

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

INVAZĪVO AUGU (*Lupinus polyphyllus*, *Impatiens glandulifera*,  
*Echinocystis lobate*) BIOĻĢISKI AKTĪVO VIELU GRUPAS UN  
TO IZMANTOŠANAS POTENCIĀLS BIOEKONOMIKAS  
ATTĪSTĪBAI

BAKALaura DARBS

Autors: Evelīna Niedrīte  
Stud. apl. en19010  
Darba vadītājs: Linards Kļaviņš  
Pētnieks, MSc. biol

RĪGA 2022

## ANOTĀCIJA

Invazīvās augu sugas var veicināt ar ekosistēmu funkcionēšanu saistītas problēmas, radot ekonomiskus zaudējumus, kaitējumu cilvēka veselībai un samazinot rekreācijas resursu kvalitāti. Tās raksturo strauja un agresīva izplatīšanās, nomācot endēmiskās sugas. Pilnīgai invazīvo augu biomasas izmantošanai ir nepieciešams atrast ilgtspējīgus, bioekonomikā balstītus pārstrādes risinājumus, kas ļautu iegūt komponentus vai produktus ar augstu pievienoto vērtību.

Darbā tika apskatītas dažādas daudzlapu lupīnas, puķu spriganes un adatainā dzeloņgurķa augu daļas. Augos tika noteikts kopējais polifenolu daudzums, novērtēta antiradikālā aktivitāte (DPPH), un lupīnās atrodamie alkaloidi (GC-MS). Augstākā polifenolu koncentrācija tika atrasta daudzlapu lupīnas saknēs (24,85 GAE/100 g). Iegūtajiem polifenolu ekstraktiem tika novērota augsta antiradikālā aktivitāte. Dažādās lupīnas daļās tika atrasti 15 individuāli alkaloidi. Iegūtie rezultāti ļauj veikt bioekonomikā balstītu invazīvo sugu izmantošanas izvērtējumu.

**Atslēgas vārdi:** *Lupinus polyphyllus*, *Impatiens glandulifera*, *Echinocystis lobata*, polifenoli, DPPH, alkaloidi.

## ABSTRACT

Invasive plant species contribute to problems related to the functioning of ecosystems, causing economic damage, damage to human health and reducing quality of recreational resources. They are characterized by rapid and aggressive spread, suppressing endemic species. For the full use of invasive plant biomass, it is necessary to find sustainable, bio-based recycling solutions that allow to get high value-added components or products.

Various parts of large-leaved lupine, Himalayan balsam and wild cucumber were studied. Total polyphenols, antiradical activity (DPPH), and lupine alkaloids (GC-MS) were determined in plants. The highest concentration of polyphenols was found in the leaves of large-leaved lupine (24.85 GAE/100 g). High antiradical activity was observed in the obtained polyphenol extracts. Fifteen individual alkaloids were found in different parts of lupine. The obtained results allow to evaluate the use of invasive species for the development of bioeconomy.

**Keywords:** *Lupinus polyphyllus*, *Impatiens glandulifera*, *Echinocystis lobata*, polyphenols, DPPH, alkaloids.

# SATURS

IEVADS	6
1. LITERATŪRAS APSKATS	8
1.1. Invazīvās sugas jēdziens, izplatīšanās	8
1.2. Daudzlapu lupīna <i>Lupinus polyphyllus</i> (Lindl.), tās raksturojums, izplatība un ietekme	9
1.2.1. Sugas apraksts	9
1.2.2. Sugas izplatība pasaulē	10
1.2.3. Sugas izplatība Latvijas teritorijā	10
1.2.4. Sugas izmantošana	11
1.2.5. Sugas ietekme	13
1.2.6. Preventīvie, kontroles un uzraudzības pasākumi	13
1.3. Puķu sprigane <i>Impatiens glandulifera</i> (Royle), tās raksturojums, izplatība un ietekme	14
1.3.1. Sugas apraksts	14
1.3.2. Sugas izplatība pasaulē	15
1.3.3. Sugas izplatība Latvijas teritorijā	16
1.3.4. Sugas izmantošana	17
1.3.5. Sugas ietekmes	18
1.3.6. Preventīvie, kontroles un uzraudzības pasākumi	19
1.4. Adataināis dzeloņgurķis <i>Echinocystis lobata</i> (Michx.), tā raksturojums, izplatība un ietekme	20
1.4.1. Sugas apraksts	20
1.4.2. Sugas izplatība pasaulē	21
1.4.3. Sugas izplatība Latvijas teritorijā	22
1.4.4. Sugas izmantošana	23
1.4.5. Sugas ietekmes	24
1.4.6. Preventīvie, kontroles un uzraudzības pasākumi	25
1.5. Augu sastāvā esošo vērtīgo vielu raksturojums	25
1.5.1. Polifenoli	25
1.5.2. Flavonoīdi	26
1.5.3. Flavanolīdi	26
1.5.4. Alkaloīdi	27
1.6. Augu biomasas ekstrakcijas metodes	28
1.7. Invazīvo augu biomasas izmantošana bioekonomikas attīstībai	30

2. MATERIĀLI UN METODEDES	33
2.1. Augu paraugu ievākšana un apstrāde.....	33
2.2. Paraugu ekstrakcija ar polārajiem šķīdinātājiem, izmantojot ekstrakciju ultraskaņā .....	33
2.3. Kopējo rādītāju noteikšana .....	34
2.3.1. Folina-Šikoltē (FC) kopējā polifenolu daudzuma noteikšanas metode .....	34
2.3.2. DPPH metode antiradikālās aktivitātes noteikšanai.....	35
2.3.3. Alkaloīdu noteikšana, izmantojot gāzu hromatogrāfijas – masspektrometrijas (GC-MS) analītisko metodi .....	35
2.4. Datu apstrāde .....	36
3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA	37
3.1. Kopējais polifenolu daudzums un antiradikālā aktivitāte.....	37
3.1.1. Puķu sprigane ( <i>Impatiens glandulifera</i> ).....	37
3.1.2. Daudzlapu lupīna ( <i>Lupinus polyphyllus</i> ).....	39
3.1.3. Adataināis dzelongurķis ( <i>Echinocystis lobata</i> ).....	41
3.2. Alkaloīdu noteikšana daudzlapu lupīnas ( <i>Lupinus polyphyllus</i> ) auga daļu ekstraktos.....	44
3.3. Invazīvo augu biomasas pielietošanas potenciāls .....	48
SECINĀJUMI	50
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	51

## IEVADS

Par invazīvām augu sugām tiek atzītas visas tās augu sugas, kuru esamība apkārtējā vidē veicina ar ekosistēmu funkcionēšanu saistītas problēmas, rada ekonomiskus zaudējumus, nodara kaitējuma cilvēka veselībai un samazina rekreācijas resursu kvalitāti (Invazīvo augu.. 2008). Šīs negatīvās iezīmes ir iemesls tam, kāpēc Latvijā un arī citviet pasaulē, invazīvās sugas tiek vērtētas kā globāla vides aizsardzības un arī citu nozaru problēma. Cilvēku saimnieciskās darbības attīstība un nepārtraukta dabisko faktoru mainība izraisa strauju invāzijas procesu pieaugumu (Teiču rezervāta.. 2019). Tas ir arī viens no galvenajiem bioloģiskās daudzveidības samazināšanās cēloņiem (Invazīvās sugas 2020).

Apjomīgais negatīvo iezīmju kopums ir veicinājis dažādu uz invazīvo augu ierobežošanu un apkarošanu vērstu metodikas izstrādi, lielos apjomos pielietojot metodes, kas sevī ietver pļaušanu un nopļautās biomasas iznīcināšanu. Tomēr metodes ir salīdzinoši laikietilpīgas un ar zemu efektivitāti, kas vairumā gadījumu nesniedz vēlamu rezultātu. No otras puses, biomasas, kuru pašlaik mēģina iznīcināt, var saturēt gan vērtīgas vielas, kuras iespējams izmantot tautsaimniecībā, gan arī veidot materiālus ar plašām pielietošanas iespējām, piemēram, bioogli, kompostu, šķiedras un citus. Pilnīgai invazīvo augu biomasas izmantošanai ir nepieciešams atrast ilgtspējīgu, bioekonomikā balstītus pārstrādes risinājumus, kas ļautu iegūt komponentus vai produktus ar augstu pievienoto vērtību.

### **Bakalaura darba mērķis**

Izpētīt un rast inovatīvu pieeju Latvijas invazīvo augu sugu izplatības kontrolei, attīstot to pielietošanas iespējas, kas balstītas uz zināšanām par pētījumā izmantoto invazīvo sugu tradicionālo pielietojumu reģionos, kur šīs sugas ir endēmiskas, kā arī veikt konkrēto augu sugu ķīmisko analīzi un izmantošanas iespēju izvērtējumu bioekonomikas kontekstā.

### **Bakalaura darba uzdevumi:**

- Apkopot informāciju par Latvijas dabā sastopamo invazīvo augu sugu – daudzlapu lupīna (*Lupinus polyphyllus*), puķu sprigane (*Impatiens glandulifera*) un adataināis dzeloņgurķis (*Echinocystis lobata*) izplatību un ietekmi; izpētīt un apkopot informāciju par sugu apkarošanas aktualitāti un metodēm Latvijā un arī citviet; iegūt informāciju par šo invazīvo augu sugu tradicionālo pielietojumu reģionos, kur šīs sugas ir dabiskas;

- Veikt invazīvo augu sugu daudzlapu lupīnas *Lupinus polyphyllus*, puķu spriganes *Impatiens glandulifera* un adatainā dzeloņgurķa *Echinocystis lobata* ievākšanu;
- Veikt ekstrakciju izmantojot dažādas ievākto invazīvo augu daļas;
- Veikt kvalitatīvu un kvantitatīvu augu ekstraktu ķīmiskā sastāva analīzi;
- Noteikt kopējo polifenolu daudzumu augu ekstraktos, DPPH antiradikālo aktivitāti un individuālu alkaloīdu saturu dažādās lupīnas daļās;
- Izvērtēt invazīvo augu sugu pielietojuma iespējas Latvijā.

### **Pētījuma aprobācija**

Bakalaura darba izstrādes gaitā iegūtie rezultāti tika prezentēti Latvijas Universitātes 80. starptautiskās zinātniskās konferences sekcijas sēdē “Lietišķie pētījumi vides zinātnē”.

Darbs sastāv no trīs galvenajām nodaļām – literatūras apskata, materiālu un metožu apraksta, rezultātu un diskusijas sadaļas, un vairākām to apakšnodaļām. Pirmajā nodaļā ir apkopota informācija par izvēlēto invazīvo augu sugu morfoloģiskajām pazīmēm, izplatību, ietekmēm un izmantošanas iespējām, kā arī analizētas galvenās pētāmās ķīmisko savienojumu grupas un to ieguves metodika, sniegts ieskats invazīvo augu biomasas izmantošanā bioekonomikas attīstībai. Otrajā nodaļā apskatīta augu paraugu ievākšana un apstrāde, ekstrakcija un polifenolu, DPPH un alkaloīdu novērtēšanas, kā arī datu apstrādes metodika. Trešajā nodaļā aprakstīti bakalaura darbā iegūtie rezultāti.

Darba apjoms – 58 lappuses, darbā iekļauti 17 attēli un 1 tabula.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Invazīvās sugas jēdziens, izplatīšanās

Svešzemju sugu, tajā skaitā arī svešzemju augu sugu, ieviešanās jaunās teritorijās ne vienmēr ir uzskatāma par bīstamu, tomēr tas neizslēdz iespējamību, ka tās ar laiku var kļūt invazīvas un veicināt kaitīgo ietekmju attīstību. Invazīvās sugas tiek definētas, kā kādai teritorijai neraksturīgas augu un dzīvnieku sugas, kas lielā mērā apdraud vietējās sugas un to apdzīvotos biotopus, ir spējīgas radīt ekonomiskus zaudējumus, atstāt negatīvu ietekmi uz cilvēka veselību un apkārtējo vidi. Aptuvenais svešzemju sugu skaits Eiropā ir 12 000 un apmēram 10 līdz 15 procenti no tām ir uzskatāmas par invazīvām (Vides aizsardzības.. 2020; Par invazīvu.. 2014).

Par īpaši bīstamām invazīvās sugas padara fakts, ka tām vairumā gadījumu nav dabisko konkurentu vai ienaidnieku, kas varētu ierobežot un kontrolēt to izplatību, tās ir mazprasīgas un viegli izplatās. Rezultātā invazīvās sugas var kļūt par dominantām un nomākt vietējās sugas, tādā veidā paplašinot savu izplatības areālu. Invazīvās sugas īpaši apdraud ģeogrāfiskā un evolucionārā ziņā izolētas ekosistēmas, piemēram, salas. Invazīvo sugu izplatību sevišķi veicina klimata pārmaiņas, kā rezultātā arvien tālāk uz ziemeļiem izplatās tipiskas dienvidu sugas (Vides aizsardzības.. 2020; Par invazīvu.. 2014).

Invazīvās sugas var izplatīties divos veidos. Tas var notikt dabisku procesu rezultātā - augu sēklām izplatoties ar vēja, ūdens, kukaiņu vai putnu palīdzību vai arī dzīvnieku migrācijas laikā (pa sauszemi, ūdenstecēm, gaisu), kā arī cilvēka apzinātas vai neapzinātas darbības rezultātā – pasaules mēroga tirdzniecības, tūrisma un transporta ietekmē (Vides aizsardzības.. 2020; Par invazīvu.. 2014).

## 1.2. Daudzlapu lupīna *Lupinus polyphyllus* (Lindl.), tās raksturojums, izplatība un ietekme

### 1.2.1. Sugas apraksts

Daudzlapu lupīna ir daudzgadīgs tauriņziežu dzimtas lakstaugs, tā garums parasti atrodas robežās no 50 līdz 130 cm. Auga virszemes daļu veido stāvs un visbiežāk kails stublājs, uz kura pamīšus izkārtotās staraini saliktas auga lapas. Auga ziedkopa sastāv no koniska un blīva ķekara ar samērā daudz tumši violetiem ziediem (minētā krāsa pamatformai), zieda kauss divlūpains un īss. Auglis ir zīdaini apmatota pāksts, parasti satur 5 - 8 sēklas, un tā krāsa var variēt no pelēkbrūnas līdz gandrīz melnai. Ziedēšanas laiks - jūnijs, jūlija sākums (skat. 1.1. att.) (Daudzlapu lupīna S.a.).

Daudzlapu lupīna, lai gan sākotnēji introducēta vidē ar noteiktām robežām, piemēram, dārzā, diezgan ātri spēj izplatīties arī ārpus noteiktā areāla, pateicoties tās sēklām. Visbiežāk sēklas ārpus vietām, kur tā tiek audzēta, nonāk pateicoties autotransportam, augsnes transportēšanas laikā u.c. veidos. Sēklu dīgtspēja var saglabāties vairāk kā 50 gadus. Šī augu suga tiek atzīta par dārzebēgli (Priede 2008).

Dabiskais daudzlapu lupīnas izplatības areāls ir Ziemeļamerikas ziemeļrietumu daļa no Kalifornijas līdz Aļaskai, okeāniskā klimata zonā. Suga tai dabiskā vidē galvenokārt sastopama mitrās kalnu pļavās un kalnu mežos (Aniszewski 1992; Priede 2008).



1.1. attēls. Daudzlapu lupīnas (*Lupinus polyphyllus*) to ziedēšanas laikā jūnijā (Gulbis 2012)

### 1.2.2. Sugas izplatība pasaulē

Daudzlapu lupīna, tāpat kā citi tauriņzieži, ir efektīva atmosfēras slāpekļa piesaistītāja, kā rezultātā tā veiksmīgi spēj nodrošināt augsnes bagātināšanu ar barības vielām un šī iemesla dēļ ir plaši izmantota (Priede 2008).

Eiropā suga parādās 19. gs. un tiek introducēta kā dārza dekoratīvais augs, vēlāk sugai atrasts pielietojums kā vērtīgai lopbarības kultūrai, rekultivācijas un augsnes ielabošanas pasākumos (Priede 2008). Augs tika plaši audzēts lauku un mežu zaļmēslojuma veidošanai, arī kā barība dzīvniekiem, jo īpaši trušiem, aitām, kazām, liellopiem, kas netika audzēti ar nolūku iegūt pienu, kā arī medījamo dzīvnieku, piemēram, zaķu ganībās (Aniszewski 1992).

Vācijā daudzlapu lupīna izmantota ļoti nabadzīgu, skābu kalnu rajonu augšņu ielabošanai; kā augsnes aizsardzības mehānisms pret eroziju ceļmalās un arī meža izcirtumos (Powell et al. 2010).

Ir zināms, ka Somijas klimatiskajos apstākļos daudzlapu lupīna ir introducējusies un aug salīdzinoši labi. Tā brīvi aug ceļmalās, parkos un dārzos, kā arī vietās, kas no cilvēku ietekmētām teritorijām ir atgriezušās dabiskajā stāvoklī (Aniszewski 1992).

Lietuvā suga plaši izmantota stādīšanai meža aizsardzības joslās (Priede 2008).

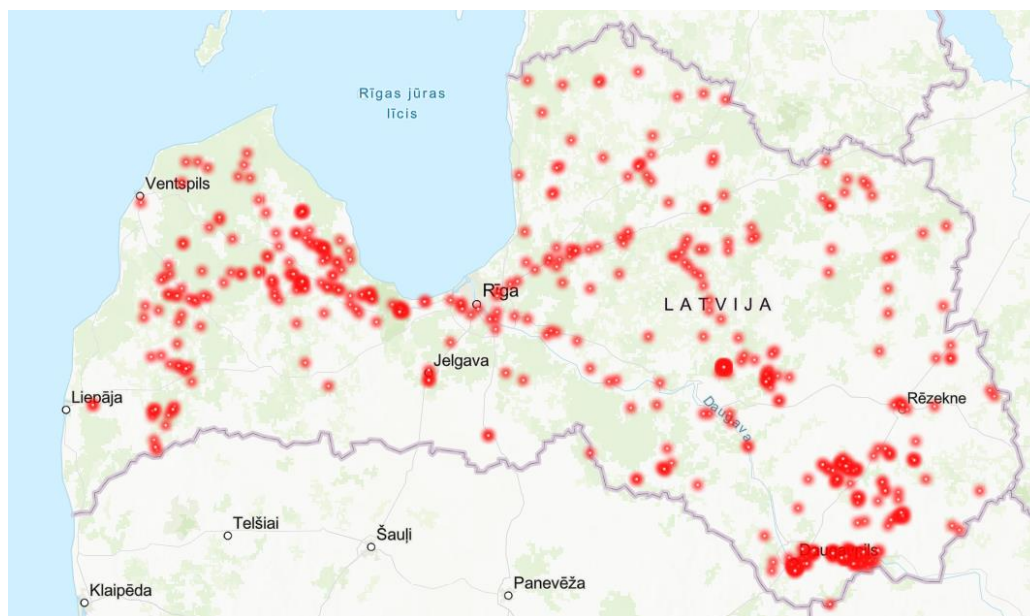
### 1.2.3. Sugas izplatība Latvijas teritorijā

Daudzlapu lupīna Latvijā sastopama bieži un gandrīz visā valsts teritorijā (skat. 1.2. att.) (Daudzlapu lupīna S.a.).

Latvijas teritorijā lupīnas varētu būt introducētas jau 19. gs. Par to liecina pirmie K. R. Kupfera herbārija ievākumi Rīgā 1916. gadā. Pēc dažiem gadiem (1921. gads) veikti arī herbāriju ievākumi no lupīnu kultivācijas vietām un zālājiem Plāņupes apkārtnē un Kastīrē, kas viennozīmīgi norāda uz to, ka 19. gs. lupīnas Latvijā ir samērā plaši izmantots un kultivēts augs (Priede 2008).

Šobrīd Latvijas teritorijā šo augu sugu kultivē dažādās formās un šķirnēs ar dažādu krāsu ziediem - baltiem, violetiem, ziliem (Daudzlapu lupīna S.a.).

Šīs sugas eksemplāri, kā arī dažāda lieluma audzes (t.sk. arī milzīgas monodominantas audzes) sastopamas skrajos mežos, ceļmalās un nezālienēs, tāpat suga sastopama arī zālajos un atmatās, ko izraisa zemju neapsaimniekošana un zālāju ruderalizācija. Uzskata, ka suga ilgākā laika periodā var izzust, tomēr lielākoties tā veido spēcīgas un noturīgas audzes vairāku desmitu gadu garumā (Priede 2008; Daudzlapu lupīna S.a.).



1.2. attēls. Aktuālās daudzlapu lupīnas atradnes Latvijas teritorijā. Pēdējie rediģējumi veikti 15.04.2021. (Invazīvo sugu pārvaldnieks 2021)

#### 1.2.4. Sugas izmantošana

Daudzlapu lupīnas ziedputekšņiem un ar nektāru bagātie ziedi piesaista bites, kamenes un citus apputeksnētājus, kas padara šo sugu izmantojamu dažādām lauksaimniecības vajadzībām. Pētījumi liecina, ka šo augu populāciju palielināšanās var labvēlīgi ietekmēt apputeksnētāju populāciju lielumus (Jakobsson, Padrón 2014). Arī USDA (United States Department of Agriculture) ziņo, ka šie ziedi spējot piesaistīt pat kolibri, kas tos padara nozīmīgus arī bioloģiskās daudzveidības vairošanas kontekstā (Beuthin 2012).

Ziedu patīkamais aromāts un paša auga izteiksmīgais veidols, padara tos par ļoti pieprasītiem dārzniecībā. Šī auga hibrīdu formas tiek izmantotas dekoratīvos dārzu apstādījumos (Beuthin 2012).

Amerikas Savienotajās Valstīs daudzlapu lupīna gana plaši tiek izmantota arī kā renaturalizācijas vietu elements. Augs tiek izmantots prēriju un mitrāju atjaunošanā, iekļaujot šo augu sugu ainavā kā vietējās floras svarīgu sastāvdaļu. Auga spēcīgā sakņu sistēma ļauj to izmantot augsnes erozijas kontrolei un stabilizācijai. Daudzlapu lupīna ir gana plaši izmantota arī kā slāpekļa fiksators kailcirtēs (Beuthin 2012).

Ir ziņas, ka auga izplatības pamatareāla, vēsturiski vairākas vietējās ciltis ir izmantojušas auga daļas medicīniskiem nolūkiem, piemēram, veidojot tonikus. Britu Kolumbijas ciltis šo augu esot uzskatījušas par indīgu, tomēr noteiktās devās izmantojuši zirgu un arī cilvēku ārstēšanai. Ir arī ziņas par ciltīm, kur auga saknes ir lietotas uzturā kā pārtikas elements – gan svaiga, gan tvaicētā formā. Vēsturiski dažas no ciltīm daudzlapu lupīnas ziedus ir izmantojušas ziedu dejās un festivālos (Beuthin 2012).

Auga biomasa var būt derīga cietā kurināmā ražošanas procesā. Veidojot īpašas biomasas briketes, var tikt samazināta auga invāzija dabiskajos vai daļēji dabiskajos zālajos. Preses iedarbība un tālāk sekojošais dedzināšanas process nodrošina to, ka auga sēklas vai tā daļas vairs nav spējīgas iesakņoties un veidot jaunas audzes. Biomasas briketes degšanas procesā izdala arī salīdzinoši zemāku metāna daudzumu un ir no enerģētiskā viedokļa efektīvs kurināmā materiāls. Šāda auga izmantošana sniedz ne vien ieguvumu invāzijas mazināšanai, bet arī piedāvā iespēju ilgtspējīgai bioenerģijas ražošanai, pasargājot ekosistēmas un to bioloģisko daudzveidību (Hensgen, Wachendorf 2016).

Šīs sugas izmantošanu pārtikas un farmaceitiskajā rūpniecībā nodrošina tās sastāvā esošie alkaloīdi. Alkaloīdi kalpo kā vērtīgas pretiekaisuma vielas. Alkaloīds sparteīns ir vērtīgs, jo ietekmē sirds un dzemdes muskuļu aktivitāšu līdzsvaru. No lupīnām izdalāmos alkaloīdus varētu izmantot arī ārējai lietošanai dažādu ādas slimību ārstēšanā. Lupīnas ar nabadzīgāku alkaloīdu sastāvu var izmantot kā smaržvielu un taukskābju avotu smaržu, ādas eļļu un ziepju ražošanā. Augs var tik izmantots ķīmiskajā rūpniecībā bioloģisko pesticīdu ražošanai un kā dabīgs mēslojums un komposts bioloģiskajās saimniecībās (Aniszewski 1992). Alkaloīdu dēļ siens, kas satur daudzlapu lupīnu, ir mazāk vērtīgs un to nav ieteicams izmantot lopu barošanai (Romanceviča S.a.).

### 1.2.5. Sugas ietekme

#### **Ietekme uz vidi**

Daudzlapu lupīna piesaista atmosfērā esošo slāpekli, līdz ar to tai ir spēja bagātināt augsni ar slāpekļa savienojumiem. Vietās, kur izveidojušās daudzlapu lupīnas audzes, sāk augt arī citi slāpekli mīloši augi - nātres, vībotnes, usnes u.c. Vietās, kur šī suga ir izplatīta, novēro pļavu un smiltāju augu sabiedrības nomaiņu, izzūd vietējās sugas, kuras nespēj konkurēt ar daudzlapu lupīnu (Romanceviča S.a.).

Pētījumi norāda, ka daudzlapu lupīna veicina arī konkurētspējīgo augu sugu izmēru izmaiņas dabīgās konkurencē rezultātā – vietējiem augiem novērota izmēru palielināšanās (Valtonen et al. 2006).

Auga ietekme novērojama arī mežos, tomēr gaismas trūkums var izraisīt šīs sugas iznīkšanu (Romanceviča S.a.).

#### **Ietekme uz cilvēka veselību**

Nav konkrētu ziņu, kas liecinātu par daudzlapu lupīnas negatīvo ietekmi uz cilvēka veselību. Tomēr ņemot vērā faktu, ka augs satur alkaloīdus, suga var būt kaitīga aitām un liellopiem, pārmērīgas uzņemšanas gadījumā. Alkaloīdu saturs sēklās var sasniegt 3,5 %, veģetatīvajās daļās līdz 2 %. Galvenais alkaloīds lupīnās ir lupanīns ( $C_{15}H_{24}N_2O$ ), kas cilvēka organismā darbojas kā acetiloholīna receptoru inhibitors (Powell et al. 2010).

#### **Ekonomiskā un sociālā ietekme**

Daudzlapu lupīna ir nozīmīgs augs lauksaimniecībā, tam ir rasts pielietojums arī citās 1.2.4. nodaļā minētās nozarēs.

#### 1.2.6. Preventīvie, kontroles un uzraudzības pasākumi

Pie preventīvajiem pasākumiem tiek uzsvērta izvairīšanās no daudzlapu lupīnas audzēšanas apstādījumos. Bet gadījumos, kad audzēšana tomēr notiek, augu ziedkopas pēc to noziedēšanas uzreiz jānogriež, lai nepieļautu sēklu nogatavošanos un tālāku izplatību (Gudžinskas et al. 2014).

Ja suga ir izplatījusies, veidojot lielas audzes – pļavā, ceļmalā vai kādā citā augtenē, tad šajā teritorijā vasaras sezonā vismaz divas reizes jāveic pļaušanas darbi, uzreiz pēc auga

ziedēšanas, lai suga nespētu nogatavināt sēklas un pavairoties (Beuthin 2012; Gudžinskas et al. 2014).

Cīņā ar individuāliem auga eksemplāriem, ieteicama to izrakšana, vislabāk vasaras sākumā, kad izaug to ziedkopas (Beuthin 2012; Gudžinskas et al. 2014).

Atmatās daudzlapu lupīnu iespējams ierobežot veicot regulāru lauka uzaršanu vai ecēšanu (pirms auga sēklu nogatavošanās). Pēc agrotehnisko darbu veikšanas, nepieciešams savākt auga saknes un citas daļas un veikt to sapūdēšanu. Augu daļu likvidēšana pirms sēklu nogatavošanās pasargā teritoriju no atkārtotas to iesakņošanās un tālākas izplatīšanās (Beuthin 2012; Gudžinskas et al. 2014).

### **1.3. Puķu sprigane *Impatiens glandulifera* (Royle), tās raksturojums, izplatība un ietekme**

#### 1.3.1. Sugas apraksts

Puķu sprigane ir viengadīgs pārziemojošs augs, tās izmēri parasti atrodas robežās no 50 līdz 170 cm. Augs pieskaitāms pie balzamīņu lakstaugu dzimtas. Auga virszemes daļu veido blīvi aplapots, zarains un kails stublājs. Lapu forma olveidīga lancentiska, lapas izkārtojušās stublāja augšdaļā. Lapas kāts salīdzinoši īss, lapu malas zobainas. Puķu spriganes ziedi izkārtojušies skrajos ķekaros un piestiprināti augšējo lapu žāklēs. Zied no jūlija līdz oktobrim, ziedu krāsa var variēt no sārtas līdz violetai (skat. 1.3. att.). Augli veido iegarena piecvāršņu pogaļa (Puķu sprigane S.a.; Gudžinskas et al. 2014).

Izplatīšanās noris tikai ar sēklu palīdzību, sēklām nogatavojoties, pogaļa strauji atveras un izmet sēklas apmēram 3 - 5 m attālumā. Lielbritānijas pētījumi sniedz ziņas par to, ka šī suga katru gadu migrē aptuveni 2 - 5 km gadā, ir konstatēti atsevišķi gadījumi, kad migrācijas ceļš var sasniegt pat 38 km gadā. Migrācija galvenokārt noris ar upju starpniecību (Priede 2008). Sēklas var pārnēsāt arī cilvēki – pārvietojot augsni vai kalpojot kā sēklu transportētāji (piemēram, ar apavu zolēm). Puķu spriganes izplatīšanos nodrošina arī šo augu sēklu augstā dīgtspēja (Romanceviča S.a.).

Puķu spriganes dabiskais izcelsmes areāls ir mērenā klimata josla Rietumhimalajos. Tur tā sastopama Kašmirā Ziemeļindijā, Pakistānā un Nepālā (Priede 2008).

Dabiskajā izplatības areālā suga sastopama tādās dzīvotnēs, kā ceļmalu grāvjos, mītrās lauku malās, kā arī uz nogāzēm (1600 - 4300 m augstumā v.j.l.). Balstoties uz Agneses Priedes

ievākto informāciju, Himalajos šī suga sastopama arī mērena klimata jauktos mežos un salīdzinoši mitrās un vāji noēnotās vietās, kur vērojama skraja veģetācija (Priede 2008).

Eiropā šo sugu raksturo neizturība pret salu, turpretim Karēlijas reģionā auga sējeņi ir noturīgāki īpaši pret vēlajām maija - jūnija salnām (Priede 2008).



1.3. attēls. Puķu spriganes (*Impatiens glandulifera*) zieds (Gulbis 2007)

### 1.3.2. Sugas izplatība pasaulē

Pirmo reizi šī augu suga ārpus tās dabiskā izplatības areāla introducēta Anglijā 1839. gadā, dažus gadus vēlāk tā daudzviet Anglijas teritorijā jau bija kļuvusi par naturalizējušos sugu un jau ap 20. gs. sākumu ieguva invazīvās nezāles statusu. Iemesls sugas introdukcijai - vēlme to izmantot kā dekoratīvu dārza augu (Priede 2008).

No Anglijas šī suga tika introducēta arī citās valstīs – sākotnēji Centrāleiropā un vēlāk arī Ziemeļeiropā. 1904. gadā pirmo reizi puķu sprigane reģistrēta Šveicē, no kurienes ar Reinas starpniecību tā nonākusi un izplatījusi arī Vācijā. Lietuvā sugu pirmo reizi reģistrē 1959. gadā. Somijā suga ieviesta tikai 19. gs. beigās – Helsinku botāniskajā dārzā. Arī Krievijā šī suga tiek kultivēta kopš 19. gs. beigām un jau 20. gs. sākumā tā tiek reģistrēta kā dārzebēglis. Kopš 1960. gada Krievijas teritorijā masveidā notiek šīs sugas naturalizācija (Priede 2008).

Mūsdienās šī auga suga ieguvusi invazīvās sugas statusu Eirāzijas valstīs, Ziemeļamerikā un Jaunzēlandē. Somijā puķu sprigane satopama dabiskos biotopos un tās izplatība arvien paplašinās. Atsevišķi sugas eksemplāri sastopami pat aiz Polārā loka. Polijas teritorijā šī suga ir atzīta kā viena no top 20 invazīvajām sugām. Vācijā puķu sprigane veido masīvas audzes upju krastos un arī citos mitros, uzturvielām bagātos biotopos (Helmisaari 2010). Čehijas teritorijā invazīvā auga veicina vietējo populāciju samazināšanos. Tiek veikti neregulāri centieni apturēt sugas izplatību, tomēr bez panākumiem, pasākumu efektivitāti samazina invazīvās sugas lielais izplatības ātrums un apjomi (Hejda, Pyšek 2006).

Nodarīto kaitējumu apjoms ir licis Lietuvai un Igaunijai iekļaut puķu sprigani Invazīvo sugu sarakstā. Lietuvā sugas izplatība intensīvi notiek gar upju krastiem, tomēr tas neizslēdz tās sastopamību arī dabiskajos un ruderalajos biotopos. Ziemeļlīdumā gana plaši sastopama ezeru piekrastēs, purvainu un aluviālu mežu pamalēs (Gudžinskas et al. 2014).

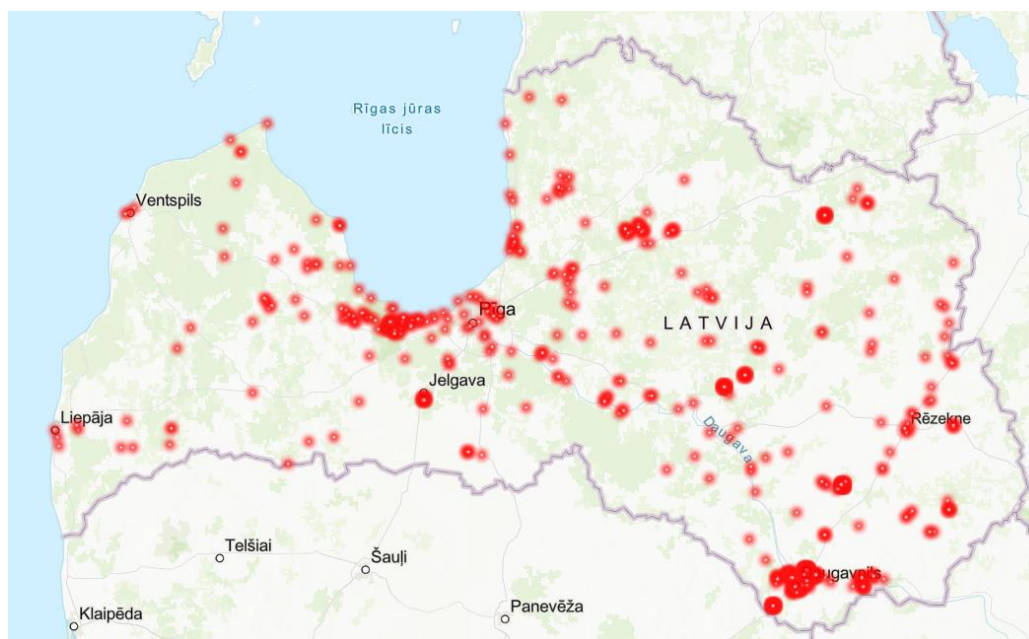
### 1.3.3. Sugas izplatība Latvijas teritorijā

Sugas sastopamība Latvijā raksturojama kā bieža, gandrīz visā valsts teritorijā (skat. 1.4. att.) (Puķu sprigane S.a.).

Uzskatāms, ka puķu sprigane Latvijas teritorijā parādījusies agri, par to liecina K. R. Kupfera herbāriju ievākumi 1898. gadā pie Papes ezera. 20. gs. sākumā un pirmajā pusē puķu spriganes vārds izskan K. R. Kupfera un P. Lakševica darbos, vēlāk arī K. R. Kupfera un A. Rasiņa ievākumos, kur tiek apzīmēta kā savvaļā pārgājusi suga, kas sastopama ruderalajos biotopos (Garkāje 2006; Priede 2008).

Sugas izplatību teritorijā ietekmē šādi faktori: atklātas vietas, labs apgaismojums vai daļējs noēnojums, ar slāpekli bagāta augsne (Priede 2008). Latvijas teritorijā suga izvietojusies mitrās un slapjās augtenēs, visbiežāk ūdenskrātuvju tuvumā, mežmalās, klajumos, arī pie viensētām un retāk sastopama niedrājos un avotainos zemajos purvos (Gudžinskas et al. 2014).

Latvijā puķu sprigani atzīst par sugu ar augstu invāzijas potenciālu, to nosaka teritoriju apdzīvotība un pieeja upju koridoriem, kas pastiprina un lielā mērā arī nodrošina sugas izplatīšanos (Priede 2008).



1.4. attēls. Aktuālās puķu spriganes atradnes Latvijas teritorijā. Pēdējie rediģējumi veikti 15.04.2021. (Invazīvo sugu pārvaldnieks 2021)

#### 1.3.4. Sugas izmantošana

Vietējā medicīnā sugas pamatzīdības areāla Himalajos puķu spriganes zieds un sēklas tiek izmantoti medicīniska rakstura uzlējumu pagatavošanai (ārīgai lietošanai), kas veic ādu atvēsinošas un tonizējošas funkcijas, tāpat šī auga daļas tiek izmantotas krāsvielu iegūšanai. Sugas izmantošanu nodrošina arī auga sēklās un ziedos esošās piesātinātās taukskābes – oleīnskābe, linolskābe, stearīnskābe un palmitīnskābe (Sharma, Samant 2014).

Puķu spriganes auga lapu novārījums vēsturiski ir izmantots stresa un garīgās spriedzes mazināšanai Indijā. Tāpat puķu sprigane tika uzskatīta par vienu no dabiskajiem līdzekļiem, kas ir ieteicams akūtas trauksmes novēršanai, piedāvējot tai spējas nodrošināt aizsardzību stresa situācijās. Tomēr nesen veiktie pētījumi, veicot izmēģinājumus uz grauzējiem, apstiprina šīs sugas antidepresantu iedarbību. Galvenokārt to nodrošina puķu spriganes sastāvā esošie polifenoli – hiperozīds un protokatehīnskābe, kas nonākot organismā veicina dopamīna receptoru aktivitāti (Orzelska-Górka et al. 2019).

Veiktie pētījumi liecina, ka suga kopumā satur ievērojamu daudzumu fenolu un flavonoīdu. Pētījumos atklājas, ka ekstraktiem ir novērojamas gan antioksidantās, gan antibakteriālās īpašības.

Divējādā bioloģiski aktīvo komponentu klātbūtne nodrošina sugas izmantošanas iespējas pārtikas un farmācijas produktu rūpniecībā (Szewczyk et al. 2016).

### 1.3.5. Sugas ietekmes

#### **Ietekme uz vidi**

Veidojot blīvas un pēc apjomiem lielas audzes, īpaši mitrās upju un ezeru piekrastēs, panāk vietējo un dabisko augu sugu iznīkšanu. Pētījumi Apvienotajā Karalistē liecina, ka puķu sprigane var samazināt sugu daudzveidību par 25 % (Pacanoski, Saliji 2014).

Pēdējo 20 gadu laikā invazīvā auga izplatība no piekrastes teritorijām ir strauji palielinājusies tieši apmežotajās teritorijās, ko galvenokārt nodrošina auga pielāgojums mazāk apgaismotām vietām. Meža biotopos puķu spriganes apjomīgās audzes spēj nomākt jaunus kokus, tādējādi palēninot dabisko mežu atjaunošanās procesu. Par to liecina Šveicē veiktie pētījumi, kur tika novērota samazināta kļavu (*Acer pseudoplatanus*) augtspēja un jauno koku nīkuļošana puķu spriganes invadētajās meža teritorijās. Sugas ietekme tiek skaidrota ar paaugstināto noēnojumu un pavisam nelielām augsnes sastāva izmaiņām. Puķu sprigane izdala allelopātiskos savienojumus, kas ietekmē augsnes sēnīšu un mikorizas darbību un var mainīt augsnes barībasvielu aprites ciklu (Čuda et al. 2020; Gudžinskas et al. 2014).

Pastāv uzskats, ka šī suga pozitīvi reaģē uz CO<sub>2</sub> līmeņa paaugstināšanos atmosfērā un no tā izrietošajām temperatūras izmaiņām, kas nākotnē šo sugu varētu padarīt vēl agresīvāku (Helmisaari 2010). Atmosfēras vispārējās cirkulācijas modeļu (GCM) prognozes liecina, ka atmosfēras CO<sub>2</sub> koncentrācijas palielināšanās izraisa vidējās globālās gaisa temperatūras palielināšanos (apmēram par 1,5 – 4,5 °C), temperatūras pieaugums korelē ar sugas izplatības palielināšanos uz ziemeļiem (Beerling 1993).

#### **Ģenētiskā ietekme**

Sugai tiek novērots polimorfisms gan dabiskajos, gan invadētajos areālos pēc ziedu krāsas. Auga formas ar lillā un bāli rozā krāsu sastopamas bieži, turpretim baltā forma izplatīta reti. Par iemeslu uzskata to, ka baltās krāsas sugas īpatņi ražo mazāk nektāra, līdz ar to bišu un kameņu interese par šiem augiem ir mazāka (Romanceviča S.a.).

#### **Ietekme uz cilvēka veselību**

Nav ziņu, ka suga atstātu negatīvi ietekmi uz cilvēka veselību (Helmisaari 2010).

## Ekonomiskā un sociālā ietekme

Galvenās ekonomiska rakstura problēmas ir saistītas ar dārgo un laikietilpīgo sugas izskaušanas procesu, jo sugai ir augstas izplatīšanās un atjaunošanās spējas. Atsaucoties uz Lielbritānijas Vides aizsardzības aģentūras sniegto informāciju, puķu spriganes iznīcināšanai Anglijā un Velsā tiek tērēts no 210 līdz 240 miljoniem eiro (Helmisaari 2010).

Augam ir vērtība tauriņu kolekcionāru vidū, jo šī suga ir nozīmīgs nektāra un putekšņu avots (Helmisaari 2010).

Vēl joprojām augs tiek uzskatīts arī par dekoratīvu sugu, jo bieži tiek izmantots dažādos pilsētu un privātajos apstādījumos (Helmisaari 2010).

### 1.3.6. Preventīvie, kontroles un uzraudzības pasākumi

Preventīvajiem pasākumiem jābūt labi organizētiem un tie jāuzsāk iespējami ātri, pirms suga un tās radīto draudu mērogs ir pieaudzis. Invāzijas sākuma posmā to ir daudz vieglāk un lētāk īstenot, nekā tad, kad sugas izplatības apjomi jau ir pieauguši. Efektīvs invāzijas procesa ierobežošanas veids ir sabiedrības informēšana, iepazīstinot ar sugas negatīvajām iezīmēm un ietekmi (Gudžinskas et al. 2014; Pacanoski, Saliji 2014).

Puķu spriganei nav identificēti dabiskie ienaidnieki, kas spētu ierobežot un apturēt sugas izplatīšanos, tāpēc metodika cīņai ar šo augu sugu ietver auga stublāju iznīcināšanu (Helmisaari 2010; Gudžinskas et al. 2014).

Viena no metodēm ir augus nopļaut vēl pirms to ziedēšanas, pļaušanu atkārtojot divas līdz trīs reizes arī to veģetācijas laikā. Šāda prakse samazina iespēju, ka nogrieztie stublāji varētu iesakņoties atkārtoti (Helmisaari 2010; Gudžinskas et al. 2014).

Metodika cīņai ar nelielu skaitu sugas eksemplāru ietver augu stublāju izraušanu pirms to ziedēšanas sākuma, ziedēšanas sākumā, kad atplaukuši pirmie ziedi vai rudenī veģetācija perioda beigās. Lai šī metode strādātu, nav ieteicams stublājus izmest krūmājos, upju malās vai citās vietās. Iegūto biomasu var izmantot komposta veidošanai (Helmisaari 2010; Gudžinskas et al. 2014).

Tā kā suga ir jutīga pret ganībām un ir viens no liellopu, arī aitu, barības elementiem, sugas apkarošanai var palīdzēt ganību ierīkošana. Šī metodes pielietošana būtu optimāls risinājums puķu spriganes izskaušanai biotopos, kur šādā veidā netiktu apdraudētas citas vietējās sugas (Pacanoski, Saliji 2014).

Ķīmiskā apstrāde ir viena no visplašāk izmantotajām kontroles metodēm, tomēr ne visos gadījumos tā ir atļauta – īpaši upju palieņu biotopos. Svarīgākais šīs metodes pielietojumā ir veikt ķīmisko apstrādi divas reizes augu veģetācijas laikā – vienu reizi pirms ziedēšanas un vienu ziedēšanas laikā. Efektīva kontrole ir panākta izmantojot 2,4-D amīnu, tas samazina sēklu potenciālo ražību (Pacanoski, Saliji 2014).

#### **1.4. Adatainā dzelozgurķis *Echinocystis lobata* (Michx.), tā raksturojums, izplatība un ietekme**

##### 1.4.1. Sugas apraksts

Adatainā dzelozgurķis ir viengadīgs un izmēros ievērojams (garumā var sasniegt pat 8 m) ķirbju dzimtas lakstaugš. Ir samērā strauji augošs, tā virszemes daļu veido tievs un kāpelējošs stublājs, kas veido spēcīgas spirālveida vītnes, ar kurām augs visbiežāk piestiprinās pie kokiem un krūmiem. Auga lapas ir šķautņainas (parasti 3 līdz 7 šķautnes), klātas ar asiem matiņiem. Augs ir vienmājnieks – veido gan vīrišķos, gan sievišķos ziedus. Ziedi ir baltā krāsā – vīrišķie veido ķekarus, turpretim sievišķie visbiežāk ir pa vienam, reizēm arī pa diviem, izvietojusies augšējo lapu žāklēs (skat. 1.5. att.). Ziedēšana novērojama jūlijā un augustā. Augli veido gurķveidīga oga ar skirmšļveidīgiem izaugumiem (garums: 3-6 cm, diametrs: 3 cm). Adatainā dzelozgurķa auglis nogatavojas no augusta līdz oktobrim (Gudžinskas et al. 2014; Adatainā dzelozgurķis S.a.).

Auga vairošanās noris ar sēklu palīdzību. Auglim nogatavojoties, augļa augšpuse pārplīst un no tās izkrīt sēklas. Katrs auglis satur 4 sēklas un kopumā viens augs var saražot 25 līdz 100 sēklas. Tās ir diezgan lielas un to krāsa var variēt no brūnas līdz melnai. Izplatīšanās galvenokārt notiek ūdens vidē, to nodrošina īpašai augļa pielāgojums – tas satur gaisa kameru, kas ļauj auglim pārvietoties lielos attālumos pa ūdens virsmu. Veģetatīvā vairošanās augam nav novērojama. Izplatīšanos nosaka arī cilvēka starpniecība (Gudžinskas et al. 2014).

Sugas dabiskais izplatības areāls ir Ziemeļamerika, izņemot ziemeļu un dienvidu reģionus (Gudžinskas et al. 2014).



1.5. attēls. Adatānais dzeloņgurķis (*Echinocystis lobata*) (Melluma 2018)

#### 1.4.2. Sugas izplatība pasaulē

Suga introdukcijas mērķis Eirāzijā bija ieviest to kā kāpelējošu krāšņumaugu, kas tiek audzēts gar žogiem, pie ēku sienām un terasēm. Tomēr nepietiekamu zināšanu dēļ suga ātri vien pārgāja arī savvaļā, ieviešoties mitrās un barības vielām bagātās augtenēs (Gudžinskas 2014). Pēdējais naturalizācijas posms sugai ir ieviešanās palieņu krūmājos. Eirāzijas kontinentā vēsturiski atrodas divi adatānā dzeloņgurķa izplatīšanās punkti - Centrālā Eiropa un Piejūras apgabals (Krievija) (Romanceviča S.a.).

Eiropā suga pirmo reizi tiek novērota 20. gs. sākumā Rumānijā, tomēr izplatība netiek raksturota kā plaša, 1911. gadā tiek atzīmētas vien dažas atsevišķas atradnes Čehijā, tomēr nav zināms, vai suga bija naturalizējusies vai atradnes atbilst dārza teritorijām. Nedaudz vēlāk parādās arī ziņojumi no Francijas austrumiem (1933. un 1936. gads), Ungārijas (1937. gads), Vācijas pilsētām Minhenes (1939. gads) un Leipcigas (1940. gads) (Priede 2008).

Pastāv uzskats, ka Otrā pasaules kara laikā suga kopā ar amerikāņu armiju Eiropā tiek ieviesta atkārtoti. Suga tiek izmantota vairākos Eiropas botāniskajos dārzos, tiek novērota tās dārzebēgļa daba, un šajā laikā sākas arī sugas plašāka izplatība savvaļā. Savvaļas augtenes pirmo reizi konstatē Slovēnijā 1946. gadā, nedaudz vēlāk arī Horvātijā (1956. gadā) un arī citviet Eiropā, un jau 1983. gadā sugas aprakstos tiek minēts, ka novērojama sugas areāla zīmīga izplatīšanās dienvidu Serbijas teritorijā (Gudžinskas et al. 2014; Priede 2008).

Atsaucoties uz pieejamo informāciju, E. Vimba 1997. gadā min, ka adatainā dzelozgurķis parādījās dārzos ap 1960. g. Lietuvā savvaļā pirmo reizi konstatēts 1987. gadā un drīz pēc tam suga kļuva sastopama arī Latvijas teritorijā (Gudžinskas et al. 2014).

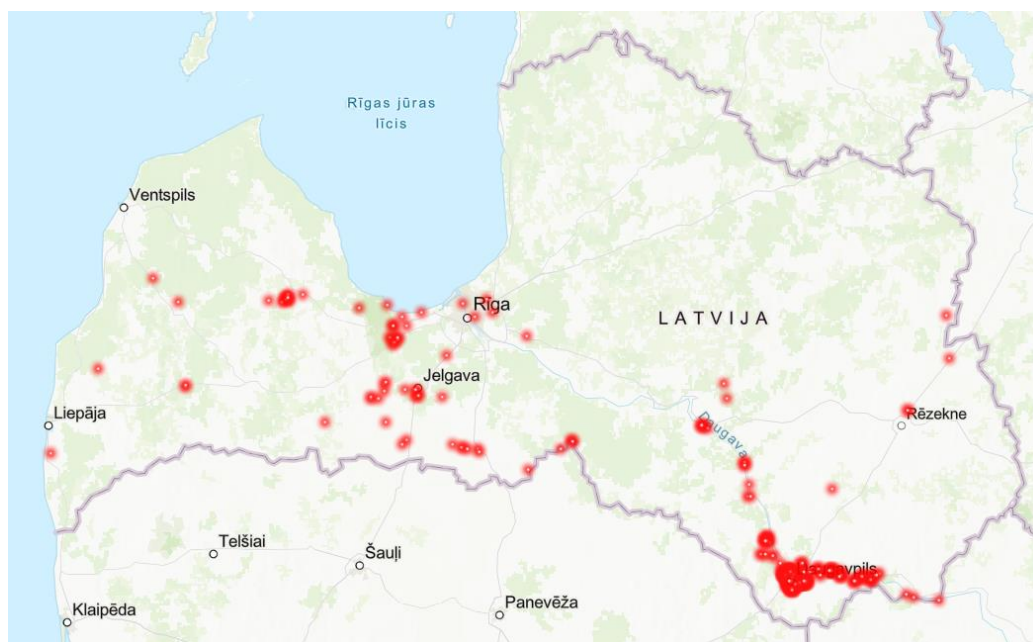
#### 1.4.3. Sugas izplatība Latvijas teritorijā

Adatainā dzelozgurķa izplatība Latvijas teritorijā raksturojama kā nevienmērīga, tomēr ar augstu sastopamību lielo upju palienēs (skat. 1.6. att., Gudžinskas et al. 2014).

Arī citviet pasaulē suga visbiežāk sastopama upju piekrastēs, īpaši – upju piekrastes krūmājos un applūstošajās pļavās, kur tā veido ļoti blīvas audzes. Nereti šos augus ir iespējams sastapt arī klajumos, ceļmalās, mežmalās, retāk arī skrajos mežos un graudaugu sējumos. Dabiskajās upju palienēs ir ļoti agresīva un grūti izskaužama suga (Gudžinskas et al. 2014; Adatainā dzelozgurķis S.a.).

Sugas izvietojumu nosaka bagātas un labi aerētas augsnes, bieži sastopams aluviālas augsnēs upju palieņu zonās. Augs ir gana prasīgs pret apgaismojumu, tāpēc savas augtenes veido atklātās vietās augstzāļu sabiedrībā, skrajos krūmājos vai labi apgaismotās vietās palieņu mežos (Priede 2008).

Latvijas teritorijā sugu pirmo reizi novēro un datē A. Rasiņš 20. gs. 70. gadu sākumā Ventas krasta krūmājā pie Nīgrandes (Priede 2008). Domājams suga Latvijas teritorijā ieviesusies no Lietuvas.



1.6. attēls. Aktuālās adatainā dzeloņgurķa atradnes Latvijas teritorijā. Pēdējie rediģējumi veikti 15.04.2021. (Invazīvo sugu pārvaldnieks 2021)

#### 1.4.4. Sugas izmantošana

Ziedošo ķirbju (*Cucurbitaceae*) saimē ietilpst vairāki cilvēka uzturā lietoti augi – ķirbji, melones, gurķi, arbūzi utml. Šie *Cucurbitaceae* saimei piederošie augi ir izrādījušies vērtīgi ne vien kā pārtika, bet arī no medicīniskā viedokļa, pateicoties to sastāvā esošajiem bioaktīvajiem savienojumiem. *Cucurbitaceae* dzimtai piederošo augu bioaktīvajiem savienojumiem piemīt antioksidantas, pret iekaisuma un antiproliferatīvas īpašības (Ielciu et al. 2017).

Pētījumā, kas veikts, lai noteiktu polifenolu saturu un bioloģisko aktivitāti adatainā dzeloņgurķa virszemes daļās, skaidri iezīmēja, ka arī šis *Cucurbitaceae* dzimtas augs ir vērtīgs dažādu polifenolu un bioloģiski aktīvo vielu iegūšanai. Darbā konstatēts, ka adatainā dzeloņgurķis satur tādus polifenolus, kā p-kumārskābi, izokvercētīnu, rutīnu, kvercētīnu un kempferolu. Auga lapas uzrādīja arī metoksilēta flavona – hispidulīna klātbūtni. Cits pētījums, kurā specifiski tika apskatīts tieši adatainā dzeloņgurķa zieds, tika konstatēta arī ferulskābe. Pētījumu laikā auga lapās un ziedā tik konstatēta arī ievērojama antioksidantu aktivitāte, ko visticamāk nosaka polifenolu klātbūtne un to sastāvs (Ielciu et al. 2017; 2018).

Zinātniskajā literatūrā ir salīdzinoši maz datu un informācijas par šīs sugas izmantošanu, tomēr daži no avotiem liecina, ka tradicionālajā medicīnā tā ir izmantota pret galvas un

menstruāciju sāpēm, reimatisma traucējumiem, pret drudzi, nieru vai kuņģa darbības traucējumiem (Ielciu et al. 2017).

#### 1.4.5. Sugas ietekmes

##### **Ietekme uz vidi**

Veģetācijas periodā veido blīvas audzes virs piekrastes krūmāja vai citiem piekrastes augiem, veidojot nelabvēlīgu konkurenci ar vietu dabiskajām gaismas prasīgajām augu sugām, vairumā gadījumu panākot to iznīkšanu. Rezultātā augu sabiedrības tiek degradētas un ievērojami samazinās šo vietu vērtība no bioloģiskās daudzveidības viedokļa (Gudžinskas et al. 2014).

Pētījumā par piekrastes zonu biotopiem Slovēnijā, atklāts, ka adatainā dzeloņgurķa masīva invāzija izraisa vītoli (*Salix*) kutikulas slāņa samazināšanos, tas palielina vītoli neaizsargātību pret dažādiem biotiskiem un abiotiskiem stresoriem, kas kopumā varētu veicināt visas piekrastes ekosistēmas nepilnvērtīgu funkcionēšanu (Grašič et al. 2019). Piekrastes biotopos tiek apdraudētas arī tādas koku sugas kā papeles un gobas, adatainā dzeloņgurķa apaugums ietekmē koku normālu augšanu un samazina izdzīvošanas iespējas, mainot koku dabisko pastāvēšanas vidi (Marić 2010).

##### **Ģenētiskā ietekme**

Adatātais dzeloņgurķis ir svešapputes augs, kas nozīmē, ka zieda putekšņi nonāk uz cita zieda drīksnas, tas nodrošina augstu sugas ģenētisko daudzveidību un plašu pielāgotību jauniem apstākļiem (Romanceviča S.a.).

##### **Ietekme uz cilvēka veselību**

Nav ziņu, ka suga atstātu negatīvu ietekmi uz cilvēka veselību (Romanceviča S.a.).

##### **Ekonomiskā un sociālā ietekme**

Adatātais dzeloņgurķa invāzija ietekmē upju krastu fitocenozes, rezultātā notiek strauja bioloģiskās daudzveidības samazināšanās (Romanceviča S.a.).

#### 1.4.6. Preventīvie, kontroles un uzraudzības pasākumi

Nepieciešam izvairīties no šīs sugas audzēšanas dekoratīvajos apstādījumos, tādā veidā samazinot risku sugai nonākt savvaļā un degradēt dabiskos biotopus (Gudžinskas et al. 2014).

Ja adataināis dzeloņgurķis tomēr ir introducējies savvaļā, tad visefektīvākā metode sugas apkarošanai nelielās platībās ir augu stublāju izraušana vai nogriešana (pēc iespējas tuvāk zemei) to ziedēšanas sākumā. No izrautajām vai nogrieztajām augu daļām adataināis dzeloņgurķis vairs nespēj dzīt jaunus dzinumus, uzziedēt vai nogatavināt sēklas (Gudžinskas et al. 2014).

### 1.5. Augu sastāvā esošo vērtīgo vielu raksturojums

#### 1.5.1. Polifenoli

Polifenoli ir fitoķīmiskas izcelsmes aktīvi savienojumi, sekundārie metabolīti, kas sastopami dažāda veida augos, dārzeņos, garšaugos un augļos, kā arī to sekundārajos produktos, piemēram, vīnā, etiķī u.c. (Duthie et al. 2003; Khoddami et al. 2013).

Fenola savienojumi augos tiek sintezēti kā atbildes reakcija uz ekoloģisko vai fizioloģisko spiedienu (patogēnu un kukaiņu uzbrukumi, UV starojuma iedarbība, ievainojumi utml.). Līdz ar to tiem ir būtiska loma augu fizioloģiskajos procesos – tie spēj nodrošināt rezistenci pret ārējo nelabvēlīgo faktoru ietekmi, piedalās pigmenta veidošanās procesos un nodrošina augšanas procesu attīstību (Duthie et al. 2003; Khoddami et al. 2013).

Fenola ķīmisko uzbūvi raksturo aromātisks gredzens ar vienu vai vairākām hidroksilgrupām. Augos sastopamos fenolus var klasificēt pēc fenola vienību skaita molekulā. Augu sastāvā ir sastopami tādi vienkāršie fenoli kā hidroksibenzoskābes un hidroksikanēļskābes un polifenoli, piemēram, stilbēni, lignāni, flavanoīdi (Khoddami et al. 2013).

Aizsardzība, ko nodrošina augu valsts produktu uzņemšana galvenokārt ir saistīta ar fenola savienojumu klātbūtni. Daudzi in vitro pētījumi liecina, ka augu polifenoli var ietekmēt arī dažādus procesus zīdītāju šūnās – polifenoli ir spējīgi darboties kā pretkancerogēnas un antiaterogēnas (kavē aterosklerozes veidošanos) vielas (Duthie et al. 2003). Polifenoli aizsargā organismu no kaitīgajiem brīvajiem radikāļiem, aktivizējot endogēno imūnsistēmu un modulējot šūnu procesus (Rauf, Nengroo 2020). Novērots, ka polifenoli cilvēka šūnās strādā arī kā mutagenitātes ātrumu samazinošas vielas (Khoddami et al. 2013). Ir pierādīts, ka polifenoliem ir

liela loma arī dažādu augu ekstraktu hipotensīvajā darbībā (Arnoldi et al. 2015).

Šiem savienojumiem piemīt arī antioksidantu īpašības, kas var apturēt daudzu hronisku slimību attīstību. Polifenoliem ar antioksidējošu iedarbību ir līdzīga ietekme uz organismu kā C un E vitamīniem, kas to esamību pārtikā padara vēl nozīmīgāku (Duthie et al. 2003; Pogačnik 2020). Antiradikālās aktivitātes noteikšanai visbiežāk tiek izmantota tādas metodes, kā DPPH, FRAP vai ORAC. Starp polifenolu un antiradikālās aktivitātes lielumiem pastāv būtiska korelācija, jo tieši polifenoli ir vielas ar augstu antiradikālo aktivitāti.

### 1.5.2. Flavonoīdi

Flavonoīdi ir daudzveidīga polifenolu savienojumu grupa, kas ir plaši izplatīta un sastopama augos. Tie ir sekundārie metabolīti, kas nodrošina antioksidantu aktivitāti. Tie galvenokārt atbild par pigmenta veidošanos (dzeltenu, oranžo, sarkano) ziedos, augļos un lapās (antocianidīni). Flavonoīdiem ir arī būtiska loma augu apputeksnēšanas un sēklu dīgšanas procesos (Castañeda-Loaiza et al. 2020; Garcke 2018; Patel 2010).

Flavonoīdu savienojumi ir vērtīga cilvēka uztura sastāvdaļa, kas visbiežāk atrodama augļos un dārzeņos un arī dzērienos, piemēram, tējā un vīnā. Augi un garšvielas, kas satur flavonoīdus jau vēsturiski ir izmantoti tradicionālajā austrumu medicīnā. Šobrīd tie ir svarīgi elementi uztura bagātinātājos, farmaceitiskos, medicīniskos un kosmētiskos preparātos (Castañeda-Loaiza et al. 2020)

Savienojumi ir vērtīgi no medicīniskā viedokļa, jo strādā kā aktīvās vielas cīņā pret vēzi, mikrobiem, iekaisumu, vīrusiem, novērota arī pozitīva ietekme cīņā ar asinsvadu slimībām, osteoporozi, caureju un artrītu (Garcke 2018). Tie var kavēt mikroorganismu augšanu un ir īpaši aktīvi pret gram-pozitīvām baktērijām (Delgado-Rodriguez 2017). Flavonoīdi neitralizē brīvos radikāļus, tādā veidā samazinot to izraisošo slimību attīstību (Delgado-Rodriguez 2017; Garcke 2018; Patel 2010; Kiseil 1998).

### 1.5.3. Flavanoli

Flavanoli pieder flavonoīdu grupai, kuru sīkāk var izdalīt procianīdos un katehīnos. Augļi un dārzeņi ir galvenie flavonolu avoti cilvēka uzturā (Patel 2010). Līdz ar to tie ir sastopami arī

augļu un dārzeņu atvasinātajos produktos: ievārījumos, tējā, sarkanvīnā, kakao u.c. (De Pascual-Teresa et al. 2010).

Flavanolu biopieejamību stipri ietekmē auga veids un attiecīgi tā augšanas apstākļi: apgaismojums, gatavības pakāpe, veģetācijas sezona utml. Augos flavanoli kalpo kā izturību nodrošinoši elementi. Flavanoli veido pielāgotību dažādu vides faktoru mainībai, piemēram, veicina izturību pret lielu sausumu vai karstumu. Pārtikā flavanolu daudzumu var ietekmēt pārtikas apstrādes un sagatavošanas veids (Aherne, O'Brien 2002).

Ievērojams apjoms flavanolu ir sastopams augļu mizās un sēklās, kas tā uzņemšanu ar pārtikas palīdzību padara ierobežotu. Augļu mizas un sēklas ir tās augļa daļas, kas visbiežāk netiek uzņemtas uzturā un veido atkritumu produktus (De Pascual-Teresa et al. 2010).

Ir novērota flavanolu pozitīvā ietekme uz sirds un asinsvadu slimību riska mazināšanu. Vairāki klīniskie pētījumi liecina, ka lietojot uzturā ar flavanoliem bagātu pārtiku tiek novērota asinsspiediens pazemināšanās, trombocītu izmēru samazināšanās, veidojas veselīga organisma jutība pret insulīnu (Heiss et al. 2010).

#### 1.5.4. Alkaloīdi

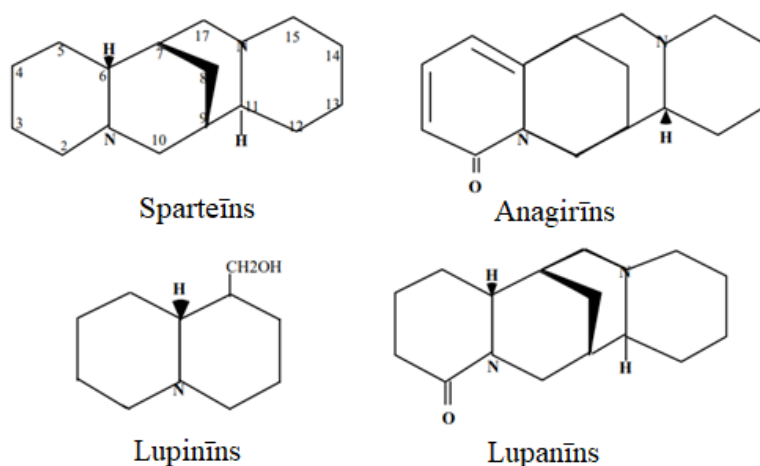
Alkaloīdi ir slāpekli saturoši organiski savienojumi, tos kā sekundārā metabolisma produktu var ražot augi un arī daži dzīvnieki (Kurek (éd.) 2019). Kopumā no augu un dzīvnieku organismiem izdalīto alkaloīdu skaits ir ievērojams, pavisam atklāti apmēram 10 000 dažādu alkaloīdu (Hesse 2002).

Šie savienojumi pilda svarīgu lomu dzīvajos organismos. Alkaloīdu klātbūtne augā nodrošina slāpekļa uzkrāšanos, pilda aizsargfunkcijas lomu pret ārējām ietekmēm, piemēram, plēsēju uzbrukumiem. Daži no alkaloīdiem augos veido līdzīgas struktūras kā augšanas regulatori, kas tos iesaista arī augšanas procesu attīstībā, tie var strādāt arī kā minerālvielu aizstājēji augos, piemēram aizstājot kalciju un kāliju (Waller, Nowacki 1978).

Alkaloīdi ir sastopami ne vien ikdienā lietojamā pārtikā, bet arī tiek izmantoti dažādu medikamentu ražošanā. To specifisko īpašību dēļ tie tiek izmantoti iekaisuma mazināšanai, kā pretsāpju līdzeklis, cīņā ar mikrobiem un sēnītēm. (Kurek (éd.) 2019). Pētījumi liecina, ka daļa alkaloīdu var strādāt arī kā līdzeklis cīņā ar malāriju (Uzor 2020).

*Lupinus* ģints augos ir sastopama dažādu hinolizidīna alkaloīdu daudzveidība. Šie alkaloīdi augstās koncentrācijās tiek uzskatīti par veselībai kaitīgiem, tomēr jāņem vērā, ka alkaloīdu līmeņi

un kombinācijas dažādās augu sugās ir ļoti atšķirīgi. Alkaloīdi, kas varētu ietekmēt cilvēka un dzīvnieku veselību, ir lupanīns (sparteīna ketoniskais atvasinājums) un tā izomēri: sparteīns un anagirīns (tetratogēns alkaloīds) (skat. 1.7. att.). Pētījumi ar mērķi noteikt lupīnu alkaloīdu toksiskumu, galvenokārt lupanīnam un sparteīnam, ir rezultējušies ar konstatētām vidēja toksiskuma parādību izpausmēm, kas galvenokārt saistītas ar neiroloģiskiem efektiem, ietekmējot kustības un muskuļu darbību. Literatūrā norādītā akūtā letālā deva ir aptuveni 30 mg/kg (Australia New Zealand.. 2001; Boschin 2008; Funayama 2015).



1.7. attēls. Daži izplatītākie lupīnu hinolizidīna alkaloīdi (Australia New Zealand.. 2001)

## 1.6. Augu biomasas ekstrakcijas metodes

Ekstrakcija ir process, kura laikā tiek izdalītas dažādas vielas no pētāmā objekta biomasas. Tas, kas nosaka kādu ekstrakcijas metodi izvēlēties, ir savienojuma veids un izdalītās vielas vēlamais turpmākais pielietojums (Nn 2015; Routray, Orast 2013). Kopumā ir izstrādātas vairākas ekstrakcijas metodes, piemēram, mikroviļņu un ultraskaņas metodes, kā arī metodes, kuru pamatā ir šķīdinātāja izmantošana kā ekstrakcijas vielas (Brezgel Mojzer et al. 2016).

Pētāmā parauga sagatavošana un ekstrakcija ir atkarīga no parauga matrices īpašībām un konkrētās ekstrahējamās vielas ķīmiskajām īpašībām – molekulārās struktūras, polaritātes, koncentrācijas, aromātisko gredzenu skaita, savienojumu veidojošajām hidroksilgrupām utml. Tādējādi daudziem augu produktiem ir grūti izvēlēties vienu sagatavošanas un ekstrakcijas metodi, kas nodrošinātu pilnīgu, visu augsni biomasā esošo vielu atgūšanu (Khoddami et al. 2013).

Ekstrakciju veic izmantojot organiskus vai neorganiskus šķīdinātājus. Ekstrakcijas procesa iznākumu var ietekmēt vairāki parametri, tostarp ekstrakcijas laiks, temperatūra, šķīdinātāja un parauga attiecība, parauga atkārtoto ekstrakciju skaits, kā arī izvēlētais šķīdinātāja veids un koncentrācija. Ekstrakcijā izmantojami šķīdinātāji var būt, piemēram, ūdens, acetons, etilacetāts, spirti (metanols, etanols un propanols) un to maisījumi. No šķīdinātāja izvēles ir atkarīgs tas, cik daudz vēlamā savienojuma tiks ekstrahēts (Khoddami et al. 2013).

Pašu ekstrakcijas norisi var ietekmēt dažādi faktori, piemēram, vides reakcija. Paaugstināts skābuma līmenis var radīt komplikētu polifenolu ekstrakciju, izmainot to īpašības. Ietekme ir arī ūdeņraža saišu veidošanās procesam. Oksidācijas procesa rezultātā var veidoties ekstrakcijai nevēlami blakus savienojumi, kas nosaka, ka ir jāveic tehnoloģiskas izmaiņas izmantotajā šķīdinātāja sastāvā, šādā veidā novēršot nevēlamo procesu ietekmi. Svarīgi ņemt vērā arī apkārtējās vides radītās ietekmes, piemēram, gaismas un skābekļa klātbūtni ekstrakcijas procesā, to klātbūtne var izraisīt oksidāciju (Routray, Orast 2013).

Viena no plaši izmantotām ekstrakcijas metodēm ir ekstrakcija izmantojot šķīdinātāju. Metodes norisi raksturo: svaigas vai žāvētas augu biomasas sagatavošana, iegūtā materiāla sasmalcināšana un šķīdinātāja (ekstrahenta) pievienošana. Par vērtīgu šķīdinātāju ekstrakcijas procesā var atzīt etanolu, tas plaši tiek izmantots pārtikā lietojamu ekstraktu iegūšanai. Veicot ekstrakciju ar etanolu ir iespējams ekstrahēt ne tikai mērķvielas, bet arī citus savienojumus – organiskās skābes, proteīnus, ogļhidrātus. Tas nosaka papildus attīrīšanas procesu nepieciešamību pēc ekstrakcijas, lai iegūtu gala produktu ar augstāku tīrību (Castaneda-Ovando et al. 2009).

Ekstrakcija ar ultraskaņu sevī ietver ultraskaņas izmantošanu ar frekvenci no 20 kHz līdz 2000 kHz. Procesā rezultātā ultraskaņai pakļauto materiālu fizikālās un ķīmiskās īpašības tiek mainītas – pievadītā ultraskaņa izraisa mehāniska procesa norisi, kas palielina virsmas kontaktu starp šķīdinātāju un paraugu, radot šūnu sienīņu lielāku caurlaidību. Procesu raksturo kavitācijas burbuļu veidošanās pie parauga audiem, burbuļu sadalīšanās rezultātā tiek izjaukta šūnas sienīņas uzbūve, un no šūnas brīvi var izplūst tās saturs. Tas nodrošina daudz apjomīgāku šķīdinātāja transportēšanu uz augu šūnām, būtiski atvieglojot vēlamo savienojumu izdalīšanu. Ekstrakcija ultraskaņas klātbūtnē ir salīdzinoši vienkārša un to var izmantot maza un liela mēroga fitoķīmisko savienojumu ekstrakcijas veikšanai (Khoddami et al. 2013; Nn 2015).

Šādu ekstrakciju un tās rezultātus var ietekmēt ultraskaņas apstrādes laiks, temperatūra, šķīdinātāja izvēle, ultraskaņas viļņu frekvence un sadalījums. Tiek izmantotas divas tehnikas ultraskaņas ekstrakcijas veikšanai – zondes un vannas sistēmas. Izmantojot zondi, ultraskaņas avots

nepārtraukti atrodas saskarē ar paraugu, kas apgrūtina iegūtā rezultāta reproducējamību. Šīs metodes izmantošana paaugstina risku piesārņot paraugu, kā arī var veicināt putu veidošanos. Izmantojot vannas sistēmu, tiek nodrošināts, ka ultraskaņa iedarbojas uz vairākiem paraugiem vienlaicīgi, tādējādi paaugstinot iegūto rezultātu atkārtojamību (Khoddami et al. 2013).

Salīdzinājumā ar citām ekstrakcijas metodēm, ekstrakcija ultraskaņas klātbūtnē ir ātra un mazāk resursus prasīga (izmantojamā šķīdinātāja patēriņš ir salīdzinoši neliels), sniedz ticamus un tālāk izmantojamus rezultātus. Pētījumos ir pierādīts, ka ekstrakcija ultraskaņas klātbūtnē ir visai efektīva, piemēram, propolisa ekstrakcijā – tā sniedz augstu ražību un selektivitāti salīdzinoši īsā apstrādes laikā (10 – 30 min). Līdzīgi pētījumi ar šīs metodes izmantošanu ir veikti, piemēram, veicot antocianīna izdalīšanu no augu ziedu daļām. Metodes ātrais norises laiks ir ļāvis izvairīties no temperatūras iedarbības uz ekstrahējamo vielu stabilitāti (Nn 2015).

Lai gan daudzi pētījumi ir saistīti ar bioloģiski aktīvo savienojumu ekstrakciju no dažāda veida paraugiem, šai metodei ir arī trūkumi – ultraskaņas enerģijas izmantošana, kas pārsniedz 20 kHz, var veicināt brīvo radikāļu veidošanos no aktīvajām fitoķīmiskajām vielām (Nn 2015).

### **1.7. Invazīvo augu biomasas izmantošana bioekonomikas attīstībai**

Bioekonomika ir viens no senākajiem civilizācijas tautsaimniecības sektoriem, kuru šobrīd plašais zinātnes un biotehnoloģiju attīstības laikmets var pārvērst par vienu no modernākajām tautsaimniecības nozarēm. Citiem vārdiem, bioekonomika ir tautsaimniecības nozares daļa, kas paredz, ka ražošanas process tiek veikts ilgtspējīgā un pārdomātā veidā, izmantojot atjaunīgos dabas resursus – augus, dzīvniekus, mikroorganismus u.c., lai šādā veidā ražotu pārtiku/barību, industriālos produktus un enerģiju. Kopumā tiek vērtēts, ka visu bioekonomikas nozaru attīstību tieši ietekmē arī biomasas pielietojuma veicināšana tautsaimniecībā (Zemkopības ministrija 2016).

Šobrīd globāli virzītājspēki bioekonomikas attīstībai ir ar vien pieaugošais pasaules iedzīvotāju skaits, no šobrīd esošajiem gandrīz 8 miljardiem tas varētu pieaugt līdz 10 miljardiem jau 2050. gadā (World Population Prospects 2019). Iedzīvotāju skaita pieaugums veicina pieprasījuma palielināšanos, kas attīstīta apstākļus ar ļoti augstu resursu patēriņu, kas šobrīd vairākkārtīgi pārsniedz patēriņa apjomus, ko daba spēj ilgtspējīgi atjaunot. Cilvēka saimnieciskā darbība un tās izraisītā antropogēnā ietekme rada būtiskus riskus klimata pārmaiņām, saldūdens pieejamībai, gaisa kvalitātei un ekosistēmu daudzveidībai (Scarlat et al. 2015; Brien et al. 2017). Par būtiski ietekmējošu faktoru arī Latvijas Bioekonomikas stratēģijā tiek izvirzīta atkarība no

fosilajiem resursiem, kas tiek patērēti enerģētikai, transportam, ķīmiskajai rūpniecībai, farmācijai u.c., kopumā būtiski pasliktinot dzīvo sistēmu stabilitāti. Atjaunojamo bioresursu izmantošana (arī invazīvo augu sugas biomasas) var mazināt izveidotās atkarības apjomus, veicinot videi draudzīgāku, ilgtspējīgāku, arī izturīgāku produktu ražošanu (Zemkopības ministrija 2016; Silveira et al. 2017).

Pēdējos gadus Eiropas Savienība ir strādājusi pie rīcībpolitiku ieviešanas, lai risinātu šobrīd aktuālo un ļoti nozīmīgo problēmu un rastu risinājumus ekonomikas pārveidošanai. Taču jāatzīst, ka starp redzamajiem risinājumiem pastāv daudz domstarpību. Piemēram, jautājums par biomasas konkurējošiem lietojumiem. Ir pamatoti uzskatīt, ka, piemēram, invazīvo augu biomasas ieguve un izmantošana no invadētajām teritorijām lielā mērā varētu atspēkot līdzīgo situāciju ar apzināti kultivētajām augu kultūrām, un sniegt ieguldījumu pārtikas un enerģētisko/rūpniecisko kultūru audzēšanas konflikta daļēju atrisinājumu (Eiropas Komisija 2012).

Invazīvo sugu pārvaldība pasaulē ir veicinājusi divu politisku pieeju veidošanos: pieeja, kas attiecināma uz sugām ar straujiem izplatības tempiem, kā arī būtisku ietekmju veicināšu, pieprasa ātras rīcības, savukārt sugām, kas izplatās lēni, ar lielu nenoteiktību, tiek piemērota nogaidīšanas pieeja, kas ļauj izvairīties no lielu neatgriezenisku ieguldījumu veikšanas. Šīs pieejas ir būtiskas, lai kopumā izsvērtu invazīvās biomasas pielietojuma iespējas bioekonomikas attīstībai konkrētās valstīs/reģionos, tāpat vērtīgi analizēt ekoloģiskā riska/ekoloģiskā neatgriezeniskuma un ekonomiskā riska/ekonomiskā neatgriezeniskuma jēdzienus. Mūsdienu zinātnieki un politiku veidotāji ir apzinājuši invazīvo sugu ietekmes, saprotot, ka šī procesa attīstība ir ne vien bioloģiskās daudzveidības drauds, bet drauds valstu ekonomikai. Invazīvo sugu izplatīšanās visaptveroši iekļaujas lauksaimniecības, mežsaimniecības, zivsaimniecības un ekosistēmu pakalpojumu sfērās, veicinot nevēlamas izmaiņas, t.sk., radot ekonomiskus zaudējumus (Sims et al. 2016). Rezultātā tas ir veicinājis gan privāto, gan valsts investīciju pieaugumu, cenšoties novērst sugu ierašanos, izskaust tās agrīnās invāzijas stadijās vai novirzot līdzekļus kontrolei, kas vērsta uz vietējās izplatības ierobežošanu/mazināšanu. Tomēr daudz rentablāk būtu izmantot investīcijas pamatotākās un bioekonomikā balstītas pārvaldības attīstībai, radot apstākļus, kuros šķietami neapturamā problēma kļūst par ekonomikas un sabiedrības ieguvumu (Keller et al. 2009).

Tā vietā, lai invazīvās sugas uzskatītu par apgrūtinājumu, tās ir iespējams izmantot, piemēram, kā bioenerģijas avotu. Beļģijas zinātnieku pētījumos par invazīvo augu – Japānas dižsūreni (*Fallopia japonica*), Mantegaca latvāni *Heracleum mantegazzianum*, *Impatiens glandulifera* un milzu zeltgalvīti *Solidago gigantea*, tiek apskatīta šo augu sugu biomasas

produktivitāte gada griezumā, siltumietlīpību un biogāzes produkciju no biomasas sadedzināšanas. Rezultāti uzrāda, ka šo augu biomasai ir potenciāls tikt izmantotai anaerobās fermentācijas procesos un biogāzes ražošanā. Šāda izmantošana ļauj sabalansēt ekoloģiskos riskus – novērst sēklu veidošanos un augu izplatību, un ekonomiskos ieguvumus – pozitīvi ietekmēt biogāzes iegūšanas ražību un ar tās izmantošanu saistītos ienākumus. Bez biogāzes ražošanas invazīvās sugas var izmantot arī ķīmisko vielu vai šķiedru ražošanai. Tomēr šāda bioekonomiskā risinājuma izmantošanai ir maksimāli jāizvairās no lobija veidošanās bioenerģijas nozarē, kas varētu ietvert šo kultūru paplašināšanu uz jaunām teritorijām (Van Meerbeek et al. 2015). Vidusjūras reģionā par būtisku problēmu meža teritorijās ir uzskatāma invazīvās sugas *Acacia spp.* izplatība. Veicot šī koka daļu ķīmisko analīzi, atklājas, ka šī sugas īpatņu daļās ir vērtīgs avots bioloģisko aktīvo vielu ieguvei, kas spēj nodrošināt antioksidantu, pretmikrobu, pretiekaisuma u.c. veida iedarbību un kas ir vērtīgi ienesīgu nozaru, tādu kā farmācija, kosmētikas un pārtikas, lopbarības ražošana, attīstībai. Turklāt zinātnieku pētījumi liecina, ka dažas šī koka daļu frakcijas vai to ekstrakti ir piemēroti iekļaušanai dažādos polimēros, kompozītmateriālos, nanomateriālos un pat kā aktīvās ogles aizstājēji (Correia et al. 2020).

## 2. MATERIĀLI UN METODES

### 2.1. Augu paraugu ievākšana un apstrāde

Darbā pētītais augu materiāls ir daudzlapu lupīna *Lupinus polyphyllus*, puķu sprigane *Impatiens glandulifera*, adatainā dzeloņgurķis *Echinocystis lobata* un šo augu sugu ievāktās augu daļas.

Daudzlapu lupīnas saknes, stumbrs, lapas, ziedi tika ievākti 2021. gada jūnijā Mārupes novadā, savukārt auga sēklas un to pākstis tika ievāktas augusta beigās/septembra sākumā, pēc pilnīgas sēklu nogatavošanās. Puķu spriganei par piemērotu ievākšanas laiku tika izvēlēts 2021. gada augusts, kad Āgenskalna apkārtnē tika ievāktas visas pētījumiem nepieciešamās auga daļas – saknes, stumbrs, lapas, ziedi, sēklas. Adatainā dzeloņgurķa gadījumā paraugu ievākšana notika visu 2021. gada septembri Kalnciemā pie Lielupes palienes pļavām, analīzēm iegūstot auga stumbru, lapas, augli un sēklas. Dzelonurķa gadījumā pētījumiem netika iegūtas auga saknes, jo auga sakņu sistēma ir vāji attīstīta, kas ievērojami apgrūtinātu paraugu iegūšanu, ņemot vērā, ka tas būtiski palielinātu nepieciešamo ievākšanas apjomu.

Daudzlapu lupīnas un adatainā dzeloņgurķa augu daļas pēc ievākšanas tikai ievietotas saldētavā -20°C, izņemot auga sēklas un to pākstis/augļus, kas uzreiz pēc ievākšanas tika izžāvēti 40°C temperatūrā. Puķu spriganes ievāktais materiāls uzreiz pēc ievākšanas tika sagatavots žāvēšanai.

Lai nodrošinātu veiksmīgāku ekstrakcijas procesu, pēc augu izžāvēšanas visu augu iegūtais materiāls tika sasmalcināts, izmantojot kafijas dzirnaviņas.

### 2.2. Paraugu ekstrakcija ar polārajiem šķīdinātājiem, izmantojot ekstrakciju ultraskaņā

Ekstrakcija pēc savas būtības ir process, kura laikā tiek izdalītas dažādas vielas no pētāmā objekta biomasas. Parametri, kas nosaka kādu ekstrakcijas metodi izvēlēties, ir savienojuma veids un izdalītās vielas vēlamais turpmākais pielietojums (Nn 2015; Routray, Orast 2013). Šajā gadījumā paraugu ekstrahēšanai tiek izmantoti trīs šķīdinātāji – etanols (70%), izopropanols, metanols, no kuriem attiecīgi katrai ievāktajai auga daļai tiek sagatavots šķīdums. Šķīdinātāju daudzveidības palielināšana ļauj veiksmīgāk identificēt to šķīdinātāju, kas visefektīvāk spēs nodrošināt vēlamu vielu izdalīšanu no augu daļu šūnām.

Pirms darba uzsākšanas tiek sagatavoti arī visi nepieciešamie trauki un iekārtas – 100 mL burciņas ar vāku, karotīte, 50 mL mērcilindrs, trīs 100 mL vārglāzes, 3 mL pipete, filtrpapīrs, piltuve, analītiskie svāri un ultraskaņas vanna (Cole-Parmer).

Darbu uzsāk ar paraugu materiālu sasvēršanu (1,0 – 5,0 g), kam seko trīs dažādu šķīdinātāju pievienošana ( $V_{\text{šķ}}=50$  mL), rezultātā katrai auga daļai iegūstot trīs atšķirīgus šķīdumus, bet kopā 40 atšķirīgus paraugus. Tālāk sagatavotie paraugi tiek ievietoti ultraskaņas vannā uz 25 minūtēm. Ultraskaņas vannas sistēma nodrošina, ka ultraskaņa iedarbojas uz vairākiem paraugiem vienlaicīgi, tā paaugstina iegūto rezultātu reproducējamību. Process kopumā nodrošina daudz apjomīgāku šķīdinātāja transportēšanu uz augu šūnām, būtiski atvieglojot vēlamo savienojumu izdalīšanu (Khoddami et al. 2013; Nn 2015).

Iegūtie ekstrakti tiek filtrēti, lai atdalītu augu materiālu no iegūta šķīduma. Ekstrakti uzglabāšanai tālākiem pētījumiem tiek ievietoti ledusskapī (4°C) temperatūrā.

## 2.3. Kopējo rādītāju noteikšana

### 2.3.1. Folina-Šikoltē (FC) kopējā polifenolu daudzuma noteikšanas metode

Augu daļu ekstraktos kopējais polifenolu daudzums tika noteikts izmantojot Folina-Šikoltē (*Folin-Ciocalteu*) spektrofotometrisko metodi. Nepieciešamie materiāli un iekārtas: Tecan Infinite Nano+ multiplašu lasītājs, automātiskās pipete (10, 100, 200, 1000  $\mu$ L), pipešu uzgaļi un 96 bedrīšu multiplate ar vāciņu.

Analīzei 50 mL mērkolbās tiek sagatavoti sekojoši šķīdumi:

- 10 mL FC reaģents izšķīdināts 40 mL destilēta ūdens;
- 10% nātrija karbonāta šķīdums: 5 g nātrija karbonāta izšķīdinot destilētā ūdenī;
- Standarta šķīdums: sagatavošanai izmanto 50 mg gallusskābes, kas tiek izšķīdināta 96 % etanola (analīzēm iegūtais šķīdums jāatšķaida attiecībā 1:10).

Standartlīknes iegūšanai tiek izmantota gallusskābes koncentrācijas intervālā no 0,5 līdz 4,0 mg/mL. Platītes bedrītēs tika iepildīti 50  $\mu$ L destilēta ūdens, kam seko paraugu papildīšana (tilpums paraugu starpā atšķirīgs; intervālā no 10 – 25  $\mu$ L, atkarībā no iespējamās polifenolu koncentrācijas); starpību, kas veidojas starp iepildīto parauga tilpumu un 50  $\mu$ L atzīmi, aizpilda ar 96% etanolu. Visām platītes šūnām tiek pievienoti 85  $\mu$ L Folina-Šikoltē (FC) reaģenta un paraugi

ievietoti iekārtā, kur tie tiek samaisīti (200 rpm) un inkubēti 15 min. Pēc inkubācijas paraugiem tiek pievienoti 65 µl sagatavotā nātrija karbonāta šķīduma un veikta polifenolu koncentrācijas spektrofotometriskā nomērīšana. Kopējais polifenolu daudzums paraugos tiek izteikts kā galluskābes ekvivalents (GAE) uz 100 g sausa parauga (Folin, Ciocalteu 1927).

### 2.3.2. DPPH metode antiradikālās aktivitātes noteikšanai

2,2-difenil-2-pikrilhidrazilhidrāta (DPPH) antiradikālā aktivitāte augu paraugos tika noteikta spektrofotometriski. Nepieciešamie materiāli un iekārtas: Tecan Infinite Nano+ multiplašu lasītājs, automātiskā pipete, pipetes uzgaļi un 96 bedrīšu multiplate ar vāciņu.

Katrai analīzes reizei no jauna tiek sagatavots DPPH šķīdums: 80% metanolā izšķīdinot 24 mg DPPH ( $V_{\text{šķ}}=100$  mL). Pilnīgai DPPH elementa izšķīdināšanai šķīdumu uz 5 minūtēm ievieto ultraskaņas vannā, tālākais šķīduma izmantošanai veic atšķaidījumu attiecībā 1:2. Sagatavotā DPPH šķīduma sorbcija pie 517 nm ir aptuveni 1,0. Standartšķīduma sagatavošanai 50 mL mērkolbā tiek iesvērti 12,5 mg 6-hidroksil-2,5,7,8-tetrametilhromān-2-karbonskābes (TROLOX), kas tiek izšķīdināta 96% etanolā. Standartlīknes konstruēšanai tiek izmantota standartšķīduma koncentrācija robežās no 0,001 līdz 0,027 mg/mL.

Paraugu nomērīšanai 96 bedrīšu multiplatē tiek papildīti analizējamie paraugu ekstrakti (arī atšķaidītā veidā), un arī šajā gadījumā iepildītais paraugu daudzums ir atšķirīgs (robežās no 20 līdz 75 µL), galvenokārt izvēli balstot uz iepriekš iegūtajām paraugu polifenolu koncentrācijām. Starpību līdz 100 µL robežai aizpilda izmantojot 96% etanolu. Visiem paraugiem pievieno 150 µL DPPH šķīdumu. Sagatavotā materiāla ieteicamais inkubācijas laiks tumsā 15-30 minūtes. Tālāk seko spektrofotometriskā nomērīšana ar sekojošiem iekārtas uzstādījumiem: kratīšanas orbitāle 300 s, amplitūda 2 mm, inkubācija 10 min, gaidīšanas laiks 9 min, absorbcijas mērīšana 517 nm. Antiradikālā aktivitāte paraugos tiek izteikts kā troloks ekvivalents (TE) uz 100 g sausa parauga (Brand-Williams et al. 1995).

### 2.3.3. Alkaloīdu noteikšana, izmantojot gāzu hromatogrāfijas – masspektrometrijas (GC-MS) analītisko metodi

Alkaloīdu kvantitatīvā un kvalitatīvā profila noteikšanai daudzlapu lupīnas ekstraktos tika izmantota gāzu hromatogrāfijas – masspektrometrijas analītiskā metode, kas ir plaši izplatīta

analītiskā metode atsevišķu vielu kvantificēšanai un identificēšanai. Nepieciešamie materiāli un iekārtas: 5 mL pudelītes, laboratorijas lāpstiņa, 20 mL pipete, automātiskā pipete, pipetes uzgaļi, 100 mL kolbiņas paraugu ietvaicēšanai, 10 mL mērkolba, analītiskie svāri, rotācijas ietvaicētājs (Heidolph), gāzes hromatogrāfs (Shimadzu GC 2010 plus).

Standartšķīduma sagatavošanai 10 mL mērkolbā iesver 10 mg 99,9 % sparteīna ( $C_{15}H_{26}N_2$ ) un atšķaida ar piridīnu ( $C_5H_5N$ ) līdz mērkolbas 10 mL atzīmei ( $C_{\text{šķ}}=1$  mg/mL). Standartlīknes konstruēšanai tiek izmantota standartšķīduma koncentrācija robežās no 0,01 līdz 0,85 mg/mL.

Paraugu sagatavošanu uzsāk ar paraugu ietvaicēšanu rotācijas ietvaicētājā. 100 mL vakuuma izturīgās apaļkolbiņās iepilda 50 mL auga daļu ekstraktus un ievieto ietvaicēšanas iekārtā, ietvaicēšanas procesu turpinot līdz viss ekstraktam pievienotais šķīdinātājs ir iztvaikojis. Iegūtās hromatogrammas tika manuāli integrētas, lai noteiktu ekstraktā esošo vielu sastāvu un kvantitatīvo daudzumu, nosakot reģistrēto signālu masas spektrus un pīķa laukumus. Alkaloīdu ekstraktu analīzei tika izmantota sekojoša temperatūras programma – izejas temperatūra 75° (turēt 2 min), 20°/min temperatūras pieaugums līdz 130°C un turēt 10 min, 4°C/min temperatūras pieaugums līdz 310°C un turēt 10 min. Gāzes spiediens 77,8 kPa ar kopējo plūsmu 16,0 mL/min. Injekcijas temperatūra 290°C, split ratio 10 ar gāzes plūsmu 3,0 mL/min. Analīzēm tika izmantota universāla Rxi-5MS kolonna (30 m 0,25 x 0,25 μm, Supelco). MS masas/lādiņa attiecību skenēšanas diapozons tika uzstādīts no 35 m/z līdz 650 m/z. Jonu avota temperatūra 230 °C, interfeisa temperatūra 290°C, skenēšanas ātrums 2500 skenējumi sekundē. Konstatētais alkaloīdu daudzums paraugos tiek izteikts kā mg uz 100 g sausa parauga (Wink et al. 1995).

## 2.4. Datu apstrāde

Datu pirmapstrādei un visu nepieciešamo aprēķinu veikšanai tika izmantota datorprogramma MS Office Excel.

### 3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

#### 3.1. Kopējais polifenolu daudzums un antiradikālā aktivitāte

##### 3.1.1 Puķu sprigane (*Impatiens glandulifera*)

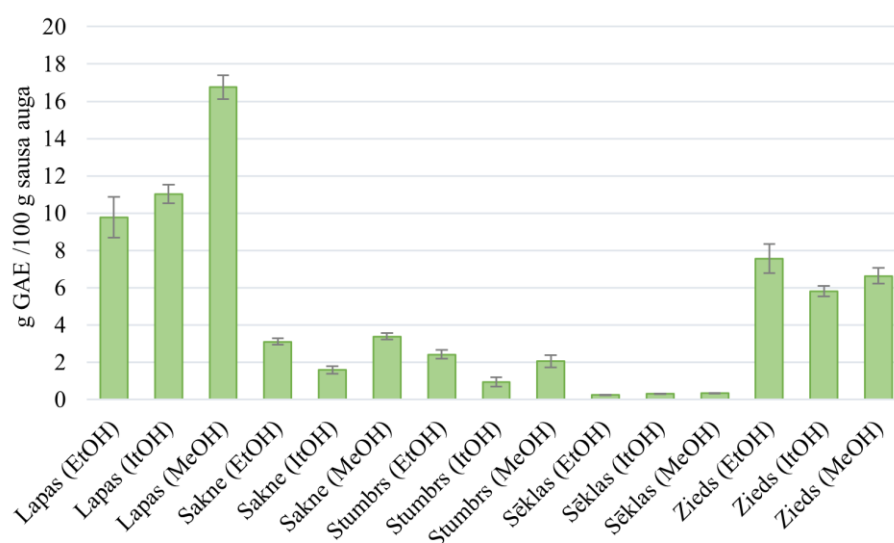
Kopējai polifenolu koncentrāciju noteikšanai tika izmantota Folina-Šikoltē (FC) kopējā polifenolu daudzuma noteikšanas metode. Pētījumam tika izmantotas auga virszemes daļas - lapas, stumbrs, ziedi, sēklas, kā arī auga saknes.

Novērtējot kopējo polifenolu daudzumu puķu spriganes auga daļās, visaugstāko kopējo polifenolu saturu uzrāda metanola lapu (16,75 g gallu skābes ekvivalenti (GAE)/100 g sausa parauga) un metanola ziedu (7,55 g GAE/100 g sausa parauga) ekstrakti. Par mazvērtīgāku polifenolu avotu jāatzīst auga sēklas, kur polifenolu koncentrācija trīs dažādu ekstraktu starpā variē no 0,25 līdz 0,33 g GAE/100 g (skat. 3.1. att.), tomēr jāņem vērā, ka šie ekstrakti satur lipīdus, kas apgrūtina spektrometriskos mērījumus un neļauj iegūt precīzus rezultātus – mērījumi tiek veikti ūdeņaina spirta vidē, kurā sēklu ekstraktos esošie lipīdi izsēžas šķīdumā to sadalījot. Auga saknes ekstraktos augstākā konstatētā koncentrācija – 3,39 g GAE/100 g metanola ekstraktam, savukārt izvērtējot iegūtos rezultātus stumbra ekstraktiem, augstāko vērtību uzrāda etanola ekstrakts ar koncentrāciju 2,42 g GAE/100 g.

Szewczyk et al. 2016. gada pētījumos iegūtās *Impatiens* ģints augu virszemes daļu kopējās polifenolu koncentrācijas atšķirīgu īpatņu ekstraktos ir dažādas: 21,62 g GAE/100 g *I. balfourii* ekstraktos, 8,84 g GAE/100 g *I. balsamina*, 10,62 g GAE/100 g *I. noli-tangere*, 17,93 g GAE/100 g *I. parviflora* un 12,24 g GAE/100 g *I. walleriana* sugas ekstraktā. Noteiktā puķu spriganes kopējā polifenolu koncentrācija virszemes daļām no Polijas ir 16,34 g GAE/100 g sausa parauga, kas sakrīt ar Latvijā ievākto lapu metanola ekstrakta vērtību, rezultātu pamatojot ar augu daļu ievākšanas laiku un augšanas apstākļu līdzību. Noteiktā kopēja flavanoīdu koncentrācija šajās virszemes daļās 5,34 g GAE/100 g, savukārt kopēja fenolskābju koncentrācija 3,10 g GAE/100 g sausa parauga, kas apliecina auga daļu sastāvā esošo ievērojamo fenolu un flavanoīdu daudzumu (Szewczyk et al. 2016).

Pētījumi Polijā puķu spriganes gaisa daļu fitoķīmiskajā izpētē ir ļāvuši izdalīt un identificēt vienpadsmit fenola savienojumus, kas visticamāk atšķirīgās koncentrācijās un sastāvā ir atrodami arī Latvijas dabā sastopamajos īpatņos. Starp fenolu savienojumiem kā dominējošais tika noteikts

hiperozīds, tāpat tika identificēti tādi savienojumi, kā izokvercitrīns, trifolīns un nikotiflorīns. Turklāt pētījumi uzrāda izdalīto savienojumu, īpaši p-hidroksibenzoskābes, eriodiktiola 7-O-b-D glikozīda, hiperozīda un izokvercitrīna, spēcīgu antiradikālo aktivitāti. Ņemot vērā pašreizējo, kā arī iepriekš publicēto pētījumu rezultātus, ir pamatoti secināt, ka puķu sprigane ir bagātīgs sekundāro metabolītu avots ar potenciāli pozitīvu antioksidatīvo ietekmi (Szewczyk et al. 2018). Tāpat atsaucoties uz Szewczyk et al. 2016. gadā veikto pētījumu, puķu spriganes augu daļās sastopamie polifenoli nodrošina šīs augu sugas izmantošanas iespējas pārtikas un farmācijas produktu rūpniecībā (Szewczyk et al. 2016).



EtOH – etanola ekstrakts; iPrOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

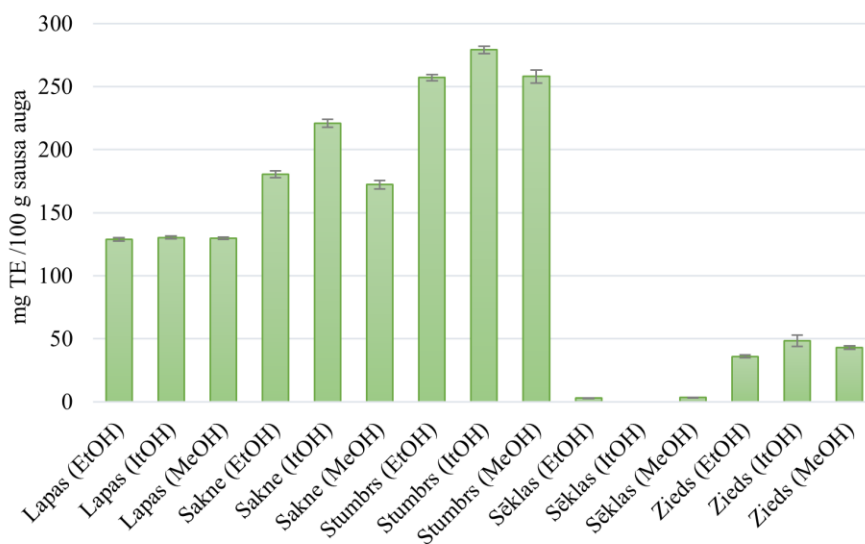
3.1. attēls. Kopējais polifenolu daudzums puķu spriganes auga daļās. Kļūdas intervāli parāda mērījumu standarnovirzi ( $n=5$ )

Antiradikālās aktivitātes novērtējumam darbā tika izmantota DPPH metode.

Iegūtie rezultāti daļēji apstiprina spēcīgo korelāciju starp kopējo polifenolu koncentrāciju un antiradikālo aktivitāti. Augstākā antiradikālā aktivitāte tiek iegūta stumbra ekstraktiem – 257,03 etanola ekstraktam, 279,12 izopropanola un 258,04 mg troloks ekvivalenti (TE)/100 g sausa parauga metanola ekstraktam (skat. 3.2. att.), lai gan polifenolu analīzē šī auga daļa uzrāda salīdzinoši nelielas koncentrācijas. Līdzīga situācija ir arī auga saknēm – veiktajos mērījumos antiradikālā aktivitāte ir daudz augstāka par sākotnēji prognozēto – 180,5 metanola, 220,74 izopropanola un 172,11 mg TE/100 g metanola ekstraktam. Laba korelācija vērojama sēklu ekstraktu gadījumā.

Novērtētā antiradikālā aktivitāte citām *Impatiens* ģints augu sugām Polijā ir salīdzinoši viduvēja un līdzīga Latvijā iegūtajiem rezultātiem. Interesanti, ka šī pētījuma laikā, novērtēta arī antibakteriāla iedarbība. *Impatiens glandulifera* un *Impatiens balsamina* piemīt visplašākais antibakteriālās darbības spektrs no visām šajā pētījumā apskatītajām sugām. Minimālās šo ekstraktu koncentrācijas, kas kavēja dažādu baktēriju references celmu augšanu, bija no 125 līdz 1000 µg/mL, kas atklāj jaunas perspektīvas turpmākiem pētījumiem arī Latvijā (Szewczyk et al. 2016).

Līdz ar to secināms, ka *Impatiens* ekstraktus var izmantot kā viegli pieejamu dabisko antioksidantu avotu, turklāt šādu sugu izmantošana ar divām antioksidantu un antibakteriālajām spējām ir interesants turpmāko pētījumu mērķis pārtikas piedevu izstrādei un farmācijas rūpniecībai.



EtOH – etanola ekstrakts; ItOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.2. attēls. Noteiktā antiradikālā aktivitāte puķu spriganes auga daļās. Kļūdas intervāli parāda mērījumu standarnovirzi ( $n=5$ )

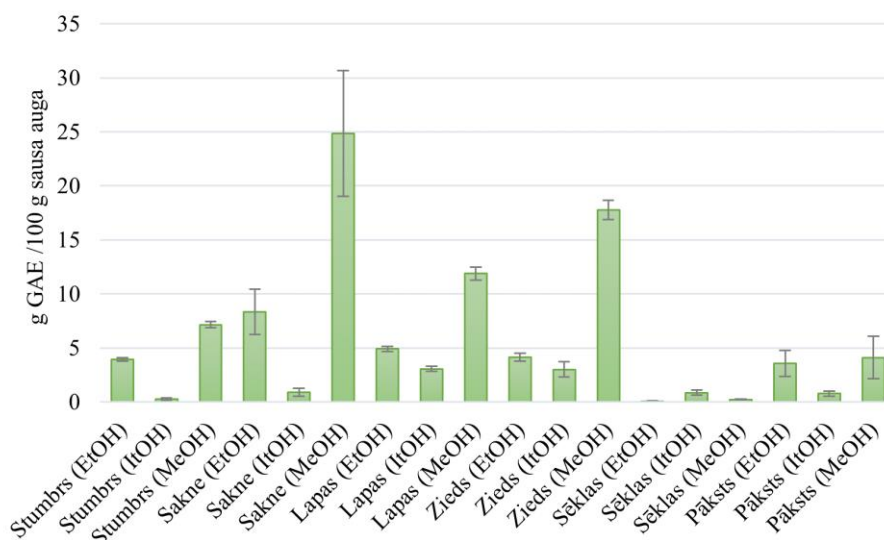
### 3.1.2. Daudzlapu lupīna (*Lupinus polyphyllus*)

Auga kopējās polifenolu koncentrācijas un arī antiradikālās aktivitātes novērtējumam tika izmantotas auga virszemes daļas – stumbrs, lapas, ziedi, sēklas, pāksts, kā arī auga saknes.

Daudzlapu lupīnas gadījumā augstākās polifenolu koncentrācijas tika identificētas auga saknēs 24,85 g GAE/100 g) un ziedos (17,77 g GAE/100 g). Daudzlapu lupīnas saknes

salīdzinājumā ar citu augu pētītajām daļām uzrāda visaugstāko kopējo polifenolu koncentrāciju. Bioinik et al. 2015. gada pētījumā daudzlapu lupīnas saknēs konstatēti septiņi fenola savienojumi: gallu skābe, (+)-katehīns, (-)-epigallokatehīns, ellagīnskābe, (-)-epikatehīns, (+)-katehīna gallāts un (-)-epikatehīna gallāts ar kopējo koncentrāciju 831,68 µg/mL jeb 1,97% no kopējā polifenolu sastāva, kas liecina par augstu polifenolu daudzveidību šajā augā (Boinik et al. 2015).

Tāpat kā puķu spriganes ekstraktos viszemākās koncentrācijas novērtētas auga sēklās – 0,05 etanola, 0,86 izopropanola un 0,23 g GAE/100 g metanola ekstraktā, līdzīgi zemas koncentrācijas novērojot arī auga pāksts ekstraktiem. Konstatētais kopējais polifenolu daudzums stumbra ekstraktos variē no 0,27 g GAE/100 g izopropanola līdz 7,15 g GAE/100 g metanola šķīdumā, savukārt lapu ekstrakti trīs dažādu ekstraktu paraugos uzrāda koncentrācijas robežās no 3,07 izopropanola ekstraktā līdz 11,89 g GAE/100 g metanola ekstraktā. Rezultāti apkopoti 3.3. attēlā.

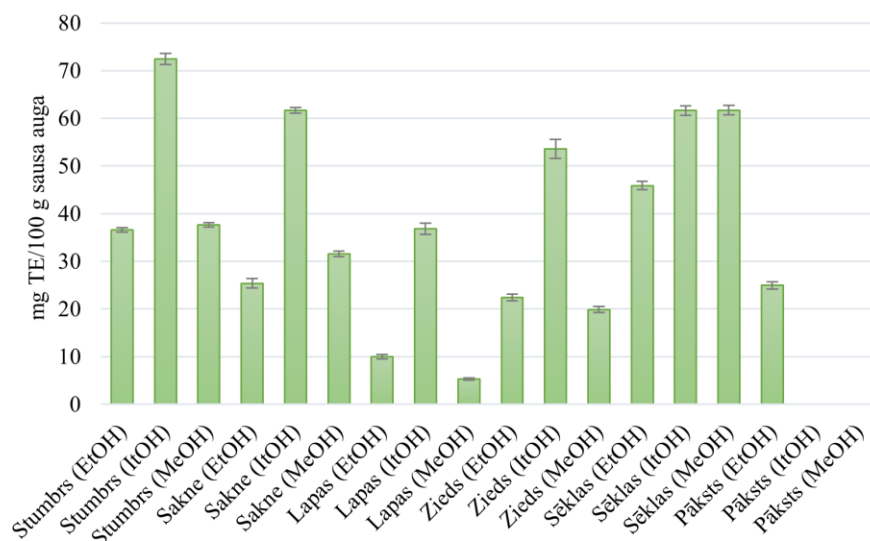


EtOH – etanola ekstrakts; ItOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.3. attēls. Kopējais polifenolu daudzums daudzlapu lupīnas auga daļās. Kļūdas intervāli parāda mērījumu standarnovirzi ( $n=5$ )

Antiradikālā aktivitāte visās auga daļās novērtējama kā augsta. Šķīdinātājs, kuru izmantojot tika iegūtas nozīmīgākās antiradikālās aktivitātes vērtības, bija izopropanols – gandrīz visās pētītajās auga daļās izopropanola ekstraktiem vērojamas visaugstākās vērtības. Visaugstākā antiradikālā aktivitāte tika atrasta lupīnas stumbrā (72,39 mg TE/100 g). Nozīmīgi augstas vērtības konstatētas arī izopropanola sakņu (61,63 mg TE/100 g), ziedu (53,56 mg TE/100 g) un izopropanola (61,63 mg TE/100 g) un metanola (61,72 mg TE/100 g) sēklu ekstraktiem (skat. 3.4.

att.). Sēklas satur arī lielu apjomu taukskābju, kas tās padara par vērtīgu nepiesātināto taukskābju avotu, turklāt attaukojot ekstraktus ir iespējams iegūt vēl augstākas antiradikālās aktivitātes vērtības. Šīs īpašības ir izmantojamas medikamentu ražošanā, lai aizstātu tādu ķīmisko vielu grupu kā dibutilhidroksitoluolus (BHT), kas pazīstami arī kā ķīmiskā fenola atvasinājumi ar antioksidantu īpašībām (Nengroo, Rauf 2020).



EtOH – etanola ekstrakts; ItOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.4. attēls. Noteiktā antiradikālā aktivitāte daudzlapu lupīnas auga daļās. Kļūdas intervāli parāda mērījumu standarnovirzi ( $n=5$ )

### 3.1.3. Adatainā dzelonurķis (*Echinocystis lobata*)

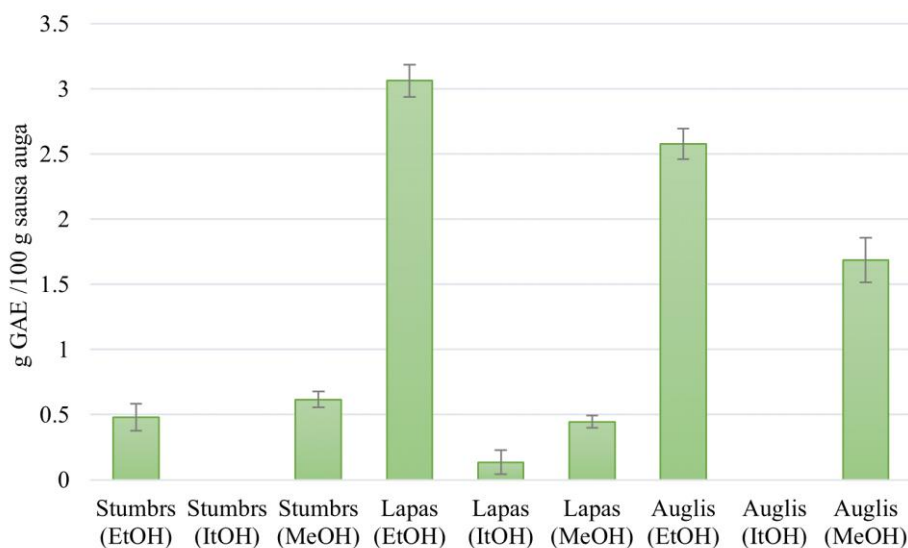
Adatainā dzelonurķa gadījumā kopējais polifenolu un atiradikālās aktivitātes novērtējums tika veikts tikai auga virszemes daļām – stumbram, lapām, auglim, izvēli pamatojot ar augu sakņu sistēmas vājo attīstību un faktu, ka auga sēklas satur ievērojamu daudzumu lipīdu, kas apgrūtinātu mērījumu veikšanu un iegūto rezultātu ticamību.

Visaugstākā kopējā polifenolu koncentrācija tika noteikta etanola lapu ekstraktam, sasniedzot vērtību 3,06 g GAE/100 g sausa parauga. Rumānijas pētnieki 2017. gadā ziņo par adatainā dzelonurķa etanola lapu ekstraktiem, iegūstot vērtības 1,89 un 3,21 g GAE/100 g. Iegūto rezultātu atšķirība skaidrojama ar ievākšanas perioda un vietas izmaiņām (Ielciu et al. 2017).

Izopropanola un metanola ekstraktos tika atrastas krietni zemāks kopējo polifenolu saturs: 0,13 g GAE/100 g izopropanola un 0,45 g GAE/100 g sausa parauga metanola ekstrakta gadījumā.

No pētītā auga materiāla augstu kopējo polifenolu koncentrāciju uzrāda arī augļa ekstrakti, iegūtā koncentrācija izmantojot etanolu – 2,58 g GAE/100 g, savukārt izmantojot metanolu – 1,69 g GAE/100 g sausa parauga. Maskavā ievāktajiem augļiem kopējās polifenolu koncentrācijas novērtējumā tiek iegūta vērtībā 15,33 g GAE/100 g, kas ir 6 reizes augstāka nekā Latvijā iegūtajām auga daļām (Vinogradova 2021). Arī šajā gadījumā atšķirības iegūtajos datos varētu būt saistītas ar ievākšanas laika un vietas parametru mainību, izmantotās metodes neprecizitāti vai matricas efektiem, kas iegūtos rezultātus ir būtiski paaugstinājis.

Interesanta sakarība vērojama izopropanola ekstraktiem, kur stumbra un augļa ekstraktu gadījumā netika atrasti polifenoli, kā arī lapu ekstraktam koncentrācija pielietojot šo šķīdinātāju ir salīdzinoši zema. To varētu skaidrot ar dzeloņgurķī atrodamo polifenolu īpašībām, šiem polifenoliem ir zema šķīdība izopropanolā, savukārt etanola ekstraktos kopējo polifenolu šķīdība ir augstāka, kas nozīme, ka dzeloņgurķī esošie polifenoli satur vairāk OH grupas un tiem ir augstāka polaritāte. Viszemākās vērtība novērojamas auga stumbrā, kur iegūtās koncentrācijas atrodas robežās no 0,5 līdz 0,6 g GAE/100 g (3.5. attēls).



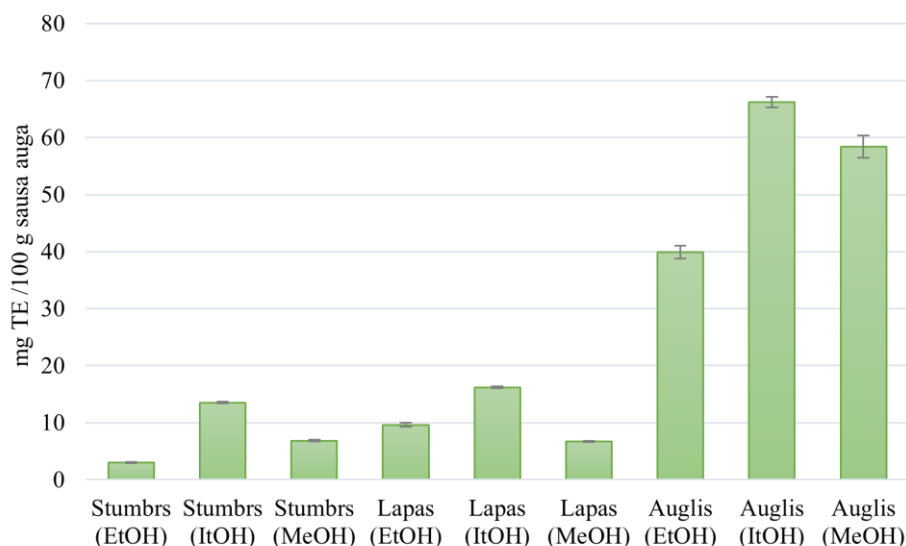
EtOH – etanola ekstrakts; ItOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.5. attēls. Kopējais polifenolu daudzums adatainā dzeloņgurķa auga daļās. Kļūdas intervāli parāda mērījumu standarnovirzi ( $n=5$ )

DPPH analītiskajā novērtēšanā brīvo radikāļu saistīšanas spēja visaugstāk novērtējama adatainā dzeloņgurķa augļu ekstraktiem (66,21 mg TE/100 g – izopropanola, 58,39 mg TE/100 g – metanola un 39,86 mg TE/100 g sausa parauga etanola ekstraktam).

2017. gada pētījuma dati Slovērijā liecina par augstu antiradikālās aktivitātes novērtējumu lapu ekstraktiem, iegūstot vērtības 60,93 (metanola ekstraktam) un 37,30 (etanola ekstraktam) (Ielciu et al. 2017). Iegūtās vērtības vairākkārtīgi atšķiras no mērījuma datiem Latvijā ievāktajam materiālam, iegūtie rezultāti: 16,19 (izopropanola ekstraktam), 9,60 (etanola ekstraktam) un 6,68 (metanola ekstraktam). Atšķirību cēlonis varētu būt īsāks attīstības periods Latvijā augušajiem dzeloņgurķiem – to augļi nogatavojas tikai septembra beigās, kas liecina par nepieciešamību siltākam augšanas klimatam. Polifenoli ir sekundārie metabolīti, kas nodrošina auga aizsardzību, iespējams, ka Latvijā esošajiem dzeloņgurķiem vēl nav izveidojušies dabiski ienaidnieki, līdz ar to var pieņemt, ka augam nav nepieciešams veidot šīs aizsargvielas. Vēl viens aspekts ir izmantotās ekstrakcijas metodes, būtiski augstāku ekstrakcijas iznākumu var iegūt mainot ekstrakcijas metodi vai arī izmantotā šķīdinātāja kompozīciju. Rodge un Biradar 2017. gada pētījumā citu *Cucurbitaceae* sugu etanola ekstraktos konstatēja antiradikālās aktivitātes sakarību lapu un augļu ekstraktiem – augļos antiradikālā aktivitāte izpaužas spēcīgāk nekā lapās (Rodge 2017). Šī sakarība novērojama arī konkrētā pētījuma datu korelācijā (skat. 3.6. att.).

Augā esošie polifenoli un to antiradikālā aktivitāte padara tos par vērtīgu pētījuma objektu fitoterapijas izmantošanā, izmantojot, piemēram, augļa ekstraktus kā pretiekaisuma komponentu avotu. Pētījumi apliecina, ka auglis satur daudz vairāk flavanoīdu nekā vairums citu augu, tādējādi paaugstinot tā vērtību kā bioekonomikā izmantojamam izejmateriālam (Vinogradova 2021).



EtOH – etanola ekstrakts; ItOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.6. attēls. Noteiktā antiradikālā aktivitāte adatainā dzelonģurķa auga daļās. Kļūdas intervāli parāda mērījumu standarnovirzi ( $n=5$ )

### 3.2. Alkaloīdu noteikšana daudzlapu lupīnas (*Lupinus polyphyllus*) auga daļu ekstraktos

Kvantitatīvais un kvalitatīvais daudzlapu lupīnas alkaloīdu profils tika noteikts izmantojot gāzu hromatogrāfijas – masspektrometrijas (GC-MS) analītisko metodi. Analīzes laikā tika novērtēti daudzlapu lupīnas stumbra, sakņu, lapu, ziedu, sēkļu un pāksts ekstrakti. Dati par atrasto alkaloīdu daudzveidību un to koncentrācijām apkopoti 3.1. tabulā.

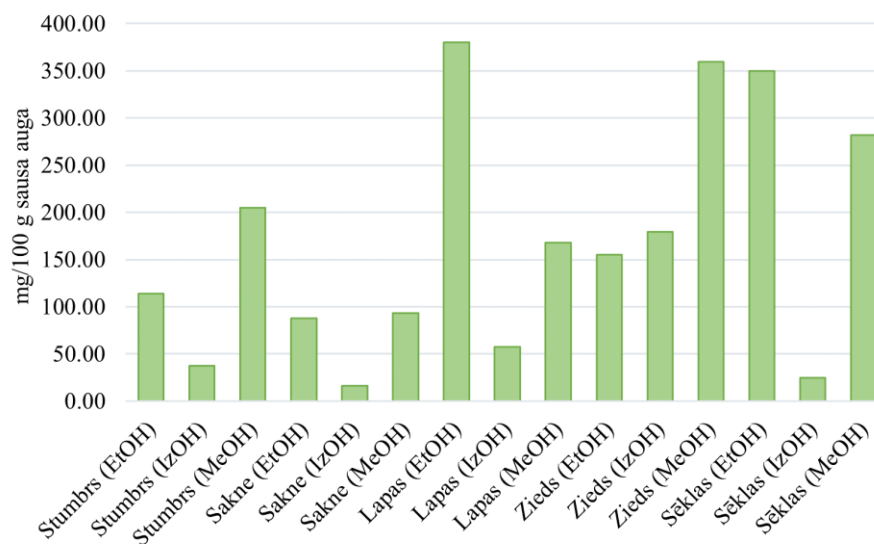
3.1. tabula

Alkaloīdu un to koncentrācijas novērtējums *Lupinus polyphyllus* auga daļās

Savienojumi	RT, min	Alkaloīdu koncentrācija, mg/100 g sausas parauga														
		Stumbrs (EtOH)	Stumbrs (IzOH)	Stumbrs (MeOH)	Sakne (EtOH)	Sakne (IzOH)	Sakne (MeOH)	Lapas (EtOH)	Lapas (IzOH)	Lapas (MeOH)	Zieds (EtOH)	Zieds (IzOH)	Zieds (MeOH)	Sēklas (EtOH)	Sēklas (IzOH)	Sēklas (MeOH)
Izoparteīns	26,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	138,8341	-	-	-	-	-
Tetrahidrorombifolīns	35,33	113,85	37,82	204,91	87,70	16,60	93,64	380,38	57,82	168,03	155,18	179,33	359,47	349,74	24,66	281,78
Nezināms-1	37,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128,87	18,01	74,26
d-Lupanīns	38,20	132,07	50,28	184,73	182,11	19,26	111,88	-	-	-	-	-	-	1338,50	36,43	975,78
alfa-Lupanīns	38,31	-	-	121,62	-	-	-	835,52	77,93	587,82	132,06	67,78	232,01	-	-	-
Nezināms-2	40,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115,93	-	62,53
3.beta.-Hidrolupanīns	41,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69,70	-	-	99,01	-	57,95
Hidrolupanīns	44,39	-	-	-	56,29	-	49,59	185,13	-	145,06	-	-	-	-	-	-
Nezināms-3	45,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1608,57	-	996,47
Lupanīns x	50,34	59,23	26,45	51,29	-	14,64	-	135,06	37,77	92,08	92,50	44,14	129,86	137,47	21,56	83,86
13-Tigloiloksilupanīns	50,71	68,70	29,79	57,27	33,67	15,01	39,01	273,93	47,07	213,98	96,59	43,96	130,58	152,80	19,76	88,98
Acetīns	53,69	-	-	-	-	-	-	227,71	-	156,51	-	-	-	-	-	-
Nezināms-4	56,96	-	-	-	-	-	-	-	-	52,36	-	-	-	-	-	-
Nezināms-5	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	125,99	-	-	-	-	-	-
Nezināms-6	62,41	-	-	-	-	-	-	-	-	85,59	-	-	-	-	-	-

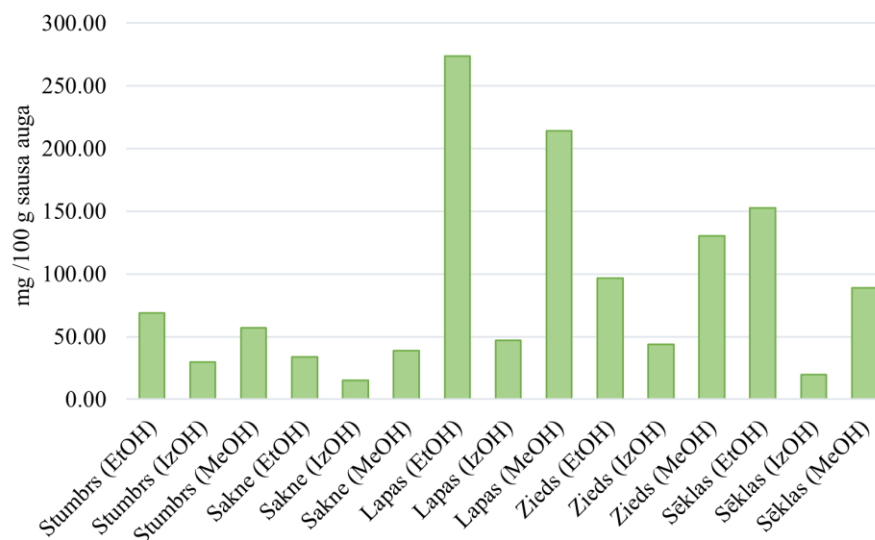
“-” – savienojuma koncentrācija zem detekcijas līmeņa (< LOD); RT – izdalīšanās laiks

No analizētajām auga daļām alkaloīdus neizdevās atrast auga pāksts ekstraktos. Kopā visās pārējās pētītajās auga daļās konstatēti 15 dažādi alkaloīdi, seši no tiem netika identificēti. Visās ievāktajās augu daļās tika konstatēts tetrahidrorombifolīns (skat. 3.7. att.) un 13-tigloiloksilupanīns (skat. 3.8. att.), to augstākās koncentrācijas tetrahidrorombifolīna gadījumā lapu etanola ekstraktā sasniedz 380,38 mg/100 g sausa parauga, bet ziedu metanola ekstraktā - 359,47 mg/100 g sausa parauga, savukārt 13-tigloiloksilupanīna gadījumā - 273,93 mg/100 g lapu etanola ekstraktā un 152,80 mg/100 g etanola sēklu ekstraktā. Pētījumi liecina, ka šie paši savienojumi atrasti arī trīs citos lupīnu sugas augos: *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* un *Lupinus angustifolius* (Romeo et al. 2018).



EtOH – etanola ekstrakts; ItOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.7. attēls. Tetrahidrorombifolīna koncentrācija daudzlapu lupīnas auga daļās (mg/100 g sausa parauga)



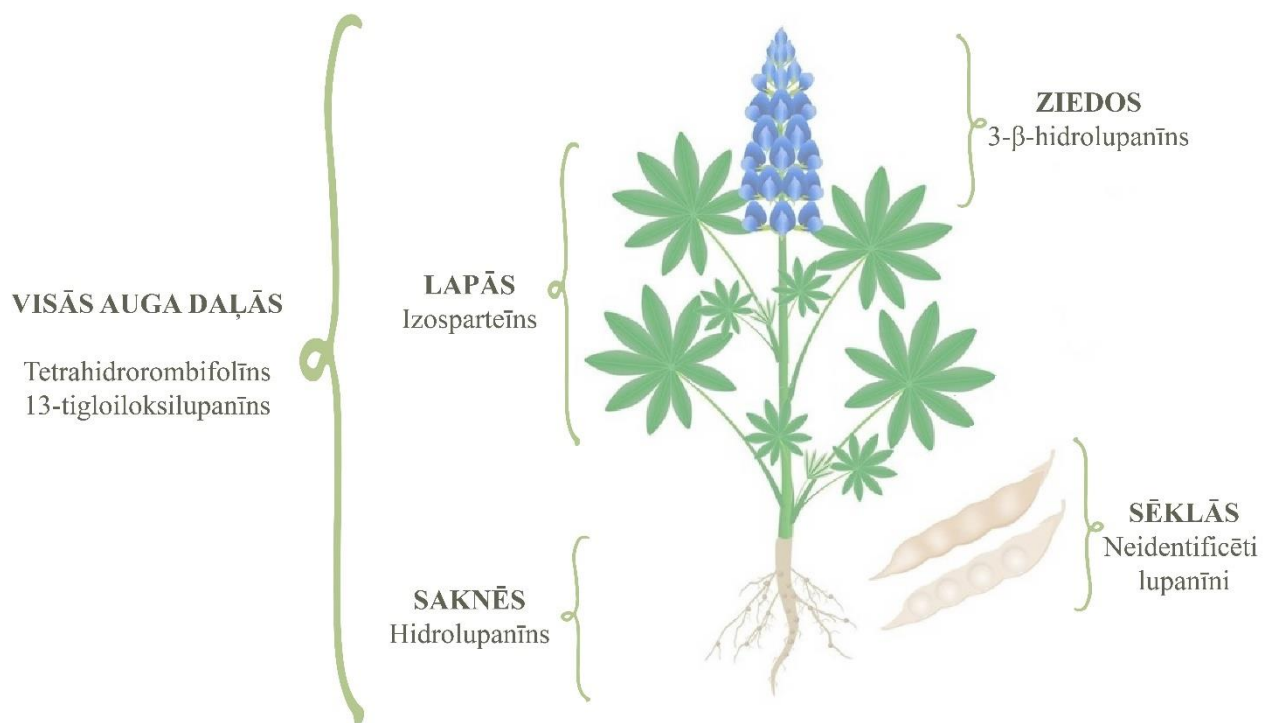
EtOH – etanola ekstrakts; IzOH – izopropanola ekstrakts; MeOH – metanola ekstrakts

3.8. attēls. 13-Tigloiloksilupanīna koncentrācija daudzlapu lupīnas auga daļās (mg/100 g sausa parauga)

Pētījumā auga gaisa daļu alkaloīdu profili (īpaši lapu un sēklu) uzrāda daudz lielāku daudzveidību nekā sakņu ekstrakti. Lupīnu dzimtas augi parasti satur lupīnu esteru (hinolizidīna) alkaloīdus. Lielākā daļa pētījumā atklāto alkaloīdu bija hidroksilupanīna esteri, kas sakrīt ar pētījuma datiem par Turcijā augošajām *Lupinus angustifolius* (Erdemoglu et al. 2006).

Visaugstākās alkaloīdu koncentrācijas un vislielākā alkaloīdu daudzveidība identificēta daudzlapu lupīnas lapās, kurās kopā konstatēti 10 dažādi alkaloīdi, no tiem visaugstākajās koncentrācijās tika atrasts  $\alpha$ -lupanīns (835,52 mg/100 g) un tetrahidrorombifolīns (380,37 mg/100 g). Tāpat atrasti tādi savienojumi, kā izosparteīns, hidrolupanīns, lupanīns x, 13-tigloiloksilupanīns, acetīns un trīs vēl neidentificēti savienojumi (nezināms-4; nezināms-5, nezināms-6) (skat. 3.1. tabulu). Visu savienojumu klātesamību lupīnu dzimtas augos apstiprina arī Romeo et al. 2018. gadā veiktie pētījumi Itālijā (Romeo et al. 2018), kurā arī tika atrasti vairāki neidentificējami lupanīnu savienojumi, kuru struktūras (vadoties pēc masas spektra) bija līdzīgas šajā pētījumā atrastajiem. Šīs atšķirības lupanīnu izomēros vistīcamāk nosaka savādāk OH vai citu funkcionālo grupu novietojums alkaloīda molekulā – lai identificētu un noteiktu šāda veida izomērus, būtu nepieciešams veikt kodolu magnētisko rezonansi (KMR) un cita veida spektrometriskās analīzes.

Alkaloīdu daudzveidība daudzlapu lupīnas augu daļās, tostarp arī pēc nosaukuma neidentificētie alkaloīdi, lupīnu padara par interesantu pētījumu objektu no farmaceitiskā viedokļa, kas ļautu lupīnas alkaloīdus izmantot kā pamatu organiskajā sintēzē, iegūstot savienojumus ar cita veida bioloģisko aktivitāti (skat. 3.9. att.) (Romeo et al. 2018).

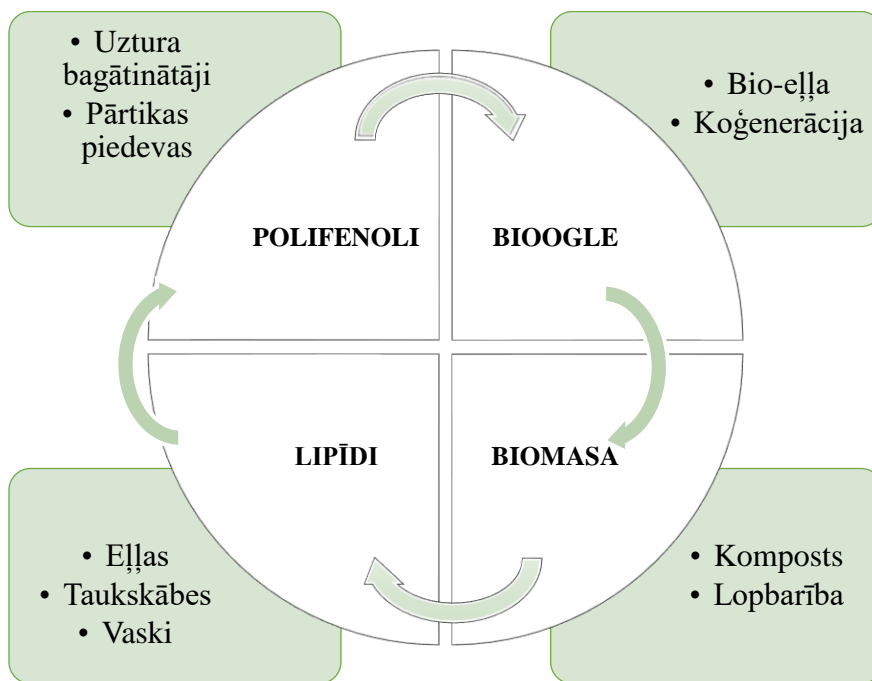


3.9. attēls. Daudzlapu lupīnas auga daļās konstatētie alkaloīdi

### 3.3. Invazīvo augu biomasas pielietojanas potenciāls

Invazīvās sugas un to ietekmes mazināšanas pasākumi var kļūt par ne vien vērtīgu ieguldījumu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā, bet arī sniegt būtisku ekonomisko un sabiedrisko labumu.

Lai kontrolētu invazīvo sugu populācijas, to veidoto biomasu ir iespējams izmantot vērtīgu savienojumu izdalīšanai, piemēram, lipīdu – dažādu eļļu, taukskābju, fitosterolu, vasku u.c. vielu grupu ieguvei, kas var kalpot par vērtīgu izejvielu cilvēka ikdienā nepieciešamu, t.sk. krāsu, kosmētikas, mazgāšanas līdzekļu, bioloģiski noārdāmu iepakojumu, farmaceitisko preparātu u.c. materiālu/preču ražošanai (Mumtaz et al. 2020). Bez lipīdu ieguves, invazīvie augi var kalpot par avotu polifenolu ekstrakcijai, nodrošinot ieguldījumu farmācijas un pārtikas ražošanas nozarēs. Polifenoliem ir augsta antiradikālā aktivitāte, kas nodrošina brīvo radikāļu saistīšanu cilvēka organismā, tādējādi pasargājot to no oksidatīva stresa un mazinot šūnu bojājumus, ko tie var ierosināt. Tāpat polifenoliem ir daudz citas, eksperimentāli pierādītas aktivitātes un fizioloģiskas funkcijas cilvēka ķermenī. Invazīvo augu spirta ekstrakti satur augstas polifenolu koncentrācijas un var veiksmīgi tikt izmantoti to ieguvē. Pirms šādu ekstraktu pielietojanas pārtikā vai uztura bagātinātājos, ir jāveic rūpīgas šo ekstraktu drošības pārbaudes, lai izvairītos no nevēlamiem blakusefektiem cilvēka veselībai (Fraga et al. 2019).



3.10. attēls. Invazīvo augu biomasas izmantošana bioekonomikas attīstībā

Inovātīva un procesa izmaksās rentabla pieeja, pēc vērtīgo savienojumu ieguves, ir invazīvās augu masas pārvēršana biooglē un bioenerģijā. Bioogles ražošana un uzglabāšana augsnē var strādāt arī kā vērtīgs ieguldījums CO<sub>2</sub> koncentrācijas samazināšanai atmosfērā, panākot oglekļa negativitāti – invazīvo augu biomasa tiek pārvērsta oglē, kas tiktu apglabāta augsnē uz vairākiem tūkstošiem gadu, palīdzot tur augošajiem organismiem ar barības vielu uzkrāšanu un kalpojot kā substrāts mikroorganismu kolonizācijai. Tāpat bioogli ir iespējams izmantot kā aktīvu sorbentu, kas spējīgs kontrolēt ūdens un gaisa piesārņojumu, transporta izplūdes gāzu radītās emisijas un citus ar vides piesārņojumu saistītus riskus (Reza et al. 2019). Ne mazāk nozīmīgi risinājumi cīņā ar invazīvajām augu sugām ir biomasas izmantošana komposta iegūšanai (var kalpot par vērtīgu materiālu augšņu ielabošanai). Veicot pareizu kompostēšanu, nodrošinot pilnu kompostēšanas ciklu aerobos apstākļos, būtu iespējams sasniegt pietiekami augstu kompostēšanas temperatūru (termofilā fāze), kuras laikā komposts tiktu sterilizēts, tādējādi iegūstot ausgtvērtīgu kompostu ar kuru netiktu veicināta invazīvo augu sugu izplatība. Tomēr drošai no lupīnām veidotā komposta izmantošanai būtu jāizvērtē tā kvalitāte, jo iespējams, ka lupīnās esošie alkaloīdi var kavēt kultūraugu sēklu dīģšanu. Atsevišķus invazīvos augus iespējams izmantot kā pārtikas avotu industriālajā lopkopībā (skat. 3.10. att.) (Ayilara et al. 2020; Feng et al. 2021; Hama, Strobel 2020).

Šie un citi izmantošanas risinājumi var kļūt par vērtīgu ieguldījumu bioekonomikas attīstībai Latvijā – stiprinot pamatotu un inovatīvu tautsaimniecību, radot produktus ar pievienoto vērtību un risinot bioloģiskās daudzveidības un globālo klimata pārmaiņu jautājumus. Tomēr svarīgi ņemt vērā, ka šajā gadījumā ekonomiskā labuma gūšana nav savienojama ar sugu populāciju apzinātu pavairošanu, radot jaunus vides riskus.

## SECINĀJUMI

1. Kopumā visas izvēlētās invazīvās augu sugas vērtējamas kā nopietns drauds dažādu Latvijas ekosistēmu pastāvēšanai.
2. Augstākas kopējo polifenolu koncentrācijas identificējamās metanola un izopropanola augu ekstraktiem, savukārt DPPH testos par vērtīgāko šķīdinātāju kopumā jāatzīst izopropanols.
3. Vērtīgākie polifenolu ieguves avoti pēc pētījuma datiem: daudzlapu lupīnas sakņu (24,85 g GAE/100 g sausa auga) un ziedu (17,77 g GAE./100 g sausa auga) ekstrakti.
4. Augstākā novērtētā antiradikālā aktivitāte ir puķu spriganes izopropanola stumbra ekstraktam: 279,12 mg TE/100 g sausa auga.
5. Visaugstākās alkaloīdu koncentrācijas un vislielākā alkaloīdu daudzveidība identificēta daudzlapu lupīnas lapās, kurās kopā konstatēti 10 dažādi alkaloīdi (starp tiem trīs neidentificēti savienojumi).
6. Latvijā sastopamajās daudzlapu lupinās galvenokārt atrodami hidroksilupanīna esteru alkaloīdi.
7. Iegūtās polifenolu, antiradikālās un alkaloīdu koncentrāciju vērtības var būtiski ietekmēt augšanas apstākļu, ievākšanas laika un auga fenoloģiskās fāzes īpatnības.
8. Darbā analizētajām invazīvo augu sugām ir potenciāls tikt izmantotām ne vien kā atkritumproduktiem vai kompostam, kas radies apkaršanas metodikas īstenošanas laikā, bet arī kā biomasai ar pievienoto vērtību bioekonomikas nozaru attīstībai.

## IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

### Publicētie materiāli

- Aherne, S. A., O'Brien, N. M. 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition*. 18(1), 75-81.
- Aniszewski, T. 1992. The alkaloid-rich and alkaloid-poor Washington lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) as a potential industrial crop. *Industrial Crops and Products*. 1(2-4), 147-155.
- Arnoldi, A., Boschin, G., Zanoni, C. 2015. The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins. *Journal of Functional Foods*. 18:550-563.
- Australia New Zealand food authority. 2001. A toxicological review and risk assessment. *Lupin Alkaloids in Food*.
- Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., Odeyemi, O. 2020. Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*. 12(11), 4456.
- Beerling, D. J. 1993. The impact of temperature on the northern distribution limits of the introduced species *Fallopia japonica* and *Impatiens glandulifera* in North-West Europe. *Journal of Biogeography*. 20(1), 45.
- Beuthin, M. 2012. Plant guide for bigleaf lupine (*Lupinus polyphyllus*).
- Boinik, V. V., Akritidu, K. P., Demeshko, O. V. 2015. Phenolic compounds from roots of *Lupinus polyphyllus*. *Chemistry of Natural Compounds*. 51(2), 352–352.
- Boschin, G., Annicchiarico, P., Resta, D., D'Agostina, A., Arnoldi, A. 2008. Quinolizidine alkaloids in seeds of lupin genotypes of different origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(10), 3657-3663.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science Technologies*. 28, 25–30.
- Brien, M., Wechsler, D., Bringezu, S., Schaldach, R. 2017. Toward a systemic monitoring of the European bioeconomy: Gaps, needs and the integration of sustainability indicators and targets for global land use. *Land Use Policy*. 66, 162-171.

- Castañeda-Loaiza, V., Placines, C., Rodrigues, M. J., Pereira, C., Zengin, G., Uysal, A. Jeko, J., Cziáky, Z., Reis, C. P. Gaspar, M. M., Custódio, L. 2020. If you cannot beat them, join them: Exploring the fruits of the invasive species *Carpobrotus edulis* (L.) N.E. Br as a source of bioactive products. *Industrial Crops and Products*. 144, 112005.
- Correia, R., Quintela, J. C., Duarte, M. P., Goncalves, M. 2020. Insights for the valorization of biomass from Portuguese invasive *Acacia spp.* in a biorefinery perspective. *Forests* (2020). 11(12).
- Čuda, J., Skálová, H., Pyšek, P. 2020. Spread of *Impatiens glandulifera* from riparian habitats to forests and its associated impacts: insights from a new invasion. *Weed Research*. 60(1), 8-15.
- Delgado-Rodriguez, F. V., Hidalgo, O., Loría-Gutiérrez, A. 2017. In vitro antioxidant and antimicrobial activities of ethanolic extracts from whole plants of three *Impatiens* species (*balsaminaceae*). *Ancient Science of Life*. 37(1), 16-23.
- Duthie, G., Gardner, P., Kyle, J. 2003. Plant polyphenols: are they the new magic bullet?. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62(3), 599-603.
- Erdemoglu, N., Ozkan, S., Tosun, F. 2006. Alkaloid profile and antimicrobial activity of *Lupinus angustifolius* L. alkaloid extract. *Phytochemistry Reviews*. 6(1), 197-201.
- Feng, Q., Wang, B., Chen, M., Wu, P., Lee, X., Xing, Y. 2021. Invasive plants as potential sustainable feedstocks for biochar production and multiple applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 164, 105204.
- Folin, O., Ciocalteu, V. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*. 73, 627–650.
- Fraga, C. G., Croft, K. D., Kennedy, D. O., Tomás-Barberán, F. A. 2019. The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & function*. 10(2), 514-528.
- Funayama, S., Cordell, G. A. 2015. Alkaloids: a treasury of poisons and medicines.
- Garcke, M. L., 2018. GC-MS screening of bioactive constituents and antioxidant profiling in an invasive weed, *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke. *Pharma Innovation*. 7, 738-746.

- Grašič, M., Piberčnik, M., Zelnik, I., Abram, D., Gaberščik, A. 2019. Invasive alien vines affect leaf traits of riparian woody vegetation. *Water*. 11(11), 2395.
- Gudžinskas, Z., Kazlauskas, M., Pilāte, D., Balalaikins, M., Pilāts, M., Šaulys, A., Šaulienė, I., Šukienė, L. 2014. *Lietuvas un Latvijas pierobežas invazīvie organismi*. Viļņa, BMK Leidykla.
- Heiss, C., Keen, C. L., Kelm, M. 2010. Flavanols and cardiovascular disease prevention. *European Heart Journal*. 31(21), 2583-2592.
- Hama, J. R., Strobel, B. W. 2020. Natural alkaloids from narrow-leaf and yellow lupins transfer to soil and soil solution in agricultural fields. *Environmental Sciences Europe*. 32(1), 1-12.
- Hejda, M., Pyšek, P. 2006. What is the impact of *Impatiens glandulifera* on species diversity of invaded riparian vegetation?. *Biological Conservation*. 132(2), 143-152.
- Helmisaari, H. 2010. NOBANIS – Invasive alien species fact sheet *Impatiens glandulifera*. *Nobanis*. 1-10.
- Hensgen, F., Wachendorf, M. 2016. The effect of the invasive plant species *Lupinus polyphyllus* Lindl. on energy recovery parameters of semi-natural grassland biomass. *Sustainability*. 8(10), 998.
- Hesse, M. 2002. *Alkaloids: nature's curse or blessing?* Zurich, John Wiley & Sons.
- Ielciu, I., Hanganu, D., Păltinean, R., Vlase, L., Frédérich, M., Gheldiu, A. M., Benedec, D., Crișan, G. 2018. Antioxidant capacity and polyphenolic content of the *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A.Gray flowers. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 31(2), 677-683.
- Ielciu, I., Vlase, L., Frédérich, M., Hanganu, D., Păltinean, R., Cieckiewicz, E., Olah, N. K., Gheldiu, A., M. Crișan, G. 2017. Polyphenolic profile and biological activities of the leaves and aerial parts of *Echinocystis Lobata* (Michx.) Torr. Et A. Gray (*Cucurbitaceae*). *Farmacia*. 65(2), 179-183.
- Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi. Nr. 467. 30.06.2008.
- Jakobsson, A., Padrón, B. 2014. Does the invasive *Lupinus polyphyllus* increase pollinator visitation to a native herb through effects on pollinator population sizes?. *Oecologia*.

174(1), 217-226.

- Keller, R. P., Lodge, D. M., Lewis, M. A., Shogren, J. F. (red.). 2009. Introduction to biological invasions: biological, economic, and social perspectives. *Bioeconomics of Invasive Species: Integrating Ecology, Economics, Policy, and Management*. New York, Oxford University Press, 25-43(1).
- Khoddami, A., Khoddami, A., Wilkes, M. A., Roberts, T.H. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*. 18(2), 2328-2375.
- Kurek, J. (éd.). 2019. *Alkaloids: Their Importance in Nature and Human Life*. London, IntechOpen.
- Marić, B. 2010. Wild cucumber or mock apple - *Echinocystis lobata* (Mich) Forrey et A. Gray. *Naše Šume*. 9(20/21), 37-39.
- 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 and Biorefining*. 9(3), 273–282.
- Mumtaz, F., Zubair, M., Khan, F., Niaz, K. 2020. Analysis of plants lipids. *In Recent Advances in Natural Products Analysis*. 22, 677-705.
- Nn, A. 2015. A Review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*. 04(03), 3-8.
- Nengroo, Z. R., Rauf, A. 2020. Fatty acid composition, functional group analysis and antioxidant activity of *Nymphia alba* and *Lupinus polyphyllus* seed extracts. *Jurnal of Oleo Science*. 69(4), 317-326.
- Orzelska-Górka, J., Szewczyk, K., Gawrońska-Grzywacz, M., Kędzierska, E., Głowacka, E., Herbet, M., Dudka, J., Biała, G. 2019. Monoaminergic system is implicated in the antidepressant-like effect of hyperoside and protocatechuic acid isolated from *Impatiens glandulifera* Royle in mice. *Neurochemistry International*. 128 (February), 206-214.
- Pacanoski, Z., Saliji, A. 2014. The invasive *Impatiens glandulifera* Royle (Himalayan balsam) in the Republic of Macedonia: First record and forecast. *EPPO Bulletin*. 44(1), 87-93.

- Par invazīvu svešzemju sugu introdukcijas un izplatīšanās profilaksi un pārvaldību. Eiropas Parlamenta un Padomes regula (ES) Nr. 1143/2014. 22.10.2014. Eiropas Parlaments un Eiropas savienības Padome.
- De Pascual-Teresa, S., Moreno, S. A., García-Viguera, C. 2010. Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: A Review of current evidence. *International Journal of Molecular Sciences*. 11(4), 1679-1703.
- Patel, J. M. 2010. A Review of potential health benefits of flavonoids. *Lethbridge Undergraduate Research Journal*. 32-6.
- Pogačnik, L. 2020. Bioactive substances from invasive knotweed species. *Journal of EcoAgriTourism*. 1.
- Priede, A. 2008. *Invazīvo svešzemju sugu izplatība Latvijā*. Rīga, Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts.
- Powell, K. I., Chase, J. M., Knight, T. M., Johnsen, S. I., Taugbøl, T. 2010. NOBANIS - Invasive alien species fact sheet. *American Journal of Botany*. 98(3), 1-11.
- Rauf, A., Nengroo Z. 2020. Fatty acid composition, functional group analysis and antioxidant activity of *Nymphia alba* and *Lupinus polyphyllus* seed extracts. *Journal of Oleo Science*. 69.
- Reza, M. S., Ahmed, A., Caesarendra, W., Abu Bakar, M. S., Shams, S., Saidur, R., Azad, A. K. 2019. *Acacia holosericea*: an invasive species for bio-char, bio-oil, and biogas production. *Bioengineering*. 6(2), 33.
- Rodge, S., Biradar, S. D. 2017. Antioxidant activity of some medicinal plants of family *Cucurbitaceae*. *Worlds Journal of Pharmaceutical Research*. 6, 946-951.
- Romeo, F. V., Fabroni, S., Ballistreri, G., Muccilli, S., Spina, A., Rapisarda, P. 2018. Characterization and antimicrobial activity of alkaloid extracts from seeds of different genotypes of *Lupinus spp.* *Sustainability*. 10(3), 788.
- Routray W., Orast V. 2013. Preparative extraction and separation of phenolic compounds. *Molecules*. 18(2), 2328–2375.

- Scarlat, N., Dallemand, F. J., Ferrario, F., Nita, V. 2015. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*. 15, 3-34.
- Sharma, P., Samant, S. S. 2014. Diversity, distribution and indigenous uses of medicinal plants in Parbati Valley of Kullu district in Himachal Pradesh, Northwestern Himalaya. *Asian Journal of Advanced Basic Sciences*. 2(1), 77-98.
- Silveira, S., Khatiwada, D., Leduc, S., Kraxner, F., Venkata, B., Tilvikine, V., Gaubyste, V., Romagnoli, F., Tauraite, E., Kundas, S., Blumberga, D., Peterson, K., Utsar, K., Vīgants, E., Kaļičenko, A. 2017. Opportunities for bioenergy in the Baltic Sea Region. *Energy Procedia*. 128, 157- 164.
- Sims, C., Finnoff, D., Shogren, J. F. 2016. Bioeconomics of invasive species: using real options theory to integrate ecology, economics, and risk management. *Food Security*. 8(1), 61–70
- Szewczyk, K., Zidorn, C., Biernasiuk, A., Komsta, Ł., Granica, S. 2016. Polyphenols from *Impatiens (Balsaminaceae)* and their antioxidant and antimicrobial activities. *Industrial Crops and Products*. 86262-272.
- Szewczyk, K., Cicek, S., Zidorn, C., Granica, S. 2018. Phenolic constituents of the aerial parts of *Impatiens glandulifera* Royle (*Balsaminaceae*) and their antioxidant activities. *Natural Product Research*. 1–5.
- Uzor, P.F. 2020. Alkaloids from plants with antimalarial activity: A Review of recent studies. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2020.
- Valtonen, A., Jantunen, J., Saarinen, K. 2006. Flora and lepidoptera fauna adversely affected by invasive *Lupinus polyphyllus* along road verges. *Biological Conservation*. 133(3), 389-396.
- Vinogradova, Y., Shelepova, O., Vergun, O., Grygorieva, O., Brindza, J. 2021. Phenolic content and antioxidant activity of *Echinocystis lobata* (Michx.) Torp. Et. A. Gray (*Cucurbitaceae*). *Slovak Journal of Food Sciences*. 15, 784-791.
- Waller, G.R., Nowacki, E.K. 1978. The role of alkaloids in plants. *Alkaloid Biology and Metabolism in Plants*. Boston, MA, Springer, US. 143-181.

Wink, M., Meißner, C., Witte, L. 1995. Patterns of quinolizidine alkaloids in 56 species of the genus *Lupinus*. *Phytochemistry*. 38,139–153.

### Interneta avoti

*Adataināis dzeloņgurķis (Echinocystis lobata (Michx.) Torr. et A.Gray)*. 2021. Latvijas dabas sugu enciklopēdija. Sk. 20.03.2022. Pieejams <https://www.latvijasdaba.lv/augi/echinocystis-lobata-michx-torr-et-agray/>

*Daudzlapu lupīna (Lupinus polyphyllus Lindl.)*. 2021. Latvijas dabas sugu enciklopēdija. Sk. 10.03.2022. Pieejams <https://www.latvijasdaba.lv/augi/lupinus-polyphyllus-lindl/>

Eiropas Komisija. 2012. *Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai. Inovācijas ilgtspējīgai izaugsmei: Eiropas bioekonomika*. Sk. 20.04.2022. Pieejams <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52012DC0060&from=en>

Gulbis, A. 2007. *Milzu sprigane (Impatiens glandulifera)*. Redzet.eu. Sk. 10.03.2022. Pieejams [https://www.redzet.eu/photo/milzuspriganeA006608/view/Milzu\\_sprigane\\_\(Impatiens\\_glandulifera\)](https://www.redzet.eu/photo/milzuspriganeA006608/view/Milzu_sprigane_(Impatiens_glandulifera))

Gulbis, A. 2012. *Daudzlapu lupīna (Lupinus polyphyllus)*. Redzet.eu. Sk. 10.03.2022. Pieejams [https://www.redzet.eu/photo/lupinaA43512/view/Daudzlapu\\_lup%C4%ABna\\_\(Lupinus\\_polyphyllus\)](https://www.redzet.eu/photo/lupinaA43512/view/Daudzlapu_lup%C4%ABna_(Lupinus_polyphyllus))

Gundžinskas, Z., Kazlauskas, M., Pilāte, D., Balalaikins, M., Pilāts, M., Šaulys, A., Šauliene, I., Šukiene, L. 2014. *Lietuvas un Latvijas pierobežas invazīvie organismi*. Sk. 10.03.2022. Pieejams [https://du.lv/wpcontent/uploads/2015/12/Lietuvas\\_un\\_Latvijas\\_pierobežas\\_regiona\\_invasivie\\_\\_organismi.pdf](https://du.lv/wpcontent/uploads/2015/12/Lietuvas_un_Latvijas_pierobežas_regiona_invazivie__organismi.pdf)

*Invazīvās sugas*. 2020. Dabas aizsardzības pārvalde. Sk. 10.03.2022. Pieejams <https://www.daba.gov.lv/lv/invazivas-sugas>

Invazīvo sugu pārvaldnieks. 2021. *Invazīvo augu sugu novērtējumi kartē*. Sk. 30.04.2021. Pieejams <https://ozols.gov.lv/kartes/apps/sites/#/invazivo-sugu-parvaldnieks/pages/inv-augu-sugu-noverojumi>

- Melluma, A. 2018. *Adataināis dzeloņgurķis (Echinocystis lobata)*. Redzet.eu. Sk. 20.03.2022. Pieejams <https://www.redzet.eu/photo/adataināis-dzelongurkis-A-061-18-AM>
- Puķu sprigane (Impatiens glandulifera Royle)*. 2021. Latvijas daba sugu enciklopēdija. Sk. 10.03.2022. Pieejams <https://www.latvijasdaba.lv/augi/impatiens-glandulifera-royle/>
- Romanceviča, N. S.a. *Echinocystis lobata – Adataināis dzeloņgurķis*. Dabas aizsardzības pārvalde. Sk. 20.03.2022. Pieejams <https://www.daba.gov.lv/lv/invazivas-sugas>
- Romanceviča, N. S.a. *Impatiens glandulifera Royle – Puķu sprigane*. Dabas aizsardzības pārvalde. Sk. 20.03.2022. Pieejams: <https://www.daba.gov.lv/lv/invazivas-sugas>
- Romanceviča, N. S.a. *Lupinus Polypyllus – Daudzlapu lupīna*. Dabas aizsardzības pārvalde. Sk. 10.03.2022. Pieejams <https://www.daba.gov.lv/lv/invazivas-sugas>
- Teiču rezervātā, Krustkalnos un Rāzņas Nacionālajā parkā cīnās ar svešzemju sugu izplatību*. 2019. Dabas aizsardzības pārvalde. Sk. 10.03.2022. Pieejams <https://www.daba.gov.lv/lv/jaunums/teicu-rezervata-krustkalnos-un-raznas-nacionalaja-parka-cinas-ar-sveszemju-sugu-izplatibu>
- Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. 2020. *Invazīvās sugas*. Sk. 13.03.2022. Pieejams <https://www.varam.gov.lv/lv/invazivas-sugas>
- Zemkopības ministrija. 2016. *Latvijas bioekonomikas stratēģija 2030. Informatīvais ziņojums*. Sk. 20.04.2022. Pieejams [https://www.llu.lv/sites/default/files/2018-07/Bioeconomy\\_Strategy\\_Latvia\\_LV.pdf](https://www.llu.lv/sites/default/files/2018-07/Bioeconomy_Strategy_Latvia_LV.pdf)
- World Population Prospects*. 2019. United Nations, New York Sk. 20.04.2022. Pieejams: [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)