

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
GEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

Lipīdu sastāva izpēte Latvijā invazīvu augu sēklās
BAKALaura DARBS

Autors: Liega Krasovska
Stud.apl.: lk20155
Darba vadītājs: Msc.Biol. Linards Kļaviņš

RĪGA, 2022

ANOTĀCIJA

Kanādas zeltgalvīte (*Solidago canadensis*), daudzlapu lupīna (*Lupinus polyphyllus*), puķu sprigane (*Impatiens glandulifera* Royle), Sosnovska latvānis (*Heracleum Sosnowsky*) – ir Eiropā un arī Latvijā plaši izplatītas invazīvās augu sugas. Bakalaura darba mērķis ir veikt minēto invazīvo augu sēklu lipīdu ekstrakciju ar organiskajiem šķīdinātājiem – heksānu, etilacetātu, dihlormetānu un satura izpēti un sēklu sastāvā esošo lipīdu kvalitatīvu un kvantitatīvu raksturojumu, veicinot ātraudzīgo invazīvo augu saražotās biomasas izmantošanu jaunu, inovatīvu produktu izstrādē. Eksperimentos iegūtie rezultāti ļauj spriest par invazīvo sugu radīto bioloģisko atkritumu izmantošanas potenciālu.

Pētījumā tika secināts, ka invazīvo augu sēklu pārstrādē ir iespējams izdalīt dažādus lipīdu klases savienojumus, kuru daudzums ekstraktā atšķiras atkarībā no izmantotā šķīdinātāja. Ķīmiskā sastāva analīze liecina, ka invazīvo augu sēklu biomasa ir ar potenciāli augstu vērtību un var tikt izmantota jaunu produktu izstrādē vai esošo produktu ražošanas optimizācijā, izvērtējot sastāvdaļu rentabilitāti un dārdzību.

Atslēgas vārdi: invazīvās sugas, ekstrakcijas metodes, lipīdi, sēklas.

ABSTRACT

Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*), large-leaved lupine (*Lupinus polyphyllus*), Indian Balsam (*Impatiens glandulifera* Royle), Sosnowsky's hogweed (*Heracleum Sosnowsky*) are widespread invasive plant species in Europe and Latvia as well. The aim of the bachelor's thesis is to study the content of lipid extracts of the mentioned invasive plant seeds, to identify the lipids in the seeds, to promote the use of biomass produced by fast-growing invasive plants in the development and producing of new, innovative products. The results obtained in the experiments allowed to explore the possibilities of use of the generated biological waste. In the course of the work, the seeds of all the mentioned plant species were studied. Plant seeds were extracted using organic solvents – ethyl acetate, dichloromethane and hexane. To investigate content of lipids individual substances were identified and quantified.

The study concluded that in the processing of invasive plant seeds, it is possible to isolate different lipid class compounds, the amount of which in the extract differs between different solvents. The analysis of the chemical composition shows that the seed biomass produced by invasive plants is of potentially high value and can be used to develop new products or optimize the production of existing products by assessing the profitability and cost of the ingredients.

Keywords: invasive species, extraction methods, lipids, seeds.

Saturs

ANOTĀCIJA	2
ABSTRACT.....	3
IEVADS	6
1.LITERATŪRAS APSKATS.....	8
1.1.INVAZĪVO AUGU RADĪTĀS PROBLĒMAS UN TO RISINĀŠANA ŠOBRĪD.....	8
1.2.INVAZĪVIE AUGI	9
1.2.1. <i>Solidago canadensis</i> - Kanādas zeltgalvīte	9
1.2.2. <i>Lupinus polyphyllus</i> – Daudzlapu lupīna	14
1.2.3. <i>Heracleum sosnowsky</i> – Sosnovska latvānis.....	17
1.2.4. <i>Impatiens glandulifera</i> Royle – puķu sprigane	22
1.3.LIPĪDI	26
1.4.LIPĪDU EKSTRAKCIJAS METOŽU APRAKSTS.....	28
1.5.LIPĪDU EKSTRAKTU ANALĪZES METOŽU APSKATS	30
1.6.DARBĀ PĒTĪTO INVAZĪVO AUGU ĶĪMISKAIS SASTĀVS.....	32
1.6.1. Pētīto invazīvo augu sastāvdaļu apkopojums.....	33
1.7.INVAZĪVO SUGU LOMA BIOEKONOMIKAS ATTĪSTĪBĀ	34
2.MATERIĀLI UN METODEDES	35
2.1.IZMANTOTĀS VIELAS UN APARATŪRA.....	35
2.2.PARAUGU IEVĀKŠANA UN SAGATAVOŠANA ANALĪZEI	36
2.3.LIPĪDU EKSTRAKTU IEGŪŠANA.....	36
2.3.LIPĪDU EKSTRAKTU ANALĪZE.....	38
2.4.REZULTĀTU IEGŪŠANA UN APSTRĀDE.....	39
3.REZULTĀTI UN DISKUSIJA	42
3.1. LIPĪDU EKSTRAKTOS IDENTIFICĒTO UN KVANTIFICĒTO VIELU SKAITA SALĪDZINĀJUMS	42
3.2.LIPĪDU EKSTRAKTOS KVANTIFICĒTO VIELU DAUDZUMS	44
3.3. LIPĪDU EKSTRAKTA SATURA SALĪDZINĀJUMS PĒTĪTAJIEM AUGIEM, IZMANTOJOT ATŠĶIRĪGUS ŠĶĪDINĀTĀJUS	45

3.4.LIPĪDU EKSTRAKTOS KVALIFICĒTO PIESĀTINĀTO UN NEPIESĀTINĀTO TAUKSKĀBJU DAUDZUMA SALĪDZINĀJUMS.....	48
SECINĀJUMI.....	52
PATEICĪBAS.....	53
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	54
PIELIKUMI	61

IEVADS

Invazīvajām sugām ir negatīva ietekme uz dabu, ekonomiku un cilvēku veselību. Tās ir viens no galvenajiem bioloģiskās daudzveidības samazināšanās cēloņiem kopā ar biotopu izmaiņām (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020).

Augu suga tiek atzīta par invazīvu Latvijā, ja tā: samazina bioloģisko daudzveidību (pēc ekoloģiskā vērtējuma), rada ekonomiskus zaudējumus, rada kaitējumu cilvēka veselībai, pasliktina rekreācijas resursu kvalitāti (Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi, 2008).

Invazīvās sugas galvenokārt izplatās cilvēka darbības dēļ, bieži vien neapzināti. Taču iemesls ir arī klimata pārmaiņas: vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās, nokrišņu daudzuma un intensitātes izmaiņas ļauj dažām dzīvo organismu sugām izplesties jaunās teritorijās.

Invazīvas sugas nodara kaitējumu vietējai florai un faunai. Draudi ir gan tieši, gan pastarpināti. Ja ekosistēmā ienāk jauna suga, tai var nebūt dabisku ienaidnieku vai regulējošo faktoru. Parasti tā ātri vairojas un pārņem plašas teritorijas. Vietējiem savvaļas augiem vai dzīvniekiem nepieciešams pietiekami ilgs laiks, lai izveidotos aizsardzība pret svešo sugu, tāpēc tie bieži vien zaudē konkurences cīņā strauji ienākušajām sugām par barības resursiem un dzīves platībām. Invazīvās sugas pārnēsā slimības, kas apdraud vietējo augu vai dzīvnieku veselību un dzīvību.

Invazīvo sugu netiešie draudi izpaužas kā izmaiņas ekosistēmas barības tīklā, iznīcinot vai aizstājot vietējos barības vielu avotus. Invazīvās sugas maina arī sugu līdzsvaru un ietekmē ekosistēmu stāvokli. Piemēram, puķu sprigane mitrās upju un ezeru piekrastēs veido lielas un blīvas audzes, kur daudzi vietējie augi iznīkst. Tas aktivizē krastu noskalošanās procesus, jo vairs nav to augu, kuri ar savām saknēm stabilizēja krastus. Mežos izveidojušās puķu sprigaņu audzes pārmāc jaunus kokus un palēnina meža atjaunošanos (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020).

Lai arī invazīvās sugas atstāj negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi, tomēr šobrīd vienotas izplatību ierobežojošas metodes nav izstrādātas citiem invazīvajiem augiem, izņemot Sosnovska latvāni (*Heracleum Sosnowsky*) (Deduments, 2019). Latvijā par invazīvām vai potenciāli invazīvām atzītas 36 augu sugas (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020), tostarp visas

darbā izmantotās. Bakalaura darba gaitā veiktais pētījums ļaus izvērtēt iespējamās šī brīža augošo invazīvo augu radīto bioloģisko atkritumu izmantošanas potenciālus.

Noskaidrojot augu lipīdu ekstraktu saturu, var rast veiksmīgus to radīto bioloģisko atkritumu pielietošanas veidus. Šobrīd invazīvo augu izplatība Latvijā rada problēmas un līdzekļi cīņā ar tiem nav pietiekami, tāpat arī trūkst vienotu vadlīniju visā valstī cīņai ar invazīvajiem augiem (Deduments, 2019). Visi darbā izmantotie augi agresīvi pārņem gan jaunas, gan jau esošās platības, tie rada lielu biomasu, ir ātraudzīgi pat nabadzīgās augsnēs, bet līdz šim nav veikti pētījumi par tajos atrodamajām bioloģiski aktīvajām vielām. Atrisinot problēmu, kur likt radušos atkritumus un kā šos augus var izmantot, tiks aktualizēta arī citu invazīvo augu radīto problēmu risinājumu meklēšana.

Darba mērķis: Izpētīt invazīvo augu sēklu - Kanādas zeltgalvītes (*Solidago canadensis*), daudzlapu lupīnas (*Lupinus polyphyllus*), puķu spriganes (*Impatiens glandulifera* Royle), Sosnovska latvāņa (*Heracleum Sosnowsky*) - lipīdu ekstrakcijas iespējas, izmantojot organiskos šķīdinātājus – etilacetātu, heksānu, dihlormetānu - un veikt iegūto ekstraktu kvalitatīvu un kvantitatīvu analīzi.

Darba uzdevumi:

1. Augu sēklu ievākšana un sagatavošana ekstrakcijai;
2. Ekstrakcija, izmantojot organiskos šķīdinātājus;
3. Veikt gāzu hromatogrāfijas un masas spektrometrijas analīzi iegūtajiem paraugiem;
4. Izvērtēt iegūtos rezultātus un invazīvo augu sēklas izmantošanas iespējas, lai iegūtu lipīdu komponentus ar funkcionālu nozīmi.

Darbs satur 60 lapaspuses, 23 attēlus, 2 tabulas.

1.LITERATŪRAS APSKATS

1.1.INVAZĪVO AUGU RADĪTĀS PROBLĒMAS UN TO RISINĀŠANA ŠOBRĪD

Invazīvie augi ir vietējai dabai neraksturīgas augu sugas, kas nekontrolēti izplatās un tādā veidā apdraud vietējos augus un to dzīvotnes. Invazīvo augu izplatības rezultātā tiek radīts kaitējums videi, kā arī var tikt radīti ekonomiski zaudējumi, piemēram, cenšoties šo sugu izplatību apkarot. Nereti šīs augu sugas ir arī indīgas un var nodarīt kaitējumu cilvēka veselībai un pat dzīvībai. Tāpat invazīvie augi var kalpot par augu slimību un kaitēkļu ieviesējiem reģionā. Eiropā par jautājumiem, kas saistīti ar invazīvajām sugām atbild organizācija NOBANIS (European Network on Invasive Alien Species), taču katrai valstij un reģionam ir savas atbildīgās institūcijas, Latvijā – Valsts Augu Aizsardzības dienests (VAAD) (Plotņikova, 2012).

Šo sugu radītās invāzijas jau tagad rada draudus ekosistēmai valstī, par ko ir satraukušies arī kaimiņvalstu vides speciālisti, tomēr masu medijos paustā informācija liecina, ka aktīvākas darbības šajā kontekstā notiek Lietuvā. Saskaņā ar pieejamo informāciju, šobrīd Lietuvā ir apzinātas aptuveni 548 svešzemju augu sugas, no kurām 46 sugas ir invazīva rakstura, savukārt aptuveni 60 citas sugas tiek uzskatītas par potenciāli invazīvām, kas pagaidām netiek atzītas par invazīvām, taču ir ar tendenci nākotnē radīt nopietnas ekoloģiskas problēmas.

Valsts mērogā cīņa ar svešzemju sugām ir uzskatāma par ļoti svarīgu soli, lai novērstu bioloģiskās daudzveidības izzušanu. Tomēr, mērķtiecīga invazīvo augu sugu ierobežošana pamatā notiek vien ar Sosnovska latvāni, lai arī Dabas aizsardzības pārvaldes invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu sarakstā iekļautas 36 sugas. Cīņai ar parējām invazīvajām sugām ir izstrādāti vien ieteikumi, ko katra pašvaldība ir tiesīga regulēt pati (Deduments, 2019).

Ieteikumi preventīvo un kontroles pasākumu veikšanai vai cīņai ar jau esošām invazīvo augu plantācijām Cēsu novadā:

1) regulāri informēt iedzīvotājus:

- par invazīvo sugu kaitīgumu un draudiem videi;
- to īpašībām un pazīmēm;
- ierobežošanas metodēm

2) novērst invazīvo sugu sēklu izplatīšanos;

3) nepieļaut sēklu nonākšanu vietās, kur iepriekš nav atklātas invazīvo augu audzes;

4) aizliedz invazīvo sugu augu tirdzniecību, sēju un stādīšanu parkos, dārzos un atklātās vietās;

5) novērst neparedzētas sēklu ieviešanas iespējamību, piemēram, pārvadājot ar tām piesārņotu melnzemi vai kompostu, kurā var atrasties invazīvo augu sēklas.

6) nepārtraukti iznīcināt invazīvo augu populācijas, kas izveidojušās gar transporta maģistrālēm (ceļiem, dzelzceļiem);

7) iespējami apdraudētajās platībās veikt saimniecisko darbību, platību intensīvu ikgadēju, pēc iespējas ilggadīgāku izmantošanu;

8) veikt zālāju un krūmāju apsaimniekošanu (apļaušanu vai noganīšanu);

9) nopļautajās platībās sekmēt citu augu augšanu (novācot nopļauto masu, lai tā nebojā augu segu, dod vietu citu augu augšanai, kā arī neradītu brīvas vietas invazīvu augu audžu veidošanai);

10) regulāri apsekot un uzmanīt neapsaimniekotās platības;

11) uzturēt dabiskās vides kvalitāti un daudzveidību teritorijās, ko apdraud potenciāli bīstamo sugu invāzija;

12) nepieļaut zemesdzīves bojājumus krūmainēs un citās vietās, kur ir paaugstināti šo sugu invāzijas draudi (Atvara, 2019).

Tā kā šie noteikumi ir vien preventīvi un valstī nav vienotu vadlīniju cīņā ar citiem invazīvajiem augiem, izņemot Sosnovska latvāni, tad zemju īpašnieki netiek uzraudzīti, vai savās apsaimniekotajās platībās ieteikumus ievēro.

Jāpiebilst, ka tieši Cēsu novads ir viens no tiem, kurā invazīvo augu apkarošanai tiek pievērsta liela uzmanība (Dienas ziņas, 2019).

1.2.INVAZĪVIE AUGI

1.2.1.*Solidago canadensis* - Kanādas zeltgalvīte

Solidago canadensis L., *Asteraceae* - asteru dzimta, literatūrā minēts arī kā *S. altissima* L., *S. canadensis ssp. altissima* (L.) Bolos & Vigo, *S. canadensis* vai *scabra* Torr. & A.Gray.

Solidago canadensis (1.1. attēls) ir daudzgadīgs, no 70-210 cm augsts cerus veidojošs lakstaugs. Stublājs stāvs, apakšā gandrīz kails vai apaudzis ar retiem sariņiem un matiņiem. Stublāja lapas ar trim izteiktām dzīslām, šauri lancetiskas vai olveidīgi lancetiskas, 5–19 cm garas un 0,5–3,0 cm platas. Vidējo stublāja lapu malas ar 3–8 lieliem ķīļiem un vairākiem daudz mazākiem zobīņiem. Lapas plātnes virspuse klāta retiem matiņiem vai gandrīz kaila, apakšpuse klāta retiem matiņiem un sariņiem. Saliktā ziedkopa skarveidīga, ar gariem un izliektiem apakšējiem zariem. Salikto ziedkopu veido 150–1300 vai vairāk kurvīšu. Kurvītis ar 8–14 mēlziediem un 3–6 stobrziediem. Zied no augusta līdz oktobrim. Auglis – 1,0–1,5 mm garš sēkulis (Gudžinskas et al, 2014).



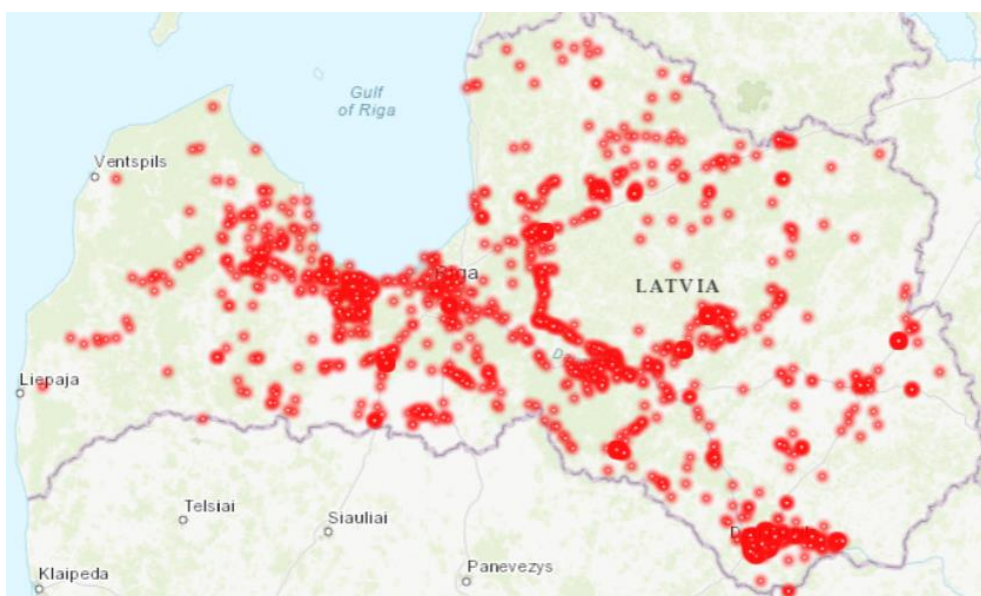
1.1.attēls *Solidago canadensis* audze pa kreisi (foto N. Romanceviča), un tā sēklas fotogrāfijā pa labi (autores foto).

Sugas izplatība un introdukcija

Kanādas zeltgalvītes dabiskais izplatības areāls ir Ziemeļamerikas austrumos - ASV ziemeļaustrumu un Kanādas dienvidaustrumu daļa. Tomēr citur Ziemeļamerikā tā tiek uzskatīta par invazīvu. (Kabuce et al, 2010).

S. canadensis ir viens no senākajiem dekoratīvajiem augiem, ko ieveda Eiropā no Ziemeļamerikas. Anglijā tas zināms kopš 1645. gada. Suga pirmo reizi kultivēta botāniskajos dārzos un izplatīta stādaudzētavās. Tā kā suga viegli ieaug un ir koša, to plaši izmantoja dārznieki, kas deva iespēju sugai paplašināt savu sekundāro izplatības areālu Centrāleiropas un Rietumeiropas valstīs, kopš 19.gs. suga Austrijā pirmo reizi tiek audzēta 1838. gadā, Vācijā 1853.g. un 1863.g. - Beļģijā. Vācijā savvaļā Kanādas zeltgalvīte pirmo reizi parādījās 1857. g., Zviedrijā - 1864.g., Dānijā - 1866. g., Polijā - 1872.g., Norvēģijā - 1887.g., Igaunijā - 1807.g., Somijā - 1910.g. un Lietuvā 1983.g. (*S. canadensis s.l.*, bet 1991.g. Akmenes rajona Vieکشnos

savvaļā reģistrēja *S. canadensis* s. s.). Krievijā suga pazīstama kopš 18.gs. beigām, taču pirmā reģistrētā naturalizējusies populācija ārpus dārziem, ir 1885. g. Rīgā suga ieviesta 19. gs. sākumā no Rietumeiropas. Kanādas zeltgalvīte reģistrēta augu un sēkļu tirgotāja J. H. Cigras (Zigra) katalogos 1805. un 1817. g. Uzņēmums bija populārs visā cariskajā Krievijā, jo piegādāja visdažādākos krāšņumaugu stādu materiālus, tostarp kopš 1805. g. arī ziemciešu puķes. Cigras katalogā *Solidago* pasugas sortiments bija plašs - kopumā 17 sugas, no kurām populāra kļuva tikai *S. canadensis*. Vecākie saglabājušies herbāriju materiāli ievākti 1906. gadā Koknesē pie pilsdrupām, taču nav zināms, vai Koknesē suga atrasta savvaļā vai stādījumos (Priede, 2008).



1.2.attēls. Kanādas zeltgalvītes izplatība Latvijā, situācija 2021.gadā (Dabas aizsardzības pārvalde, 2021).

S. canadensis introducēja no Ziemeļamerikas uz Eiropu kā dekoratīvu augu un to bieži kultivēja botāniskajos dārzos un privātajos dārzos. Piemēram, Somijā ir skaidri izsekojams, kā suga izveido audzes ārpus tuvējiem un attālajiem mazdārziņiem vai vecajiem muižu parkiem.

Šobrīd suga veido bagātīgas audzes Ziemeļ-, Centrālajā un Austrumeiropā. Daudzās Eiropas valstīs suga ir iekļauta invazīvo augu sarakstā un tiek uzskatīta par agresīvu. Kanādas zeltgalvīte ir naturalizējusies arī Norvēģijā un Zviedrijā, tāpat plaši izplatījusies Polijā (lielākoties valsts dienvidu un centrālajā daļā). Somijā naturalizējusies un izplatīta dienvidos, blīvi apdzīvotu vietu tuvumā. Šveicē, Beļģijā, Dānijā, suga iekļauta invazīvo sugu sarakstā (Kabuce et al, 2010). Igaunijā suga izplatīta sporādiski un veido bagātīgas audzes pilsētu tuvumā. Gan Latvijā (1.2.attēls), gan Lietuvā *S. canadensis* ir bieži sastopama suga, īpaši pilsētu teritorijās, apdzīvotu vietu tuvumā. Krievijas Eiropas daļā tā ir naturalizējusies lielākajā daļā

rajonu, izņemot ziemeļus, kur aizņem ruderālus biotopus. Baltijas valstīs suga atzīta par invazīvu un iekļauta invazīvo sugu sarakstā (Priede, 2008).

Ekoloģija

Kanādas zeltgalvīte aug dažādās klajās vietās gan sausā, gan arī vidēji mitrā augsnē, bet nereti veido plantācijas arī diezgan mitrā augsnē. Aug pļavās, ceļmalās, atmatās, klajumos, upju un citu ūdenskrātuvju piekrastēs (Priede, 2008). Atsevišķi *S. canadensis* indivīdi var sasniegt 100 gadu vecumu. Atsevišķas īsas atvases var palikt veģetatīvā stāvoklī 1-3 gadus, taču pie labvēlīgiem apstākļiem spēj reprodutīvi vairoties jau pirmajā dzīves gadā. Ziedēšana sākas jūlija beigās, bet masveidā ziedēšana tiek novērota no augusta vidus līdz septembra beigām, dažreiz turpinās arī oktobrī (Priede, 2008).

Kanādas zeltgalvīte ir svešappute, ko apputeksnē kukaiņi, tos piesaista koši dzeltenā ziedu krāsa un saldā smarža. *S. canadensis* izplatās gan ar sēklām, gan veģetatīvi - ar sakņu fragmentiem. Sēklas veidojas lielā daudzumā - Eiropā viens augs spēj ražot > 10 tūkst. sēklu. Sēklas izsējas tālu, nodrošinot jaunu teritoriju kolonizāciju. Sēklas, krītot no 1 m augstuma virs augsnes, ar vēja ātrumu līdz 5 m/s, izsējas vidēji 0,3 m (0,6-2,4 m). Izplatīšanās tuvākos attālumos notiek ar sakņu fragmentiem. Populācija izplešas galvenokārt veģetatīvi (Gassman et al, 2005).

Ietekme

Nejauša introdukcija iespējama notiek cilvēka darbības rezultātā, piemēram, izmetot atkritumos augu fragmentu no ziedu kompozīcijas. Dārzos noziedējušos augus bieži nogriež un izmet komposta kaudzēs, ja blakus tek strauts vai jebkāda cita ūdenstece, to straume var izplatīt augus ar visām sēklām. Tādā pašā veidā sakņu fragmenti veģetatīvi var veidot jaunas populācijas gar upēm. Sēklas un saknes var izplatīt arī izmantojot kompostu, kurā nevar izslēgt augu sakņu vai sēklu fragmentus, kā arī transportējot augsni.

Plašs *S. canadensis* sekundārais areāls ir nepareizas zemes apsaimniekošanas rezultāts, kas ļauj sugai nokļūt jaunā augšanas vietā un konkurēt ar vietējiem augiem, radot nopietnas izmaiņas un negatīvi ietekmējot floru, jo atsevišķos biotopos nekonkurētspējīgās sugas var izzust pilnībā. Kanādas zeltgalvīte pārveido dabas ainavas. Ieviesusies kādā konkrētā biotopā, suga paliek dominējoša uz ilgu laiku, jo tā ir ļoti augtspējīga. Klonālā pieauguma dēļ *S. canadensis* var veidot blīvas audzes, sasniedzot 309 dzinumus/m² (Kabuce et al, 2014).

Dabiskajā izplatības areālā vienā populācijā var būt dažādas sugas ģenētiskās variācijas. Eiropā atzīmēta plaša ģenētiskā mainība gan pēc fenoloģiskajām, gan pēc morfoloģiskajām

pažīmēm, kā populācijas iekšienē, tā arī starp populācijām. *S. canadensis* var veidot hibrīdu ar vietējo sugu *S. virgaurea*. Tomēr, nav novērots, ka šāda hibrizācija notiktu plašā mērogā, jo Kanādas zeltgalvīte zied gandrīz mēnesi vēlāk nekā dzeltenā zeltgalvīte (Gudžinskas et al, 2014).

Neskatoties uz izplatīto uzskatu, Kanādas zeltgalvīte nespēlē lielu lomu siena drudža ierosināšanā, lai gan ziedēšanas periods sakrīt ar sezonālo siena drudža uzliesmojumu, tomēr nav galvenais slimības ierosinātājs. *S. canadensis* putekšņi var provocēt siena drudzi, bet ziedputekšņi parasti ir smagi un lipīgi, tāpēc tos pārnēsā kukaiņi vai arī tie krīt zemē netālu no auga. Retos gadījumos sausā un vējainā laikā, gaisā esošie ziedputekšņi, var kaitēt jutīgiem cilvēkiem (Deduments, 2019).

S. canadensis ir kultūraugu patogēnu pārnēsātājs. Taču īpaši pētījumi šajā jomā nav veikti. Eiropā to audzē kā dekoratīvo augu. Reģioni ar dominējošo sugu ir piemēroti medus ražošanai. Slovēnijas pētnieki uzskata, ka *S. canadensis* acetona ekstrakts, var ietekmēt citas nezāles, tās nomācot (Zekič et al, 2020). Sugu Eiropā plaši izmanto fitoterapijā alerģiju ārstēšanai, elpceļu saslimšanu un urīnceļu infekcijas ārstniecībā (Gassman et al, 2005, Blankespoor, 2017).

Ierobežošanas pasākumi

Lai novērstu turpmāku izplatīšanos, apstādījumos audzēto Kanādas zeltgalvītes ziedkopas pēc ziedēšanas nekavējoties jānogriež un jāiznīcina, nepieļaut to atstāšanu vai izmešanu kompostos. Izveidojušās audzes ir jāpļauj, lai suga tālāk neizplatītos ar sēklām. Tā kā augs var izplatīties arī ar saknēm, tad lauku ieteicams apart un apstrādāt ar ķīmiskiem un agrotehniskiem līdzekļiem. Nelielās platības augus var izrakt. Virszemes daļas nogriešana neiznīcina augu, tomēr augs kļūst vājāks un to vieglāk iznīcināt ar citiem līdzekļiem (Gudžinskas et al, 2014).

S. canadensis jau vairākus gadus tiek apkarots rajonos ap Oslo, tostarp dabas rezervātos. Visefektīvākā metode, lai kontrolētu izplatību, ir izrakšana un pļaušana pirms sēkleņu nobriešanas. Kā papildus var apstrādāt augsni un augus ar glifosfātu (Deduments, 2019). Norvēģijā Dabas Aizsardzības Direktorāts 2008. gadā izdeva ieteikumus par svešzemju sugas audzēšanas, importēšanas un apsaimniekošanas aizliegumu. Ir dažas informatīvas mājas lapas, kas sniedz ziņas par Kanādas zeltgalvītes bioloģiju, ekoloģiju un izplatību, piemēram, NeoFlora un Crop Protection Compendium.

Projekts "Sadarbība cīņā pret invazīvajām sugām ilgtspējīgai lauksaimniecībai un dabas resursu apsaimniekošanai/TEAMWORK", kas realizēts 2013. -2014. gadā Latvijā un Lietuvā, kur ir dots sugas morfoloģiskais raksturojums, preventīvie, kontroles un izskaušanas mehānismi. Ir pētījumi par sugas ķīmiskajiem savienojumiem, kas var iedarboties kā kukaiņu augšanas inhibitori (Eisenstein, 2019).

Sugai apkopoti dati par līdzšinējo sastopamību, tāpat veikti aktuālās izplatības pētījumi valsts teritorijā (Priede, 2008). Suga iekļauta invazīvo sugu monitoringa programmā kā prioritāri monitorējama invazīva augu suga. Suga uzskatāma par bīstamu, invazīvu taksonu valsts teritorijā. Uz invazīvo sugu monitoringa datu balstītas analīzes tika veikti labojumi Ministru kabineta 2008.gada 30.jūnija noteikumos Nr.468 „Invazīvo augu sugu saraksts”, papildinot to ar Kanādas zeltgalvīti (Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi 2008).

1.2.2. *Lupinus polyphyllus* – Daudzlapu lupīna

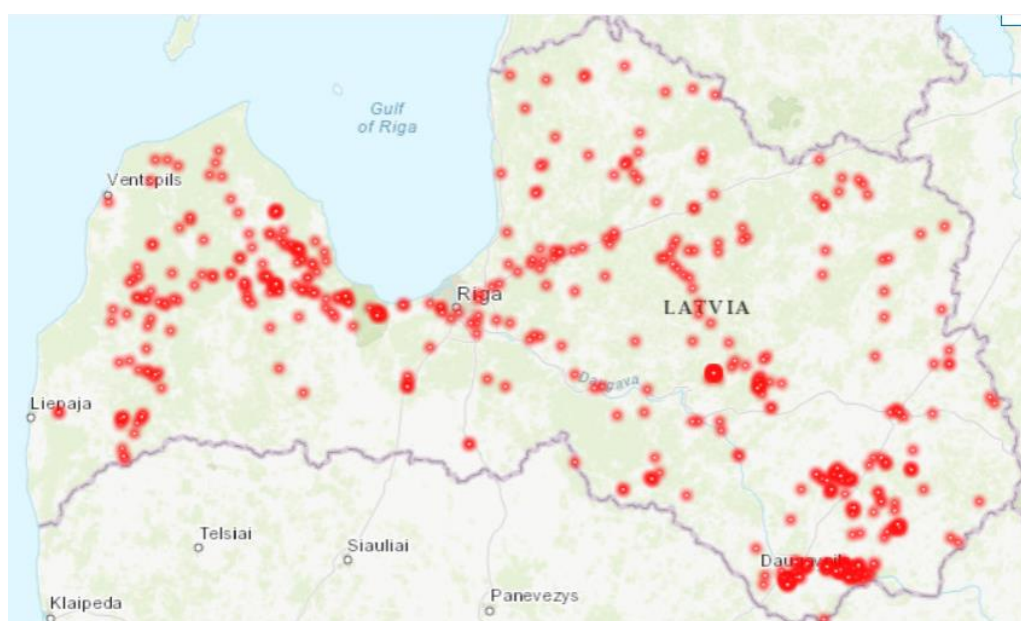
Lupinus polyphyllus Lindl., *Fabaceae* - tauriņziežu dzimta. *Lupinus polyphyllus* (1.3.attēls) ir daudzgadīgs, 60–110 cm liels, retāk līdz 150 cm augsts, cerus veidojošs, pūkains augs ar resniem sakneņiem. Viens cers parasti izdzen 4–8 stublājus, bet ir arī ceri ar 20 un vairāk stublājiem. Lapas ar gariem lapu kātiem, lielas, veidotas no 13–25 lancetveida lapiņām. Ziedi veidojas 30–60 cm garos galotņu ķekaros 60–150, reizēm vairāk ziediem. Ziedi lieli, dažādu nokrāsu zili, violeti, rozā, retāk balti vai tikko manāmi iedzelteni. Auglis – apmatota, sākumā zaļa, bet vēlāk melna pāksts. Sēklas olveida, pelēcīgi brūnas, ar gaišiem vai tumšiem plankumiņiem. Zied no maija beigām līdz jūnija vidum, atsevišķi augi zied līdz vasaras beigām (Gudžinskas et al, 2014).



1.3.attēls *Lupinus polyphyllus* audze pļavā pa kreisi (foto: D.Krasnopoļska), *Lupinus polyphyllus* sēklas foto pa labi (autores foto).

Sugas izplatība un introdukcijas ceļi

Daudzlapu lupīnas dabiskais izplatības areāls ir Ziemeļamerikas rietumu daļa ar okeānisku klimatu (Fremstad, 2010). Eiropā daudzlapu lupīna ieviesta Lielbritānijā, kur to sāka audzēt 1826. gadā, bet kā dekoratīvais augs tā ātri izplatījās visā Eiropā. Zviedrijā *L. polyphyllus* pirmo reizi minēts kā dārzebēglis 1870. gadā. Norvēģijā sugu sarakstā sastopama kopš 1940.gada. Somijā kā dārzebēglis 1895.gadā. Vācijā savvaļā suga konstatēta 1890. gadā, Bavārijā. Tā ir viena no 15 biežāk sastopamajām svešzemju sugām. Reikjavīkā (Islandē) *L. polyphyllus* atrasta tikai atsevišķās atradnēs kā dārzu relikts vai ruderālos biotopos. Polijā suga introducēta 1877. g., bet par invazīvu to uzskata kopš 1950. g. Krievijā pirmais ieraksts par sugas ieviešanos savvaļā ir 1960. g., Maskavā. Tā tiek uzskatīta par naturalizējušos kopš 1970.g. Igaunijā suga introducēta Tartu botāniskajā dārzā 1870.g., atsevišķos reģionos ir izbēgusi un naturalizējusies. Lietuvā savvaļā daudzlapu lupīnas pirmo reizi atklātas 1931. g., kā dārzebēglis botāniskajā dārza Kauņas apkārtnē. Lietuvā no 2004. gada. suga ierakstīta invazīvo sugu sarakstā. Visvairāk daudzlapu lupīnas izplatījās 20. gs. beigās, kad parādījās daudz neizmanto tu zemes platību – novārtā atstātu pļavu un neapstrādātu lauku. Latvijas teritorijā *L.polyphyllus* tikušas introducētas jau 19.gs. Pirmos herbārija vākumus ar ģeogrāfiskas vietas norādi ievācis Kupfers, Rīgā, 1916. g. 1921. g. ievākti herbāriji lupīnu kultivācijas vietās un zālajos Plāņupes apkārtnē un Kastīrē, kas norāda, ka ap šo laiku lupīnas Latvijā jau tikušas samērā plaši kultivētas lauksaimniecības zemēs (Priēde, 2008).



1.4.attēls Daudzlapu lupīnas izplatība Latvijā, situācija 2021. gadā.(Dabas aizsardzības pārvalde, 2021).

Eiropas ziemeļu valstīs *L. polyphyllus* tika apzināti ieviesta kā dekoratīvs stādījums. Vēlāk tika izmantota kā vērtīga lopbarības kultūra, introducēta arī rekultivācijas un augsnes ielabošanas nolūkos, sēta koku plantācijās kā slāpekļa piesaistītājs (Priede, 2008). Šobrīd Lielbritānijā *L. polyphyllus* ir retāk sastopama, taču sugas statuss ir dārzbēglis. Norvēģijā to stāda dārzos, no kurienes arī suga izplatās savvaļā. Somijā suga izplatījies dienvidos, retāk Ālandu arhipelāgā un provincēs uz ziemeļiem no polārā loka. Tālāk uz dienvidiem ieviešas savvaļā un neapstrādātajās zemēs no kultivētiem laukiem. Krievijā suga izplatījies Eiropas daļas ziemeļrietumu, centrālajā, rietumu un austrumu daļā. Polijā daudzlapu lupīna ir konstatēta visā valsts teritorijā, ar vairāk kā 1000 atradnēm. Vācijā *L. polyphyllus* izplatīts ļoti bieži un ir viena no 15 visizplatītākajām svešzemju sugām valstī (Gudžinskas et al, 2014). Igaunijā suga ir izplatīta valsts dienvidaustrumos, taču reti sastopama rietumu salās. Lietuvā suga sastopama diezgan bieži un ir iekļauta invazīvo sugu sarakstā, aizņem lielas platības un iekļauta iznīcināmo sugu sarakstā. Latvijā tā sastopama visā valsts teritorijā (1.4.attēls) un iekļauta invazīvo sugu sarakstā (Gudžinskas et al, 2014).

Ekoloģija un ietekme

Aug dažādās vietās, visbiežāk – maz izmantotās vai pavisam pamestās pļavās, atmatās, ceļmalās, nogāzēs, mežmalās un skrajās priežu audzēs, kā arī meža kvartālu stīgās. Veido lielas audzes, nereti ir dominējošā augu sabiedrību suga (Priede, 2008). Zied no maija beigām līdz jūnija vidum. Sēklas nobriest vasaras beigās. Pākstīs ir 4-10 sēklas, kuras izplatās tuvu mātes augam. Nereti suga var izplatīties arī veģetatīvi - ar sakneņiem. Sēklu dīgtspēja saglabājas vairāk kā 50 gadus (Fremstad, 2010). *L. polyphyllus* izplatās galvenokārt ar sēklām. Ārpus vietām, kur tā tiek audzēta, tā nonāk ar sēklām, kas tiek pārvietotas nejauši ar transporta līdzekļiem (īpaši ceļmalās), transportējot augsni (Gudžinskas et al, 2014).

Daudzlapu lupīna veido simbiozi ar slāpekli fiksējošajām gumiņbaktērijām, tāpēc tās bagātina augsni ar slāpekļa savienojumiem. To audzēs drīz vien sāk augt citi slāpekli mīlošie augi – nātres, vībotnes, usnes un tamlīdzīgas sugas. Vietās, kur izplatījies daudzlapu lupīna, ātri mainās pļavu un smiltāju augu sabiedrības, izzūd nekonkurētspējīgie vietējie augi. Dažreiz aug mitrās pļavās. Arī mežos daudzlapu lupīnas stipri izmaina augu sabiedrības, taču gaismas trūkuma dēļ blīvos lapkoku mežos daudzlapu lupīnas ar laiku iznīkst (Gudžinskas et al, 2014).

Austrumeiropā *L. polyphyllus* nav radniecīgu sugu, nepastāv hibridizācijas draudi. (Gudžinskas et al, 2014). Nav ziņu par sugas ietekmi uz cilvēka veselību, bet augs un tā sēklas

satur alkaloīdus, kuri aitām un liellopiem, pārmērīgi izmantojot barībā, var būt kaitīgi (Priede, 2008). *L. polyphyllus* ir nozīmīgs lauksaimniecības augs - stādīts kā zaļmēslojums vai augsnes bagātinātājs lauksaimniecības zemēs un kā barība medījumiem. Siens ar daudzlapu lupīnu var būt mazāk vērtīgs, jo augs satur alkaloīdus. Vācijā lupīnas sēj augsnes ielabošanai, īpaši nabadzīgās, skābās augsnēs kalnu rajonos. Izmanto augsnes aizsardzībai pret augsnes eroziju ceļmalās un izcirtumos. Lietuvā lupīnas sēja meža aizsardzības joslās (Priede, 2008).

Ierobežošanas pasākumi

Lai novērstu daudzlapu lupīnu tālāku invāziju, jāizvairās tās audzēt apstādījumos, bet, ja tās tiek audzētas, pēc noziedēšanas ziedkopas uzreiz jānogriež un nedrīkst pieļaut sēklu nogatavošanos. Ja plāvā, ceļmalā vai citā augtenē daudzlapu lupīna jau iemitinājusies, tā vismaz divreiz vasarā jānopļauj (uzreiz pēc ziedēšanas), lai tā nenogatavinātu sēklas un nevairotos. Retus īpatņus, kas izplatījušies ārpus lielajām audzēm vislabāk izrakt vasaras sākumā, kad izaug to ziedkopas. Šādā veidā daudzlapu lupīnas vislabāk iznīcināt plāvās un ganībās. Atmatās daudzlapu lupīnu ierobežošanai vislabāk piemērot agrotehniskos līdzekļus – lauku uzart, noecēt, bet savāktās saknes sakraut kaudzē, apsegt ar plēvi un sapūdēt (Gudžinskas et al, 2014) vai nodot biogāzes ražošanas stacijām. Igaunijā Vides Ministrija publicēja divus bukletus (2001. un 2005.) par invazīvo sugu vietējo ietekmi, iekļaujot arī faktus par daudzlapu lupīnu. Norvēģijas sugu datu banka publicēja faktu lapu par *L. polyphyllus*.

Projekts "Sadarbība cīņā pret invazīvajām sugām ilgtspējīgai lauksaimniecībai un dabas resursu apsaimniekošanai/TEAMWORK", kas realizēts 2013. - 2014. gadā Latvijā un Lietuvā, kur ir dots sugas morfoloģiskais raksturojums, preventīvie, kontroles un izskaušanas mehānismi. Par *L. polyphyllus* apkopotī dati par līdzšinējo sastopamību, kā arī veikti aktuālās izplatības pētījumi visā valsts teritorijā (Priede, 2008). Suga iekļauta invazīvo sugu monitoringa programmā kā prioritāri monitorējama invazīva augu suga. Suga uzskatāma par bīstamu, invazīvu taksonu valsts teritorijā. Uz invazīvo sugu monitoringa datu balstītas analīzes veikti labojumi Ministru kabineta 2008.gada 30.jūnija noteikumos Nr.468 Invazīvo augu sugu saraksts, papildinot to ar daudzlapu lupīnu (Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi, 2008).

1.2.3. *Heracleum sosnowsky* – Sosnovska latvānis

Latvānis (1.5.attēls) ir no 2 līdz 4 metrus augsts daudzgadīgs monokarps (tāds, kas uzdzied, nogatavina sēklas un iet bojā) augs ar lapas plātņi, kas var būt pat līdz 1,5 m gara. Ja augs ir izziedējis, tas iet bojā (Valsts augu aizsardzības dienests, 2010). Latvāņa stublāja garums

sasniedz 4 m garumu, tam ir lielas vēdekļveida lapas, kuru plūksnu gali ir noapaļoti. Stublājs dobs, rievaini ribains, ar matiņiem, lejasdaļā bieži ar sārtiem plankumiem, diametrs līdz 10 cm. Apakšējās lapas lielas, 0,5 – 1,5 m platas un garas; lapas virspuse kaila, apakšpusē dažreiz raupji matiņi uz lapas izceltajām dzīslām. Lapas plūksnainas, ar 1 – 2 (retāk 3) sānu plūksnu pāriem. Gala plūksna staraini šķelta līdz dalīta, parasti 3 segmentos. Segmentu gali strupi vai īsi smaili. Sānu plūksnas plūksnaini šķeltas un atkarībā no auga vecuma – ar vai bez kātiem. Jauno dzinumu lapām šķēlumi nelieli, vecāko dzinumu lapām tie dziļi, reizēm plūksnas pat ar kātiem. Lapas mala divkārt rupji zāgzobaina, zobaina vai nevienādi rantaina. Lapas kāts šķērsriezumā ieapaļš, dobs. Stublāja lapas ar makstīm; makstis atvērtas, pagarinātas, kailas vai ar retiem matiņiem uz dzīslām; ar labi attīstītām austiņām, maksts mala viļņaina un ar skropstiņām. Centrālās ziedkopas saliktais čemurs 20 – 40 (50) cm diametrā, ar nevienāda garuma 30 – 75 stariem, čemura forma izliekta. Čemura un čemuriņu stari ar raupjiem un īsiem matiņiem. Vainaglapas baltas, pumpuru stadijā dažreiz iesārtas. Malējo ziedu ārējās vainaglapas lielākas par pārējām, gandrīz trīsstūrainas, dalītas divās daļās. Auglis ir sauss kopauglis, kas sadalās 2 plakanos skaldeņos. Augļi eliptiski, otrādi olveidīgi, 0,7 – 0,9 cm gari un 0,5 – 0,6 cm plati (Bērziņš et al, 2007).

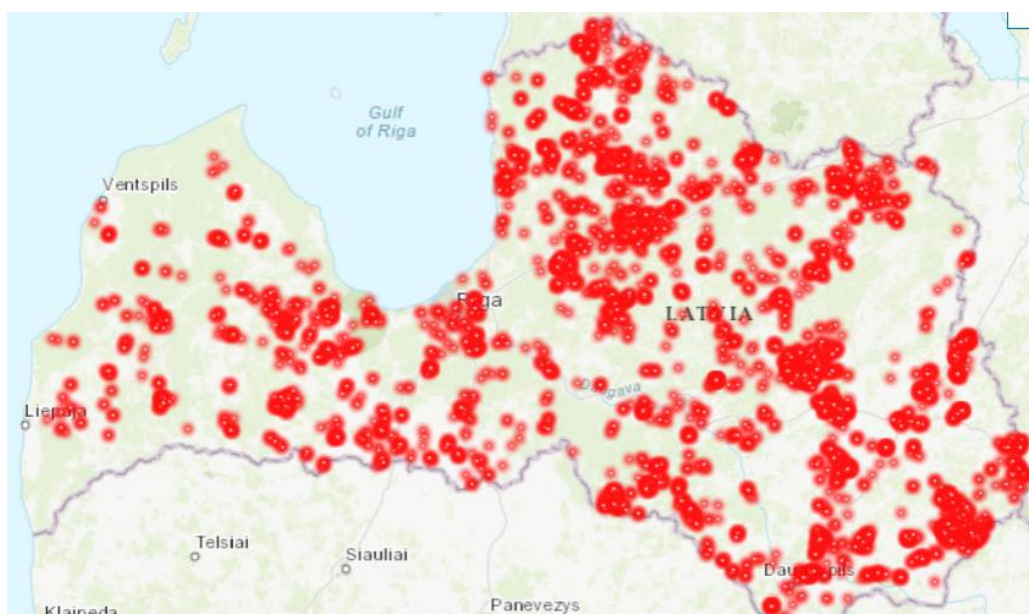
Sosnovska latvāņa jaunie dīgsti ir salizturīgi un pacieš - 4°C līdz -7°C, sākot ar otro dzīves gadu, bezsniega situācijā tie iztur līdz -25°C, bet zem sniega pat -45°C. Sosnovska latvāņi ir gaismas prasīgi un attīstības sākumā ne sevišķi pacieš noēnojumu (Valsts augu aizsardzības dienests, 2010).



1.5.attēls *Heracleum sosnowsky* audze pa kreisi un tā sēklas pa labi (foto A.Bērziņš, Valsts augu aizsardzības dienests).

Sugas izplatība un introdukcija

Latvāņa izcelsmes vieta ir Kaukāza reģions, kur tā audzes dabiski no vienas puses ierobežo kalni, bet no otras puses biezi boreāli meži. Latvijā tam šādu ierobežojumu nav, tādēļ latvānis strauji izplatās un samazina bioloģisko daudzveidību, rada ekonomiskus zaudējumus, kā arī pasliktina rekreācijas resursu kvalitāti (samazina ainavas vizuālās vērtības) un rada apdraudējumu iedzīvotājiem. Austrumeiropā Sosnovska latvānis tika ieviests galvenokārt kā perspektīvs lopbarības augs. Sākot ar 20. gs. 40. gadu beigām Sosnovska latvāni ievada un sāka audzēt Latvijā, Igaunijā, Lietuvā, Baltkrievijā, Krievijā, Ukrainā, Polijā, Ungārijā un citās valstīs. Ar latvāni invadēto teritoriju skaits dubultojas katrus 14 gadus (Valsts augu aizsardzības dienests, 2010).



1.6. attēls. Sosnovska latvāņa izplatība, situācija 2021. gadā (Dabas aizsardzības pārvalde, 2021).

Sosnovska latvānis Latvijā ievests 1950. – 60. gados kā lopbarības augs. Astoņdesmito gadu beigās un deviņdesmito gadu sākumā, mainoties lauku apsaimniekošanas politikai, tā izplatība Latvijā kļuva nekontrolējama. Latvānis strauji piesārņo ne tikai atklātās platības, bet arī ūdensteču krastus, ceļmalas, mežmalas u.c. (1.6.attēls).

Sosnovska latvāni pirmo reizi lauksaimnieciskai ražošanai iesēja 1968. gadā, kad Madonas rajona padomju saimniecība “Barkava” saņēma no PSRS Lauksaimniecības akadēmijas Karēlijas filiāles puskilogramu sēklu. Pirmais lauks 0,2 ha platībā tika apsēts pie Barkavas – Lubānas ceļa. Pagājušā gadsimta 70-to gadu beigās latvāņa sējplatība Barkavā sasniedza 40 ha, galvenokārt izvietojoties pagasta centrā. Kopā sējumi aizņēma 6 laukus, lielākais no tiem bija 15 ha platībā (Bērziņš et al, 2007). Vēl joprojām arī Madonas novads ir

ar vislielāko latvāņu izplatību Latvijā – 84,34% no Latvijā atrodamās latvāņu izplatības atrodas tieši tur (Valsts augu aizsardzības dienests, 2010).

Šobrīd invazīvo augu suga Latvijā kā vienīgā Augu Aizsardzības likumā definēta kā Latvijas dabai neraksturīga suga, kura apdraud vietējās sugas un to dzīvotnes vai rada ekonomiskus zaudējumus, kaitējumu videi vai cilvēka veselībai. Cīņa pret šo invazīvo augu uzsākta valstiskā līmenī arī citās valstīs, piemēram, Igaunijā un Anglijā. Invazīvais Sosnovska un tam līdzīgie, invazīvie, tādus pašus apdegumus veidojošie - *Mantegaca* un Persijas latvāņi - sastopami Igaunijā, Eiropas daļā Krievijā, Somijā, Latvijā, Lietuvā, Polijā, Baltkrievijā, Ukrainā, Vācijā, Anglijā, Francijā, Ungārijā un citur. Tādēļ nepieciešams uzmanīties ne tikai no Sosnovska, bet arī no *Mantegaca* un Persijas latvāņiem (Valsts augu aizsardzības dienests, 2010).

Ekoloģija un izplatība

Latvānis vairojas ar sēklām, kuras attīstās no baltiem vai viegli rozā ziediem ar dzeltenu vai zaļganu nokrāsu. Ziedi sakārtoti čemurā, kas var sasniegt līdz 50 cm diametrā. Šajā čemurā var būt līdz pat 100 tūkstošiem ziedu. Latvijā labos apstākļos latvānis var sākt ziedēt 60. – 75. dienā pēc veģetācijas atjaunošanās. Agrā ziedēšana (no jūnija līdz augustam, atkarībā no laika apstākļiem un augšanas zonas) nodrošina garu veģetācijas periodu un sekmīgu vairošanos. Sekmīgu vairošanos nodrošina arī tas, ka augs ir svešapputes, bet var notikt arī pašappute, kā arī lielais sēklu skaits – apmēram 20 tūkstošiem un vairāk. Augs pēc noziedēšanas veido eliptiskas formas ~1 cm garas sēklas. Sēklas ienākas augusta beigās vai septembra sākumā (laika posms atkarīgs no klimatiskajiem apstākļiem). Latvāņa veiksmīgo invāziju nodrošina sēklu ilgā dīgtspējas saglabāšanās (3 – 6 gadus). Augsnē atrodamo sēklu skaits uz 1 m² var būt līdz 12 000 sēklu. Visas dīgtspējīgās sēklas nedīgst, jo augi konkurē savā starpā, tiem nepieciešami resursi attīstībai (gaisma, ūdens). Latvāņi nerada arī ziedus, līdz nav sakrāts pietiekami daudz barības vielu un augam nav optimāli augšanas apstākļi. Rezultātā to dzīves ilgums var palielināties no 2 līdz pat 12 gadiem. Tik ilgi augs spēj dzīvot, jo stresa apstākļos uzkrāj rezerves barības vielas (Bērziņš et al, 2007. Valsts augu aizsardzības dienests, 2010).

Ietekme

Kad latvāņi iesakņojušies, tie ar savu milzīgo augumu, ātraudzību un zaļo masu nomāc citas augu sugas un veido paši savu augu sabiedrību. Ņemot vērā auga agresīvo attīstības modeli, novēro ļoti strauju dabisko fitocenožu piesārņošanu. Piemēram, neapstrādātā augsnē 3 gadu laikā mežmalā grīšļu, vīgriežu un citu savvaļas zāļu vietā izveidojas bieza latvāņa audze, kas veģetācijas laikā sasniedz 3 – 5 m augstumu. Sadīgstot putnu vai vēja pārnestām

sēklām, latvānis ar katru gadu arvien dziļāk iespiežas arī meža mazāk noēnotās vietās (Bērziņš et al, 2007).

Sosnovska latvāņa sula ir fototoksiska, kas ir viens no galvenajiem iemesliem tā bīstamībai. Lapu un stublāju sula satur vairākus furokumarīnus (savienojumi līdzīgi psoralenam). Sula izdalās no matiņiem, kas atrodas uz stublāja vai lapu kātiem, kā arī no bojātiem vai nogrieztiem augiem. Ja sula nonāk kontaktā ar ādu un tā tiek apstarota ar ultravioletajiem stariem saules ietekmē, furokumarīni tiek aktivēti fototoksiskos savienojumos. Ja notraipītas ķermeņa daļas nekavējoties netiek nomazgātas, sula var izraisīt ādas kairinājumu un apdegumu, uztūkumu, sūrstošas un ilgstošas čūlas aptuveni 15 – 20 stundu laikā pēc kontakta ar augu. Čūlas bieži ir kompaktas, ļoti lielas un ūdeņainas. Var būt nepieciešama pat ādas transplantācija. Bojātās ādas brūces dzīst lēni, parasti paliek tumša pigmentācija, kas dažos gadījumos attīstās atkārtotā dermatītā dažus gadus pēc tiešā kontakta (Bērziņš et al, 2007).

Latvāņu izplatības ierobežošanas izmaksas ir ļoti atkarīgas no izvēlētajās metodes izmantošanas, invadētās platības, zemes īpatnībām (Bērziņš et al, 2007). 2021.gadā izstrādāts projekts “Integrētā pārvaldība un pasākumu kopums, lai mazinātu invazīvo svešzemju sugu negatīvo ietekmi aizsargājamās teritorijās pārrobežu reģionā” ar kopējo finansējumu 560 390,94 eiro (Matisāne, 2021).

Ierobežošanas pasākumi

Latvijā aizliegts gan ievest, gan audzēt invazīvo Sosnovska latvāni. Zemes īpašnieka vai valdītāja pienākums ir to iznīcināt, ja tas izplatījies īpašumā vai valdījumā esošajā zemē. Īpašniekam vai tiesiskajam valdītājam jāsniedz VAAD iesniegums par valdītāju, ierobežošanas pasākumu veicēju un invadēto teritoriju (Garkāje, 2019). Pasaulē ir pazīstamas vairākas metodes latvāņu izplatības ierobežošanai: mehāniskās, ķīmiskās vai arī to kombinācijas (t.s. integrētās metodes). Latvāņu apkarošanā nedrīkst pieļaut sēklu nogatavošanos un to izplatību, tāpat jāiznīcina sakņu sistēma, kas ir dziļa, jo latvānis var vairoties arī veģetatīvi (Bērziņš et al, 2007).

Saskaņā ar likumdošanu, Sosnovska latvānis Latvijā ir atzīts par invazīvu (MK noteikumi nr.468). 2013.gadā izveidots projekts ‘‘Par Latviju bez latvāņiem’’, kura ietvaros notiek sabiedrības informēšanas kampaņa par latvāņu apkarošanas nozīmību, tāpat izstrādātas vadlīnijas zemju īpašniekiem, kuru zemes skārusi latvāņu invāzija (Ūdre, 2013).

1.2.4. *Impatiens glandulifera* Royle – puķu sprigane

Impatiens glandulifera Royle (1.7.attēls) ir viengadīgs, 1–2 m, reizēm līdz 3 m augsts augs ar resnu, sulīgu sārtenas nokrāsas, dobu un mezglos manāmi resnāku stublāju. Lapas pretējas, vietām mieturos pa trim, kailas, lancetiskas vai platas lancetiskas, līdz 18 cm garas un 7 cm platas, malas zāgzobainas. Pielapes un lapas ar nektāra dziedzeriem. Ziedi nekārtīgi, lieli, pa 2–14 žāklēs ķekaros. Vainaglapas dažādās krāsās, visbiežāk violetas, reizēm sārtenas, baltas, dažādu nokrāsu. Zied no jūnija līdz oktobrim. Auglis – 1,5–3,5 cm iegarena pogaļa, kura pēc sēklu nogatavošanās uzplīst un izsviež sēklas (Gudžinskas et al, 2014).

I. glandulifera ir viengadīgs augs. Svešapputes augi, bet iespējama arī pašappute, parasti apputeksnē kames. Viens indivīds var saražot no 95 līdz 390 pogaļas ar 500-2500 sēklām. Sēklas dīgtspēju saglabā līdz pat 18 mēnešiem. Bez stratifikācijas sēklas dīgst četru nedēļu laikā. Uzglabājot puķu spriganes sēklas sausā stāvoklī, savu dīgtspēju tās zaudē pēc viena gada. *I. glandulifera* piemīt labas reģenerācijas spējas, uz bojātiem stumbriem veidojas jauni zari un ziedi. Arī mazi augi spēj veidot ziedus un sēklas. Vācijā laiks no dīgšanas līdz ziedēšanas sākumam ir 13 nedēļas, un pēc tam ziedēšana turpinās vēl nākamās 12 nedēļas (Priede, 2008).

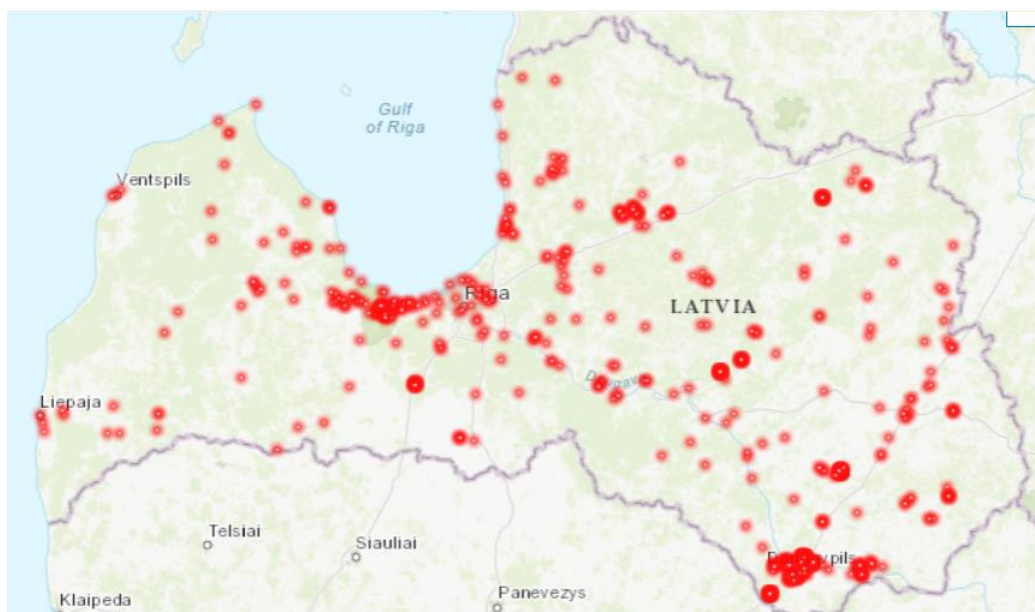


1.7.attēls *Impatiens glandulifera* – puķu sprigane pa kreisi (foto - N.Romancēviča), *Impatiens glandulifera* sēklas pa labi (autores foto)

Izplatība un introdukcija

Izcelsmes areāls ir mērena klimata apgabals Rietumhimalajos - Kašmira, Ziemeļindija, Pakistāna un Nepāla (Priede, 2008).

Pirmoreiz puķu sprigane introducēta Anglijā 1839. gadā. 1850. gados Lielbritānijā jau bija sastopama daudzviet kā naturalizējusies suga. Sugas izplatība Lielbritānijā bija tik strauja, ka jau 60 gadus pēc introdukcijas bija ieguvusi invazīvas nezāles statusu. Tā kā puķu sprigane ir ļoti dekoratīva, tā drīz vien no Anglijas tika introducēta arī citu valstu dārzos Eiropā, sākotnēji Centrāleiropā un vēlāk arī Ziemeļeiropas valstīs, kur tā nonāca ap 19. gs. vidu. Šveicē suga savvaļā pirmoreiz reģistrēta 1904. gadā, no kurienes pa Reinas ieleju tā tālāk izplatījās Vācijas virzienā un 1920. gados jau bijusi samērā izplatīta Bādenes-Virtenbergas apgabalā gan Reinas ielejā, gan ārpus tās. Ziemeļeiropas dārzos puķu sprigane parādījās ap 19. un 20. gs. miju. Piemēram, Somijā tā ieviesta 19. gs. beigās Helsinku botāniskajā dārzā, Zviedrijā puķu sprigane pirmoreiz reģistrēta 1928. gadā. Krievijā *I. glandulifera* tiek kultivēta kopš 19. gs. beigām, kā dārzabēglis reģistrēts 1914. gadā. Kopš 1960. gada notiek sugas masveida naturalizācija. 1959. g. sprigane pirmoreiz reģistrēta Lietuvā. Latvijā puķu sprigane parādījās salīdzinoši agri. Pirmo herbāriju Latvijas teritorijā ievācis K.R.Kupffers pie Papes ezera 1898. g. Pirmās ziņas par sugu Latvijas teritorijā literatūrā min K.R.Kupfers un P.Lakševics 20. gs. sākumā. Vēlāk 20. gs. pirmajā pusē citus herbārija materiālus ievākuši K.R.Kupfers un A.Rasiņš, apzīmējot, ka suga pārgājusi savvaļā un sastopama ruderālos biotopos (Priede, 2008).



1.8. attēls. Puķu spriganes izplatība Latvijā, situācija uz 2021. gadu (Dabas aizsardzības pārvalde, 2021).

Galvenais introdukcijas ceļš ir izbēgšana no biškopju privātajiem dārzjiem (Vācijā tas ir galvenais izplatīšanās veids). Somijā tā izplatījās galvenokārt ievadot sēklas no ārzemēm un privāta sēklu materiāla apmaiņas ceļā. Bieži izplatās ap apdzīvotām vietām no pamestiem dārzjiem vai ar augsni (Priede, 2008). Šobrīd suga plaši pazīstama kā invazīva mērenajā joslā

Eirāzijas valstīs, Ziemeļamerikā un Jaunzēlandē. Somijā *I. glandulifera* izplatība paplašinās un suga sastopama vairāk vai mazāk dabiskos biotopos. Kopš 1990. gada izplatība strauji paātrinājusies un tagad suga sastopama diezgan blīvi izplatīta apdzīvotajos rajonos Somijas dienvidu un centrālajā daļā. Atsevišķi eksemplāri sastopami aiz Polārā loka. Polijā *I. glandulifera* ir viena no top 20 invazīvajam sugām, Vācijā augs ir viens no izplatītākajiem svešzemju augiem, kas aug upju krastos, un citos mitros ar uzturvielām bagātos biotopos. Vācijā tiek apspriests jautājums vai suga ir jāklasificē kā invazīva, jo nav pierādīts apdraudējums vietējām sugām. Krievijā *I. glandulifera* ir viena no izplatītākajām svešzemju sugām no ziemeļu reģioniem (Murmanska, Karēlija) līdz Kaukāzam dienvidos. Lietuvā puķu sprigane izplatās visintensīvāk gar upju krastiem, tomēr tā sastopama arī dažādos dabiskajos un ruderālos biotopos. Šobrīd tā tiek uzskatīta par naturalizējušos invazīvu sugu (Gudžinskas et al, 1995).

Latvijā puķu sprigane ir viena no invazīvajām svešzemju sugā ar augstu invāzijas potenciālu. Nesenie pētījumi par sugas dinamiku rāda, ka suga diezgan izplatīta un ir cieši saistīta ar teritorijas apdzīvotību un upju koridoru (1.8.attēls). Galvenokārt tas notiek ruderālos biotopos, mitrās ieplakās un grāvmalās gar ceļiem un dzelzceļa malas, piekrastes biotopos suga sastopama retāk. Kopš 20.gs. beigām, atradņu skaits, kur *I. glandulifera* iebrūk piekrastes biotopos ir būtiski pieaudzis (Priede, 2009). Lietuvā un Igaunijā suga iekļauta invazīvo sugu sarakstā.

Dabiskajā areālā suga sastopama ceļmalu grāvjos, mitrās laukmalās, uz nogāzēm 1600-4300 m augstumā virs jūras līmeņa (Priede, 2008). Īpaši strauji izplatās dažu upju piekrastēs. Ziemeļlīdumā diezgan bieži sastopamas lielas audzes ezeru piekrastēs, purvainu un aluviālu mežu pamalēs. Latvijā visbiežāk aug mitrās un slapjās augsnēs pie ūdenskrātuvēm, mežmalās, mežos, klajumos, pie viensētām, reizēm niedrājos un avotainos zemajos purvos (Gudžinskas et al, 2014). Eiropā *I. glandulifera* visās dzīves stadijās ir neizturīgas pret salu. Parasti iet bojā pēc pirmajām rudens salnām un jaunos augus iznīcina pavasara salnas. Karēlijas reģionā sējeņi ir izturīgāki pret vēlajām salnām maijā-jūnija sākumā. Suga nepanes sausumu. Visbiežāk sastopama daļēji noēnotās vietās ar slāpekli bagātās augsnēs. Aug galvenokārt atklātās vietās ar labu apgaismojumu, taču pacieš arī daļēju noēnojumu (Priede, 2008). Izplatās tikai ar sēklām. Kad sēklas ir nogatavojušās, sēklu pogaļas strauji atveras un sēklas tiek izšautas, izplatot tās apmēram 3-5 m no mātesauga. Pētījumi Lielbritānijā liecina, ka augs suga migrē vidēji 2-5 km gadā, atsevišķos gadījumos pat 38 km gadā, galvenokārt pa ūdenstecēm. Sīkās sēklas viegli tiek uz jauniem biotopiem ar augsni vai apaviem. Iespējams izplatās arī ar skudrām. Reproductīvā stratēģija balstās uz aktīvu sēklu izplatīšanos un augstu to dīgspēju (līdz 80%) (Priede, 2008).

Nereti, it sevišķi mitrās upju un ezeru piekrastēs, puķu spriganes veido lielas un blīvas audzes, kur vairums vietējo augu iznīkst. Mežos izveidojušās puķu spriganu audzes pārmāc jaunus kokus un palēnina meža atjaunošanos. *I. glandulifera* pozitīvi reaģē uz CO² emisiju un temperatūras pieaugumu, tā varētu būt vēl agresīvāks iebrucējs mainīgajā klimatā (Gudžinskas et al, 2014). Dabiskajā un invadētajā areālā tiek novērots polimorfisms pēc ziedu krāsas. Auga pamatkrāsas: lillīgs, bāli rozā un balts. Jau pirmajā introdukcijas reizē Anglijā 1838. gadā tika ieviesta ne tikai lillīgā, bet arī baltā forma. Taču augi ar baltiem ziediem naturalizējās tikai 1921. gadā. Pārējās Eiropas valstīs, baltā forma sastopam tikai kultūrā. Viens no iemesliem, kāpēc balto ziedu izplatība ir samērā reta, uzskata, ka tās ražo mazāk nektāra, līdz ar to retāk tos apmeklē kukaiņi (Priede, 2008). Nav ziņu par sugas ietekmi uz cilvēka veselību. Augs ir populārs starp tauriņu kolekcionāriem, jo suga ir nozīmīgs nektāra un putekšņu avots. Tiek uzskatīta par dekoratīvu augu, joprojām tiek sēta apstādījumos (Gudžinskas et al 2014).

Preventīvie, izskaušanas un uzraudzības pasākumi

Audzū izskaušana ir dārgs un laikietilpīgs process, jo sugai piemīt augstas atjaunošanas un izplatīšanās spējas. Lielbritānijas Vides aizsardzības aģentūra ir aprēķinājusi, puķes spriganes iznīcināšana Anglijā un Velsā izmaksās no 210 līdz 240 miljoniem eiro. Profilakses pasākumiem jābūt labi organizētiem. Lai iegūtu efektīvus panākumus, sabiedrība ir jāinformē par auga negatīvo ietekmi un tā efektīvo izplatīšanos pa ūdensceļiem. No dārziem, kur tiek audzētas puķu spriganes, dabiskajās teritorijās tās nokļūst ar augu atliekām. Tāpēc, ja šie augi tiek izmantoti dārzos, būtiskākais preventīvais pasākums ir rudenī visus stublājus iznīcināt, taču nekādā gadījumā tos neizņemt krūmājos, upmalās vai citās vietās (Gudžinskas et al, 2014). Nav zināmi dabiskie ienaidnieki, kas ierobežotu sugas izplatību. Izveidojušās audzes un individuālus augus vislabāk nopļaut vēl pirms ziedēšanas, taču nogrieztie stublāji var vēlreiz iesakņoties, bet no atlikušās apakšējās auga daļas tās atkal ataug. Tāpēc veģetācijas laikā augi jānopļauj vismaz divas līdz trīs reizes. Augus vislabāk var iznīcināt, tos izraujot pirms ziedēšanas vai arī, sākot plaukt pirmajiem ziediem, un tos var izmantot komposta ražošanai (Gudžinskas et al, 2014).

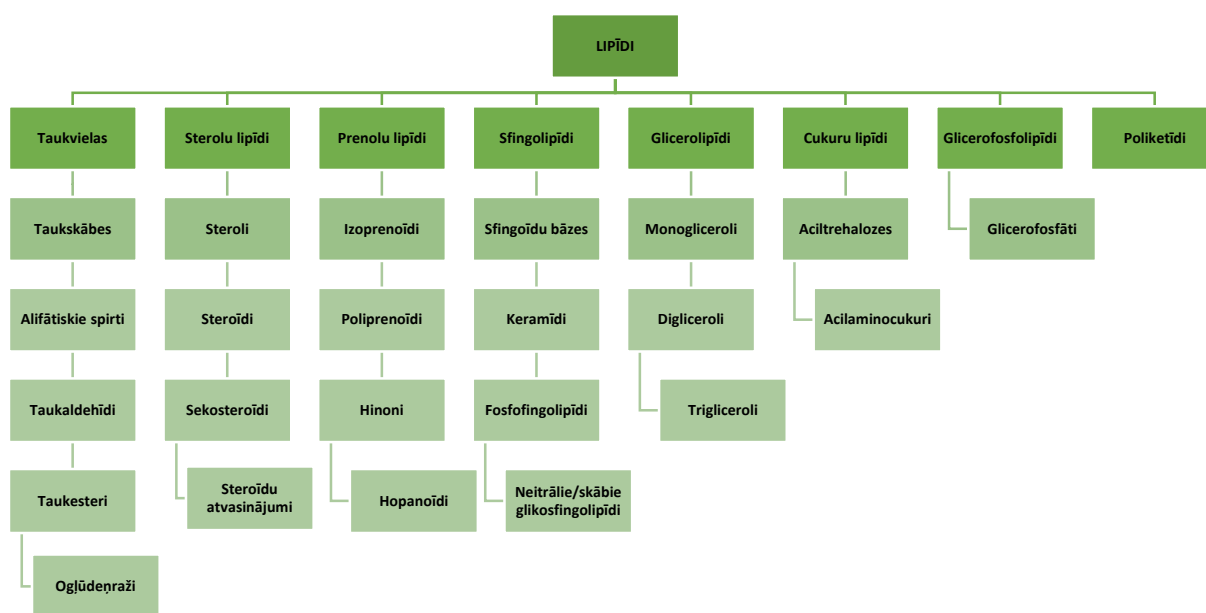
2013.-2014.gadā Lietuvā un Latvijā ir realizēts projekts "Sadarbība cīņā pret invazīvajām sugām ilgtspējīgai lauksaimniecībai un dabas resursu apsaimniekošanai/TEAMWORK", kur ir dots sugas morfoloģiskais raksturojums, preventīvie pasākumi, kontroles un izskaušanas metodes. Sugai apkopotu dati par līdzšinējo sastopamību, kā arī veikti aktuālās izplatības pētījumi valsts teritorijā (Priede, 2008). Suga iekļaujama invazīvo sugu monitoringa programmā kā prioritāri monitorējama invazīva augu suga (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020). Suga uzskatāma par bīstamu, invazīvu taksonu valsts teritorijā.

Uz invazīvo sugu monitoringa datu balstītas analīzes ieteikts izskatīt iespēju veikt labojumus Ministru kabineta 2008.gada 30.jūnija noteikumos Nr.468 Invazīvo augu sugu saraksts, papildinot to ar puķu sprigani (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020).

1.3.LIPĪDI

Darba gaitā no četrām minētajām invazīvo sugu sēklām tika iegūti lipīdu ekstrakti. Lipīdu ekstraktos pētīts vielu kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs. Pētniecībai izvēlēti tieši lipīdi, jo to izmantošanas iespējas ir plašas. Lipīdi sevī ietver taukskābes (piesātinātās un nepiesātinātās, eikozanoīdus), neglicerīdos lipīdus (sfingolipīdi, vaski, izoprenoīdi(steroīdi, terpēni)), glicerīdus (vienkāršie, fosfoglicerīdi), kompleksos lipīdus (lipoproteīni, glikolipīdi) (Lipid maps, 2020).

Lipīdi ir tauki un tiem līdzīgas vielas, kuru sastāvā ir augstāko taukskābju un glicerīna vai augstāko spirtu atvasinājumi. Pēc ķīmiskās uzbūves tos iedala vienkāršajos un saliktajos lipīdos un to atvasinājumos. Vienkāršie lipīdi (tauki, vaski) ir taukskābju un spirtu esteri. Salikto lipīdu (fosfolipīdi, galaktolipīdi, cerebrozoīdi) molekulās bez taukskābēm un spirtiem ietilpst arī fosforskābe, ogļhidrāti u.c. Visas dzīvās šūnas satur lipīdus. Īpaši daudz to ir augu sēklās (Rubīne, 2007). Lipīdi cilvēka organisma pilda vairākas būtiskas funkcijas: bioķīmiskos regulatoru, membrānu struktūrelementu, enerģijas rezerves uzkrāšanās, koenzīmu, aizsargfunkcijas u.c (Morozovs et al. 2008).



1.9.attēls. Lipīdu iedalījums (Fahy et al. 2009).

Vienkāršie lipīdi – neitrālie tauki, sveķi, vaski un eļļas – glicerīna un taukskābju esteri (triglicerīdi). Neitrālie tauki (acilglicerīni jeb glicerīdi) ir glicerīna un taukskābju esteri. Dabā tie ir sastopami dzīvnieku taukaudos, augu taukos (augu eļļās). Tajos var būt fosfatīdi, sterīni, vitamīni (K, A, D, E), pigmenti un citi savienojumi, no kuriem atkarīga krāsa, smarža, garša.

Vaski – augstāko taukskābju vai monooksiskābju un alifātisko spirtu ar garo oglekļa ķēdi esteri pēc savām īpašībām un struktūras ir līdzīgi neitrālajiem lipīdiem. Vaska vispārīgā formula ir $R_1CH_2OCOR_2$ (kur R_1 – vienvērtīgais pirmējais spirts; R_2 – taukskābe) (Krupskis, 2008). Skābēm un spirtiem oglekļa atomu molekulā ir pāra skaitļi, kuri svārstās no C_{24} – C_{36} (reti C_8), vaskos ir arī brīvas taukskābes, spirti un ogļūdeņraži. Piemēram, ābolu epidermu sedz vaska kārtiņa, kas sastāv no dažādu vienvērtīgu taukskābju ar (C_{26} , C_{28} , C_{30} un C_{32}), ar vienvērtīgiem spirtiem triakantanolu (C_{30}), oktikozanolu (C_{28}), heksakozanolu (C_{26}), vēl ir atrasti ogļūdeņraži heksakazāns ($C_{27}H_{56}$), monokazāns ($C_{29}H_{60}$) (Rubīne, 2007).

Triglicerīdus iegūst esterificēšanas rezultātā no trīs taukskābes molekulām, vienas L-glicerīna molekulas. Triglicerīdi var veidoties no viena līdz triju veidu taukskābju molekulām (Caballero et al. 2003).

Saliktie lipīdi – fosfolipīdi (fosfoglicerīdi, sfingolipīdi), glikolipīdi, sulfolipīdi (pieder cerebrozīdu esteri, glicerīnu saturoši sulfolipīdi), steroli.

Fosfolipīdus veido fosforskābes, L-glicerīna, taukskābju molekulas.

Sfingolipīdi veido šūnu struktūru. Tie atrodas visos dzīvajos organismos, kā arī augos un sēnēs (Vance et al. 2008).

Steroli veidojas dzīvnieku, augu un mikroorganismu šūnās. Fitosteroli atrodas augu šūnās, galvenokārt atrodams β -sitosterols, kampasterols un stigmasterols (Vance et al. 2008).

Lipīdu atvasinājumi – taukskābes, spirti, ogļhidrāti, D, E, K vitamīni, terpēni (Rubīne, 2008).

Vitamīni iedalās ūdenī un taukos šķīstošajos (K, E, D, A), kuri atrodami lipīdu ekstraktos (Kusiņa, 2007).

Tauku fizikālās īpašības ir atkarīgas no piesātināto un nepiesātināto taukskābju attiecības molekulā. Nepiesātinātās jeb neaizvietojamās taukskābes – linolskābe, linolēnskābe, arahidonskābe.

Istabas temperatūrā tauki ir cietas, ziežveida vai šķidrās vielas. Tauki nešķīst ūdenī un spirtā, bet šķīst organiskajos nepolārajos šķīdinātājos. Augu eļļas uzkrājas galvenokārt augu sēklās, augļos un gumos. Pēc konsistences eļļas iedalās cietajās un šķidrajās. Cietās eļļas pārsvarā satur piesātinātu taukskābju glicerīdus. Šķidrās eļļas iedala pēc spējas polimerizēties gaisa skābekļa ietekmē un veidot plēves – žūstošajās un pusžūstošajās. Ja taukeļļās ir pārsvarā viena dubultsaite taukskābēs (piem., oleīnskābe) – eļļa nav žūstoša, ja ir divas (linolskābe) – eļļa ir pusžūstoša, ja trīs dubultsaites (linolēnskābe) – žūstoša.

Eļļas iegūst, mehāniski izspiežot no sasmalcinātām augu sēklām vai augļiem, ekstrahējot vai abus paņēmienus apvienojot. Eļļu var iegūt arī ekstrahējot ar organiskiem šķīdinātājiem, kurus pēc tam atdala destilējot, bet eļļa paliek (Rubīne, 2008).

Taukskābes ir ogļūdeņražu atvasinājumi, kuri satur karboksilgrupu. Jo lielāks ir oglekļu skaits molekulā, jo augstāka būs tās kušanas temperatūra, savukārt taukskābēm ar pāra skaita oglekļa atomiem jeb tām, kas satur piesātinātās saites (piesātinātās taukskābes), ir augstāka kušanas temperatūra nekā taukskābēm, kas satur nepiesātinātās saites (nepiesātinātās taukskābes). Nepiesātinātās taukskābes satur vienu vai vairākas divkārsās saites, ja ir vairākas divkārsās saites, tad tā ir neaizstājamā taukskābe. Neaizstājamās taukskābes ir jāuzņem tikai gatavā veidā ar uzturu, jo tās nesintezējas organismā. Jo vairāk taukskābē ir divkārsās saites, jo tās kušanas temperatūra būs zemāka. (Morozovs et al. 2008).

Terpēni var sastāvēt no dažādiem ogļūdeņražiem un to atvasinājumiem, tostarp aldehīdiem, ketoniem, spirtiem u.c., to pamatstruktūra ir izoprēns, kas veido polimēru struktūru $(C_5H_8)_n$. Tie atrodas augos (ēteriskajās eļļās, augu pigmentos, taukos šķīstošajos vitamīnos), piešķir augam krāsu, smaržu. Terpēni var būt necikliski un policikliski (Morozovs et al. 2008).

1.4.LIPĪDU EKSTRAKCIJAS METOŽU APRAKSTS

Populārākā lipīdu iegūšanas metode ir **Folha metode** (Folch method). Lai selektīvi ekstrahētu lipīdus no organisko savienojumu maisījuma, tiek izmantots hlороforma un metanola maisījums tilpumu attiecībā 2:1. Sākumā homogenizētajam paraugam tiek pievienots fizioloģiskais šķīdums, un tas tiek samaisīts. Pēc fizioloģiskā šķīduma pievienošanas, tas sadalās divos slāņos, no kuriem lipīdi nostājas virsējā slānī. Šī ir viena no vecākajām lipīdu ekstrakcijas metodēm, kas veidoja pamatu turpmāko jaunu ekstrakcijas metožu izstrādei. Folha metodi ar zināmām izmaiņām joprojām izmanto aļģu lipīdu novērtēšanai spektrofotometriski.

Ātra un ērta daudzu paraugu apstrāde ir šīs metodes galvenā priekšrocība, tomēr, salīdzinot ar citām metodēm, iegūtais galaprodukts satur ievērojamu daudzumu šķīdinātāju, tāpēc, lai iegūtos lipīdu ekstraktus izmantotu, tie vispirms ir jāattīra (Kumar et al, 2015).

Bligha un Daijera metode (Bligh and Dyer method): Paraugu atšķaida ūdenī (attiecība 1:1), pievieno 3,75 ml hloroforma/metanola maisījumu (attiecība 1:2) un 10-15 minūtes maisa, pēc tam pievieno vēl 1,25 ml hloroforma, jaucot 1 minūti, tad pievieno 1,25 ml ūdens, sajauc un liek centrifugā. Augšējo fāzi nodala, apakšējo fāzi filtrē caur olbaltumvielu disku, izmantojot Pastēra pipeti. Lieliem šķidrums tilpumiem ieteicams filtrēt maisījumu, lai noņemtu parauga nešķīstošās daļas, un centrifugēt šķidro fāzi, lai varētu veidoties divas šķidrās fāzes. Pēc iztvaicēšanas lipīdu ekstrakts (apakšējā fāze) atkārtoti jāizšķīdina nelielā hloroforma/metanola tilpumā (attiecība 2:1) (Cyberlipid, S.a.).

Folha, Bligha un Daijera metodes modifikācija. Kā šķīdinātājs tiek izmantots metil-terc-butilēteris (MTBE), un tiek iegūti tīrāki lipīdu ekstrakti, salīdzinot ar pirmajām divām metodēm. 200 ml paraugam pievieno 1,5 ml metanola, sajauc un pievieno 5 ml MTBE, un maisījumu atstāj 1 stundu istabas temperatūrā. Maisījumam pievieno 1,25 ml ūdens un atstāj 10 minūtes nostāvēties istabas temperatūrā, lai sāktos fāžu dalīšanās, tad ievieto centrifugā. Augšējā organiskā fāze nodalās pēc centrifugēšanas ar ātrumu $1000 \times g$ 10 minūtes. Lai panāktu pilnīgu lipīdu atjaunošanos, apakšējo fāzi ieteicams atkārtoti ekstrahēt ar jaunu 2 ml MTBE/metanola/ūdens maisījuma pievienošanu (Matyash et al, 2008).

Metodes ar citiem, dabai draudzīgākiem šķīdinātājiem. Iepriekš minētajās metodēs kā šķīdinātāju parasti izmanto hloroformu; kaut arī ekstrakcija ir ļoti efektīva liela daudzuma lipīdu ekstrakcijai, tomēr izmantotie šķīdinātāji ir dabai nedraudzīgi un rada piesārņojuma un veselības pasliktināšanās draudus. Tāpēc daudzi pētnieki augu lipīdu ekstrakcijai ir pētījuši mazāk toksiskus, bet arī ne tik efektīvus aizstājējus, piemēram, izopropanolu, butanolu, MTBE, etiķskābes esterus, heksānu un dažādas šķīdinātāju kombinācijas (Sheng et al, 2011). Daudzas uzlabotas šķīdinātāju ekstrakcijas metodes, kā arī kombinētas šķīdinātāja fizikālās ekstrakcijas sistēmas tiek pētītas visā pasaulē, tomēr ekstrahēšanas sistēmām, kurās izmanto organiskos šķīdinātājus, it īpaši videi draudzīgus, ir liels potenciāls nākotnē (Cooney et al, 2009).

Ekstrakcija, izmantojot superkritisko CO₂ Sildot CO₂ virs 31.10°C (kritiskā temperatūra) un pie 1071 Pa (kritiskais spiediens) vai augstāk, tam piemīt gan gāzes, gan šķidrums īpašības. Tas kļūst par superkritisko šķidrumu. Superkritiskais CO₂ var iziet cauri porainām cietām daļām un izšķīdināt dažādus materiālus. Ekstrakcijas process:

- Ekstraktora kamerā ievieto nepieciešamo ekstrakcijas materiālu;

- Sūknis ekstraktora kamerā iespiež CO₂ optimālajā temperatūrā;
- CO₂ izšķīdina paraugā esošos lipīdus;
- CO₂, virzoties gar spiediena izlaišanas vārstu, pārvieto lipīdus līdz cikloniskajam separatoram;
- Separatorā spiediens ir mazāks, tāpēc oglekļa dioksīds atdalās no lipīdu ekstraktiem;
- Oglekļa dioksīds tiek novadīts atpakaļ uz CO₂ tvertni atkārtotai izmantošanai slēgtas sistēmas gadījumā, lipīdi (eļļas, vaski un sveķi) nonāk separatorā, tālāk izvadīti no sistēmas un tiek iegūti lipīdu ekstrakti.

Izmantojot šo metodi, gala produkts ir brīvs no jebkāda veida šķīdinātājiem (Hemp Gazete, S.a.), tātad tā ir gan dabai draudzīgākā, gan vislētākā (1.pielikums) metode, vien piebilstot, ja CO₂ ekstrakcijas iekārta jau ir iegādāta, jo tās cena tirgū svārstās no 150 000 USD līdz pat 600 000 USD (Conquer Scientific, 2021).

- **Cietfāzes ekstrakcija** - metode, ar kuras palīdzību var atdalīt dažādu grupu savienojumus, izmantojot šķīdinātājus. Ekstrakcija notiek, uznesot paraugu uz kārtidža tipa iekārtas (Yang et al. 2009).
- **Ultraskaņas ekstrakcija** – caur šūnu membrānu un šķīdinātāju notiek difūzija, kuras rezultātā ultraskaņas dēļ tiek sagrautas šūnu membrānas. Ultraskaņas ekstrakciju pārsvarā izmanto augu valsts produktu ekstrakcijai, tai ir zemas izmaksas un salīdzinoši ātrs iznākums, kas dod augstu ekstraktvielu saturu (Hielscher ultrasonics, s.a).

1.5.LIPĪDU EKSTRAKTU ANALĪZES METOŽU APSKATS

Vielu un savienojumu atdalīšanai lipīdu ekstraktā var izmantot vairākas metodes:

- Plānslāņa hromatogrāfija (TLC) ir metode, ko izmanto negaistošu maisījumu atdalīšanai. Eksperimentu veic uz alumīnija folijas, plastmasas vai stikla loksnes, kas ir pārklāta ar plānu adsorbējoša materiāla slāni. Parasti tiek izmantots alumīnija oksīds, celuloze vai silikagels. TLC ir ļoti daudzpusīga atdalīšanas metode, ko plaši izmanto gan kvalitatīvai, gan kvantitatīvai paraugu analīzei (Patel et al. 2019).
- HPLC - augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfija ir analītiska metode, ko izmanto, lai atdalītu, identificētu vai kvantitatīvi noteiktu katru maisījuma sastāvdaļu.

Maisījumu atdala, izmantojot kolonnu hromatogrāfijas pamatprincipu, un pēc tam identificē un kvantitatīvi nosaka ar spektroskopiju (Aryal, 2022).

- Infrasarkanā spektroskopija - infrasarkanā starojuma un vielas mijiedarbības mērīšana ar absorbciju, emisiju vai atstarošanu. To izmanto, lai pētītu un identificētu ķīmiskās vielas vai funkcionālās grupas cietā, šķidrā vai gāzveida formā (Trishna, s.a.).
- Kodolmagnētiskās rezonanses spektroskopija (KMR) jeb magnētiskās rezonanses spektroskopija, ir spektroskopiska analīzes metode, kas balstās uz lokālo magnētisko lauku ap atomu kodoliem atšķirību, lai atdalītu dažādas vielas (NMR Lab, s.a).
- Ramana spektroskopija pieder pie vibrāciju spektroskopijas kategorijas. Tas nozīmē, ka tas analizē paraugu ķīmiski, izmantojot gaismu, lai ierosinātu molekulāro vibrāciju, un pēc tam interpretējot šo mijiedarbību. Metode ir balstīta uz neelastīgu gaismas izkliedi, kas rodas, matēriju apstarojot ar gaismu (Bruker, s.a).
- Fluorescences spektroskopija analizē fluorescenci no molekulas, pamatojoties uz tās fluorescējošām īpašībām, kas katrai molekulai atkarībā no tās piederības vielai, atšķiras, tāpēc var noteikt dažādus savienojumus. Fluorescence ir luminiscences veids, ko izraisa fotoni, kas ierosina molekulu, paceļot to elektroniski ierosinātā stāvoklī (HORIBA, s.a).
- Dielektriskā spektroskopija mēra vielas molekulu dielektriskās īpašības atkarībā no frekvences. Metode ir balstīta uz ārējā lauka mijiedarbību ar parauga elektrisko dipola momentu, ko bieži izsaka ar caurlaidību, kas ir atšķirīga dažādām molekulām, ļaujot tās vienu no otras atšķirt (Yaw, 2012).

Lai analizētu iegūto lipīdu ekstraktu saturu, visbiežāk tiek izmantota GC/MS (Gas chromatography and mass spectrometry analysis) jeb gāzes hromatogrāfijas un masas spektrometrijas analīze.

- **Gāzes hromatogrāfija:** gāzu hromatogrāfijas mērķis ir atdalīt, identificēt un izmērīt lipīdu ekstrakta paraugā esošo atsevišķo ķīmisko sastāvdaļu daudzumu. Tiek izmantots gāzes hromatogrāfs, kurā eļļa vispirms tiek sildīta un tad izspiesta caur kolonnu pasīvajā nesējgāzē, piemēram, hēlijā, ūdeņradī vai slāpekļī. Atsevišķi eļļas savienojumi molekulmasas un izmēra dēļ pārvietojas pa kolonnu dažādos ātrumos. Detektors kolonnas galā mēra, kad katrs komponents iet cauri. Tādējādi tiek izveidots pārskats, kas pazīstams kā hromatogramma, kurā parādīts grafiks, kas atdala detektora reakciju (uz y ass) un aiztures laiku (uz x ass).
- **Masas spektrometrija:** Kad paraugs ir sadalīts pa sastāvdaļām gāzu hromatogrāfā, tās laiž caur masas spektrometru - ierīci, kas analizē jonu masas un

lādiņa attiecību. Masas spektrometru veido trīs atsevišķi komponenti: jonu avots, masas detektors un analizators. Atsevišķās sastāvdaļas tiek pakļautas elektronu plūsmai, kas sadalās un nodrošina neitrālu jonu uzlādi. Pēc tam jonizētās molekulas pārvietojas pa magnētisko lauku, reaģējot atšķirīgi to masas un lādiņa dēļ. Masas spektra ziņojumā sīki aprakstīts katra parauga daudzums, masa un lādiņš (Sparkman et al, 2011. doTerra, 2021).

1.6.DARBĀ PĒTĪTO INVAZĪVO AUGU ĶĪMISKAIS SASTĀVS

Kanādas zeltgalvīte (*Solidago canadensis*) satur dažādus flavonoīdus, saponīnus, ēteriskās eļļas, miecvielas, organiskās skābes, minerālvielas. (Rubine et al. 2004.) Sīkākš ķīmiskais saturs: trans-fitols, ent-germacra-4(15),5,10(14)-trien-1alpha-ol, beta-amīnskābe, ent-germacra-4(15),5,10(14)-trien-1beta-ol, beta-dictiopterols, oleīnskābe, kaempferols, kaempferol-3-O-rutinozīds, metil 3,5-di-O-kafeoilkvīns, 3,5-di-O-kafeoilkvīnskābe, virgaureasaponīns 322, poligalīnskābes acilētie bizdesmosīdu triterpenoīdu glikozīdi (2 beta, 3 beta, 16 alfa, 23-tetrahidroksiolēns-12-en-28-oic skābe)23, poligālskābe, klerdane diterpēni (elongatolīds C, elongatolīds E, solidagaloktoni I-VII), fenolglikozīdi (leikarpozīds), flavonoīdi (astragalīns, hiperozīds, izokvercetīns, nikotiflorīns, kvercetīns un rutīns), inulīns, ēteriskās eļļas, miecvielas, acetilēni, cinnamāti, hidroksobenzoāti, polisaharīdi, fenolskābes, germakrēns D, germakrēns A, alfa-humulēns, beta-kariofilēns24, 2'-hidroksi-4',6'-di-O-beta-d-glucopiranozilsl-butirofenāns25 (Merck, 2015).

Sosnovska latvānis (*Heracleum Sosnowsky*) – heksanols, izopropil-2-metilbutanoāts, izopropil-3-metilbutanoāts, izobutil-2-metilpropanoāts, butil-2-metilpropanoāts, heptanols, sabīns, oktanāls, izobutil-2-metilbutanoāts, izobutil-3-metilbutanoāts, heksil-acetāts, 2-metilbutil-2-metilpropanoāts, p-cimēns, 1,8-cineols, butil-2-metilbutanoāts, butil-3-metilbutanoāts, izopentil-butanoāts, 1-okten-3-ols, γ -terpinēns, oktanols, ciklooktanons, nonanāls, linalols, heksil-propanoāts, 2-metilbutil-2-metilbutanoāts, heptil-acetāts, pentil-3-metilbutanoāts, heksil-2-metilpropanoāts, heks-3-enil-butanoāts, lavandulols, p-cimēns-8-ol, oktānskābe, α -terpineols, heksil-butanoāts, okt-3-enil-acetāts, dekanāls, oktil-acetāts, 3-decen-1-ol, heksil-2-metilbutanoāts, heksil-3-metilbutanoāts, lavandulil-acetatāts, oktil-propanoāts, nonil-acetāts, heptil-2-metilbutanoāts, oktil-2-metilpropanoāts, heksil-heksanoāts, oktil-butanoāts, dodekanāls, decil-acetāts, oktil-2-metilbutanoāts, oktil-3-metilbutanoāts, butano-1,2,4-triol-triacetāts, oktil-heksanoāts, tetradekanāls, oktil-oktanoāts, etil-tetradekanoāts (Synowiec, 2015).

1.6.1. Pētīto invazīvo augu sastāvdaļu apkopojums

Sastāvdaļas nosaukums	Nozīme
Flavonoīdi	Augu pigmenti, ko izmanto dabīgu krāsvielu radīšanā, farmācijā, jo tie darbojas kā antioksidanti un tiem ir vitamīnu aktivitāte.
Saponīni	Rūgti, parasti toksiski augos sastopami savienojumi, kam piemīt spēja saputot ūdeni vai citu substanci. Tos izmanto ziepju ražošanā, medicīnā, kā degšanas pārtraucējus utt.
Ēteriskās eļļas	Aromātiski, gaistoši savienojumi, ko izmanto medicīnā, parfimērijā, pārtikas, kosmētika ražošanā utt.
Miecvielas	Miecvielām piemīt spēja sarecināt olbaltumvielas, tāpēc lieto ādu miecēšanā un ārstniecībā
Minerālvielas	Neorganiskas vielas, kas nepieciešamas cilvēku, dzīvnieku un augu organisma attīstībai un normālai funkcionēšanai
L-askorbīnskābe (C vitamīns)	Piešķir skābu garšu, nepieciešams imunitātes funkciju nodrošināšanai organismos.
B2 vitamīns (riboflavīns)	Nodrošina audu elpošanu, iesaistās normālas smadzeņu darbības un nervu sistēmas nodrošināšanā
E vitamīns	Darbojas kā antioksidants, iesaistās normālas ķermeņa darbības nodrošināšanā
K vitamīns	Nepieciešams kaulu un asinsvadu veselības nodrošināšanā cilvēka organismā
Karotīni	Vieni no flavonoīdiem, kas piešķir krāsu (dzeltenu vai oranžu), tāpat organismā piemīt tieksme veidoties par A vitamīnu

P vitamīns	Nepieciešams asinsvadu elastības nodrošināšanai
Folijskābe	Nodrošina imūnsistēmas, sirds un asinsvadu sistēmas normālu darbību
Pektīnvielas	Biezīnātāji, gēla veidotāji, recinātāji
Magnijs	Palīdz nervu un muskuļu atslābināšanā organismā
Kalcijs	Nepieciešams kaulu stiprības nodrošināšanai
Kālijs	Galvenais šūnu katjons, iesaistās nervu impulsu pārvadē
Dzelzs	Iesaistās skābekļa nodrošināšanā šūnās
Mangāns	Iesaistās augšanas procesu nodrošināšanā
Varš	Nepieciešams imūnsistēmas darbībai
Antociāni	Dabīgā krāsviela, pigments ar vitamīnu aktivitāti

(Rubīne et al, 2004. Rubīne et al, 1974. Rubīne, 2014.)

1.7.INVAZĪVO SUGU LOMA BIOEKONOMIKAS ATTĪSTĪBĀ

Invazīvie augi ir agresīvi pret jau esošajā sugām, tie spēj strauji pārņemt jaunas platības un augt pat nabadzīgās augsnēs, veidojot lielu biomasu (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020). 2017.gadā tika publicēta Latvijas bioekonomikas stratēģija, kas ietver nepieciešamību saglabāt dabas kapitāla vērtību, palielināt to un veicināt tā efektīvu un ilgtspējīgu izmantošanu, ieviešot aprites ekonomikas principus. Tāpat 2018.gadā izdotajā ES bioekonomikas stratēģijā liela nozīme tiek piešķirta vides aizsardzībai un dabas daudzveidībai (Zemkopības ministrija, s.a). Šobrīd cīņa ar invazīvajiem augiem nav pārāk sekmīga, jo lielākoties netiek kontrolēta, bet invazīvie augi dabas daudzveidību samazina, pārņemot jaunās audzes (Dabas aizsardzības pārvalde, 2020), līdz ar to netiek ievērota ne ES, ne Latvijas bioekonomikas stratēģija. Invazīvo augu radītā biomasu Sosnovska latvāņa gadījumā tiek iearta zemē (Bērziņš et al. 2007) vai kā pārējo, potenciāli invazīvo augu gadījumā, netiek izmantota vispār, jo valstī nav vienotas kontroles mehānismu cīņai ar tiem (Deduments, 2019).

Šobrīd pasaulē ir meklēti veidi, ko darīt ar invazīvo augu radīto biomasu. Amerikas zinātnieki ir veikuši pētījumu un piedāvājuši invazīvos augus kā potenciālus bioenerģijas

ražošanai. Apsekojot platības ASV, noskaidrots, ka gada laikā uz hektāru zemes tiek saražotas 10 līdz 30 tonnas invazīvo augu biomasas, kas netiek izmantota, bet bioenerģijas ražošanai izmanto uz lauksaimniecības zemēm izaudzēto zaļo kultūraugu masu (Young et al. 2011).

Citā pētījumā pētīta invazīvo augu sugu, tostarp milzu zeltgalvītes (*Solidago gigantea*), kas ir radniecīga Latvijā satopamajai un bakalaura darba pētījumā izmantotajai Kanādas zeltgalvītei (*Solidago canadensis*) un puķu spriganes (*Impatiens glandulifera*) kaloritāte un ūdens daudzums tajās, lai spriestu par to potenciālu gan biogāzes ražošanā, gan lopbarībā. Pētījumā noskaidrots, ka *S.gigantea* satur 19 MJ lielu enerģiju uz kilogramu, bet *I.glandulifera* – 16,48 MJ. Ūdens saturs visos pētītajos augos svārstās no 64 līdz 93% svaigajā masā (Meerbeek et al. 2015).

Pētot Kanādas zeltgalvītes (*Solidago canadensis*) ekstraktu, noskaidrots, ka to var izmantot kā augšanas inhibitoru un tam ir līdzīgi mehānismi kā hidrofitiem, kas paver jaunas iespējas gan tā izmantošanas potenciālā, gan iespējamajā apkarošanas virziena maiņā (Huang et al. 2013).

Veiktie pētījumi par invazīvajiem augiem parāda to izmantošanas iespēju potenciālu, kas veicina bioekonomikas un aprites ekonomikas attīstību, izmantojot to, kam līdz šim pielietojums nav atrasts, tādējādi arī uzsākot cīņu ar invazīvajiem augiem un to izplatību. Tomēr daudzi no tiem nav pētīti, kā arī trūkst datu, lai spriestu, tādēļ bakalaura darba gaitā iegūtie rezultāti ir nozīmīgi turpmāku pētījumu veikšanai.

2.MATERIĀLI UN METODES

Invazīvo augu lipīdu ekstraktu iegūšanai tika izmantota ekstrakcija ar selektīviem organiskajiem šķīdinātājiem – etilacetātu, heksānu, dihlormetānu.

2.1.IZMANTOTĀS VIELAS UN APARATŪRA

Izstrādājot bakalaura darbu, tika izmantoti šādi reaģenti:

- Etilacetāts $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ (ROTH, $\geq 99.0\%$);
- Heksāns $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ (ROTH, $\geq 96\%$);

- Dihlormetāns CH₂Cl₂ (ROTH, 99,8 Atom%);
- Piridīns C₅H₅N (ROTH, ≥99 %, sintēzes);
- N,O-bis(trimetilsil)trifluoracetamīds (BSTFA) C₈H₁₈F₃NOSi₂ (Sigma Aldrich, 1% TMCS);
- Gāzveida slāpekļis N₂ (Linde);
- Gāzveida hēlijs He 5.0 (Linde).

Izstrādājot bakalaura darbu, tika izmantotas šādas iekārtas:

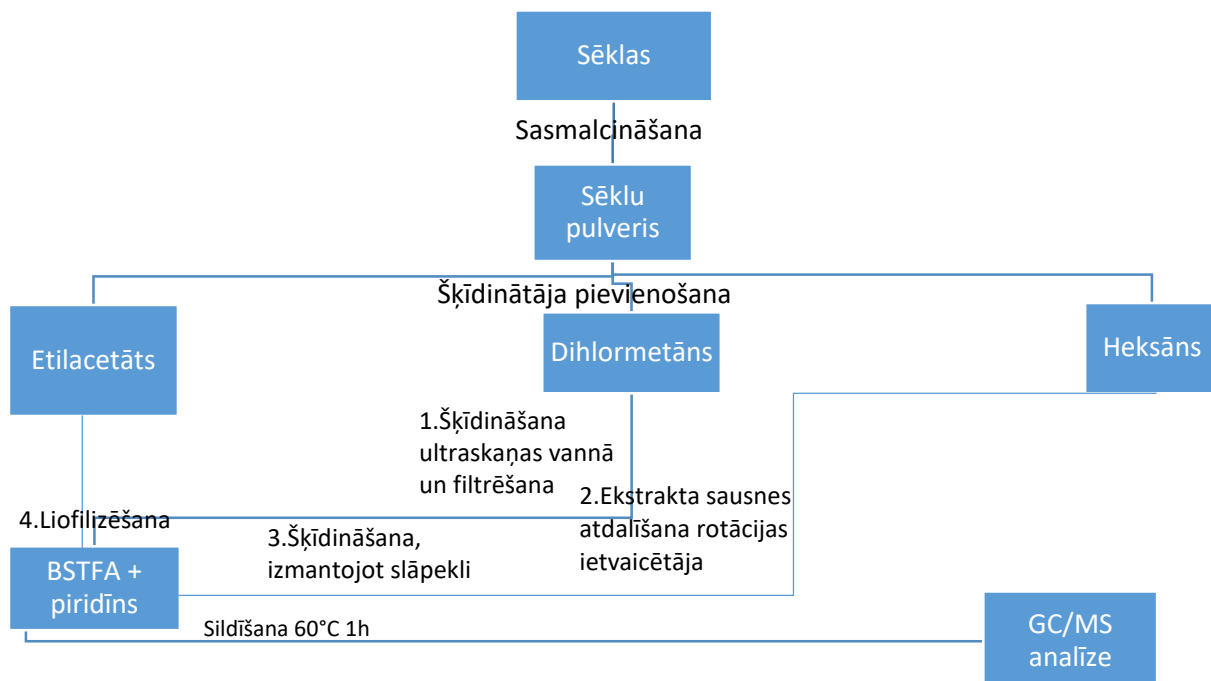
- Kafijas dzirnaviņas (BOSCH);
- Svari (KERN EMB 1200-1, 6000±0,1g);
- Ultraskaņas vanna (Cole-Parmer);
- Rotācijas ietvaicētājs (BUCHI Waterbath B-480);
- Elektriskā plīts;
- Svari (ES 225 SM-DR, 220±0,1mg);
- Liofilizators (BENCHTopPro with Omnitronics);
- Automātiskā pipete (*Gilson* 100 līdz 1000 µL);
- Gāzes hromatogrāfs GC–2010 plus;
- Masas detektors GC–MS QP–2010 Ultra;
- Kolonna – Rxi-5MS (30m0.25 x 0.25 µm, Supelco)
- Dators.

2.2.PARAUGU IEVĀKŠANA UN SAGATAVOŠANA ANALĪZEI

Kanādas zeltgalvītes (*S.canadensis*) sēklas ievāktas 2021.gada septembra sākumā, bet daudzlapu lupīnas (*L.polyphyllus*) sēklas – 2021.gada jūnijā, abu augu sēklas ievāktas Aizkraukles novada lauku teritorijā, puķu spriganes (*I.glandulifera*) un Sosnovska latvāņa (*H.sosnowsky*) sēklas ievāktas Ķekavas novadā. Paraugi tika izžāvēti un glabāti istabas temperatūrā līdz ekstrakcijai (aptuveni 30 dienas).

2.3.LIPĪDU EKSTRAKTU IEGŪŠANA

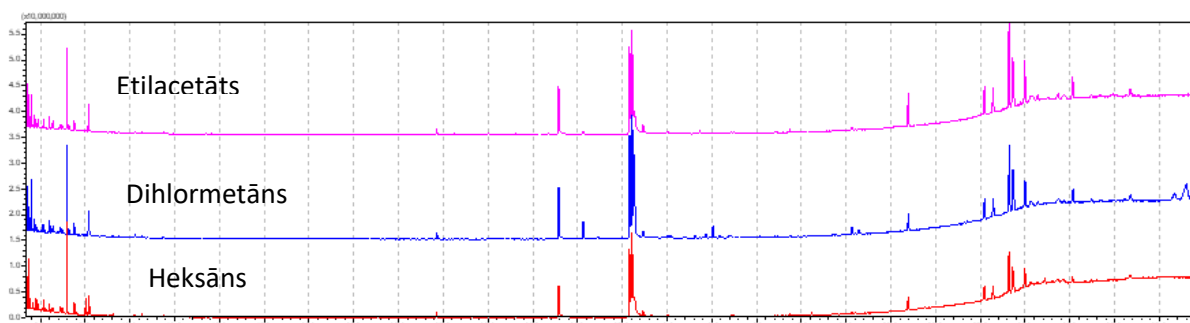
- Augu sēklas tika samaltas kafijas dzirnaviņās līdz smalkam pulverim, lai uzlabotu ekstrakcijas efektivitāti. No katra auga tika ņemti kopā 15 g sēklu. Tad 5 g sēklu pulvera no katra auga tika iesvērti 3 burciņās. Burciņās tika ieliets organiskais šķīdinātājs (50ml) – katra auga sēklu ekstrakcija tika veikta, izmantojot 3 dažādus šķīdinātājus (etilacetātā, dihlorometānā, heksānā).
- Tālāk, lai nodrošinātu veiksmīgāku šķīdināšanas procesu, ekstrakti tika ievietoti ultraskaņas vannā uz 10 – 15 minūtēm trīs reizes, pēc katras reizes to filtrējot ar kroku filtru, atdalot cietās, nešķīstošās daļiņas. Filtrpapīru, uz kura atradās sasmalcinātās sēklu paraugu daļiņas, pievienoja ekstraktam, kas atradās burciņā, lai maksimizētu iegūto lipīdu ekstrakta daudzumu un mazinātu zudumus ekstraktu sagatavošanas laikā.
- Pēc tam, kad iegūts filtrāts, tas tika likts rotācijas ietvaicētājā, lai atdalītu šķīdinātāju no ekstrakta sausnes. Ietvaicēts tika 1 – 5 ml. Tā kā katram šķīdinātājam ir sava viršanas temperatūra, tad, lai iztvaicētu tos, tika mainīts spiediens sistēmā, jo visu šķīdinātāju tvaicēšanas laikā sistēmā bija 40°C. Dihlorometāns pie šīs temperatūras iztvaiko atmosfēras spiedienā (1071 Pa), etilacetāts – 240 Pa, heksāns – 335 Pa.
- Lai atbrīvotos no šķīdinātāja paliekām, tas tika iztvaicēts, izmantojot slāpekli. Ekstrakti mazās burciņās tika ievietoti sildīšanas traukā un uzlikti uz plīts virsmas, kas tika uzsildīta līdz aptuveni 50°C tā, lai trauks, kurā atradās ekstrakti, būtu silts, tam pieliekot roku. Siltums tika saglabāts vienmērīgs visas tvaicēšanas laikā. Katrai no burciņām tika pievienota slāpekļa padeve, līdz viss šķīdinātājs tiktu iztvaicēts.
- Tā kā dažos paraugos bija ticis ūdens, nācās veikt papildus darbības, lai no tā atbrīvotos. Iegūtie lipīdu ekstrakti tika sasaldēti un pilnībā izžāvēti, ievietojot liofilizatorā.
- Gatavojot paraugus analīzei, tie tika sasvērti 2 ml hromatogrāfijas pudelītēs - katrā 5 mg ekstrakta - un tiem tika pievienots 900 µl piridīna un 100 µl aktīvais reaģents N, O-bistrifluoracetamīds (BSTFA), kas kopā veidoja 1 ml šķīduma. Pēc tam paraugi tika sildīti 60°C 1 stundu. Pēc sildīšanas paraugi bija gatavi analīzei (2.1.attēls).



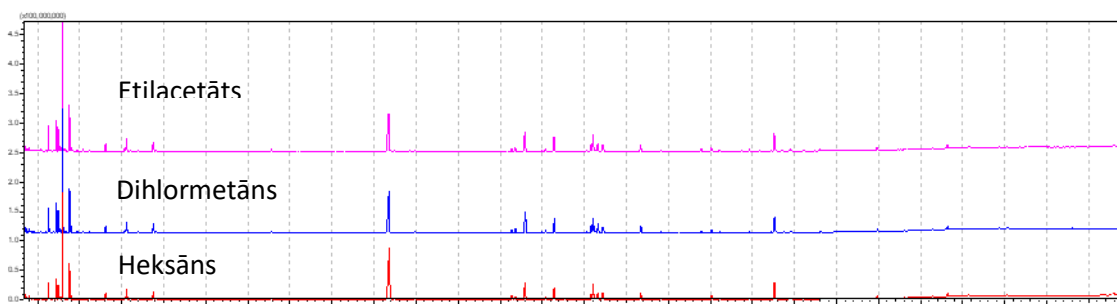
2.1.attēls Lipīdu ekstraktu sagatavošanas shēma

2.3.LIPĪDU EKSTRAKTU ANALĪZE

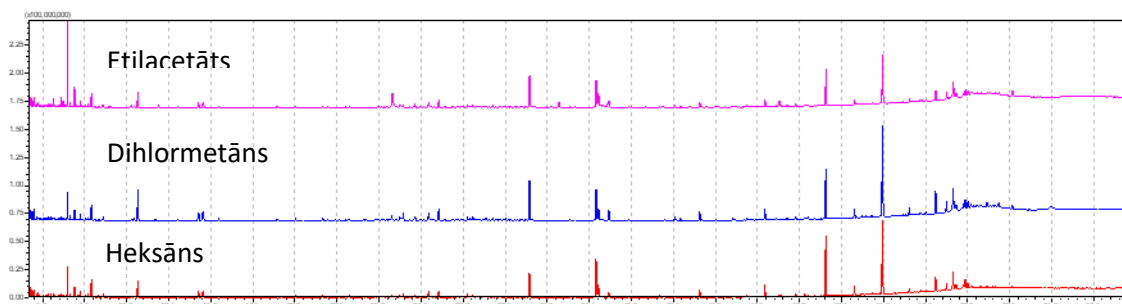
Sagatavotie paraugi tika ievietoti GC/MS autosamplerī un tika veikta hromatogrāfiskā analīze, kas vienam paraugam ilga 70 minūtes. Tad katram lipīdu ekstraktam iegūta hromatogramma (2.2.1. – 2.2.4. attēli), kas manuāli tika integrēta, lai noteiktu ekstraktā esošo vielu sastāvu un kvantitatīvo daudzumu. Lipīdu ekstraktu analīzei tika izmantota sekojoša hromatogrāfija programma – sākuma temperatūra 75° (turēts 2 min), ar 20°/min temperatūra tika pacelta līdz 130°C un turēta 10 min, ar 4°C.min temperatūra tika celta līdz 310°C un turēta 10 min. Injekcijas temperatūra 290°C, split ratio 10 ar gāzes plūsmu 3.0 ml/min. Gāzes spiediens 77.8 kPa ar kopējo plūsmu 16.0 ml/min. Masas spektrometra parametri tika uzstādīti, lai noteiktu savienojumus ar sākuma masas/lādiņa attiecību 35 m/z līdz 650 m/z. Jonu avota temperatūra 230 °C, interfeisa temperatūra 290°C, skenēšanas ātrums 2500 skenējumi sekundē.



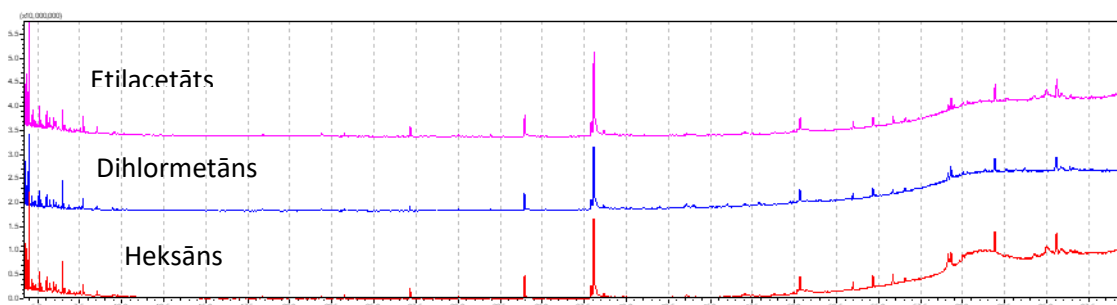
2.2.1.attēls Daudzlapu lupīnas (*Lupinus polyphyllus*) iegūtās hromatogrammas



2.2.2.attēls Sosnovska latvāņa (*Heracleum sosnowsky*) iegūtās hromatogrammas



2.2.3.attēls Kanādas zeltgalvītes (*Solidago canadensis*) iegūtās hromatogrammas

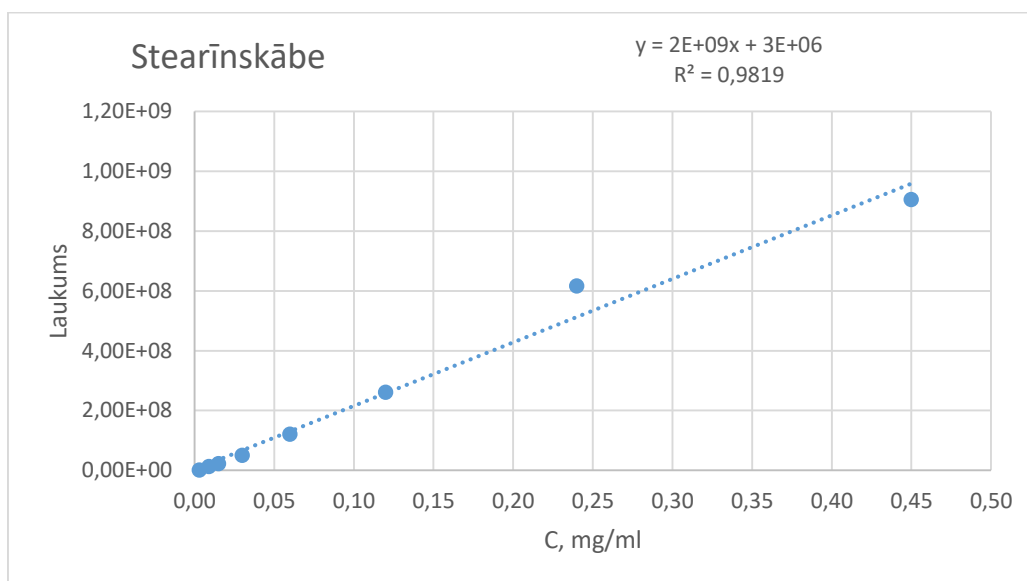


2.2.4.attēls Puķu sprigane (*Impatiens glandulifera*) iegūtās hromatogrammas

2.4.REZULTĀTU IEGŪŠANA UN APSTRĀDE

Lai noteiktu konkrēto vielu koncentrācijas, tika pagatavots standartšķīdumus (ar katras vielas koncentrāciju attiecīgi – 5, 15, 25, 50, 100, 200, 400, 750, 900 mg/ml), kuru sastāvā bija 13 dažādas vielas (1.tabula), kas katra raksturo kādu konkrētu vielu klasi un arī katram šim šķīdumam tika iegūta hromatogramma, kas tāpat manuāli tika integrēta. No 13 vielām tika izmantotas 11, jo ekstraktos netika atrasti ogļhidrāti. Pēc tam no iegūtajiem datiem izveidots

kalibrēšanas grafiks (2.3.attēls), kuram uz x ass attēlota koncentrācija (mg/ml), bet uz y ass – mauāli integrētās hromatogrammas konkrētās vielas pīķa laukums, kas veido grafiku – taisni.



2.3.attēls Kalibrēšanas grafika piemērs stearīnskābes standartam

Katra iegūtā viela tika sadalīta pa vielu klasēm, līdz ar to arī konkrētajiem grafikiem, no kura nolasīt vielas vērtību. Pēc tam, izmantojot taisnes vienādojumu, tika iegūta vielas koncentrācija mg/ml, kas pārrēķināta uz mg/g. Lai atšķirtu, kura standartšķīduma viela tiks izmantota datu iegūšanai, izmantots arī tās atdalīšanās laiks, kas parādīts hromatogrammā.

1.tabula. Standartšķīdumā atrodamo vielu un to raksturojošā klase (izstrādāja autore)

Vielu standartšķīdumā	Raksturotā vielu klase
Ursolskābe	Triterpenoīdi
B-sitosterols	Steroli
Tetrakozāns	Alkāni (virs C ₂₀)
Palmitīnskābe	Taukskābes
Stearīnskābe	Taukskābes
Benzoskābe	Aromātiskie/cikliskie savienojumi
1-oktadekanols	Spirti
Malonskābe	Karbonskābes
A-tokoferols	Vitamīni
Dodekāns	Alkāni (līdz C ₂₀)
Ergosterols	Steroli/fūranokumarīni/alkaloīdi

Lai iegūtu konkrētās vielas masas koncentrāciju ekstraktā, jāizmanto iegūtie 11 standartvielu kalibrēšanas grafiki (2.3.attēls), izvēloties attiecīgi to, kas raksturo vielas klasi.

Piemērs: Lipīdu ekstraktu paraugā no Kanādas zeltgalvītes sēklām, šķīdinot ar heksānu, atrasta miristīnskābe (ar laukuma vērtību – 18353202), kas ir piesātinātā taukskābe, tās izdalīšanās laiks no parauga ir tuvāks stearīnskābes izdalīšanās laikam, līdz ar to tiks izmantots stearīnskābes kalibrēšanas grafiks. Ar excel palīdzību un izmantojot grafiku, izmantojot funkcijas – *slope* un *intercept*, nosaka abas vērtības, ko izmantot aprēķinos. *Slope* – 2243785146, *Intercept* - -10110868.

Lai aprēķinātu rezultātus, izmanto taisnes formulu: $y=ax+b$, kas jāpārveido, lai atrastu nezināmo $x \Rightarrow x = \frac{y-b}{a}$, kur

y – laukums no iegūtajiem datiem vielai, kurai vēlas rēķināt, šajā gadījumā miristīnskābei;

b – *Intercept* vērtība standartam;

a – *slope* vērtība standartam;

x – koncentrācija paraugā (5mg) mg/ml

$$x = \frac{18353202 - (-10110868)}{2243785146} = 0,012685738 \text{ mg/ml}$$

Iegūtais rezultāts parāda, ka 5 mg lipīdu ekstrakta parauga iesvara ir $\approx 0,012686$ mg miristīnskābes.

Lai iegūtu masas koncentrāciju 1 gramā lipīdu ekstrakta, iegūtais rezultāts ir jādala ar iesvara masu gramos.

Piemērs: Kanādas zeltgalvītes lipīdu ekstraktu precīza parauga masa ir 0,00515 mg

$$\text{Konc. 1g ekstrakta} = \frac{0,012685738}{0,00515} = 2,46325005 \approx 2,46 \text{ mg/g}$$

Iegūtais rezultāts parāda, ka 1 gramā Kanādas zeltgalvītes lipīdu ekstrakta, kas iegūts, izmantojot šķīdinātāju heksānu, ir $\approx 2,46$ mg miristīnskābes.

Lai iegūtu masas koncentrāciju vienā gramā parauga procentos, iegūtais rezultāts ir jādala ar 10.

Piemērs:

$$W\% = \frac{\text{konc mg/g}}{10} = \frac{2,46325005}{10} = 0,246325005\% \approx 0,25\%$$

Iegūtais rezultāts parāda, ka 1 gramā Kanādas zeltgalvītes sēklu lipīdu ekstrakta paraugā ir 0,25% miristīnskābes.

Analīzē iegūtie dati tika apstrādāti, izmantojot MS Excel programmu. Lai iegūtu gala datus, tika izmantotas šajā nodaļā aprakstītās formulas, kas, balstoties uz izejas datiem, tika automātiski aprēķinātas ar precizitāti līdz 9 zīmēm aiz komata, lai iegūtu iespējami precīzākus rezultātus. Iegūtie dati sakārtoti atbilstoši tabulās un grafikos, kas vislabāk reprezentē rezultātus.

3.REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Iegūtie dati par pētīto augu sēklu lipīdu ekstraktu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu sakārtoti trijās tabulās - katram šķīdinātājam (3.pielikums). Tās vielas, kuru daudzums ir zem kvantificēšanas sliekšņa tiek uzrādītas tabulā kā kvalitatīvais sastāvs, tomēr pie to kvantitatīvā sastāva norādīts *LOQ* – vielas daudzums zem kvantificēšanas sliekšņa (angļu val. *limit of quantification*).

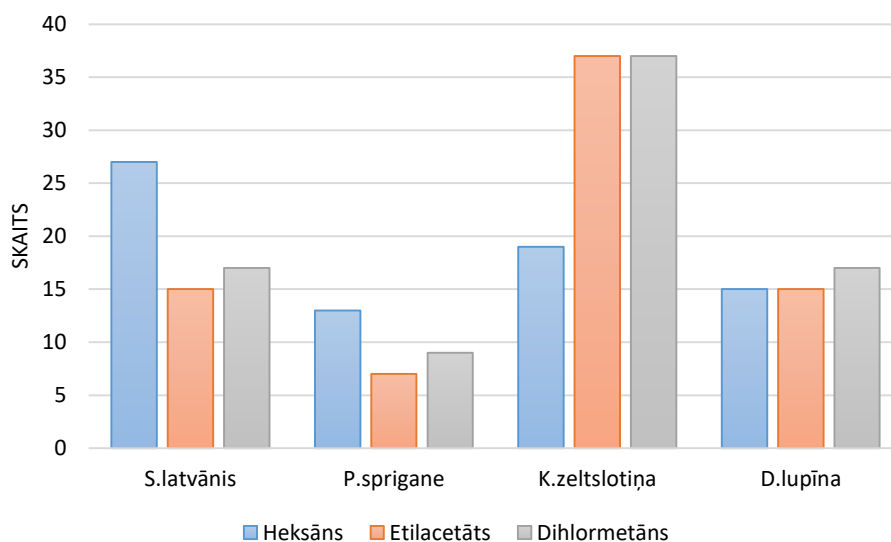
Tā kā paraugiem pirms to analīzes tika pievienots aktīvais reaģents BSTFA, tad vielas, kas satur OH⁻ funkcionālās grupas, tika noteiktas ka trimetilsilesteri.

3.1. LIPĪDU EKSTRAKTOS IDENTIFICĒTO UN KVANTIFICĒTO VIELU SKAITA SALĪDZINĀJUMS

No darbā pētītajiem augiem visvairāk vielu kvantificēts Kanādas zeltgalvītes sēklās (izmantojot šķīdinātājus etilacetātu un dihlormetānu – 37), bet vismazāk – puķu spriganes (izmantojot šķīdinātāju etilacetātu – 7) (3.1.attēls).

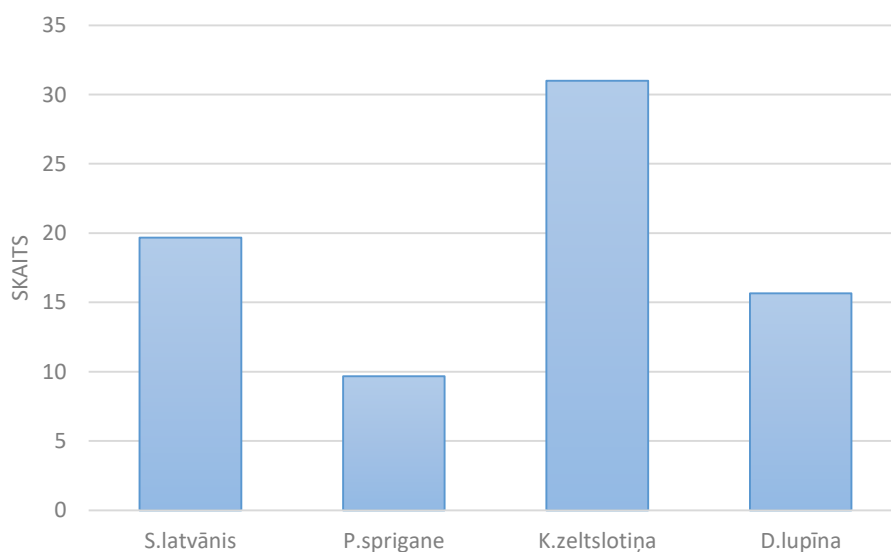
Pēc iegūtajiem datiem var spriest par šķīdinātāju efektivitāti – heksāns ir neefektīvākais šķīdinātājs, iegūstot bioloģiski aktīvās vielas no Kanādas zeltgalvītes sēklām, bet efektīvākais - puķu spriganes un Sosnovska latvāņa sēklu lipīdu ekstrakcijās, turpretī, izmantojot etilacetātu, Sosnovska latvāņa un puķu spriganes sēklu lipīdu ekstraktos ir identificēts vismazākais vielu skaits, bet Kanādas zeltgalvītei – lielākais. Iepriekš veiktos pētījumos kā efektīvākie organiskie šķīdinātāji fotosintezējošu protistu valsts lipīdu ekstrakcijai atzīti – heksāns, hloroforms un metanols. Pētījumā veikta mikroaļģu lipīdu ekstrakcijas mehānismu izpēte, kā arī izvēlēti

fotosintezējoši viensūnu aļģu organismi, lai rezultātus varētu arī attiecināt uz augu valsti (Karim et al, 2019). Citā pētījumā veikta dažādu biežāk izmantoto ekstrakcijas metožu salīdzināšana augu valsts lipīdu ekstraktu izdalīšanai, par etalonaugu ņemot tāla sīkplikstiņu (*Arabidopsis thaliana*), kur noskaidrots, ka visefektīvāk ir izmantot šķīdinātāju maisījumu, kas sastāv no hloroforma, izopropanola, metanola un ūdens (Kehelpannala et al, 2020). Daudzlapu lupīnas sēkļu lipīdu ekstrakta identificēto vielu skaits būtiski nemainās starp šķīdinātājiem.



3.1.attēls Dažādu šķīdinātāju efektivitātes un identificēto vielu skaita salīdzinājums

Ja salīdzina vidējo kvantificēto vielu daudzumu pētīto augu sēkļu lipīdu ekstraktos ar visiem šķīdinātājiem (3.2.attēls), visvairāk vielas (31) kvantificētas Kanādas zeltgalvītes sēkļu lipīdu ekstraktā, bet vismazāk (9,67) – puķu spriganes.



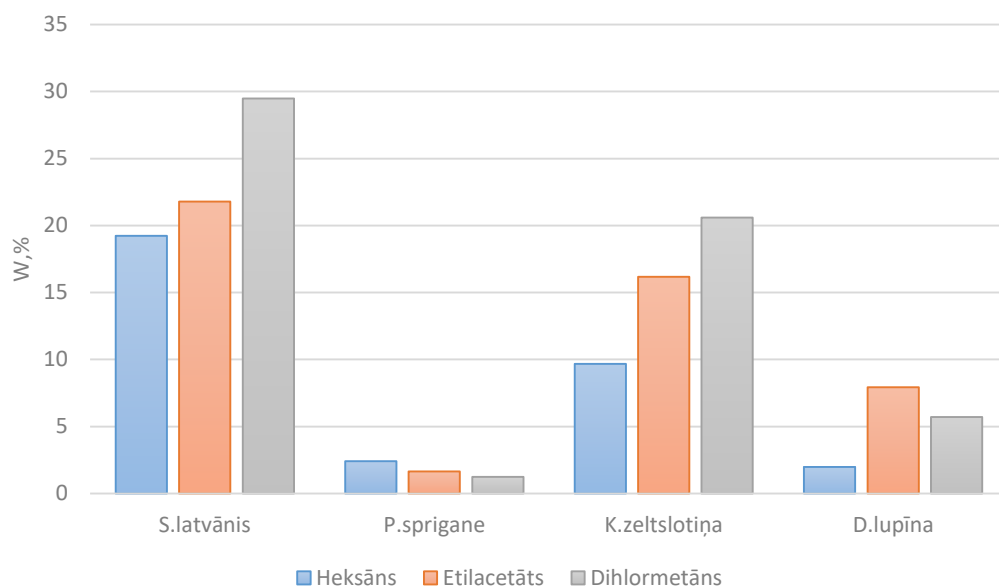
3.2.attēls. Vidējais kvantificēto vielu daudzuma salīdzinājums pētīto augu sēklu lipīdu ekstraktos

3.2.LIPĪDU EKSTRAKTOS KVANTIFICĒTO VIELU DAUDZUMS

Kvantificētās vielas ir tās, kurām varēja noteikt to masu un pēc tam izmantot aprēķinos.

Pēc iegūtajiem datiem var spriest par izvēlētās ekstrakcijas metodes efektivitāti (3.3.attēls). Izmantojot heksānu, no Sosnovska latvāņa sēklu lipīdu ekstrakta kvantificētas 19,24% vielu, puķu spriganes – 2,41%, Kanādas zeltgalvītes – 9,67%, no daudzlapu lupīnas – 1,99%. Izmantojot etilacetātu, no Sosnovska latvāņa ieguva 21,79% kvantificējamu vielu, puķu spriganes – 1,64%, Kanādas zeltgalvītes – 16,18%, daudzlapu lupīnas – 7,94%. Izmantojot dihlormetānu no Sosnovska latvāņa – 29,49%, puķu spriganes – 1,23%, Kanādas zeltgalvītes – 20,59%, daudzlapu lupīnas – 5,71%. Lai identificētās vielas arī kvantificētu, visefektīvākais šķīdinātājs Kanādas zeltgalvītes un Sosnovska latvāņa sēklu lipīdu ekstraktos esošo vielu kvantificēšanai, ir dihlormetāns, daudzlapu lupīnai – etilacetāts, bet puķu spriganei – heksāns.

Pēc šī grafika var spriest, ka šķīdināšana, izmantojot izvēlētos organiskos šķīdinātājus, nav efektīva lipīdu ekstraktu iegūšanai no puķu spriganes un daudzlapu lupīnas, bet tā kā iegūtās hromatogrammas, kas tika apskatītas 2.nodaļā, uzrāda ievērojami lielāku skaitu savienojumu nekā identificētās un kvantificētās vielas, tad var secināt, ka izvēlētā analīzes metode – gāzu hromatogrāfijas un masas spektrometrijas analīze nav efektīva, lai noteiktu vielu saturu paraugā. Tas, ka puķu spriganes un daudzlapu lupīnas lipīdu ekstraktā tika identificēts un arī kvantificēts procentuāli vismazākais vielu skaits, nenorāda, ka auga lipīdu ekstrakta saturā ir mazāk bioloģiski aktīvo vielu, bet gan, ka to atdalīšanai un identificēšanai nepieciešams izmantot citu metodi. To, ka vielas ir daudz, var redzēt arī iegūtajā hromatogrammā (2.2.4.attēls). GC/MS metodi var izmantot, ja molekulu atomsvars ir zem 800 M.W., bet, ja tas ir lielāks, kā alternatīvu var izmantot augstas izšķirtspējas šķīdumu hromatogrāfiju (*high-performance liquid chromatography – HPLC*) (Steele, 2019).

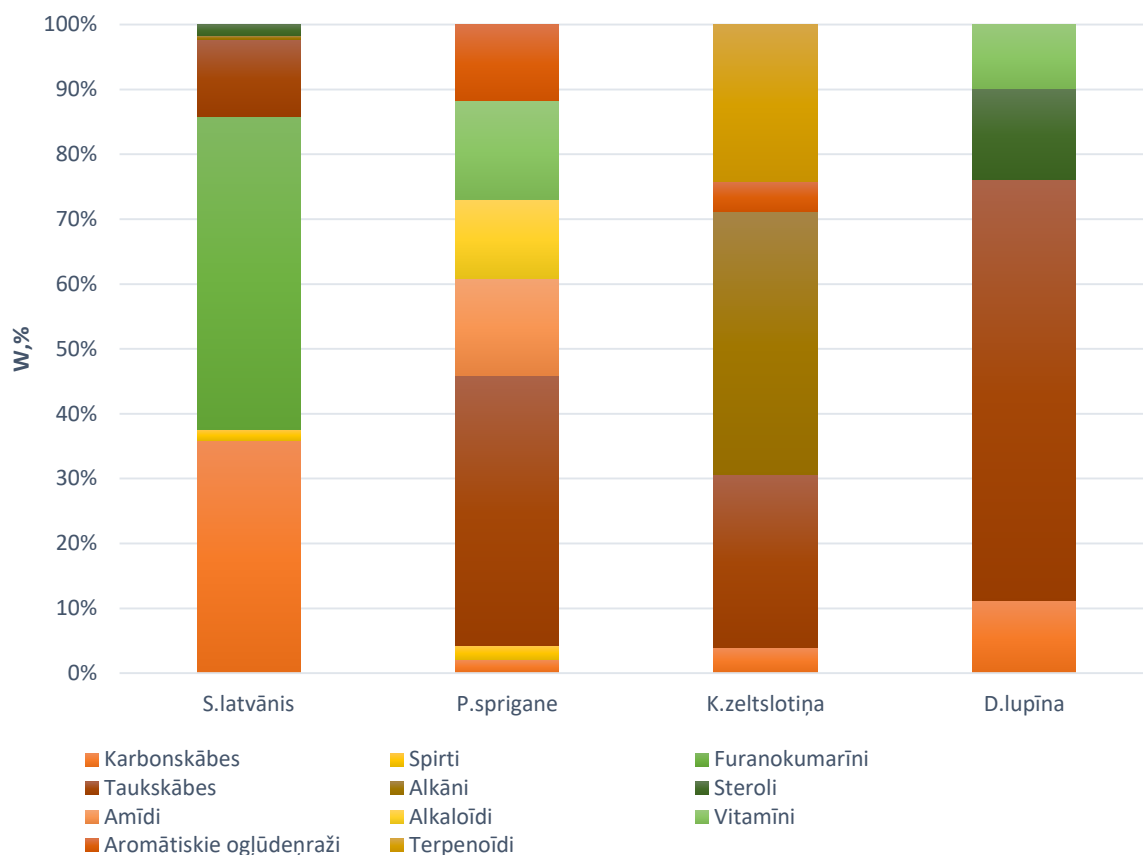


3.3.attēls Kvantificēto vielu masas daļas (%) salīdzinājums pētītajos augos un izmantojot dažādus šķīdinātājus

3.3. LIPĪDU EKSTRAKTA SATURA SALĪDZINĀJUMS PĒTĪTAJIEM AUGIEM, IZMANTOJOT ATŠĶIRĪGUS ŠĶĪDINĀTĀJUS

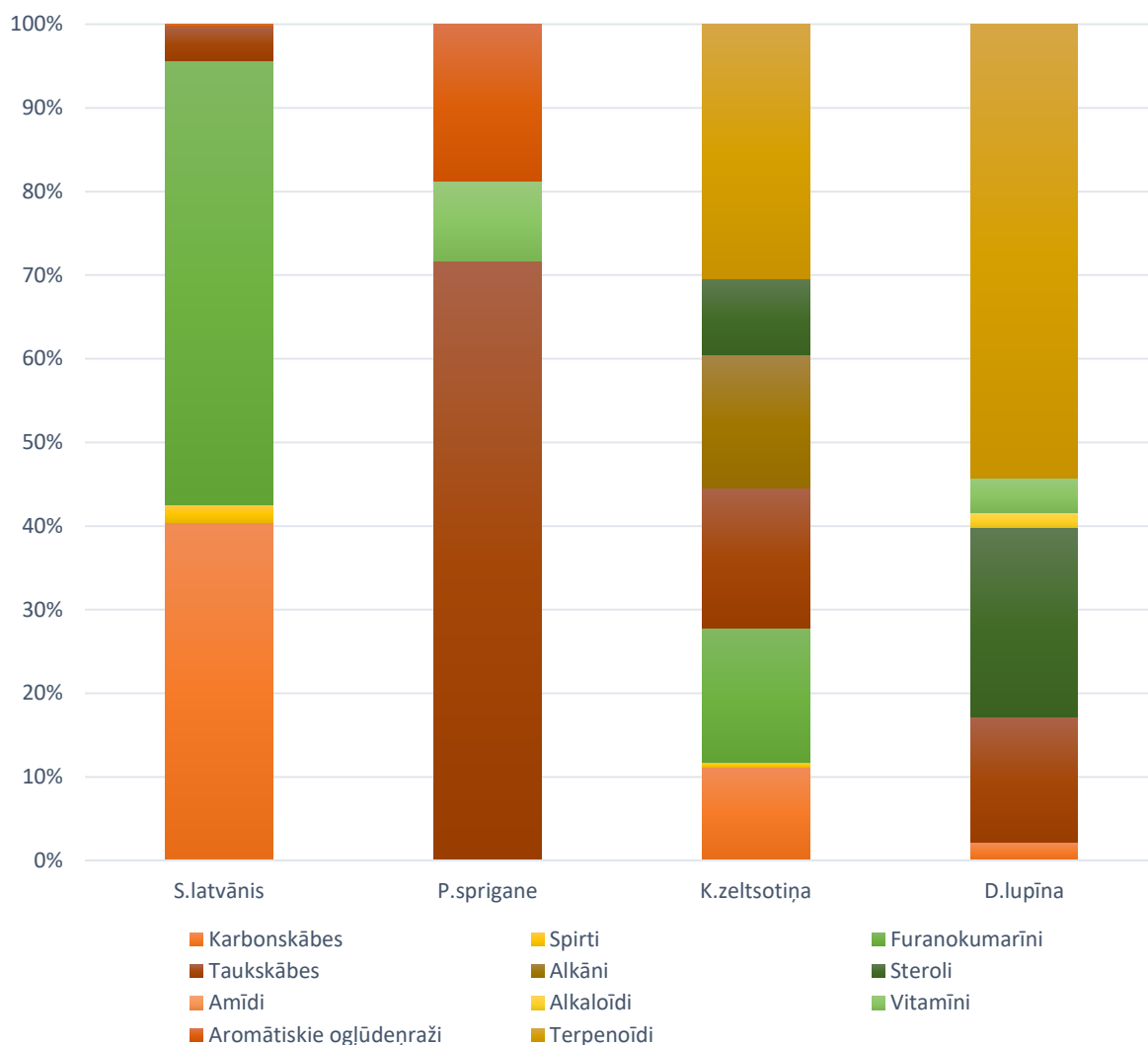
Lai salīdzinātu iegūto lipīdu ekstraktu saturu, kvantificētās vielas apvienotas pa to funkcionālajām klasēm. Tā kā visas no identificētajām vielām netika kvantificētas, tad šajā nodaļā izmantoti tikai kvantificēto vielu dati – vielas, kurām pēc to iegūtajiem datiem un salīdzinot ar kalibrēšanas grafiku, varēja noteikt to masu apskatītajā paraugā, ko pēc tam pārrēķināja uz masu vienā gramā lipīdu ekstrakta (3.pielikums) un tad, nosakot masas daļu procentos, kas arī proporcionāli parādās šajos grafikos.

Izmantojot šķīdinātāju heksānu, no kvalificēto vielu masas daļas Sosnovska latvānī noteiktas: 35,9% karbonskābju, 1,73% - spirtu, 48,30% - furanokumarīnu, 11,84% - taukskābju, 0,53% - alkānu, 1,74% - sterolu. Puķu spriganē: 2,12% - karbonskābju, 2,12% - spirtu, 41,72% - taukskābju, 14,90% - amīdu, 12,23% - alkaloīdu, 15,15% - vitamīnu, 11,76% - aromātiskie ogļūdeņraži. Kanādas zeltgalvītē: 3,94% - karbonskābju, 26,75% - taukskābju, 40,44% - alkānu, 4,67% - aromātisko ogļūdeņražu, 24,19% - terpenoīdu. Daudzlapu lupīna: 11,18% - karbonskābju, 64,99% - taukskābju, 13,99% - sterolu, 9,84% - vitamīnu (3.4.attēls).



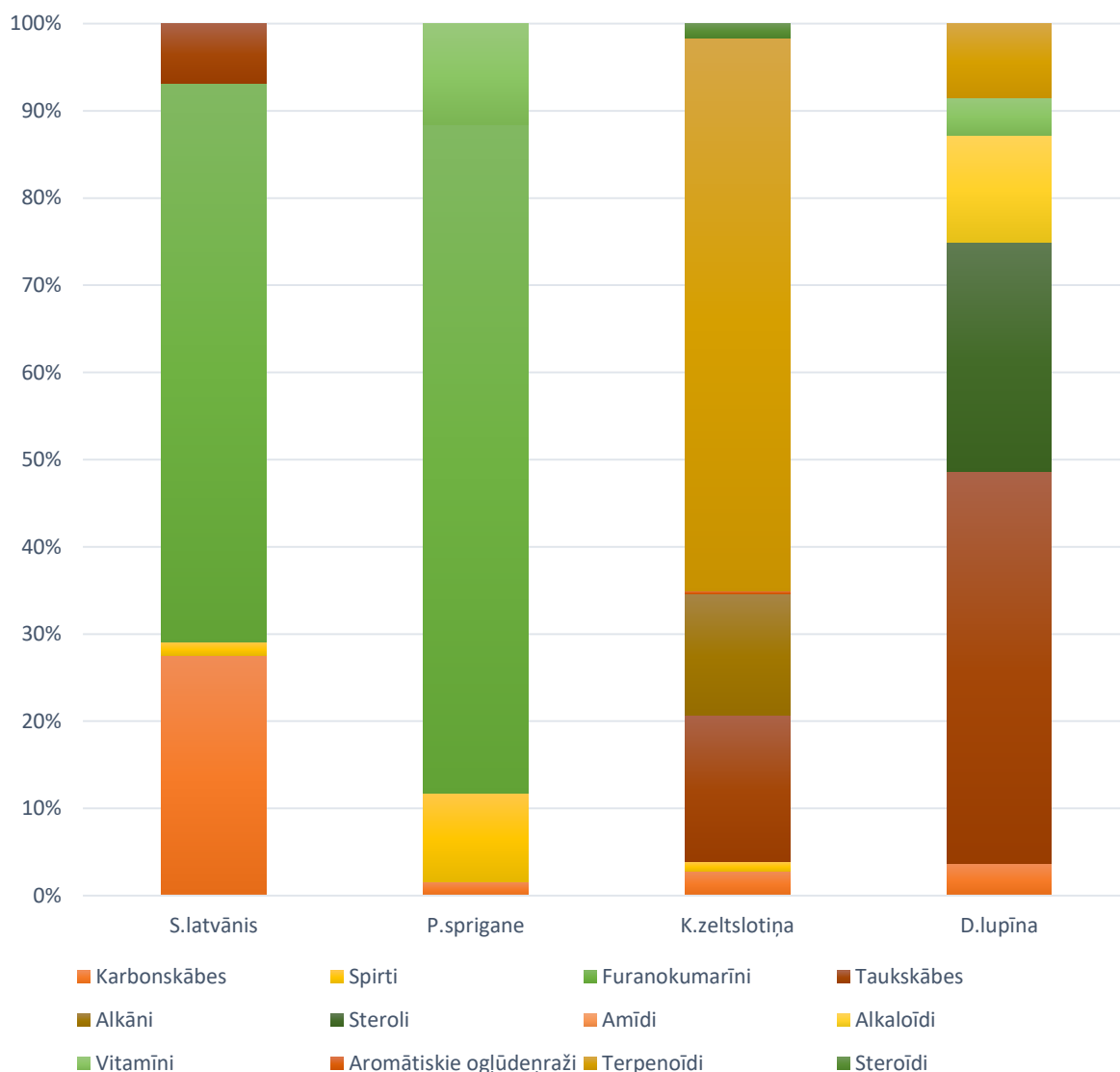
3.4.attēls Pētīto augu sēkļu lipīdu ekstraktā esošo kvalificēto vielu funkcionālo klašu daudzuma salīdzinājums, izmantojot heksānu kā ekstrakcijas šķīdinātāju

Izmantojot šķīdinātāju etilacetātu, no kvalificēto vielu masas daļas Sosnovska latvānī noteikts: 40,43% - karbonskābju, 2,14% - spirtu, 53,05% - furanokumarīnu, 4,15% - taukskābju, 0,23% - aromātisko ogļūdeņražu. Puķu spriganē: 71,75% - taukskābju, 9,45% - vitamīnu, 18,80% - aromātisko ogļūdeņražu. Kanādas zeltgalvītē: 11,12% - karbonskābju, 0,69% - spirtu, 15,96% - furanokumarīnu, 16,8% - taukskābju, 15,91% - alkānu, 9,07% - sterolu, 30,44% - terpenoīdu. Daudzlapu lupīnā: 2,12% - karbonskābju, 15,10% - taukskābju, 22,60% - sterolu, 1,78% - alkaloīdu, 4,14% - vitamīnu, 54,26% - terpenoīdu (3.5.attēls).



3.5.attēls Pētīto augu sēklu lipīdu ekstraktā esošo kvalificēto vielu funkcionālo klašu daudzuma salīdzinājums, izmantojot etilacetātu kā ekstrakcijas šķīdinātāju

Izmantojot šķīdinātāju dihlormetānu, no kvalificēto vielu masas daļas Sosnovska latvāņa sēklās noteikts: 27,51% - karbonskābju, 1,57% - spirtu, 64,07% - furanokumarīnu, 6,86% - taukskābju. Puķu spriganes sēklās: 1,60% - karbonskābju, 10,16% - spirtu, 76,62% - furanokumarīnu, 11,61% - vitamīnu. Kanādas zeltgalvītes sēklās: 2,80% - karbonskābju, 1,09% - spirtu, 16,81% - taukskābju, 13,95% - alkānu, 0,30% - aromātisko ogļūdeņražu, 63,43% - terpenoīdu, 1,63% - stereoīdu. Daudzlapu lupīnas sēklās: 3,62% - karbonskābju, 45,02% - taukskābju, 26,25% - sterolu, 12,33% - alkaloīdu, 4,28% - vitamīnu, 8,49% - terpenoīdu (3.6.attēls).



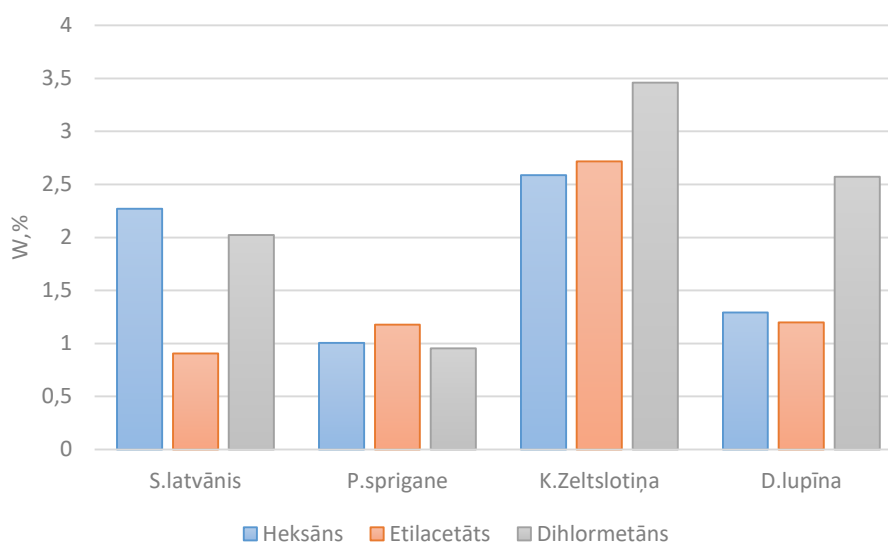
3.6.attēls Pētīto augu sēkļu lipīdu ekstraktā esošo kvalificēto vielu funkcionālo klašu daudzuma salīdzinājums, izmantojot dihlorometānu kā ekstrakcijas šķīdinātāju

Kvantificēto vielu daudzums atšķirās, izmantojot katru no šķīdinātājiem, tāpat arī visas vielu klases netika noteiktas katrā lipīdu ekstraktā, mainot šķīdinātājus. Iepriekš aprakstītajā pētījumā par lipīdu ekstrakcijas metožu efektivitātes pārbaudi uz tāla sīkplikstiņu (*Arabidopsis thaliana*), kopā identificētas 15 dažādas lipīdu klases (Kehelpannala, 2020), šajā veiktajā pētījumā kopumā identificētas 12 funkcionālās klases, ko var izskaidrot ar izvēlēto standartvielu daudzumu un iedalījumu funkcionālajās klasēs.

3.4.LIPĪDU EKSTRAKTOS KVALIFICĒTO PIESĀTINĀTO UN NEPIESĀTINĀTO TAUKSKĀBJU DAUDZUMA SALĪDZINĀJUMS

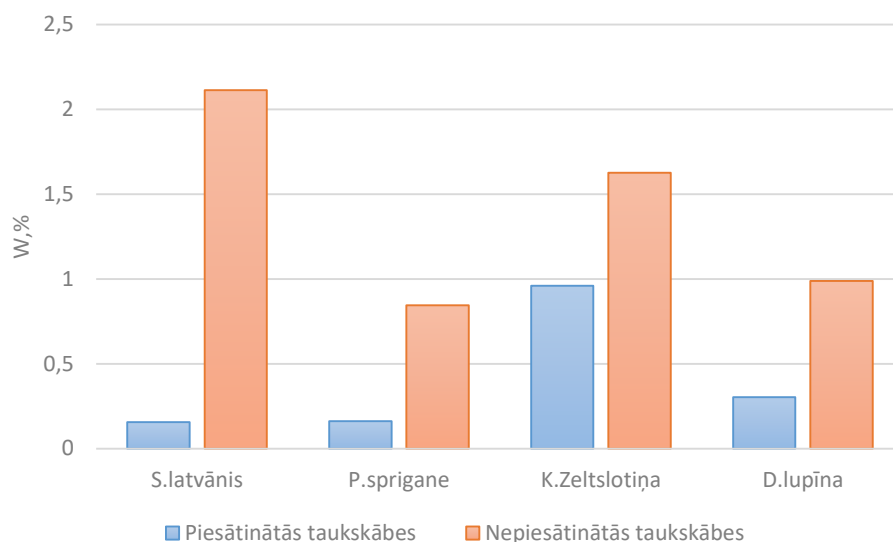
Invazīvo augu sēklu lipīdu ekstraktos atrastās un kvantificētās piesātinātās taukskābes: stearīnskābe, palmitīnskābe, miristīnskābe, behenskābe, lignocerīnskābe, sviestskābe. Nepiesātinātās taukskābes: oleīnskābe, linolskābe, linolēnskābe, arahīnskābe, linolelaidīnskābe, eikozadionskābe. To daudzuma atšķirības dažādu sēklu saturā, izmantojot atšķirīgus šķīdinātājus, apkopotas grafikos.

Lai no ekstrakta izdalītu taukskābes, visefektīvākais šķīdinātājs Kanādas zeltgalvītes un daudzlapu lupīnas lipīdu ekstraktiem ir dihlorometāns, bet Sosnovska latvānim – heksāns, puķu sprigane – etilacetāts. Visvairāk kopumā taukskābju ir Kanādas zeltgalvītes sēklās, bet vismazāk – puķu spriganes (3.7.attēls). Pašlaik heksāns ir visvairāk izmantotais šķīdinātājs augu eļļu ekstrakcijā (Sicaire et al, 2015).



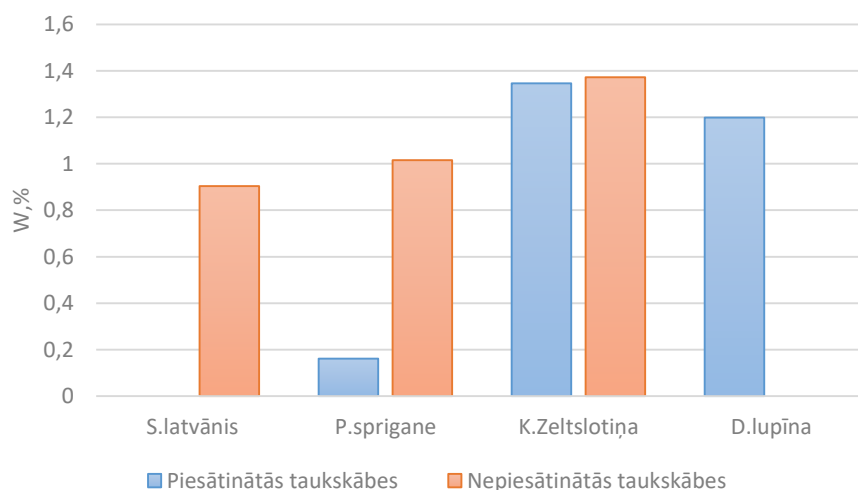
3.7.attēls Izdalīto taukskābju masas daļa ekstraktā, dažādiem šķīdinātājiem

Sosnovska latvāņa sēklu lipīdu ekstraktā, šķīdinot ar heksānu, noteikts 2,27% taukskābju, no tām: 6,88% - piesātināto, 93,11% - nepiesātināto taukskābju. Puķu spriganes sēklās – 1,0047%: 16% - piesātināto, 84% - nepiesātināto taukskābju. Kanādas zeltgalvītes sēklās – 2,5869%: 37,13% - piesātināto, 62,87% - nepiesātināto taukskābju. Daudzlapu lupīnas sēklās – 1,2917%: 23,51% - piesātināto, 76,49% - nepiesātināto taukskābju (3.8.attēls).



3.8.attēls. Izdalīto piesātināto un nepiesātināto taukskābju masas daļas salīdzinājums ekstraktā, izmantojot šķīdinātāju heksānu pētītajiem augiem.

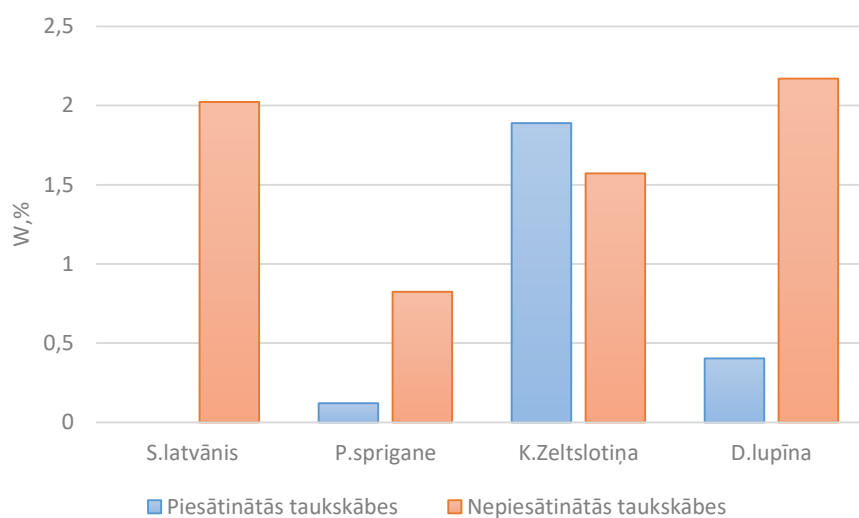
Sosnovska latvāņa sēkļu lipīdu ekstraktā, šķīdinot ar etilacetātu, noteikts 0,9043% taukskābju, no kurām 100% ir nepiesātinātās taukskābes, puķu spriganes – 1,0149%, no kurām 13,77% - piesātinātās, 86,23% - nepiesātinātās taukskābes, Kanādas zeltgalvītes – 2,7183%, no kurām 49,54% - piesātināto, 50,46% - nepiesātināto taukskābju, daudzlapu lupīnas – 1,1986%, no kurām 100% ir piesātinātās taukskābes (3.9.attēls).



3.9.attēls. Izdalīto piesātināto un nepiesātināto taukskābju masas daļas salīdzinājums ekstraktā, izmantojot šķīdinātāju etilacetātu pētītajiem augiem.

Sosnovska latvāņa sēkļu lipīdu ekstraktā, šķīdinot ar dihlormetānu, noteikts 2,0223% taukskābju, no kurām 100% ir nepiesātinātās taukskābes, puķu spriganes - 0,9457%, no kurām 12,82% - piesātināto, 87,18% - nepiesātināto taukskābju, Kanādas zeltgalvītes – 3,4607%, no

kurām 54,58% - piesātināto, 45,42% - nepiesātināto taukskābju, Daudzlapu lupīnas – 2,5729%, no kurām 15,66% - piesātināto, 84,34% - nepiesātināto taukskābju (3.10.attēls).



3.10.attēls. Izdalīto piesātināto un nepiesātināto taukskābju masas daļas salīdzinājums ekstraktā, izmantojot šķīdinātāju dihlormetānu pētītajiem augiem.

SECINĀJUMI

1. Šobrīd un, visticamāk, arī nākotnē invazīvie augi ir un būs nacionāla mēroga problēma, kuras risināšana bieži vien netiek uzraudzīta (izņemot Sosnovska latvāni), tāpēc tie izplatās tālāk, mainot augu sabiedrību, jo ir ātraudzīgi, tie saražo daudz zaļās masas un viegli ieaug pat nabadzīgās augsnēs. Ņemot vērā šo faktu, invazīvos augus var izmantot kā resursus.
2. Līdz šim ļoti maz ir veikti pētījumi par invazīvo augu saturu, tajos esošajām bioloģiski aktīvajām vielām un iespējām tos izmantot.
3. Izmantojot organiskos šķīdinātājus – etilacetātu, heksānu, dihlormetānu – ir efektīvi iegūti lipīdu ekstraktus, tostarp savienojumus ar augstu bioloģisko saturu, jo tas, ka vielas ir daudz un dažādas, parādījās iegūtajās hromatogrammās, bet izvēlēta analīzes un vielu atdalīšanas metode – gāzes hromatogrāfija un masas spektrometrija – būtu jāmaina, lai noteiktu un kvantificētu puķu spriganes un daudzlapu lupīnas lipīdu ekstraktu saturu, jo nosaka relatīvi mazu daudzumu no šajos augos atrodamajām vielām. Veiktā iegūto vielu hromatogrāfiskā analīze ir ļāvusi identificēt un kvantificēt 12 dažādas funkcionālās klases, ko satur izvēlēto invazīvo augu sēklu lipīdu ekstrakti.
4. Invazīvo augu sēklas uzskatāmas par vērtīgu nepiesātināto taukskābju avotu ar augstu praktiskās izmantošanas potenciālu.
5. Invazīvie augi katru sezonu saražo bioloģisko materiālu, kurā ir identificēti bioloģiski aktīvi lipīdu klases savienojumi.
6. Pirmo reizi veiktais invazīvo augu sēklu ķīmiskā sastāva pētījums, var sekmēt to radītās biomasas daudzuma apzināšanu un ievākšanu, kā jaunieviesušos Latvijas augu valsts pārstāvju, ar potenciālo iespēju tikt izmantotiem inovatīvu produktu ražošanā.

PATEICĪBAS

Pateicos darba vadītājam Msc.Biol. Linardam Kļaviņam par ieguldīto darbu, palīdzību, padomiem un ieinteresētību bakalaura darba tapšanas procesā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Publicētie avoti

Bērziņš, A., Lapiņš, D., Lejiņš, A., Kukle, I., Gavrilova, I., Priekule, I., Vanaga, I., Treikule, O., Liguts, V., Oļukalns, A., Riekstiņš, A., Karpenskis, G. 2007. *Latvānis, tā izplatības ierobežošana*. Latvijas Republikas Vides ministrija, Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Valsts SIA "Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrs", Valsts SIA "Vides projekti", Latvijas Vides aizsardzības fonds. Rīga, Latvijas Vides aizsardzības fonds.

Caballero, B., Finglas P., Toldra, F. 2003. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press, San Diego Vol. 2, pp 2287–2292.

Cinovskis R. 1979. *Latvijas PSR ieteicamo krāšņumaugu sortiments. Koki un krūmi*. Rīga, Zinātne, 276

Cooney, M., Young, G., & Nagle, N. 2009. Extraction of bio-oils from microalgae. *Separation & Purification Reviews*, 38(4), 291-325.

Deduments, V. 2019. *Izplatītāko invazīvo augu sugu ierobežošana Cēsu novadā*. Priekuļi, Agrosursu un ekonomikas institūts

Eisenstein, J. 2019. *The benefits of Goldenrod*. New York, Cornell Cooperative Extension

Fahy, E., Subramaniam, S., Murphy, R. C., Nishijima, M., Raetz, C. R. H., Shimizu, T., Spener, F., van Meer, G., Wakelam, M. J. O., Dennis, E. A. 2009. Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. *Journal Lipid Research* 50, S9–S14.

Gałaszka, A., Migaszewski, Z., & Namieśnik, J. (2013). The 12 principles of green analytical chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 50, 78-84.

Garkāje, A. 2019. *Latvāņu ierobežošana*. Valsts augu aizsardzības dienests.

Gassman, A., Weber, E. 2005. *Solidago canadensis*. In Wittenberg, R.(ed.). *An Inventory of Alien Species and Their Threat to Biodiversity and Economy in Switzerland*. CABI Bioscience Switzerland Centre report to the Swiss Agency for Environment, Forests and Landscape 413–414.

- Gudžinskas Z., Kazlauskas M., Pilāte D., Balalaikins M., Pilāts M., Šaulys A., Šailienė I., Šukienė L. 2014. *Lietuvas un Latvijas pierobežas invazīvie augi*. BMK Leidykla, Vilnius. 120-121, 128 – 129, 136-137.
- Gudžinskas Z., Sinkevičienė Z. 1995. Distribution, biology and naturalization of *Imaptiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae) in Lithuania. *Botanica Lithuanica*.
- Hawthorne, S. B., Yang, Y., & Miller, D. J. 1994. Extraction of organic pollutants from environmental solids with sub-and supercritical water. *Analytical Chemistry*, 66(18), 2912-2920.
- Huang, Y., Bai, Y., Wang, Y., Kong, H. 2013. Allelopathic effects of the extracts from an invasive species *Solidago canadensis* L. on *Microcystis aeruginosa*. *Letters in Applied Microbiology*, 57: 451-458.
- Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi. Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr.467. Pieņemti 30.06.2008.
- Yang, B., Ahotupa, M., Maatta, P., Kalio, H. 2011. Composition and Antioxidative Activities of Supercritical CO₂-Extracted Oils from Seeds and Soft Parts of Northern Berries. *Food Research International*. 44, 2009–2017.
- Yaw, K., C. 2012. *Measurement of dielectrical properties*. Rohde&Scwarz, Shanghai.
- Young, S., L., Gopalakrishnan, G., Keshwani, D., R. 2011. *Invasive plant species as potential bioenergy producers and carbon contributors*. West Central Research and Extension Center, North Platte. 20.
- Jérôme, F., Luque, R. 2017. *Bio-based solvents*. John Wiley & Sons.
- Karim, A., Islam, M., A, Khalid, Z., B. Faizal, C., K., M., Khan, M. R., Yousuf, A. 2020. *Microalgae Cultivation for Biofuels Production*. Academic Press.
- Kehelpannala, C., Rupasinghe, T.W.T., Hennessy, T., Bradley, D., Ebert, B., Roessner, U. 2020. A comprehensive comparison of four methods for extracting lipids from *Arabidopsis* tissues. *Plant Methods* 16, 155.
- Kohli, R. 2013. Removal of Surface Contaminants Using Ionic Liquids. *Developments in Surface Contamination and Cleaning*. The Aerospace Corporation, Houston, TX, USA
- Krupskis, V. 2008. *Bioķīmijas preparātu ražošanas tehnoloģija*. Rīga, Grindex.

- Kumar, R., Rao, P., H., Arumugam, M. 2015. Lipid extraction methods from microalgae: a comprehensive review. *Front. Energy research*.
- Kusiņa, M. 2007. Uztura loma. *Cilvēka anatomija, fizioloģija, higiēna 9. klasei*. Rīga, Zvaigzne ABC
- Matyash, V., Liebisch, G., Kurzchalia, T. V., Shevchenko, A., & Schwudke, D. 2008. Lipid extraction by methyl-tert-butyl ether for high-throughput lipidomics. *Journal of Lipid Research*, 49(5), 1137-1146.
- Morozovs, A., Jākobsone, I., Mekšs, P. 2008. *Pārtikas ķīmija*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga. pp 98-120; 136.
- Patel, A., Antonopoulou, I., Enman, J., Rova, U., Christakopoulos, P., Matsakas, L. 2019. Lipids detection and quantification in oleaginous microorganisms: an overview of the current state of the art. *BMC Chemical Engineering*, 13
- Plotka-Wasyłka, J., Rutkowska, M., Owczarek, K., Tobiszewski, M., Namieśnik, J. 2017. *Extraction with environmentally friendly solvents*. Gdansk University of Technologies
- Priede A. 2009. Distribution of some invasive alien plant species in riparian habitats in Latvia. *Botanica Lithuanica*
- Priede. A. 2008. Invazīvo svešzemju sugu izplatība Latvijā. *Latvijas veģetācija*, 17, 150 lpp.
- Rubine, H., Eniņa, V. 2004. *Ārstniecības augi*. Rīga, Zvaigzne ABC.
- Rubine, H., Eniņa, V., Ozola, S. 1974. *Ārstniecības augu sagatavošana un lietošana*. Rīga, Zvaigzne ABC.
- Rubīne, H. 2007. *Daba un cilvēka veselība*. Latvijas Bioloģiskās lauksaimniecības asociācija.
- Sheng, J., Vannela, R., & Rittmann, B. E. (2011). Evaluation of methods to extract and quantify lipids from *Synechocystis* PCC 6803. *Bioresource technology*, 102(2), 1697-1703.
- Sicaire, A. G., Vian, M., Fine, F., Joffre, F., Carré, P., Tostain, S., Chemat, F. 2015. Alternative bio-based solvents for extraction of fat and oils: solubility prediction, global yield, extraction kinetics, chemical composition and cost of manufacturing. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(4), 8430–8453.
- Synowiec, A., Kalembe, D. 2015. Composition and herbicidal effect of *Heracleum sosnowskyi* essential oil. *Open Life Sciences*. De Gruyter, 10.

Sparkman, O. D., Penton, Z., & Kitson, F. G. 2011. *Gas chromatography and mass spectrometry: a practical guide*. Academic press.

Surburg, H., & Panten, J. (2016). *Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses*. John Wiley & Sons.

Van Meerbeek, K., Appels, L., Dewil, R., Calmeyn, A., Lemmens, P., Muys, B., Hermy, M. 2015. Biomass of invasive plant species as a potential feedstock for bioenergy production. *Biofuels, Bioproducts, Biorefining*. 9: 273-282.

Vance D. E. Vance, J. E. 2008. Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes. *Elsevier Science*, Amsterdam, 5th Edn. pp 363–397.

Vekariya, R. L. 2017. A review of ionic liquids: Applications towards catalytic organic transformations. *Journal of Molecular Liquids*, 227, 44-60.

Vintoru, M. 2001. An Overview of the Ultrasonically Assisted Extraction of Bioactive Principles from Herbs. *Ultrasonic Sonochemistry*. 8, 303–313.

Vībāns K. 2002. *Invazīvo kokaugu sugu izplatība Latvijā*. Maģistra darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte

Zekič, J., Vovk, I., & Glavnik, V. 2021. Extraction and Analyses of Flavonoids and Phenolic Acids from Canadian Goldenrod and Giant Goldenrod. *Forests*, 12(1), 40.

Interneta resursi

Aryal, S. 2022. *HPLC – definition, parts, principle, types, uses, diagram*. Microbe notes. Skat.: 26.04.2022. Pieejams: <https://microbenotes.com/high-performance-liquid-chromatography-hplc/>

Atvara, E., 2019. Cēsu pašvaldība. *Invazīvo sugu ierobežošanas plāns Cēsu novadā*. Sk.: 27.04.2021. Pieejams: <https://www.cesis.lv/lv/pasvaldiba/dokumenti/latvanu-ierobezosanas-plans-cesu-novada/>

Blankespoor, J. 2017. Goldenrod Benefits: The Bee's Knees for Allergies, Sinus Infections, and Urinary Tract Infections. ‘*Chestnut school of herbal medicine*’. Sk.: 27.04.2021. Pieejams: <https://chestnutherbs.com/goldenrod/>

Bruker. S.a. *Guide to Raman spectroscopy*. Skat.: 26.04.2022. Pieejams: <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/infrared-and-raman/raman-spectrometers/what-is-raman-spectroscopy.html>

- Cyberlipid. S.a. *Folch method*. Institut de Biologie Moléculaire des Plantes. Sk.: 28.04.2021. Pieejams: <http://cyberlipid.gerli.com/techniques-of-analysis/extraction-handling-of-extracts/general-procedures/general-procedure-2/>
- Conquer Scientific. 2021. *Mass Spectrometers GC/MS Systems*. Sk.:29.04.2021. Pieejams: <https://conquerscientific.com/lab-equipment/mass-spectrometers-gcms-systems/page/3/>
- Dabas aizsardzības pārvalde. 2020. *Invazīvās sugas*. Sk.03.03.2021. Pieejams <https://www.daba.gov.lv/lv/invazivas-sugas>
- Dabas aizsardzības pārvalde. 2021. *Invazīvo augu sugu novērojumi kartē*. Invazīvo sugu pārvaldnieks. Sk.14.05.2022. Pieejams: <https://ozols.gov.lv/kartes/apps/sites/#/invazivo-sugu-parvaldnieks/pages/inv-augu-sugu-noverojumi>
- Dienas ziņas. 2019. *Cēsu novadā turpina cīņu ar invazīvajām augu sugām*. Latvijas sabiedriskie mediji. Sk.:27.04.2021. Pieejams: <https://ltv.lsm.lv/lv/raksts/30.05.2019-cesu-novada-turpina-cinu-ar-invazivajam-augu-sugam.id160337/>
- doTerra. 2021. *Quality Testing: GC/MS*. Sk.: 28.04.2021. Pieejams: <https://www.doterra.com/US/en/science/blog-research-news-quality-testing-gcms>
- Essl F. 2006. DAISIE - Species Factsheet-*Rosa rugosa* - From: Online database of Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe Sk.: 22.03.2021., Pieejams: <https://www.gbif.org/dataset/39f36f10-559b-427f-8c86-2d28afff68ca>
- Fremstad, E. 2010: NOBANIS – InvasiveAlienSpeciesFactSheet –*Lupinus polyphyllus*.– Online Database of the European Network on Invasive AlienSpecies Sk.: 22.03.2021. Pieejams: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/31710>
- Hemp Gazette. S.a. *A Guide To CO2 Extraction Of Cannabis Oil*. Marijuana Pty. Ltd. Sk.:28.04.2021. Pieejams: <https://hempgazette.com/cannabidiol-cbd/co2-extraction-cannabis/>
- Hielscher Ultrasonics. S.a. *Ultrasonic Extraction and its Working Principle*. Skat: 14.05.2022. Pieejams: <https://www.hielscher.com/ultrasonic-extraction-and-its-working-principle.htm>
- HORIBA Scientific. S.a. *Principles and Theory of Fluorescence Spectroscopy*. Skat.: 26.04.2022. Pieejams: <https://www.horiba.com/int/scientific/technologies/fluorescence-spectroscopy/principles-and-theory-of-fluorescence-spectroscopy/>
- Kabuce, N., Priede, A. 2010: NOBANIS– Invasive Alien Species Fact Sheet –*Solidago canadensis*. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species

Sk.17.03.2021. Pieejams: <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/s/solidago-canadensis/solidago-canadensis.pdf>

Lipid Maps. 2020. *Structure Database (LMSD)*. Sk.: 28.04.2021. Pieejams: <https://www.lipidmaps.org/resources/tools/index.php?tab=software>

Matisāne, I. 2021. *Teiču dabas rezervātā uzsākta plaša latvāņu apkarošana*. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. Skat: 15.04.2022. Pieejams: <https://www.varam.gov.lv/lv/jaunums/teicu-dabas-rezervata-uzsakta-plasa-latvanu-apkarosana>

Merck. 2015. *Goldenrod (Solidago virgaurea)*. Sigma aldrich. Sk. 12.04.2021. Pieejams: <https://www.sigmaaldrich.com/life-science/nutrition-research/learning-center/plant-profiler/solidago-virgaurea.html>

Ministru kabineta 2008. gada 30. jūnija noteikumi Nr. 467 "Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi". Latvijas Vēstnesis, 100 Skat: 15.04.2022. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/177513>

NMR Lab. S.a. *What is NMR?* Skat.: 26.04.2022. Pieejams: <http://chem.ch.huji.ac.il/nmr/whatisnmr/whatisnmr.html>

Plotņikova, I. 2012. *Invazīvie augi un to bīstamība*. LV portāls. Sk.: 27.04.2021. Pieejams: <https://lvportals.lv/skaidrojumi/250966-invazivie-augi-un-to-bistamiba-2012>

Steele, V. 2019. *Which of the following cannot be efficiently assayed using GC-MS?* University of Bradford. Skat: 17.05.2022. Pieejams: <https://www.researchgate.net/post/Which-of-the-following-cannot-be-efficiently-assayed-using-GC-MS/5d13422cd7141b29866a11ab/citation/download>

Trishna, B. S.a. *Infrared Spectroscopy: Principle and Types / Soil Mineralogy*. Soil management. Skat.: 26.04.2022. Pieejams: <https://www.soilmanagementindia.com/soil-mineralogy-2/infrared-spectroscopy-principle-and-types-soil-mineralogy/13268>

Ūdre, D. 2013. *Latvāņu izplatība un to apkarošana*. Latvijas lauku konsultāciju un izglītības centrs. Skat: 15.04.2022. Pieejams: <http://new.llkc.lv/lv/nozares/augkopiba/latvanu-izplatiba-un-apkarosana>

Valsts Augu Aizsardzības dienests. 2010. *Kas ir latvānis?* Skat.:15.04.2022. Pieejams: https://www.vaad.gov.lv/lv/kas-ir-latvanis?utm_source=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Weidema, I. 2006: NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet –*Rosa rugosa*. – Online Database of the European Network on Invasive Alien Species. Sk. 01.04.2021. Pieejams: https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/r/rosa-rugosa/rosa_rugosa.pdf

Zemkopības ministrijas nozares portāls. S.a. *Ilgspējīga aprites bioekonomika*. Skat.: 27.04.2022. Pieejams: <https://www.zm.gov.lv/lauksaimnieciba/statiskas-lapas/bioekonomika/ilgtspejiga-aprites-bioekonomika?nid=2998#jump>

PIELIKUMI

1. Pielikums Dažādu ekstrakcijas metožu salīdzinājums cenas un efektivitātes ziņā (Kumar et al, 2015).

Sl. No	Method	Lipid extraction efficiency	Efficiency rating ^a	Cost involved	Energy requirement	Remarks
1	Use of organic solvents such as chloroform/methanol, hexane, and ether	Extraction efficiency depends on the species used, volume of the extractor, reaction time, sample volume, moisture content, types of lipids present, and in case of solvent-based methods, choice of the solvents, solvent ratios, etc	Moderate	High due to the use of solvents. Re-use may help save some costs but again an energy-intensive process	Energy intensive	Fire, health, and environmental hazards; regulatory issues
2	Pressurized solvent extraction		High	High because of cumulative costs incurred by use of solvent as well as use of pressurized nitrogen	Energy intensive	Fire, health, and environmental hazards; regulatory issues
3	Isotonic extraction		Moderate-high	High cost of the solvents as the solvents used are synthetic "green" non-volatile solvents	Energy intensive	Less hazardous
4	Supercritical CO ₂		High	High cost	Energy-intensive due to use of high pressure	Environmental and safety issues
5	Expeller press		Low-moderate	High cost	Energy intensive	Heat generation and possible damage of the compounds
6	Bead beating		Moderate	Cost-effective	Energy intensive. Reactor should be suitably designed to reduce energy inputs	Difficult to scale up
7	Microwave		Very high	Initial investment and maintenance costs high	Energy demand is too high (also requires energy for cooling)	Easy to scale up, but yet to be standardized at a commercial level
8	Sonication method		High	Initial investment and maintenance costs high	Energy intensive (requires energy for both sonication and cooling)	Poor product quality due to the damage during the process
9	Osmotic shock method		Moderate-high	Low-cost method	Less energy	Requires longer treatment time (not <48 h)
10	Electroporation		Very high	Initial investment and maintenance costs high, but operates at comparatively lower costs	Less energy	Appears promising but detailed pilot-scale studies have to be carried out

^aRating is tentative and can be improvised by technology development.

2.pielikums Dažādu šķīdināmo vielu un izmantoto šķīdinātāju salīdzinājums. (Plotka-Wasyłka et al 2017).

Table 1
Information on application of different type of solvents used in the extraction process.

Analyte type	Matrix type	Solvent used	Final detection technique	Recovery [%]	Ref
Ionic liquids					
Sulfonylurea herbicides	Wine	[(C ₆ MIM)]PF ₆]/IL-DLLME	Capillary-HPLC	79–106	[35]
Methamphetamine	Human urine	[(C ₆ MIM)]PF ₆]/IL-DLLME	HPLC	81.6	[36]
Pb and Ni	Biological samples	[(C ₆ MIM)]PF ₆]/HF-LPME	ETAAS	95–105	[37]
Fungicides	Environmental water samples	[(HMIM)]PF ₆]/IL-SDME	HPLC	74.9–96.1	[72]
Superheated water (SW)					
PAHs	Soil, sediments	SW: 300°C	LC–GC	–	[25]
Pesticides	Environmental solids	SW: 110°C	GC–MS, HPLC–MS	–	[46]
Polychlorinated benzofurans	Industrial soils and sands	SW: 300–350°C	GC–MS	–	[27]
Berberine	<i>Berberis vulgaris</i>	SW: 110–170°C	HPLC	–	[40]
Glycyrrhizic acid	Licorice root	SW: 200°C	RP-HPLC–UV	–	[23]
Surface active agents					
Aristolochic acids	Biological samples	Genapol X-080	HPLC–UV	94.5–105.4	[73]
Sulfonamides	Soil, sediment, sludge	Triton X-114	HPLC–UV	69.7–102.7	[74]
Pharmaceutical compounds (caffeine, ornidazole, carbamazepine, ketoprofen, naproxene)	Wastewater taken from WWTP	Polidocanol	UHPLC-DAD	72–133	[75]
Acetoin	Butter	Triton X-100	HPLC	96.2–107.8	[15]
Supercritical fluids					
Anthocyanin	Jamun fruits	CO ₂	SCF	–	[76]
Phenolic compounds (proanthocyanidins)	Grape marc	CO ₂ + EtOH/H ₂ O	SCF	–	[77]
Oils and fatty acids	Microalgae (<i>Scenedesmus obliquus</i> , <i>Chlorella protothecoides</i> and <i>Nannochloropsis salina</i>)	CO ₂ + EtOH	SCF	–	[78]
Deep eutectic solvent					
Flavonoids	Plant sample – <i>Equisetum palustre</i> L.	Choline chloride–betaine hydrochloride–ethylene glycol	HPLC	7.14–89.25%	[79]
Co(II)	Pharmaceutical supplement, tea samples	Choline chloride–phenol	MS-FAAS	97–105%	[52]
As, Cr, Mo, Sb, Se, V	Soil samples	Choline chloride–oxalic acid	ICP OES	98–103%	[80]
NADES					
Gluten	Raw, processed food (spaghetti labelled as 'gluten-free'), biscuits with and without gluten, and ham (labelled as 'gluten-free')	Glucose–citric acid, glucose–tartaric acid, fructose–citric acid, sucrose–citric acid, betaine–citric acid, choline–citric acid	Spectrofluorometry	79–106%	[81]
Polyphenolic compounds	Plants samples: dittany, fennel, marjoram, mint, sage	Lactic acid–choline chloride, lactic acid–sodium acetate, lactic acid–ammonium acetate, lactic acid–glycine–water	Diode-array spectrophotometer (GAE)	–	[82]
Flavonoids: rutin, quercetin, kaempferol, daidzein	Botanical matrices	Glucose–choline chloride–water	UHPLC, NMR/quantitative NMR	95–97%	[83]
Bio-derived solvents					
Triglycerides, diglycerides, monoglycerides	Microalgal cells	BD40 containing 40% of biodiesel in ethanol	GC–MS	116%	[84]
La(III), Pr(III), Nd(III), Eu(III), Gd(III), Er(III), Ys(III), Lu(III), Y(III)	Rare earth	CA-12-SBME	MS	–	[85]
Lipids	Marine microorganisms (<i>spirulina</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Stigeoclonium</i>)	Limonene; limonene:ethanol	GC–MS	70–73%	[86]

HPLC – High Performance Liquid Chromatography, GC – Gas Chromatography, MS – Mass Spectrometry, LC – Liquid Chromatography, ETAAS – Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry, DAD – Diode Array Detector, ICP OES – Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, FAAS – Flame Atomic-Absorption Spectrometry, RP – Reversed Phase, TOF-MS – Time of Flight Mass Spectrometry, UHPLC – Ultra High Performance Liquid Chromatography, NMR – Nuclear Magnetic Resonance.

3.pielikums. Iegūtais lipīdu ekstraktu saturs, izmantojot organiskos šķīdinātājus

3.1.tabula. Iegūtais lipīdu ekstrakta saturs, izmantojot šķīdinātāju heksānu

Nr.	Vielas klase	Vielas nosaukums	Koncentrācija (mg/g)	Masas daļa, %
<i>Sosnovska latvānis (Heracleum Sosnowsky)</i>				
1.	Karbonskābes un to esteri	Heksilacetāts	0,1053	0,0105
2.		2-metil-heksil-propānacetāts	3,0956	0,3096
3.		Heksil-butirāts	3,0803	0,3080
4.		Oktil-acetāts	36,9713	0,3697
5.		Heksil-2-metilbutirāts	10,2637	0,1026
6.		Heksil-3-metilbutirāts	2,3981	0,2398
7.		Oktil-propanoāts	LOQ	LOQ
8.		Oktil-butanoāts	1,9607	0,1961
9.		Heksil-heksanoāts	0,8332	0,0833
10.		Oktil-butirāts	4,5580	0,4558
11.		Oktil-2-metil-butirāts	4,7392	0,4739
12.		Oktil-3-metil-butirāts	0,1841	0,0184
13.		Oktil-heksanoāts	0,8759	0,0876
14.		Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
15.	Spirti	1-Oktanāls	3,3224	0,3322
16.	Furanokumarīni	Angelicīns	3,7203	0,0372
17.		Bergaptens	48,1753	4,8175
18.		Pimpinecilīns	21,5937	2,1594
19.		Izopimpinellīns	12,3580	1,2358
20.		Imperatorīns	10,3571	1,0357
21.	Taukskābes	Palmitīnskābe	1,2976	0,1298
22.		Linolskābe	3,8768	0,3877
23.		Oleīnskābe	8,8922	0,8892
24.		Z-(13,14-Epoksi)tetradek-11-en-1-ol-acetāts	2,6421	0,0264
25.		Amil-oleāts	8,3690	0,8369
26.	Alkāni	Oktakozāns	1,0232	0,1023
27.	Steroli	Beta-sitosterols	3,3460	0,3346

Puķu sprigane (<i>Impatiens glandulifera</i> Royle)				
1.	Karbonskābes un to esteri	Oktil-acetāts	0,3994	0,0399
2.		Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
3.		Izopropil-9-oksanoāts	0,1120	0,0112
4.	Spirti	2,2-dimetil-oktanol	0,5100	0,0510
5.	Amīdi	N-etilacetamīds	3,5878	0,3588
6.	Alkaloīdi	2-acetil-tropidīns	2,9443	0,2944
7.	Taukskābes	Palmitīnskābe	1,6066	0,1607
8.		Linolelaidīnskābe	1,8176	0,1818
9.		Linolēnskābe	6,6223	0,6622
10.	Triterpēni	Skvalēns	LOQ	LOQ
11.	Vitamīni	Gamma-tokoferols	1,7470	0,1747
12.		Alfa-tokoferols	1,9017	0,1902
13.	Aromātiskie ogļūdeņraži	2-metilen-1-trimetilsil-1-(1- oksi)etenil-ciklopropāns	2,8305	0,2831
Kanādas zeltgalvīte (<i>Solidago canadensis</i>)				
1.	Karbonskābes un to esteri	Oktil-acetāts	3,8150	0,3815
2.	Aromātiskie ogļūdeņraži	1-etenil-1-metil-2,4-bis(1- metilethenil)-, [1S- (1.alfa.,2.beta.,4.beta.)]- cikloheksāns	4,5175	0,4518
3.	Terpenoīdi	Humulēns	LOQ	LOQ
4.		Germakrēns-D	12,8766	1,2877
5.		Beta-selinēns	10,5178	1,0518
6.		Beta-elemene	LOQ	LOQ
7.	Epoksīdi	Humulēna epoksīds	LOQ	LOQ
8.	Taukskābes	Miristīnskābe	2,4633	0,2463
9.		Palmitīnskābe	4,9662	0,4966
10.		Linolēnskābe	14,9824	1,4982
11.		Stearīnskābe	2,1773	0,2177
12.		Arahīnskābe	1,2810	0,1281
13.	Alkāni	Pentakozāns	1,7634	0,1763
14.		Heptakozāns	2,5384	0,2538

15.		Nonakozāns	13,1533	1,3153
16.		Tetrakozāns	16,5045	1,6505
17.		Oktakozāns	1,1937	0,1194
18.		Dokazāns	3,2378	0,3238
19.		Tetratetrakontāns	0,7205	0,0721
<i>Daudzlapu lupīna (Lupinus polyphyllus)</i>				
1.	Karbonskābes un to esteri	2-metil-heksil-butirāts	LOQ	LOQ
2.		Nonil-acetāts	2,2228	0,2223
3.		2-metil-etil-propanoāts	LOQ	LOQ
4.		Oktil-butirāts	LOQ	LOQ
5.		2-metil-oktil-butirāts	LOQ	LOQ
6.		Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
7.	Alkāni	2,3,3,4-Tetrametilpentāns	LOQ	LOQ
8.	Taukskābes	Palmitīnskābe	1,9654	0,1965
9.		Linolaidīnskābe	4,9270	0,4927
10.		Oleīnskābe	4,9527	0,4953
11.		Stearīnskābe	1,0721	0,1072
12.	Vitamīni	Gamma-tokoferols	1,9558	0,1956
13.	Sterols	Stigmasterols	2,7796	0,2780
14.	Triterpenoīdi	Beta-elemēns	LOQ	LOQ
15.		Lupeols	LOQ	LOQ

3.2.tabula. Iegūtais lipīdu ekstrakta saturs, izmantojot šķīdinātāju etilacetātu

Nr.	Vielas klase	Vielas nosaukums	Koncentrācija (mg/g)	Masas daļa, %
<i>Sosnovska latvānis (Heracleum Sosnowsky)</i>				
1.	Karbonskābes un to esteri	Heksil-acetāts	1,6890	0,1689
2.		Skābeņskābe	LOQ	LOQ
3.		Heksil-izobutirāts	5,5280	0,5528
4.		Heksil-butirāts	5,2030	0,5203
5.		Oktil-acetāts	45,1461	4,5146
6.		2-metil-heksil-butirāts	13,9599	1,3960
7.		3-metil-heksil-butirāts	3,7635	0,3764

8.		2-metil-oktil-propanoāts	2,5731	0,2573
9.		Oktil-butirāts	4,9578	0,4958
10.		2-metil-oktil-butirāts	5,2915	0,5292
11.	Spirti	1-oktanols	4,6688	0,4669
12.	Aromātiskie ogļūdeņraži	Cikloheksānetanolāts	0,5047	0,0505
13.	Furanokumarīni	Izopsoralēns	92,8450	9,2850
14.		Pimpinellīns	22,7630	2,2763
15.	Taukskābes	Oleīnskābe	9,0434	0,9043
Puķu sprigane (<i>Impatiens glandulifera</i> Royle)				
1.	Aromātiskie ogļūdeņraži	2-metil-1-trimetilsil-ciklopropionāts	3,0833	0,3083
2.	Karbonskābes	Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
3.	Taukskābes	Palmitīnskābe	1,6200	0,1620
4.		Linolskābe	1,8367	0,1837
5.		Alfa-linolskābe	6,7955	0,6796
6.		2,6,10,14,18-pentametil-2,6,10,14,18-eikozapentaēnskābe	1,5160	0,1516
7.	Vitamīni	Beta-tokoferols	1,5500	0,1550
Kanādas zeltgalvīte (<i>Solidago canadensis</i>)				
1.	Karbonskābes un to esteri	Heksil-acetāts	LOQ	LOQ
2.		Pienskābe	LOQ	LOQ
3.		Heksil-izobutirāts	0,3388	0,0339
4.		Oktil-acetāts	12,5670	1,2567
5.		2-metil-heksil-butirāts	2,7816	0,2782
6.		3-metil-heksil-butirāts	LOQ	LOQ
7.		1,7,7-trimetil-biciklo[2.2.1]hept-2-acetāts	1,9570	0,1957
8.		Oktil-butirāts	LOQ	LOQ
9.		Oktil-2-metilbutirāts	0,0937	0,0094
10.		Azelaīnskābe	0,2580	0,0258
11.	Spirti	1-oktanols	1,1066	0,1110
12.	Terpēni	Levoverbenone	LOQ	LOQ

13.		Karveols	LOQ	LOQ
14.		Cis-karveols	LOQ	LOQ
15.		2-acetil-delta-3-karēns	LOQ	LOQ
16.		Beta-elemene	27,2327	2,7233
17.		D-germakrēns	5,4185	0,5419
18.		Beta-selinēns	8,2896	0,8290
19.		Pačulāns	3,1621	0,3162
20.		Alfa-amirīns	5,1503	0,5150
21.		Izosviestskābes-oktilesteris	1,2911	0,1291
22.		Mirisīnskābe	2,8463	0,2846
23.	Taukskābes	Palmitīnskābe	7,0771	0,7077
24.		Linolskābe	13,7173	1,3717
25.		Stearīnskābe	2,2520	0,2252
26.	Aromātiskie ogļūdeņraži	1-etenil-1-metil-2,4-bis(1-metiletenil)-cikloheksāns	LOQ	LOQ
27.	Furanokomarāni	Izopsoralēns	20,3733	2,0373
28.		Pimpinellīns	5,4468	0,5447
29.	Steroli	Stigmasterols	14,6797	1,4680
30.		Pentakozāns	1,1301	0,1130
31.		Heptakozāns	1,5663	0,1566
32.		Nonakozāns	7,6900	0,7690
33.	Alkāni	Tetrakozāns	1,0914	0,1091
34.		Hentriakontāns	11,1906	1,1191
36.		3,8-dimetildekāns	0,9177	0,0918
37.		Dokozāns	2,1540	0,2154
<i>Daudzlapu lupīna (Lupinus polyphyllus)</i>				
1.		Pienskābe	LOQ	LOQ
2.	Karbonskābes un to esteri	Oktil-acetāts	1,6814	0,1681
3.		2-metil-heksil-butirāts	LOQ	LOQ
4.		Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
5.	Alkāni	2,3,3,4-Tetrametilpentāns	LOQ	LOQ
6.	Taukskābes	Palmitīnskābe	2,5043	0,2504
7.		Stearīnskābe	9,4815	0,9482
8.	Alkaloīdi	Tetrahidrorhombifolīns	1,4113	0,1411

9.	Vitamīni	Gamma-tokoferols	3,2822	0,3282
10.	Steroli	Kampesterols	6,2715	0,6272
11.		Stigmasterols	4,7207	0,4721
12.		Beta-sitosterols	6,9434	0,6943
13.	Terpēni	Alfa-amirīns	31,6023	3,1602
14.		Lupeols	11,4613	1,1461
15.		Sitostenons	LOQ	LOQ

3.3.tabula. Iegūtais lipīdu ekstrakta saturs, izmantojot šķīdinātāju dihlormetānu

Nr.	Vielas klase	Vielas nosaukums	Koncentrācija (mg/g)	Masas daļa, %
<i>Sosnovska latvānis (Heracleum Sosnowsky)</i>				
1.	Karbonskābju esteri	Heksil-acetāts	1,5694	0,1569
2.		2-metil-heksil-propanoāts	5,0142	0,5014
3.		Heksil-butirāts	4,7283	0,4728
4.		Oktil-acetāts	41,8991	4,1899
5.		2-metil-heksil-butirāts	13,0276	1,3028
6.		3-metil-heksil-butirāts	3,2247	0,3225
7.		2-metil-oktil-propanoāts	2,2572	0,2257
8.		Oktil-butirāts	4,6310	0,4631
9.		2-metil-oktil-butirāts	4,7847	0,4785
10.	Spirti	1-oktanolis	4,6177	0,4618
11.	Furanokumarīni	Izopsoralēns	106,0897	10,6090
12.		Bergaptens	44,1280	4,4128
13.		Pimpinellīns	24,3787	2,4379
14.		Izopimpinellīns	14,3570	1,4357
15.	Taukskābes	Linolēnskābe	3,9099	0,3910
16.		Oleīnskābe	7,4978	0,7498
17.		Oleīnskābes pentilesteris	8,8150	0,8815
<i>Puķu sprigane (Impatiens glandulifera Royle)</i>				
1.	Karbonskābes un to esteri	Nonil-acetāts	0,1981	0,0198
2.		Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
3.	Taukskābes	Palmitīnskābe	1,2122	0,1212

4.		Linolēnskābe	1,5761	0,1576
5.		Alfa-linoleīnskābe	5,2011	0,5201
6.		9,12,15-2-(acetiloksi)-1- [(acetiloksi)metil]etil- oleīnskābes esteris	1,4683	0,1468
7.	Terpēni	Skvalēns	LOQ	LOQ
8.	Vitamīni	Gamma-tokoferols	1,4331	0,1433
9.	Spirts	7-Metil-Z,Z-8,10- heksadekadiēn-1-ols	1,2543	0,1254
<i>Kanādas zeltgalvīte (Solidago canadensis)</i>				
1.	Karbonskābes un to esterī	Nonil-acetāts	3,2024	0,3202
2.		1,7,7-trimetil- biciklo[2.2.1]hept-2-il-acetāts	2,0344	0,2034
3.		Azelaīnskābe	0,5192	0,0519
4.	Terpēni	Berbenone	LOQ	LOQ
5.		Cis-karveols	LOQ	LOQ
6.		2-acetil-delta-3-karēns	LOQ	LOQ
7.		Beta-elemēns	66,3603	6,6360
8.		Izokariofilēns	LOQ	LOQ
9.		Humulēns	LOQ	LOQ
10.		D-germakrēns	20,0291	2,0029
11.		Alfa-selinēns	25,4995	2,5500
12.		Pačulāns	8,8734	0,8873
13.		Alfa-amirīns	9,8589	0,9859
14.	Aromātiskie ogļūdeņraži	2,4-Diizopropenil-1-metil-1- vinilcikloheksāns	0,6220	0,0622
15.	Taukskābes	Mīristīnskābe	3,5953	0,3595
16.		Palmitīnskābe	7,9421	0,7942
17.		Linolēnskābe	12,6808	1,2681
18.		Stearīnskābe	3,2815	0,3282
19.		Arahīnskābe	1,4689	0,1469
20.		1-monopalmitīns	1,2712	0,1271
21.		Behēnskābe	1,5139	0,1514
22.		Lignocerīnskābe	1,2850	0,1285

23.		1-monolinoleīns	1,5677	0,1568
24.	Steroīdi	Nandrolons	3,3598	0,3360
25.	Alkāni	Pentakozāns	2,1086	0,2109
26.		Heptakozāns	0,4650	0,0470
27.		Nonakozāns	2,5878	0,2588
28.		Tetrakozāns	0,8196	0,0820
29.		Hentriakontāns	10,8597	1,0860
30.		Dokozāns	1,9889	0,1990
31.		Oktakozāns	0,5924	0,0592
32.		Tetratetrakontāns	1,5166	0,1517
33.		2-metil-oktokozāns	0,5924	0,0592
34.		Heksatriakontāns	0,8021	0,0802
35.		Oktatetrakontāns	5,1874	0,5187
36.		Heksatetrakontāns	1,1971	0,1197
37.		Spirti	1-Triakontanols	2,2373
<i>Daudzlapu lupīna (Lupinus polyphyllus)</i>				
1.	Karbonskābes un to esteri	Nonil-acetāts	2,0711	0,2071
2.		2-metil-heksil-butirāts	LOQ	LOQ
3.		Oktil-butirāts	LOQ	LOQ
4.		Azelaīnskābe	LOQ	LOQ
5.	Taukskābes	Palmitīnskābe	2,7763	0,2776
6.		Linolēnskābe	7,2790	0,7279
7.		Eikozadionskābe	14,4217	1,4422
8.		Stearīnskābe	1,2518	0,1252
9.	Alkaloīdi	Tetrahidrohombifolīns	4,1130	0,4113
10.		13-Hidroksi-lupanīns	2,9330	0,2933
11.	Vitamīni	Gamma-tokoferols	2,4439	0,2444
12.	Steroli	Kampesterols	4,8207	0,4821
13.		Stigmasterols	4,4924	0,4492
14.		Beta-sitosterols	5,7092	0,5709
15.	Terpenoīdi	Lupeols	4,8530	0,4853
16.		Uvaols	LOQ	LOQ
17.		Beta-elemēns	LOQ	LOQ