un nevajadzētu paaugstināt cenas putnkopības nozares gala produkcijai.

Pētījumā par broilercāļu starta un noslēdzošā posma barību Indijā, tika piedāvāta lineārās programmēšanas tehnika, lai samazinātu barības izmaksas mazajām putnu fermām. Tajā tika izmantotas vietējās pieejamās barības sastāvdaļas, lai sagatavotu broilercāļu starta un noslēdzošā posma barības maisījumu. Tika atlasītas sešpadsmit barības sastāvdaļas, lai izveidotu optimālo barības maisījumu, kas samazinātu barības kopējās izmaksas, ņemot vērā būtisko uzturvielu ierobežojumus. Lainera programmēšanas modeļa sastādīšanai izmantoja *Microsoft excel solver* programmu un ieguva optimālo barības maisījumu broilercāļu nobarošanai (Mallick et al., 2020).

Vēl nesen tika plaši izmantotas antibiotikas, lai uzlabotu dzīvnieku augšanu. Tomēr tām ir negatīva ietekme uz cilvēku veselību. Tādēļ Eiropas Savienībā antibiotikas ir aizliegtas, kā augšanas veicinātājas, jo tās izraisa putnu baktēriju rezistenci. Ir nepieciešams izpētīt alternatīvas antibiotiku piedevas, lai uzlabotu mājputnu gala produkcijas ražošanu. Mūsdienās kā augšanas veicinātājus izmanto organiskās skābes, augu ekstraktus, fermentus, probiotikas un prebiotikas. Daudzos pētījumos tiek pārbaudītas dažādas barības piedevas, starp šīm piedevām mājputnu barības devā tiek iekļautas humusvielas. Humusvielas parasti atrodas dabā, jo tās rodas organisko vielu sadalīšanās rezultātā, un tās parasti atrodas augsnē un dabiskajā ūdenī. To aktīvās sastāvdaļas sastāv no humīnskābes, humusa, fulmīnskābes, fulvoskābes, humīna un atsevišķiem mikroelementiem. Humīnskābi plaši izmanto kā alternatīvu antibiotikām, kā mājputnu augšanas veicinātāju un veselības uzlabotāju. Turklāt humusa vielas papildināšana dzeramajā ūdenī vai barības devā uzlaboja broilercāļu barības patēriņu, barības efektivitāti un dzīvības pieaugumu, kā arī uzlaboja dējējvistu olu svaru, olu masu un dējības intensitāti (Arif et al., 2019).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījums tika veikts saimniecībā SIA "Valmiera agro", Latvijā. Pētījuma mērķis pārbaudīt sapropeļa un nātrija humāta ietekmi uz broileru cāļu augšanas rādītājiem, veselības stāvokli un kautķermeņa kvalitāti.

Pētījums norisinājās no maija līdz jūnijam 2021. un 2022. gadā. Pētījumā no AS "Putnu fabrika "Ķekava"" kopumā iegādājās 352 vienas dienas vecus abu dzimumu broilercāļus (Ross 308). Putni tika ēdināti *ad libitum* ar pilnvērtīgu barības maisījumu ņemot vērā cāļu attīstības periodus (no 0 – 10 dienai, no 11 – 28 dienai un no 29 dienas līdz nobarošanas beigu posmam) atbilstoši izstrādātajai metodikai (skat. 4.2.3. tab.).

Pamatbarības maisījums tika iegādāts no "KG Latvija". Visi barības un ūdens paraugi tika nogādāti LLU Biotehnoloģiju zinātniskā laboratorijā analīžu veikšanai. Pilnvērtīgā barībā noteiktie ķīmiskā sastāva parametri un izmantotās metodes ir parādītas 4.2.1. tabulā.

4.2.1. tabula

Pilnvērtīgā barībā noteiktie ķīmiskā sastāva parametri un izmantotās metodes

Nosakāmais rādītājs, mērvienība	Analīžu metodes
Sausna, %	ISO 6496:1999
Sausnā	
Kopproteīns, %	LVS EN ISO 5983-2:2009
Kokšķiedra, %	ISO 5498:1981
Neitrāli skalotā kokšķiedra (NDF), %	LVS EN ISO 16472:2006
Skābi skalotā kokšķiedra (ADF), %	LVS EN ISO 13906:2008
Neto enerģija laktācijai (NEL), MJ/kg	* Aprēķinu metode
Neto enerģija uzturēšanai (NEM), MJ/kg	* Aprēķinu metode
Neto enerģijas pieaugumam (NEG), MJ/kg	* Aprēķinu metode
Sausnas sagremojamība (TDN/DDM), %	* Aprēķinu metode
Sausnas uzsūcšana (DMI), %	* Aprēķinu metode
Relatīvā barības vērtība (RFV)	* Aprēķinu metode
ME putniem, MJ/kg	* Aprēķinu metode
Sagremojamība (OMD), %	* Celulāžu metode
Tauki, %	ISO 6492:1999
Koppelni, %	ISO 5984:2002/Cor 1:2005
Kalcijs (Ca), %	LVS EN ISO 6869:2002
Fosfors (P), %	ISO 6491:1998
Kālijs (K), %	* LVS EN ISO 6869:2002
Magnijs (Mg), %	LVS EN ISO 6869:2002
Varš (Cu), mg/kg	* LVS EN ISO 6869:2002
Ciete, % sausnā	LVS EN ISO 10520:2001

* neakreditētas metodes

Barības līdzeklī tika noteikts sausnes procentuālais daudzums un tajā ietilpstošo barības vielu ķīmiskā sastāva parametru procentuālais un tilpumainais daudzums. Ķīmiskie parametri tika noteikti pēc vispār pieņemtajām standarta vai aprēķinu metodēm.

Pētījuma laikā pie cāļu pamatbarības tika pievienoti, pārbaudīti dabiskie humusu savienojumi: sapropelis un nātrijs humāts. To ķīmiskā sastāva parametri ir apskatāmi 4.2.2. tabulā.

4.2.2. tabula

Sapropeļa un nātrijs humāts (NaHu) noteiktie ķīmiskā sastāva parametri un izmantotās metodes

Nosakāmais rādītājs, mērvienība	Sapropelis	Nātrijs humāts	Analīžu metodes
Sausna, %	x	x	ISO 6496:1999
Sausnā			
Kopproteīns, %	x	x	LVS EN ISO 5983-2:2009
Kokšķiedra, %	-	x	ISO 5498:1981
Neitrāli skalotā kokšķiedras frakcija (NDF), %	-	x	LVS EN ISO 16472:2006
Skābi skalotā kokšķiedras frakcija (ADF), %	-	x	LVS EN ISO 13906:2008
Neto enerģija laktācijai (NEL), MJ/kg	-	x	* Aprēķinu metode
Neto enerģija uzturēšanai (NEM), MJ/kg	-	x	* Aprēķinu metode
Neto enerģijas pieaugums (NEG), MJ/kg	-	x	* Aprēķinu metode
Sausnas sagremojamība (TDN/DDM), %	-	x	* Aprēķinu metode
ME atgremotājiem, MJ/kg	-	x	* Aprēķinu metode
Sagremojamība (OMD), %	-	x	* Celulāžu metode
Tauki, %	x	x	ISO 6492:1999
Koppelni, %	x	x	ISO 5984:2002/Cor 1:2005
Kalcijs (Ca), %	x	x	LVS EN ISO 6869:2002
Fosfors (P), %	x	x	ISO 6491:1998
Kālijs (K), %	x	x	* LVS EN ISO 6869:2002
Magnijs (Mg), %	x	-	LVS EN ISO 6869:2002
Nātrijs (Na), %	x	-	LVS EN ISO 6869:2002
Cinks (Zn), mg/kg	x	-	LVS EN ISO 6869:2002
Varš (Cu), mg/kg	x	-	LVS EN ISO 6869:2002
Mangāns (Mn), mg/kg	x	-	LVS EN ISO 6869:2002
Dzelzs (Fe), mg/kg	x	-	LVS EN ISO 6869:2002
Ogleklis (C), %	x	-	* CS-500 analizatora metode
Sērs (S), %	x	-	* CS-500 analizatora metode
Etiķskābe, %	x	-	* GOCT 23637-90; GOCT 23638-90
Sviestskābe, %	x	-	* GOCT 23637-90; GOCT 23638-90
Pienskābe, %	x	-	* GOCT 23637-90; GOCT



			23638-90
Vides reakcija (pH)	x	x	ГОСТ 26180-84, met.3
Amonija slāpekļis (N/NH ₄), g/kg	x	-	* ГОСТ 26180-84, met.2

* neakreditētas metodes

Putni tika izmitināti uz skaidu pakaišiem, saskaņā ar Ross 308 izstrādāto tehnoloģisko instrukciju, kur tika kontrolēts gaismas, temperatūras, dzīvnieku higiēnas, ēdināšanas un dzirdināšanas režīms (Aviagen, R. O. S. S., 2014).

Broilercāļi pēc nejaušības principa tika sadalīti piecās grupās: kontroles grupā un četrās pētījuma grupās (4.2.3. tab.). Broilercāļiem pie pamatbarības tika pievienots saptopelis 3% un 5%, kā arī pie ūdens tika pievienots nātrijs humāts 25 mL⁻¹ un 50 mL⁻¹.

4.2.3. tabula

Pētījuma shēma

Putnu grupa	Putnu skaits grupā	Sākuma periods	Pētījuma periods
Kontroles grupa	72	Pamatbarība (PB) + ūdens	PB + ūdens
1. grupa	70	PB + ūdens	PB + saptopelis 3% un ūdens
2. grupa	70	PB + ūdens	PB + saptopelis 5% un ūdens
3. grupa	70	PB + ūdens	PB un ūdens + NaHu 25 mL L ⁻¹
4. grupa	70	PB + ūdens	PB un ūdens + NaHu 50 mL L ⁻¹

Uzsākot pētījumu broilercāļi pirmās 7 dienas tika baroti tikai ar pamatbarību un dzirdināti ar tīru ūdeni.

Pētījuma grupas broilercāļu saptopeļa piedevas izēdināšana, pievienojot pie pamatbarības, notika pakāpeniski tos pieradinot no 8. dzīves dienas līdz 14. dzīves dienai. Pēc pieradināšanas perioda ar 15. dzīves dienu divu grupu broilercāļi tiek ēdināti ar pamatbarību kam pievienota nemainīga saptopeļa piedeva, kas sastāda 1. pētījuma grupai 3% un 2. pētījuma grupai 5% no pamatbarības. Visu nobarošanas periodu šo grupu broilercāļi tika nodrošināti ar tīru dzeramo ūdeni.

Pētījuma grupas broilercāļiem NaHu piedevu pievienoja pie dzeramā ūdens pakāpeniski, tos pieradinot no 8. dzīvības dienas līdz 14. dzīvības dienai. Pēc pieradināšanas perioda ar 15. dzīvības dienu divas broilercāļu grupas tika dzirdinātas ar dzeramo ūdeni kam pievienota nemainīga NaHu piedeva, kura sastāda 1. pētījuma grupai 25 mL un 2. pētījuma grupai 50 mL uz litru dzeramā ūdens. Šo grupu broilercāļi visu nobarošanas periodu saņēma pamatbarību bez saptopeļa piedevas.

Putnus augšanas dinamiku noteica tos sverot katru nedēļu ar "CAS" firmas svariem (precizitāte ± 0.1 g). Tika uzskaitīta patērētā barība un izlietotais ūdens daudzums.

Pirmā atkārtojuma pētījums ilga līdz cāļu 38 dzīvības dienai, bet otrā atkārtojuma pētījums ilga līdz 42 dienai. Korektākai datu atspoguļošanai turpmāk abu atkārtojumu pētījuma dati tika analizēti līdz cāļu 35 dzīvības dienai. Pētījuma noslēgumā broilercāļi tika kauti, eviscerēti, sadalīti pa liemeņa un audu daļām (4.2.1. att.).



4.2.1. att. Broilercāļa liemenis tā daļas un iekšējie orgāni. (Foto no: indiamart.com)

Pētījumam noslēdzoties tika aprēķināti sekojoši rādītāji:

- 1) ganāmpulka viendabīguma koeficients pēc formulas:

$$CV (\%) = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (1)$$

- 2) barības un ūdens patēriņš (kg, L)
- 3) barības un ūdens attiecība;
- 4) dzīvmasas pieaugums diennaktī nedēļā un vidēji visā nobarošanas periodā (g);
- 5) barības konversija uz 1 kg dzīvmasu, pēc formulas:

$$BK_{dz} = \frac{\text{kopējais barības patēriņš, kg}}{\text{Kopējo dzīvmasu, kg}} \quad (2);$$

- 6) ūdens patēriņš uz 1 kg dzīvmasu pēc formulas:

$$UP_{dz} = \frac{\text{kopējais ūdens patēriņš, L}}{\text{kopējo dzīvmasu, kg}} \quad (3);$$

- 7) saglabāšanas procents (%);
- 8) kautķermeņa masa pēc kaušanas (kg);
- 9) kautiznākums (%);
- 10) barības konversija uz 1 kg kautmasas pēc formulas:

$$BK_{km} = \frac{\text{kopējais barības patēriņš, kg}}{\text{kopējo putna kautmasa, kg}} \quad (4)$$

- 11) ūdens patēriņš uz 1 kg kautmasas pēc formulas:

$$UP_{km} = \frac{\text{kopējais ūdens patēriņš, L}}{\text{kopējo putna kautmasu, kg}} \quad (5);$$

- 12) kautķermeņa daļu attiecība;
- 13) kautķermeņa orgānu masa (g).

Statistiskā analīze tika veikta ar Microsoft Excel programmas datu analīzes rīku.

PĒTĪJUMA REZULTĀTI

Broilercāļi ir ļoti jutīgi ēdināšanas un turēšanas ziņā. Pirmajās dzīves dienās tiem nav noregulēta termoregulācija, porainais pūku segums jānomaina pret spalvām un jāveido kaulaudu un muskuļaudu sistēma. Līdz ar to tiem pirmajās 7–10 dienās jāsaņem laba, pilnvērtīga, piemērota barība. Šajā laikā tiek stabilizēta cāļu imūnsistēma, aug skelets, tie pielāgojas jaunajiem apstākļiem.

Pirmās sešas dzīves nedēļas cāļi dubulto savu svaru četras līdz piecas reizes. Šī straujā dzīvības attīstības dinamika prasa pareizu un sabalansētu ēdināšanu. Rūpnieciski gatavota cāļu pamatbarība ir labākais veids, kā pastāvīgi nodrošināt pilnvērtīgu uztura paketi. Pirmajās sešās nedēļās barības patēriņš būs 4 kg uz katru broilercāli. Putnkopībā izēdināmā pamatbarība tiek dalīta atkarībā no putna vecuma un nepieciešamās proteīna devas. To iedala: nobarošanas perioda sākums (starterbarība), nobarošanas perioda vidus (augšanas posms) un nobarošanas beigās (finišers). Nobarošanas posma sākumā barībā ir jāparedz pievienot kokcidiostatu, lai apturētu zarnu bojājumus, ko izraisa viens no izplatītākajiem vīrusu parazītu veidiem.

Visbiežāk sastopamā problēma rūpnieciski sagatavotajā barībā ir barības vielu trūkums. Otra izplatītākā problēma, ja saimniecībā putniem tiek izēdināti tikai graudi ir uztura bagātinātāju nepievienošana vai to pievienošana nepareizās proporcijās. Bez sabalansētas barības devas putniem būs slikta apspalvošanās, lēna attīstība un augšana, aptaukošanās un kāju problēmas.

Nobarošanas perioda sākumā putnu barības devā ir jānodrošina daudz vairāk olbaltumvielas jeb kopproteīna, kura ir visdārgākā barības sastāvdaļa. Turpmākajos audzēšanas posmos to var pakāpeniski samazināt. Starterbarībā kopproteīna sastāvs variē no 22% līdz 24%, nobarošanas pamatperiodā tas sastāda aptuveni 20% un nobarošanas beigu posmā tas ir 18% barībā (Smith et al., 1998).

Putniem izbarotās pilnvērtīgās barības ķīmiskais sastāvs, kas tika izēdināts pētījumā laikā ir apskatāms 4.3.1. tabulā.

4.3.1. tabula

Putniem izbarotās pilnvērtīgās barības ķīmiskais sastāvs

Barības līdzekļa sastāvs	Nobarošanas sākums (1-10 diena)	Nobarošanas pamatposms (11-28 diena)	Nobarošanas beigas (29-37 diena)
Sausna, %	91.05	89.33	88.32
Sausnas kg			
Kopproteīns, %	24.90	23.03	21.18
Kokšķiedra, %	2.89	3.75	3.93
Neitrāli skalotā kokšķiedra (NDF), %	8.90	11.75	11.61
Skābi skalotā kokšķiedra (ADF), %	4.20	6.06	5.84
Neto enerģija laktācijai (NEL), MJ/kg	8.28	8.13	8.14
Neto enerģija uzturēšanai (NEM), MJ/kg	9.20	9.03	9.05
Neto enerģijas pieaugumam (NEG), MJ/kg	6.18	6.01	6.03
Sausnas sagremojamība (TDN/DDM), %	85.63	84.18	84.35
Sausnas uzņemšana (DMI), %	13.48	10.21	10.34
Relatīvā barības vērtība (RFV)	894.99	666.44	675.85



ME putniem, MJ/kg	15.46	15.59	15.92
Sagremojamība (OMD), %	94.88	90.44	92.07
Tauki, %	4.58	7.19	8.39
Koppelni, %	6.84	6.11	5.49
Kalcijs (Ca), %	1.05	0.89	0.73
Fosfors (P), %	0.77	0.75	0.64
Kālijs (K), %	1.11	0.99	0.91
Magnijs (Mg), %	0.26	0.26	0.23
Varš (Cu), mg/kg	22.08	28.63	24.05
Ciete, %	45.45	44.52	43.94

Pamatbarības maisījums visos augšanas periodos ir nemainīgs un sastāv no kukurūzas, sojas spraukumi, kvieši, tritikāle, augu eļļa, rapšu rauši, kalcija karbonāts, monokalcijs fosfāts, aminoskābes (DL – metionīns, L – lizīns), nātrija hlorīds, nātrija sulfāts, nātrija bikarbonāts, kviešu milti, premikss.

Lai salīdzinātu dažādas rupjās lopbarības sagremošanas un apēdamības rādītājus tiek aprēķināta Relatīvās barības vērtība (RFV), kur starterbarībā tās vērtība bija visaugstākā – 894.99, pakāpeniski samazinoties, tālākajos nobarošanas perioda posmos attiecīgi: 666.44 un 675.85.

Šobrīd galvenā pētījumu tendence mājputnu barības ražošanas jomā ir barības piedevu meklēšana, kas var samazināt graudu un pākšaugu īpatsvaru uzturā. Lai uzlabotu putnkopības nozares produktivitāti, ir nepieciešamas pieejamas, bet efektīvas barības piedevas. Viena no perspektīvākajām barības piedevām ir sapropelis, kas klāj dažu saldūdens tilpņu gultni. Sapropeļi veidojas no ūdens veģetācijas, dzīvo organismu, planktona un augsnes humusa daļiņu atliekām, tādējādi saturot ievērojamu daudzumu organisko un minerālvielu. Sapropeļi satur olbaltumvielas, taukus, ogļhidrātus, aminoskābes, humusvielas, estrogēniem līdzīgus savienojumus, vitamīnus, fermentus un antibiotikas. Pētījuma laikā putniem pievienoto dabisko humusa savienojumu: sapropeli un nātrija humātu (NaHu), ķīmiskais sastāvs ir apskatāms 4.3.2. tabulā.

4.3.2. tabula

Putniem pievienoto dabisko humusa savienojumu ķīmiskais sastāvs

Barības līdzekļa sastāvs	Sapropeļi	Nātrija humāts (NaHu)
Sausna, %	15.62	3.91
Sausnas kg		
Kopproteīns, %	16.79	5.91
Koksķiedra, %	...	0.20
Neitrāli skalotā koksķiedras frakcija (NDF), %	...	nd
Skābi skalotā koksķiedras frakcija (ADF), %	...	1.57
Neto enerģija laktācijai (NEL), MJ/kg	...	8.50
Neto enerģija uzturēšanai (NEM), MJ/kg	...	9.57
Neto enerģijas pieaugums (NEG), MJ/kg	...	6.55
Sausnas sagremojamība (TDN/DDM), %	...	87.76
ME atgremotājiem, MJ/kg	...	15.40
Tauki, %	0.26	0.03
Koppelni, %	49.65	87.68
Kalcijs (Ca), %	0.84	0.20
Fosfors (P), %	0.09	0.05
Kālijs (K), %	0.28	0.21
Magnijs (Mg), %	0.26	...

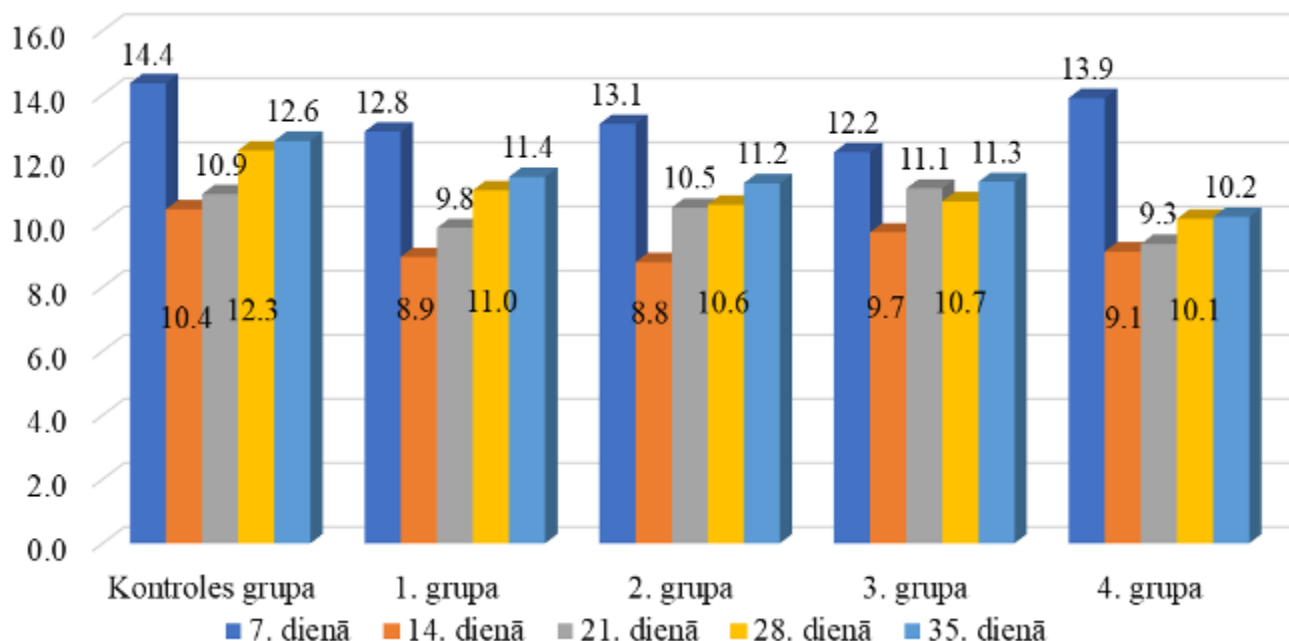
Nātrijs (Na), %	0.02	...
Cinks (Zn), mg/kg	120.72	...
Varš (Cu), mg/kg	7.79	...
Mangāns (Mn), mg/kg	160.67	...
Dzelzs (Fe), mg/kg	10471.50	...
Ogleklis (C), %	27.89	...
Sērs (S), %	0.38	...
Etikskābe, %	0.12	...
Sviestskābe, %	0.09	...
Pienskābe, %	0.06	...
Vides reakcija (pH)	6.42	13.17
Amonija slāpekļs (N/NH ₄), g/kg	0.22	...

Pētījumā izmantotais sapropelis vidēji saturēja 15% sausas, bet nātrija humāts (NaHu) – 4%. Analizētajos paraugos, sausnā, sapropeļa un NaHu paraugā kopproteīns bija 16.79% un 5.91%. Lietuvas firmas EcoLotus iegūtajā sapropelī kopproteīna daudzums sastādīja 25.34%, kas skaidrojams ar sapropeļa ieguves vietu (EcoLotus, 2022). Pelnu un smilts-māla piejaukuma satura palielināšanās virs optimālajām vērtībām var pasliktināt sapropeļa barības piedevu kvalitāti. Analizējamajos paraugos koppelnu daudzums sastādīja 49% un 87%. Pētījumi Latvijā par iegūtajiem dažāda veida sapropeliem parādā, ka pelnu daudzums tajos svārstās no 30 – 85%. Pētījumā izmantotais sapropelis un NaHu saturēja daudz dažādu mikro un makro elementu. Svarīgākie no tiem ir kalcijs (0.84% un 0.20%) un fosfors (0.09% un 0.05%), kuri ir ļoti nozīmīgi māju putnu kaulu sistēmas attīstībā un olu produkcijas ieguvē. Veiktajos pētījumos Latvijā dažāda veida sapropelis kalciju satur 60 – 140 g kg⁻¹ sausas (Stankeviča, 2020).

Ja aplūkojam vides reakciju (pH) tad sapropeļa paraugos tā vairāk ir neitrāla (6.42), bet NaHu paraugos tā vairāk ir bāziska (13.17). Krievijā veiktajos pētījumos apstrādātā sapropeļa paraugos uzrādīja pH 6.1 (Nsengumuremyi et al., 2018).

Lai saprastu vai cāļi iepirkti ar vienādu dzīvmasu un attīstība pētījuma laikā bijusi viendabīga, putnkopībā tiek aprēķināts ganāmpulka augšanas viendabīguma koeficients (CV%). To var uzskatīt par veselīguma rādītāju. Liels viendabīguma koeficients norāda uz sliktāku augšanu un pat uz putnu labturību, jo īpaši, ja no inkubatora tiek saņemti nevienmērīgi attīstījušies cāļi. Šis koeficients (CV%) līdz 8% uzrāda ganāmpulkā zemu mainību, no 9-12% vidēju un no 13% lielu mainību (1. formula). Broileru ražošanā, ganāmpulka viendabīguma problēmas ir bieži sastopamas. Lai gan ir maz zinātnisku datu un publikāciju par ganāmpulka augšanas viendabīguma koeficientu (CV%), tiek uzskatīts, ja broileru ganāmpulkā 40 – 42 augšanas dienā šis koeficients ir robežās no 10 – 12%, tad ganāmpulka augšana ir viendabīga (Karimi, 2021).

Vidējais ganāmpulka viendabīguma rādītājs abu atkārtojumu pētījuma laikā pa pētījuma grupām ir attēlots 4.3.1. attēlā.



4.3.1. att. Vidējais ganāmpulka augšanas viendabīguma rādītājs pētījuma laikā pa pētījuma grupām

Aplūkojot attēlu vidējais dzīvmasas ganāmpulka augšanas viendabīguma koeficients uzsākot nobarošanas periodu kontroles grupas un 4. grupas cāļiem bija ar lielāku mainību jeb neizlīdzinātāks (14.4% un 13.9%). Lai gan arī citu pētījuma grupu broilercāļu vidējais dzīvmasas ganāmpulka augšanas viendabīguma koeficients ir ar lielu mainību. Nostabilizējot barības devas saturu un daudzumu turpmākajā nobarošanas periodā vidējais dzīvmasas ganāmpulka augšanas viendabīguma koeficients pa cāļu grupām ir ar zemu un vidēju mainību.

Pareiza barības un ūdens nodrošināšana ir svarīga mājputnu augšanai, veselībai un produkcijas ražošanai. Ir svarīgi nodrošināt atbilstoša daudzuma barību, lai putns varētu sasniegt savu produktīvo potenciālu un arī saglabāt veselību. Slikta kvalitātes barība, nepareizas formas, kā arī nesatur pareizu enerģijas līmeni un barības vielu maisījumu, potenciāli var izraisīt putnam stresu un radīt veselības problēmas. Tostarp faktori, kas ietekmē ūdens uzņemšanu ir tā piegādes avots, dzirdināšanas sistēma, temperatūra, garša un ūdens bagātināšana ar skābekli.

Kopējais barības un ūdens patēriņš pētījuma laikā uz 1 putnu pa grupām norādīts 4.3.3. tabulā.

4.3.3. tabula

Kopējais barības un ūdens patēriņš pētījuma laikā pa pētījuma grupām

Pētījuma grupas	Kopā patērētā barība, kg	Patērētā barība uz 1 putnu dienā, kg	Kopā patērēts ūdens, L	Patērētais ūdens uz 1 putnu dienā, L
Kontrolē grupa	268.660	0.109	473.076	0.195
1. grupa	255.065	0.107	458.399	0.192
2. grupa	257.133	0.109	458.765	0.194
3. grupa	259.920	0.108	491.060	0.209
4. grupa	260.452	0.109	546.830	0.227

Kopā pētījuma periodā visvairāk barības patērēja kontroles grupas cāļi 268.7 kg. Vismazāk barības patērēja 1. grupas cāļi attiecīgi 255.1 kg un dienā šīs grupas broilercāļi patērēja 0.107 kg. barības. Kopā visvairāk ūdeni pētījuma laikā patērēja 4. grupas broilercāļi 546.8 L, kā arī aprēķinot patērēto ūdens daudzumu uz 1 putnu dienā, šīs grupas broilercāļi to patērēja visvairāk 0.227 L. Jāpiemin, ka 3. un 4. grupas broilercāļiem pie ūdens tika pievienots dabiskais humusa savienojums NaHu, kurš, iespējams, veicināja lielāku ūdens patēriņu šajās grupās.

Lai saprastu pētījuma galveno bioloģiski aktīvo vielu (sapropeļa un nātrija humusa), kuras tika pievienotas barībai un ūdenim izlietojumu, tika aprēķināts tā kopējais patēriņš un patēriņš uz 1 putnu nobarošanas periodā (4.3.4. tab.).

4.3.4. tabula

Dabisko humusa savienojumu patēriņš nobarošanas periodā pa grupām

Dabisko humusa savienojumu patēriņš	Pētījuma grupas			
	1. grupa Sapropelis 3%, kg	2. grupa Sapropelis 5%, kg	3. grupa NaHu 25 mL ⁻¹ , mL	4. grupa NaHu 25 mL ⁻¹ , mL
Kopā patērēts	7.67	12.67	2400.80	4818.60
Patērēts vidēji uz 1 putnu	0.12	0.19	35.83	71.92
Patērēts vidēji pētījuma dienā	0.11	0.18	34.30	68.84

Kopumā visā pētījuma laikā tika izēdināts 20 kg sapropeļa un izdzirdināti 6.0 L nātrija humāta (NaHu). Pievienojot 3% un 5% sapropeli pie pamatbarības 1. grupas broilercāļi kopā patērēja

7.67 kg sapropeļa, bet 2. grupas broilercāļi divreiz vairāk – 12.7 kg, un attiecīgi dienā tā patēriņš bija 0.12 kg 1. grupas broilercāļiem un 0.19 kg 2. grupas broilercāļiem, bet uz vienu putnu tika patērēts 0.11 kg 1. grupā un 0.18 kg 2. grupā. Pievienojot 25 mL L⁻¹ un 50 mL L⁻¹ nātrija humāta (NaHu) pie dzeramā ūdens 3. grupas broilercāļi kopā patērēja 2.4 L NaHu, bet 4. grupas broilercāļi divreiz vairāk – 4.8 L, un attiecīgi dienā tā patēriņš bija 35.8 mL 3. grupas broilercāļiem un 71.9 mL 4. grupas broilercāļiem, bet uz vienu putnu tika patērēts 34.3 mL 3. grupā un 68.8 mL 2. grupā.

Putnu augšanu un attīstību ietekmē tādi faktori kā temperatūra, mitrums, oglekļa dioksīda koncentrācija kūtī, barības pieejamība un ūdens uzņemšana. Augstas barības izmaksas un paaugstināta tauku nogulsnešanās ir tikai dažas no problēmām mājputnu audzētājiem. Parasti uzskata, jo putni vairāk ēdīs, tie sasniegs ātrāk realizējamo dzīvmasu tirgus pieprasījumam. Ēdināšanai broilercāļu audzēšanā jābūt vērīgai uz liesāku liemeni, barības konversijas koeficienta samazināšanu un ķermeņa masas pieauguma palielināšanu. Jāparedz arī barības uzturvielu ierobežojums, lai novērstu problēmas, kas saistītas ar lielu augšanas ātrumu broilercāļu agrīnajā dzīves posmā, piemēram, palielinātu tauku nogulsnešanos, biežiem vielmaiņas traucējumiem, palielinātu mirstību un bieži sastopamām skeleta izraisītām slimībām. Putnu vidējā dzīvmasa pa pētījuma grupām nobarošanas periodā parādīta 4.3.5. tabulā.

4.3.5. tabula

Putnu vidējā dzīvmasa pa pētījuma grupām visā nobarošanas periodā

Pētījuma grupa	7 diena		14 diena		21 diena		28 diena		35 diena	
	n	dzīvmasa, g	n	dzīvmasa, g	n	dzīvmasa, g	n	dzīvmasa, g	n	dzīvmasa, g
Kontroles grupa	72	198.2	72	501.7	71	1045.8	68	1766.6	68	2477.0

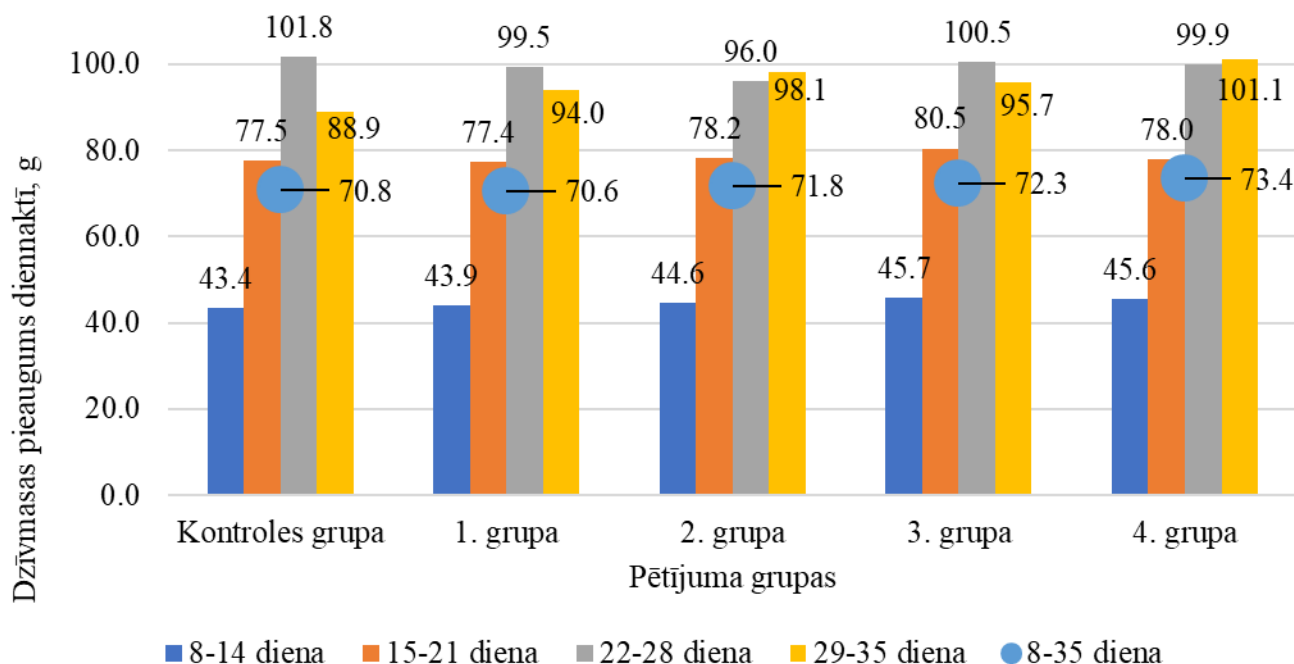


1. grupa	70	196.1	69	503.7	69	1045.5	67	1746.9	67	2484.5
2. grupa	70	201.7	69	514.9	68	1063.5	66	1741.9	65	2521.6
3. grupa	70	201.4	69	522.7	69	1085.9	69	1789.6	68	2545.7
4. grupa	70	200.1	69	520.2	69	1066.1	68	1767.6	67	2570.2

Pirms broilercāļu sadalīšanas grupās 8. dienā, augstāko vidējo dzīvmasu pirmajā nobarošanas nedēļā (1 – 7 diena) uzrādīja 2. grupas pētījuma broilercāļi – 201.7 g. Uzsākot pētījumu ar barībā pakāpeniski pievienotām dabiskām humusa piedevām augstāko vidējo dzīvmasas pieaugumu līdz noslēdzošajai pētījuma nedēļai uzrādīja 3. grupas broilercāļi, kam tika dots ūdens ar 25 mL L⁻¹ nātrija humātu. Tomēr noslēdzošajā nedēļā (29 – 35 diena) augstāko dzīvmasu sasniedza 4. grupas broilercāļi, kam pie ūdens tika pievienots 50 mL L⁻¹ nātrija humāta – 2570.2 g.

Kenijā veiktajā pētījumā, izmantojot putnu ēdināšanā BioDeposit Agro (BDA) spropeli dažādos reģionos, rezultāti liecina, ka BDA pozitīvi ietekmēja produkcijas kvalitāti un kvantitāti (Murunga et al., 2020). Citā pētījumā spropela iekļaušana barības devā veicināja cāļu augšanu, uzlaboja to izturību pret slimībām un līdz ar to arī pārtikas nekaitīguma parametrus (Slepukhina et al., 2019). Pētījumā kurā iekļāva pie broilercāļu barības sauso spropela piedevu 3% un 5 % apmērā, tika pierādīts ka tas, ne tikai samazināja barības izmaksas, bet arī palielināja cāļu dzīvmasu un saglabāšanu (Позднякова и др., 2019). Pētījumos Krievijā par spropela barības piedevu (SFA) izmantošanu putnu ēdināšanā ļāva broilercāļu bruto dzīvsvāra pieaugumu palielināt par 1.7–2.0%, vienlaikus samazinot barības izmaksas uz 1 kg pieauguma par 0.5% (Yurina et al., 2020).

Lai pārbaudītu un salīdzinātu broilercāļu augšanas dinamiku pētījuma periodā tika aprēķināts dzīvmasas pieaugums diennaktī katrā nedēļā un vidējais dzīvmasas pieaugums diennaktī visā izaudzēšanas periodā (4.3.2. att.).



4.3.2. att. Dzīvmasas pieaugums diennaktī pētījuma laikā pa pētījuma grupām

Dzīvmasas pieauguma dinamika uzsākot pētījumu starp visām pētījuma grupām neuzrādīja būtiskas atšķirības. Augstāko dzīvmasas pieaugumu diennaktī no 22. – 28.

nobarošanas dienai uzrādīja kontroles grupas cāļi 101.8 g, kas skaidrojams ar vārgāko broilercāļu krišanu. Lai gan šīs grupas broilercāļi uzrādīja augstāko dzīvmasas pieaugumu diennaktī (pirms nobarošanas perioda beigām), tā vidējais dzīvmasas pieaugums diennaktī sastādīja tikai 70.8 g un nobarošanas beigu posmā šis rādītājs nokritās straujāk, līdz 88.9 g, nekā citu grupu broilercāļiem. Viszemākais vidējais dzīvmasas pieaugums diennaktī bija 1. grupas broilercāļiem – 70.6 g. Pievienojot pie dzeramā ūdens 50 mL NaHu 4. grupas broilercāļiem tika novērots pozitīvs dzīvmasas pieaugums diennaktī pētījuma noslēguma perioda beigās, kas vēl turpināja pieaugt – 101.1 g, kur citās grupās novēroja šī rādītāja samazinājumu. Intensīvajā gaļas putnkopībā, saimniecībām ir uzstādījums, īsākā laika periodā ar zemu barības patēriņu iegūt pēc iespējas vairāk produkcijas. Dzīvmasas pieauguma diennaktī samazinājums šīm grupām šajā pētījuma 29. – 37. dienā ir skaidrojams ar broilercāļu augšanas dinamikas samazinājumu muskuļmasai un palielinājumu dzimumorgānu augšanai un attīstībai. Līdz ar to broilercāļu tālāka nobarošana vairs nav efektīva.

Ir daudz dažādu faktoru, kas ietekmē dzīvnieku, īpaši mājputnu, barības un ūdens patēriņu. Šie faktori ir: temperatūra – aukstākās telpās putni vairāk patērēs barību, ventilācijas nodrošināšana – slikti vēdināmās telpās uzkrājas daudz amonjaka un citu toksisku gāzu, barības kvalitāte – liela nozīme ir tās uzņemšanai un pārstrādei gremošanas traktā, ūdens kvalitāte un padeves mehānisms, slimības un medikamenti, ēdināšanas modelis – cāļus baro 3–5 reizes dienā ar pārtraukumiem, gaisma – jāsamazina spilgta gaisma telpā, kā arī trokšņu izraisīts stress. Liels ūdens patēriņš parasti izraisa lielu ūdens izdalīšanos ar mēsliem, kas rada slapjus pakaisus un palielinātu amonjaka veidošanos. Liels ūdens patēriņš ir galvenais cēlonis putnu pēdu spilventiņu bojājumiem, kur putnu brāķēšana pēc šīs problēmas ir biežākais sastopamais cēlonis. Kopējā dzīvmasa, barības un ūdens patēriņš pētījuma laikā visās grupās un apskatāms 4.3.6. tabulā.

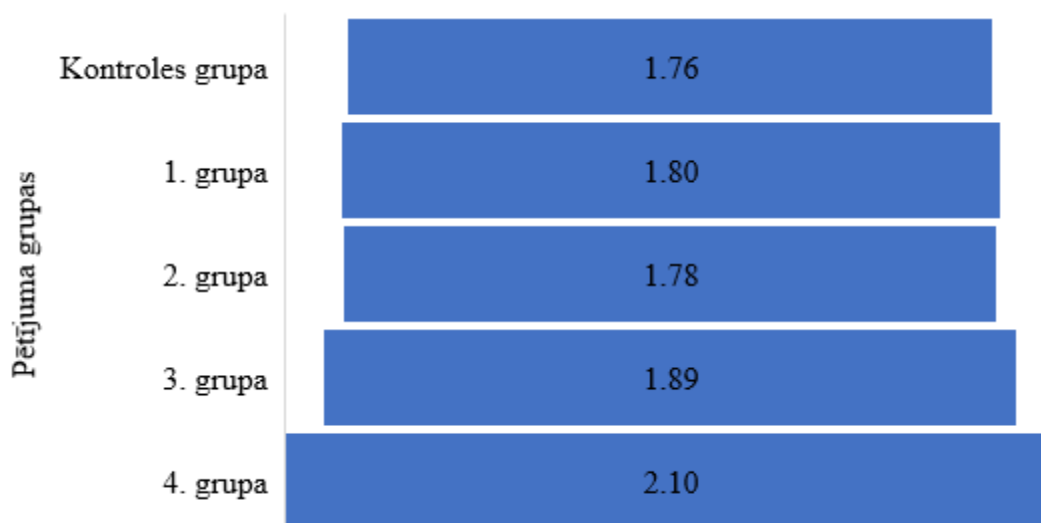
4.3.6. tabula

Kopējā dzīvmasa, barības un ūdens patēriņš pētījuma laikā pa pētījuma grupām

Pētījuma grupas	Kopējā dzīvmasa nobarošanas beigās	Barības patēriņš uz 1 kg dzīvmasu, kg	Ūdens patēriņš uz 1 kg dzīvmasu, L
Kontroles grupa	168.44	1.60	2.81
1. grupa	166.46	1.53	2.75
2. grupa	163.91	1.57	2.80
3. grupa	173.11	1.50	2.84
4. grupa	172.20	1.51	3.18

Vislielāko kopējo dzīvmasu pētījuma beigās uzrādīja 3. grupas broilercāļi – 173.1 kg, bet vismazāko 166.5 kg 1. grupas broilercāļi kam tika izēdināts pie pamatbarības papildus 3% spropelis. Aprēķinot barības konversiju uz 1 kg dzīvmasas pieaugumu (2. formula), visefektīvāk to izmantoja 3. grupas broilercāļi (1.50 kg), kuriem pie dzeramā ūdens papildus pievienoja 25 mL L⁻¹ nātrija humātu, kas veicināja labāku barības uzņemšanu, līdzīgu rādītāju sasniedza arī 4. grupas broilercāļi 1.51 kg. Krievijā veiktajos pētījumos ar spropela piedevām Hisex krosa dējējputniem barības konversija uz 1 kg dzīvmasu vidēji uzrādīja 2 kg (Kuzmina et al., 2021). Aprēķinātais ūdens patēriņš (3. formula) uz 1 kilogramu dzīvmasas vislielākais bija 4. grupas broilercāļiem 3.18 litri, bet vismazākais 2. grupas broilercāļiem 2.75 L.

Koksķiedras ietekme uz ūdens uzņemšanu var būt divējāda. Tas, vai ūdens patēriņš palielinās vai samazinās, ir atkarīgs no barības šķiedrvielu veida. Līdz ar to svarīgi ir noteikt cik daudz ūdens tiek patērēts uz barības uzņemšanas daudzumu. Ūdens un barības patēriņa attiecība pa pētījuma grupām ir apskatāma 4.3.3. attēlā.



4.3.3. att. Ūdens un barības attiecība pa pētījuma grupām, kg L

Vismazākais ūdens patēriņš uz 1 kilogramu barības tika patērēts kontroles grupas broilercāļiem 1.76 L, jo šīs grupas cāļi izlietoja visvairāk barības un vismazāk ūdens pētījuma periodā. Lielākais ūdens patēriņš uz vienu kilogramu barības ir 4. grupas broilercāļiem 2.10 L, ko var skaidrot ar dabisko humusa pievienošanu ūdenim. Nīderlandē veiktajos pētījumos ar broilercāļiem, pievienojot pie barības devas citrusaugļu pektīnu tas stimulēja labāku ūdens un kokšķiedras uzņemšanu un ūdens un barības attiecība sastādīja 2.41 L, bet pievienojot barības devai auzu sēnālas tas uzrādīja pretēju efektu un ūdens un barības attiecība bija vidēji 1.8 L (Van Der Klis et al., 2013).

Putnkopības nozarei gaļas produkcijas ieguvē jāmaina sava koncepcija atbilstoši klientu un pārstrādes rūpniecības pieprasījumam. Ja vēl pagājušajā gadsimtā tika piedāvāts pircējiem viss putna liemenis, tad šodien ir nepieciešams piedāvāt atsevišķas liemeņa daļas un subprodukti. Tāpēc broileru ražošanā akcents tiek likts uz galveno liemeņa daļu un subproduktu (krūts fileja, augšstilbi, apakšstilbi bez kauliem, sirds, aknas) kvalitāti un kvantitāti. To ietekmē putna suga, šķirne, kross, dzimums, vecums, labturība, ēdināšana, dzīvmasas pieaugums, liemeņa pirmskaušanas apskate un barības izdales pārtraukšana pirms kaušanas. Intensīvajā putnkopībā broilercāļi tiek kauti 5 – 6 nedēļu vecumā, un tas galvenokārt ir saistīts ar iegūto dzīvmasu, krūšu muskulatūras lielumu, zemu barības patēriņu uz 1 kg kautmasu un ātru apspalvojumu. Pasaules vidējais rādītājs 2013. gadā bija aptuveni 2.8 uz 1 kg kautmasu. Putnu vidējie kaušanas rādītāji pa pētījuma grupām un barības patēriņš redzams 4.3.8. tabulā.

4.3.8. tabula

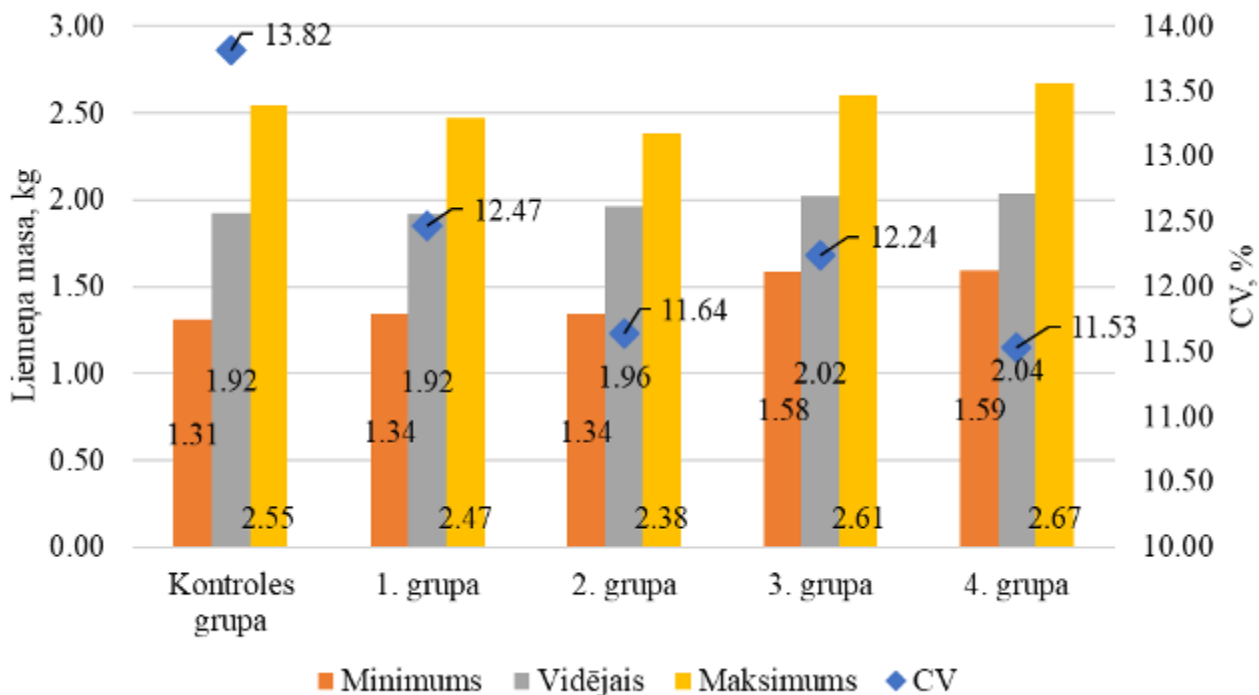
Putnu vidējie kaušanas rādītāji pa pētījuma grupām, kg

Putnu grupas	n	Dzīvmasa nobarošanas perioda beigās	Liemeņa masa	Subproduktu masa
Kontroles grupa	67	2.48	1.92	0.56
1. grupa	64	2.49	1.92	0.58
2. grupa	65	2.52	1.96	0.56
3. grupa	68	2.55	2.02	0.53
4. grupa	67	2.57	2.04	0.52

Broilercāļu dzīvmasa 35 dienā, kad tie tika kauti, pētījuma grupās svārstījās robežās no 2.48 – 2.57 kg, kur būtiskas atšķirības dzīvmasā starp pētījuma grupām netika novērotas.

Lielāko liemeņa masu (2.04 kg) un mazāko subproduktu masu (0.52 kg) uzrādīja 4. grupas pētījuma broilercāļi, kam tika pie ūdens pievienots NaHu 50 mL L⁻¹.

Lai noteiktu vai pētījuma noslēgumā, kad tika kauti putni, esošo putnu kautmasa grupā ir vienāda, tika aprēķināts CV% kautmasai. Vidējā maksimālā un minimālā liemeņa masa un viendabīguma koeficients pa pētījuma grupām apskatāms 4.3.4. attēlā.

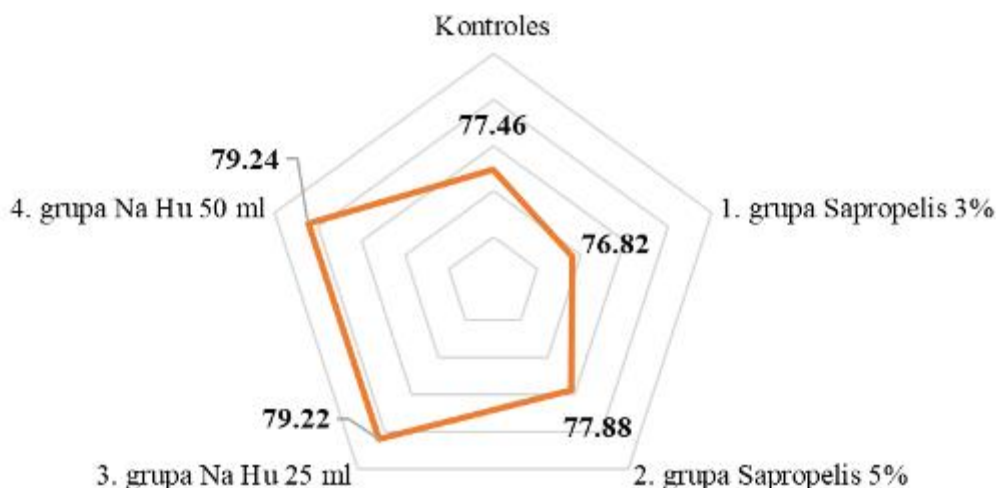


4.3.4. att. Vidējā, maksimālā un minimālā liemeņa masa un viendabīguma koeficients pa pētījuma grupām

Apskatot attēla datus starp maksimālo un minimālo liemeņa masu, kontroles grupas broilercāļiem ir lielāka starpība (1.24 kg), līdz ar to šīs grupas broilercāļu viendabīguma koeficients (CV%) kautmasai ir visaugstākais 13.82%. Tas liecina par putnu nevienmērīgu augšanas dinamiku un līdz ar to arī par nevienmērīgu putna liemeņa lielumu. Pārējo pētījuma broilercāļu grupu minimālās un maksimālās liemeņa masas starpība nav tik liela un šis viendabīguma koeficients ir vidējs līdz 12%. Šo grupu broilercāļu dzīvmasa pirms kaušanas, kā arī liemeņa masa bija izlīdzinātākas.

Olbaltumvielu saturs barības devā ietekmē ne tikai broilercāļu dzīvmasas pieaugumu un barības efektīvāku izlietojumu, bet arī būtiski ietekmē to liemeņa kvalitāti (muskuļaudu daudzumu un tauku saturu).

Putnu kautiznākumu nobarošanas periodā pa broilercāļu grupām ir parādīts 4.3.4. attēlā.



4.3.4. att. Putnu kautiznākums pa grupām, %

Augstāko kautiznākumu uzrādīja 4. grupas broilercāļi 79.24%, kas ir par 2.42% vairāk nekā

1. grupas broilercāļu kautiznākums, kurš bija viszemākais 76.82%. Veiktajos pētījumos Krievijā ar broilercāļiem Ross 308, kuriem tika pie barības pievienota humīnskābe 1 g, 1.5 g un 2 g to kautiznākums 38 kaušanas dienā bija robežās no 70.5% līdz 73.0% (Simakova et al., 2021).

Putnkopības nozarē un tieši putnu gaļas produkcijas ražošanā ir svarīgi zināt ne tikai barības un ūdens patēriņu uz 1 kg dzīvmasas, bet arī uz 1 kg kautmasas, it īpaši, ja saimniecība nodarbojās ar pilna cikla ražošanu. Putnu kopējā kautmasa, barības un ūdens patēriņš uz vienu kilogramu kautmasas ir attēlots 4.3.9. tabulā.

4.3.9. tabula

Putnu kopējā kautmasa, barības un ūdens patēriņš

Putnu grupas	n	Kautmasa, kg	Barības patēriņš uz 1 kg kautmasas, kg	Ūdens patēriņš uz 1 kg kautmasas, L
Kontroles grupa	67	128.74	2.09	3.67
1. grupa	64	122.61	2.08	3.74
2. grupa	65	127.55	2.02	3.60
3. grupa	68	137.14	1.90	3.58
4. grupa	67	136.44	1.91	4.01

Aprēķinot barības patēriņu uz 1 kg kautmasu (4. formula) labāko rādītāju uzrādīja 3 un 4. grupas broilercāļi, kuri patērēja 1.9 kg barības, lai saražotu 1 kg kautķermeņa masas. Pārējo grupu broilercāļiem šis rādītājs bija augstāks un sastādīja 2 kg uz 1 kg kautmasas. Aplūkojot aprēķināto ūdens patēriņu (5. formula) 1 kg kautmasas ražošanai mazāk ir patērējuši 3. grupas broilercāļi 3.5 L, bet vairāk ūdens ir patērējuši 4. grupas broilercāļi 4.0 L. Aprēķinot arī šos rādītājus mēs pārliecināmies, ka pievienojot broilercāļiem pie dzeramā ūdens dabiskās piedevas, kā Nātrija humātu, tas pozitīvi ietekmē cāļu ūdens uzturēšanu un samazina barības patēriņu, palielinot dzīvmasas un kautsvara rādītājus.

Papildus paša liemeņa vispārējo īpašību analīzei ir jāanalizē arī liemeņa daļas, jo pēdējos gados ļoti pieprasīti ir dažādas broilercāļu liemeņa daļas un formas. Visplašāk



izmantotā broilercāļu liemeņa daļa visā pasaulē ir krūts muskulatūra, un pieprasījums pēc tās turpina pieaugt, jo tajā ir augsts olbaltumvielu un zems tauku saturs. Līdzīgi kā krūts muskulatūra, arī augšstilbu gaļa ir ļoti pieprasīta, it īpaši kad to atkaulo, kuru izmanto dažādu apstrādes produktu gatavošanai, kā piemēram, barbekjū.

Putnu liemeņa daļu un iekšējo orgānu procentuālais sadalījums pa pētījuma grupām apskatāms 4.3.10. tabulā.

4.3.10. tabula

Putnu liemeņa daļu un iekšējo orgānu procentuālais sadalījums pa pētījuma grupām, %

Liemeņa daļas un iekšējie orgāni	n	Kontroles grupa	1. grupa	2. grupa	3. grupa	4. grupa
Krūts muskulatūra (fileja)	10	29.37	30.76	29.27	29.61	30.37
Pārējā muskulatūra*	10	36.48	35.80	37.23	37.52	36.92
Kauli	10	21.83	21.49	21.39	21.65	21.17
Āda	10	12.00	11.96	12.12	11.22	11.55
Aknas	10	2.57	2.82	2.60	2.46	2.51
Sirds	10	0.75	0.81	0.76	0.71	0.75

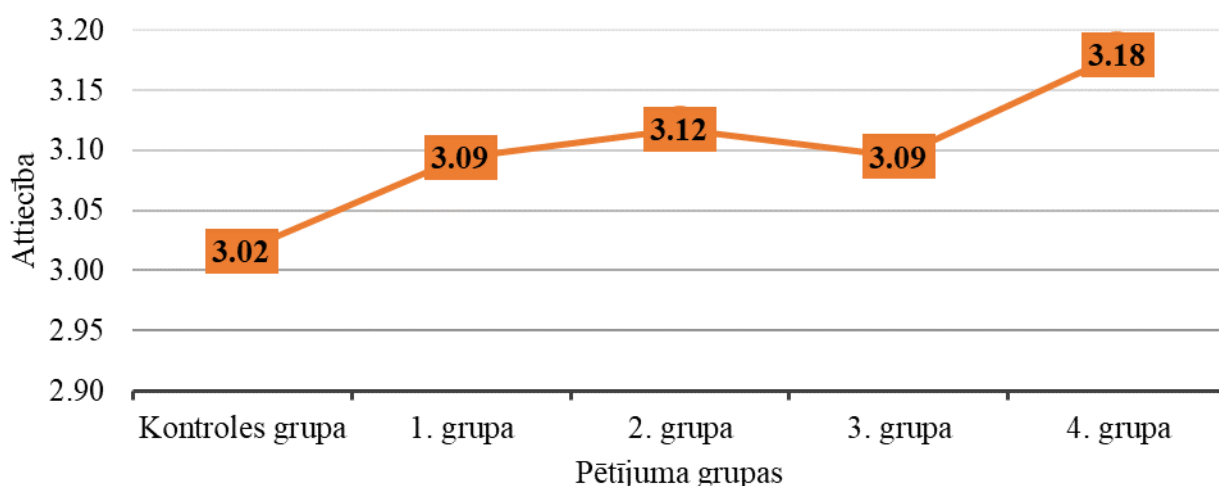
*- augšstilbu, apakšstilbu, spārnu, ribu, mugurkaula, astes muskulatūra.

Procentuāli smagākā krūts muskulatūra tika novērota 1. grupas broilercāļiem 30.8%, līdz ar to šīs grupas broilercāļiem bija vieglāka pārējā muskulatūra (35.8%).

Procentuāli vieglākos kaulus aprēķinot ieguva 4. grupas pētījuma broilercāļi – 21.2% un smagākos kaulus uzrādīja kontroles grupas broilercāļi – 21.8%. Jāmin, ka pētījumā kaulu svaram būtiskas atšķirības netika novērotas. Procentuāli smagākās aknas (2.82%) un sirdi (0.81%) uzrādīja 1. grupas pētījuma broilercāļi, kas var liecināt par intensīvāku vielmaiņu barības pārstrādē. Toties

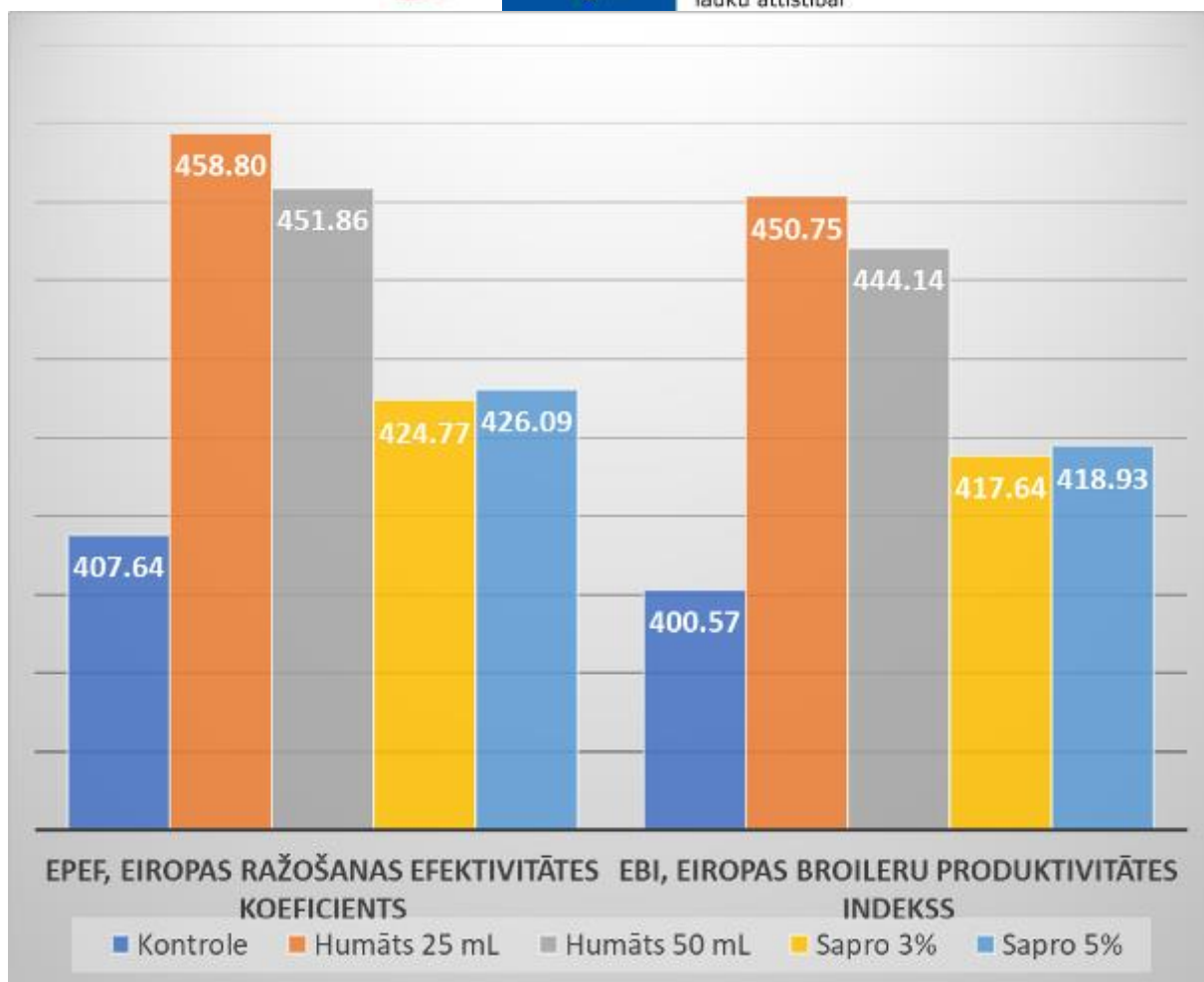
3. grupas pētījuma broilercāļiem apskatot šos rādītājus tie bija procentuāli vieglāki, kas neradīja lielas problēmas vielmaiņas procesos. Polijā veiktajos pētījumos ar Ross 308 broilercāļiem krūts muskulatūras īpatsvars sastādīja vidēji 31.0%, bet kāju muskulatūra 20.0% (Banaszak et al., 2022). Citā pētījumā ar sojas pupiņām Polijā ar Ross 308 un Cobb 500 broilercāļiem 42 dienu vecumā sirds un aknu īpatsvars vidēji sastādīja 0.66% un 2.9% (Banaszak et al., 2021).

Putnu intensīvā augšana atstāj negatīvu ietekmi uz kaulu sistēmas attīstību. Putna straujā augšana un muskuļmasas veidošana var ietekmēt kaulu deformāciju, lūzumus un stiprumu. Ja tiek traucēta putnu kaulu sistēma, nepietiekama uztura, nepareizas turēšanas un ūdens trūkuma dēļ, pasliktinās gaļas produkcija un it īpaši krūts muskulatūra. Tādēļ arī broilercāļu labturības ievērošanas dēļ ierobežo laiku to augšanai un attīstībai. Putnu muskuļaudu un kaulaudu attiecība pa pētījuma grupām attēlota 4.3.5. attēlā.



4.3.5. att. Putnu muskuļaudu un kaulaudu attiecība pa pētījuma grupām

Labākā muskuļaudu un kaulaudu attiecība bija 4. grupas broilercāļiem 3.18, to pierāda mazā kaulu masa 0.46 kg un kopējā muskuļmasa kura sastādīja 1.46 kg. Vismazāko muskuļaudu un kaulaudu attiecību uzrādīja kontroles grupas broilercāļi 3.02. Jāsecina ka šī attiecība bija labāka 2. grupas broilercāļiem, kuriem pie barības tika dots 5% sapropelis (3.12) un 4. grupas broilercāļiem kuriem pie dzeramā ūdens pievienoja 50 mL L⁻¹ nātrija humātu. Indijā veiktajā pētījumā ar Vencobb broilercāļiem, kuru barības devā tika pievienota soja un zivju milti, muskuļaudu un kaulaudu attiecība sastādīja vidēji 3.5 (Hombegowda et al., 2021).



4.3.6. attēls. Eiropas ražošanas efektivitātes indekss un Eiropas broileru produktivitātes indekss

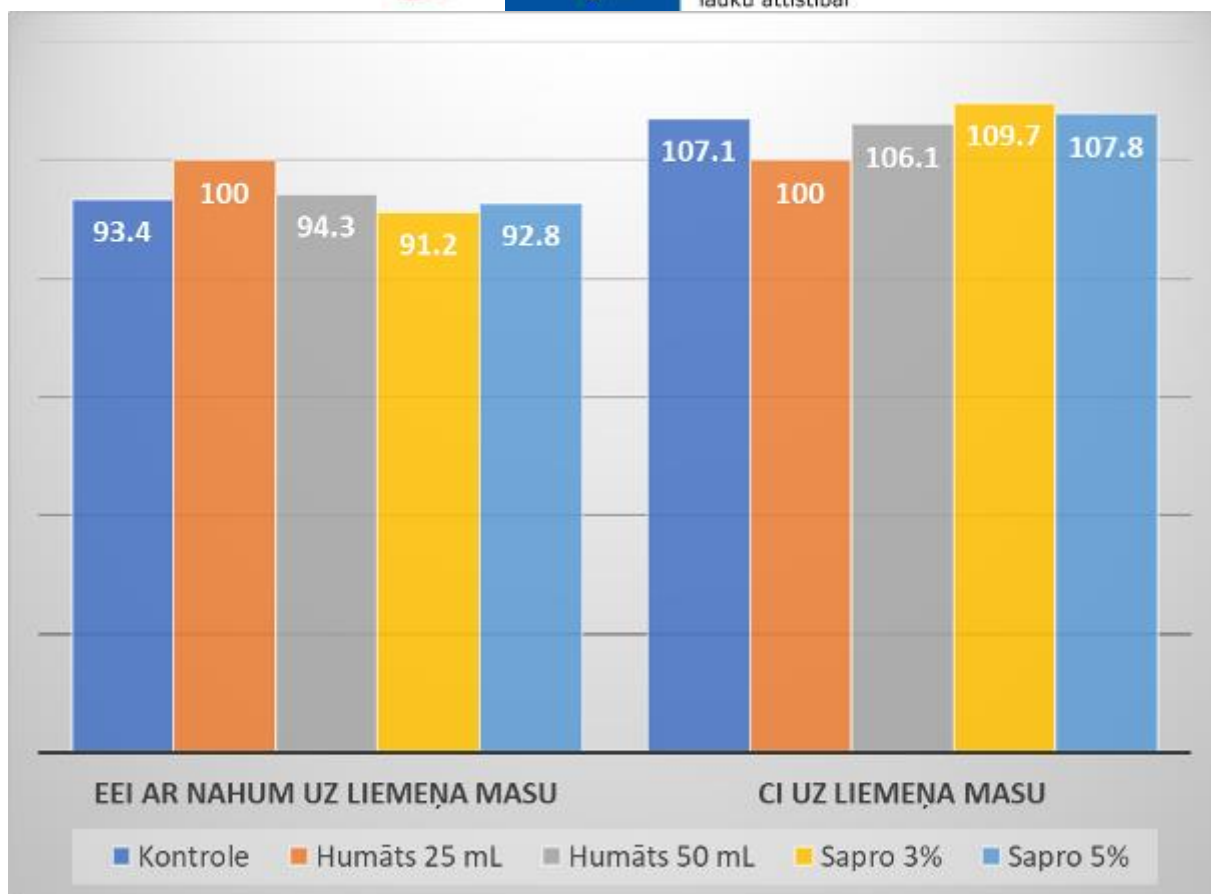
Broileru produktivitātes rādītāju aprēķināšanai izmantots Huff et al. (2013) un Aviagen, ROSS (2018) izmantotais Eiropas ražošanas efektivitātes koeficients (EPEF), kas aprēķināts pēc formulas:

$$EPEF = \frac{BW \times Viability(\%)}{FCR \times T} \times 100,$$

kur T ir izmēģinājuma periods dienās. Otrs nozīmīgs rādītājs ir Eiropas broileru indekss (EBI), kas tiek aprēķināts pēc šādas formulas: (Marcu et al. 2013)

$$EBI = \frac{Viability(\%) \times DWG}{FCR \times 10} \times 100$$

Vērtējot pēc aprēķinātajiem EPEF UN EBI, labākos ekonomiskās efektivitātes rezultātus uzrāda broileru grupa, kuru ūdenim pievienots Na humāts 25 mL/L un otrs labākais rezultāts ir grupā ar pievienotu 50mL/L Na humāta devu.



4.3.7. attēls. Ekonomiskās efektivitāte un izmaksu indekss

. Ekonomiskās efektivitātes indekss (EEI) un izmaksu indekss (CI) aprēķināts pēc Martins et al. (2016):

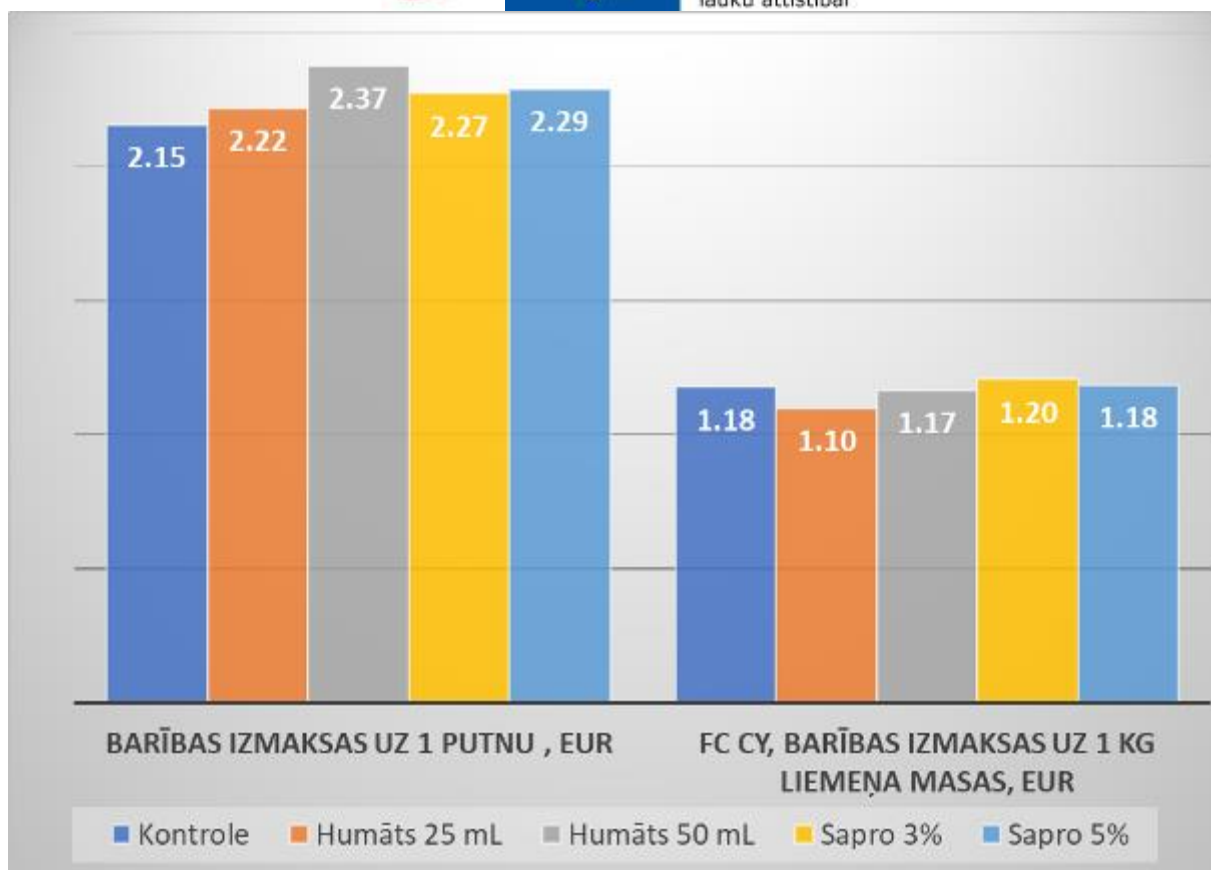
$$EEI = \frac{LC_a \times 100}{CT_{ai}},$$

$$CI = \frac{CT_{ai} \times 100}{LC_a},$$

kur LC_a ir zemākās barības izmaksas uz 1 kg dzīvmasas vai liemeņa masas izmēģinājuma grupā un CT_{ai} attiecīgās grupas barības izmaksas.

EEI-rādītājam jābūt pēc iespējas lielākam - tuvāk 100. CI - rādītājam jābūt pēc iespējas zemākam - tuvāk 100.

Kā redzams no pētījuma rezultātiem, visaugstākā efektivitāte ir grupā, pievienojot broileru dzeramajam ūdenim 25 mL NaHum, līdzīgi rezultāti ir arī izvērtējot izmaksu indeksu, kas arī ir labākais grupā ar 25 mL piedevu.



4.3.8.attēls. Barības izmaksas un 1 putnu un uz 1 kg liemeņa masas.

Ekonomiskās efektivitātes izvērtēšanai papildus tika izmantota Bellaver et al. (1985) pieeja, aprēķinot barības izmaksu attiecību pret broileru liemeņa masu pēc formulas:

$$FC_{CYi} = \frac{Q_i \times FC}{G_{CYi}}, \quad (8)$$

kur Q_i ir izmēģinājuma grupā patērētās barības daudzums un G_i – dzīvmasa (BW) vai liemeņa masa (CY) katrā no izmēģinājuma grupām.

Broileru ēdināšanas izmaksas un barības patēriņš tika uzskaitīts ēdināšanas posmā atsevišķi, noslēgumā tās summējot. Analizējot barības izmaksas, tika ņemtas vērā saimniecībā iegādātās putnu barības vidējās tirgus cenas Latvijā 2021. un 2022. gadā.

Labākais ekonomiskās efektivitātes indekss (EEI_{BW} , EEI_{CY}) un izmaksu indekss (CI_{BW} , CI_{CY}) attiecinot gan uz dzīvmasu, gan liemeņa masu, novērots 1. izmēģinājuma grupā, kur broilercāļu dzeramajam ūdenim bija pievienots 0.25 mL NaHum uz 1 litru dzeramā ūdens.

BROILERU VESELĪBA UN GREMOŠANAS TRAKTA MIKROBIOLOĢIJA

METODIKA.

Holesterīna daudzuma noteikšana muskulatūrā

Asiņu hematoloģiskie un bioķīmiskie rādītāji - noteikšanas metodika ir vienāda ar "teļu

metodiku”. Zarnu trakta mikrobioloģijas metodika ir = ar “teļu metodiku”

Holesterīna noteikšana veikta LLU Biotehnoloģiju zinātniskās laboratorijas Agronomisko analīžu nodaļā, izmantojot Gāzu hromatogrāfijas-masspektrometrijas sistēmas iekārtu.

Paraugu hidrolīzes apstākļi taukskābju un holesterīna izdalīšanai.

Gaļas paraugu hidrolīzei tika izmantots 10% (w/v) KOH un 70% (v/v) metanola šķīdums. Ekstrahēšanas procesā iegūtā lipofilā frakcija tālāk tika ietvaicēta, izmantojot rotācijas vakuuma ietvaicētāju (Laborota 4002, Vācija) pie 60 °C temperatūras. Filtrāts tika kvantitatīvi pārnests 2mL hromatogrāfijas pudelītēs turpmākajām hromatogrāfiskajām analīzēm.

Lipofilās frakcijas sagatavošana GC/MS analīzei

Parauga apstrāde ar sililējošo reaģentu gaistošu atvasinājumu iegūšanai veikta atbilstoši literatūrā aprakstītajai metodikai (Isidorov, Szczepaniak, 2009). No 2 mL izdalītās lipofilās frakcijas tika ņemti 100 µL un tiem pievienoti 800 µL piridīna un 100 µL BSTFA reaģenta. Iegūtais maisījums tika maisīts vibromaisītājā 1 min un izturēts ūdens vannā pie 75 °C temperatūras 30 min. Maisījums tika atdzesēts un reakcija apturēta, pievienojot 5 µL metanola. Sagatavotais paraugs tālāk izmantots holesterīna analīzei GC/MS sistēmā.

GC/MS sistēmas apstākļi holesterīna kvantitatīvai analīzei

Apstrādātie paraugi tālāk tika analizēti ar gāzu hromatogrāfu Clarus 600 PerkinElmer (Waltham, MA, USA), kas aprīkots ar masselektīvo detektoru ar kvadrupolu tipa analizatoru (Clarus 600 C). Par stacionāro fāzi lietota kapilārā Elite-5MS kolonna (30 m x 0.25 mm, sorbenta slānītis – 0.25 µm).

Savienojumu kvantitatīvā analīze realizēta ar holesterīna analītisko standartu (0.019-0.319 mg mL⁻¹), izmantojot kalibrēšanas grafiku – signāla laukuma attiecība pret koncentrāciju ($y=bx-a$ ($n=3$); $b=1,59\cdot 10^8$; $R^2=0.9934$). Savienojumu kvalitatīvā (identifikācija) analīze realizēta ar NIST MS 2.2 bibliotēkas palīdzību.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Asiņu hematoloģisko un bioķīmisko rādītāju izmaiņu izvērtējums

Mūsdienās izmanto dažādas barības piedevas, ko izmanto dzīvnieku ēdināšanā, lai sasniegtu ganāmpulkā kādu konkrētu mērķi, piemēram, veicinātu putniem dzīvmasas pieauguma ātrumu, stiprinātu imunitāti un līdz ar to samazinātu saimniecībā saslimšanas biežumu, profilaktiski novērstu hipovitaminozes saimniecībā, uzlabotu gaļas kvalitāti u.c. Viens no veidiem kā var pārliecināties par konkrētas barības un tās piedevu nekaitīgumu un uzzināt to ietekmi uz putnu veselību, ir asiņu hematoloģiskā un bioķīmiskā izmeklēšana. Dažādas barības piedevas var atšķirīgi ietekmēt putnu veselību (Mulatu, Ameha, Girma, 2019).

Putnu vispārējo veselības stāvokli var novērtēt pēc asins hematoloģiskās un asins seruma bioķīmiskās izmeklēšanas.

Mūsu pētījumā iekļauto broilercāļu asins seruma analīžu rezultāti ir atspoguļoti 4.4.1.tabulā.

4.4.1. tabula

Broilercāļu asiņu bioķīmijas vidējie rezultāti*

Rādītājs/ Grupa	Kontroles grupa	I.grupa – 3% sapropeļa piedevas	II.grupa – 5% sapropeļa piedevas	III.grupa – Na humāta 25 mL piedevas	IV.grupa – Na humāta 50 mL piedevas	Normas pēc Nunes et al., 2018
CHOL (mmol/l)	3.68 ± 0.13	3.46 ± 0.21	3.73 ± 0.17	3.52 ± 0.26	3.67 ± 0.12	2,22 - 5,17
TRIG (mmol/l)	0.08 ± 0.02	0.15 ± 0.03	0.11 ± 0.02	0.15 ± 0.03	0.12 ± 0.02	0,18 - 1,17
Ca (mmol/l)	3.00 ± 0.11	3.17 ± 0.18	3.01 ± 0.10	2.98 ± 0.12	3.25 ± 0.07	0,085 - 2,75
TP (g/l)	30.84 ± 1.10	36.61 ± 1.61	34.11 ± 0.63	25.49 ± 1.41	27.92 ± 1.29	25,64 - 47,92
P (mmol/l)	3.07 ± 0.11	3.95 ± 0.40	4.25 ± 0.69	0.54 ± 0.03	0.49 ± 0.06	1,27 - 3,97
ALB (g/l)	11.28 ± 1.58	11.76 ± 1.56	12.88 ± 0.52	13.55 ± 0.59	13.74 ± 0.55	11,26 - 21,40
GGT (U/L)	23.07 ± 1.68	27.27 ± 2.29	24.12 ± 4.17	19.31 ± 1.54	23.38 ± 5.17	11,45 - 97,51
ALP (U/L)	3686.09 ± 88.92	3345.86 ± 161.05	3460.95 ±130.57	3143.20 ± 122.01	2766.13 ± 236.09	711 - 7432
GLU (mmol/l)	11.37 ± 0.46	11.25 ± 0.36	12.07 ± 0.30	12.15 ± 0.54	11.63 ± 0.38	10,0 - 18,0

* vidēji ± SE (standartkļūda)

Pamatojoties uz **broilercāļu asins seruma bioķīmiskās izmeklēšanas** rezultātiem, III. un IV. grupai novērojām būtisku **fosfora** līmeņa samazināšanos.

Fosfora līmenis asinīs raksturo konkrētas diētas atbilstību broilercāļu organisma fizioloģiskām vajadzībām. Fosfors ir viens no būtiskākajiem makroelementiem, kas ir iesaistīts vairākos organisma metaboliskos procesos. Galvenā fosfora depo vieta ir skeleta kaulaudi, tāpēc tam kopā ar kalciju ir svarīga loma kaulu attīstībā un mineralizācijā. Gadījumā, kad novēro vienas vai otras minerālvielas deficītu vai pārpalikumu, tas traucē otras vielas homeostāzi. Fosfora deficīts strauji augošu broilercāļu organismā izraisa skeleta attīstības traucējumus, piemēram, rahītu vai dishondroplāziju, kas savukārt izraisa klibumu un paaugstinātu mirstības risku. Lai profilaktētu kaulu slimības broilercāļu ganāmpulkā, ir svarīgi pareizi sabalansēt to diētu, īpašu uzmanību pievēršot kalcija un fosfora attiecībai barības devā (Proszkowiec-Weglarz, Angel, 2013).

Broilercāļi, kuri saņēma 25 mL nātrija humātu (III.grupa), fosfora līmenis asinīs ir vidēji 0,54 mmol/l (pie normāla references intervāla 1,27 – 3,97 mmol/l), kas ir par 82,4% zemāks rādītājs salīdzinot ar kontroles grupas rezultātu.

Broilercāļi, kuri saņēma 50 mL nātrija humātu (IV.grupa), fosfora līmenis asinīs bija vidēji 0,49 mmol/l, kas ir par 84% zemāks rādītājs salīdzinot ar kontroles grupu.

Savukārt “sapropeļa” piedevu grupu broilieri (I. un II. grupai) novērojām būtiski augstāku fosfora daudzumu asinīs (attiecīgi vidēji 3,95 un 4,25 mmol/l) salīdzinot ar kontroles grupas putniem. Tā kā par normālu references intervālu P daudzumam asinīs tiek uzskatīts

1,27 – 3,97 mmol/l, tad varam teikt, ka vidēji II.grupas putniem (5% sapropeļa piedeva) izraisa P līmeņa normas pārsniegšanu.

Kalcija daudzums asinīs norāda par tā un fosfora metabolismu broilercāļu organismā, ko ietekmē diēta. Kalcijs ir svarīgs komponents asins recēšanā, enzīmu aktivācijā, neiromuskulārajās funkcijās un muskuļu kontrakcijā. Kalcija un fosfora deficīts samazina broilercāļu augšanas ātrumu un kaulu mineralizāciju, kas rezultējas ar rahītu, progresējošu klibumu un paaugstinātu mirstības risku (Proszkowiec-Weglarz, Angel, 2013).

Kalcija līmeņa būtisku paaugstināšanos novērojām IV. grupas broileriem, kas ir par 0,25 mmol/l vairāk salīdzinot ar kontroles grupu, kā arī vidējie rezultāti bija būtiski augstāki IV.grupas putniem (NaHu 50 mL) nekā III. grupai, kura saņēma mazāku nātrija humāta piedevu (25 mL).

Citi seruma bioķīmijas rādītāji broilercāļu grupās bija normas robežās, kā arī netika novērota jeb kāda veida korelācija starp papildbarības devām un citiem bioķīmijas rādītājiem.

Balstoties uz mums pieejamajiem literatūras avotiem, netika atrasta citu zinātnieku sniegtā informācija par sapropeļa vai nātrija humāta negatīvu ietekmi uz putnu veselību, kas atspoguļotos putnu asins analizēs. Zinātnieku pētījumā (Šamudovska, Demeterova, 2010), kur tika pētīta nātrija humāta un dabisko humāta savienojumu ietekme uz broileru veselību un organisma metaboliskajiem procesiem, tika novērotas nelielas fosfora un kalcija līmeņa atkāpes no normām, tomēr tie bija bez klīniskas nozīmes.

Analizējot citu zinātnieku (Rath, Huff, Huff, 2006) pētījuma rezultātus, kur tika pētīta humānskābes papildbarības ietekme uz broilercāļu veselību, tika novērots, ka, pievienojot 1% humānskābi, novēro Ca samazināšanos par 0,4 mg/dL un P samazināšanos par 0,5 mg/dL. Savukārt, pievienojot 2,5% - Ca samazinās par 1 mg/dL un P par 1 mg/dL. Ca un P līmeņa samazināšanās broilercāļu asinīs var būt saistītas ar humānskābes metālu helātu veidojošo iedarbību, ko ietekmē liels skaits karboksilskābes sānu ķēžu. Šī paša pētījuma ietvarā novēroja arī glikozes, kreatīnkināzes, sārmainās fosfatāzes, alanīna aminotransferāzes samazināšanos, bet bez toksiskās iedarbības dzīvniekiem uz aknām, nierēm vai sirdi.

Holesterīna rādītājs asinīs raksturo brīvo taukskābju metabolisma efektivitāti aknās un to funkcionālo stāvokli. Holesterīna līmeni vīst asinīs ietekmē ģenētiskie faktori, fizioloģiskais stāvoklis, turēšanas veids, apkārtējās vides temperatūra, estrogēna līmenis, kā arī diēta. Izēdinot vistām augstas enerģijas un zema proteīna diētu, asinīs izteikti paaugstinās holesterola līmenis un veidojas hiperlipidēmija, kas rezultējas ar taukainās aknu slimības attīstīšanos, kas savukārt var būt par cēloni olu dēšanas samazināšanai un pēkšņu nāvi aknu plīsumu un trombozes dēļ, ko sauc par taukaino aknu hemorāģisko sindromu (Trott et al., 2014; Herck., Vonghia, Francque, 2017; WeiLin et al., 2021).

Vidējais holesterīna līmenis starp pētījuma grupām būtiski neatšķīrās (iegūtie līmeņi atbilst ieteiktajām normām), kaut gan nedaudz zemāks tas ir I.grupa (S 3%), bet augstāks – II.grupas (S 5%) broilercāļiem.

Pārskatot citu zinātnieku ziņojumus - kad tika pētīta humānskābes ietekme uz paipalu dzīvības pieaugumu, uz asins seruma bioķīmijas rādītājiem un zarnu mikrobiotu, tika atklāts, ka humānskābes izbarošana sekmē holesterola līmeņa samazināšanos paipalu asinīs. Pievienojot humānskābi 0,75 g/kg barības, vidējais holesterola līmenis bija 141,5 mg/dL, bet, pievienojot augstākā devā 2,25 g/kg barības, holesterīna līmenis samazinājās līdz 139 mg/dL, savukārt kontroles grupā (kur paipalām netika pievienota nekāda papildbarība) šis rādītājs bija 142,15 mg/dL. Šī pētījuma autori skaidro holesterīna izmaiņas kā asiņu pH pazemināšanos humānskābes pievienošanas dēļ, kas rezultējas ar holesterīna līmeņa samazināšanos arī asinīs (Arif et al., 2018).

Asiņu hematoloģiskie rādītāji daļēji raksturo putna veselības stāvokli, un tie ir atkarīgi no putna šķirnes, vecuma, dzimuma, stresa, kā arī infekciju esamības. Hematoloģisko rādītāju noteikšana ir svarīga klīniskai diagnostikai, piemēram, traumu, asiņošanas, infekciju, parazitāro invāziju vai nepareizas ēdināšanas gadījumā.

Lai kvalitatīvi novērtētu putnu vispārējo veselības stāvokli, ir nepieciešama asiņu hematoloģiskā izmeklēšana, jo konkrētas slimības simptomi var būt nespecifiski. Svarīgi piebilst, ka asiņu hematoloģiskie un asins seruma bioķīmiskie rādītāji palīdz saprast - kā konkrēta pētījuma dzīvnieku grupa reaģē uz konkrētu fizioloģisko stāvokli, vides izmaiņām vai eksperimentālu vielu ievadi, tādējādi atvieglojot pētījuma rezultātu interpretāciju (Nedawi, 2018).

Mūsu pētījumā iekļauto **broilercāļu asins hematoloģiskie analīžu rezultāti** ir atspoguļoti 4.4.2. tabulā.

4.4.2. tabula

Vidējais trombocītu un leukocītu skaits (n= 10 redzes laukos)

Rādītājs/ grupas	Kontroles Grupa	I 3% sapropeļa piedeva	II 5% sapropeļa piedeva	III Na humāta 25 mL piedeva	IV Na humāta 50 mL piedeva
Trombocītu skaits	6	6	6	7	6
Leikocītu skaits	3	3	3	3	3

No pētījuma laikā iegūtajiem broilercāļu asiņu hematoloģiskās izmeklēšanas datiem ir redzams, ka gandrīz visi leukocitārie rādītāji ir normas robežās.

4.4.3. tabula

Broilercāļu asiņu hematoloģiskās izmeklēšanas rezultāti*

Grupas Nr.	Kontroles grupa	I 3% sapropeļa piedeva	II 5% sapropeļa piedeva	III Na humāta 25 mL piedeva	IV Na humāta 50 mL piedeva	Normas pēc Simaraks et al., 2004
Rādītājs /Nr.	vidējais	vidējais	vidējais	vidējais	vidējais	
Heterofīlie (%)	47.67 ± 4.49	45.33 ± 3.62	41.50 ± 3.00	38.33 ± 2.17	41.67 ± 3.34	15,0 - 45,0
Eozinofīlie (%)	4.00 ± 0.89	9.00 ± 1.93	5.17 ± 1.45	6.17 ± 1.14	7.17 ± 0.70	1,5 - 6,0
Monocīti (%)	2.50 ± 0.62	3.67 ± 0.95	3.17 ± 0.83	3.50 ± 0.62	3.17 ± 0.79	3,5 - 10,0
Limfocīti (%)	45.83 ± 4.53	42.00 ± 2.96	50.17 ± 2.46	52.17 ± 3.03	48.00 ± 4.04	45,0 – 70,0

* vidējie rezultāti ar ± SE (standartklādu)

Nelielu **heterofīlo leukocītu** paaugstinājumu novērojām kontroles grupas broileriem, tomēr tas nav būtisks, tas sastāda 47,67% pie normāla references intervāla 15% - 45%. Leikocītu daudzuma svārstības var ietekmēt dzīvnieku stress dzīves laikā, kas, iespējams, varēja ietekmēt nelielu heterofīlo leukocītu paaugstināšanos kontroles grupas putniem.

Eozinofīlo leukocītu nelielu novirzi no normas novērojām I. (S 3%) un IV.grupas (NaHu 50 mL) broilercāļiem, šis rādītājs ir attiecīgi paaugstināts par 3% I.grupai un par 1% IV.grupai, pie normāla references intervāla 1,5% – 6%. Tomēr, salīdzinot piedāvātos

references intervālus vairākos literatūras avotos, tie atšķirās, tāpēc kopumā mūsu pētījuma laikā konstatēto rādītāju paaugstināšanās tiek interpretēta kā nebūtiska.

Monocītu un limfocītu daudzums ir normas robežās visām pētījuma broilercāļu grupām.

Nemot vērā **kopējo leukocītu daudzumu**, kas tika noteikts, krāsojot un mikroskopējot asins uztriepes, netika novērotas novirzes no normām nevienai no pētījuma putnu grupām.

Salīdzinot informāciju ar citu zinātnieku pētījumu (Rath, Huff, Huff, 2006), kur broilercāļiem tika izbarota humānskābes papildbarība un tika pētīta tās ietekme uz broilercāļu veselību, tika pierādīts, ka šī papildbarība arī nav ietekmējusi leukocītu, monocītu, limfocītu un eritrocītu daudzumu. Savukārt citā pētījumā (Klocking, 1994) tika konstatēts, ka humānskābes vistu papildbarībai ir imūnstimulējošas, ar pretiekaisuma, antibakteriālām un antivirālām īpašībām.

Sapropeļa piedevu ietekmes uz fēču mikrobiotas izmaiņām salīdzinājums

Balstoties uz zinātnieku datiem (Shermer et al., 1998), humānskābei un humātiem piemīt antibakteriālas un imūnstimulējošas īpašības, kā arī tos var izmantot putniem kā papildbarību, lai samazinātu dažādu bakteriālo slimību un caureju biežumu putnkopības saimniecībās.

Arī mēs izvirzījām pētījuma hipotēzi, ka, izbarojot humātus un humānskābes barības piedevas, iespējams, tas samazinātu baktēriju un pelējuma sēnīšu daudzumu zarnu traktā, tādējādi stimulējot lielāku putnu dzīvības pieaugumu. Rezultātā svarīgs šī pētījuma uzdevums bija izpētīt humānskābes ietekmi arī uz broilercāļu zarnu mikrobiotu.

Mūsu pētījuma laikā iegūtie dati par sapropeļa un nātrija humāta ietekmi uz broilercāļu zarnu mikrobiotu ir atspoguļoti 4.4.4. tabulā.

4.4.4. tabula

Zarnu mikrobiotas vidējie rādītāji (KVV/g)

Grupa	Koliformu skaits	<i>Lactobacillus</i> spp. skaits	<i>Clostridium</i> spp. skaits	<i>Enterobacteriaceae</i> skaits
Kontroles grupa	1.08×10^7	5.2×10^8	7 ± 0.82	1.1×10^7
I 3% sapropeļa piedeva	$5,8 \times 10^6$	$3,6 \times 10^8$	$10 \pm 2,1$	
II 5% sapropeļa piedeva	$3,65 \times 10^7$	$4,43 \times 10^8$	$37 \pm 5,1$	
III Na hum 25 mL piedeva	$1,22 \times 10^7$	4.7×10^8	$4.3 \times 10^2 \pm 2.26 \times 10^2$	1.2×10^7
IV Na hum 50 mL piedeva	$1,01 \times 10^8$	3.9×10^8	$2.5 \times 10^2 \pm 2.30 \times 10^2$	1.0×10^8

Vislielāko **koliformu skaitu** broilercāļu fēcēs konstatējām IV.grupai (NaHu 50mL) (vidēji 1×10^8 KVV/g), savukārt viszemāko skaitu – I.grupas putniem (S 3%) (vidēji $5,8 \times 10^6$ KVV/g).

Visās pētījuma grupās novērojām zemāku ***Lactobacillus* spp.** skaitu (vidēji no $3,6 \times 10^8$ līdz $4,7 \times 10^8$ KVV/g) nekā tas tika novērots kontroles grupas broileriem (vidēji $5,2 \times 10^8$ KVV/g), tomēr būtiskas rādītāju atšķirības starp pētījuma grupām netika novērotas.

***Clostridium* spp.** daudzums pētījuma grupu putnu fēcēs tika konstatēts no 7 KVV/g

(kontroles grupai) līdz 430 KKV/g (III.grupai (NaHu 25 mL)). Vislielāko anaerobās mikrobiotas skaitu, salīdzinot ar kontroles grupu, novērojām III.grupas broilercāļiem, kuriem tika dots ūdens ar 25 mL L⁻¹ nātrija humātu, kas ir par 423,4 KKV/g, jeb 64,5 reizes vairāk nekā kontroles grupai. Līdzīgi, salīdzinoši augstus rādītājus novērojām arī IV.grupas broilercāļiem, kam tika dzirdināts ūdens ar 50 mL L⁻¹ nātrija humātu, *Clostridium spp.* daudzums vidēji bija 247 KKV/g jeb 37,3 reizes vairāk nekā kontroles grupai. Broilercāļiem no I. un II.grupas novērojām maz izteiktāku anaerobās mikrobiotas skaita pieaugumu, attiecīgi vidēji 10 KKV/g un 37 KKV/g, salīdzinot ar kontroles grupas iegūtiem rezultātiem.

Citu zinātnieku veiktā pētījumā tika novērots, ka, paipalām, izbarojot humīnskābi, samazinājās kopējais baktēriju skaits zarnu traktā. Izbarojot humīnskābi 2,25 g/kg barības, koliformu skaits samazinās par 3,36 log 10/ KVV, *E.coli* - par 2,92 log 10/ KVV un *Clostridium perfringens* skaits - par 1,45 log 10/KVV, salīdzinot ar kontroles grupu. Rezultāti tika izskaidroti ar humīnskābes iespējamību stimulēt leukocītu aktivitāti, kā rezultātā organismam tiek nodrošināta aizsardzība pret akūtām bakteriālām saslimšanām, vai, pievienojot humīnskābi, kopējais baktēriju skaits dēļ tā, ka pazeminās arī kuņģa – zarnu trakta pH (Arif et al., 2018).

Holesterīna daudzuma izvērtējums broilercāļu muskulatūrā

Balstoties pēc mums pieejamās zinātniskās literatūras avotiem, netika atrasta informācija par holesterīna daudzumu putnu muskulatūrā, kuriem kā barības piedevas lietoti sapropelis vai nātrija humāts.

Krievijas pētnieki savā darbā, kura mērķis bija izvērtēt broilercāļu gaļas produktivitāti, izēdinot tiem 3%, 2,4%, 1,8%, 1,2%, 0,6% sapropeli, novēroja, ka visās putnu grupās paaugstinājās muskuļos neaizvietojoamo aminoskābju daudzums par 2,9 – 8,7%, un aizvietojoamo aminoskābju daudzums - par 3,6 – 12,5%, salīdzinot ar kontroles grupu. Sapropela barības piedeva neietekmēja gaļas organoleptiskās īpašības un netika novērotas muskuļaudu sabrukšanas pazīmes nevienā no pētītām grupām (Ежкова et al., 2018).

Balstoties pēc literatūras datiem, vidējais holesterīna līmenis apstrādātā un neapstrādātā vistas gaļā ir 40 – 90 mg/100g, tomēr ir dati, ka maksimālais holesterīna daudzums var būt pat līdz 150 mg/100g, it īpaši vistas gaļai kopā ar ādu. Vistas krūšu muskuļos holesterīna līmenis parasti ir zemāks nekā citos muskuļos, tas parasti ir 47 – 56 mg/100g, savukārt kāju un augšstilbu muskulatūrā tas ir vidēji 84 mg/100g. Ir vairāki faktori, kas var ietekmēt holesterīna un kopējo tauku saturu vistas gaļā. Šos rādītājus būtiski paaugstina ādas klātbūtne muskuatūrai, kā arī gatavošanas laikā holesterīns spēj migrēt no ādas muskuļos. Holesterīna līmeni ietekmē arī atkaulošanas veids, jo mehāniski atkaulotā gaļā šīs rādītājs ir augstāks nekā gaļai, kas tiek atkaulota ar rokām, kas potenciāli var būt saistīts ar kaulu smadzeņu esamību. Tauku un holesterīna daudzumu muskuļos ietekmē arī dzīvnieku ēdināšana, muskuļšķiedru veids un garums, kā arī to pieprasījums pēc skābekļa. Ir pierādīts, ka holesterīna līmeni muskulatūrā ietekmē broilercāļu turēšanas veids (Dinh et al., 2011).

Pētījumā, kur tika pētīta putnu turēšanas veida ietekme uz tauku saturu gaļā, tika novērots, ka broilercāļiem, kas tika turēti tradicionālā komerciālā turēšanas sistēmā, holesterīna līmenis kāju muskulatūrā ir zemāks nekā putniem, kuri tika turēti brīvās turēšanas sistēmā - par 10 mg/100g (Giampietro – Ganeco et al., 2020).

Īpaša zinātnieku interese par holesterīna līmeni gaļā ir saistīta ar zināmām sakarībām starp cilvēku kardiovaskulārās sistēmas slimību sastopamību un ar pārtiku uzņemto holesterīna daudzumu. Mūsdienās, cilvēku koronārā sirds slimība un asinsvadu ateroskleroze

ir vieni no nozīmīgākajiem cilvēku mirstības cēloņiem, kas ir cieši saistīti ar uzņemta holesterīna un piesātināto taukskābju daudzuma. Svarīgi piebilst, ka Pasaules veselības organizācija iesaka samazināt uzņemto tauku daudzumu līdz 30% no kopējās enerģijas patēriņa, piesātinātām taukskābēm jābūt tikai 10% no šī koloriju daudzuma, kā arī uzņemtais holesterīna daudzums nedrīkstētu pārsniegt 300 mg/dienā (Milicevic et al., 2014; WHO).

Arī mēs sava pētījuma ietvarā noteicām holesterīna līmeni broilercāļu muskulatūrā.

4.4.5. tabula

Vidējais holesterīna daudzums broilercāļu muskulatūrā

Grupa	Kontroles grupa	I grupa 3% sapropeļa piedeļa	II grupa 5% sapropeļa piedeļa	III grupa Na humāta 25 mL piedeļa	IV grupa Na humāta 50 mL piedeļa
Krūšu muskuļi (mg/100g)	65.95 ± 2,86	76.62 ± 0,89	72.59 ± 2,69	77.27 ± 0,82	75.14 ± 1.08
Kājas muskuļi (mg/100g)	99.86 ± 3,37	101.42 ± 1.08	96.23 ± 2,69	95.04 ± 3,96	110.21 ± 0,69

Pēc 4.4.5. tabulas redzams, ka zemāku holesterīna līmeni kopumā vidēji novērojām krūšu muskulatūrā salīdzinot ar kāju muskuļiem.

Analizējot holesterīna līmeni **krūšu muskulatūrā**, novērojām to zemāku kontroles grupas broilercāļiem, savukārt pētījuma grupu putniem, kas saņēma gan sapropeļa, gan nātrija humāta piedeļu, novērojām holesterīna līmeņa paaugstināšanos krūšu muskulatūrā, salīdzinot ar kontroles grupu. Visaugstākie vidējie rezultāti uzrādās broilercāļiem, kuriem pie ūdens bija pievienoti 25 mL nātrija humāta piedeļa (III.grupa), t.i., holesterīna līmenis ir vidēji par 11,32 mg/100g lielāks nekā kontroles grupai. Salīdzinoši lielu krūšu muskulatūrā holesterīna paaugstinājumu redz arī I.grupai (S 3%), tas ir par 10,67 mg/100g lielāks nekā kontroles grupai.

Savukārt **kājas muskulatūrā** viszemāko holesterīna līmeni (skat. 3.8. att.) novērojām III.grupas (NaHu 25mL) un II. grupas (S 5%) broileriem. Kontroles grupai kāju muskulatūrā holesterīns bija vidēji 99,86 mg/100g, kas ir par 4,82 mg/100g mazāk nekā III.grupai un par 3,63 mg/100g mazāk nekā II.grupas broilercāļiem. Vislielāko holesterīna līmeņa paaugstināšanos kāju muskulatūrā uzrādīja IV.pētījuma grupa, kurai pie ūdens tika pievienoti 50 mL nātrija humāta - rezultāts ir par 10,35 mg/100g lielāks nekā kontroles grupai un par 15,17 mg/100g lielāks nekā III.grupai.

Salīdzinot holesterīna līmeni testējamās broileru muskulatūrās, redzams, ka holesterīna līmenis krūšu muskuļos visās pētījuma grupās ir no 65.95 mg/100g līdz 77.27 mg/100g, bet kāju muskulatūrā - no 95.04 mg/100g līdz 110.21 mg/100g. Tādējādi mūsu pētījumā iegūtie dati par holesterīna līmeņa atšķirībām dažādu muskuļu grupās, sakrīt ar pieejamās literatūras datiem, ka krūšu muskuļos ir zemāks holesterīna līmenis nekā kāju muskulatūrā (Giampietro - Ganeco et al., 2020). Mums pieejamā literatūrā neizdevās atrast informāciju par sapropeļa un nātrija humāta ietekmi uz holesterīna līmeni broilercāļu muskulatūrās.

Lietuvas pētnieki publikācijā, kur tika aprakstīti rezultāti par sapropeļa ietekmi uz zosu un pīļu dzīvības pieaugumu un to gaļas kvalitāti, ziņo par kopējo tauku satura palielināšanos par 1,7% pīļu muskulatūrā, izēdinot 9% sapropeli. Tomēr, izēdinot 9% sapropeli zosīm, kopējais tauku saturs muskulatūrā samazinājās par 1,15%, salīdzinot to ar kontroles grupu (Mikulioniene, Baležentiene, 2013).

Rezultātus ieguva arī citu valstu pētnieki, kuri pētīja sapropeļa ietekmi uz pīļu veselību, svara pieaugumu un gaļas kvalitāti. Tika novērots, ka, izēdinot 9% sapropeli, muskulatūrā

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

tauku saturs palielinās par 1,1% (Khaziev et al., 2020).



SECINĀJUMI

1. Pētījumā izbarotajai pamatbarībai broilercāļiem, sākuma posmā kopproteīns bija 24.90%, nobarošanas pamatposmā – 23.03% un nobarošanas perioda beigās tas saturēja tikai 21.18% sausnā un relatīvās barības vērtība attiecīgi 894.99, 666.44 un 675.85.
2. Visvairāk barības patērēja kontroles grupas broilercāļi 268.7 kg un mazāk 1. grupas broilercāļi – 255.1 kg, kā arī šīs grupas broilercāļi patērēja dienā mazāk ūdens (0.192 L). Vidēji putni dienā patērēja no 0.107 – 0.109 kg barības. Kopumā pētījuma laikā tika izēdināts 20 kg sapropeļa un izdzirdināti 7.0 L nātrija humāta.
3. Augstāko dzīvmasas pieauguma dinamiku diennaktī visā nobarošanas periodā uzrādīja 4. grupas pētījuma broilercāļi vidēji 73.4 g, kuriem tika pie dzeramā ūdens pievienots 50 mL L⁻¹ nātrija humāts.
4. Barības konversiju uz 1 kg dzīvmasas pieaugumu visefektīvāk izmantoja 3. grupas broilercāļi 1.50 kg. Vismazāk ūdens uz 1 kg dzīvmasas patērēja 1. grupas pētījuma broilercāļi (2.75 L)
5. Lielāko liemeņa masu (2.04 kg) un mazāko subproduktu masu (0.52 kg) uzrādīja 4. grupas pētījuma broilercāļi, kā arī šīs grupas broilercāļi uzrādīja augstāko kautiznākumu 79.24%.
6. Labāko barības patēriņu uz 1 kg kautmasu uzrādīja 3. un 4. grupas broilercāļi 1.9 kg, kā arī 3. grupas pētījuma broilercāļi uzrādīja labāko ūdens patēriņu 1 kg kautmasas ieguvē (3.58 L). Šīs grupas broilercāļi uzrādīja arī augstāko muskuļmasu (izņemot fileju), vieglākos kaulus, mazākās aknas.
7. Pētījumā pierādījās, ka pievienojot pie dzeramā ūdens 25 un 50 mL L⁻¹ nātrija humātu, tas paaugstina broilercāļu augšanas rādītājus un palielina kautmasas iznākumu.
8. Sapropeļa un nātrija humāta barības piedevas negatīvi neietekmē broilercāļu asiņu hematoloģiskos rādītājus. Palielinot nātrija humāta barības piedevas devu, broilercāļiem novēro progresējošu fosfora līmeņa samazināšanos asinīs, kā arī pētījuma IV.grupai (NaHu 50 mL) tika novērota kalcija līmeņa paaugstināšanās par 0,25 mmol/l salīdzinot ar kontroles grupu.
9. Nātrija humāta barības piedevas izbarošana sekmēja anaerobās mikrofloras *Clostridium spp.* pieaugumu broilercāļu zarnu traktā, IV. grupai (NaHu 50mL) 37,3 reizes vairāk un III. grupai (NaHu 25 mL) 64,5 reizes vairāk nekā kontroles grupai. Savukārt zemāku sapropeļa (3%) un Na humāta (25 mL) devu izēdināšana veicina koliformu skaita samazināšanos zarnu traktā salīdzinot ar kontroles grupu.
10. Visu grupu putniem novēro holesterīna līmeņa paaugstināšanos krūšu muskulatūrā salīdzinot ar kontroles grupu, tomēr kāju muskulatūrā augstāku holesterīna līmeni uzrādīja IV. grupa (NaHu 50 mL), kuras rezultāts ir par 10,35 mg/100g lielāks nekā kontroles grupai.



IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Arif M., Rehman A., El-Hack M. E., Saeed M., Khan F., Akhtar M., Swelum A. A., Saadeldin I., Alowaimer A. N. (2018) Growth, carcass traits, cecal microbial counts, and blood chemistry of meat-type quail fed diets supplemented with humic acid and black cumin seeds. *Asian – Australasian Journal of Animal Sciences*. [Tiešsaiste] PubMed database 31(12), p. 1930-1938. Pieejams - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29879835/>
2. Dinh T. N., Thompson L. D., Galyean M. J., Brooks J. C., Patterson K. Y., Boylan L. M. (2011) Cholesterol Content and Methods for Cholesterol Determination in Meat and Poultry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. [Tiešsaiste] Wiley Online Library 10(5) p. 269-289. Pieejams - <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2011.00158.x>
3. Giampietro – Ganeco A., Boiago M., Mellos J. L., Souza R., Ferrari F., Souza P. A., Borba H. (2020) Lipid Assessment, Cholesterol and Fatty Acid Profile of meat from

- broilers raised in four different rearing systems. *Agrarian Sciences*. [Tiešsaiste] PubMed database 92(7) p. 2 – 14. Pieejams - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32756847/>
4. Herck M. A., Luisa Vonghia L., Francque S. (2017) Animal Models of Nonalcoholic Fatty Liver Disease-A Starter's Guide. *Nutrients*. [Tiešsaiste] PubMed database 9(10), p. 1072. Pieejams - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28953222/>
 5. Khaziev D., Gadiev R., Chulpan G., Valitov F., Kazanina M., Kopylova S., Ivanov E. (2020) EFFECTIVENESS OF SAPROPEL APPLICATION IN DIETS OF GEESE. *Periódico Tchê Química*. [Tiešsaiste] PubMed database 23(4) p. 845 – 855. Pieejams - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
 6. Klocking R. (1994) Humic substances as potential therapeutics. *Humic Substances in the Global Environment*. [Tiešsaiste] Elsevier p. 1245–1257. Pieejams - <https://www.eu.elsevierhealth.com/> [skatīts: 2022. g. 07. aprīlis].
 7. Mikulionienė S., Baležentienė L. (2013) Supplementation of Sediment Saproel for Poultry Feed. *VETERINARY AND ZOOTECHNICS*. [Tiešsaiste] Web of Science Database p. 182-187. Pieejams – <https://www.vdu.lt/cris/entities/publication/07d1ad33-991b-47da-bfe2-e66f781509eb/details>
 8. Milicevic D., Vranic D., Masic Z., Parunovic N., Trbovic D., Nedeljkovic-Trailovic J., Petrovic Z. (2014) The role of total fats, saturated/unsaturated fatty acids and cholesterol content in chicken meat as cardiovascular risk factors. *Lipids in Health and Disease*. [Tiešsaiste] PubMed database 13(3) p. 1 – 12. Pieejams - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24588940/>
 9. Mulatu K., Ameha N., Girma M. (2019) Effects of Feeding Different Levels of Baker's Yeast on Performance and Hematological Parameters in Broiler Chickens. *Journal of World's Poultry Research*. [Tiešsaiste] Scienceline Publications 9(2), p. 38 – 49. Pieejams - <https://dx.doi.org/10.36380/jwpr.2019.5>
 10. Proszkowiec-Weglarz M., Angel R. (2013) Calcium and phosphorus metabolism in broilers: Effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*. [Tiešsaiste] ScienceDirect Database 22(10) p. 9 – 27. Pieejams - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119305197>
 11. Rath N. C., Huff W. E., Huff G. R. (2006) Effects of Humic Acid on Broiler Chickens. *Poultry Science*. [Tiešsaiste] ScienceDirect Database 85(3), p.410-414. Pieejams – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119421354>
 12. Samudovska A., Demeterova M. (2010) Effect of Diet Supplemented with Natural Humic Compounds and Sodium Humate on Performance and Selected Metabolic Variables in Broiler Chickens. *Acta Veterinaria Brno*. [Tiešsaiste] ResearchGate 79(3), p. 385–393. Pieejams - <https://www.researchgate.net/publication/228479054>
 13. Suchint Simaraks S., Chinrasri O., Worapol N., Aengwanich O. (2004) Hematological, electrolyte and serum biochemical values of the Thai indigenous chickens (*Gallus domesticus*) in northeastern, Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. [Tiešsaiste] ResearchGate 26(3), p. 426 – 430. Pieejams - https://www.researchgate.net/publication/26477053_Haematological_electrolyte_and_serum_biochemical_values_of_the_Thai_indigenous_chicken_Gallus_domesticus_in_Northeastern_Thailand
 14. Trott K. A., Giannitti F., Rimoldi G., Hill A., Woods L., Barr B., Anderson M., Mete A. (2014) Fatty liver hemorrhagic syndrome in the backyard chicken: a retrospective histopathologic case series. *Vet Pathol*. [Tiešsaiste] PubMed database 51(4), p. 787 – 795. Pieejams - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24091813/>



15. WeiLin C., WeiHuang T., JuPeng Y., YuLin Y., Mersmann H., TorngDing S. (2021) A novel chicken model of fatty liver disease induced by high cholesterol and low choline diets. *Poultry Science*. [Tiešsaiste] ScienceDirect Database 3(3), p. 75 – 82. Pieejams - <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.llu.lv/science/article/pii/S0032579120308981>
16. Ежкова А. М., Яппаров И. А., Ежков В. О., Яппаров А. Х., Файзрахманов Р. Н. (2018) МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН НАНОСТРУКТУРНОГО САПРОПЕЛЯ. *ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ*. [Tiešsaiste] Cyberleninka database 32(7) p. 59 – 64. Pieejams - <https://cyberleninka.ru/article/n/myasnaya-produktivnost-i-kachestvo-myasa-tsyplyat-broylerov-pri-vklyuchenii-v-ratsion-nanostrukturnogo-sapropelya>

5. AKTIVITĀTE – PROJEKTA REZULTĀTU PUBLICITĀTE UN IZPLATĪŠANA

Pētījuma rezultātu zinātniskās publikācijas (kopsavilkumi un pilnu tekstu publikācijas konferenču izdevumos, žurnālos)

2019.

1. Ilze Vircava, Ieva Erdberga, Ina Alsiņa, Laila Dubova, Jana Vāle, Anda Valdovska, Līga Proškina (2019) Sapropela dehidratācijas gaita ģeotekstila maisos un to ietekmējošie faktori = The process of sapropel dehydration using geotube technology and it's influencing factors / Ražas svētki "Vecauce – 2019": Gaidot starptautisko zinātnes vērtējumu : zinātniskā semināra rakstu krājums / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. SIA "LLU mācību un pētījumu saimniecība "Vecauce"". - Jelgava, 2019 - 57.-60.lpp. - ISBN 9789984483306
2. Ilze Vircava, Ina Alsiņa, Laila Dubova, Anda Valdovska, Silvija Strikauska, Līga Proškina (2019) Sapropela ieguve un izaicinājumi / Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences tēzes, Jelgava, Latvija, 21.02.2019. / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. Latvijas Agronomu biedrība. Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmija. - Jelgava, 2019. - 34.lpp. - ISBN 9789984483146 - ISSN 2501-0255
3. Sallija Cerina, Livija Zarina, Līga Proškina (2019) Opportunities to use sapropel fertiliser in organic farming [elektroniskais resurss] / X International Scientific Agriculture Symposium "AgroSym 2019": book of abstracts Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 3-6 October 2019 [elektroniskais resurss] / University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture. - Jahorina, 2019 - 816.lpp. - ISBN 9789997678713

2021.

4. Ilze Vircava, Sandijs Mešķis, Laila Dubova, Ina Alsiņa (2021) Humusvielu ķīmiskās īpašības un to unikalitāte = Humates chemical composition and uniqueness / Ražas svētki "Vecauce – 2021": raža ekstremālos apstākļos: zinātniskā semināra rakstu krājums, Jelgava, Latvija, 4. novembrī, 2021 / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. SIA "LLU mācību un pētījumu saimniecība "Vecauce"" - Vecauce, LLU, 2021. - 59.-62.lpp. - ISBN 9789984483863
5. Sandijs Mešķis, Ilze Vircava, Andris Karpovičs (2021) Gitija vai sapropelis? = Gytija or Sapropel? / Ražas svētki "Vecauce – 2021": raža ekstremālos apstākļos: zinātniskā semināra rakstu krājums, Jelgava, Latvija, 4. novembrī, 2021 / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. SIA "LLU mācību un pētījumu saimniecība "Vecauce"" - Vecauce, LLU, 2021. - 39.-42.lpp. - ISBN 9789984483863

2022.

6. Dace Bārzdiņa, Līga Proškina, Ričards Šauers (2022) Ezera sapropela ietekme uz broilercāļu augšanas rādītājiem un kautķermeņa kvalitāti = Effect of lake sapropel on growth performance and carcass quality of broiler chickens. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences raksti, Jelgava, Latvija, 24.-25.febr., 2022 / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmija. Ziemeļvalstu Lauksaimniecības zinātnieku asociācija Jelgava, 2022. 128.-133.lpp. , URL:

- https://llufb.llu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2022/Latvia-lidzsvarota-lauksaimniec_rakstu_krajums_2022.pdf
7. Daina Kairiša (2022) Pirmie rezultāti sapropeļa un nātrija humāta piedevu izēdināšanas pētījumā telēm = First results of the study on the feeding additives of sapropel and sodium humate in heifers. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences tēzes, Jelgava, Latvija, 24.-25.febr., 2022 / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmija. Ziemeļvalstu Lauksaimniecības zinātnieku asociācija. - Jelgava, 2022. - 58.lpp.
https://llufb.llu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2022/Tezes_2022_Lidzsvarota-lauksaimnieciba_LLU_LF.pdf
 8. Zariņa L., Vaivode A., Zariņa L., Piliksere D., Ceriņa S. (2022) Saldūdens sapropeļa lietošanas ietekme uz ziemas rudzu ražu un kvalitāti bioloģiskajā augsekā. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences tēzes, Jelgava, Latvija, 24.-25.febr., 2022 / Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmija. Ziemeļvalstu Lauksaimniecības zinātnieku asociācija. - Jelgava, 2022. - 13.lpp.
https://llufb.llu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2022/Tezes_2022_Lidzsvarota-lauksaimnieciba_LLU_LF.pdf
 9. Līga Proškina, Dace Bārzdiņa, Sallija Cerina (2022) The effect of sapropel-based feed additives on broiler growth and economic performance. The book of abstracts 3rd international scientific conference "Ecological and Environmental Engineering, Poznań, Polija 28.06.-02.07.2022. Poznań University of Life Sciences, 118.pp.
 10. Kairiša D., Vircava I., Valdovska A., Meškis S., Proškina L., Bergmanis N., Veide U. (2022) Feeding dietary supplements of sapropel and its sodium humate to heifers of the Holstein black-spotted breed. Book of Abstracts: XIX BALTIC ANIMAL BREEDING CONFERENCE, Igaunija, Tartu, 23.pp. <https://babc.emu.ee/#Abstracts>
 11. D. Barzdina, L. Proškina Effect of sodium humate on the growth performance and carcass quality of broiler chickens Book of Abstracts: XIX BALTIC ANIMAL BREEDING CONFERENCE, Igaunija, Tartu, 34.pp. <https://babc.emu.ee/#Abstracts>
- 2023.
12. S.Ceriņa, L.Zariņa, L.Zariņa, D.Piliksere, L.Proškina (2023) "Results of Research on the Efficiency of Using Freshwater Sapropel to Fertilize Organic Crops". Book of Abstracts, Economic and Social Development, 94th International Scientific Conference on Economic and Social Development - "The Dark Side of Management and Governance: power, ideology, tensions, and destructive traits" (XI. OFEL). p. 27-28. / https://www.esd-conference.com/upload/book_of_abstracts/Book_of_Abstracts_esdOFEL2023_Online.pdf
 13. L.Proškina, S.Cerina (2023) Innovative solutions in extraction and use of sapropel for economically viable agricultural production. Book of Abstracts, Economic and Social Development, 94th International Scientific Conference on Economic and Social Development - "The Dark Side of Management and Governance: power, ideology, tensions, and destructive traits" (XI. OFEL). p.28-29. / https://www.esd-conference.com/upload/book_of_abstracts/Book_of_Abstracts_esdOFEL2023_Online.pdf
 14. Dace Bārzdiņa, Līga Proškina (2023) Nātrija humāta ietekme uz broilercāļu augšanu un liemeņa kvalitāti = The effect of sodium humat on growth and carcass quality of broiler chicken. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences tēzes, Jelgava, Latvija, 23.-24. febr., 2023 / Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, Lauksaimniecības fakultāte; Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmija; Ziemeļvalstu Lauksaimniecības zinātnieku

https://llufb.llu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2023/Tezes_2023_Lidzsvarota-lauksaimnieciba_LBTU_LF.pdf

15. *Apstiprināta publicēšanai*: L.Zarina, L.Zarina, S.Cerina, L.Proškina. (2023) "Effect of saptopel fertilizer on the quality of the yield of some field crops". Agronomy Research Manuscript: AR-2023-122/R1 Date submitted: 2023-04-30
16. *Sagatavota un iesniegta publikācija*: Daina Kairisa, Anda Valdovska, IlzeVirca, Irina Pilvere, , Liga Proškina, Daiga Galina, Guntis Gutmanis , Sandijs Meskis. The Effect of Sodium Humate Feed Additives in Diets for Holstein Breed Heifers. *Emerging Science Journal*. <https://ijournalse.org/index.php/ESJ> Iesniegts 26.03.2023.
17. *Sagatavota un iesniegta publikācija*: Liga Proškina, Dace Barzdina, Anda Valdovska, Irina Pilvere, Ilze Virca, Sallija Cerina, Sandijs Meskis. Assessment of Inclusion of a Feed Additive of Sodium Humate Derived from Freshwater Saptopel in Diets for Broiler Chickens (Manuscript Number: VETWORLD-2023-03-164) has been received by Veterinary World. Iesniegts 28.03.2023.

Pētījuma rezultātu prezentēšana zinātniskās konferencēs

2019.

1. Virca I., Alsiņa I., Dubova L., Valdovska A., Strikauska S., Proškina L. "Saptopeļa ieguve un izaicinājumi", stenda referāts LLU Lauksaimniecības fakultātes, Latvijas Agronomu biedrības, Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmijas organizētā zinātniski praktiskā konferencē „Līdzsvarota lauksaimniecība 2019”. LLU, Jelgava, 21.02.2019. http://www.lf.llu.lv/sites/lf/files/files/lapas/Darba%20kartiba_Lidzsvarota_lauksaimnieciba_21.02.2019_preciz.pdf
2. Virca I., Erdberga I., Alsiņa I., Dubova L., Vāle J., Valdovska A., Proškina L. "Saptopeļa dehidratācijas gaita ģeotekstila maisos un to ietekmējošie faktori", stenda referāts Ražas svētki "Vecauce – 2019": Gaidot starptautisko zinātnes vērtējumu.
3. Ceriņa S., Zariņa L., Proškina L. "Saptopeļa mēslojuma pielietošanas iespējas bioloģiskajā lauksaimniecībā", Stenda referāts. Ražas svētki "Vecauce – 2019": Gaidot starptautisko zinātnes vērtējumu.
4. S.Ceriņa, L.Zariņa, L.Proškina "Opportunities to use saptopel fertiliser in organic farming", Stenda referāts, 10th International Scientific Agriculture Symposium „AGROSYM 2019”.
5. L.Zariņa. Mutisks referāts (Zarina,L., Kukainis, O. Effects of humic substances application on starch formation in potato) starptautiskā zinātniskajā konferencē - "Dabiskas izcelsmes organisko vielu ģeoķīmiskās plūsmas un īpašības: no teorijas līdz praksei" (Humic 2019) – [https://www.humic.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/humic/Programme HUMIC web la st_changes.pdf](https://www.humic.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/humic/Programme_HUMIC_web_la st_changes.pdf)

2020.

6. Zarina, Kukainis, Larsson, Zarina "The effects of saptopel humic substances application on soddy podzolic soil chemical properties". Mutisks ziņojums, attālināti. Agroeco2020 (Agroecosystem Sustainability:Links between Carbon Sequestration in Soils, Food Security and Climate Change), INTERNATIONAL SCIENTIFIC VIRTUAL CONFERENCE

Programmas 2.lpp. https://zua.vdu.lt/wp-content/uploads/2020/12/AgroEco2020-Final-Program-2020-11-30_Fin.pdf

2021.

7. Ilze Vircava, Sandijs Meškis, Laila Dubova, Ina Alsiņa (2021) Humusvielu ķīmiskās īpašības un to unikālitate. Ražas svētki "Vecauce – 2021", stenda referāts, Vecauce, Latvija, 4. novembrī, 2021
8. Sandijs Meškis, Ilze Vircava, Andris Karpovičs (2021) Gitija vai sapropelis? = Gytija or Sapropel? Ražas svētki "Vecauce – 2021", stenda referāts, Vecauce, Latvija, 4. novembrī, 2021
9. Jana Vāle, Andrejs Vītoliņš.(2021) Sapropēja ietekme uz augsnes fizikālajām īpašībām. Latvijas Universitātes 79. starptautiskās zinātniskās konferences sekcijas "Aktuālie jautājumi augsnes izpētē" 2021. gada 12. februārī. Zoom Meeting <https://zoom.us/j/9414952429>

2022.

10. L.Zariņa, A. Vaivode, L.Zariņa, D.Piliksere, S.Ceriņa (2022) "Saldūdens sapropēja lietošanas ietekme uz ziemas rudzu ražu un kvalitāti bioloģiskajā augsekā. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference, Jelgava, Latvija, 24.-25.febr., 2022
11. Daina Kairiša (2022) Pirmie rezultāti sapropēja un nātrija humāta piedevu izēdināšanas pētījumā telēm. Mutisks ziņojums. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference, Jelgava, Latvija, 24.-25.febr., 2022
12. Dace Bārzdiņa, Līga Proškina, Ričards Šauers (2022) Ezera sapropēja ietekme uz broilercāļu augšanas rādītājiem un kautķermeņa. Stenda referāts. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference, Jelgava, Latvija, 24.-25.febr., 2022
13. Līga Proškina, Dace Bārzdiņa, Sallija Cerina (2022) The Effect of Feeding Sapropel-Based Feed Additive on the Performance of Broiler Chickens, mutisks ziņojums, 5th ICSTR Prague - International Conference on Science & Technology Research", Prāga, Čehija 25.-26.06.2022.
14. Līga Proškina, Dace Bārzdiņa, Sallija Cerina (2022) The effect of sapropel-based feed additives on broiler growth and economic performance, mutisks ziņojums konferencē "Ecological and Environmental Engineering", Poznaņa, Polija 29.06-01.07.2022.
15. S.Ceriņa, L.Zariņa, L.Proškina (2022) Lake sapropel as a fertilizer in organic farming. Mutisks ziņojums XXV Starptautiskajā zinātniskajā konferencē "Polijas reģionu ilgtspējas attīstības aspekti – vides, ekonomiskie un sociālie izaicinājumi" (XXV Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt.: "Polskie Regiony W Aspekcie Rozwoju Zrównoważonego – Wyzwania Środowiskowe, Ekonomiczne i Społeczne) 14.-16.09.2022.Sćecina, Polija(Mutisks referāts)
16. Proškina L., Bārzdiņa D., Ceriņa S. Sapropēja piedevas izēdināšanas ietekme uz broilercāļu produktivitāti. Ražas svētki "Vecauce – 2022", stenda referāts, Vecauce, Latvija, 3. novembrī, 2022. (Stenda referāts)
https://www.lf.llu.lv/sites/lf/files/files/lapas/LBTU_LF_Razas_svetki_Vecauce_2022.pdf
17. Kairiša D., I. Vircava, A. Valdovska, S. Meškis, L. Proškina, N. Bergmanis, U. Veide Feeding dietary supplements of sapropel and its sodium humate to heifers of the Holstein black-spotted breed. <https://babc.emu.ee/> Baltic Animal Breeding Conference December 14-15, 2022, Tartu, Estonia (Postera prezentācija)

18. D. Barzdina, L. Proskina Effect of sodium humate on the growth performance and carcass quality of broiler chickens. <https://babc.emu.ee/> Baltic Animal Breeding Conference December 14-15, 2022, Tartu, Estonia (Postera prezentācija).

2023.

18. S.Ceriņa, L.Zariņa, L.Zariņa, D.Piliksere, L.Proškina. "Results of Research on the Efficiency of Using Freshwater Sapropel to Fertilize Organic Crops". 11th International OFEL Conference: "The Dark Side of Management and Governance: power, ideology, tensions, and destructive traits" (XI. OFEL). Dubrovnik, Horvātija, 31.03.-01.04.2023. <https://www.esd-conference.com/conference/96> (Mutisks referāts)
19. L.Proškina, S.Cerina (2023) Innovative solutions in extraction and use of sapropel for economically viable agricultural production. Book of Abstracts, Economic and Social Development, 11th International OFEL Conference: "The Dark Side of Management and Governance: power, ideology, tensions, and destructive traits" (XI. OFEL). Dubrovnik, Horvātija, 31.03.-01.04.2023. <https://www.esd-conference.com/conference/96> (Mutisks referāts)
20. Livija Zarina; Sallija Cerina; Liga Zarina; Liga Proškina. Effect of sapropel fertilizer on the quality of the yield of some field crops. BSE2023: Precision Agriculture May 11th, 2023. <https://bse.emu.ee/wp-content/uploads/2023/05/BSE2023-schedule.pdf>

Pētījuma rezultātu prezentēšana semināros un lauka dienās

1. L. Zariņa, S.Ceriņa. Ziņojums 2020. gada 3. jūlija Lauka dienā "Bioloģiskā daudzveidība – ilgtspējīgas lauksaimniecības pamats!" Priekuļu PPC. Programma: https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/notikumi/Laukdiena_3jul2020_programma.pdf?fbclid=IwAR3TDOqz_bQLQrLTBnLq4yz3y4Ws8t-R35q59lqEcyxdYInMthDvIK2pYj4
2. L.Zariņa, S.Ceriņa Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā. Mutisks ziņojums un projekta demonstrācija AREI PPC lauka dienā 13.07.2022. Programma: <https://www.arei.lv/lv/raksts/2022-06-09/laukaugu-skrines-un-inovācijas-audzesanas-tehnoloģijas>
3. Ilze Vircava. Humātu ķīmiskās īpašības un to unikalitāte, ieguves iespējas no sapropeļa, ziņojums informatīvajā seminārā Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā. Ciemupe, Ogresgals, Ogres nov. 26.05.2022. <http://www.losp.lv/node/6696>
4. Daina Kairiša. Sapropelis un nātrija humāta izēdināšanas rezultāti Holšteinas šķirnes telēm LLU LF DZZI profesore, ziņojums informatīvajā seminārā Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā. Ciemupe, Ogresgals, Ogres nov. 26.05.2022. <http://www.losp.lv/node/6696>
5. Anda Valdovska. Sapropelis un tā produktu piedevu izēdināšanas iespējamā ietekme uz teļu veselību, ziņojums informatīvajā seminārā Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā. Ciemupe, Ogresgals, Ogres nov. 26.05.2022. <http://www.losp.lv/node/6696>
6. Gustavs Norkārkliis. "Bioloģiskās lauksaimniecības nosacījumi un prasības", ziņojums informatīvajā seminārā Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā. Ciemupe, Ogresgals, Ogres nov. 26.05.2022. <http://www.losp.lv/node/6696>



7. Irina Pilvere. "Sapropeļa izpētes galvenie uzdevumi un aktivitātes", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
8. Guntis Gūtmanis "Projekta aktualitāte, nozares un zinātnes sadarbība", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
9. Ilze Vircava, Ina Alsiņa "Sapropeļa ieguve, dehidratēšana, mītrums, sastāvs un izmaiņas uzglabāšanas laikā", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
10. Līvija Zariņa "Sapropeļa pielietojums laukkopībā un bioloģiskajā lauksaimniecībā", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
11. Andrejs Vītoliņš "Sapropeļa pielietojums dārzkopībā", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
12. Daina Kairiša, Līga Langmane "Sapropelis kā vitamīnu, minerālvielu avots tēlu ēdināšanā", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
13. Dace Bārzdīņa, Līga Proškina "Sapropelis kā vitamīnu, minerālvielu avots broilēru ēdināšanā", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
14. Anda Valdovska "Sapropeļa ietekme uz dzīvnieku veselību", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>
15. Gustavs Norkārkliis "Sapropelis bioloģiskajā lauksaimniecībā - iespējas un izaicinājumi", ziņojums projekta noslēguma seminārā, 19.04.2023., LBTU, Jelgava. <https://youtu.be/IUWzLTphqr0>

Projekta rezultātu publiskošana (info partneru web lapās un soc tīklos)

2018.

1. Par sapropeļa projekta īstenošanas uzsākšanu "Īstēnos projektu par sapropeļa efektīvu izmantošanu lauksaimniecībā" publicēts 25.05.2018.; saite: <https://www.llu.lv/lv/raksts/2018-05-25/istenos-projektu-par-sapropela-efektivu-izmantosanu-lauksaimnieciba>
2. Par sapropeļa projekta īstenošanas uzsākšanu "Īstēnos projektu par sapropeļa efektīvu izmantošanu lauksaimniecībā" publicēts 28.05.2018. <http://laukutikls.lv/nozares/lauku-telpa/raksti/istenos-projektu-par-sapropela-efektivu-izmantosanu-lauksaimnieciba>
3. AREI PPC uzsāk 16.1 EIP grupas sadarbības projektu par sapropeļa efektīvu izmantošanu lauksaimniecībā "Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā." Publicēts 07.06.2018. <http://www.arei.lv/lv/projekti/2018/inovativas-dehidratācijas-tehnoloģijas-pielietojuma-izpete-sapropela-ieguve-uz>
4. Par sapropeļa ieguves izpētes projekta uzsākšanu LLU mājaslapā "Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā": publicēts 18.06.2018.; Saite: <https://www.llu.lv/lv/projekti/apstiprinatie-projekti/2018/inovativas-dehidratācijas-tehnoloģijas-pielietojuma-izpete>
5. Vispusīga sadarbība – nākotnes saimniekošanas pamats. 01.11.2018. <http://laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba-mezsaimnieciba/raksti/vispusiga-sadarbiba-nakotnes-saimniekosanas-pamats>, t.sk. videomateriāls.



- Video materiāls. Līga Langmane, SIA «Ogres piens» par projektu “Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā” <https://www.youtube.com/watch?v=hH9tDnUeLtI>
6. Vispusīga sadarbība – nākotnes saimniekošanas pamats. 01.11.2018. <http://laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba-mezsaimnieciba/raksti/vispusiga-sadarbiba-nakotnes-saimniekosanas-pamats> Video materiāls. Stādu audzētāju biedrība par projektu “Inovatīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā” <https://www.youtube.com/watch?v=xH0JvW4F46I>
 - 2019.
 7. Kā laukos “neiesūnot”. Pirmais atbalsts lauksaimniecības inovācijai. 17.01.2019. <http://laukos.la.lv/pirmais-atbalsts-lauksaimniecibas-inovacijai>
 8. AREI. Pieredzes apmaiņas brauciens uz Baltkrieviju pie sapropeļa pētniekiem un pārstrādātājiem. Publicēts 14.02.2019. <http://www.arei.lv/lv/raksts/2019-02-15/pieredzes-apmainas-brauciens-uz-baltkrieviju-pie-sapropela-petniekiem-un>
 9. Sapropeļa pielietošana mēslojumam atklātajās platībās bioloģiskajā lauksaimniecībā” lauka izmēģinājumu īstenošana Publicēts 20.09.2019. <http://www.arei.lv/lv/raksts/2019-09-20/sapropela-pielietosana-meslojumam-atklatajas-platibas-biologiskaja>
 - 2020.
 10. Sapropeļa pielietošana demonstrējums Lauka dienā Priekuļu pētniecības centrā . Publicēts 09.07.2020. <https://www.arei.lv/lv/raksts/2020-07-09/sapropela-pielietosana-demonstrejums-lauka-diena-priekulu-petniecibas-centra>
 11. Darbi laukos ar sapropeli Priekuļu pētniecības centrā. Publicēts 26.08.2020. <https://www.arei.lv/lv/raksts/2020-08-26/darbi-laukos-ar-sapropeli-priekulu-petniecibas-centra>
 - 2021.
 12. Pēta sapropeļa izmantošanu dārzkopībā segtajās platībās. Publicēts 19.02.2021. <https://www.llu.lv/lv/raksts/2021-02-19/peta-sapropela-izmantosanu-darzkopiba-segtajas-platibas>
 13. Latvijas pētnieki meklē inovatīvas sapropeļa atūdeņošanas tehnoloģijas un vērtē izmantošanas iespējas. Publicēts 05.07.2021. <https://www.llu.lv/lv/raksts/2021-07-05/latvijas-petnieki-mekle-inovativas-sapropela-atudenosanas-tehnologijas-un-verte>
 - 2022.
 14. Dabisko humusa savienojumu pielietošana broilercāļu nobarošanā. Publicēts. 05.04.2022. <https://www.llu.lv/lv/raksts/2022-04-05/petita-dabisko-humusa-savienojumu-pielietosana-broilercalu-nobarosana>
 15. Aicinām Jūs uz 26.05.2022. semināru “Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā (LLU sadarbībā ar LOSP, Ogres Piens, Stādu audzētāju biedrība, Latvijas Bioloģiskās lauksaimniecības asociācija, Agrore) Publicēts: 13.05.2022. <http://www.losp.lv/node/6696>

16. Šī gada 26. maijā Latvijas Lauksaimniecības universitātē sadarbībā ar Biedriba LOSP ... Publicēts 19.05.2022.
<https://www.facebook.com/Biedriba.LBLA/photos/a.1392459710995171/3269205516653905/?type=3&theater>
17. 26. maijā seminārs “Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā”
<https://www.lbla.lv/26-maija-seminars-sapropelis-un-ta-dauzdveidigas-izmantosanas-iespejas-lauksaimnieciba>
18. Sapropelis un tā daudzveidīgās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā. Publicēts 20.05.2022.
<http://new.llkc.lv/lv/nozares/augkopiba-lopkopiba/seminars-sapropelis-un-ta-dauzdveidigas-izmantosanas-iespejas>
19. Info LOSP FB profilā
<https://www.facebook.com/search/top/?q=26.maij%C4%81%20aicin%C4%81m%20J%C5%ABs%20uz%20semin%C4%81ru%20%E2%80%9CSapropelis%20un%20t%C4%81%20dauzdveid%C4%ABg%C4%81s%20izmanto%C5%A1anas%20iesp%C4%93jas%20lauksaimniec%C4%ABb%C4%81>
20. Latvijā iegūstamais sapropelis kā potenciālais bioloģiskais mēslojums un bioloģiska barības viela lopkopībā. Publicēts: 07.07.2022. <http://www.losp.lv/node/6705>
21. Pabeigušies rudens ražas novākšanas darbi pētījumā par sapropeļa pielietošanu mēslojumam bioloģiskajā lauksaimniecībā. Publicēts 04.10.2022.
[https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/projects/AREI_Sapropelis_Info_majas_lapai_30.09.2022.p](https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/projects/AREI_Sapropelis_Info_majas_lapai_30.09.2022.pdf)
[df](https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/projects/AREI_Sapropelis_Info_majas_lapai_30.09.2022.pdf)
22. Noslēguma seminārs par sapropeļa izmantošanas iespējām augkopībā un lopkopībā. Publicēts 11.04.2023. <https://www.llu.lv/lv/notikumi/2023-04-11/seminars-par-sapropela-izmantosanas-iespejam-augkopiba-un-lopkopiba>
23. Notiks seminārs par sapropeļa izmantošanas iespējām augkopībā un lopkopībā. Publicēts 19.04.2023. <http://www.laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba/notikumi/2023-04-19-000000/notiks-seminars-par-sapropela-izmantosanas>
24. Noslēdzies pētījums par sapropeļa pielietošanu mēslojumam bioloģiskajā lauksaimniecībā. Publicēts 20.04.2023.
[https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/projects/AREI_Sapropelis_Info_majas_lapai_19.04.2023..p](https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/projects/AREI_Sapropelis_Info_majas_lapai_19.04.2023..pdf)
[df](https://www.arei.lv/sites/arei/files/files/projects/AREI_Sapropelis_Info_majas_lapai_19.04.2023..pdf)
25. Noslēguma semināra ieraksts par sapropeļa izmantošanas iespējām augkopībā un lopkopībā. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātē. Semināra videoieraksts.
<https://youtu.be/lUWzLTphqr0>
26. Infolapa <https://ej.uz/LOSPinfo2023feb2>
27. <http://laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba/notikumi/2023-04-19-000000/19042023-jelgava-projekta-sapropelis-un-ta>
28. Info lapa par noslēguma semināru: <http://www.losp.lv/node/6770>
29. noslēguma seminārs: <http://www.losp.lv/node/6771>

Dalība EIP darba grupu semināros

30. Guntis Gūtmanis. Mutisks referāts "Inovātīvas dehidratācijas tehnoloģijas pielietojuma izpēte sapropeļa ieguvē, uz sapropeļa bāzes veidotu produktu izmantošanas iespējas augkopībā un lopkopībā" konferencē "Eiropas inovāciju partnerības darba grupu projekti Latvijā" LLKC, Ozolnieki, 31.10.2018., Saite uz konferences programmu: http://www.laukutikls.lv/sites/laukutikls.lv/files/article_attachments/konferences_programma_1.pdf
31. Pētnieku grupa. (sag. L.Proškina, I.Vircava) Stenda referāts "Study of application of an innovative dehydration technology in sapropel production, application options of the products, produced on the basis of sapropel, in crop and livestock farming" 3.nacionālajā EIP seminārā vāciski runājošām EIP darba grupām un inovāciju veicinātājiem. Vācija, Arnstede. 14.-15.03.2019. Saite uz pasākumu - <https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/index.php?id=2261>
32. Ina Alsīņa dalība seminārā 'Healthy soils for Europe: sustainable management through knowledge and practice', The European Commission (DG AGRI) and the EIP-AGRI Service Point seminar, 13.-14.2020. aprīlis.

Citi rezultāti

1. Derīgā izrakteņa – sapropeļa ieguve Bižas ezerā, Andrupenes pagastā, Dagdas novadā IETEKMES UZ VIDĒNOVĒRTĒJUMA ZIŅOJUMS (2021. jūnijs) http://www.dagda.lv/uploads/media/IVN-Zinojums-Biza-sapropelis-1red-22062021_compressed.pdf
2. LLU Lauksaimniecības fakultātes, Dzīvnieku zinātņu institūta pilna laika 4. kursa Ciltslietu zootehnikas specializācijas studējošais Didzis Dreimanis pētījuma datus izmanto bakalaura darba izstrādē: "Sapropeļa piedevas ietekme uz broilercāļu augšanu un barības konversiju", kuru aizstāvēs 2023. gada 2. jūnijā. Bakalaura darba vadītāja: Mg. agr., vieslektore Dace Bārzdiņa.
3. Kairiša D., Vircava I., Mešķis S., Valdovska A., Bergmanis N., Veide U. (2023). Ezera sapropeļa un no tā iegūtā nātrija humāta piedevu izēdināšanas rezultāti Holšteinas melnraibās šķirnes vaislas telēm. Žurnāls "Latvijas Lopkopis" janvāris, <http://new.llkc.lv/lv/nozares/lopkopiba/zurnala-latvijas-lopkopis-janvara-numura-5>



Pielikumi



1. pielikums

Meteoroloģiskie rādītāji 2020.-2022.gg.

Meteoroloģiskie rādītāji 2020. gadā

(dati no LVGMC meteoroloģisko novērojumu stacijas Priekuļi)

Mēnesis, gads	Dekāde	Vidējā gaisa temperatūra, °C		Nokrišņu daudzums, mm	
		Vidēji	Novirze no ilgg. datiem*	Summa, mm	% no ilgg. datiem*
Aprīlis 2020	1	5.5	1.9	8.0	59.7
	2	4.0	-1.3	21.5	185.3
	3	6.2	-2.3	4.6	43.0
	Vidēji mēnesī	5.2	-0.6	34.1	95.8
Maijs 2020	1	10.0	-0.2	6.0	41.1
	2	6.5	-5.4	22.7	117.6
	3	12.0	-1.2	4.9	23.2
	Vidēji mēnesī	9.6	-2.2	33.6	61.1
Jūnijs 2020	1	15.0	0.4	51.3	213.8
	2	19.4	4.9	21.8	73.9
	3	21.1	5.5	26.2	94.6
	Vidēji mēnesī	18.5	3.6	99.3	122.3
Jūlijs 2020	1	15.5	-1.6	22.3	109.3
	2	17.2	-0.6	12.9	39.2
	3	15.9	-1.8	97.8	299.1
	Vidēji mēnesī	16.2	-1.3	133.0	154.7
Augusts 2020	1	18.3	0.6	10.8	44.1
	2	17.0	0.6	0.1	0.4
	3	15.2	0.3	28.8	85.2
	Vidēji mēnesī	16.8	0.5	39.7	48.7

* Ilggadīgie vidējie rādītāji (norma) aprēķināti laika periodam 1981.-2010. g.



Meteoroloģiskie rādītāji 2021. gadā

(dati no LVĢMC meteoroloģisko novērojumu stacijas Priekuļi)

Mēnesis, gads	Dekāde	Vidējā gaisa temperatūra, °C		Nokrišņu daudzums, mm	
		Vidēji	Novirze no ilgg. datiem*	Summa, mm	% no ilgg. datiem*
Aprīlis 2021	1	2.5	-1.1	15.0	111.9
	2	8.7	3.4	0.4	3.4
	3	4.5	-4.0	24.0	224.3
	Vidēji mēnesī	5.2	-0.6	39.4	110.7
Maijs 2021	1	6.7	-3.5	39.6	271.2
	2	13.9	2.0	19.2	99.5
	3	11.1	-2.1	61.6	291.9
	Vidēji mēnesī	10.6	-1.2	120.4	218.9
Jūnijs 2021	1	17.3	2.7	7.5	31.3
	2	19.0	4.5	6.6	22.4
	3	22.1	6.5	47.9	172.9
	Vidēji mēnesī	19.5	4.6	62.0	76.4
Jūlijs 2021	1	23.2	6.1	1.0	4.9
	2	23.0	5.2	2.5	7.6
	3	19.1	1.4	40.0	122.3
	Vidēji mēnesī	21.7	4.2	43.5	50.6
Augusts 2021	1	16.8	-0.9	25.0	102.0
	2	16.4	0.0	40.9	175.5
	3	13.8	-1.1	28.1	83.1
	Vidēji mēnesī	15.6	-0.7	94.0	115.2

* Ilggadīgie vidējie rādītāji (norma) aprēķināti laika periodam 1981.-2010. g.



Meteoroloģiskie rādītāji 2022. gadā
(dati no LVĢMC meteoroloģisko novērojumu stacijas Priekuļi)

Mēnesis, gads	Dekāde	Vidējā gaisa temperatūra, °C		Nokrišņu daudzums, mm	
		Vidēji	Novirze no ilgg. datiem*	Summa, mm	% no ilgg. datiem*
Aprīlis 2022	1	1.7	-2.0	37.5	238.9
	2	5.6	0.0	6.7	46.9
	3	6.9	-2.1	5.3	44.9
	Vidēji mēnesī	4.7	-1.4	49.5	118.4
Maijs 2022	1	8.4	-1.7	2.7	18.6
	2	10.1	-1.8	33.9	161.4
	3	11.6	-1.7	41.1	186.0
	Vidēji mēnesī	10.1	-1.7	77.7	135.1
Jūnijs 2022	1	15.3	0.3	20.0	105.8
	2	15.1	-0.2	32.5	99.4
	3	21.7	5.9	0.0	0.0
	Vidēji mēnesī	17.3	1.9	52.5	62.6
Jūlijs 2022	1	19.0	1.8	11.0	43.8
	2	15.8	-2.1	35.4	127.8
	3	18.1	-0.5	14.8	46.5
	Vidēji mēnesī	17.6	-0.3	61.2	72.3
Augusts 2022	1	18.1	0.0	55.5	226.5
	2	22.2	5.5	0.0	0.0
	3	19.9	4.4	62.5	201.6
	Vidēji mēnesī	20.1	3.4	118.0	139.5

* Ilggadīgie vidējie rādītāji (norma) aprēķināti laika periodam 1981.-2010. g.

2. pielikums

Sapropela paraugu ķīmiskās un minerālās testēšanas metodes

Nosakāmais rādītājs, mērvienība	Testēšanas metode
Kopējais sausnas saturs (mitrs paraugs), %	LVS EN ISO 6498:2012, 7.5
Sausna, %	ISO 6496:1999
Slāpekļis / Kopproteīns, % (sausnā)	LVS EN ISO 5983-2:2009
Tīrproteīns, % (sausnā)	*Barnšteina metode
Koksķiedra, (māli), % (sausnā)	ISO 5498:1981
NDF, %(sausnā)	LVS EN ISO 16472:2006
ADF, % (sausnā)	LVS EN ISO 13906:2008
Tauki, % (sausnā)	ISO 6492:1999
Koppelni, % (sausnā)	ISO 5984:2002/Cor 1:2005
Ca, % (sausnā)	LVS EN ISO 6869:2002
P, % (sausnā)	ISO 6491:1998
K, % (sausnā)	*LVS EN ISO 6869:2002
Mg, % (sausnā)	LVS EN ISO 6869:2002
Na, % (sausnā)	LVS EN ISO 6869:2002
Zn, mg/kg (sausnā)	*LVS EN ISO 6869:2002
Cu, mg/kg (sausnā)	*LVS EN ISO 6869:2002
Fe, mg/kg (sausnā)	*LVS EN ISO 6869:2002
Mn, % (sausnā)	*LVS EN ISO 6869:2002
Etīkskābe, %	*ГОСТ 23637-90, ГОСТ 23638-90
Sviestskābe, %	
Pienskābe, %	
pH	ГОСТ 26180-84 met. 3
Amonija slāpekļis (N/NH ₄), g/kg	*ГОСТ 26180-84 met. 2
Ogleklis un sērs	CS-500 analizatora metode
Sagremojamība, % (sausnā)	*Aprēķins

* neakreditētas metodes

1)

3. pielikums

Bruto seguma aprēķini:

Ziemas rudzi:

http://llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/rudzi_ar_savu_tehniku_6.pdf

Kartupeļi:

http://llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/kartupeli_16.pdf

Lauka pupas:

http://llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/lauka_pupas_ar_savu_tehniku_1.pdf