



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

LATVIJAS UNIVERSITĀTES
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTES
VIDES ZINĀTNES NODAĻAS

**EGLES (*PICEA ABIES* L.) IETEKME UZ MĀLSMILTS AUGSNES
ĪPAŠĪBU IZMAIŅĀM BIJUŠAJĀ LAUKSAIMNIECĪBĀ
IZMANTOJAMĀ ZEMĒ TAURENES APKĀRTNĒ**

BAKALAURA DARBS

Autore: Aleksandra Ševčuka

Stud.apl.nr. as13185

Darba vadītājs:

Raimonds Kasparinskis, Dr. geogr.

RĪGA 2016

SATURS

ANOTĀCIJA	3
ANNOTATION	4
APZĪMĒJUMU SARAKSTS.....	5
1. DABAS FAKTORU IETEKME UZ APMEŽOŠANAS PROCESA Telpisko attīstību neapsaimniekotajās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs pasaulē un Latvijā	9
1.1 Ainavu ekoloģiskā sukcesija	9
1.1.1. Sugu tolerances apstākļi un konkurētspēja.....	9
1.1.2. Dabas apstākļu ietekme uz sēklu izplatību un iesēšanu	10
1.2. Reljefs un mitruma apstākļi.....	11
1.3.1. Granulometriskais sastāvs un augsnes minerālu daļiņu agregāti	12
1.3.2. Augšņu auglība un fizikāli ķīmiskās īpašības	12
1.4. Antropogēnā darbība	14
1.5. Egles (<i>Picea abies</i> L.) ietekme uz augsnes īpašībām	15
1.5.1. Egles sakņu sistēma un to ietekme uz augsnes īpašībām.	16
2. PĒTĪJUMU MATERIĀLI UN METODES	18
2.1. Izmantotie dati.....	18
2.2. Pētījuma metodes	18
2.2.1. Augšņu paraugu ievākšana un to fizikālās un ķīmiskās analīzes	18
2.2.2. Datu statistiskā apstrāde	20
3. REZULTĀTI.....	22
3.1. Pētāmās teritorijas apraksts	22
3.2. Egles ietekme uz mālsmits augsnes ķīmiskajām īpašībām	24
3.3. Diskusija.....	53
SECINĀJUMI	56
PATEICĪBAS.....	58
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	59
PIELIKUMS	62

ANOTĀCIJA

Latvijā, kā arī citās Eiropas valstīs pēc 1990. gada strauji palielinājās pamesto lauksaimniecībā izmantojamo zemju(LIZ) platības. Zemju neapsaimniekošanas dēļ uz bijušajām LIZ attīstījās sekundārā sukcesija un apmežošanas process. Apmežošanas izraisa veģetācijas, mikroklimate un augsnes īpašību izmaiņas uz bijušajām LIZ zemēm.

Pētījuma mērķis ir noskaidrot egles (*Picea abies* L.) ietekmi uz augsnes īpašībām (ķīmiskajām, morfoloģiskajām, fizikālajām) Tauresnes apkārtnē, Vidzemē.

Bakalaura darbā tika apkopotas dabiskās un antropogēnās ietekmes uz bijušo LIZ apmežošanas procesu.

Pētījuma rezultāti rāda, ka parastā egle ietekmē apmaiņas katjonu koncentrāciju augsnē un to telpisko izplatību mālsmilts augsnē, augsnes reakciju (pH), paskābinot augsnes reakciju pie egles stumbra dziļumā 10-20 cm, kā arī egles saknes samazina tilpummasas blīvumu.

Atslēgvārdi: apmežošanas, parastā egle (*Picea abies* L.), mālsmilts augsne, augsnes īpašības, galveno komponentu analīze

ANNOTATION

In Latvia, as well as in another European countries, abundance of agricultural lands took place. Because of the lack of proper land management, secondary succession and afforestation processes have been developed. Afforestation causes changes in vegetation, microclimate and soil properties.

This study aim is to understand spruce (*Picea abies* L.) influence on soil chemical, physical and morphological properties in surroundings of Taurene, Vidzeme.

In this study are summarized natural and antropogenic influences on the afforestation process on an abandoned agricultural land.

This study results show that spruce effects exchangeable cation concentration and spatial distribution in loamy soil, also it has an effect on soil reaction (pH), which is lower near the trunk at the depth 10-20 cm, and spruce roots distribution affects soil bulk density.

Key words: afforestation, norway spruce (*Picea abies* L.), loamy soil, soil properties, principal component analysis.

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

LIZ – lauksaimniecība izmantojamās zemes

LU ĢZZF – Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes Zinātņu Fakultāte

ESF – Eiropas Sociālais Fonds

TOC – total organic carbon jeb kopējais organiskais ogleklis

WRB – world reference base

KAK – katjonu apmaiņas kapacitāte

IEVADS

Līdz šim laikam, pasaulē apmēram 2.2 milj km⁻² aramzemes tika pamestas (Kalinina et al, 2013), sekas šai parādībai bija aramzemju apmežošana. Latvija arī nav izņēmums. Pamestās aramzemes un apmežošana ir aprakstošās Latvijas zemju īpašības, it īpaši pēc 1990. gada. Apmežošanas process ietekmē ainavu struktūru un ekoloģiju, kā arī sekmē augsnes pārveidošanos (Ruskule et al, 2012; Kalinina et al, 2013).

LIZ augšņu iepriekšējie pētījumi rāda, ka šādas augsnes, kā arī veģetācija attīstās tās dabiskās struktūras virzienā. Attīstības dinamika ir atkarīga no daudziem faktoriem, kā, piemēram, no klimatiskās zonas, augsnes ģenēzes, iepriekšējā zemes lietojuma un savvaļas augu sēkļu sastopamība. Augsnes morfoloģiskās pārmaiņas ir saistītas ar fizikāli-ķīmiskajām izmaiņām apmežošanas procesa laikā (Kalinina et al, 2013).

Dažādas koku sugas var ietekmēt augsni ar speciālo mehānismu palīdzību. Atšķirības starp nobiru kvalitāti un barības vielu sastopamību, kā arī starp barības vielu uzņemšanas spējām un vainagu parametriem var izraisīt atšķirības starp augsnes virsējiem slāņiem zem dažādām koku sugām (Hagen-Thorn, et al, 2004).

Apmežošanas ar skuju kokiem izraisa nozīmīgas izmaiņas augšņu morfoloģijā lielā nobiru daudzuma dēļ. Izmaiņas pH vērtībās, apmaiņas katjonu daudzumā, ūdens režīmā, organiskā oglekļa un slāpekļa daudzuma u.c. ir novērojamas augsnē zem skuju koku sugām (Shugalei, 2005).

Viena no sugām, kura pēdējā laikā ir visvairāk sastopama bijušajās LIZ Latvijā, Vidzemes augstienē ir *Picea abies* L. (Kasparinskis et al, 2011). Tāpēc ir svarīgi noteikt tās ietekmi uz bijušajām LIZ augsnēm, lai pēc tam izmantotu iegūtās zināšanas zemes ilgtspējīgā apsaimniekošanā.

Šī pētījuma mērķis ir noskaidrot egles (*Picea abies* L.) ietekmi uz mālainās augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību izmaiņām bijušajās LIZ.

Darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojošie uzdevumi:

1. Apkopot informāciju par veiktajiem pētījumiem Latvijā un pasaulē, saistībā ar egļu augšanas ietekmējošiem faktoriem, kā arī ietekmi uz augsnes īpašībām bijušajās LIZ.
2. Lauka darbu apstākļos ierīkot etalonteritorijas, izmantojot ortofotokartes (kartes.geo.lu) un veikt:
 - koku vecuma noteikšanu;

- augsnes aprakstīšanu pēc Latvijas augšņu klasifikācijas un pēc WRB klasifikācijas, izpēti, paraugu ievākšanu, izmantojot transektu metodi virzienā no koka stumbra uz perifēriju (Z-D, R-A virzienos);
 - iegūto augsnes paraugu sagatavošanu, fizikālo un ķīmisko analīžu veikšanu LU ĢZZF augšņu laboratorijā.
3. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, veikt datu apstrādi, analīzi un interpretāciju.
 4. Noskaidrot, kāda ir egles (t.sk. dažādu egles zonu, piemēram, stumbra un vainaga) ietekme uz augsnes īpašību (morfoloģisko, fizikālo un ķīmisko) izmaiņām bijušajās LIZ.

2015.gadā Līva Liepiņa izstrādāja maģistra darbu par tēmu “Egļu *Picea abies* ietekme uz augsnes īpašību izmaiņām bijušajās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs Taurenes apkārtnē”, kurā tika izmantoti autores iegūtie dati.

Šajā bakalaura darbā tika paplašināts Līvas Liepiņas pētījums, palielinot datu apjomu un augsnes paraugu atkārtojumu skaitu, divos dziļumos : 0 – 10 cm un 10 – 20 cm, lai kopumā iegūtu precīzākus rezultātus un labāku priekšstatu par notiekošiem procesiem saistībā ar apmežošanās ietekmi uz augsnes īpašībām.

Darba autore ir līdzautore 2015. gada LU 73. konferences „Zemes un Vides zinātnes” sekcijas, „Zemes un augsnes ilgtspējīga izmantošana” ziņojumos:

- Afanasjeva, K., Brūmelis, G., Dirnēna, B., Jankovska, I., Kasparinskis, R., Liepiņa, L., Liepiņš, I., Nikodemus, O., Rotkovska, I., Rozenberga, A. M., Ruskule, A., Ševčuka, Tabors, G. 2015. *Augsnes kā edifikatora ietekme uz augsnes īpašībām bijušajās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs. Latvijas Universitātes 73. Zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga, LU, 442-443;*
- Liepiņa, L., Afanasjeva, K., Dirnēna, B., Kasparinskis, R., Liepiņa, L., Liepiņš, I., Nikodemus, O., Rotkovska, I., Rozenberga, A. M., Ruskule, Ševčuka, A., Tabors, G. 2015. *Mikorizu simbiozes aktivitāte ar egli (*Picea abies*) aizaugošās lauksaimniecības zemēs. Latvijas Universitātes 73. Zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga, LU, 457-458.*

Bakalaura darba autore ir zinātniskās publikācijas līdzautore:

- Muter, O., Kasparinskis, R., Grantina-Ievina, L., Sevcuka, A., Afanašjeva, K., Nikodemus, O. 2015. Characterization of the changes in physicochemical and microbiological properties of sandy soil under single *Picea abies* L. trees on former agricultural lands. In: Soil ecosystem health and management of contaminated sites, Ed. by J.Truu and U.Kalnenieks, *Proceedings of Congress of Baltic Microbiologists 2014*, ISBN 978-9949-32-931-1 (pdf), University of Tartu Press, pp. 22 – 45.

Autore piedalījās lauka darbos Taurenes apkārtnē, veicot 904 augsnes, egles un graudzāļu paraugu ievākšanu un iesvēršanu, kā arī piedalījās augšņu profilu aprakstīšanā pēc Latvijas augšņu klasifikācijas un FAO WRB klasifikācijas. Autore noteica fizikāli ķīmiskās īpašības LU ĢZZF augšņu laboratorijā, veicot apmaiņas katjonu un C, N satura noteikšanu augsnes paraugos. Autore ir apkopojusi informāciju par pētījumiem Latvijā un pasaulē saistībā ar egles (*Picea abies* L.) ietekmi uz augsnes īpašībām, egles augšanas ietekmējošiem faktoriem. Autore apkopoja iegūtos datus, izveidoja tabulas, grafikus un ,izmantojot datu analīzes programmas SPSS statistics 22 un PCORD 5, noteica korelācijas starp augsnes fizikāli ķīmiskajiem parametriem.

Pētījums veikts Eiropas Savienības struktūrfondu projekta „Starpnozaru jauno zinātnieku grupa Latvijas augšņu kvalitātes, izmantošanas potenciāla novērtēšanai un atjaunošanai” (Nr. 2013/0020/1DP/1.1.1.2.0./13/APIA/VIAA/066) ietvaros.

1. DABAS FAKTORU IETEKME UZ APMEŽOŠANAS PROCESA TELPISKO ATTĪSTĪBU NEAPSAIMNIEKOTAJĀS LAUKSAIMNIECĪBĀ IZMANTOJAMĀS ZEMĒS PASAULĒ UN LATVIJĀ

1.1 Ainavu ekoloģiskā sukcesija

1.1.1. Sugu tolerances apstākļi un konkurētspēja

Pēc 1990. gada Latvijas teritorijā ievērojami samazinājās LIZ platības, kas ir saistīts ar ekonomisko krīzi, kura bija skārusi visas bijušās padomju valstis (Kalinina et al, 2013). Kad tika pamestas LIZ, veģetācija sāka lēnām atgriezties savā sākotnējā stāvoklī. Pirmkārt atjaunojās nezāles, kuru sēklas kādreiz tika apraktas, pēc pāris gadiem parādās pļavu augāja sugas, vēl pēc kāda laika pļava aizaug ar krūmāju, un apmēram pēc 20-40 gadiem izveidojas mežs. Šo procesu sauc par ekoloģisko sekundāro sukcesiju, jo tā sākas uz izveidotajām augsnēm, kur tika izmainīta dabiskā veģetācija (Melecis, 2011).

Pamestajās lauksaimniecības zemēs sukcesijas process sākās ar dabisko veģetācijas attīstību pēc tradicionālās zemju izmantošanas (aramzemes, ganības) (1.1. attēls). Dabiskā sukcesija ir lēns un sarežģīts process, kas ir atkarīgs no tādiem ārējiem faktoriem kā: augsnes stāvoklis, zemes izmantošanas veids, sēkļu banka, sukcesijas fāze, sugu konkurence u.c. (Cojzer et al, 2014).



1.1. attēls. Sekundārās sukcesijas piemērs – parastā egle (*Picea abies* L.) bijušajā LIZ Vecpiebalgas novadā, Taurenas pagastā. Foto: R. Kasparinskis.

Daudzām augu sugām neuzdīgušās sēklas saglabājas vairākas desmitgades un, kad izveidojas piemēroti apstākļi, tie uzdīgst. LIZ pēc zemes uzāršanas pirmās masveidīgi savairojas un izaug nezāles, tāpēc tās tiek uzskatītas par pioniersugām. Nezālēm ir augsta vairošanās intensitāte, bet zema konkurētspēja, tāpēc pēc kāda laika tā tiek izspiesta pļavu

augāja sugu dēļ, kuram ir lielāka konkurētspēja (Melecis, 2011). Konkurence starp divu sugu pārstāvjiem, kas atrodas blakus viens otram, var nozīmīgi ietekmēt to attīstību, tātad ietekmēt sukcesijas procesu. Dažādu sugu pārstāvji atšķiras pēc resursu uzņemšanas spējām citu sugu pārstāvju klātbūtnē. Tās sugas indivīds, kas spēs vislabāk uzņemt resursus, būs konkurētspējīgāks (Gurevitch et al, 1990).

Ir svarīgi zināt, kāds ir sugu augšanas blīvums noteiktajā vietā, jo tas nosaka augiem nepieciešamās brīvās vietas daudzumu, barības vielas daudzumu, kā arī ūdens un gaismas pieejamību. Parasti vietās, kur augu blīvums ir augsts, kopumā, resursu trūkuma dēļ, izaug neliela izmēra augi. Daži sugas pārstāvji spēj pilnvērtīgi attīstīties pat tad, kad augu blīvums ir augsts, uz citu sugu rēķina (Gurevitch et al, 1990).

1.1.2. Dabas apstākļu ietekme uz sēklu izplatību un iesēšanu

Daudzi dabas faktori nosaka sēklu iesēšanu un sēklu izplatību (Wilson, Traveset, 2000). Šie faktori var būt izteikti vides faktori, tādi kā vēja stiprums un virziens, dzīvnieku (sēklu izplatītāju) uzvedība, caurplūdes daudzums vai relatīva mitruma ietekme. Ir arī citi faktori, kuri ir atkarīgi no augu sugas, kas izplata sēklas, tādi kā auga stumbra augstums (Greene, Johnson, 1996). Augu sugas indivīdam ir svarīgi izplatīt sēklas pēc iespējas lielākā rādiusā, lai novērstu sugas dabīgo ienaidnieku (patogēni, parazitējošās sugas) ietekmi, jo tie koncentrējas ap vietām, kur suga ir sastopama (Wilson, Traveset, 2000).

Augiem ir morfoloģiskie pielāgojumi, kas veicina labāku sēklu izplatību. Dažām sugām šie pielāgojumi ir viegli interpretējami, bet citām pielāgojumu ietekme uz sēklu izplatību ir sarežģītāka (Pijl, 1982). Augu grupām, kas izplatās ar vēju, parasti uz sēklām ir tādi pielāgojumi kā spārniņi un spalviņas, kuri pastiprina vēja pretestību un samazina lidojuma ātrumu, piemēram, kā ārstniecības pienenei (*Taraxacum officinale*), savukārt, augu grupām, kas izplatās ar dzīvnieku palīdzību, ir ēdams sēklu pārklājums, lai dzīvnieki varētu tos apēst un pēc tam sēklas izietu caur gremošanas traktu ekskrementu veidā. Ar abu šo pielāgojumu palīdzību ir iespējams izplatīt sēklas lielākā rādiusā (Wilson, Traveset, 2000).

Sēklu iesēšanas procesā sēklu apvalks tiek izjaukts un jauns augs sāk savu attīstību. Sēklu iesēšanas ātrumu var ietekmēt dažādi faktori, bet svarīgākie no tiem ir ūdens, temperatūra, gaisma un skābekļa pieejamība. Lai iesāktos iesēšanās process, absolūtajam mitruma daudzumam ir 3 reizes jāpārsniedz sēklu masu, bet pilnvērtīgākai attīstībai ir nepieciešams daudz lielāks ūdens daudzums augsnē. Katrai sugai ir nepieciešams atšķirīgs

ūdens daudzums (Kramer, Kozłowski, 1979). Skuju koki atšķirībā no lapu kokiem ir diezgan konservatīvi savā ūdens patēriņā (Schume, 2002).

Temperatūras ietekme arī ir svarīga, jo tās krasās izmaiņas var ievērojami ietekmēt indivīda attīstību, bet katrai sugai ir savs temperatūras optimums. Egles sēklas (*Picea abies* L.) vislabāk uzdīgst temperatūras intervālā no 16°C līdz 25°C, bet pie 35°C augšanas rādītāji pazeminās. Eglei, kā arī lielākai daļai koku sugu ir nepieciešamas diennakts temperatūras svārstības (Kramer, Kozłowski, 1979). Gaismas ietekme nav ļoti būtiska sēklu iesēsāšanas procesa sākumā, bet, kad augs sāk uzdīgt, tai ir zināmā nozīme. Eglei ir nepieciešama mazāka gaismas intensitāte, nekā priedei (Kramer, Kozłowski, 1979).

1.2. Reljefs un mitruma apstākļi

Reljefs ietekmē teritorijas mikroklimatu, kā arī vielu, šķīdumu un enerģijas sadalījumu (Mežals, 1981). Lielā mērā no reljefa ir atkarīgs nokrišņu ūdens sadalījums, kā arī augsnes masas pārvietošanās ar ūdens palīdzību. Uz dažādiem reljefa elementiem nonāk atšķirīgs ūdens daudzums. (Mežals, 1981). Pauguros no augstākās vietas uz zemākām tiek novirzīts ūdens, un tas izskaidro, kāpēc zemākās vietas vienmēr ir mitrākās nekā virsotnes un nogāzes. Nogāzes slīpums ietekmē augsnes erozijas procesus. Jo lielāks ir slīpums, jo lielāka ir augsnes erozijas procesu attīstības iespēja. Labākais šādu zemju apsaimniekošanas veids ir koka sugu iestādīšana (Kateba et al, 2013).

Organisko vielu un minerālvielu daudzums arī ir atkarīgs no reljefa. Paugura virsotnē TOC koncentrācija augsnē ir zemāka nekā pakājē (Ritchie et al, 2007). Atkarīgs no reljefa ir arī gruntsūdens dziļums (kas lielā mērā nosaka augu augšanas apstākļus) - augstākās vietās gruntsūdens atrodas dziļāk, bet reljefa pazeminājumos tuvāk virsējiem augsnes slāņiem (Nikodemus u.c., 2008).

Mīnerālās augsnēs, mikroreljefa pazeminājumos ietekme uz *Picea abies* L. sēklu iesēšanos ir pozitīva, jo reljefa pazeminājumos ir labākie mitruma apstākļi. Mitruma nepietiekamība bieži traucē sēklu iesēšanos. Savukārt purvainās vietās, sēklas labāk iesējas augstākās vietās, piemēram, uz nogāzēm. Reljefa zemākās vietas atrodas tuvāk gruntsūdeņiem un pa nogāzi notekošais ūdens tur uzkrājas. Sēklas var būt arī nonestas uz zemākajām reljefa vietām, pateicoties ūdens notecei (Hanssen, 2003).

1.3. Augšnes faktori

1.3.1. Granulometriskais sastāvs un augšnes minerālu daļiņu agregāti

Augsne ir polidispersa sistēma, kura sastāv no dažāda izmēra minerālajām daļiņām. Atkarībā no cilmieža ģenēzes tiem ir noteikts ķīmiskais un minerāloģiskais sastāvs (Kārkliņš, 2008). Latvijas augšņu cilmieži ir kvartāra perioda pēdējā apledošanas sanestie materiāli un to kušanas produkti, kā arī Baltijas jūras un to attīstības stadiju nogulumi, kuriem ir raksturīga augšņu un granulometriskā daudzveidība (Kasparinkis, 2012). Granulometriskais sastāvs tiešā veidā ir atkarīgs no nogulumu tipa. Tas ievērojami ietekmē augsnes ķīmisko sastāvu, kā arī tas ir svarīgs augsnes auglības un produktivitātes rādītājs (Kasparinkis, 2012; Mežals, 1981). Izšķir šādas granulometriskā sastāva grupas: smilts, mālsmilts, smaga mālsmilts, smilšmāls, vieglu mālu u.c. (Kārkliņš, 2008).

Granulometriskais sastāvs nosaka veģetācijas tipu, augsnes ūdens transportu, eroziju, barības vielu pārstrādi, sakņu iespiešanās noteiktajā teritorijā (Bronick et al, 2004). Piemēram, Latvijā uz augsnēm, kurās dominē smilšu daļiņu frakcijas, labi aug priedes, bet uz morēnas smilšmāla vai arī māla nogulumiem labāk aug egļu un platlapju meži (Nikodemus u.c., 2008). Apmēram 50% no Latvijas augsnēm ir radušās uz morēnas nogulumiem (Kārkliņš, 2009).

Minerālas daļiņas, kuras veido noteiktu augsnes granulometrisku sastāvu, izveido agregātus, pateicoties fizikāliem, bioloģiskiem un ķīmiskiem procesiem (Allison, 1968). Temperatūras izmaiņas, zemes kultivācijas veids, augu attīstība un slieku aktivitāte arī ietekmē augsnes agregātu izveidošanos. Visi šie procesi ir spējīgi pietuvināt augsnes minerālu daļiņas tik cieši, ka pat izzūstot tie ir spējīgi turēties kopā, pateicoties fizikas spēkiem (Bronick et al, 2004). Augšnes minerālo daļiņu agregātu salipšanu kopā ietekmē organiskie un neorganiskie materiāli. Silikātu māli, kālcija karbonāti pietiekami labi sacementē daļiņas, bet vislabāk to dara humusvielas (Boix-Fayos et al, 2001).

Palielinoties māla daļiņu saturam augsnē, pieaug arī katjonu apmaiņas kapacitāte (Kasparinkis, 2012). Disperģētā koloīdu stāvoklī māla daļiņu ūdens necaurlaidības īpašības uzlabojas. Tādas augsnes satur paaugstinātu humusa daudzumu (Mežals, 1980).

1.3.2. Augšņu auglība un fizikāli ķīmiskās īpašības

Augsnes organiskās vielas ir augsnes sastāvdaļa, kas veidojas no augu, dzīvnieku, mikroorganismu (sēnes, baktērijas, aļģes, raugi) atliekām un to vielmaiņas produktiem, un, kas atrodas dažādās to sadalīšanās pakāpēs. Augšnes organisko vielu daudzums ir atkarīgs no augsnes veidošanās faktoriem: klimata, veģetācijas, cilmieža, topogrāfijas un laika. Šie faktori

nosaka zināma līdzsvara stāvokļa rašanos un augsnes organisko vielu daudzumu tās sastāvā, kā arī lielā mērā – īpašības (Mežals, 1980).

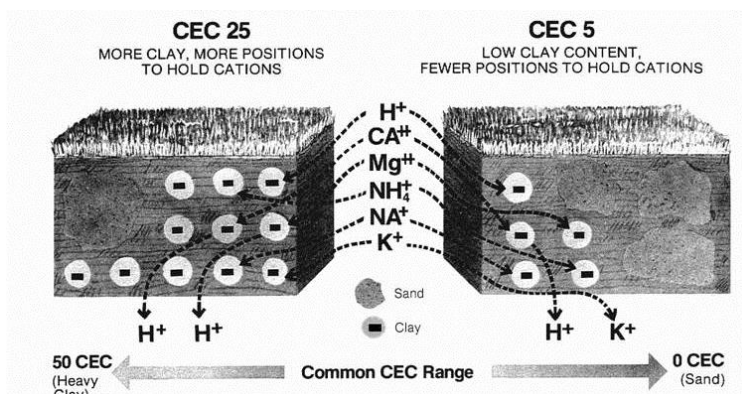
Augstāko augu producēto nobiru daudzums augsnē ir atkarīgs no zemes izmantošanas veida, veģetācijas tipa un klimatiskajiem apstākļiem (Wolt, 1994). Latvijā priežu mežu ekosistēmas vidējais ikgadējais nobiru daudzums var sasniegt 4.7 t ha^{-1} , bet egļu audzē pat 6.2 t ha^{-1} . Lauksaimniecībā izmantojamās augsnēs galvenais dabiskais organisko atlieku avots ir augu saknes. Daudzgadīgo zālāju sakņu masa otrajā izmantošanas gadā sasniedz $0.6\text{-}0.8 \text{ t ha}^{-1}$ (Mežals, 1980).

Augsnes organiskās vielas ietekmē arī kultūraugu ražību un ekosistēmu produktivitāti. Pirmkārt, organiskajām vielām mineralizējoties, atbrīvojas to struktūrā saistītās barības vielas, tādas kā Mg, P un K, kuras augi vēlāk ar saknēm var uzņemt no augsnes šķīduma. Otrkārt, ar organiskajām vielām bagātās augsnēs ir augstāka katjonu apmaiņas kapacitāte. Tās atstāj ietekmi uz ūdens infiltrāciju, augsnes mitrumu un iztvaikošanu, kas kopumā sekmē ūdens aizturēšanu augsnē (Nikodemus u.c., 2008). Tādēļ, ka organisko vielu īpatsvars augsnē ietekmē daudz augsnes īpašības un bioķīmiskos ciklus, tas bieži tiek pieņemts, ka augsnes auglības indikātors (Manlay et al, 2007).

Cilmieža minerālu ķīmiskais sastāvs nosaka augiem svarīgu barības elementu daudzumu. Augsnē esošus minerālus iedala primārajos un sekundārajos. Vissvarīgākais un visizplatītākais augsnes primārais minerāls ir laukšpats. Tas ir sastopams smilts, mālsmilts un smilšmāla frakcijās. Izšķir sārnu laukšpatu (KAlSi_3O_8 to $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ un plagioklāzu ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ līdz $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Kālija laukšpats, ķīmiskā formula - KAlSi_3O_8 , ir nozīmīgs kālija resurss augsnē un bieži vien tas sastāda lielāko daļu no minerālā K satura. Laukšpati ir alumosilikāti, kuriem struktūrā ir dobumi, kas spēj noturēt apmaiņas katjonus, lai saglabātu elektroneitralitāti. Šo minerālu dēdēšanas rezultātā atbrīvojas tādi ķīmiskie elementi kā Ca, Na, K, kas ietekmē bioloģiskos procesus augsnē. Citi augsnes primārie minerāli ir olivīni, piroksēni un amfibolīti (Sparks, 1995; Kasparinskis, 2012). Svarīgākās sekundāro minerālu grupas ir filosilikāti (sekundārie mālu minerāli), oksīdu, hidroksīdu un oksihidroksīdu grupa un karbonātu sulfātu grupa. Filosilikātu grupā esošo minerālu struktūrā, piemēram kaolinītā, ir liels Al₂ saturs (it īpaši mitrajā klimatā), kā arī šajā grupā ir minerāli (muskovīts, biotīts), kuru struktūrā ir liels K saturs. Oksīdu grupā esošie minerāli, gefīts ($\alpha\text{-FeOOH}$) un hematīts ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ir nozīmīgākie. Fe resursi augsnē, bet birnesīts un piroluzīts ir svarīgākie Mn resursi augsnē. Karbonātu grupas minerāli ir svarīgs Ca resurss augsnē (Sparks, 1995). Minerāli, kas veido māla frakciju ir ar makroelementiem bagātāki nekā smilts minerāli (Nikodemus u.c., 2008). Eiropas mežos tika konstatēta likumsakarība: jo lielāks ir māla daļiņu saturs augsnē, jo lielāks ir barības vielu īpatsvars (Vanmechelen, 1997).

Kopumā visnozīmīgākie un visbiežāk sastopamie katjoni augsnē ir Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} u.c., bet anjoni ir Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} u.c. (Sparks, 2003)

Katjonu apmaiņas kapacitāte (KAK (angl. val. – CEC)) ir maksimālais katjonu daudzums, kas ir saistīts augsnē, kur pie noteiktiem apstākļiem norisinās apmaiņa starp augsnes cieto fāzi un augsnes šķīdumu (Kasparinskis, 2012). Parasti KAK palielinās ar augsnes pH, kas saistīts ar lielāku negatīvo lādiņu, kas attīstās uz organiskās vielas un mālu minerāliem (Sparks, 1995; 1.2. attēls).



1.2. attēls. Apmāiņas katjonu daudzums atkarībā no augsnes granulometriskā sastāva. (Spectrum Analytic Inc., bez dat.).

Augsnes pH ir svarīgs augsnes reakcijas parametrs, kas var būt izteikts kā negatīvais ūdeņraža jona logaritms. Augsnes, kurām pH ir <7 tiek uzskatītas par skābām augsnēm, augsnes ar pH >7 par sārmainām augsnēm, augsnes ar pH = 7 par neitrālām. Augsnes pH nosaka barības vielu un mikroorganismu pieejamību augiem. Pie zemā pH Fe, Al un Mn ir šķīstošāki un var būt toksiski augiem, paaugstinoties pH tie nogulsnējas un pie pH >7 šie elementi kļūst grūtāk pieejami augiem (Sparks, 1995).

Augsnes veidošanos un augsnes auglību ietekmē arī mikroorganismi un dažādi faunas pārstāvji. Mikroorganismi palīdz attīstīties augsnes veidošanās procesiem, sadalot augus un dzīvnieku atliekas sīkajās daļiņās, tādā veidā veicinot humusvielu sintēzi, kā arī tie palīdz augiem uzņemt barības vielas. Tie arī veicina bioloģiskās dēdēšanas procesus, amonifikācijas un oksidēšanas-reducēšanas procesu norisi (Kārklīšs, 2009). Faunas pārstāvji, it īpaši var izcelt bezmugurkaulniekus – sliēkas, uzlabo augsnes aerāciju, struktūru, ūdens filtrācijas spējas u.c. augsnes fizikālās īpašības (Kārklīšs, 2009).

1.4. Antropogēnā darbība

Atkarībā no saimniecības veida, veidojas atšķirīga slodze uz augsni. Kad tiek pielietots ekstensīvās lauksaimniecības modelis, slodze uz augsni ir diezgan maza. Aramzeme

atstāj lielāko ietekmi uz augsni, jo augsnes dabiskā sakārta tiek izjaukta, un, kamēr nav izveidojies augājs, tā ir pakļauta erozijas procesiem (Nikodemus u.c., 2008).

Meliorācijas sistēmas ietekmē apauguma attīstību, un šādās teritorijās visbiežāk sastop lineāra veida apaugumu (Kasparinska, Ruskule, 2010). Meliorācija nepieciešama pārmitrās platībās un vietās, kur līdz šim darbojusies pazemes drenāžas sistēma, un to galvenokārt veic ar ekskavatoru (Lazdiņš u.c., 2011), kas var degradēt augsnes virskārtu. Tās degradēšana var realizēties arī, piemēram, paugurainēs tīrumu aršanas procesā, kad ar arklu augsne tiek sistemātiski pārvietota pa nogāzi uz leju un attīstās agrotehniskā augsnes erozija (Nikodemus u.c., 2008).

Jāatzīmē, ka grāvju un ceļu esamība var būt sugu izplatību ietekmējošs apstāklis. Piemēram, bieži gar neizmantoto lauksaimniecības zemi esoši autoceļi, meža ceļi var traucēt izplatīties sugām no tuvākajiem mežiem, vai gluži otrādi – ceļi un grāvji var kalpot par sugu izplatības ceļiem (Kasparinska, 2010).

1990. gadā Latvijā un dažās Eiropas valstīs, lauksaimniecības finansiālā atbalsta izmaiņu dēļ, kā arī sakarā ar cilvēku pārvietošanos uz dzīvi no laukiem uz pilsētām, LIZ, kuras daudzu desmitu gadu laikā tika drenētās un izmantotās kā pļavas un aramzemes, tika pamestas (Koch, Jurasinski, 2015). Cilvēks atstāja ilgstošu ietekmi uz augsni, pārveidojot tās hidroloģisko režīmu un organisko un ķīmisko vielu aprīti, auglību, ekosistēmas. Kultivētās augsnēs samazinās kopējā oglekļa un slāpekļa saturs, it īpaši tas ir novērojams mālsmilts augsnēs. LIZ mantojumu var noteikt pēc veģetācijas kompozīcijas pat pēc gadsimtiem (Cramer et al, 2008; Burke et al, 1989).

1.5. Egles (*Picea abies* L.) ietekme uz augsnes īpašībām

Egle (lat. - *Picea abies* L.) ir viena no visbiežāk sastopamajām koku sugām Eiropā. Tās dabiskā izplatība Eiropā ir no Francijas rietumiem līdz Urālu kalniem un no Norvēģijas ziemeļiem līdz Maķedonijai. Centrāleiropā egle ir izplatīta pārsvarā kalnu rajonos, bet Ziemeļeiropā un Austrumeiropā tai ir plašāks izplatības apgabals (Oleksyn et al, 1998).

Koku sugas var ietekmēt augsnes ķīmiskās īpašības ar dažādu mehānismu palīdzību. Atšķirības starp nobiru kvalitāti un barības vielu statusu, sakņu spēju uzsūkt barības vielas un to aktivitāte, vainaga forma un izmērs, var izraisīt izmaiņas fiziko-ķīmiskajās augsnes īpašībās zem dažādām koku sugām. Izmaiņas augsnes ķīmiskajā sastāvā virsējos slāņos parāda, ka ir koku sugu ietekme uz augsni, bet gadījumā, ja ir konstatēta ietekme uz augsnes dziļākajiem slāņiem, tad koku sugu ietekme ir daudz lielāka. Izmaiņas, kas tika konstatētas augsnes dziļākajos slāņos, ir labāks koku sugu ietekmes indikators, jo visa gada garumā šī sistēma ir

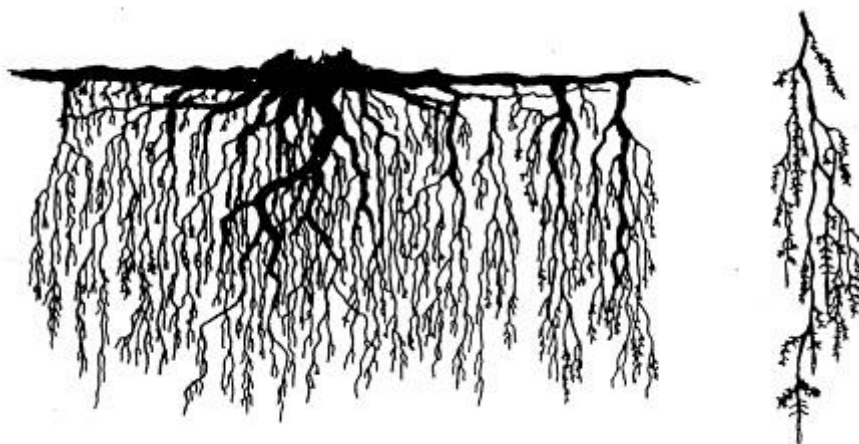
stabilāka, nekā virsējā kārtā (Hagen-Thorn et al, 2004). No Latvijas koku sugām egle visvairāk ietekmē podzolēšanās procesu, jo tai ir visskābākās nobiras (Kārklīņš, 2009).

Daži pētījumi rāda, ka apmežošanās sākumā TOC augsnē samazinās, tādēļ, ka organiskā oglekļa noārdīšana pārsniedz nobiru daudzumu no kokiem(!!!). Šis periods ilgst apmēram 3-35 gadus pēc apmežošanās procesa iesākšanas. Ar laiku koku produktivitāte pieaug un situācija mainās - TOC saturs augsnes virsējos slāņos var palielināties pat divās reizēs (Holubik et al, 2014).

O. Holubika veiktajā pētījumā par koku sugu ietekmi uz augsnes īpašībām, izradījās, ka visas meža koku sugas samazināja pH (KCl) augsnes virsējos slāņos. Egle paskābināja galvenokārt 15 cm biezu augsnes virsējo slāni un samazināja apmaiņas katjonu (Ca, Mg, K) daudzumu (Holubik et al, 2014). O. Kalininas veiktajā pētījumā par LIZ aizaugšanu ar eglēm tika konstatētas arī līdzīgas izmaiņas augsnes slāņos. Kalininas pētījums tika veikts ilgā laika intervālā – 68 gadi un ievērojams ir tas, ka apmaiņas katjonu daudzums ar laiku palielinājās. Apmežošanās sākumā nedaudz samazinājās augiem pieejamais K un P daudzums, savukārt 17 gadus pēc apmežošanās sākšanas to daudzums bija lielāks (Kalinina et al, 2013).

1.5.1. Egles sakņu sistēma un tās ietekme uz augsnes īpašībām

Egles saknes izplatās galvenokārt augsnes virsējā slānī, kur sakņu masa sastāda apmēram 50% (Schenk, Jackson, 2002). Šāda veida sakņu sistēmas nosaukums ir horizontāla sakņu sistēma, kur virsējā slānī smalkās saknes izstiepjas dažu metru attālumā (Attēls 1.3.). Salīdzinoši neliela (radiāli) un telpiski nepilnīgi izkļiedēta sakņu sistēma norāda uz konservatīvāku resursu izmantošanu, kā arī uz atkarību no ektomikorīzas formējošām sēnītēm (Kalliokoski, 2011).



1.3. attēls. Parastās egles (*Picea abies* L.) sakņu sistēma (Puhe, 2003).

Galvenās sakņu funkcijas ir pievadīt nepieciešamo ūdeni un augšanai vajadzīgos elementus kokam, kā arī koka balstīšanas funkcijas nodrošināšana. Saknes satur daudz ogļhidrātu, kā arī tās izstrādā augšanas hormonus. Augsnēs, kas nav bagātas ar barības vielām, parastā egle ir ļoti atkarīga no mikorīzas (augu un sēņu simbioze), jo pateicoties mikorīzas lielākai absorbcijas virsmai, saknes uzņem vairāk barības vielu un ūdens (Kalliokoski, 2011). Mikorīza var arī mainīt mikorizosfēras (tuvākas augsnes daļiņu) ķīmisko sastāvu. Atkarībā no mikorīzas veida, tiek uzņemtas noteiktas barības vielas. Kopumā visa veida mikorīzas uzlabo N un P transportu. Ektomikorīzas sēnēm (parasti ir simbioze ar parasto egli) ir saprotrofiskās spējas, tā paātrina minerālu dēdēšanas procesus, izstrādā enzīmus, kas palīdz sašķelt oglekļa savienojumus, kas nav pieejami augiem, un tās spēj uzņemt N un P organiskās formas. Ir arī mikorīzas veidi, kas ļauj uzlabot K un Zn transportu (Powell, Klironomos, 2007). Mikorīza, pateicoties savam micēlijam var aizsniegt tās augsnes poras, kuras nevar aizsniegt egles smalkākas saknes, kā arī micēlijas ir garākas par egles smalkākajām saknēm. (Kalliokoski, 2011).

Boreālo mežu augsnēs, augšējā augsnes slānī ir lielāks slāpekļa daudzums nekā zemāk esošajos slāņos, tādēļ egles sakņu daudzums samazinās, pieaugot dziļumam (Kalliokoski, 2011).

2. PĒTĪJUMU MATERIĀLI UN METODES

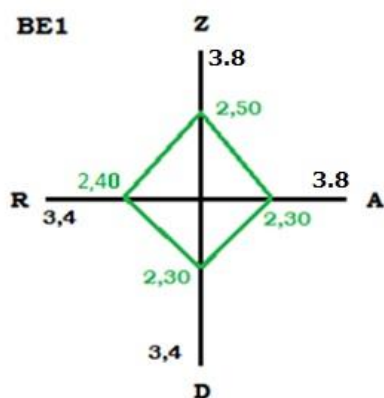
2.1. Izmantotie dati

Bakalaura darba projekta izstrādei tika izmantoti tādi informatīvie resursi kā zinātniskie raksti no datubāzēm Web of science, Science direct un Scopus, mācību materiāli, kartogrāfiskie materiāli no LU ĢZZF karšu pārlika. Tika izmantoti lauka darbos iegūtie dati: augsnes un sakņu mitrais un sausais svars, augsnes profilu apraksti; LU ĢZZF augšņu laboratorijā noteiktie augsnes ķīmiskie parametri – augsnes pH bārija hlorīda izvilkumā, apmaiņas katjonu (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+}) koncentrācija (mg/g), kopējais organiskā oglekļa (TOC (%)) un kopējais slāpekļa (N_{kop}) saturs procentos, C/N attiecība; ar programmām MS Excell, SPSS Statistics 22, PCORD 5 iegūtie rezultāti.

2.2. Pētījuma metodes

2.2.1. Augšņu paraugu ievākšana un to fizikālās un ķīmiskās analīzes

Augšņu paraugi tika ievākti lauka darbu laikā, kas norisējās 2014. gada vasarā, Vidzemē, Taurenas pagastā, boreāli-nemorālā reģionā. Tika izvēlētas trīs 14 gadu vecas egles (*Picea abies* L.) un zem tām (pēc kārtas) tika izveidotas 4 transektes debespūšu virzienos. Transektu garums bija izvēlēts atkarībā no veģetācijas (līdz vietai, kur graudzālēm ir lielāks īpatsvars), virzienā no stumbra uz perifēriju (ar iedalījumu -kvadrāts 20x20 cm) (2.2.1.1. attēls). Augsnes paraugi, kā arī paraugi augsnes tilpummasas noteikšanai, tika ievākti no dziļumiem: 0-10 cm un 10-20 cm.



attēls 2.1. Transektu izvietojums pēc debespūšiem un vainaga ietekmes zona (izveidoja autore).

Kad augsne tika atdalīta no egļu un graudzāļu saknēm (2.2.1.2. attēls), tā tika ievākta speciālā paraugu iepakojumā un atzīmēta ar speciālo kodu, piemēram, BE1Z1(8), kas nozīmē,

ka tā bija pirmā Bānūžu egle, transekta virziens – ziemeļi, dziļums – 0-10 cm, 8. transekta kvadrāts.



2.2.attēls. Augsnes paraugu atdalīšana no egļu un graudzāļu saknēm Vidzemē, Taurenas pagastā pie Bānūžiem (Foto: K. Afanasjeva).

Augsnes tipa noteikšanai tika izrakta pētbedre. Augsnes tips tika noteikts atbilstoši WRB augšņu klasifikācijai. Augsnes tekstūra, struktūra u.c. augsnes parametri tika noteikti pēc grāmatas Guidelines for Soil Description. Augsnes horizontu krāsas noteica pēc Munsell augšņu krāsu noteicēja.

Kopumā tika savākti aptuveni 480 paraugi, zem trīs eglēm, bet šajā darbā tiks apskatīta vienas egles ietekmes zona, kur izlases kārtībā tika atlasīts katrs otrais paraugs jeb 76 paraugi kopumā. Tas tika izdarīts tādēļ, ka darba izstrādei tika atvēlēts noteikts laika daudzums, kura laikā nebija iespējams izpētīt visu paraugu kopu.

LU ĢZZF augšņu laboratorijā paraugi tika izžāvēti un izsijāti caur 2 mm sietu, kas bija nepieciešams, lai veiktu turpmākas analīzes.

Paraugu izpētei tika veiktas šādas ķīmiskās analīzes:

- kopējā slāpekļa (N_{kop}) un kopējā organiskā oglekļa (C_{kop}) satura noteikšana. Analīzes tika veiktas izmantojot elementu analizātoru „EuroVector”. No 15 līdz 20 mg augsnes (svars tika noteikts izmantojot analītiskos svarus „Kern” ($d= 0.1$ mg)) tika ievietota alvas folija cilindros, tika aiztaisīta, un ievietota elementu analizātorā. Katram paraugam tika veikti 3 atkārtojumi.

- Apmaiņas katjonu (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+}) koncentrācijas noteikšana. No sākuma tika sagatavots 1M BaCl_2 šķīdums no BaCl_2 vielas (atkārībā no vajadzīgā šķīduma tilpuma 24.43 mg uz vienu litru vai 48.86 mg uz diviem litriem) un destilēta ūdens, vēlāk šķīdums, izmantojot 25 un 5 ml apjoma pipetes, tika pievienots 2.5 g augsnes. Apmaiņas katjoni tika izmērīti, izmantojot atomu absorbācijas spektrofotometru „PerkinElmer AAnalyst 200”. Rezultāti tika pārrēķināti uz mg kg^{-1} . Katram paraugam tika uztaisīti 3 atkārtojumi.
- Augsnes pH, kas tika noteikts 1M BaCl_2 izvilkumā ar pH-metru *WTW inoLab* ar stikla elektrodu, katram paraugam veicot 3 atkārtojumus.

2.2.2. Datu statistiskā apstrāde

Šajā darbā kopumā tika statistiski apstrādāti 76 paraugi (38 paraugi no 0-10 cm dziļuma un 38 paraugi no 10-20 cm dziļuma). Egles ietekmes noteikšanai, teritorija apkārt eglei tika iedalīta 5 zonās: stumbrs (attālumā 0-40 cm no egles stumbra), stumbram pieguļošā zona (attālumā 40-80 cm no stumbra), vainaga zona (attālumā 80-220 cm no stumbra) zem egles vainaga, vainaga robeža (attālumā 220-260 cm no egles stumbra), kur beidzās vainags pļavas zonā (nav zem egles) (attālumā 260-380 cm no egles stumbra) (iemest tabulu ar zonām un attālumiem). Egles ietekmes noteikšanai tika izmantoti divu veida grafiki: grafiks, kur tika izmantoti vidējie aritmētiskie dati par katru debespušu virzienu un zonu, grafiki, kur tika izmantoti vidējie aritmētiskie dati tikai par zonu (tika izrēķinātas vidējās vērtības no debespušu virzieniem). Datu apkopošanai tika izmantota Microsoft Office Excell 2007 programmatūra.

Augšņu fizikālo un ķīmisko parametru būtisko atšķirību noteikšanai starp dažādām egles ietekmes zonām tika izmantota SPSS Statistics 22 programma. Par statistiski būtiskām atšķirībām tika uzskatītas p – vērtības, kas ir mazākas par 0.05, tās tika noteiktas izmantojot *Tukey* un *Scheffe* testus ANOVA vienfaktora dispersiju analīzē, bet vidējo starpību vērtēšanai tika izmantota *Dunnnett* korekcija.

Galveno komponentu analīzes (principal component analysis – PCA) veikšanai tika izmantota programma PCORD 5. Izmantojot šo analīzi tika noskaidrotas sakarības starp egles ietekmes zonām un šādiem parametriem:

- graudzāļu sakņu masa (g);
- egļu sakņu masa (g);
- apmaiņas katjonu (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+}) koncentrācija (mg/kg);
- kopējais organiskā oglekļa saturs (%);

- kopējais slāpekļa saturs (%);
- augsnes reakcija (pH) BaCl₂ izvilkumā;
- katjonu apmaiņas kapacitāte (KAK).

Izmantojot Microsoft Office Excell programmu, izveidojot grafikus un novelkot trenda līniju, tika noskaidrots determinācijas indekss, no kura, izvelkot kvadrātsakni, tika aprēķināts Pīrsona korelācijas koeficients (r). Korelācija tika konstatēta tad, kad korelācijas koeficients ir lielāks par kritisko r vērtību ($r_{n,\alpha} = 0.407$ pie 0.01 varbūtības).

3. REZULTĀTI

3.1. Pētāmās teritorijas apraksts

Pētījums tika veikts Latvijā, Vidzemes rajonā, Vecpiebalgas novadā, Taurenas pagastā (1. pielikums). Šī vieta atrodas Vidzemes augstienē, kura ir visaugstākā Latvijā. Vidzemes augstienes augstākais punkts ir Gaiziņkalns, kura augstums virs jūras līmeņa ir 311,5 m. Vidzemes augstiene sastāv no 3 paugurainēm: Mežoles pauguraines, Piebalgas pauguraines un Vestienas pauguraines, kā arī no Augšgaujas un Augšogres pazeminājuma (Latvijas daba, 1994).

Mežoles pauguraine atrodas Vidzemes augstienes Z daļā. Pauguraines Z daļa robežojas ar Trikātas pacēlumu, A daļa ar Augšgaujas pazeminājumu, taču pauguraines D daļa ar Piebalgas pauguraini. Mežoles pauguraines A daļā ir atrodami platoveida pauguri, bet Z un ZR daļā marģinālie masīvi. Mežoles pauguraines R daļā atrodas glaciofluviālie līdzenumi, bet centrālajā un A daļā morēnas pauguraines un platoveida pauguri (Jāņa sēta, 2011; LVGD kvartārģeoloģija).

Parauglaukums tika ierīkots Mežoles paugurainē, morēnas paugura vidusdaļā, uz taisnas nogāzes (5-6° leņķis), paugura austrumu ekspozīcijā. Morēnas paugurus parasti veido glacioakvālie nogulumu, bet retos gadījumos vecākie morēnas slāņi. Morēnas pauguri izveidojas zemledus apstākļos, vai arī iekšledus apstākļos (Zelčs, s.a.)

Vidzemes augstienē klimata apstākļi atšķiras no pārējās Latvijas teritorijas, temperatūra šeit ir zemāka un nokrišņu daudzums ir krietni lielāks. Taurenas apkartnē vidējais nokrišņu daudzums ir 780 mm gadā un tas pārsniedz iztvaikotā mitruma daudzumu. Augsnes veidojušās periodiskās caurskalošanās ūdens režīmā (podzolēšanas procesi) vai mitruma sastrēgumos (glejošanās procesi) (Kārklīšs, 2009).

Pētāmā augsnes profila uzbūve ir šāda: Ap – EBg – BEg – Btg – BCK (3.1.att.). Ap un EBg horizontu veido vidēji rupja smilts, EBg horizontā ir mangāna virsmas uzklājumi, bet A horizontā to nav. BEg horizontu veido mālsmilts. Tika konstatēti mangāna virsmas uzklājumi un māla akumulācija. Btg horizontu veido smagā mālsmilts, kā arī tajā ir mangāna virsmas uzklājumi un māla akumulācija. BCK horizontā arī ir mangāna virsmas uzklājumi un māla ieslēgumi, bet to veido smags smilšmāls. Šajā horizontā ir sastopami kalcija karbonāti (CaCO₃).



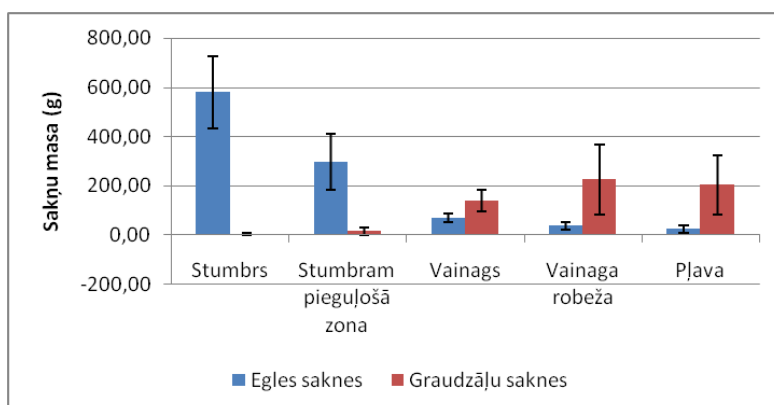
3.1. attēls. Pētāmās augsnes profils. Velēnu podzolaugsne – Luvic Stagnosols (Foto. R. Kasparinskis)

Nosaukums, kas noteikts pēc Latvijas augsņu klasifikatora ir velēnu podzolaugsne, bet pēc FAO WRB 2014 starptautiskā augsņu klasifikatora luvic stagnosols.

3.2. Egles ietekme uz mālsmits augsnes ķīmiskajām īpašībām

Graudzāļu un egles sakņu masas daudzums un izplatība.

Saknes ir viens no svarīgākiem faktoriem, kas ietekmē augsni, jo caur saknēm augi uzņem attīstībai nepieciešamos ķīmiskos elementus. 3.2.attēlā ir parādītas egles un graudzāļu sakņu masu vidējās vērtības dažādās egles ietekmes zonās, dažādos debespūšu virzienos. Ar zilo krāsu tika iezīmētas egļu sakņu masu vidējās vērtības, ar sarkano krāsu – graudzāļu sakņu masu vidējās vērtības. Kā var redzēt attēlā, 1. augsnes virskārtas slānī (0-10 cm) pie stumbra praktiski nav graudzāļu sakņu (3,43 g), bet ir krietni vairāk egles sakņu (580,05 g – maksimālā egles sakņu masa). Savukārt, virzienā no stumbra uz pļavu graudzāļu sakņu īpatsvars palielinās un vainaga zonā graudzāļu sakņu masa ir lielāka par egles sakņu masu. Maksimālā graudzāļu sakņu masa ir vainaga robežas zonā – 224,48 g. Egles sakņu minimālā masa ir pļavas zonā – 23,37 g. Egles saknēm pētāmā teritorijā, kopumā ir lielāka masa, nekā graudzālēm, kas uzrāda uz to, ka eglei ir lielāka ietekme uz augsni (5. pielikums).

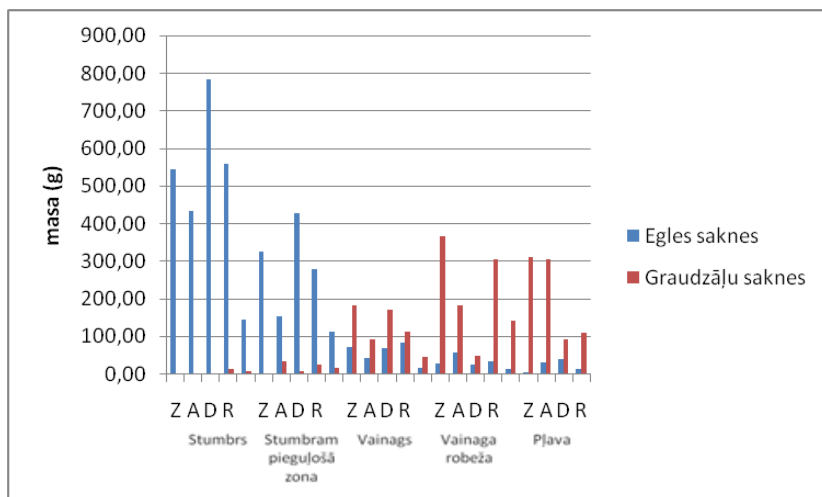


3.2. attēls. Egles un graudzāļu sakņu vidējā masa katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

3.3. attēlā ir parādīta egles un graudzāļu sakņu masu izplatība debespūsēs un zonās 1. dziļumā. Var redzēt, ka pirmajās 3 zonās: stumbra, stumbram pieguļošā un vainaga zonās, A pusē ir mazāk sakņu nekā pārējās debespūsēs, kas varētu būt saistīts ar to, ka tur ir mazāk mitruma, jo paugura nogāzes ekspozīcija ir vērsta uz austrumu pusi un nokrišņu ūdens tiek nonests lejup, un tā kā saknēm vajag uzņemt ūdeni, tie stiepjas citās debespūsēs (ziemeļu un dienvidu virzienā) (6. pielikums).

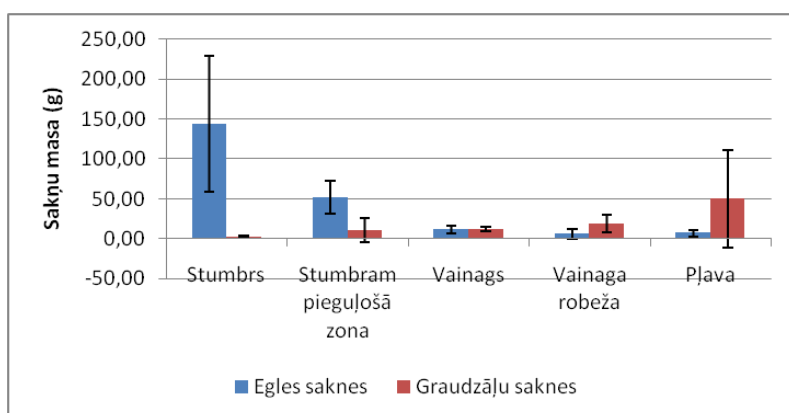
Izmantojot vienfaktora dispersiju analīzes ANOVA Tukey and Scheffe testus, tika noteiktas būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) starp egles un graudzāļu sakņu masām un zonām. Egles saknēm atšķirības ir starp stumbra un vainaga zonu, stumbra un pļavas zonu, stumbram

pieguļošo un vainaga zonu, stumbram pieguļošo un vainaga robežas zonu, kā arī starp stumbram pieguļošo un pļavas zonu. Graudzāļu saknēm būtiskās atšķirības ir starp stumbra un vainaga robežas zonu, stumbra un pļavas zonu, kā arī starp stumbram pieguļošo zonu un pļavas zonu (3. pielikums).



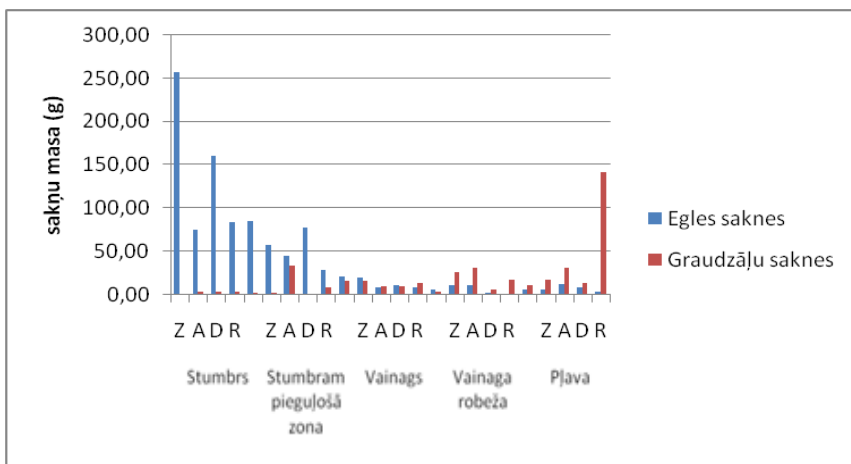
3.3. attēls. Egles un graudzāļu sakņu vidējā masa katrā debusspusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

2. virskārtas slānī ir līdzīgi rezultāti, pie stumbra ir lielāks egles sakņu īpatsvārs, bet virzienā no vainaga uz pļavu ir lielāks graudzāļu īpatsvārs. Egles sakņu maksimālā masa ir pie stumbra, un tā ir 143,83 g, turpretī graudzāļu sakņu masa ir lielāka pļavas zonā, kur tā sasniedz 50,41 g. Vismazāk sakņu (egles un graudzāļu kopā) ir vainaga zonā, kur egles sakņu masa ir 11,44 g un graudzāļu sakņu masa ir 11,91 g (3.4.att.). Sadalījumā pa debesspusēm var redzēt līdzīgu situāciju kā 1. augsnes virskārtas slānī – lielāka egles sakņu masa ir virzienā uz ziemeļiem un dienvidiem, bet mazāk sakņu ir austrumu pusē (3.5. att.; 5. pielikums).



3.4. attēls. Egles un graudzāļu sakņu vidējā masa katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

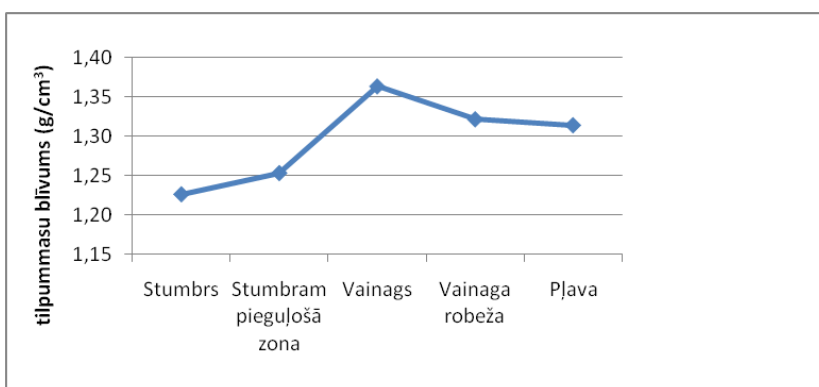
Izmantojot Scheffe un Tukey testus tika noskaidrots, ka ir būtiskās atšķirības starp zonām un egles sakņu masām – starp stumbra zonu un stumbram pieguļošo zonu, stumbra un vainaga zonu, stumbra un vainaga robežas zonu, kā arī starp stumbra un pļavas zonu (3. pielikums).



3.5. attēls. Egles un graudzāļu sakņu vidējā masa katrā debusspūsē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

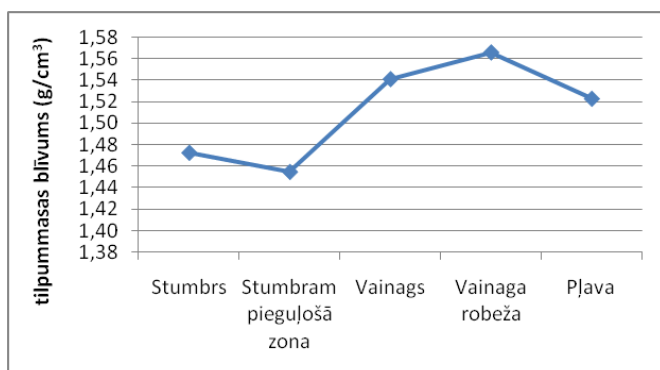
Tilpummasu blīvums

Tilpummasu blīvuma (g/cm^3) atšķirības 1. slānī nav lielas, bet pēc Tukey un Scheffe testiem tika noteikts, ka ir būtiskas atšķirības starp stumbra un vainaga zonu. Stumbra zonā tilpummasas blīvums ir $1.23 \text{ g}/\text{cm}^3$, bet vainaga zonā tā ir $1.36 \text{ g}/\text{cm}^3$ (3.6. att.;3. pielikums). Šādas blīvuma atšķirības varētu izskaidrot ar sakņu izplatību zonās, jo saknes padara augsni irdenāku, bet, taisot korelāciju analīzi ar PCORD programmu, šāda korelācija netika konstatēta.



3.6. attēls. Vidējais tilpummasu blīvums katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

2. augsnes virskārtas slāņa vidēja tilpummasu blīvuma izplatība ir parādīta 3.7. attēlā. Tilpummasu blīvuma minimālā vērtība ir stumbram pieguļošā zonā - 1.45 g/cm³, bet maksimālā vērtība ir vainaga robežas zonā – 1.57 g/cm³ (5. pielikums).

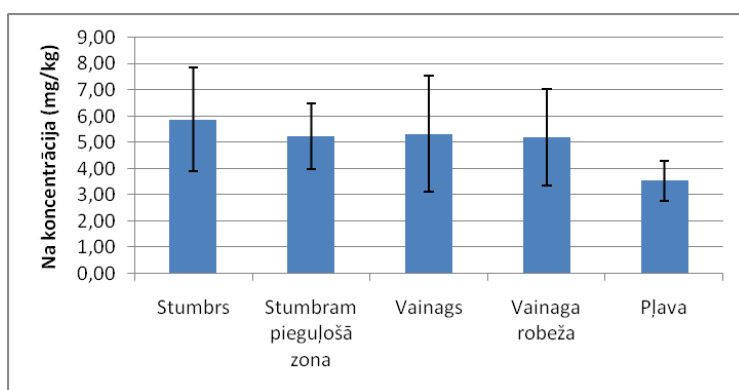


3.7. attēls. Vidējais tilpummasu blīvums (g/cm³) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Izmantojot ANOVA dispersijas analīzes Tukey un Scheffe testus, netika konstatētas būtiskās atšķirības ($p > 0.05$) (3. pielikums).

Apmaiņas katjoni (Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺, Fe²⁺, Al³⁺, Mn²⁺)

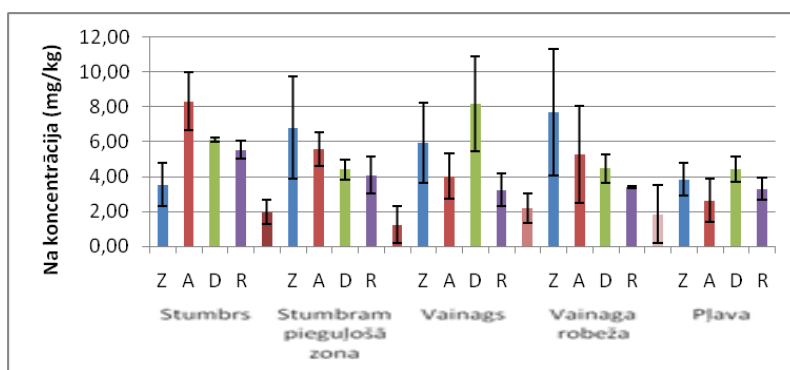
3.8. attēlā ir parādīta nātrijs (Na⁺) vidējā koncentrācija (mg/kg) dažādās zonās, 1. augsnes virskārtas slānī (0-10 cm). Pielietojot Tukey un Scheffe testus, tika noskaidrota būtiska atšķirība starp vainaga zonu un pļavas zonu (3. pielikums). Vainaga zonā vidējā Na⁺ koncentrācija ir 5.33 mg/kg, bet pļavas zonā – 3.55 mg/kg. Maksimālā Na⁺ koncentrācija ir stumbra zonā (5.88 mg/kg), bet minimālā pļavas zonā (5. pielikums).



3.8. attēls. Na⁺ koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

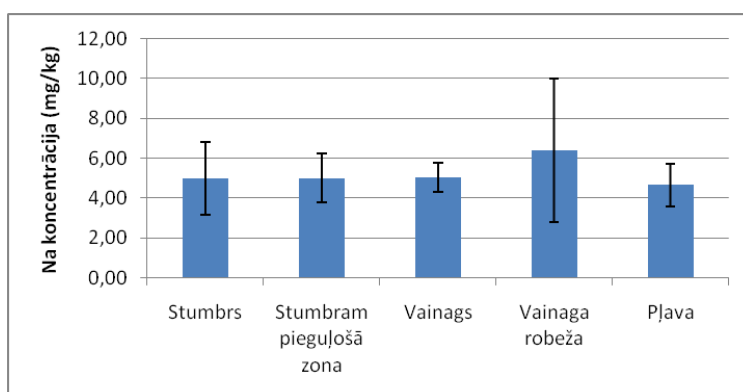
3.9. attēlā ir parādītas Na⁺ koncentrācijas vidējo aritmētisko vērtību sadalījums pa debespusēm un zonām. Šeit nav redzamas būtiskas sakarības, bet var redzēt, ka dažām

vērtībām ir lielas standartnovirzes, līdz pat +/- 4 mg/kg, kas apšaubā to, vai var izmantot Na⁺ kā augsnes izmaiņu indikātoru (6. pielikums).



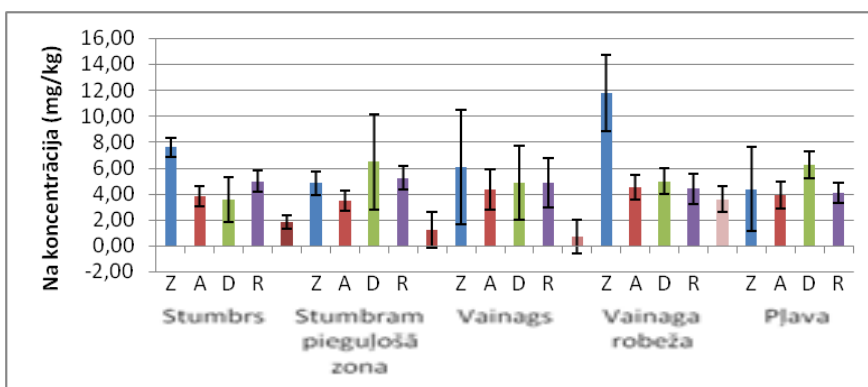
3.9. attēls. Na⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

2. augsnes virskārtas slānī (10-20 cm), izmantjot Tukey and Scheffe testus, netika atrastas būtiskas atšķirības starp zonām (3. pielikums). Maksimālā Na⁺ koncentrācija ir vērojama vainaga robežas zonā, tur tā sasniedz 6.41 mg/kg. Minimālā koncentrācija ir pļavas zonā – 4.66 mg/kg (3.10. att.; 5. pielikums).



3.10. attēls. Na⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

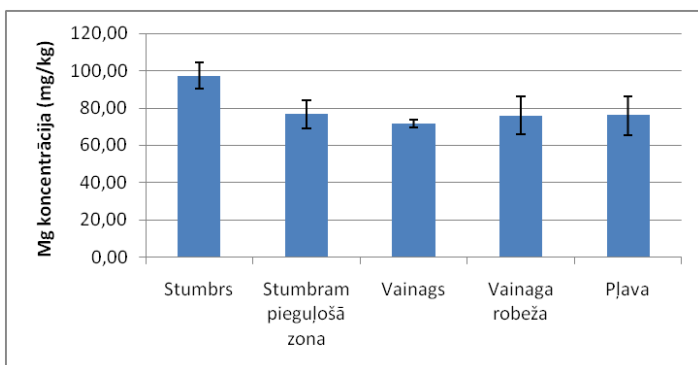
Var atzīmēt, ka lielākās Na⁺ koncentrācijas ir novērojamas Z virzienā – stumbra zonā tā ir 7.59 mg/kg, bet vainaga robežas zonā 11.79 mg/kg (3.11. att.; 6. pielikums). To ir grūti izskaidrot balstoties uz teorijas nodaļā sniegto informāciju, bet to var izskaidrot ar to, ka iespējams, tika pieļauta kļūda analīžu veikšanas laikā.



3.11. attēls. Na⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Magnijs

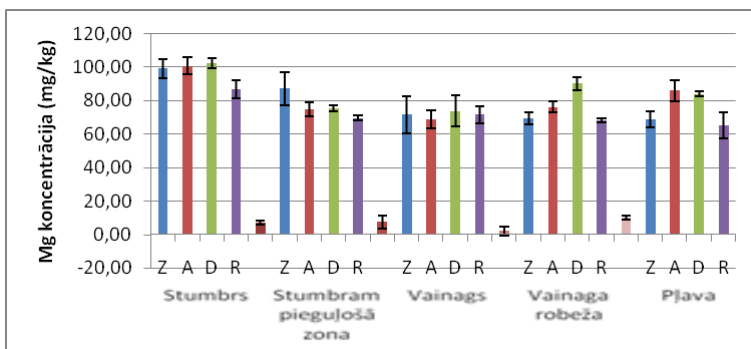
Mg²⁺ koncentrācijas (mg/kg) atšķirību būtiskums pa zonām, pielietojot Tukey un Scheffé testus, netika konstatēts, bet attēlā 3.12., kurā ir parādītās Mg²⁺ koncentrācijas vidējās aritmētiskās vērtības dažādās zonās, 1. augsnes slānī (0-10 cm), var redzēt, ka virzienā no stumbra uz pļavas zonu Mg²⁺ koncentrācija samazinās – stumbra zonā tā ir 97.27 mg/kg, bet pļavas zonā 75.95 mg/kg. Vainaga zonā novērojama vismazāka Mg²⁺ koncentrācija 71.47 mg/kg (3. pielikums; 5. pielikums).



3.12. attēls. Mg²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

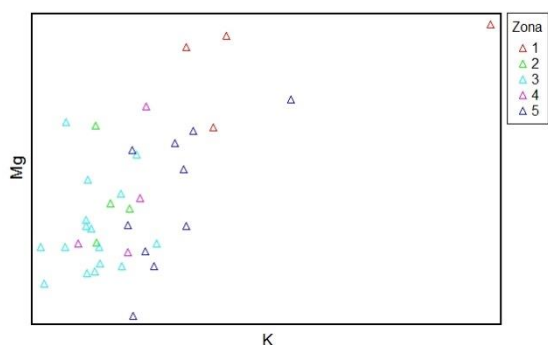
Attēlā 3.13. var redzēt, ka stumbra zonā vidējo koncentrāciju sadalījums pa debespusēm ir līdzīgs, aptuveni 100 mg/kg, tikai rietumu pusē koncentrācija ir nedaudz zemāka (86.84 mg/kg). Stumbram pieguļošajā zonā lielāka Mg²⁺ koncentrācija ir ziemeļos (87.19 mg/kg), bet mazāka koncentrācija ir rietumos (69.50 mg/kg). Vainaga zonā Mg²⁺ koncentrācija (ap 70 mg/kg) ir vienāda visās debespusēs. Vainaga robežas zonā izceļas dienvidu puse, kur vidējā koncentrācija ir 90.09 mg/kg, kamēr pārējās debespusēs Mg²⁺ vidējā

koncentrācija ir ap 70 mg/kg. Vainaga zonā lielākas Mg^{2+} koncentrācijas ir dienvidu un austrumu pusē - 86 mg/kg un 83.92 mg/kg (6. pielikums).



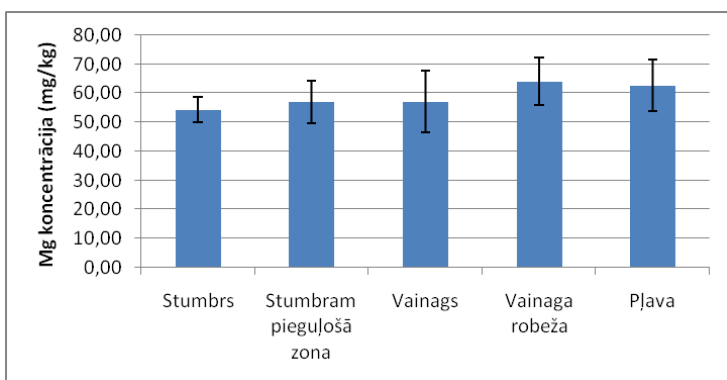
3.13. attēls. Mg^{2+} koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

1. augsnes virskārtas slānī ir novērojama būtiskā korelācija ar K^+ vidējo koncentrāciju ($r = 0.65$) – jo augstāka ir K^+ koncentrācija augsnē, jo augstāka ir Mg^{2+} koncentrācija (3.14. att.; 2. pielikums).



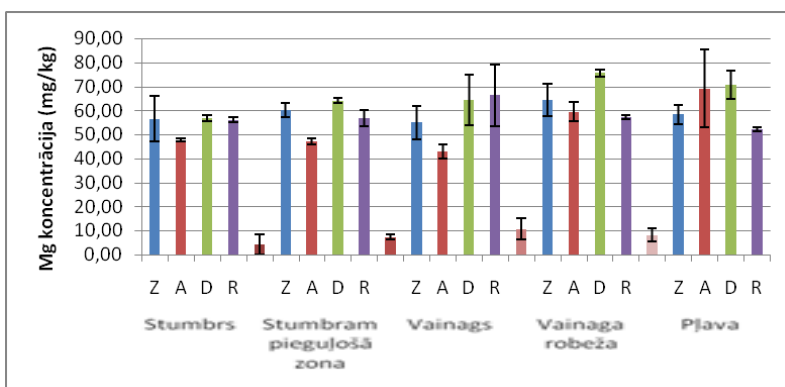
3.14. attēls. Korelācija starp Mg^{2+} un K^+ vidējo koncentrāciju 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

2. augsnes slānī Mg^{2+} vidējās koncentrācijas sadalījumam ir pretēja tendence – virzienā no stumbra uz pļavu koncentrācija palielinās. Stumbra zonā vidējā Mg^{2+} koncentrācija ir 54.25 mg/kg, bet pļavas zonā tā ir 62.62 mg/kg. Maksimālā koncentrācija ir novērojama vainaga robežas zonā – 64.15 mg/kg (3.15.att.; 5. pielikums).



3.15. attēls. Mg²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

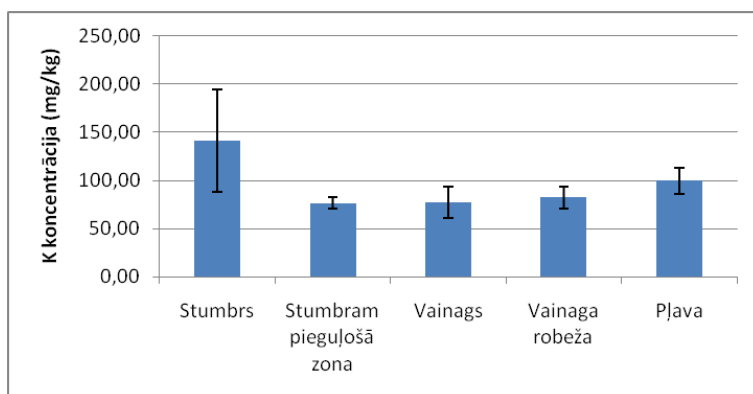
Gandrīz visās zonās zemākās koncentrācijas ir austrumu pusē, bet lielākās ir dienvidu pusē (3.16.att.; 4. pielikums). Pielietojot Tukey un Scheffe testus 1. un 2. augsnes virskārtas slānim, netika atrastas būtiskās atšķirības starp zonām (3. pielikums).



3.16. attēls. Mg²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Kālijs

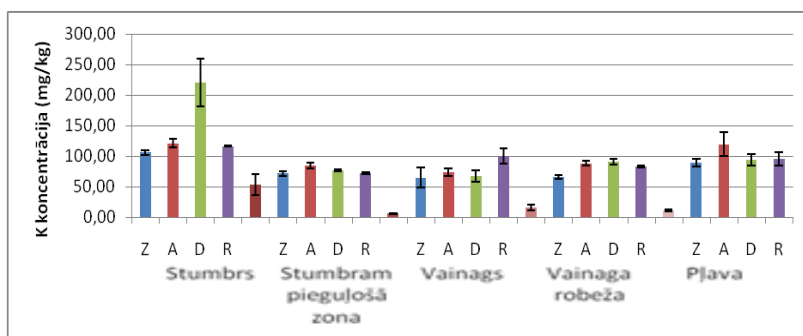
Attēlā 3.17. ir parādīta K⁺ vidējā koncentrācija dažādās zonās, 1. augsnes virskārtas slānī. Pie stumbra K⁺ vidējā koncentrācija ir lielāka (141.12 mg/kg), stumbram pieguļošā zonā un vainaga zonā koncentrācija samazinās, abās zonās tā ir apmēram vienāda (76 mg/kg). Zem vainaga robežas koncentrācija nedaudz palielinās (82.13 mg/kg), bet pļavas zonā tā ir krietni lielāka (99.70 mg/kg) (5. pielikums).



3.17. attēls. K⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

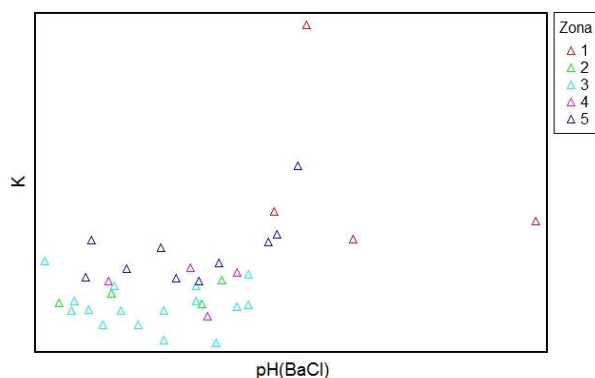
Attēlā 3.18. ir parādītā K⁺ vidējā koncentrācija dažādās zonās un debespusēs. Stumbra zonā dienvidu pusē ir maksimālā K⁺ koncentrācija šajā augsnes virskārtas slānī (220.95 mg/kg), pārējās debespusēs koncentrācija ir krietni zemākā (ap 115 mg/kg). Stumbram pieguļošajā zonā, vainaga zonā un vainaga robežas zonā K⁺ koncentrācija ir līdzīga – ap 70 mg/kg. Pļavas zonā K⁺ koncentrācija ir nedaudz lielākā, austrumu pusē koncentrācija ir 119.72 mg/kg (6. pielikums).

Pēc Tukey un Scheffe testiem tika noskaidrots, ka būtiskas atšķirības ($p < 0.05$) ir starp stumbra un stumbram pieguļošo zonu, stumbra un vainaga zonu, stumbra un vainaga robežas zonu, stumbra un pļavas zonu, kā arī starp vainaga un pļavas zonu (3. pielikums).



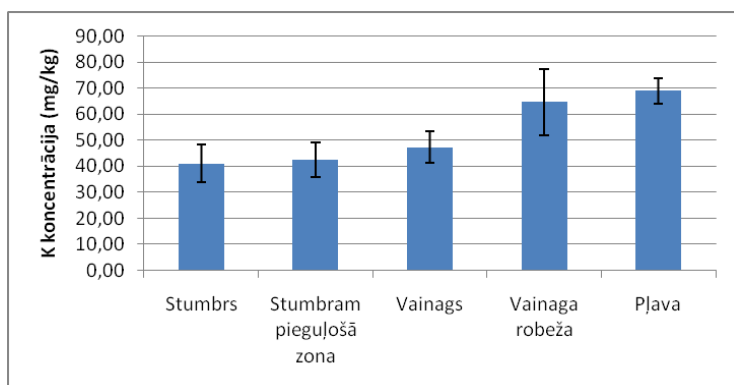
3.18. attēls. K⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Attēlā 3.19. ir parādīta korelācija starp K⁺ koncentrāciju un pH_{BaCl2} vērtību ($r = 0.47$). Jo augstāka ir pH_{BaCl2} vērtība, jo augstāka ir K⁺ koncentrācija (2. pielikums).



3.19. attēls. Korelācija starp K^+ koncentrāciju un pH_{BaCl_2} 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra pieguļošā zona, 5: stubrs (izveidoja autore).

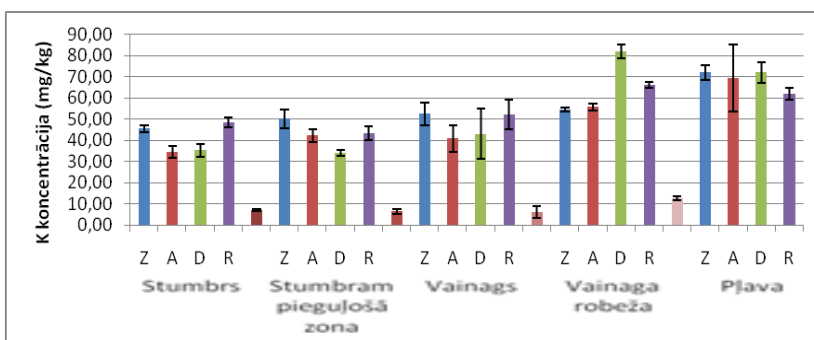
2. augsnes virskārtas slānī situācija atšķiras, tur K^+ koncentrācija pakāpeniski palielinās virzienā no stubra uz pļavas zonu (3.20.att.). Minimālā K^+ koncentrācijas vidējā vērtība ir stubra zonā un tā ir 40.98 mg/kg, bet maksimālā ir pļavas zonā – 68.86 mg/kg (5. pielikums).



3.20. attēls. K^+ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Stubra, stumbram pieguļošā un vainaga zonā K^+ koncentrācijas ir lielākas ziemeļu un rietumu pusēs, bet mazākas dienvidu un austrumu pusēs. Vainaga robežas zonā dienvidu pusē K^+ koncentrācija ir ievērojami lielāka nekā pārējās debespusēs (81.88 mg/kg) (3.21.att.; 6. pielikums).

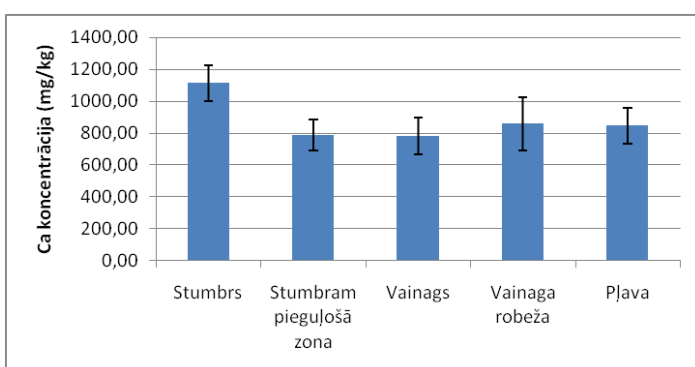
Izmantojot Scheffe un Tukey metodi tika noteiktas būtiskas atšķirības starp: stubra un vainaga robežas zonu, stubra un pļavas zonu, stumbram pieguļošo un vainaga robežas zonu, stumbram pieguļošo zonu un pļavas zonu, kā arī starp vainaga un pļavas zonu, vainaga robežas zonu un pļavas zonu (3. pielikums).



3.21. attēls. K⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Kalcijs

Attēlā 3.22. ir parādīta Ca²⁺ vidējā koncentrācija dažādās zonās, 1. augsnes virskārtas slānī. Var redzēt, ka stumbra zonā ir vislielākā Ca²⁺ koncentrācija – 1111.20 mg/kg, stumbram pieguļošajā zonā koncentrācija zemāka – 786.06 mg/kg, vainaga zonā tā ir 780.67 mg/kg, vainaga robežas zonā – 856.69 mg/kg, bet pļavas zonā – 843.47 mg/kg (5. pielikums).

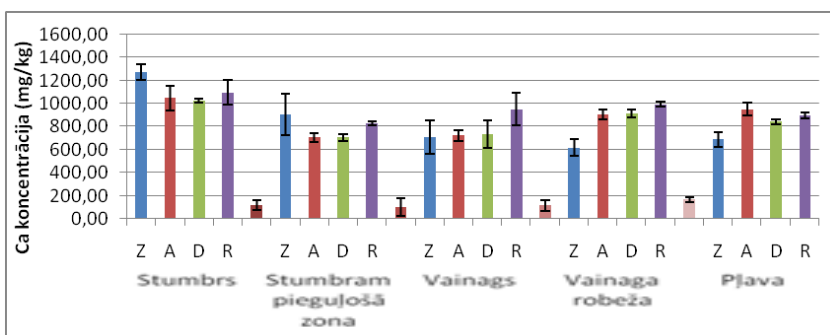


3.22. attēls. Ca²⁺ koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

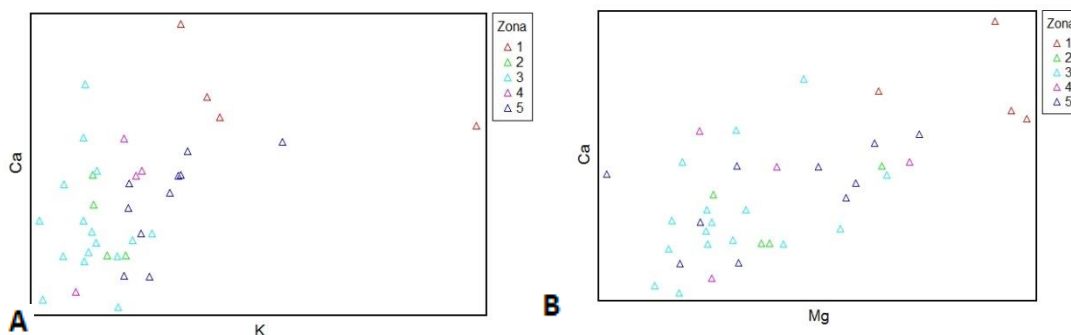
Maksimālā Ca²⁺ koncentrācija ir novērojama stumbra zonas ziemeļu pusē (1275.94 mg/kg), bet minimālā koncentrācija vainaga robežas zonas ziemeļu pusē (615.98 mg/kg) (3.23. att.; 6. pielikums).

Pēc Tukey un Scheffe testu datiem būtiskās atšķirības ($p < 0.05$) pastāv starp stumbra un stumbram pieguļošo zonu, stumbra un vainaga zonu, kā arī starp stumbra un pļavas zonu (3. pielikums).

Būtiskās korelācijas ir novērojamas ar K⁺ ($r = 0.45$) un Mg²⁺ ($r = 0.65$) koncentrāciju. Jo augstāka ir šo elementu koncentrācija, jo augstāka ir Ca²⁺ koncentrācija augsnē (3.24.att.; 2. pielikums).

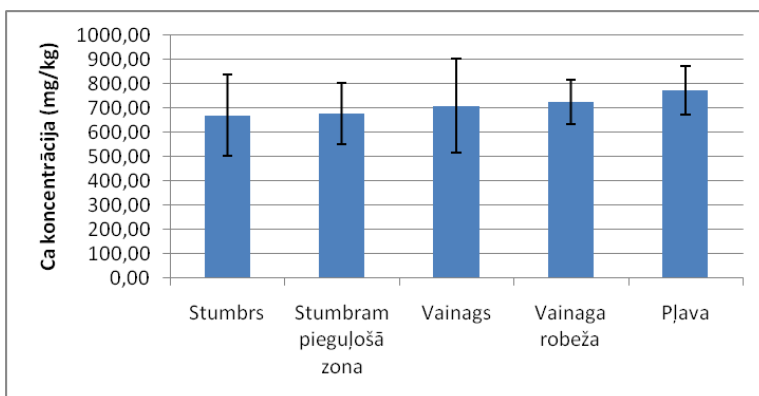


3.23. attēls. Ca²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespūsē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



3.24. attēls. a) Korelācija starp Ca²⁺ un K⁺ koncentrāciju; b) Korelācija starp Ca²⁺ un Mg²⁺ 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbram piegulošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

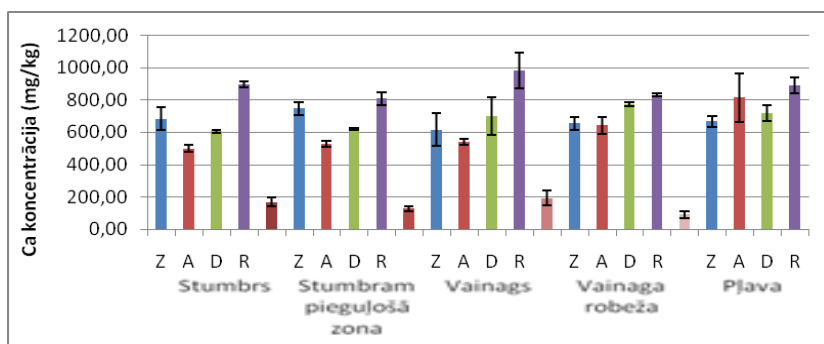
2. augsnes virskārtas slānim ir vērojama sakarība – virzienā no stumbram piegulošā uz pļavas zonu Ca²⁺ koncentrācija palielinās. Stumbram piegulošajā zonā Ca²⁺ koncentrācija ir 671.15 mg/kg (minimālā koncentrācija šajā augsnes slānī), bet pļavas zonā ir 772.19 mg/kg (maksimālā koncentrācija šajā slānī) (3.25.att.; 5. pielikums).



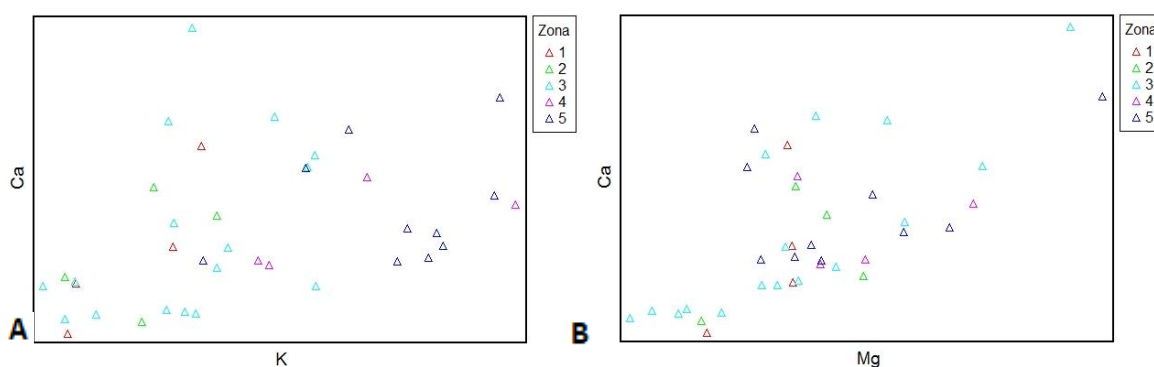
3.25. attēls. Ca²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Augstākās Ca^{2+} koncentrācijas ir novērojamas visu zonu rietumu pusēs, vainaga zonā koncentrācija sasniedz 981.6 mg/kg, kas krietni pārsniedz citu zonu izmērītās koncentrācijas aptuveni par 200 vienībām (3.26. att.; 6. pielikums).

1. augsnes virskārtas slānim līdzīgas korelācijas ir novērojamas arī 2. virskārtas slānī – pozitīvas korelācijas ar Mg^{2+} ($r = 0.65$) un K^+ ($r = 0.44$) koncentrāciju. Jo augstāka ir Mg^{2+} un K^+ koncentrācija augsnē, jo augstāka ir Ca^{2+} koncentrācija (3.27.. att.; 2. pielikums).



3.26. attēls. Ca^{2+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

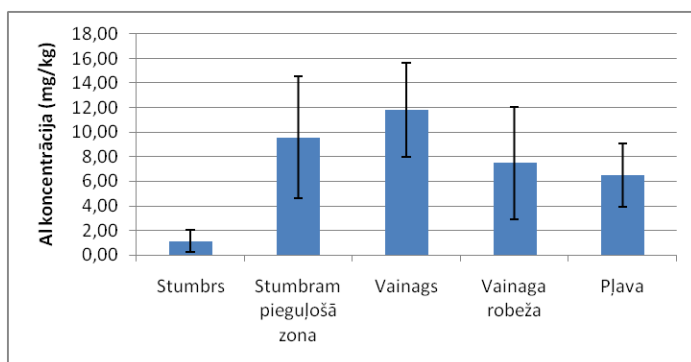


3.27.. attēls. a) Korelācija starp Ca^{2+} un K^+ koncentrāciju; b) korelācija starp Ca^{2+} un Mg^{2+} 2. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

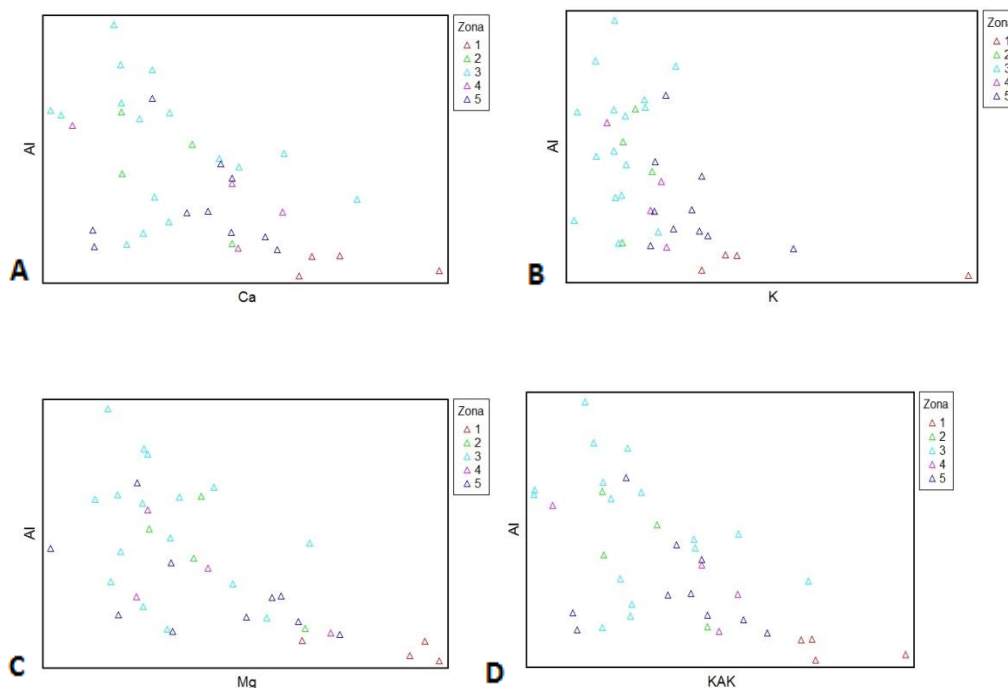
Alumīnijs

Alumīnija vidējā koncentrācija 1. augsnes virskārtas slānī (0-10 cm) ir diezgan nevienmērīga, pie stumbra tā ir viszemākā – 1.12 mg/kg, stumbram pieguļošajā zonā tā ir krietni lielākā (9.58 mg/kg), bet vainaga zonā tā sasniedz maksimumu (11.8 mg/kg). Vainaga robežas un pļavas zonā Al^{3+} koncentrācija samazinās (3.28. att.). Pēc Tukey un Scheffe testu datiem tika atrasta tikai viena būtiska atšķirība – starp stumbra un vainaga zonu (3. pielikums).

Jāatzīmē, ka 1. dziļumā pastāv būtiska negatīva korelācija ($r=0.57$) starp Al^{3+} un Ca^{2+} , jo zemāka ir Al^{3+} koncentrācija, jo augstāka ir Ca^{2+} koncentrācija. Pastāv arī būtiska negatīva korelācija starp Al^{3+} un K^+ koncentrāciju augsnes paraugos ($r = 0.76$), jo augstāka ir K^+ koncentrācija, jo zemāka ir Al^{3+} koncentrācija. Tika konstatēta arī līdzīga negatīva korelācija starp Al^{3+} un Mg^{2+} koncentrāciju augsnes virskārtas 1. dziļumā ($r = 0.73$), jo augstāka ir Mg^{2+} koncentrācija, jo zemāka ir Al^{3+} koncentrācija. Pastāv arī negatīva korelācija ar KAK ($r = 0.61$) (3.29.att.; 2. pielikums).

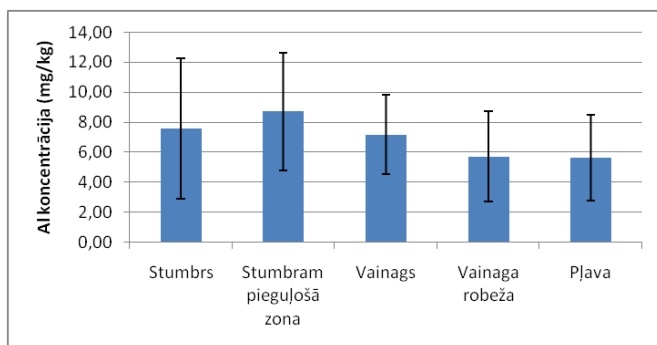


3.28. attēls. Al^{3+} koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



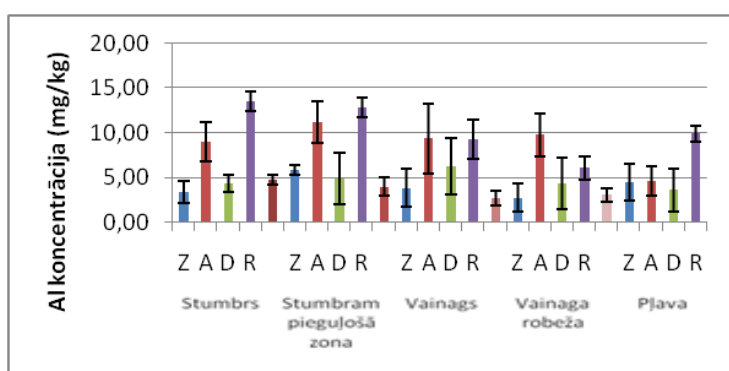
3.29. attēls. a) Korelācija starp Al^{3+} un Ca^{2+} koncentrāciju; b) korelācija starp Al^{3+} un K^+ koncentrāciju; c) korelācija starp Al^{3+} un Mg^{2+} koncentrāciju; d) korelācija starp Al^{3+} un KAK 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbram pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

Dziļumā no 10 līdz 20 cm Al^{3+} koncentrācija augsnē ir atšķirīga no augšējā augsnes virskārtas slāņa. Stumbra un stumbram pieguļošā zonā Al^{3+} koncentrācijas ir, salīdzinājumā ar pārējām zonām, augstas – attiecīgi 7.56 mg/kg un 8.7 mg/kg. Vainaga zonā Al^{3+} koncentrācija ir zemākā (7.16 mg/kg), bet vainaga robežas un pļavas zonās koncentrācijas gandrīz neatšķiras (5.72 un 5.64 mg/kg) (3.30.att.; 5. pielikums).

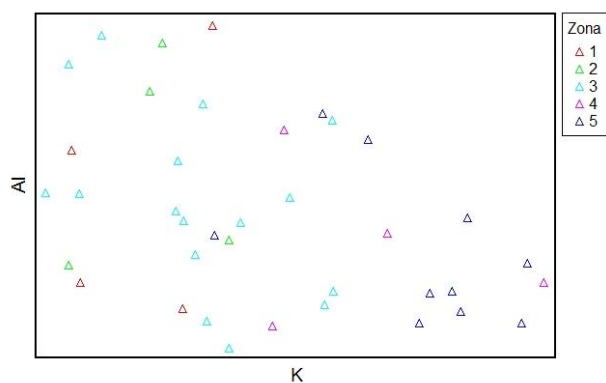


3.30. attēls. Al^{3+} koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Attēlā 3.31. parādās ievērojamās atšķirības starp debespušu virzieniem – visās zonās augstākās Al^{3+} vidējās koncentrācijas ir austrumu un rietumu virzienos (maksimālā koncentrācija ir novērojama stumbra zonā (13.52 mg/kg)), bet ziemeļu un dienvidu pusēs tās ir daudz zemākās (minimālā koncentrācija ir vainaga robežas zonā (2.73 mg/kg) (6. pielikums). Veicot Tukey un Scheffe testus būtiskās atšķirības netika atrastās (3. pielikums). Līdzīgi kā 1. augsnes virskārtas slānī, pastāv negatīva korelācija starp Al^{3+} koncentrāciju un K^+ koncentrāciju ($r = 0.41$). Jo augstāka ir K^+ koncentrācija, jo zemāka ir Al^{3+} koncentrācija (3.32. att.; 2. pielikums).



3.31. attēls. Al^{3+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

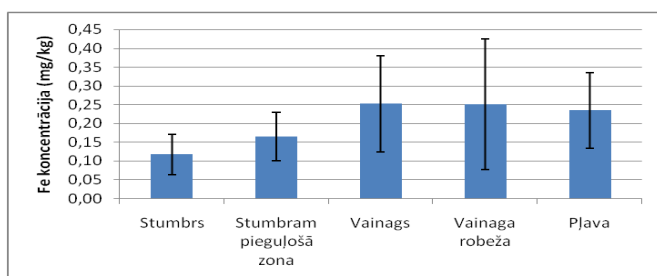


3.32. attēls. Korelācija starp Al^{3+} un K^+ koncentrāciju 2. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra piegulošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

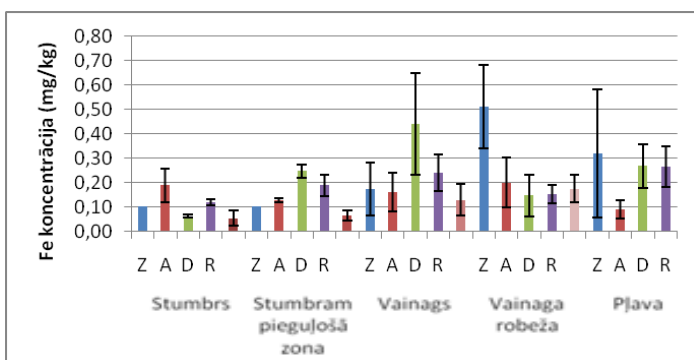
Dzelzs

Salīdzinājumā ar pārējiem apmaiņas katjoniem, dzelzs vidējā koncentrācija augsnes virskārtā ir vismazākā. Augsnes virskārtas 1. slānī Fe^{2+} koncentrācija palielinās virzienā no stumbra (0.12 mg/kg) līdz vainaga zonai (0.25 mg/kg), bet pļavas zonā tā nedaudz samazinājas (0.23 mg/kg) (3.33.att.; 5. pielikums). Vainaga zonas dienvidu pusē Fe^{2+} koncentrācija ir ievērojami augstākā nekā pārējās debespusēs (0.44 mg/kg), vainaga robežas un pļavas zonās ir līdzīga situācija, it īpaši izteikta tā ir vainaga robežas zonā, tur, ziemeļu pusē, Fe^{2+} koncentrācija sasniedz maksimālo vērtību - 0.51 mg/kg (3.34. att.; 6. pielikums). Izmantojot Tukey un Scheffé testus netika atrastas būtiskās atšķirības starp zonām (3. pielikums).

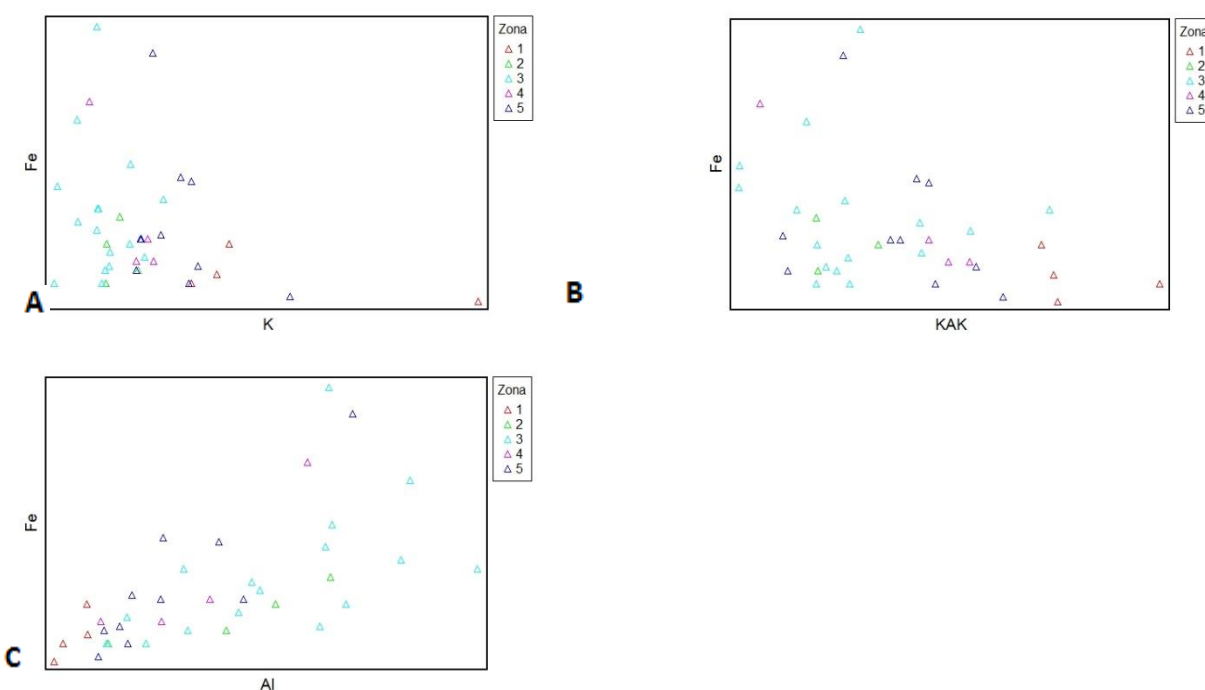
Tika konstatēta būtiskā pozitīva korelācija ar Al^{3+} ($r = 0.65$) – jo augstāka Al^{3+} koncentrācija, jo augstāka ir Fe^{2+} koncentrācija. Pastāv arī negatīvas korelācijas ar K^+ ($r = 0.409$) koncentrāciju un KAK ($r = 0.44$) (3.35.attēls; 2. pielikums).



3.33. attēls. Fe^{2+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



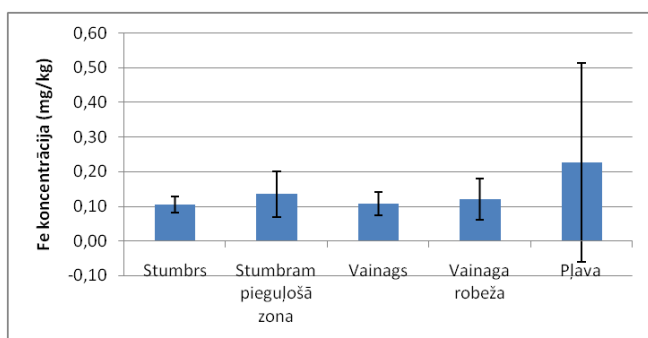
3.34. attēls. Fe²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



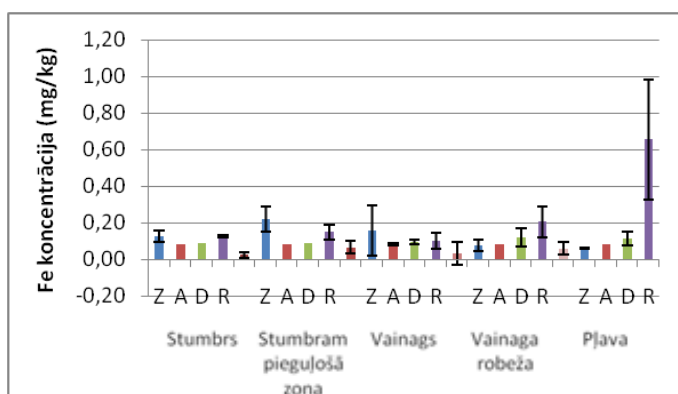
3.35. attēls. a) korelācija starp Fe²⁺ un K⁺ koncentrāciju; b) korelācija starp Fe²⁺ koncentrāciju un KAK; c) Korelācija starp Fe²⁺ un Al³⁺ koncentrāciju 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbram pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

Attēlā 3.36. ir parādīta Fe²⁺ vidējā koncentrācija dažādās zonās 2. augsnes virskārtas slānī. Līdzīgi kā pirmajā slānī, viszemākā koncentrācija ir stumbrā zonā (0.10 mg/kg), stumbram pieguļošā zonā koncentrācija ir nedaudz augstāka (0.14 mg/kg), vainaga zonā tā atkal ir zemāka (0.11 mg/kg), vainaga robežā tā ir nedaudz lielāka (0.12 mg/kg), bet pļavas zonā Fe²⁺ koncentrācija ir maksimālā (0.23 mg/kg) (5. pielikums). Skatoties pēc debespusēm augstākās Fe²⁺ koncentrācijas ir novērojamas ziemeļu un rietumu pusēs. Pļavas zonas rietumu pusē Fe²⁺ koncentrācija ir ievērojami augstāka par pārējām zonām un debespusēm (0.66

mg/kg) (3.37.att.; 4. pielikums). Lietojot Tukey un Scheffe testus netika atrastas būtiskas ($p < 0.05$) atšķirības starp zonām (3. pielikums).



3.36. attēls. Fe^{2+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

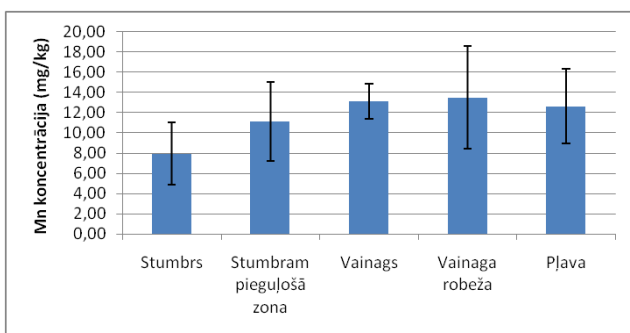


3.37. attēls. Fe^{2+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

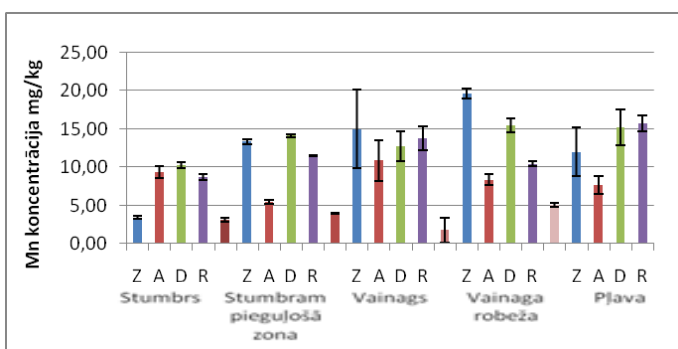
Mangāns

Mangāna vidējā koncentrācija 1. augsnes virskārtas slānī pieaug virzienā no stumbra uz vainaga robežas zonu. Stumbra zonā Mn^{2+} koncentrācija ir 7.93 mg/kg, bet vainaga robežas zonā tā ir 13.47 mg/kg. Pļavas zona Mn^{2+} koncentrācija nedaudz pazeminās (12.64 mg/kg) (3.38. att.). Gandrīz katrā zonā (izņemot stumbra zonu) dienvidu pusē ir viszēmākā Mn^{2+} koncentrācija. Vainaga robežas zonas ziemeļu pusē ir maksimālā Mn^{2+} koncentrācija – 19.64 mg/kg (3.39. att.). Izmantojot Tukey un Scheffe testus netika atrastas būtiskas sakarības starp zonām (3. pielikums).

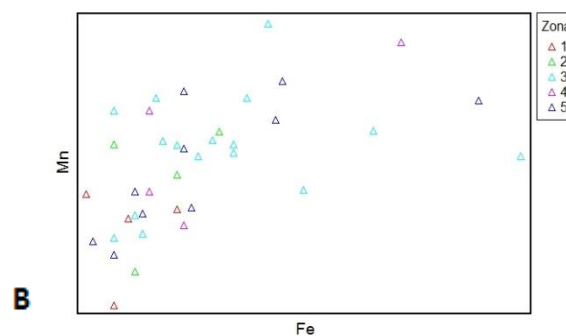
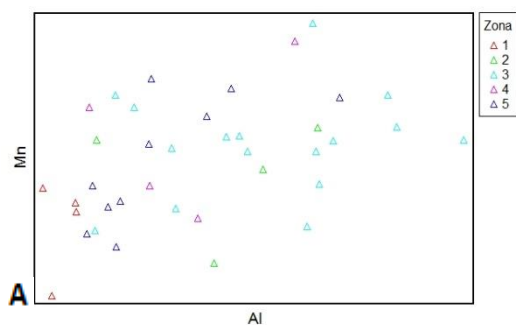
Pastāv būtiskas pozitīvas korelācijas ar Al^{3+} ($r = 0.44$) un Fe^{2+} koncentrāciju ($r = 0.60$). Jo lielāka ir šo elementu klātbūtne augsnē, jo augstāka ir Mn^{2+} koncentrācija (3.40.att.; 2. pielikums)



3.38. attēls. Mn^{2+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



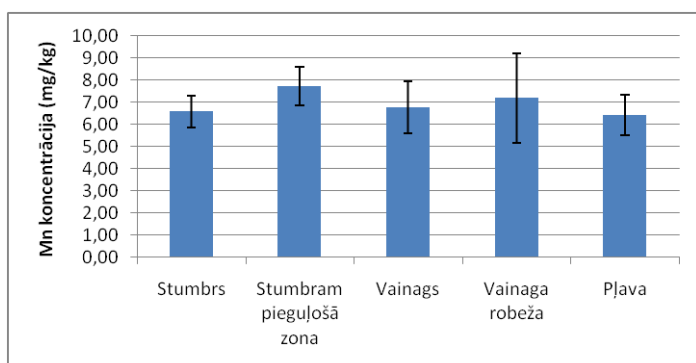
3.39. attēls. Mn^{2+} vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



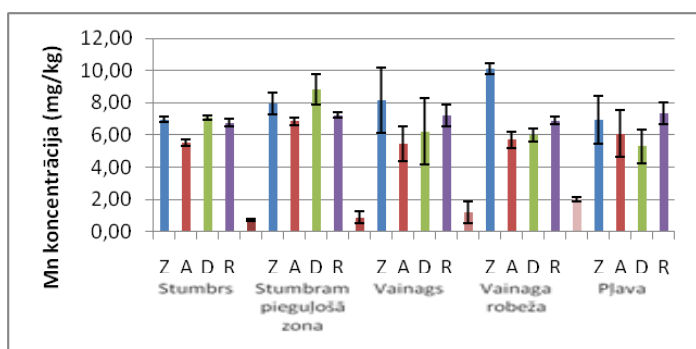
3.40. attēls. a) Korelācija starp Mn^{2+} un Al^{2+} koncentrāciju; b) korelācija starp Mn^{2+} un Fe^{2+} koncentrāciju 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbram pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

2. augsnes virskārtas slānī Mn^{2+} vidējās koncentrācijas sadalījums dažādās zonās ir diezgan vienmērīgs. Pielietojot Tukey un Scheffe testus netika atrastas būtiskas atšķirības starp zonām (3. pielikums). Maksimālā vidējā vērtība ir stumbram pieguļošā zonā – 7.72

mg/kg, bet minimālā ir pļavas zonā 6.42 mg/kg (3.41. att.). Attēlā 3.42., kur parādīts sadalījums pa debespusēm, var novērot, ka austrumu pusē ir viszemākās Mn²⁺ koncentrācijas.



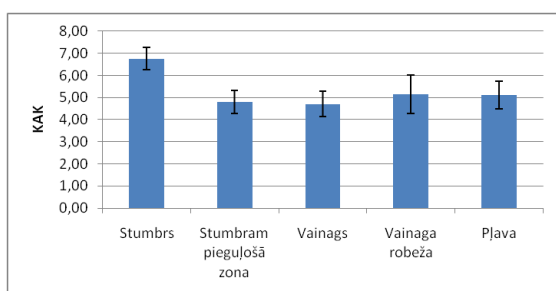
3.41. attēls. Mn²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



3.42. attēls. Mn²⁺ vidējā koncentrācija (mg/kg) katrā debespusē un zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

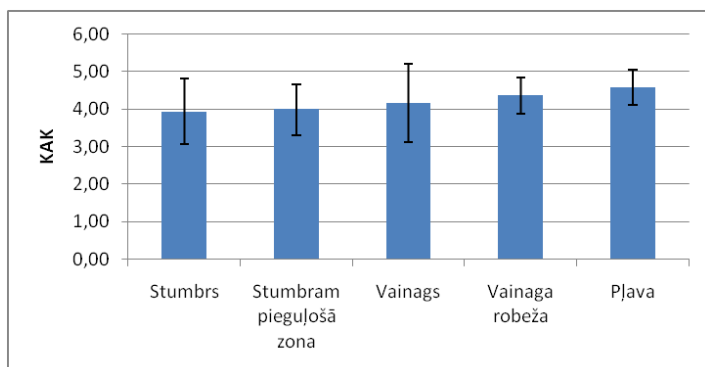
Katjonu apmaiņas kapacitāte

Visaugstākā katjonu apmaiņas kapacitāte (KAK), 1. augsnes virskārtas slānī, ir stumbra zonā (6.75 mEq/100g), pārējās zonās KAK ir līdzīga - stumbram pieguļošā zonā tā ir 4.79 mEq/100g (vismazākā vērtība šajā dziļumā), vainaga zonā - 4.7 mEq/100g, vainaga robežas zonā 5.15 mEq/100g, pļavas zonā – 5.12 mEq/100g (3.43. att.).



3.43. attēls. KAK (vidējā) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

2. augsnes virskārtas slānī katjonu apmaiņas kapacitātes vērtības pieaug virzienā no stumbra līdz pļavai. Stumbra zonā KAK vērtība ir vismazākā – 3.93 mEq/100g, stumbram pieguļošā zonā tā ir nedaudz lielāka - 3.99 mEq/100g. Vainaga zonā KAK ir vienāda ar 4.17 mEq/100g, vainaga robežas zonā – 4.36 mEq/100g. Pļavas zonā KAK ir vislielākā – 4.58 mEq/100g (3.44. att.).

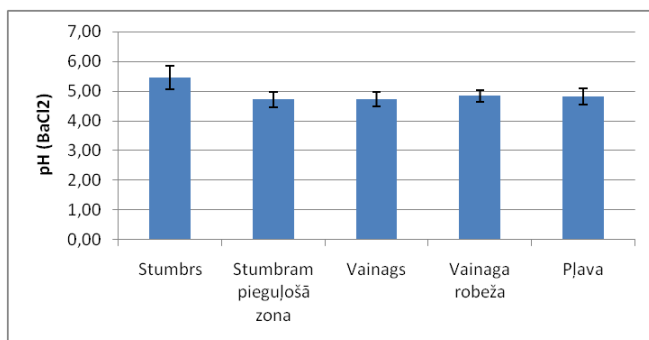


3.44. attēls. KAK (vidējā) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

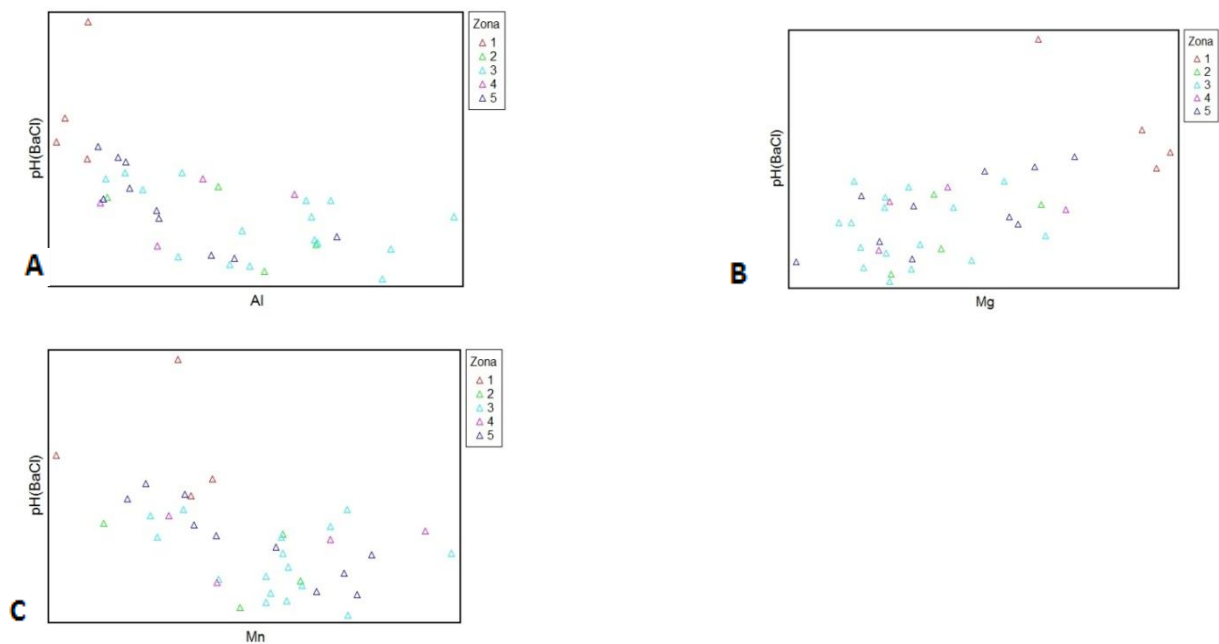
Augsnes reakcija (pH)

1. augsnes virskārtas slānī vidējā augsnes reakcija (pH) stumbra zonā ir 5.46, kas atbilst vidēji skābai augsnes reakcijai, bet pārējās zonās vidējā augsnes reakcija ir skābāka. Stumbram pieguļošā zonā pH_{BaCl_2} ir 4.71, vainaga zonā tā ir 4.72, vainaga robežā pH_{BaCl_2} vērtība ir 4.83 un pļavas zonā ir 4.81 – visas augsnes reakcijas atbilst skābai augsnes reakcijai (3.45. att.). Pēc Tukey un Scheffe testiem tika atrastas būtiskas atšķirības starp stumbra un stumbram pieguļošo zonu, starp stumbra un vainaga zonu, starp stumbra un vainaga robežas zonu, kā arī starp stumbra un pļavas zonu (3. pielikums).

Tika noskaidrotas būtiskās negatīvas korelācijas starp pH_{BaCl_2} un Al^{3+} ($r = 0.61$), kā arī ar Mn^{2+} ($r = 0.51$). Būtiskā pozitīva korelācija ir starp pH_{BaCl_2} un Mg^{2+} koncentrāciju ($r = 0.57$) (3.46. att.; 2. pielikums)..



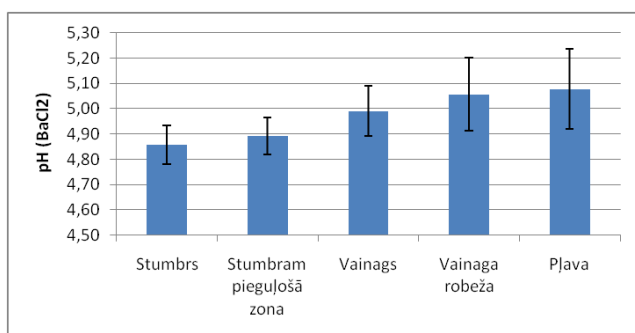
3.45. attēls. pH_{BaCl_2} katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



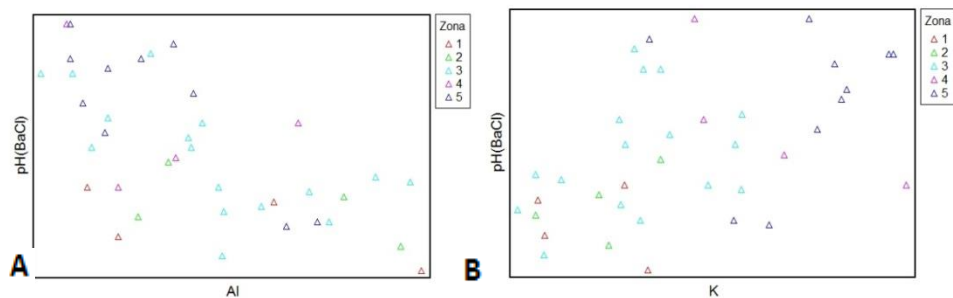
3.46. attēls. a) Korelācija starp $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un Al^{3+} koncentrāciju; b) korelācija starp $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un Mg^{2+} koncentrāciju; c) korelācija starp $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un Mn^{2+} koncentrāciju 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra pieguļošā zona, 5: stubrs (izveidoja autore).

2. augsnes virskārtas slāņa augsnes reakcija ir līdzīga kā 1. noteiktajam $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$. Šajā slānī $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtības pakāpeniski pieaug virzienā no stumbra uz pļavu. Stumbra zonā ir viszemākā augsnes reakcijas vērtība – 4.86, stumbram pieguļošā zonā – 4.89, vainaga zonā – 4.99, kas atbilst vidēji skābai reakcijai. Vainaga robežas zonā - 5.06, bet pļavā 5.08, kas arī atbilst vidēji skābai reakcijai (3.47. att.; 5. pielikums). Pēc Tukey un Scheffe būtiskās atšķirības ir starp stumbra un pļavas, kā arī stumbram pieguļošo zonu un pļavas zonu (3. pielikums).

Attēlā 3.48. ir parādīta negatīva korelācija starp $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un Al^{3+} koncentrāciju ($r = 0.65$) un pozitīva korelācija ar K^+ koncentrāciju augsnē ($r = 0.50$) (3.48. att.; 2. pielikums).



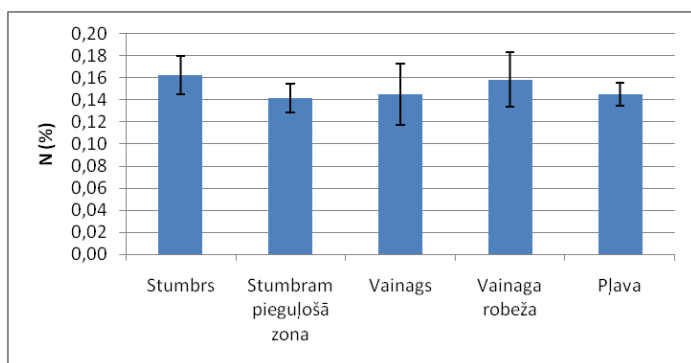
3.47. attēls. Vidējais $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



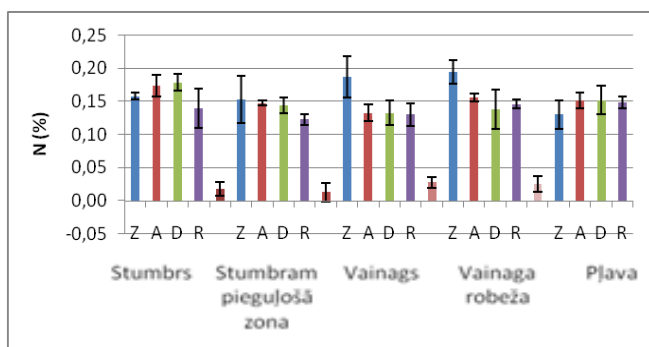
3.48. attēls. a) Korelācija starp $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un Al^{3+} koncentrāciju; b) korelācija starp $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un K^+ koncentrāciju 2. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

Kopējā slāpekļa un kopējā organiskā oglekļa saturs

Attēlā 3.49. ir parādīts kopējā slāpekļa saturs % dažādās zonās 1 augsnes virskārtas slānī. Kopējā N saturs nav stipri atšķirīgs zonu starpā. Stumbra zonā kopējā N saturs ir vislielākais – 0.16%, stumbram pieguļošā zonā tas ir nedaudz mazāks – 0.14%, vainaga zonā kopējā N saturs ir nedaudz lielāks par iepriekšējo zonu un tas ir vienāds ar 0.15%, vainaga robežas zonā kopējā N saturs ir 0.16, bet pļavā tas atkal ir zemāks – 0.15% (5. pielikums). Vainaga un vainaga robežas zonās ziemeļu pusē ir augstākais kopējā N saturs, respektīvi - 0.19%. (3.50. att.; 4. pielikums).. Pēc Tukey un Sheffe testiem netika atrastas būtiskas atšķirības starp zonām (3. pielikums).

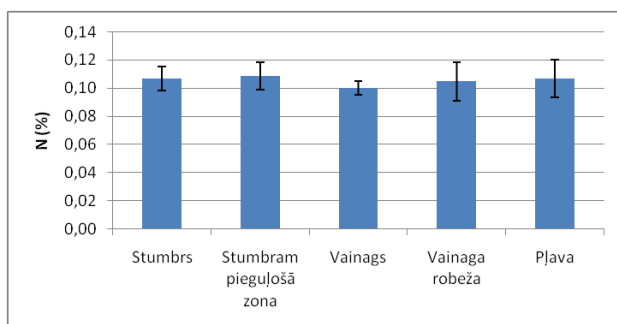


3.49. attēls. Kopējā N saturs (%) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



3.50. attēls. Kopējā N saturs (%) katrā debespusē un zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

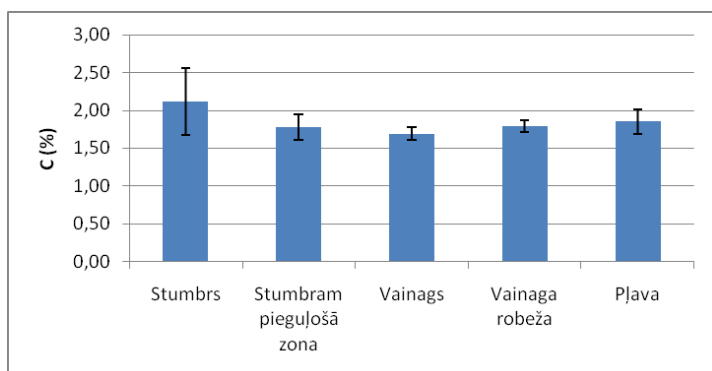
Attēlā 3.51. ir parādīts kopējā N saturs dažādās zonās, 2. augsnes dziļumā. Skatoties pēc grafika var saprast, ka būtisku atšķirību starp zonām nav. Maksimālais kopējā N saturs ir vērojams stumbram pieguļošā zonā – 0.11%, bet minimālais kopējā N saturs – vainaga zonā (5. pielikums). Pielietojot Tukey un Scheffe metodes tika noteikts, ka būtisku atšķirību starp zonām nav (3. pielikums).



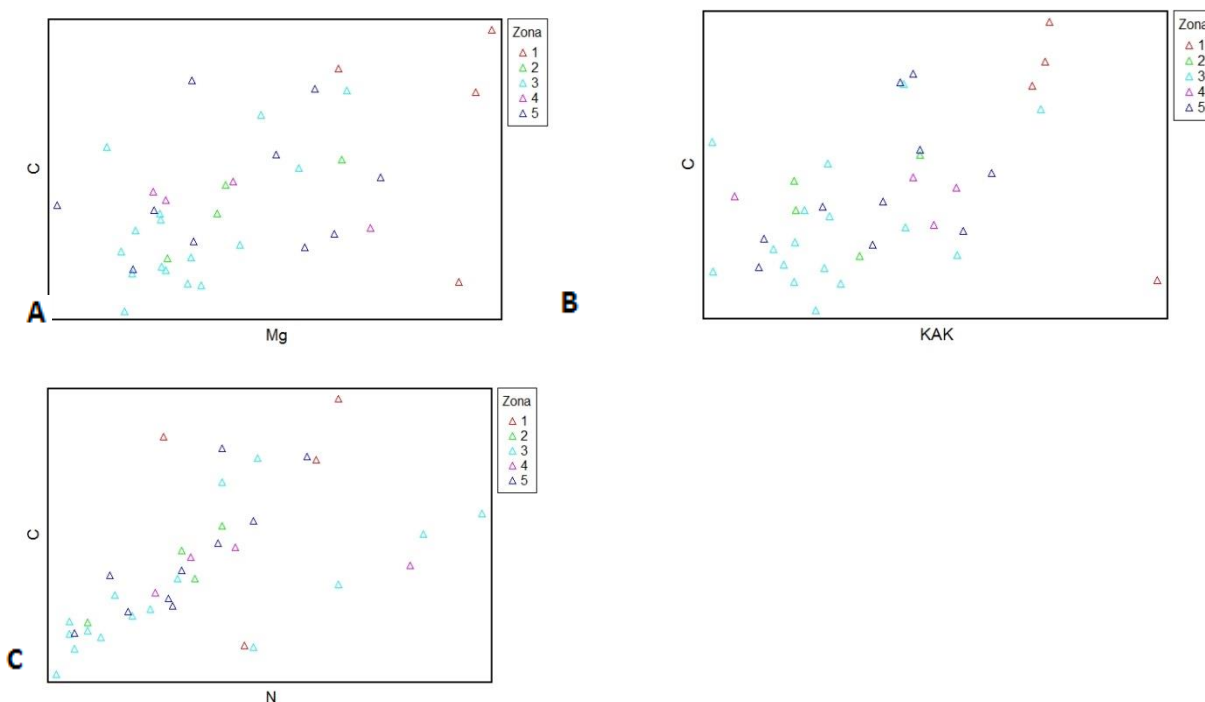
3.51. attēls. Kopējā N saturs (%) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Kopējā organiskā oglekļa saturs augsnes virskārtā ir lielāks nekā slāpekļa saturs. 1. dziļumā stumbra zonā ir vislielākais kopējā organiskā C saturs augsnē - 2.12 %. Stumbram pieguļošajā zonā ir nedaudz zemāks – 1.78%. Vainaga zonā ir vismazākais kopējā organiskā C saturs – 1.69%. Vainaga robežas zonai ir 1.79%, bet pļavas zonā kopējā organiskā C saturs ir 1.85% (3.52. att.; 5. pielikums)..

Tika noskaidrotas būtiskas pozitīvas korelācijas starp kopējā organiskā C saturu un kopējā N saturu ($r = 0.58$), ar Mg^{2+} koncentrāciju ($r = 0.50$) un ar KAK ($r = 0.44$) (3.53. att.; 2. pielikums).



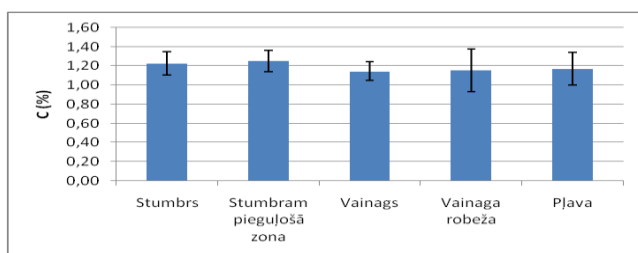
3.52. attēls. Kopējā organiskā C saturs (%) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



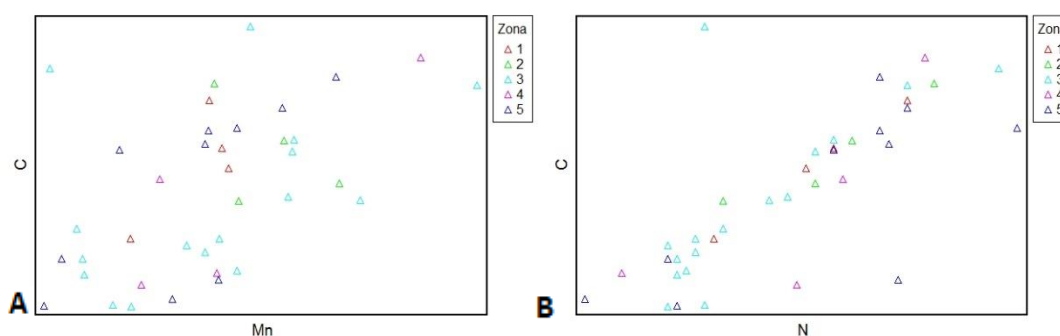
3.53. attēls. a) Korelācija starp kopējā organiskā C un Mg^{2+} koncentrāciju; b) korelācija starp kopējā organiskā C un KAK koncentrāciju; c) korelācija starp kopējā organiskā C un N saturu 1. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbra pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

Kopējā organiskā oglekļa saturs 2. dziļumā dažādās zonās atšķiras mazāk nekā 1. dziļumā. Stumbra zonā tas ir 1.22%, stumbram pieguļošajā zonā 1.25%, vainaga zonā procentuālais saturs ir 1.14%, vainaga robežas zonā tas ir 1.15%, bet pļavā 1.17% (3.54. att.). Izmantojot Tukey un Scheffe testus tika noteikts, ka starp zonām nav būtisku atšķirību (3. pielikums).

Attēlā 3.55. ir parādītas būtiskās pozitīvas korelācijas starp kopējā organiskā C saturu un Mn^{2+} koncentrāciju ($r = 0.53$), kā arī ar kopējā N saturu ($r = 0.75$) (2. pielikums).

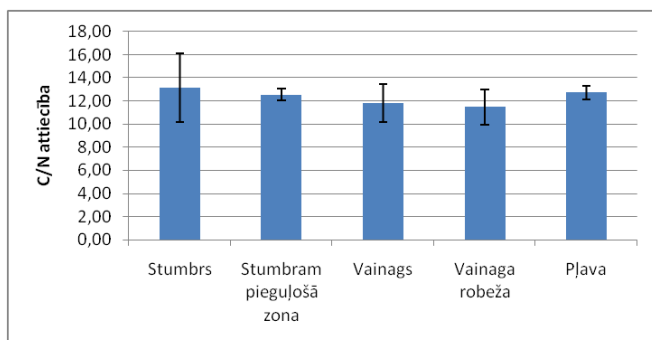


3.54. attēls. Kopējā organiskā C saturs (%) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).



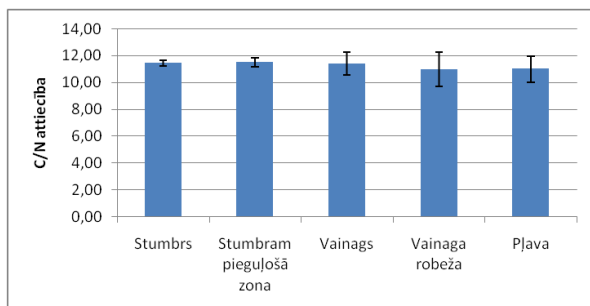
3.55. attēls. a) Korelācija starp kopējā organiskā C un Al^{3+} koncentrāciju; b) korelācija starp kopējā organiskā C un kopējā N saturu 2. augsnes virskārtas slānī katrā zonā, kur zona 1: pļava, 2: vainaga robeža, 3: vainags, 4: stumbram pieguļošā zona, 5: stumbrs (izveidoja autore).

Attiecības starp kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa saturu 1. augsnes virskārtas slānī, sadalītās pa zonām, ir parādītas attēlā 3.56. Stumbrā zonā ir vislielāka C/N attiecība – 13.12. C/N attiecība samazinās virzienā uz vainaga robežu un vainaga robežas zonā tā atbilst 11.47. Pļavas zonā C/N attiecība ir 12.72 (5. pielikums).



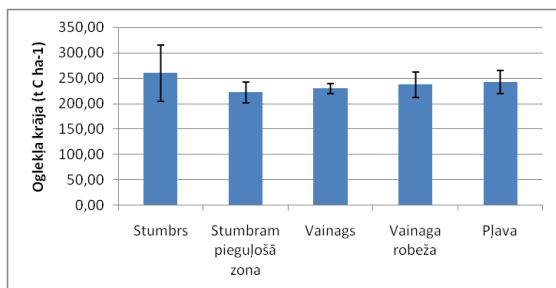
3.56. attēls. C/N attiecība katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

C/N attiecība 2. augsnes virskārtas slānī nedaudz atšķiras atkārtība no zonas. Stumbra zonā tā ir 11.46. Stumbram pieguļošajai zonai, vainaga zonai ir līdzīgie skaitļi. Vainaga robežas zonā C/N attiecība ir nedaudz mazāka – 10.99, bet pļavas zonā 11.01 (3.57. att.; 5. pielikums).



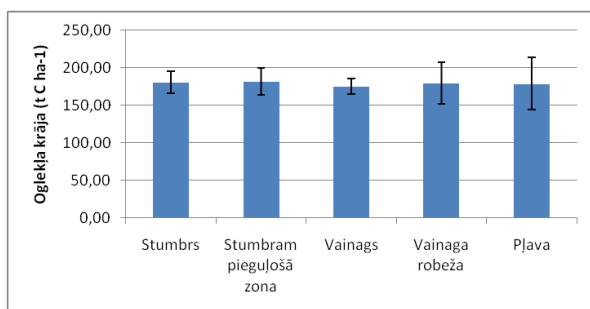
3.57. attēls. C/N attiecība katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Oglekļa krājas mērvienība ir t C ha⁻¹. 1. augsnes virskārtas slānī, stumbra zonā C krāja ir 259.94 t C ha⁻¹ un tā ir maksimālā vērtība, turpretī stumbram pieguļošajā zonā ir minimālā vērtība – 221.76 t C ha⁻¹. Pakāpeniski palielinoties, pļavas zonā oglekļa krāja sasniedz 242.56 t C ha⁻¹ (3.58. att.; 5. pielikums).



3.58. attēls. Oglekļa krāja (t C ha⁻¹) katrā zonā 1. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Oglekļa krāja 2. dziļumā ir nedaudz mazākā, jo šeit ir mazāk sakņu, kuras veido lielāko daļu no augsnes C. Stumbra zonā oglekļa krāja ir 180.21 t C ha⁻¹, stumbram pieguļošajā zonā C krāja nedaudz palielinās (181.97 t C ha⁻¹). Vainaga zonā ir vismazākā C krājas vērtība – 175.22 t C ha⁻¹. Vainaga robežā ir nedaudz lielāka C krāja – 179.37 t C ha⁻¹ un pļavas zonā tā ir nedaudz mazāka – 178.74 t C ha⁻¹ (3.59. att.; 5. pielikums).



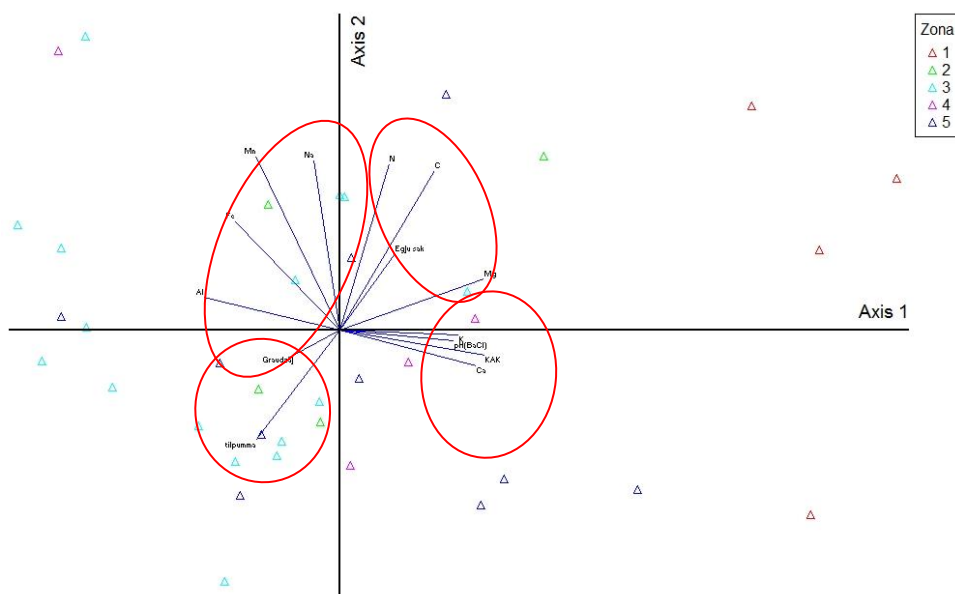
3.59.. attēls. Oglekļa krāja (t C ha⁻¹) katrā zonā 2. augsnes virskārtas slānī (izveidoja autore).

Galveno komponentu analīze (PCA)

Lai noskaidrotu kādi fizikāli-kīmiskie faktori visvairāk ietekmē mālsmilts augsni, tika izveidota galveno komponentu analīze (angl. – Principal component analysis (PCA)). Tika izanalizēta visu iepriekš aplūkojamo faktoru ietekme – apmaiņas katjonu (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+}) koncentrācija un apmaiņas katjonu summas, egles un graudzāļu sakņu masas, C_{kop} un N_{kop} (%) saturs augsnē, kā arī tilpummasas blīvuma.

1. augsnes dziļuma (0-10 cm) komponentanalīze parāda, ka 1. ass izskaidro 24.91% no paraugu dispersijas. Ir konstatētas būtiskas pozitīvas korelācijas starp Mg^{2+} koncentrāciju ($r = 0.68$), K^+ koncentrāciju ($r = 0.62$), Ca^{2+} koncentrāciju ($r=0.83$), kopējā N saturu ($r = 0.56$), kopējā organiskā C saturu ($r = 0.55$) un katjonu apmaiņas kapacitāti (KAK) ($r = 0.85$). Tas norāda uz apmaiņas katjonu un organiskās vielas ietekmi (3.60. att.; 4. pielikums).

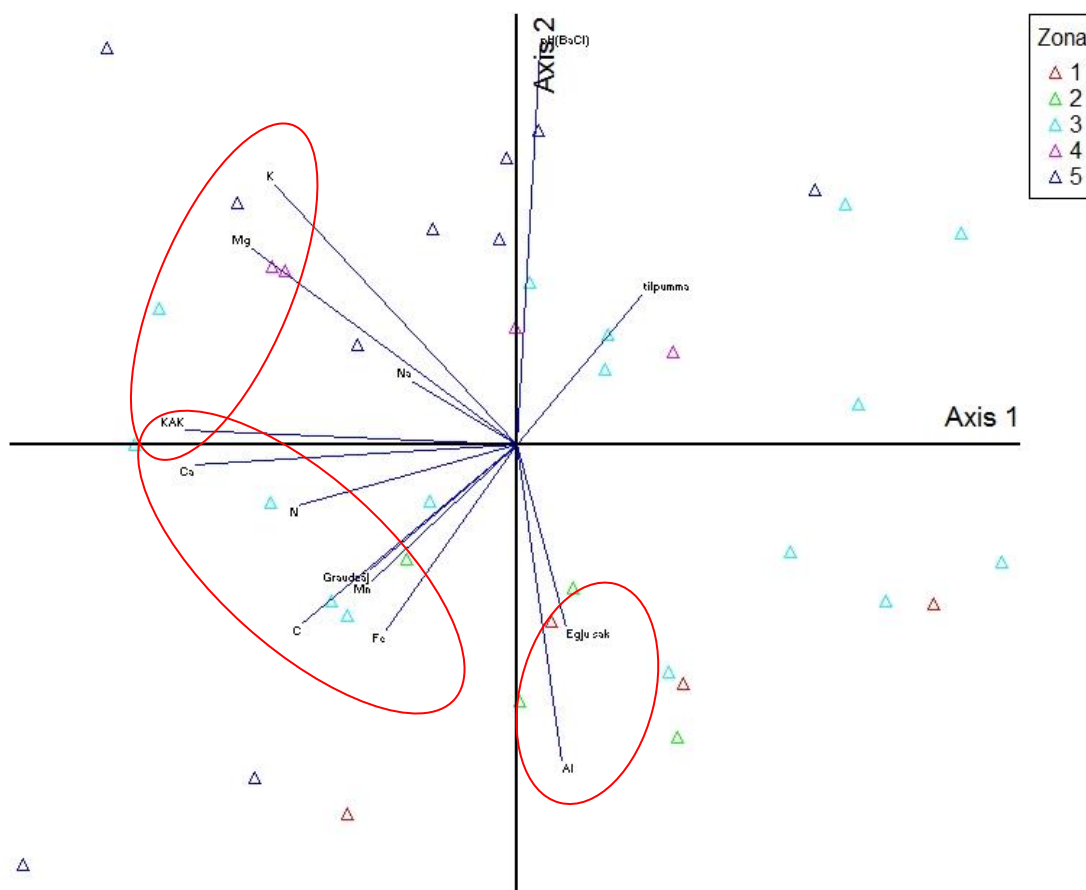
2. ass, savukārt, izskaidro 17.55% no datu dispersijas un parāda pozitīvo korelāciju starp K^+ koncentrāciju ($r = 0.56$) un $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtību ($r = 0.85$), kā arī ar šiem abiem rādītājiem pastāv negatīva korelācija ar Al^{3+} koncentrāciju ($r = -0.68$) (3.60. att.; 4. pielikums).



3.60.. attēls. Galveno komponentu analīze 1. augsnes slānim (0-10 cm) (izveidoja autore, izmantojot PCORD 5 programmu).

2. augsnes virskārtas slānim, dziļumā no 10 līdz 20 cm, veiktajā komponentanalīzē tika noskaidrots, ka 1. ass izskaidro 37.53% no augsnes paraugu dispersijas. Tika arī noskaidrota būtiska pozitīva korelācija starp apmaiņas katjonu koncentrāciju: Mg^{2+} koncentrāciju ($r = 0.86$), K^+ koncentrāciju ($r = 0.71$), Ca^{2+} koncentrāciju ($r = 0.81$), pH_{BaCl_2} vērtību ($r = 0.68$), kopējā organiskā C saturu ($r = 0.56$), katjonu apmaiņas kapacitāti (KAK) ($r = 0.86$) un negatīva korelācija augstāk minētajiem rādītājiem ar tilpummasu blīvumu ($r = -0.50$) (3.61. att., 4. pielikums).

2. ass izskaidro 14.5% no paraugu dispersijas un ir novērojamas būtiskas pozitīvas korelācijas starp Na^+ koncentrāciju ($r = 0.63$), Mn^{2+} koncentrāciju ($r = 0.64$), kopējā N saturu ($r = 0.62$), kopējā organiskā C saturu ($r = 0.59$) (3.61. att., 4. pielikums).



3.61.. attēls. Galveno komponentu analīze 2. augsnes slānim (10-20 cm) (izveidoja autore, izmantojot PCORD 5 programmu).

3.3. Diskusija

Egles saknēm pētāmajā teritorijā, kopumā ir lielāka masa, nekā graudzālēm, kas norāda uz to, ka eglei ir lielāka ietekme uz augsni. Samazinoties egles sakņu īpatsvaram, palielinās graudzāļu sakņu īpatsvars. Vismazāk sakņu ir vainaga zonā, tas varētu būt skaidrojams ar to, ka vainaga zonā samazinās egles un graudzāļu sakņu masas. 1. slānī ir novērojams tas, kā austrumu pusē ir mazāk sakņu nekā pārējās debespusēs, kas varētu būt saistīts ar to, ka tur ir mazāk mitruma, jo paugura nogāzes ekspozīcija ir vērsta uz austrumu pusi un nokrišņu ūdens tiek nonests lejup, un, tā kā saknēm vajag uzņemt ūdeni, tie stiepjas citās debespusēs. 1. augsnes slānī ir lielāka sakņu masa nekā 2. No teorijas izriet, ka saknēs ir daudz ogļhidrātu, bet netika konstatētas būtiskās korelācijas ar C saturu augsnē.

1. augsnes slānī tilpummasu blīvums ir zemāks pie stumbra un augstāks vainaga zonā, tas sakrīt ar sakņu masu sadalījumu zonās – jo mazāk sakņu, jo lielāks ir tilpummasu blīvums, bet ar programmu PCORD netika konstatētas būtiskas korelācijas starp šiem faktoriem. Līdzīga sakarība ir novērojama arī 2. augsnes slānī, bet tur ir daudz mazāka atšķirība starp blīvumiem, kas varētu būt saistīts ar to, ka sakņu masa šajā slānī ir mazāka nekā 1. slānī un tāpēc ietekme ir mazāka.

1. augsnes slānī apmaiņas katjonu Na^{2+} , Mg^{2+} , koncentrācija samazinās virzienā no stumbra uz pļavu, kas varētu būt saistīts ar to, ka egle piesaista šo vielu un tā koncentrējas pie egles saknēm. Pastāv būtiskas pozitīvas korelācijas starp Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} apmaiņas katjonu koncentrāciju. Na^{2+} daudzums 2. slānī ir praktiski nemainīgs (tikai vainaga robežas zonā tā koncentrācija pieaug, kas varētu būt saistīts ar kļūdu laboratorijas darbu veikšanas laikā).

Mg koncentrācija atšķirībā no 1. augsnes slāņa pieaug virzienā no stumbra uz pļavu, kas var liecināt par to, ka saknes, piesaistot tādus apmaiņas katjonus kā Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , palielina to koncentrāciju 1. augsnes virskārtas slānī, bet samazina dziļākos slāņos, tas sakrīt ar secinājumiem Holubika pētījumā. Viņš noskaidroja, ka apmežošanas ar egli samazina apmaiņas katjonu koncentrāciju augsnē (Holubik et al, 2014). Kalinina savā 68 gadu ilgā pētījumā noskaidroja, ka K^+ samazinās tikai pirmajos 17 gados pēc apmežošanas, bet vēlāk šī elementa koncentrācija palielinājas (Kalinina et al, 2013).

1. augsnes slānī Al^{3+} , Fe^{2+} un Mn^{2+} koncentrāciju sadalījums kontrastē ar pārējiem apmaiņas katjoniem un to koncentrācija palielinās virzienā no stumbra uz pļavas zonu. 2. slānī Al^{3+} koncentrācija ir diezgan augsta pie saknēm, bet virzienā uz pļavas zonu tā palielinās.

Mn²⁺ un Fe²⁺ koncentrācijas, var teikt, ka ir nemainīgas un tas var nozīmēt to, ka egle neizmaina šo elementu koncentrāciju augsnes dziļākajos slāņos.

1. augsnes slānī Al²⁺, Fe²⁺ koncentrācijas negatīvi korelē ar pārējiem apmaiņas katjoniem un attiecīgi ar KAK. Savukārt, pozitīvas korelācijas ir novērojamas starp Fe²⁺, Mn²⁺ un Al³⁺ koncentrācijām. Savukārt, 2. augsnes slānī Al³⁺ negatīvi korelē ar K⁺, bet Mn²⁺ un Fe²⁺ šajā slānī nekorelē ar citiem elementiem, jo tie nav ietekmēti.

Augsnes pH_{BaCl2} 1. augsnes slānī ir lielāks pie stumbra un salīdzinoši nemainīgs pārējās zonās. Būtiskas negatīvas korelācijas ir ar Al³⁺ un Mn²⁺, tātad šie elementi ir šķīstošāki pie zemāka pH_{BaCl2}. Pozitīva korelācija ir ar Mg²⁺ un K⁺ koncentrāciju. 2. augsnes slānī ir novērojama cita situācija - pH_{BaCl2} ir mazāks pie stumbra un palielinās virzienā uz pļavu, kas sakrīt ar Holubika veikto pētījumu, kur viņš noskaidroja, ka parastā egle (*Picea abies* L.) samazina augsnes pH līdz 15 cm dziļumam (Holubik et al, 2014). PCA tas ir svarīgākais augsnes īpašības ietekmējošs faktors. pH_{BaCl2} negatīvi korelē ar Al³⁺ koncentrāciju, bet pozitīvi korelē ar K⁺.

No teorijas izriet, ka katjonu apmaiņas kapacitātei (KAK) vajadzētu palielināties kopā ar augsnes reakciju (pH) (Sparks, 1995). Savukārt, neskatoties uz to, ka vidējo aritmētisko vērtību tendences grafikos ir līdzīgas KAK un augsnes pH_{BaCl2}, bet, izmantojot programmu PCORD, netika atrastas būtiskas korelācijas starp šīm diviem parametriem.

1. augsnes slānī N saturs ir nedaudz lielāks pie stumbra, bet ar SPSS programmu netika konstatētas būtiskas atšķirības starp zonām abos augsnes slāņos. Savukārt C saturs 1. augsnes slānī ir lielāks pie stumbra un samazinās virzienā uz pļavu. Tas pozitīvi korelē ar N saturu, Mg²⁺ koncentrāciju un attiecīgi ar KAK. Kopējais organiskā C saturs 2. augsnes slānī ir nedaudz lielāks pie stumbra, bet ar SPSS programmu netika atrastas būtiskas atšķirības starp zonām. 2. augsnes slānī kopējais organiskais C pozitīvi korelē ar Mn²⁺ un N saturu augsnē. Burke savā pētījumā noskaidroja, ka kultivētās augsnēs samazinās kopējā oglekļa un slāpekļa saturs, un, ka it īpaši tas ir novērojams mālsmilts augsnēs, kas daļēji var izskaidrot zemāko kopējā C un N saturu zonās, kas ir tālāk no egles (Burke et al, 1989). C/N attiecība, kā arī oglekļa krāja abos slāņos samazinās virzienā no stumbra uz pļavas zonu.

Hagen-Thorn 2004. gada pētījumā noskaidroja, ka izmaiņas augsnē, kas tiek konstatētas augsnes dziļākajos slāņos ir koku sugu ietekmes indikātors, jo visa gada garumā šī sistēma ir stabilāka, nekā virsējā augsnes slānī (Hagen-Thorn et al, 2004). To, ka augsne dziļākajā virskārtas slānī ir stabilāka, var redzēt arī pēc šī darba rezultātiem. Augsnes slānis 0-

10 cm tiek pakļauts vairāku biotisko un abiatisko faktoru ietekmei un iespējams, ka tādēļ parāda daudz lielākas svarstības faktoru iedarbības rezultātos.

SECINĀJUMI

1. Pētījuma laikā tika apkopota un izanalizēta informācija par veiktajiem pētījumiem Latvijā un pasaulē. Kopumā var teikt, ka šī tēma ir izpētīta relatīvi vāji, jo egles ietekme bija aprakstīta ļoti plaši, analizējot tikai dažus parametrus.
2. Literatūras analīzē tika noskaidrots, ka apmežošanas ar egli, neapsaimniekotajās LIZ ietekmē vairāki biotiskie un abiotiskie faktori, piemēram, sēklu iesēšanas ātrums, reljefs un mikroreljefs, teritorijas mitruma apstākļi, augsnes īpašības un auglība, kā arī antropogēnā darbība.
3. Pētījuma laikā tika noskaidrots, ka līdz ar egles sakņu masas palielināšanos, samazinās graudzāļu sakņu masa. Turklāt egles sakņu izplatība (kopumā ir lielāka pie stumbra, bet relatīvi mazāka egles vainaga zonā) ietekmē tilpummasas blīvumu. Tilpummasas blīvums ir lielāks vainaga zonā, kur sakņu ir mazāk, bet samazinās stumbra zonā un pļavas zonā.
4. Tika novērota korelācija starp Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} un Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} koncentrācijām - jo zemāka ir Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} koncentrācija, jo augstāka ir Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} augsnē. Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} koncentrācija 1. augsnes slānī (0-10 cm) ir augstāka pie egles stumbra un tā samazinās virzienā uz pļavas zonu. Savukārt Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} koncentrācijas mērīšanas rezultāti rada prētējo situāciju – to koncentrācija zemāka pie egles stumbra, bet tā paaugstinās pļavas zonas virzienā.
5. 2. augsnes slānī (10-20 cm) Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} katjonu koncentrācija ir augstāka pļavas zonā, bet zemāka pie stumbra, bet Al^{3+} , Mn^{2+} un Fe^{2+} katjonu koncentrācija ir augstāka stumbra zonā un pazeminās virzienā uz pļavas zonu. Šāda sakarība novērojama tādēļ, ka egles saknes iespējams akumulē apmaiņas jonus 1. slānī, bet 2. slānī egles ietekme izpaužās mazāk.
6. Augsnes pH_{BaCl_2} vidējā vērtība 1. augsnes slānī (0-10 cm) ir augstāka pie stumbra (5.45), bet pārējās zonās tā ir zemāka (ap 4.70). 2. augsnes slānī (10-20 cm) ir novērojama savādāka situācija – pH_{BaCl_2} vidējā vērtība ir zemāka pie stumbra (4.85) un palielinās virzienā uz pļavu (pļavas zonā – 5.07). Pēc PCA rezultātiem pH_{BaCl_2} ir svarīgākais augsnes īpašības ietekmējošs faktors. Ir novērojama būtiskā negatīva korelācija ar Al^{3+} un Mn^{2+} , tātad šie elementi ir migrēt spējīgāki pie zemāka pH. Pozitīva korelācija ir ar Mg^{2+} un K^+ koncentrāciju.
7. Pie egles stumbra un stumbram pieguļošā zonā kopējā organiskā C un kopējā N vidējais saturs (%) augsnē ir lielāks, nekā tālāk no egles esošajās zonās, kas saistīts ar

to, ka LIZ kopējā organiskā C un kopējā N saturs (%) ir zemāks un apmežošanas ar egli palielina to.

PATEICĪBAS

Autore izsaka pateicību bakalaura darba vadītājam Dr. geogr. Raimondam Kasparinskim par konsultācijām un veltīto laiku. Paldies arī prof. Dr. geogr. Oļģertam Nikodemus, Dr. biol. Guntim Taboram, Mg.sc.mundi amb. Ingum Liepiņam, Dr. biol. Ligitai Liepiņai par palīdzību lauka darbos. Paldies Dr. chem. Lindai Dobkevičai un laborantam Konstantīnam Viliguram par palīdzību laboratorijas darbos. Paldies arī LU ĢZZF absolventei Līvai Liepiņai, kolēģiem, LU ĢZZF studentiem Kristīnei Afanasjevai, Annai Martai Rozenbergai un Danielam Elksnītim. Pateicos arī savai ģimenei un draugiem par atbalstu.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

Publicētie materiāli:

Allison, F.E., 1968. Soil aggregation-some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Science*. 106 (2), 136-143.

Boix-Fayosa, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A.C., Soriano-Soto, M.D.. 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*. 44 (1), 47–67.

Bronick, C.J., Lal, R.. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*. 124, 3 – 22.

Burke, I.C., Yonker, C.M., Parton, W.J., Cole, C.V., Flach, K., Schimel, D.S. 1989. Texture, Climate, and Cultivation Effects on Soil Organic Matter Content in U.S. Grassland Soils. *Soil sci. soc. am. J.* Volume 53.

Cojzer, M., Diaci, J., Brus, R.. 2014. Tending of Young Forests in Secondary Succession on Abandoned Agricultural Lands: An Experimental Study. *Forests*, 5(11)

Cramer, V. A., Hobbs, R. J., Standish, R. J.. 2008. What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in ecology and evolution*. 23 (2), 104–112.

Greene, D.F., Johnson, E.A.. 1996. Wind dispersal of seeds from a forest into clearing. *Ecology*. 77, 595-609.

Gurevitch, J., Wilson, P., Stone, J. L., Teese, P., Stoutenburgh, R. J..1990. Competition Among Old-Field Perennials at Different Levels of Soil Fertility and Available Space. *Journal of Ecology*. 78, 727-744.

Hagen-Thorn, A., Callesen, I. , Armolaitis, K., Nihlgard , B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*. 195(3), 373–384.

Hanssen K.H.. 2003. Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. *Forest ecology and management*. 180, 199-213.

Hermý, M., Verheyen K.. 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity. *Sustainability and Diversity of Forest Ecosystems*. 361-371

Holubík, O., Podrázský, V., Vopravil, J., Khel T., Remeš, J. 2014. Effect of Agricultural Lands Afforestation and Tree Species Composition on the Soil Reaction, Total Organic Carbon and Nitrogen Content in the Uppermost Mineral Soil Profile. *Soil & Water Res.*, 9 (4), 192–200

Kalinina, O., Chertov, O., Dolgikh, A.V., Goryachkin, S.V., Lyuri, D.I., Vormstein, S., Giani, L..2013. Self-restoration of post-agrogenic Albeluvisols: Soil development, carbon stocks and dynamics of carbon pools. *Geoderma*. 207-208, 221-233.

Kalliokoski, T. 2011. Root system traits of Norway spruce, Scots pine, and silver birch in mixed boreal forests: an analysis of root architecture, morphology, and anatomy. University of Helsinki, Department of Forest Sciences Faculty of Agriculture and Forestry.

- Kasparinska, Z., Ruskule, A. 2010. Lauksaimniecības zemju aizaugšanas tipi. Latvijas Universitātes 68. zinātniskās konferences Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, 111.-112.
- Kasparinskis, R. 2012. *Latvijas meža augšņu daudzveidība un to ietekmējošie faktori:promocijas darbs*. Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. Rīga.
- Kasparinskis, R., Nikodemus, O., Kukuļs, I., Rolavs, N., Tabors, G. 2011. Lauksaimniecības zemju apmežošanās ilgtermiņa ietekme uz augsnes morfoloģiju un īpašībām. *Mežzinātne*. 24(57), 17–40.
- Kateba, H.E, Zhanga, H., Zhangb, P., Mosandla, R..2013. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena*. 105, 1-10.
- Kārklīņš, A. 2008. *Augsnes diagnostika un apraksts*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības Universitāte.
- Kārklīņš A., Gemste I., Mežals H., Nikodemus O., Skujāns R., 2009. Latvijas augšņu noteicējs. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības Universitāte., 235.
- Koch, M., Jurasinski, G.. 2015. Four decades of vegetation development in a percolation mire complex following intensive drainage and abandonment. *Plant Ecology & Diversity*. 8 (1), 49-60.
- Kramer, P.J., Kozlowski T.T.. 1979. Physiology of woody plants. 811.
- Latvijas daba. 1994. Mežoles pauguraine. *Enciklopēdija. Latvija un latvieši*. 4. sēj., Preses nams, Rīga.
- Manlaya,R. J., Feller, C., Swift, M. J.. 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 217-233.
- Melecis, V. 2011. Ekoloģija. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds.
- Mežals, G. 1980. Meža augsnes zinātne. Rīga, Izdevniecība „Zvaigzne”.
- Nikodemus O., Kārklīņš A., Kļaviņš M., Melecis V., 2008. Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 254.
- Oleksyn,J., Modrzyński, J., Tjoelker, M. G., Zytowski, R., Reich, P. B., Karolewski,P. 1998. Growth and physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Functional Ecology*, 12 (4), 573–590.
- Powell, J., Klironomos, J. 2007. The Ecology of plant-microbial mutualisms. In:- Paul, E.A. *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Third edition. Oxford, Elsevier, 261-264.
- Pijl, L.. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*, 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin
- Puhe, J. 2003. Growth and development of the root system of Norway spruce (*Picea abies*) in forest stands – a review. *Forest Ecology and Management*. 175, 253-273.
- Ritchie, J. C., McCarty, G. W., Venteris, E. R., Kaspar, T. C.. 2007. Soil and soil organic carbon redistribution on the landscape. *Geomorphology*. 89 (1–2), 163–171.

Ruskule, A., Nikodemus, O., Kasparinska, Z., Kasparinskis, R., Brūmelis, G. 2012. Patterns of afforestation on abandoned agriculture land in Latvia. *Agroforestry Systems*. 85 (2), 215-231.

Schenk, H.J., Jackson, R.B. 2002. Rooting depths, lateral root spreads and belowground/aboveground allometries of plants in water-limited ecosystems. *Journal of Ecology* 90: 480–494.

Schume, H., Jost, G., Katzensteiner, K. 2002. Spatio-temporal analysis of the soil water content in a mixed Norway spruce(*Picea abies* (L.) Karst.)–European beech(*Fagus sylvatica* L.) stand. *Geoderma*. 112, 273-287.

Shugalei, L.S.. 2005. The Siberian afforestation experiment: history, methodology and problems. *NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences*. 55, 257-268.

Sparks, D.L. 1995. *Environmental soil chemistry*. San-Diego, California, Academic Press, 30-41.

Sparks, D.L.. 2003. *Environmental soil chemistry*. Second edition. Academic Press. p. 58.

Vanmechelen, L., Groenemans, R., Van Ranst, E. 1997. Forest Soil Condition in Europe. Results of a Large-Scale Soil Survey. Technical report. EC, UN/ECE, Ministry of the Flemish Community, Brussels, Geneva. 259.

Willson, M., Traveset, A..2000.The Ecology of Seed Dispersal. *Constraints*. 13, 85-110.

Wolt, J. D.. 1994.Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture.*Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture*.345

Kartogrāfiskie materiāli:

ORTOFOTO 5. LGIA Latvijas 5. etapa ortofoto karšu mozaīka. 0.5 m pikselis. LU ĢZGF WMS. Sk. 10.05.16. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

Interneta resursi:

Food and Agriculture Organization of the United Nations 2006. *Guidelines for soil description*. Rome.

Lazdiņš, A., Lazdiņa, D., Daugaviete, M., Makovskis, K. 2011. Dabiski apmežojušos lauksaimniecības zemju apsaimniekošana. LVMI „Silava”. Sk. 01.05.2015. Pieejams: <http://www.forestenergy.org/openfile/245>

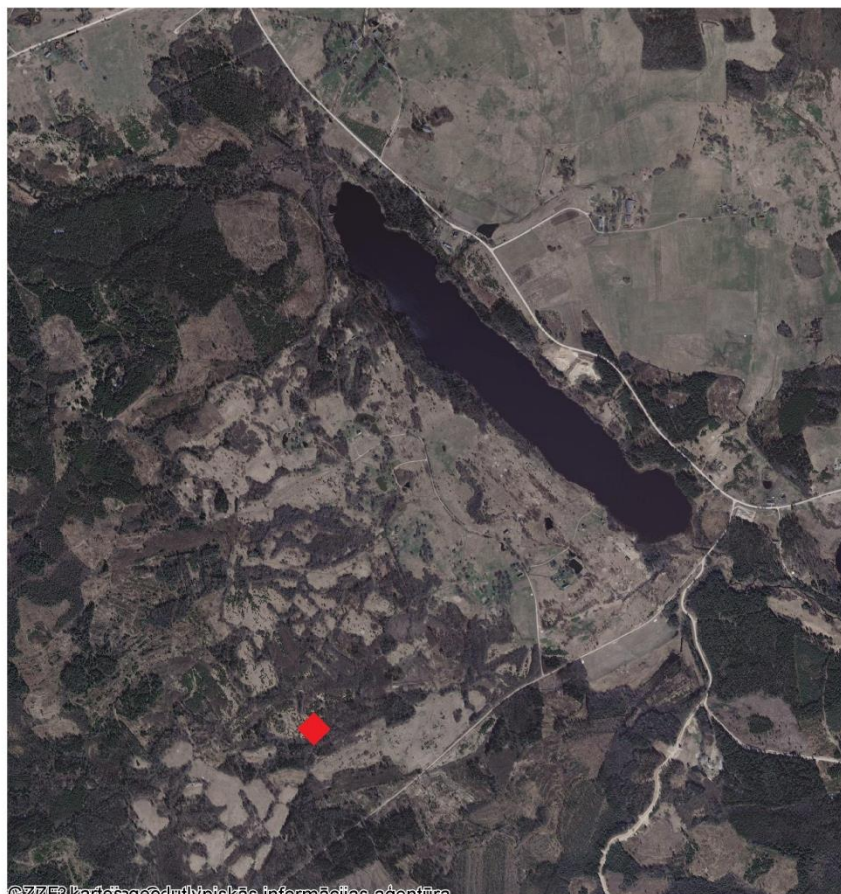
Spectrum Analytic Inc. [Bez dat.]. *Cation Exchange Capacity (CEC)*. Sk. 14.05.16. Pieejams: http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/CEC_BpH_and_percent_sat.htm

Nepublicētie materiāli:

Kasparinska, Z. 2010. Augsnes faktoru nozīme lauksaimniecībā izmantojamo zemju aizauģšanā: maģistra darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

PIELIKUMS

Pētāmās teritorijas atrašanas vieta



© ZEMA kartes un ģeogrāfiskās informācijas aģentūra

Apzīmējumi:



- pētāmās teritorijas atrašanas vieta

250 0 250 500 750 1000 m



Kartes pamatne: kartes.geo.lv

ORTOFOTO 5. LGIA Latvijas 5. etapa ortofoto karšu mozaīka. 0.5 m pikselis.

Autore: Aleksandra Ševčuka

Datums: 10.05.2016

2. pielikums

Determinācijas indeksi un korelācijas ciešuma rādītāji noteiktiem ķīmiskiem elementiem divos dziļumos (izveidoja autore).

1. dziļums		R ²	R	2. dziļums		R ²	R	
0-10 cm	Ca pret Mg	0.422	0.649615	10-20 cm	K pret Mg	0.235	0.484768	
	Al pret Mg	0.539	0.734166		Ca pret Mg	0.428	0.654217	
	pH pret Mg	0.328	0.572713		Ca pret K	0.194	0.440454	
	C pret Mg	0.251	0.500999		Al pret K	0.171	0.413521	
	Mg pret K	0.419	0.647302		pH pret K	0.247	0.496991	
	Al pret K	0.577	0.759605		pH pret Al	0.423	0.650385	
	Fe pret K	0.168	0.409878		C pret Mn	0.277	0.526308	
	K pret Ca	0.207	0.454973		C pret N	0.561	0.748999	
	Al pret Ca	0.324	0.56921					
	Ca pret Al	0.324	0.56921					
	Fe pret Al	0.425	0.65192					
	Mn pret Al	0.196	0.442719					
	pH pret Al	0.378	0.614817					
	Mn pret Fe	0.356	0.596657					
	pH pret Mr	0.262	0.511859					
	K pret pH	0.225	0.474342					
	C pret N	0.336	0.579655					
	C pret KAK	0.196	0.442719					
	Al pret KAK	0.374	0.611555					
	Fe pret KAK	0.198	0.444972					

3. pielikums

Dažādu zonu augsnes slāņu (0-10 cm un 10-20 cm) fizikāli ķīmisko parametru savstarpējais salīdzinājums (izveidoja autore)

Zonas	Apmaiņas katjoni								pH	N	C	egles saknes	graudzāļu saknes	tilpummasu blīvumi
	Na	Mg	K	Ca	Al	Fe	Mn							
1 un 2														
0-10 cm	n.b.	n.b.	*	*	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	
1 un 3														
0-10 cm	n.b.	n.b.	*	*	*	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	*	n.b.	*	
10-20 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	
1 un 4														
0-10 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	
1 un 5														
0-10 cm	n.b.	n.b.	*	*	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	*	*	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	
2 un 3														
0-10 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
2 un 4														
0-10 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
2 un 5														
0-10 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	*	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
3 un 4														
0-10 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
3 un 5														
0-10 cm	*	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
4 un 5														
0-10 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
10-20 cm	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	

* - rezultāti ir būtiski ($p < 0.05$) pēc Tukey un Scheffe testiem un Dunnett korekcijas.

n.b. – rezultāti nav būtiski ($p > 0.05$) pēc Tukey un Scheffe testiem un Dunnett korekcijas.

4. pielikums

Galveno komponentu analīzes (angl. - Principal component analysis (PCA)) rezultāti augsnes slāņiem (0-10 cm un 10-20 cm), kas tika iegūti ar datorprogrammu PCORD 5 (izveidoja autore)

1. augsnes slānis (0-10 cm)

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 10 AXES

AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Broken-stick Eigenvalue
1	3.488	24.912	24.912	3.252
2	2.457	17.549	42.461	2.252
3	2.171	15.508	57.970	1.752
4	1.746	12.473	70.443	1.418
5	0.927	6.622	77.065	1.168
6	0.856	6.112	83.177	0.968
7	0.703	5.021	88.197	0.802
8	0.555	3.968	92.165	0.659
9	0.416	2.968	95.133	0.534
10	0.298	2.127	97.260	0.423

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation
These are sometimes called V vectors, and, when applied to PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation coefficient between scores for rows in the main matrix and the column variables.

Faktori	Eigenvector					
	1	2	3	4	5	6
Na	-0.2716	0.1378	-0.4862	-0.2705	-0.6519	-0.0236
Mg	-0.6807	0.4238	0.1020	-0.4783	-0.0169	0.0093
K	-0.6229	0.5598	0.0528	0.2711	0.2443	0.1388
Ca	-0.8266	-0.0439	0.4436	-0.2314	-0.0117	-0.1117
Al	0.1139	-0.6826	0.4987	-0.0217	0.0598	-0.3429
Fe	-0.3379	-0.4018	0.2765	0.4348	-0.3755	0.3790
Mn	-0.3762	-0.2958	-0.4995	0.1296	-0.3048	-0.3716
pH(BaCl)	0.0600	0.8535	-0.2418	0.3496	-0.0514	-0.0232
N	-0.5592	-0.1297	-0.5161	0.3367	0.3130	-0.1342
C	-0.5538	-0.3872	-0.5427	0.2166	0.2273	-0.1634
KAK	-0.8514	0.0314	0.4106	-0.2518	-0.0079	-0.0944
Egļu sak	0.1251	-0.3924	-0.4883	-0.3747	0.1140	0.2700
Grāudzā]	-0.3787	-0.2720	0.1930	0.6524	-0.1101	0.2825
tiļpumma	0.3218	0.3222	0.2944	0.4460	-0.1645	-0.4659

BEGINNING RANDOMIZATIONS

RANDOMIZATION RESULTS

999 = number of randomizations

Axis	real data	Eigenvalues from randomizations				p *
		Minimum	Average	Maximum		
1	3.4877	1.7554	2.1850	3.1742	0.001000	
2	2.4569	1.4959	1.8630	2.3091	0.001000	
3	2.1712	1.3068	1.6257	1.9273	0.001000	
4	1.7462	1.1655	1.4275	1.7323	0.001000	
5	0.92709	1.0372	1.2541	1.5357	1.000000	
6	0.85567	0.91277	1.1047	1.3105	1.000000	
7	0.70292	0.74931	0.96609	1.1859	1.000000	
8	0.55546	0.63409	0.83302	1.0504	1.000000	
9	0.41556	0.51233	0.71709	0.90809	1.000000	
10	0.29773	0.42985	0.60733	0.77658	1.000000	

* p-value for an axis is (n+1)/(N+1), where n is the number of randomizations with an eigenvalue for that axis that is equal to or larger than the observed eigenvalue for that axis. N is the total number of randomizations.

2. augsnes slānis (10-20 cm)

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 10 AXES

AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Broken-stick Eigenvalue
1	5.255	37.534	37.534	3.252
2	2.036	14.540	52.075	2.252
3	1.673	11.950	64.024	1.752
4	1.300	9.287	73.312	1.418
5	0.976	6.970	80.281	1.168
6	0.652	4.658	84.939	0.968
7	0.606	4.330	89.269	0.802
8	0.508	3.631	92.900	0.659
9	0.298	2.129	95.029	0.534
10	0.241	1.720	96.750	0.423

Eigenvector

Faktori	1	2	3	4	5	6
Na	-0.1528	0.6294	0.1970	0.4919	-0.4111	-0.1855
Mg	0.8580	0.1882	-0.0376	0.0382	-0.2424	-0.0599
K	0.7060	-0.0167	-0.1822	-0.0507	-0.2518	0.5409
Ca	0.8071	-0.1322	0.0992	-0.3848	-0.2207	-0.2028
Al	-0.8116	0.1230	0.2484	-0.1414	-0.1526	0.2486
Fe	-0.6260	0.4037	0.0401	-0.1575	-0.5657	-0.0166
Mn	-0.5007	0.6429	-0.1293	-0.3907	0.1784	-0.0031
pH(BaCl)	0.6803	-0.0397	-0.1421	0.5746	-0.0274	0.0139
N	0.2905	0.6162	-0.5258	0.1768	0.2872	-0.0483
C	0.5653	0.5907	-0.2188	-0.1792	0.0717	0.2875
KAK	0.8629	-0.0938	0.0706	-0.3375	-0.2459	-0.1419
Eglu sak	0.3273	0.2826	0.6677	0.3088	0.1644	0.0335
Graudzāl	-0.2745	-0.0922	-0.7906	0.0327	-0.1647	-0.2385
tilpumma	-0.5005	-0.4093	-0.2986	0.3238	-0.2402	0.2343

BEGINNING RANDOMIZATIONS

RANDOMIZATION RESULTS

999 = number of randomizations

Axis	real data Eigenvalue from	Eigenvalues from randomizations			p *
		Minimum	Average	Maximum	
1	5.2548	1.8191	2.1871	2.8749	0.001000
2	2.0357	1.5130	1.8635	2.2938	0.073000
3	1.6730	1.3544	1.6228	1.9172	0.284000
4	1.3002	1.1621	1.4294	1.6782	0.949000
5	0.97574	1.0241	1.2606	1.5255	1.000000
6	0.65208	0.92606	1.1046	1.3650	1.000000
7	0.60624	0.71808	0.96348	1.1498	1.000000
8	0.50836	0.63525	0.83558	1.0525	1.000000
9	0.29809	0.51770	0.71312	0.91847	1.000000
10	0.24085	0.42036	0.60135	0.78985	1.000000

* p-value for an axis is $(n+1)/(N+1)$, where n is the number of randomizations with an eigenvalue for that axis that is equal to or larger than the observed eigenvalue for that axis. N is the total number of randomizations.

5. pielikums

Augsnes fizikāli ķīmisko analīžu vidējie rezultāti pa zonām (izveidoja autore).

1. augsnes slānis	Na	Mg	K	Ca	Al	Fe	Mn	pH(BaCl)	N	C	C/N attiecība	oglekļa krāja	KAK	Egles saknes	Graudzāju saknes	tilpummasas blīvums
Stumbrs	5,88	97,27	141,12	1111,20	1,12	0,12	7,93	5,46	0,16	2,12	13,12	259,94	6,75	580,05	3,43	1,23
Stumbram pieguļošā zona	5,23	76,66	76,51	786,06	9,58	0,17	11,11	4,71	0,14	1,78	12,55	221,76	4,79	297,35	15,53	1,25
Vainags	5,33	71,47	76,78	780,67	11,80	0,25	13,10	4,72	0,15	1,69	11,79	229,53	4,70	68,09	138,74	1,36
Vainaga robeža	5,20	75,90	82,13	856,69	7,48	0,25	13,47	4,83	0,16	1,79	11,47	237,27	5,15	37,15	224,48	1,32
Pļava	3,55	75,95	99,70	843,47	6,50	0,23	12,64	4,81	0,15	1,85	12,72	242,56	5,12	23,37	204,07	1,31
2. augsnes slānis	Na	Mg	K	Ca	Al	Fe	Mn	pH(BaCl)	N	C	C/N attiecība	Oglekļa krāja	KAK	Egles saknes	Graudzāju saknes	tilpummasas blīvums
Stumbrs	4,99	54,25	40,98	671,15	7,56	0,10	6,58	4,86	0,11	1,23	11,46	180,21	3,93	143,83	2,15	1,47
Stumbram pieguļošā zona	5,00	57,08	42,56	676,20	8,70	0,14	7,72	4,89	0,11	1,25	11,51	181,97	3,99	51,63	10,70	1,45
Vainags	5,04	57,12	47,23	709,85	7,16	0,11	6,77	4,99	0,10	1,14	11,42	175,22	4,17	11,44	11,91	1,54
Vainaga robeža	6,41	64,15	64,59	725,65	5,72	0,12	7,17	5,06	0,10	1,15	10,99	179,37	4,36	6,08	19,45	1,57
Pļava	4,66	62,62	68,86	772,19	5,64	0,23	6,42	5,08	0,11	1,17	11,01	178,74	4,58	7,12	50,41	1,52

*1. augsnes slānis ir 0-10 cm dziļumā;

2. augsnes slānis ir 10-20 cm dziļumā.

6. pielikums

Augsnes fizikāli ķīmisko analīžu vidējie rezultāti pa debespusēm un zonām (izveidoja autore).

1.slānis

1. slānis 0-10 cm dziļumā	Attālums cm	Debesp use	Egles saknes (g)	Graudzāju saknes (g)	tilpummasas blīvums (g/cm3)	Na mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Al mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	pH mg/kg	N mg/kg	C mg/kg	C/N ratio	t C ha-1	CEC
Stumbrs	0-20	Z	544,00	0,00	1,21	3,54	99,03	106,13	1275,94	0,60	0,10	3,38	5,41	0,16	1,47	9,32	177,88	7,49
	0-20	A	433,10	1,50	1,24	8,32	100,80	121,27	1046,73	1,85	0,19	9,32	5,14	0,17	2,22	12,79	275,53	6,42
	0-20	D	783,30	0,40	1,20	6,12	102,42	220,95	1024,57	0,12	0,06	10,26	5,25	0,18	2,47	13,81	296,68	6,57
	0-20	R	559,80	11,80	1,25	5,53	86,84	116,12	1097,55	1,89	0,12	8,74	6,04	0,14	2,31	16,54	289,66	6,53
Stumbram pieguļošā zona	40-60	Z	326,20	0,00	1,10	6,81	87,19	71,91	903,05	2,97	0,10	13,36	4,89	0,15	1,95	12,79	215,57	5,46
	40-60	A	155,60	31,20	1,42	5,60	74,54	84,50	705,27	9,12	0,13	5,46	4,96	0,15	1,74	11,79	246,04	4,39
	40-60	D	428,90	7,50	1,23	4,41	75,41	77,54	704,80	14,54	0,25	14,14	4,58	0,14	1,85	12,87	227,02	4,37
	40-60	R	278,70	23,40	1,27	4,08	69,50	72,11	831,13	11,69	0,19	11,49	4,40	0,12	1,56	12,74	198,42	4,94
Vainags	80-100	Z	73,60	182,00	1,36	5,92	71,62	65,21	710,94	6,51	0,17	15,00	4,94	0,19	1,78	9,48	241,80	4,34
	80-100	A	44,18	91,43	1,40	4,01	68,86	73,55	723,83	14,66	0,16	10,86	4,89	0,13	1,57	11,88	219,88	4,40
	80-100	D	71,23	168,90	1,38	8,16	73,82	67,68	737,71	14,56	0,44	12,74	4,61	0,13	1,68	12,58	230,93	4,51
	80-100	R	83,38	112,63	1,31	3,24	71,60	100,67	950,20	11,45	0,24	13,81	4,43	0,13	1,72	13,21	225,50	5,56
Vainaga robeža	240-260	Z	28,40	364,30	1,35	7,70	69,33	65,28	615,98	13,34	0,51	19,64	4,91	0,19	1,79	9,20	242,46	3,86
	240-260	A	58,30	182,10	1,33	5,25	76,17	88,54	902,92	8,27	0,20	8,33	5,01	0,16	1,87	11,99	248,08	5,40
	240-260	D	27,50	46,90	1,20	4,46	90,09	90,82	914,05	2,55	0,15	15,46	4,85	0,14	1,68	12,20	201,18	5,57
	240-260	R	34,40	304,60	1,41	3,38	68,02	83,87	993,81	5,75	0,15	10,45	4,57	0,15	1,83	12,51	257,35	5,77
Pļava	280-300	Z	5,70	311,27	1,34	3,84	68,73	89,44	689,29	7,55	0,32	11,99	4,82	0,13	1,64	12,62	219,88	4,27
	280-300	A	31,83	304,47	1,38	2,63	86,00	119,72	949,88	3,32	0,09	7,63	5,16	0,15	1,84	12,13	253,66	5,78
	280-300	D	40,10	92,10	1,20	4,42	83,92	93,68	841,68	5,75	0,27	15,17	4,78	0,15	1,92	12,59	228,19	5,17
	280-300	R	15,85	108,45	1,33	3,30	65,15	95,95	893,04	9,37	0,26	15,76	4,50	0,15	2,02	13,56	268,52	5,27

2.slānis

2. slānis	Attālums cm	Debesp use	Egles saknes	Graudzāju saknes	tilpummasas blīvums	Na mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Al mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	pH mg/kg	N mg/kg	C mg/kg	C/N ratio mg/kg	t C ha-1 mg/kg	CEC mg/kg
Stumbrs	0-20	Z	257,30	0,00	1,47	7,59	56,55	45,59	683,23	3,37	0,12	6,97	4,93	0,11	1,26	11,58	185,00	4,04
	0-20	A	74,70	2,60	1,54	3,81	47,65	34,45	500,14	9,03	0,08	5,52	4,90	0,10	1,07	11,14	164,99	3,00
	0-20	D	160,10	2,60	1,42	3,57	56,70	35,31	605,71	4,30	0,09	7,07	4,83	0,11	1,22	11,51	172,54	3,61
	0-20	R	83,20	3,40	1,46	4,99	56,09	48,58	895,52	13,52	0,12	6,77	4,76	0,12	1,36	11,62	198,30	5,09
Stumbram pieguļošā zona	40-60	Z	57,10	1,50	1,40	4,84	60,21	50,26	748,74	5,83	0,22	7,95	4,98	0,11	1,27	11,52	178,01	4,40
	40-60	A	44,70	32,80	1,49	3,47	47,01	42,25	526,19	11,17	0,08	6,85	4,91	0,12	1,39	11,59	208,30	3,15
	40-60	D	76,90	0,60	1,45	6,48	64,11	34,16	620,49	4,91	0,09	8,83	4,87	0,11	1,18	11,07	171,93	3,75
	40-60	R	27,80	7,90	1,48	5,22	56,98	43,56	809,37	12,89	0,15	7,24	4,81	0,10	1,15	11,88	169,64	4,66
Vainags	80-100	Z	18,85	16,03	1,54	6,05	54,93	52,55	616,59	3,82	0,16	8,16	5,11	0,10	1,18	11,24	180,85	3,70
	80-100	A	7,70	8,80	1,62	4,36	42,90	40,84	542,17	9,36	0,08	5,48	5,04	0,09	1,00	10,64	162,02	3,19
	80-100	D	10,50	9,88	1,50	4,87	64,32	43,11	699,01	6,25	0,10	6,22	4,92	0,10	1,16	11,18	173,23	4,16
	80-100	R	8,73	12,93	1,51	4,87	66,32	52,41	981,60	9,21	0,10	7,22	4,90	0,10	1,23	12,63	184,77	5,62
Vainaga robeža	240-260	Z	11,10	25,30	1,52	11,79	64,31	54,57	654,22	2,73	0,08	10,12	5,26	0,12	1,45	12,20	219,54	4,00
	240-260	A	11,20	30,30	1,65	4,48	59,52	55,77	644,24	9,78	0,08	5,70	5,06	0,10	0,97	9,29	160,78	3,88
	240-260	D	1,40	5,10	1,47	4,98	75,64	81,88	773,05	4,30	0,12	5,99	4,93	0,11	1,19	10,88	174,81	4,73
	240-260	R	0,60	17,10	1,63	4,39	57,14	66,16	831,08	6,05	0,21	6,89	4,99	0,09	1,00	11,59	162,36	4,82
Pļava	280-300	Z	5,10	16,60	1,57	4,38	58,37	72,04	666,58	4,48	0,06	6,94	5,19	0,11	1,31	11,65	206,29	4,02
	280-300	A	12,13	31,30	1,64	3,92	69,17	69,52	814,71	4,61	0,08	6,09	5,20	0,11	1,07	9,57	175,58	4,85
	280-300	D	8,30	12,65	1,34	6,24	70,70	71,98	717,18	3,58	0,11	5,31	5,07	0,09	0,98	11,36	131,12	4,39
	280-300	R	2,95	141,10	1,53	4,08	52,24	61,90	890,31	9,88	0,66	7,34	4,86	0,12	1,32	11,44	201,98	5,06

Bakalaura darbs „nosaukums” izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

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

Autore: Aleksandra Ševčuka

paraksts

datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: Dr. geogr. Raimonds Kasparinskis

paraksts

datums

Recenzents:

Darbs iesniegtsnodaļas lietvedībā
(nodaļas nosaukums) (datums)

Nodaļas lietvede

paraksts

datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvētsakadēmisko studiju gala
pārbaudījumu komisijas sēdē

..... protokola nr. vērtējums
gads, datums, mēnesis

Sekretārs:

paraksts

datums