

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
AUGU FIZIOLOĢIJAS KATEDRA

DĪGSTU TESTA SISTĒMAS IZSTRĀDĀŠANA UN
VALIDĀCIJA AUGU AUGŠANU VEICINOŠO PRODUKTU
PĀRBAUDEI

Bakalaura darbs

Autors: Silvija Meža

Stud. apl. Nr. sm14014

Darba vadītājs: Dr. hab. biol., prof. Ģederts Ieviņš

RĪGA 2017

KOPSAVILKUMS

Darbā pētīja dažādu humīnskābju (HS) un aļģu ekstraktu (AE) preparātu ietekmi uz augu dīgstiem dažādās koncentrācijās. Vēl darba mērķis bija izstrādāt un aprobēt dīgstu testa sistēmu. Darbā izmantoja dažādu ražotāju četrus HS un trīs AE preparātus. Pielietoja divas testu sistēmas – dārzeņu un graudaugu dīgstu testus. Pētījumā secināja, ka 1) HS preparāti un AE dažādās koncentrācijās atšķirīgi ietekmē dīgstu augšanu; 2) dažādas izcelsmes HS un AE preparāti atšķirīgi ietekmē augus; 3) ar dārzeņu un graudaugu dīgstu metodi salīdzinoši īsā laikā (vienā nedēļā) iespējams pārbaudīt HS produktu ietekmi uz augu augšanu; 4) HS un AE preparātiem kopumā ir augu augšanu veicinoša ietekme, taču, lai to uzzinātu, ir nepieciešama priekšizpēte. Pretējā gadījumā sagaidītā pozitīvā efekta vietā var būt pat inhibējoša ietekme.

Atslēgvārdi: Humīnskābe, aļģu ekstrakti, augu dīgsti, HS/AE koncentrācija.

SUMMARY

The aim of the study was to find effect of different humic acids (HA) and algae extracts (AE) on plant seedlings in different concentrations and also to develop and approbate a seedling test system. Four HA and three AE products were used. Two test systems were used: vegetable and ceral seedling tests. It was concluded that: 1) the effect of HA and AE products on plants in different concentrations varied; 2) different origin HA and AE effect plants differently; 3) it is possible to test the effect of HA and AE on plant growth by using both seedling growth tests in a relatively short period of time (one week); 4) HA and AE products have plant growth promoting effect, but testing before is needed to know the optimal concentration. Otherwise in place of the expected effect an inhibiting effect can occur.

Keywords: humic acid, algae extract, plant seedlings, HA/AE concentration.

SATURS

Kopsavilkums.....	2
Summary	3
Saturs.....	4
Ievads	5
1. Litertūras apskats.....	6
1.1. Augu augšanu veicinošo produktu vispārīgs raksturojums	6
1.2. Humīnvielas saturošie produkti	7
1.2.1. Humīnskābju rašanās un sastopamība dabā	7
1.2.2. Humīnskābju ietekme uz augiem	11
1.2.3. Humīnskābes saturošu produktu praktiskā izmantošana	13
1.3. Aļģu ekstrakti, to raksturojums un īpašības.....	14
1.4. Augu augšanu veicinošo produktu kvalitātes izvērtēšana.....	16
2. Materiāli un metodes.....	17
2.1. Pētījumos izmantotie preparāti	17
2.2. Dārzeņu sēklu tests	17
2.3. Graudaugu dīgstu tests.....	19
2.4. Rezultātu analīze	20
3. Rezultāti	21
3.1. Dārzeņu dīgstu tests	21
3.2. Graudaugu dīgstu tests.....	27
5. Diskusija.....	36
Secinājumi.....	40
Pateicības.....	41
Izmantotā literatūra	42

IEVADS

Augu augšanu veicinošie produkti kā humīnskābes (HS) un aļģu ekstrakti (AE) ir biežāk izmantotie gan pētniecībā, gan komerciāli pieejamākie. HS ir organiskas vielas, kas rodas sadaloties augu un dzīvnieku organiskajām atliekām (Pettit 2014). HS dabīgi sastopamas augsnē, kā arī ūdenī. Komerciāli ražotie HS produkti ir iegūti no vermikomposta, kūdras vai sapropeļa. AE iegūst no dažādu sugu aļģēm.

Kā liecina pētījumi, gan HS, gan AE, izmantoti pareizās koncentrācijās, var būtiski uzlabot augu augšanu. Tie uzlabo barības vielu uzņemšanu augā (Chen *et al.* 1990, Craigie 2011), satur fitohormonus un tiem līdzīgus savienojumus (Crouch *et al.* 1993, Craigie 2011), kā arī uzlabo ūdens aizturēšanu augsnē un veicina labvēlīgo augsnes mikroorganismu vairošanos (Aşik *et al.* 2009). AE arī palielina auga toleranci pret abiotisko un biotisko stresu (Khan *et al.* 2009). Neapšaubāmi, ir daudz pozitīvu ieguvumu no šiem produktiem, tomēr, tā kā pētījumi ir veikti ar dažādām augu sugām un atšķirīgām metodēm, tos ir grūti salīdzināt un ieraudzīt kopsakarības, piemēram, optimālās HS un AE koncentrācijas.

Bakalaura darba mērķis: Salīdzināt vairāku HS un AE preparātu ietekmi uz dažādu augu dīgtiem atšķirīgās koncentrācijās.

Bakalaura darba uzdevumi:

1. Apgūt dārzeņu un graudaugu dīgstu testu.
2. Pārbaudīt un salīdzināt vairāku komerciāli ražotu HS un AE preparātu augu augšanu ietekmējošo aktivitāti.

1. LITERTŪRAS APSKATS

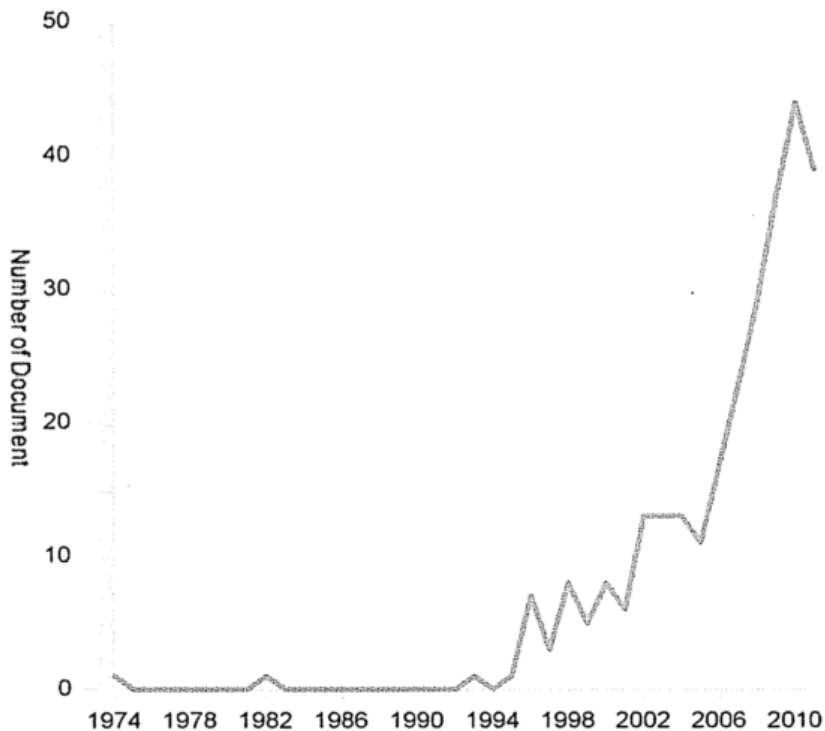
1.1. Augu augšanu veicinošo produktu vispārīgs raksturojums

Jau gadsimtiem ilgi cilvēki ir mēslojuši laukus ar dažādām augu augšanu veicinošām vielām. Visbiežāk tās ir bijušas sadalījušās augu un dzīvnieku atliekas. Lai arī nebija precīzi zināms ne šo produktu saturs, ne iedarbības mehānisms, tomēr ilggadīga pieredze rādīja, ka lauku mēslošana ievērojami palielina ražu.

Mūsdienās ir izpētīts, ka šie organiskās izcelsmes mēslojumi satur gan augam nepieciešamās minerālvielas, gan arī citus savienojumus, kas uzlabo augu augšanu. Šos savienojumus dēvē par augu augšanu veicinošiem produktiem (AAVP) jeb augu biostimulantiem. G. L. Kaufmans AAVP definējis kā vielas, kas nelielās koncentrācijās uzlabo augu augšanu (Kauffman *et al.* 2007). Būtiski, ka pie AAVP nepieder mēslojumi, kuru galvenā nozīme ir tikai auga nodrošināšana ar tam nepieciešamajām barības vielām. Kaut arī augu biostimulanti var saturēt atšķirīgu daudzumu barības vielu, to primārais mērķis nav nodrošināt augam mikro- un makroelementus (Jardin 2012). Līdz ar to, AAVP galvenokārt uzlabo augu augšanu nevis ar to sastāvā esošām minerālvielām, bet ar sastāvā esošiem bioloģiski aktīviem savienojumiem, piemēram, fitohormoniem.

Mūsdienās plaši izmanto ķīmiski sintezētus mēslojumus, kuri satur visas augam nepieciešamās minerālvielas, tomēr to sastāvā nav augu biostimulantos esošo bioloģiski aktīvo savienojumu. Īpaši pēdējo gadu laikā augu biostimulantu popularitāte ir ievērojami pieaugusi (1. attēls). Tas liecina par pieaugušu interesi par AAVP, jo tiem piemīt vairākas pozitīvas ietekmes, kuras ķīmiskie mēslojumi nevar nodrošināt. Bez tam, cilvēki meklē alternatīvu ķīmiskajiem mēslojumiem, kuriem var būt negatīva ietekme uz vidi.

Pie augu augšanu veicinošiem produktiem pieder humīnvielas (HV), aļģu ekstrakti (AE), neorganiskie sāļi, aminoskābes, kā arī vairāki citi slāpekli saturoši savienojumi (Jardin 2012). Gan zinātniskajos pētījumos, gan komerciāli visbiežāk ir izmantoti humīnvielu un aļģu ekstraktu preparāti. Taču, kaut arī augu augšanu veicinoši līdzekļi satur atšķirīgu daudzumu barības vielu, tie nespēj nodrošināt visas augam nepieciešamās barības vielas. Tāpēc, lai nodrošinātu optimālāko augu augšanu, ir jāizmanto gan augšanas veicinošie produkti, gan papildus minerālvielas. Tomēr, īsti nav zināma optimālā AAVP un minerālvielu daudzuma attiecība. Iespējams, ka labākie rezultāti ir izmantojot HV vai AE kopā ar samazinātu barības vielu daudzumu (Zhang *et al.* 2003).



1. attēls. Rakstu skaits, kuru nosaukumā vai anotācijā ietverts termins "biostimulants" pēdējo 40 gadu laikā. (Jardin 2012)

Figure 1. The number research papers which include the term "biostimulants" in the title or annotation in the latest 40 years.

Daļa no augu augšanas veicinošajiem produktiem satur augu hormoniem līdzīgus savienojumus (Calvo 2014). Līdz ar to, iespējams, ka daudzu AAVP pozitīvā ietekme uz augu skaidrojama ar to spēju ietekmēt augu hormonālo aktivitāti (Schmidt *et al.* 2003). Šmits apgalvo, ka humīnskābes un aļģu ekstrakti izmaina fitohormonu daudzumu attiecības – palielinās citokinīni un auksīni, savukārt samazinās etilēns, kas būtiski izmaina tālāko auga augšanu. Izmantojot biotimulantus, augam uzlabojas arī barības vielu uzņemšana, kā arī to efektīva izmantošana, augiem paaugstinās tolerance pret abiotisko stresu un uzlabojas ražas kvalitāte (Crouch *et al.* 1993, Critchley *et al.* 2009, Rathore *et al.* 2009) Daļa AAVP var uzlabot augsnes kvalitāti, jo to klātbūtne veicina augsnes mikroorganismu vairošanos (Jardin 2012).

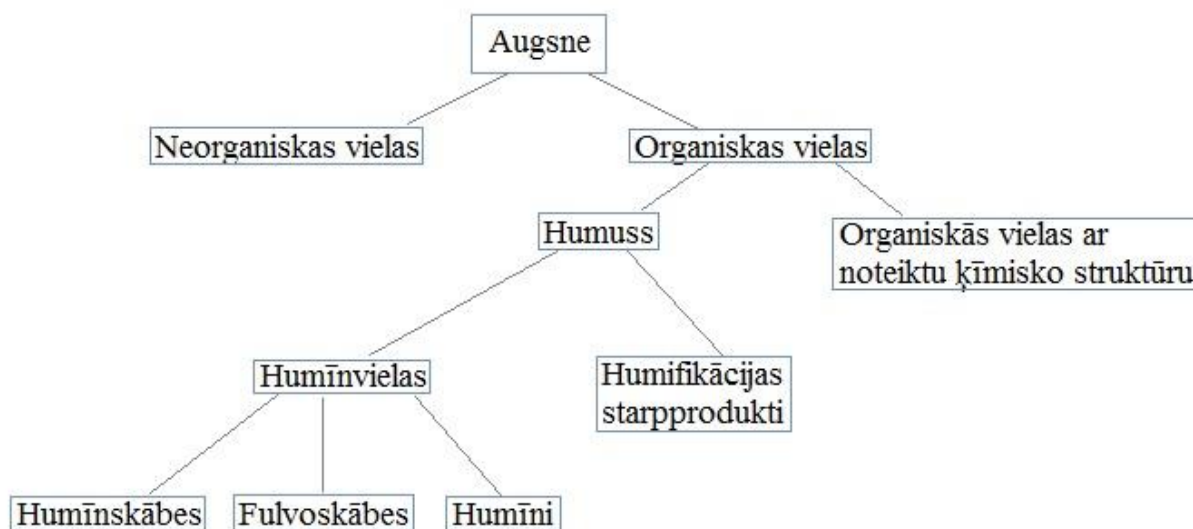
1.2. Humīnvielas saturošie produkti

1.2.1. Humīnskābju rašanās un sastopamība dabā

Augu augšanai vitāli ir nepieciešams substrāts, no kura tie iegūst barības vielas un ūdeni. Savvaļas augu un plašās teritorijās audzēto lauksaimniecības kultūru substrāts ir augsne –

neorganisko un organisko vielu komplekss. Neorganisko augsnes daļu veido smiltis, ūdens un minerālvielas. Savukārt, augsnes organisko vielu daļu veido ļoti dažādu, reizēm kompleksu vielu kopums. Tas variē atkarībā no konkrētās vietas abiotisko un biotisko faktoru mijiedarbes ilgstošā laika periodā.

Populārzinātniskajā literatūrā visu augsnes organisko vielu kopumu visbiežāk sauc par humusu. Saistībā ar augsnes zinātniskajiem pētījumiem šis apgalvojums nav visai precīzs, tādēļ nav izmantojams. Balstoties uz Petita rakstā pausto, humusa vielu sastāvā nevar ieskaitīt tādus organiskos savienojumus kā, piemēram, ogļhidrātus, taukus, vaskus, proteīnus u.c., jo tiem ir konkrēta, nosakāma ķīmiskā struktūra (Pettit 2014). Tāpēc pie humusa pieskaitāmas tikai tās vielas, kas ir bez šādas konkrētas, ķīmiski un strukturāli klasificējamās uzbūves. Sekojot Petita pamatojumam, augsni veido trīs galvenās ķīmisko savienojumu grupas: 1) neorganiskie savienojumi; 2) organiskie savienojumi ar noteiktu, sistematizējamu struktūru; 3) organiskie savienojumi bez noteiktas, sistematizējamās struktūras jeb humuss (2. attēls).



2. attēls. Augsnes galvenie komponenti (modificēts pēc Petita 2014).
 Figure 2. The main components of soil (modified by Pettit 2014)

Humuss veidojas sadaloties augu un dzīvnieku atliekām mikroorganismu ietekmē. Šo procesu sauc par humifikāciju (Unknown 2007). Humusa daudzums dažādos augšņu tipos ir ļoti mainīgs. Dabiskos izcelsmes biotopos augsnes humusa daudzums var pārsniegt pat 10% no kopējās augsnes masas. Piemēram, Ziemeļamerikas prēriju augšējais augsnes slānis, kas tiek uzskatīts par ļoti auglīgu, var saturēt 6% humusa, savukārt, nabadzīgās smilšainās augsnesir mazāk par 1%

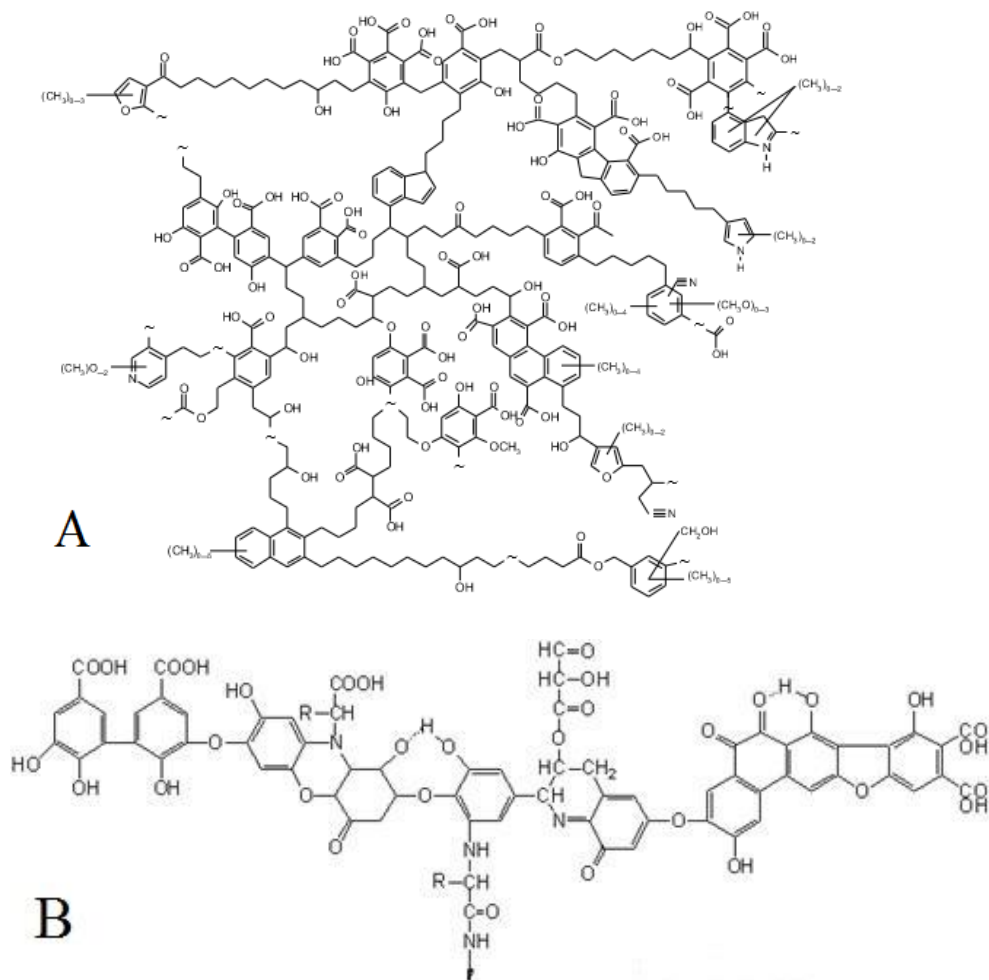
(Stevenson 1994). Vielas, kas atrodamas humusa sastāvā, var būt arī ūdenī izšķīdušā veidā (Piccolo 1996).

Humusu veido humīnvielas (HV), kuras var iedalīt vairākās grupās: humīnos, fulvoskābēs un humīnskābēs (HS). Šis iedalījums ir balstīts uz humīnvielu šķīdību šķīdumos ar dažādu pH. No šīm trīs grupām visatšķirīgākie ir humīni. Tie nešķīst ne skābā, ne sārmainā šķīdumā. Salīdzinot ar pārējām HV, humīniem ir lielākā molekulas masa un tie vislētāk sadalās (Pettit 2014). Humīni paaugstina augsnes spēju saturēt ūdeni, uzlabo augsnes struktūru, veicina katjonu apmaiņu, tādējādi kopumā uzlabojot augsnes auglību (Pettit 2014). Savukārt, fulvoskābes un HS abas šķīst sārmainā šķīdumā un tām ir līdzīga molekulārā uzbūve, taču fulvoskābes šķīst arī skābē, to molekulārā masa ir mazākā no visām HV un tām ir augstāks skābekļa, bet zemāks slāpekļa saturs nekā HS (Tate 2000). Fulvoskābes var saturēt pat divas reizes vairāk skābekļa, nekā HS (Pettit 2014). Fulvoskābes tiek izmantotas daudzos mēslojumos, jo tās ir efektīvākās zināmās oglekli piesaistošās vielas (Pettit 2014). Pastāv teorija, kura pauž, ka fulvoskābes rodas tālāk sadaloties HS (Waksman 1932), taču ir arī teorija ar pilnīgi pretēju uzskatu, respektīvi, ka HS rodas no fulvoskābēm (Stevenson 1982).

HS ir sarežģīta ķīmiskā struktūra. Ņemot vērā iepriekš minēto par HS un fulvoskābju saistību, varētu teikt, ka HS ir daudzas savienotas fulvoskābju molekulas. Katrai HS molekulai ir atšķirīga, pat unikāla strukturālā uzbūve. Līdz ar to, kaut arī ir bijuši vairāki mēģinājumi, HS molekulārā struktūra precīzi nav noteikta un, domājams, ka tas pat nebūs iespējams tuvākajā laikā (Tate 2000). Šulcens un Šnitcers (Schulten, Schnitzer 1993) ir izstrādājuši HS iespējamo modeli (3. A attēls).

HS molekulārās struktūrformulas aptuvena noteikšana būtu viens no veidiem, kā labāk izprast to īpašības. Zināms, ka HS ir daudz molekulāri savienojumi, kuras satur kopā ar van der Vālsa spēkiem, π - π saitēm, ūdeņraža saitēm, kā arī ar jonu mijiedarbībām. Vidēji HS molekulu veido apmēram 35% aromātisko oglekļa gredzenu, pārējo veido dažādas oglekļa ķēdes (Pettit 2014). Starp HS molekulu un dažādiem organiskajiem savienojumiem, piemēram, kā aminoskābēm, proteīniem, peptīdiem u.c., var izveidoties arī kovalentā saite (Tate 2000).

HS sastāvu ietekmē to rašanās vieta: tur esošā veģetācija, cilmiezis, augsnes pH (Piccolo 1996). HS sastāvu ietekmē arī to veidošanās dziļums augsnē. HS, kas atrodas organiskajām vielām bagātos slāņos, satur mazāk aromātisko savienojumu un saistītā aromātiskā oglekļa, un tās pēc struktūras atgādina Šulcena un Šnitcera veidoto modeli (Chen 1995). Savukārt, HS, kas atrodas minerālos augsnes slāņos, satur vairāk polimērus un pēc struktūras vairāk atgādina Stīvensona modeli (Stevenson 1982) (3.B attēls).



3. attēls. Humīnskābes molekulu modeļi:

A- pēc Schulten, Schnitzer, 1993; B- pēc Stevenson, 1982.

Figure 2. The molecule models of humic acid:

A- by Schulten and Schnitzer, 1993; B- by Stevenson, 1982.

Pastāv vairākas HS rašanās teorijas. Biežāk pieminētā no tām ir lignīna teorija (Waksman 1932), kura apgalvo, ka HS veidojas no lignīna, kas tiek pilnībā sadalīts ar mikroorganismu palīdzību. Savā pētījumā Vaksmans parādīja arī tālāko HS sadalīšanās gaitu, kad, sadaloties HS, veidojas fulvoskābes molekulas.

Cita HS veidošanās gaita parādīta polifenolu teorijā (Stevenson 1982). Tā pamatojas uz līdzīgu principu, taču norāda, ka lignīns nav vienīgais HS izejmateriāls. Polifenolu teorijas piekritēji uzskata, ka HS rodas no lignīna un celulozes veidotiem polifenoliem, turklāt, pretēji lignīna teorijai, HS veidojas no vairākām fulvoskābju molekulām. Viņu argumenti ir vērā ņemami, jo HS ir atrastas arī vietās, kur nav lignīna klātbūtnes (Siaz-Jimenez 1987). Tas, iespējams, norāda uz Vaksmana izstrādātās lignīna teorijas nepilnībām.

1.2.2. Humīnskābju ietekme uz augiem

HS ietekme uz augiem ir plaši pētīta. Pētījumu rezultāti rāda, ka HS ir gan tieša, gan arī netieša ietekme uz augiem. HS tiešā ietekme ir ievērojami uzlabota augu augšana, uzlabotu barības vielu uzņemšanu un pieejamību (Chen *et al.* 1990). HS netiešā ietekme ir saistīta ar augsnes aerāciju, labāku ūdens caurlaidību un aizturēšanu augsnē (Aşik *et al.* 2009). Vairākos pētījumos ir secināts, ka, substrātam pievienojot humīnvielas, augi ir auguši ievērojami labāk, nekā tie, kuru substrātiem tās nebija pievienotas (Chen *et al.* 1990, Atiyeh *et al.* 2002, Arancon *et al.* 2006, Aşik *et al.* 2009). Pētīta ir arī HS pozitīvā ietekme uz sēklu dīģšanu – sēklas izdīgst ātrāk, kā arī tajās notiek ātrāka ūdens uzņemšana (Chen *et al.* 1990). Tomēr daudzos pētījumos nosaka viena veida HS ietekmi uz augu augšanu, nereti preparātu pārbaudei izmantojot vienu augu sugu. Tāpēc rezultātus ir grūti vispārināt un nevar apgalvot, ka ietekme uz visiem augiem būs līdzīga.

Pētījumā par HS ietekmi uz kviešu augšanu ūdenī vai Hoaglanda barības šķīdumā (Vaughan *et al.* 1985) (skat. 1. tabulu.) redzams, ka HS veicina hipokotila un dīģsaknes augšanu, salīdzinot ar ūdenī audzētiem. Audzējot kviešus Hoaglanda barības vielu šķīdumā, tika iegūti labāki rezultāti pretstatā HS un ūdenī audzētiem, taču variantā ar HS un Hoaglanda barības vielu šķīdumu kviešu dīģsaknes un hipokotila masa bija vislielākā, kaut arī variantam tikai ar Hoaglanda barības vielu šķīdumu bija nodrošinātas visas nepieciešamās barības vielas. Pētījumā parādīja, ka HS vairāk stimulē saknes nevis dzinumus augšanu.

1.tabula.

Humīnskābes (HS) (50 mg L^{-1}) ietekme uz kviešu augšanu ūdenī vai Hoaglanda barības vielu šķīdumā. (Vaughan *et al.* 1985)

Table 1

The effect of 50 mg L^{-1} humic acid on wheat growth with water or Hoagland's nutrient solution. (Vaughan *et al.* 1985)

Barotnes veids	Auga orgāns	Svaigais svars (mg/auga)	Stimulācija (%)
Ūdens	Dīgļsakne	93	0
	Hipokotils	185	0
Ūdens+HS	Dīgļsakne	146	57,5
	Hipokotils	252	36,2
Hoaglanda barības vielu šķīdums	Dīgļsakne	182	96,3
	Hipokotils	342	84,9
Hoaglanda barības vielu šķīdums+ HS	Dīgļsakne	203	119,0
	Hipokotils	390	110,8

Kaut arī pētījumos ir pierādīta HS spēja stimulēt augu augšanu, liela daļa pētījumi veikti barības vielu šķīdumos vai smilts kultūrā laboratorijas apstākļos. Nav precīzu pētījumu, kāda būtu HS ietekme augsnē vai reālos lauka apstākļos, jo daudzās minerālaugsnēs ir novērota HS inaktivācija (Tate 2000). Kas ir šis inaktivējošais faktors (vai faktoru kopums), līdz šim nav atklāts.

Liela nozīme ir arī izmantotajai HS koncentrācijai. HS pozitīvā ietekme uz augu augšanu samazinās ļoti augstās koncentrācijās. Koncentrācijai pārsniedzot 500 mg kg^{-1} , augu augšana ievērojami samazinās (Atiyeh *et al.* 2002, Arancon *et al.* 2006). Iespējams, ka tas ir tāpēc, ka HS satur augu hormoniem līdzīgas vielas. Ir pierādīts, ka šīm fitohormoniem līdzīgajām vielām ir ievērojama pozitīva ietekme uz augu augšanu (Arancon *et al.* 2006). Taču fitohormonu izmantošana virs optimālās koncentrācijas var samazināt augu augšanu un attīstību (Hopkins 2004), kā, iespējams, notiek, ja HS koncentrācija pārsniedz 500 mg kg^{-1} . Vēl viena hipotēze, kāpēc HV augstās koncentrācijās novērojams augu augšanas samazināšanās efekts, ir HV spēja savstarpēji iedarboties ar helātu bez liganda apmaiņas ar metāla jonu starp helātu un HV molekulas (Magdoff *et al.* 2004). Rezultātā, augam samazinās pieejamība ar helātu saistītām barības vielām augstākās HV koncentrācijās. Noderīgi būtu noteikt optimālo HS koncentrāciju, kādu izmantot, lai būtu saskatāms pozitīvs efekts augu augšanā. Sakarā ar to, ka katram HS preparātam ir atšķirīga izcelsme, domājams, katrai HS varētu būt atšķirīga optimālā koncentrācija.

Līdz šim vēl nav detāli izprasts HS darbības mehānisms, kāpēc HS ir stimulējošs efekts uz augu augšanu no fizioloģiskā viedokļa. Daudzos pētījumos secina, ka HS ir pozitīvs efekts uz augu

augšanu, taču nav izskaidrota tieši kā šī stimulācija notiek. Kanellas savā pētījumā piemin, ka, līdzīgi endogēnajam auksīnam, HS esošās auksīnam līdzīgās vielas, iespējams, piekļūst augu receptoriem un izraisa reakciju ķēdi, kas aktivē transkripciju un proteīnu sintēzi (Canellas 2002). Tā rezultātā augiem ir augstāka šūnu aktivitāte un straujāka šūnu diferenciācija, veicinot sakņu augšanu.

1.2.3. Humīnskābes saturošu produktu praktiskā izmantošana

Mūsdienās arvien biežāk tiek meklētas dažādas alternatīvas ķīmiskajiem mēslojumiem, tāpēc substrāta uzlabošanai, priekšroka tiek dota organiskas izcelsmes mēslojumiem. Viens no organisko mēslojumu veidiem ir humīnskābes saturoši preparāti. Pārdošanā ir dažādas izcelsmes HS preparāti, kuru izejmateriāls ir kūdra, vermikomposts vai sapropelis. HS sastāvs tajos var atšķirties būtiski. Līdz ar to katram HS veidam var būt nedaudz atšķirīga ietekme uz augiem.

Līdztekus HS stimulējošai ietekmei uz augu augšanu, to izmantošanai lauksaimniecībā ir vēl citas pozitīvas īpašības:

1) Mūsdienās augsnes sāļums, īpaši jūru vai okeānu piekrastu teritorijās, ietekmē apmēram 20% no visām lauksaimniecībā izmantotajām zemēm (Rhoades *et al.* 1990). Pārlietu liels sāls daudzums augsnē var kaitēt augu augšanai un attīstībai (izņemot halofītus). Augsta sāls koncentrācija augsnē var izraisīt jonu disbalancu un hiperosmotisko stresu augos (Zhu 2001). HS pievienošana substrātam spēj vismaz daļēji novērst sāls izraisīto negatīvo ietekmi (Aşik *et al.* 2009).

2) Humīnvielām ir spēja aktīvi piesaistīt metāla jonus, tajā skaitā arī smago metālu jonus (Dūdare 2015). Līdz ar to augi šos cilvēka veselībai kaitīgos jonus varētu uzņemt mazāk, jo tie paliek augsnē HV molekulu sastāvā. Pētījumā par smago metālu klātbūtni ES lauksaimniecības augsnēs 58,07% no ievāktajiem augsnes paraugiem pārsniedza veselībai kaitīgo normu (sliedīģņa līmeni) vismaz vienam smagajam metālam (Tóth *et al.* 2016). Iespējams, ka izmantojot HV, augus varētu turpināt audzēt lauksaimniecības augsnēs, kur ir neliels smago metālu piesārņojums.

Viena no HS saturošā preparāta ražotāja "Green OK" mājaslapā ir publicēti divi pētījumi par HS ietekmi uz augu auģšanu. Kopumā rezultāti ir iegūti līdzīgi kā citos apskatītajos pētījumos – lielāka auga masa, garāks augs, uzlabota sakņu augģšana, lielāka izturģība pret slimģbģm, lielāka raģa (minģto pģtģjumu rezultģti ņemti no 'Green OK' mājaslapas). Vermikomposta preparģta raģotģja "Verners un draugi" mājaslapģ ir minģts, ka vermikomposta (sastģvģ ietilpst arģ HV) lietoģšana augu

mēslošanai uzlabo pat augļu garšu un to izskatu. Pētījumā “*Humate Green OK*” izmantošana kartupeļu audzēšanai atklātā laukā, kur HV izmantoja kartupeļu bumbuļu apstrādei pirms stādīšanās, kā arī pēc iestādīšanas. Kartupeļus divas reizes smidzināja ar HV šķīdumu. Metodē minēts, ka smidzināšanai izmantoja 40 ml *Humate Green OK* uz vienu m³, tātad uz vienu m³ sanāk patērēt vismaz 0,34 eiro centus, neskaitot bumbuļu apstrādi un mēslojumu, kas varētu sanākt dārgi, ja to pārrēķina uz lielākām platībām, piemēram, vienu hektāru.

1.3. Aļģu ekstrakti, to raksturojums un īpašības

Aļģes ir ļoti plaša fotosintizējošu organismu grupa, kurā mūsdienās varētu būt aptuveni 72500 sugu (dažādos avotos sugu skaits svārstās no 30000 līdz pat miljonam (Guiry 2012)). Aļģu sugu starpā pastāv milzīga dažādība - tās var būt mikroskopiski viensūņi arī daudzšūnu organismi, kuru lapoņu izmēri var sasniegt pat 60 metru garumu (Vidyasagar 2016). Neskatoties uz daudzveidību, liela daļa aļģu ir bagātas ar barības vielām, vitamīniem, proteīniem un antioksidantiem (Critchley *et al.* 2009), tāpēc aļģes un to produktus cilvēki izmanto gan uzturā, gan kā lopbarību un arī augu mēslošanai.

Cilvēki jau gadsimtiem ilgi izmantojuši aļģes kā mēslojumu augiem. Arī Latvijas teritorijā piejūras ciemu iedzīvotāji pēc spēcīgajām rudens vētrām vāca tā saucamos “jūras mēslus”, krāva zirgu pajūgos, veda uz starpkāpu ieplakām, kur sabēra tos lielās grēdās. Šādā veidā aļģes kompostējās līdz nākamā gada mēslu talkai (aptuveni jūnija sākumā), kad aļģu kompostu veda uz lauka. Aptuveni no 10 vezumiem svaigu aļģu ieguva vienu vezumu kompostētu aļģu. Piejūras ciemu ļaudis centās katru rudeni vākt aļģes, jo šādā veidā regulāri mēslo tā zemē viss ļoti labi audzis (intervija ar Annu un Jāni Bieļiem Sventājā, 2008. g., intervēja J. Meža). Šo tradicionālo augu mēslošanas metodi piejūras ciemos izmanto arī mūsdienās, taču tā nozīme ir mazinājusies divu iemeslu dēļ: aļģu lapoņu vākšana un kompostēšana ir fiziski smags darbs, kā arī cilvēki novērojuši, ka izskaloto aļģu krājums ar gadiem ir krietni sarucis. Pat neliela aļģu daudzuma savākšanai vajag nostaigāt plašas jūras krasta teritorijas. Aļģu samazināšanos jūrā pie Latvijas krastiem savā mutiskajā ziņojumā apstiprināja arī hidrobioloģe Dr. geogr. Laura Grīnberga. Pēc viņas stāstītā, pūšļu fuksa (*Fucus vesiculosus* L.) krājumi Latvijai pieguļošā jūras akvatorijā strauji samazinās, domājams, piesārņojuma dēļ. (Grīnberga, personīgs ziņojums).

Ja agrāk izmantoja svaigas vai kompostētas makroskopiskās aļģes, mūsdienās, lai atvieglotu lietošanu, plaši komerciāli tiek ražoti dažādu aļģu ekstrakti, kurus pārsvarā izmanto kā augu augšanas stimulatorus (Khan *et al.* 2009). Šo ekstraktu izmantošanai ir vairākas pozitīvas ietekmes. Ievērojami uzlabojas barības vielu uzņemšana augā, līdz ar to augam palielinās biomasa un raža (Rathore *et al.* 2009, Craigie *et al.* 2011). Aļģu ekstrakti arī satur fitohormonus - vairākas sugas satur citokinīnus, kā arī ir sugas, kurās atrodami auksīni, giberelīni vai abscizskābe (Craigie *et al.* 2011, Crouch *et al.* 1993, Khan *et al.* 2009). Šie augu augšanas veicinošie produkti arī paātrina sēklu izdīgšanu, palielina izturību pret abiotisko (uzlabota tolerance pret salu, sāļumu un sausumu) un biotisko stresu (rezistence pret vīrusiem, baktērijām un parazītiskajām sēnēm) (Verkleij 1992, Khan 2009). Aļģu ekstraktiem ir pozitīva ietekme gan tad, ja tos pievieno auga substrātam, gan, ja tas atšķaidītā veidā tiek smidzināts uz auga lapām, gan arī, ja apstrādā augu sēklas pirms izejas (Critchley *et al.* 2009).

Aļģu ekstraktus pārsvarā ražo no okeānos augošajām aļģēm jeb sālsūdens aļģēm. Tā kā okeāna ūdens dažādās vietās satur dažādus mikro- un makroelementus, tad arī aļģes, un līdz ar to aļģu ekstrakti, satur šīs minerālvielas, tikai daudz koncentrētāk (Verkleij 1992). Tomēr to daudzums ekstraktos ir nepietiekošs, lai tie vieni paši izraisītu tik izteiktu augu augšanas uzlabošanu (Blunden 1991, Crouch *et al.* 1993). Līdz ar to, iespējams, lielāku ietekmi dod aļģu ekstraktos esošie fitohormoni un tiem līdzīgie savienojumi, nevis ekstraktos esošās barības vielas.

Aļģu un to ekstraktu izmantošanai lauksaimniecībā ir ne tikai efektīvs veids kā uzlabot augu augšanu un ražu, bet ir vairākas pozitīvas ietekmes arī no ekoloģiskā viedokļa. Ķīmiskajiem mēslojumiem ir negatīva ietekme uz vidi. Augi ideālos apstākļos spēj uzņemt tikai līdz 50% no visa mēslojuma (Savci 2012), līdz ar to daļa no atlikušā mēslojuma nokļūst gruntsūdeņos un apkārtējās ūdenstilpnēs. Daži ķīmiskie mēslojumi satur smagos metālus, augsnē uzkrājas neorganiskie sāļi, paaugstinās augsnes pH (Savci 2012), kas nelabvēlīgi var ietekmēt nākamo gadu ražas. Savukārt aļģu ekstrakti uzlabo augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības - labāk augsnē tiek saturēts mitrums, rodas arī labvēlīga augsnes mikroorganismu augšanas vide un uzlabota augsnes aerācija (Khan *et al.* 2009).

Neskatoties uz visās pozitīvajām aļģu ekstrakta ietekmēm, pastāv bažas, ka, ekstrakti, kas ražoti no piesārņotā ūdenī augušām aļģēm, varētu saturēt kaitīgus savienojumus, galvenokārt smago metālu jonus. Taču, tā kā izmantotais ekstrakta daudzums uz augiem tiek lietots ļoti lielā

atšķaidījumā, pašlaik nav pierādījumu bažām, ka kaitīgo vielu daudzums šajos augu augšanu veicinošajos produktos varētu būt kaitīgs cilvēka veselībai (Verkleij 1992).

1.4. Augu augšanu veicinošo produktu kvalitātes izvērtēšana

Humīnskābes saturošo produktu un aļģu ekstraktu kvalitāti var ietekmēt vairāki faktori: izejmateriāls, pagatavošana un uzglabāšana (Verkleij 1992, Pettit 2014). Aļģu ekstraktu pagatavošanas spiediens, temperatūra un šķīdinātāji būtiski var ietekmēt gala produkta kvalitāti, jo tas var izmainīt fitohormonu bioloģisko aktivitāti (Verkleij 1992). Tāpat arī nepareizi apstrādājot kvalitatīvu HS paraugu, to var sabojāt, līdz ar to, paraugam var pazust spēja uzlabot augu augšanu vai augsnes kvalitāti (Pettit 2014). Arī izejmateriāls var ietekmēt ne tikai kvalitāti, bet arī tā barības vielu un fitohormonu daudzumu. Piemēram, atšķirīgas aļģu sugas satur atšķirīgus fitohormonus, turklāt dažādos daudzumos (Craigie 2011). Atšķiras arī minerālvielu daudzums ekstraktā atkarībā no sugas. Līdzīgi arī HS preparātu sastāvs un, iespējams, to ietekme uz augu augšanu ir atkarīga no to ieguves materiāla.

Svarīga ir ne tikai paša preparāta kvalitāte, bet vai arī tam ir pozitīva ietekme uz augu augšanu. Komerciālo preparātu ražotāji savu produktu reklamēšanai apgalvo, ka preparāti uzlabo augšanu, augļu daudzumu, garšu un kvalitāti, sēklu dīgtspēju, barības vielu uzņemšanu, augsnes kvalitāti, paaugstina toleranci pret abiotisko un biotisko stresu. Tomēr, kaut arī ir vairāki pētījumi, kuri pierāda, ka šiem produktiem piemīt daudzas pozitīvas īpašības, HS un AE ietekme uz augiem var variēt dažādu faktoru ietekmē. Turklāt nav bijuši pētījumi, kuros mēra visus šos parametrus vienlaicīgi, tāpēc nav zināms, vai visas šīs pozitīvās ietekmes darbojas reizē, izmantojot HS vai/un AE produktus. Kaut arī ir veikti vairāki pētījumi ar HS vai AE preparātiem, vairākos izmanto vienu augu sugu un/ vai vienu preparātu. Tāpēc nav paredzams, kā viens un tas pats preparāts ietekmēs citas augu sugas vai arī kā tā pati suga reaģēs uz līdzīgu, bet atšķirīgu preparātu. Iespējams, ka preparātu efektu ietekmē vairāki faktori.

Pastāv arī komerciāli ražoti HS saturoši preparāti, kuru sastāvā ir mākslīgi radītas HS, tomēr kopumā šo sintētisko vielu ietekme uz augu augšanu un augsnes kvalitātes uzlabošanu ir sliktākā kā dabīgi radušos HS preparātiem (Pettit 2014).

2. MATERIĀLI UN METODES

2.1. Pētījumos izmantotie preparāti

Pētījumā izmantoja komerciāli ražotus kūdras HS preparātu, vermikomposta HS preparātu, sapropeļa HS preparātu un lignohumātu preparātu. Tiem ražotāji nav zināmi. Vēl izmantoja trīs dažādus aļģu ekstraktus (AE): AE1, AE2 un AE3. Ražotājs un AE sastāvs ir komercnoslēpums.

2.2. Dārzeņu sēklu tests

Visus preparātus pārbaudīja diedzējot četru dažādu augu sugu sēklas: redīsa (*Raphanus sativus*) šķirni "Faraon", kāļa (*Brassica napus* var. *napobrassica*) šķirni "Wilhelmsburger Satir Otofte", tomāta (*Solanum lycopersicum*) šķirni "Marmande" un burkāna (*Daucus carota*) šķirni "Nantes 3". Sēklas ņemtas no ražotāja "Kurzemes sēklas" iepakojumiem.

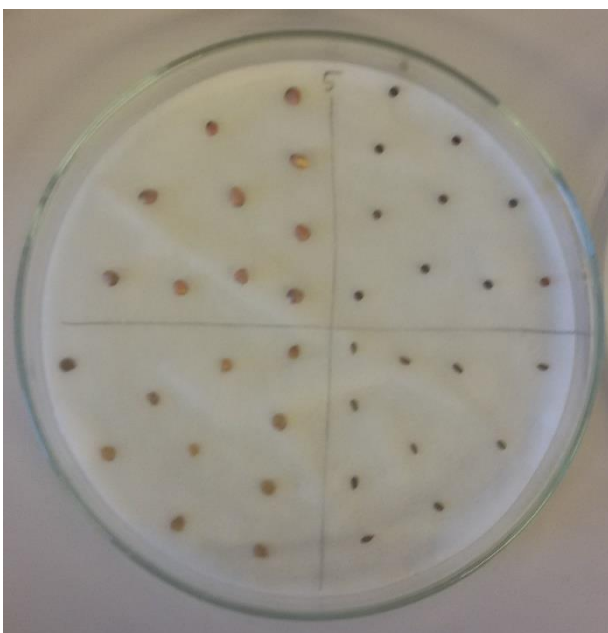
Pētījuma gaitā veica astoņus gandrīz identiskus eksperimentus. Katrā no tiem pārbaudīja vienu no HS saturoša preparāta šķīduma ietekmi uz augu sēklu dīgšanu. Papildus barības vielas šķīdumiem netika pievienotas. Viena eksperimenta gaita bija šāda:

1) ar kūdras, vermikomposta, sapropeļa HS šķīdumiem vai ar kādu no AE pagatavoja vajadzīgās koncentrācijas šķīdumus (skatīt 2. tabulu). Lignohumāta gadījumā pagatavoja 1% šķīdumu, izšķīdinot 100 mL ddH₂O 1 g lignohumātu, no kura arī vēlāk pagatavoja dažādu koncentrāciju šķīdumus (skatīt 2. tabulu). Kontroles variantā izmantoja destilētu ūdeni;

2) kūdras HS, vermikomposta HS un sapropeļa HS preparātu šķīdumiem neitralizēja pH ar sāļsskābi, bet lignohumātu preparātam un AE pH netika neitralizēts;

3) sēklas mērcēja attiecīgās koncentrācijas šķīdumā apmēram divas stundas (katrā traukā bija 30+3 sēklas un 5 ml šķīduma);

4) pēc divu stundu mērcēšanas, sēklas pārlika Petri traukos, kuros bija ievietoti divi filtrpapīri, kas bija piesūcināti ar 5 ml tās pašas koncentrācijas šķīdumu. Katrā traukā ievietoja pa 10 sēklām no katras auga sugas (kopā 40 sēklas) (4. attēls), katrai koncentrācijai bija trīs atkārtējumi;



4.attēls. Dārzeņu dīgsta testa sēklu izkārtojums Petri traukā.
 Figure 4. Vegetable test seed layout in a Petri dish.

5) traukus ievietoja plastmasas maisiņos, pēc tam novietoja laboratorijā tumšā atvilktnē, kur tās turēja vienu nedēļu istabas temperatūrā.

6) Pēc nedēļas katrai sēklai individuāli izmērīja dīgļsaknes un hipokotila garumu, kā arī viena atkārtojuma hipokotila masu. Garuma mērījumus veica ar lineālu, bet masu noteica ar elektroniskajiem svāriem (Ražotājs- “Kern”, precizitāte 0,01 g)

2. tabula.

Pētāmie augu augšanas veicinošie produkti un to izmantotās koncentrācijas.

Table 2

Researched plant growth promoting products and their used concentrations.

Veids	Apzīmējums	Izmantotās koncentrācijas
Humīnskābe	Kūdras HS	0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mL L-1
Humīnskābe	Vermikomposta HS	0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mL L-1
Humīnskābe	Sapropeļa HS	0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mL L-1
Lignohumāti	Lignohumāti	0, 0,005, 0,01, 0,025, 0,05, 0,075, 0,1, 0,5 %
Aļģu ekstrakts	AE 1	0, 0,5, 1, 2, 5, 10 %
Aļģu ekstrakts	AE 2	0, 0,5, 1, 2, 5, 10 %
Aļģu ekstrakts	AE 3	0, 0,5, 1, 2, 5, 10 %

2.3. Graudaugu dīgstu tests

Preparātus pārbaudīja audzējot miežus (*Hordeum vulgare*) un kviešus (*Triticum aestivum*).

Pētījuma gaitā ar graudaugiem veica deviņus gandrīz identiskus eksperimentus. Katrā no eksperimentiem pārbaudīja dažādu HS saturošo produktu ietekmi uz graudaugu augšanu. Viena eksperimenta gaita bija šāda:

- 1) Graudaugu sēklas nosvēra, lai vienā traukā atrastos 600-800 sēklu.
- 2) Pēc tam sēklām pievienoja uz pusi atšķaidītu ACE balinātāju (apmēram 50 ml), sēklas šķīdumā turēja septiņas minūtes. Pēc septiņām minūtēm, katru trauku ar sēklām skaloja desmit reizes ar destilētu ūdeni, lai nepaliktu balinātāja paliekas.
- 3) Izskalojās sēklas atstāja ūdenī mērcēties uz divām līdz trīs stundām.
- 4) Vēlāk tās ievietoja paplātēs ar ūdeni samitrinātām salvetēm un novietoja laboratorijā tumšā atvilktnē istabas temperatūrā. Paplātei vēl pa virsu uzlika stiklu, lai ūdens neiztvaikotu. Sēklas dziedēja tumšā atvilktnē divas dienas.
- 5) Pēc divām dienām, ar katru no preparātiem pagatavoja dažādu koncentrāciju šķīdumus. Ar kūdras, vermikomposta un sapropeļa HS šķīdumu pagatavošanai izmantoja gatavus šķīdumus, savukārt 1% lignohumātu šķīdumu pagatavoja no pulvera. Aļģu ekstraktu pārbaudei pagatavoja piecas koncentrācijas (skatīt 3. tabulu). Eksperimentos ar papildu minerālvielu pievienošanu pagatavoja divkārsas preparāta koncentrācijas.

3. tabula.

Pētāmie augu augšanas veicinošie produkti un to izmantotās koncentrācijas.

Table 3

Researched plant growth promoting products and their used concentrations.

Veids	Apzīmējums	Papildus minerālvielas	Izmantotās koncentrācijas
Humīnskābe	Kūdras HS	+	0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mL L-1
Humīnskābe	Vermikomposta HS	+	0, 1, 2,5, 5, 10, 15, 20, 25 mL L-1
Humīnskābe	Sapropeļa HS	+	0, 1, 5, 10, 25, 50, 100 mL L-1
Lignohumāti	Lignohumāti	+	0, 0,005, 0,01, 0,025, 0,05, 0,075, 0,1 %
Lignohumāti	Lignohumāti	-	0, 0,005, 0,01, 0,025, 0,05, 0,075, 0,1 %
Aļģu ekstrakts	AE 1	+	0, 1, 5, 10, 15, 20 %
Aļģu ekstrakts	AE 2	+	0, 1, 5, 10, 15, 20 %
Aļģu ekstrakts	AE 3	+	0, 1, 5, 10, 15, 20 %

Aļģu ekstrakts	AE 3	-	0, 1, 5, 10, 15, 20 %
----------------	------	---	-----------------------

6) Priekš visiem variantiem kopā pagatavoja 1,4 L līdz 1,5 L dubulto Knopa barības vielu šķīdumu.

7) Izdiedzētās sēklas pa desmit salika uz ūdenī samitrinātām 30*5 cm filtrpapīra strēmelēm, uzlika pa virsu vēl vienu tāda paša izmēra strēmeli un sarullēja rullī. Katram variantam izveidoja piecus ruļļus, tātad katram variantam kopā bija 50 sēklas.

8) Plastmasas traukos salēja katrā divkāāršo 100 ml HS vai AE šķīdumu un 100 ml dubulto Knopa šķīdumu (eksperiments ar minerālvielu pievienošanu). Katrā traukā ievietoja 5 graudaugu ruļļus. Eksperimentos bez minerālvielu pievienošanas izmantoja dd H₂O.

9) Plastmasas kastītes ievietoja 48 L caurspīdīgā plastmasas kastē ar vāku un nolika zem fluorescentajām lampām istabas temperatūrā uz septiņām dienām.

10) Pēc nedēļas katram augam atsevišķi izmērīja pirmo divu lapu garumus. Noteica arī to kopējo masu visiem augiem katrā rullī. Lapu garumu mērīja ar lineālu, savukārt masu noteica ar elektroniskajiem svāriem (Ražotājs- “Kern”, precizitāte 0,01 g).

2.4. Rezultātu analīze

Datu apstrādē izmantoja programmas Microsoft Excel un Synergy Software Kaleidagraph. Datu analīzei izmantoja Tukeja – Krāmera testu (Tukey – Kramer test).

3. REZULTĀTI

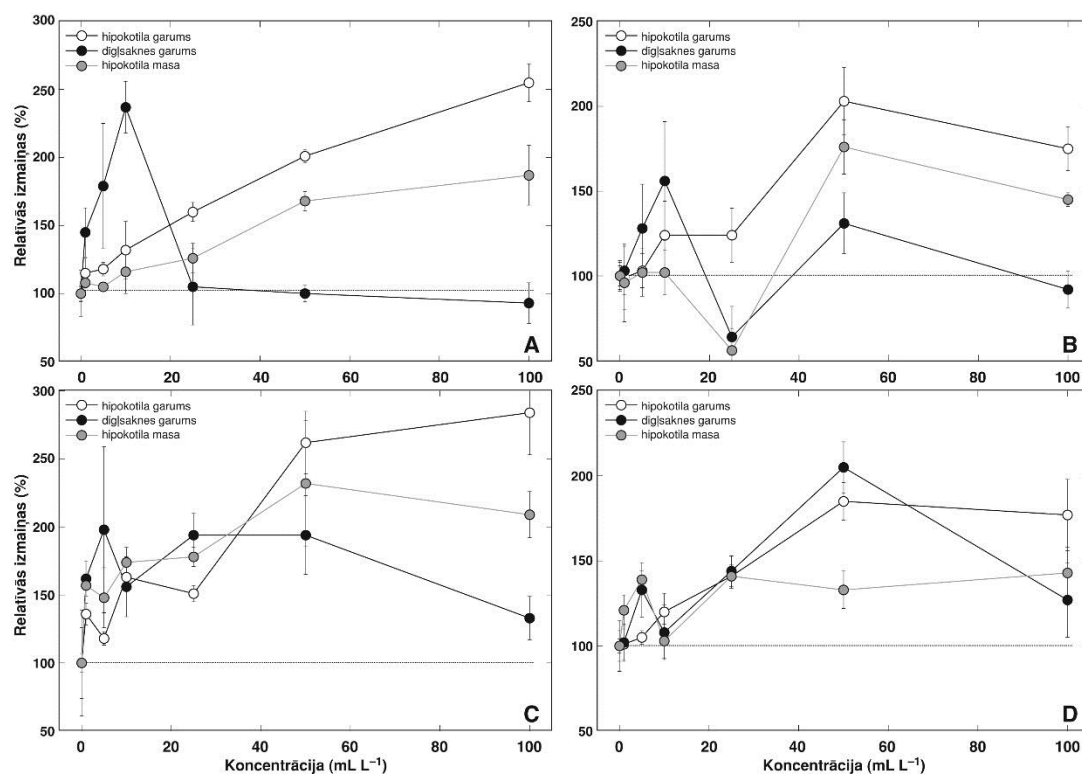
Pētījumā izmantoja četrus HS un trīs AE preparātus. Ar katru preparātu veica divu testu sērijas, kur vienā mērīja dārzeņu dīgstus (redīsus, kāļus, tomātus un burkānus) un otrā graudaugu dīgstus (miežus un kviešus). Kopumā pētījumā bija 26 HS un 20 AE varianti. Rezultāti ir dažādi, un visiem variantiem nevar viennozīmīgi novērot kopīgas likumsakarības.

3.1. Dārzeņu dīgstu tests

Nosakot dažādu koncentrāciju HS un AE preparātu ietekmi uz dīgstu augšanu bez papildus minerālvielām, kopumā šiem produktiem bija augšanu stimulējošs efekts. Salīdzinot ar kontroli (tikai ūdens), HS produktu vidējais stimulējošais efekts bija robežās 27-50 %, savukārt AE tas bija mazāks: 12-28 % (6. tabula). Dīgstu hipokotila garumu un masu, kā arī saknes garumu būtiski ietekmēja izmantotās HS un AE koncentrācijas. Arī preparātu (piemēram, visi HS saturošie) starpā rezultāti bija atšķirīgi. HS produktu maksimālā stimulējošā ietekme kūdras HS bija 105% koncentrācijā 56 mL L⁻¹, vermikomposta HS – 126% koncentrācijā 73 mL L⁻¹, sapropeļa HS – 53% koncentrācijā 27 mL L⁻¹ un lignohumātu preparātam – 69% koncentrācijā 69 mL L⁻¹. Inhibējoša ietekme dārzeņu dīgstiem ar HS preparātiem dažiem mērījumiem parādījās zemākajās koncentrācijās. AE maksimālā stimulējošā ietekme AE1 bija 18% koncentrācijā 7%, AE2 25% un AE3 47% koncentrācijā 9 % (4. tabula). Tomēr AE bija lielāka inhibējoša ietekme nekā HS produktiem, jo vairākos variantos zemākajās koncentrācijās (0,5 – 2%) mērījumi bija mazāki kā ūdens kontrolei. 14 no 16 HS un pusei no AE variantiem bija novērojams būtisks dīglsaknes garuma pieaugums zemākās koncentrācijās, tad straujš kritums un atkārtots pieaugums, palielinoties koncentrācijai.

Kūdras HS preparāts (6. attēls) - visām sugām bija novērojams straujš dīglsaknes garuma pieaugums (140 - 240%) nelielās koncentrācijās (5 vai 10 mL L⁻¹), bet šķīduma koncentrācijai pieaugot aptuveni divas reizes - straujš kritums. Pēc tā kāļiem, tomātiem un burkāniem sekoja atkārtots pieaugums, bet redīsiem turpinājās kritums. Atšķirībā no pārējiem augiem, burkānu dīglsakņu garuma maksimālais pieaugums nebija koncentrācijās 5 vai 10 mL L⁻¹, bet gan 50 mL

L⁻¹. Kaut arī kāļiem, tomātiem un burkāniem dīgšaknes garums līdz koncentrācijai 50 mL L⁻¹ pieauga, maksimālajā koncentrācijā dīgšaknes būtiski samazinājās.

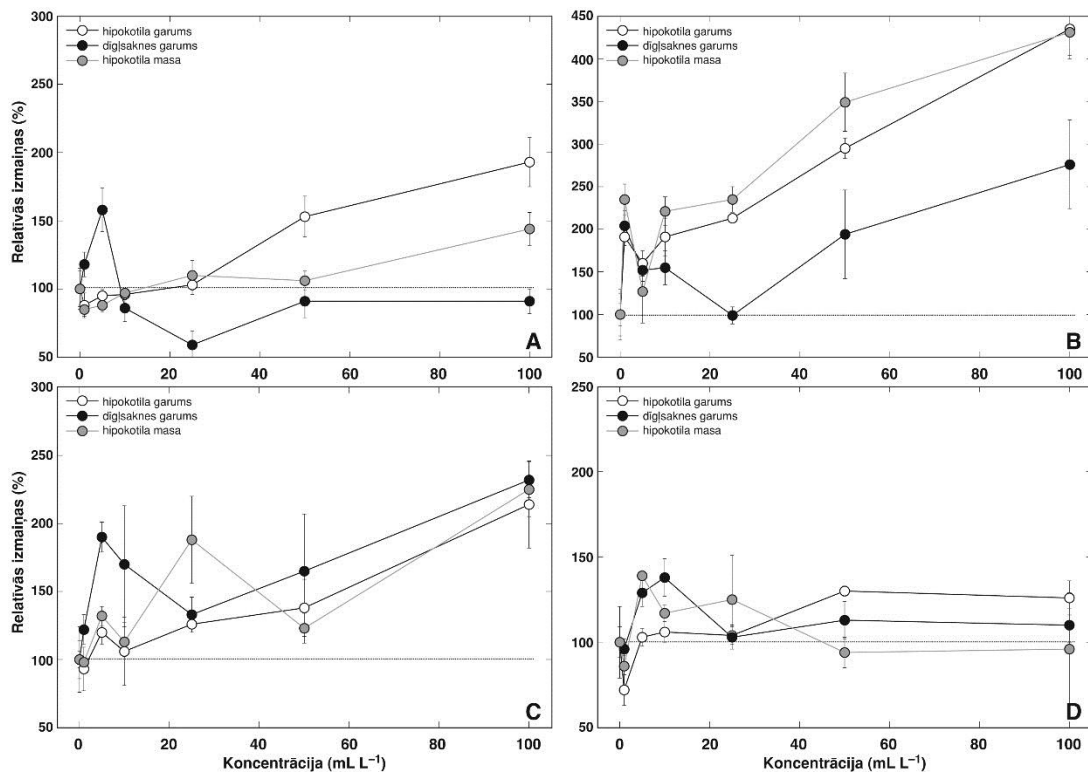


6. attēls. Dažādu kūdras humīnskābes preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīgstu augšanu. Rezultāti ir vidējie ±SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā. *Figure 6. The effect of different peat humic acid concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements ±SE, 10 seeds each.*

Kūdras HS preparāta ietekme uz visu sugu dīgstu hipokotila masu un garumu rādīja pieauguma tendenci līdz ar koncentrāciju pieaugumu (6. attēls). Vislabāk tas redzams redīsiem – parametri pieauga līdz ar koncentrācijas pieaugumu. Savukārt, pārējām sugām, kaut arī augšupejošs trends saglabājās, būtisks pieaugums bija līdz koncentrācijai 50 mL L⁻¹, bet maksimālajā koncentrācijā tas nebija būtisks vai arī kritās.

Vermikomposta HS preparāta (7. attēls) pielietojums bija būtisks dīgšaknes garuma pieaugumam, īpaši nelielās koncentrācijās (1-5 mL L⁻¹). Visām sugām pēc tam sekoja būtisks garuma kritums līdz koncentrācijai 25 mL L⁻¹. Lielākās koncentrācijās kāļu un tomātu sēklu dīgšaknes garums izteikti pagarinājās, bet redīsiem un burkāniem – būtiski nemainījās. Preparāta ietekme uz hipokotila masas un garuma pieaugumu bija būtiska redīsu, kāļu, tomātu dīgšiem, kas parādīja pieaugošu trendu līdz ar koncentrācijas pieaugumu. Īpaši liels parametru pieaugums maksimālajā koncentrācijā bija novērojams kāļu dīgšiem - 435% hipokotila garumam un 431%

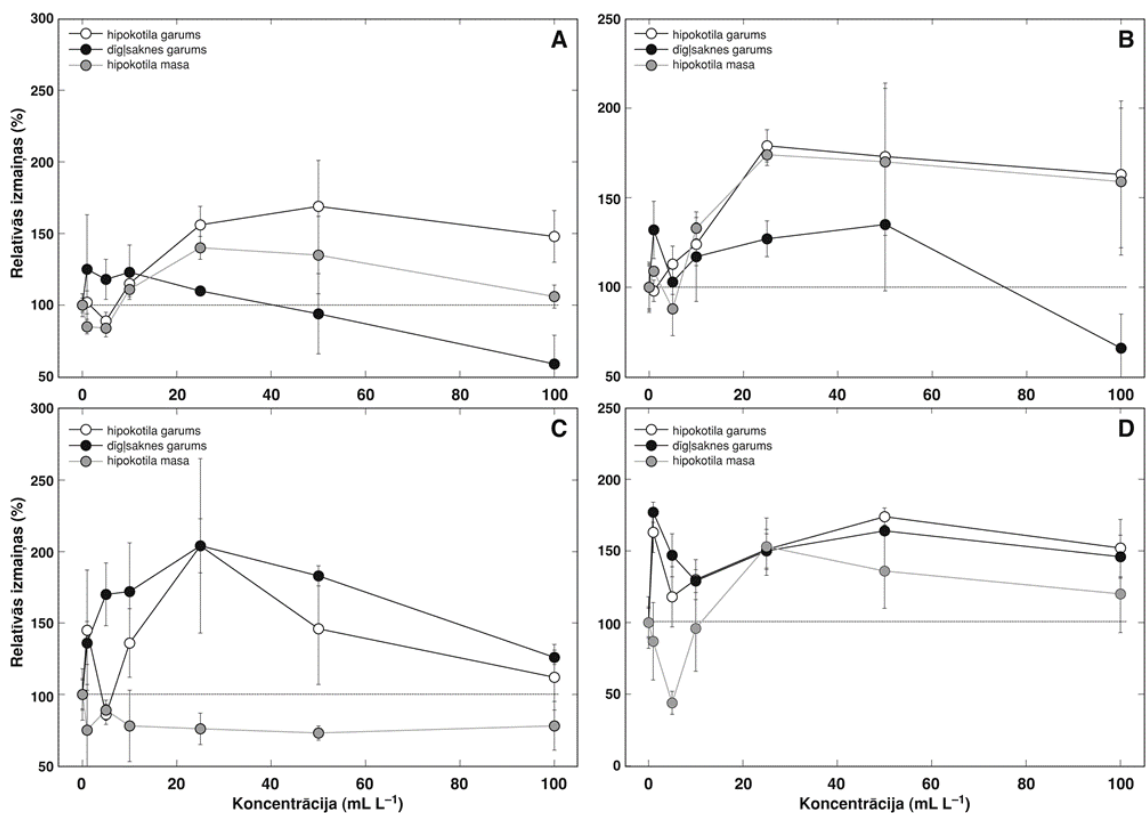
masai. Savukārt, burkānu dīgstiem izteiktāks parametru pieaugums bija mazajās koncentrācijās, bet lielākās – būtiski nemainījās.



7. attēls. Dažādu vermikomposta humīnskābes preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīgstu augšanu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 7. The effect of different vermicompost humic acid concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

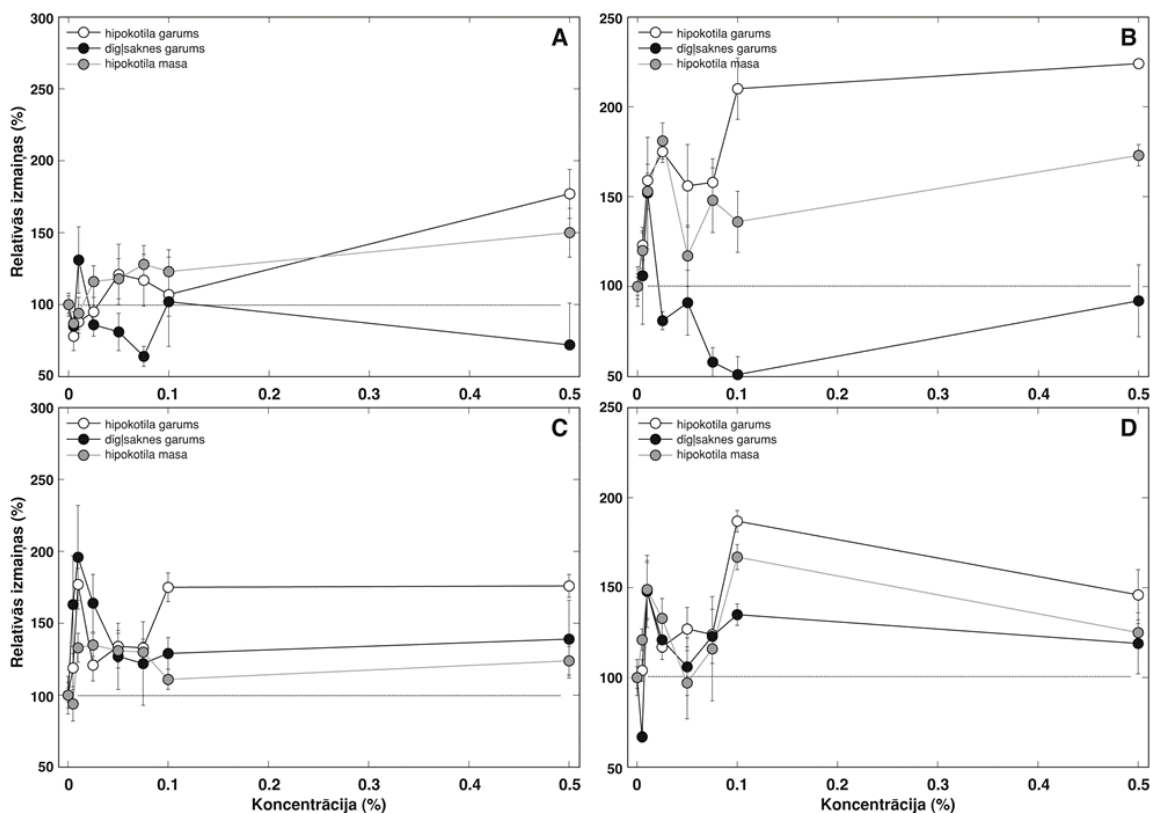
Izmantojot **sapropēja HS preparātu** (8. attēls) kāļiem un burkāniem bija izteikts dīglsaknes garuma pieaugums koncentrācijā 1 mL L⁻¹, taču, koncentrācijai paaugstinoties, efekts samazinājās. Pēc dīglsaknes garuma pieauguma samazināšanās, sekoja atkārtots pieaugums līdz koncentrācijai 50 mL L⁻¹. Redīsiem nebija vērojams būtisks dīglsaknes garuma pieaugums, turklāt augstākajā koncentrācijā (100 mL L⁻¹) bija būtiska garuma samazināšanās. Tomātam dīglsaknes garums palielinājās līdz ar koncentrācijas pieaugumu līdz 25 mL L⁻¹, taču pēc tam - strauji kritās. Hipokotila masai un garumam sapropēja HS preparāta zemākajās koncentrācijās (1- 10 mL L⁻¹) nebija kopīgas tendences pieaugt vai samazināties, tomēr koncentrācijā 25 mL L⁻¹ visām sugām pieauga gan masa, gan garums (izņemot tomāta hipokotila masa). Pieaugums bija tikai koncentrācijā 25 mL L⁻¹ vai arī turpinājās līdz koncentrācijai 50 mL L⁻¹. Maksimālajā koncentrācijā visām sugām bija būtisks hipokotila garuma un masas pieauguma kritums.



8. attēls. Dažādu sapropeļa humīnskābes preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīgstu augšanu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 8. The effect of different sapropel humic acid concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

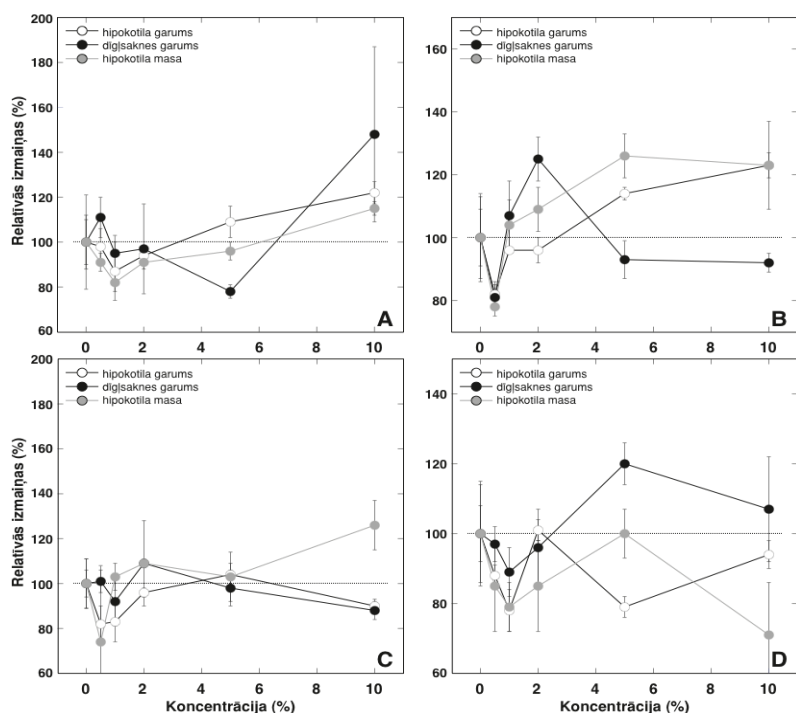
Lignohumātu preparāta (9. attēls) klātbūtnē bija novērojams, ka dīgļsaknes garums būtiski pieauga koncentrācijā 0,01%, tomēr efekts uzreiz pēc tam samazinājās un tas turpināja kristies līdz koncentrācijai 0,1%. Redīsiem, kāļiem un tomātiem hipokotila garums un masas maksimālais pieaugums bija koncentrācijā 0,5%. Burkāniem maksimālais pieaugums bija koncentrācijā 0,1%. Hipokotila masa pieauga vai samazinājās līdz ar garuma pieaugumu vai kritumu.



9. attēls. Dažādu lignohumātu preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīgstu augšanu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.
 Figure 9. The effect of different lignohumate concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

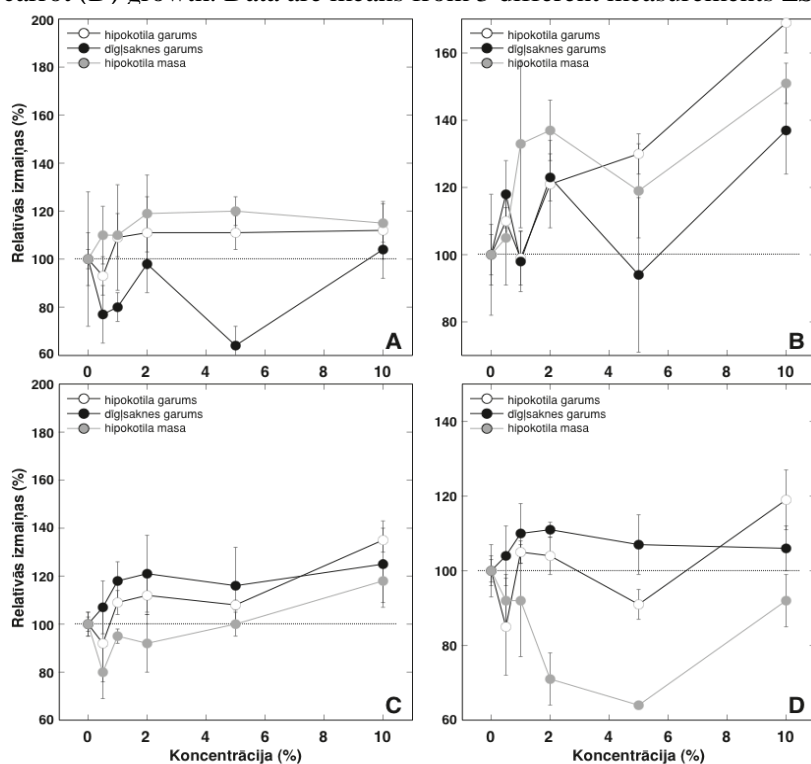
Aļģu ekstrakts 1 (10. attēls) – kopumā šim preparātam neparādījās kopīgas ietekmes likumsakarības. Koncentrācijās 0,5 un 1% uz dīgstiem bija inhibējoša ietekme, izņemot redīsa un kāļa dīglsaknes mērījumus, tomēr būtiska inhibējoša ietekme bija tikai kāļu un burkānu dīgstiem. Koncentrācijās 5 un 10% bija vairāki parametri, kuriem bija būtisks pieaugums, taču citiem parametriem tam pašam augam bija inhibējoša ietekme.

Aļģu ekstrakts 2 (11. attēls) – līdzīgi kā AE1, arī šim preparātam daļai parametru nelielās koncentrācijās (0,5 – 1%) bija inhibējošs efekts. Tāpat arī nebija koncentrācijas, kur redīsiem, tomātiem un burkāniem viesiem parametriem novērotu būtisku pieaugumu vai inhibējošu ietekmi. Tomēr augstākajā koncentrācijā (10%) gandrīz visiem parametriem, salīdzinot ar kontroli, bija būtisks pieaugums, izņemot redīsu dīglsaknes un burkānu hipokotila masas mērījumus.



10. attēls. Dažādu aļģu ekstrakta 1 preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīģstu augšanu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

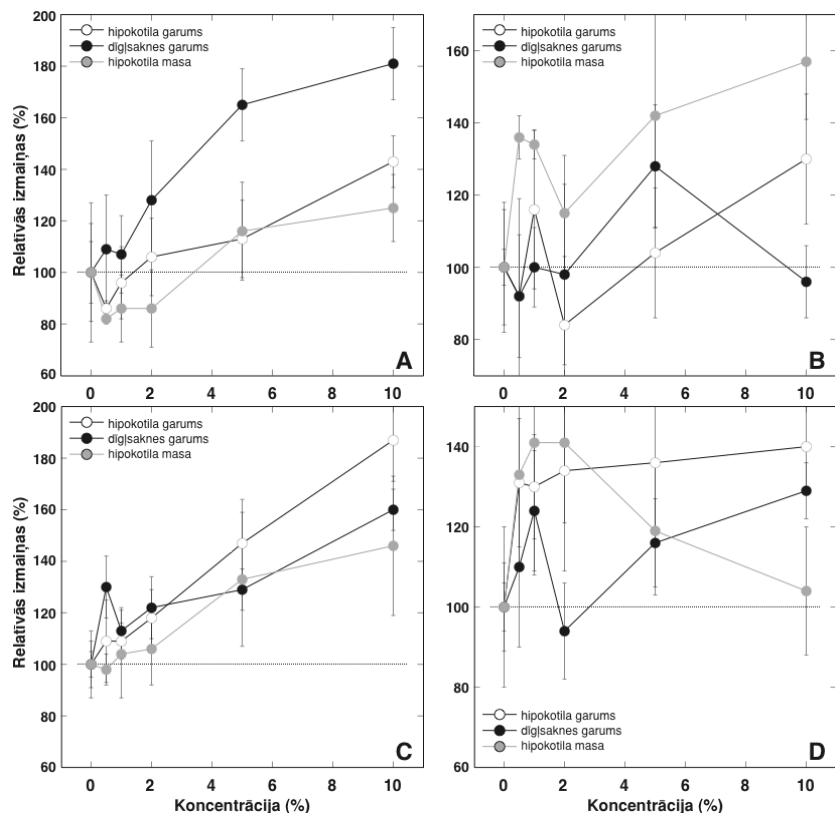
Figure 10. The effect of different algae extract 1 concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements \pm SE, 10 seeds each.



11. attēls. Dažādu aļģu ekstrakta 2 preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīģstu augšanu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 11. The effect of different algae extract 2 concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

Aļģu ekstrakts 3 (13. attēls) – redīsiem, tomātiem un burkāniem bija dīģlsaknes garuma pieaugums līdz koncentrācijai 0,5 vai 1%, pēc tam kritums un vēlāk atkārtots pieaugums līdz pat maksimālajai koncentrācijai (10%). Visiem parametriem koncentrācijās 5 un 10% (izņemot kāļu dīģlsaknes garumam 10%), salīdzinot ar kontroli, bija pieaugums.



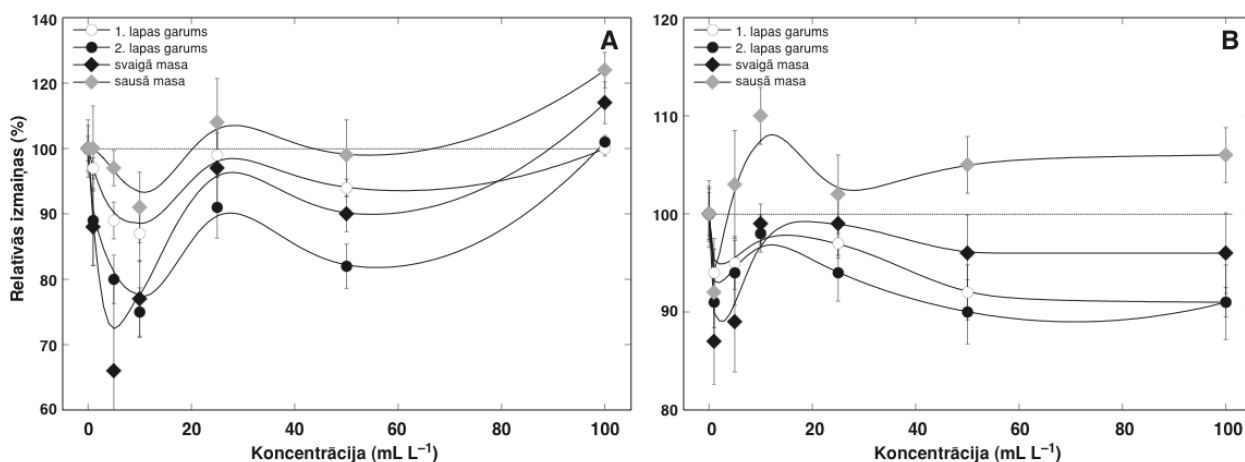
12. attēls. Dažādu aļģu ekstrakta 3 preparāta koncentrāciju ietekme uz redīsu (A), kāļu (B), tomātu (C) un burkānu (D) dīģstu augšanu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 3 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā. *Figure 12.* The effect of different algae extract 3 concentrations on radish (A), rutabaga (B), tomato (C) and carrot (D) growth. Data are means from 3 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

3.2. Graudaugu dīģstu tests

Graudaugu dīģstu testā, atšķirībā no dārzeņu dīģstu testa, klāt pievienoja papildus pilnu Knopa barības vielu šķīdumu, izņemot divus variantus. Vidējais stimulējošais efekts HS preparātiem bija 3 – 9 % ar barības vielām un 17% lignohumātu preparātam bez pievienotām barības vielām (9. tabula). Savukārt, AE vidējais stimulējošais efekts bija 3 – 6% ar un 34% bez Knopa barības vielu šķīduma. Tāpat kā dārzeņu dīģstu testā, arī graudaugu dīģstu testā, maksimālā stimulējošā ietekme (7. tabula) preparātiem bija dažāda, turklāt atšķirīgās koncentrācijās – kūdras HS 4% koncentrācijā 78 mL L⁻¹, vermikomposta HS 16% koncentrācijā 11 mL L⁻¹, sapropeļa HS

8% mL L⁻¹, ligohumātu preparātam 6% koncentrācijā 0,19 mL L⁻¹ ar barības vielām un 31% koncentrācijā 0,078 mL L⁻¹ bez pievienotām barības vielām. Arī aļģu ekstraktu maksimālais stimulējošs efekts bija līdzīgs – AE1 8% koncentrācijā 20%, arī AE2 bija 8% koncentrācijā 8%, AE3 ar barības vielām 5% un bez barības vielām 43% pieaugums koncentrācijā 11%.

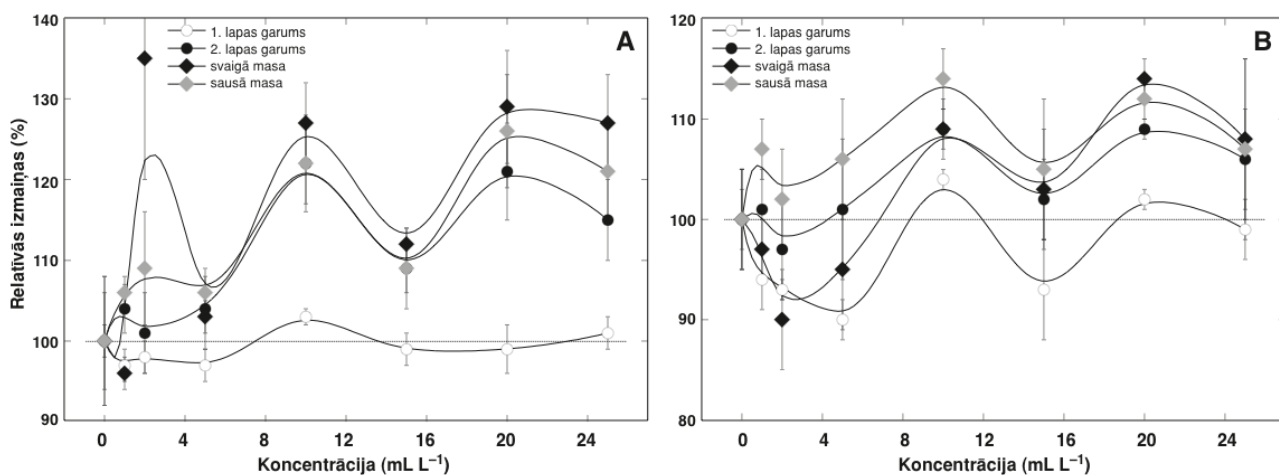
Kūdras HS preparātam (13. attēls) pārsvarā bija inhibējošs efekts. Miežiem, salīdzinot ar kontroli, tikai maksimālajā koncentrācijā 100 mL L⁻¹ būtiski pieauga svaigā un sausā masa. Savukārt, kviešiem būtisks sausās masas pieaugums bija koncentrācijās 10, 50 un 100 mL L⁻¹, taču pārējie parametri bija zemāki rādītāji kā kontrolei.



13. attēls. Dažādu kūdras HS preparāta koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu. Rezultāti ir vidējie ±SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 13. The effect of different peat humic acid concentrations on barley (A), wheat (B) growth. Data are means from 5 different measurements ±SE, 10 seeds each.

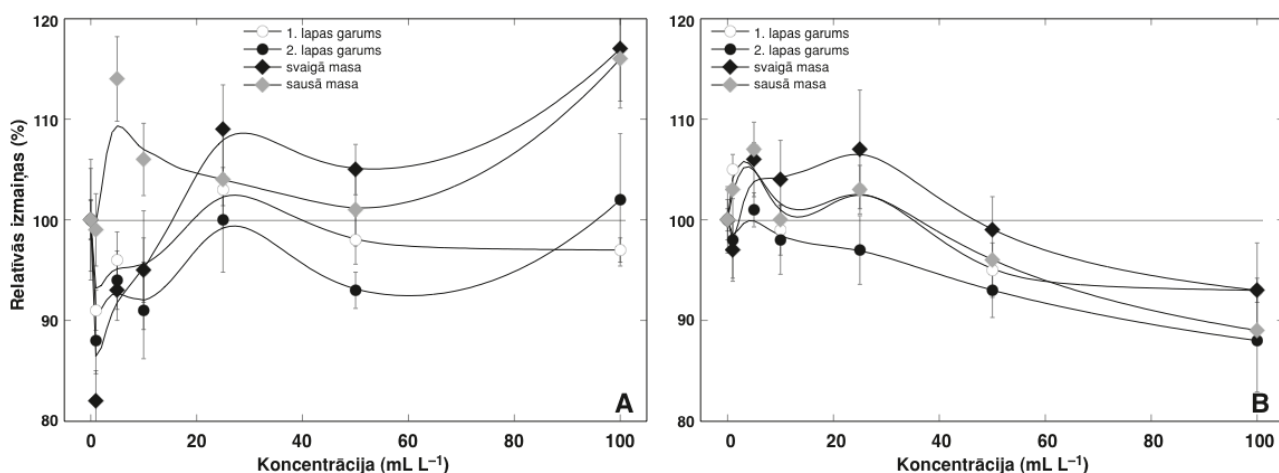
Vermikomposta HS preparāta (14. attēls) izmantošanai bija būtisks pieaugums 2. lapas garumam, svaigajai un sausajai masai koncentrācijās 10, 15, 20 un 25 mL L⁻¹. Savukārt 1. lapas garuma pieaugums bija koncentrācijās 10 mL L⁻¹ miežiem un kviešiem, kā arī 20 mL L⁻¹ kviešiem, taču citās koncentrācijās pieaugums nebija būtisks vai pat bija inhibējošs efekts.



14. attēls. Dažādu vermikomposta HS preparāta koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 14. The effect of different vermicompost humic acid concentrations on barley (A), wheat (B) growth. Data are means from 5 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

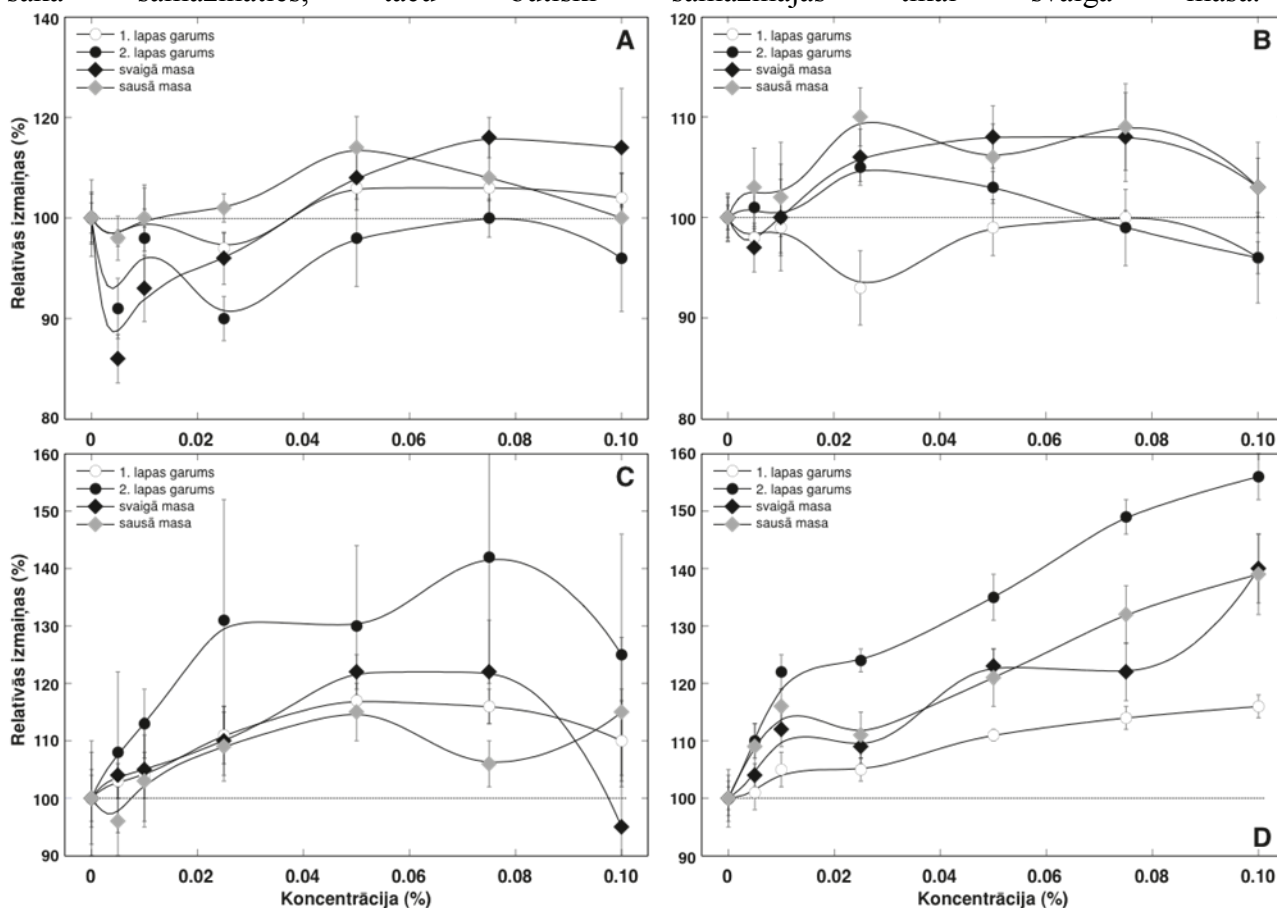
Izmantojot **sapropēja HS preparātu** (15. attēls) miežiem koncentrācijās 1, 5 un 10 mL L⁻¹ 1. un 2. lapas garums un svaigā masa bija būtiski mazāka kā kontrolei, tomēr palielinoties koncentrācijai līdz 25 mL L⁻¹, būtisks pieaugums bija svaigās masas un 1. lapas garumam. Koncentrācijā 100 mL L⁻¹ bija maksimālais pieaugums miežu svaigajai un sausajai masai. Kviešiem zemākajās koncentrācijās (1 - 5 mL L⁻¹), salīdzinot ar kontroli, bija neliels pieaugums 1. lapai un sausajai masai, koncentrācijās 10 un 25 mL L⁻¹ bija pieaugums svaigajai masai. Taču koncentrācijā 50 mL L⁻¹ visi parametri būtiski sāka samazināties un turpināja kristies arī līdz 100 mL L⁻¹.



15. attēls. Dažādu sapropēja HS preparāta koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 15. The effect of different sapropel humic acid concentrations on barley (A), wheat (B) growth. Data are means from 5 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

Lignohumātu preparāta (16. attēls) ietekmei uz miežiem ar papildus barības vielām zemākajās koncentrācijās 0,005, 0,01 un 0,02 % nebija būtisks pieaugums, bet pat pārsvarā inhibējošs efekts. Tomēr koncentrācijās 0,05 un 0,075 miežu 1. lapai, sausajai un svaigajai masai bija būtisks pieaugums, salīdzinot ar kontroli. Maksimālajā koncentrācijā (0,1%) visu parametru pieaugums samazinājās. Variantos bez papildu minerālvielām 1. un 2. lapas, to svaigā un sausā masa pieauga līdz ar koncentrāciju. Pieaugums turpinājās kviešiem līdz maksimālajai koncentrācijai (0,1%), savukārt miežiem maksimālajā koncentrācijā 1. un 2. lapas garums un svaigās masas pieaugums sāka samazināties, taču būtiski samazinājās tikai svaigā masa.

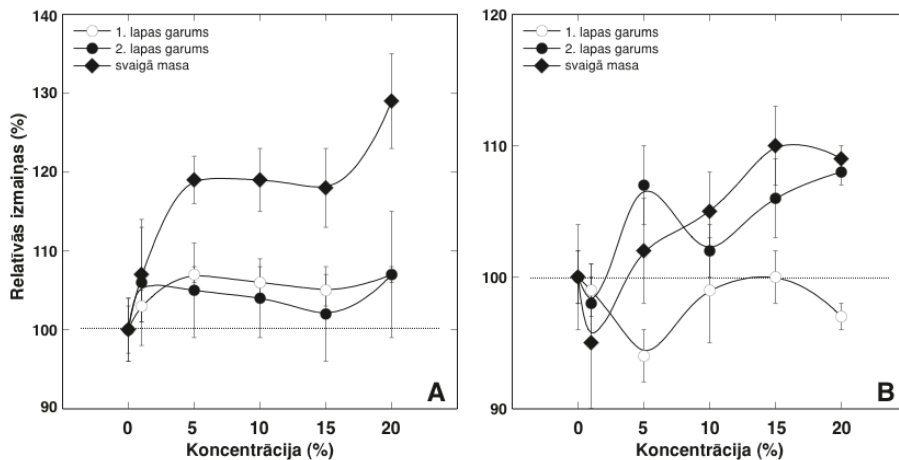


16. attēls. Dažādu lihghohumātu preparāta koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu, miežiem (C), kviešiem (D) bez minerālvielu šķīduma. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 16. The effect of different lignohumate concentrations on barley (A), wheat (B) growth with nutrient solution, barley (C), wheat (D) without nutrient solution. Data are means from 5 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

Aļģu ekstrakta 1 (17. attēls) klātbūtnē miežiem novēroja būtisku svaigās masas pieaugumu koncentrācijās 5 – 20%, kur maksimālais pieaugums bija koncentrācijā 20%. 1. un 2. lapas garumam, salīdzinot ar kontroli, arī novēroja pieaugumu, tomēr tas nebija būtisks. Savukārt, kviešiem būtisks pieaugums bija novērojams 2. lapas garumam koncentrācijās 5, 15 un 20%,

svaigajai masai – 10, 15 un 20%. AE1 ietekme uz kviešu 1. lapas garumu bija inhibējoša, taču būtisks samazinājums bija tikai koncentrācijās 5 un 20%.



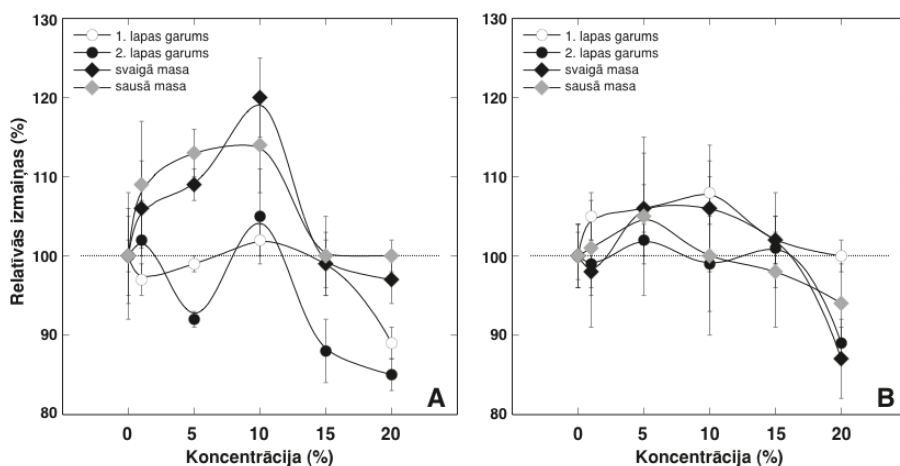
17. attēls. Dažādu aļģu ekstrakta 1 koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 17. The effect of different algae extract 1 concentrations on barley (A), wheat (B) growth. Data are means from 5 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

Variāntam ar **aļģu ekstraktu 2** (18. attēls) miežiem bija pieaugums sausajai masai koncentrācijās 1, 2 un 10%. 1. un 2. lapas garuma pieaugums koncentrācijās 1, 5 un 10% nebija būtisks vai nebija vispār. Maksimālai koncentrācijai 20% bija inhibējoša ietekme uz visiem parametriem, izņemot sauso masu. Kviešiem novēroja nelielu pieaugumu 1. lapas garumam, svaigajai un sausajai masai koncentrācijās 1, 5 un 10%, taču tas nebija būtisks. Tāpat kā uz miežiem, arī uz kviešiem preparātam bija negatīva ietekme maksimālajā koncentrācijā (20%).

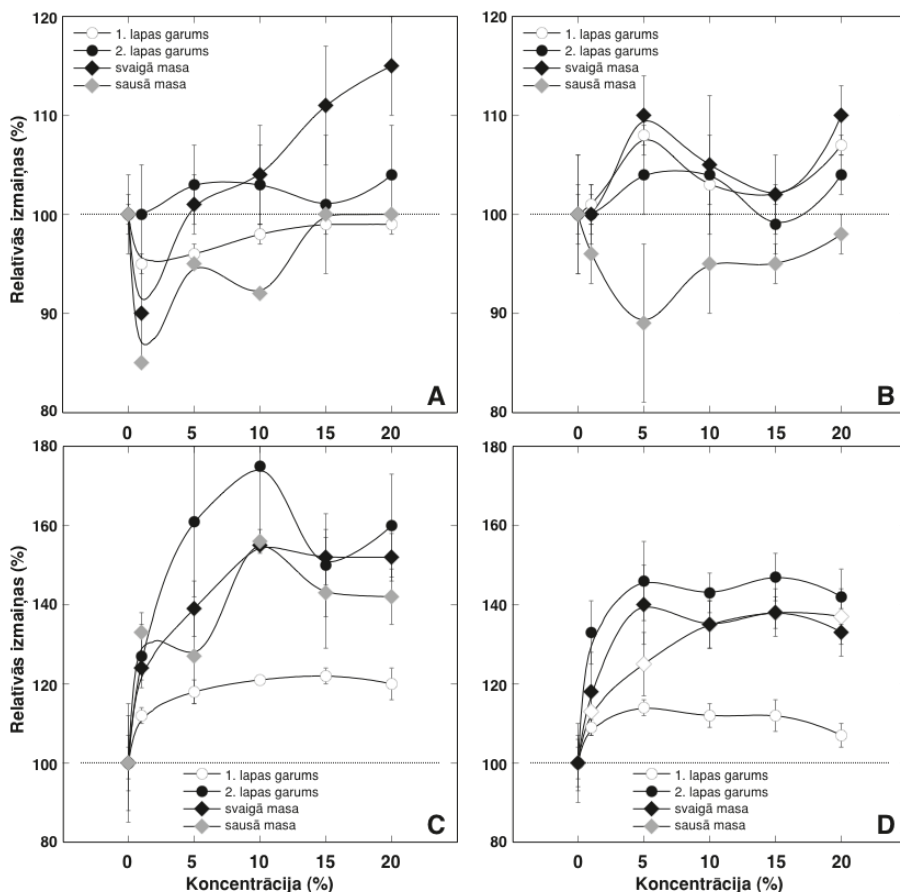
Izmantojot **aļģu ekstraktu 3** (19. attēls) miežiem koncentrācijās 1, 5 un 10% 1. lapas garumam un kopējai sausajai masai bija būtiska inhibējoša ietekme. 2. lapas garumam bija pieaugums visās koncentrācijās, taču tas nebija būtisks. Būtisks pieaugums bija tikai svaigajai masai koncentrācijās 15 un 20%. Kviešiem sausajai masai visās koncentrācijās bija inhibējoša ietekme. Būtisku pieaugumu 1. un 2. lapai un svaigajai masai novēroja koncentrācijās 5, 10 un 20%.

Variāntos bez papildus barības vielām būtisks pieaugums bija gan miežiem, gan kviešiem visās koncentrācijās, tomēr atšķirības starp 5, 10, 15 un 20% nebija būtiskas.



18. attēls. Dažādu aļģu ekstrakta 2 koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 18. The effect of different algae extract 2 concentrations on barley (A), wheat (B) growth. Data are means from 5 different measurements \pm SE, 10 seeds each.



19. attēls. Dažādu aļģu ekstrakta 3 preparāta koncentrāciju ietekme uz miežu (A), kviešu (B) dīgstu augšanu ar minerālvielu šķīdumu, miežiem (C), kviešiem (D) bez minerālvielu šķīduma. Rezultāti ir vidējie \pm SE no 5 bioloģiskajiem atkārtojumiem, 10 sēklas katrā.

Figure 19. The effect of different algae extract 3 concentrations on barley (A), wheat (B) growth with nutrient solution, barley (C), wheat (D) without nutrient solution. Data are means from 5 different measurements \pm SE, 10 seeds each.

4. tabula. Pārbaudīto preparātu salīdzinošā aktivitāte dārzeņu dīgstu testā minerālvielu šķīduma klātbūtnē vai bez tā: maksimālā stimulējošā ietekme (pieauguma %)

Table 4. Tested product comparable activity in vegetable seedling test with or without nutrient solution: the maximum stimulating effect (growth %)

	Redīss			Kālis			Tomāts			Burkāns			Vidējais
	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	
	garums	masa	garums	garums	masa	garums	garums	masa	garums	garums	masa	garums	
Kūdras HS	155	87	137	103	76	56	184	132	98	85	43	105	105
Vermikomposta HS	93	44	58	335	331	176	114	125	132	30	39	38	126
Sapropeļa HS	69	40	25	79	74	35	104	0	104	74	53	77	53
Lignohumāti	77	50	31	124	81	52	77	35	96	87	67	48	69
Alģu ekstrakts 1	22	15	48	23	23	25	4	26	9	1	0	20	18
Alģu ekstrakts 2	12	20	4	69	51	37	35	18	25	19	0	11	25
Alģu ekstrakts 3	43	25	81	30	57	28	87	46	60	40	41	29	47

5. tabula. Pārbaudīto preparātu salīdzinošā aktivitāte dārzeņu dīgstu testā minerālvielu šķīduma klātbūtnē vai bez tā: koncentrācija ar maksimālo stimulējošo efektu (mL L⁻¹ vai %)

Table 5. Tested product comparable activity in vegetable seedling test with or without nutrient solution: the concentration of maximum stimulating effect (mL L⁻¹ vai %)

	Redīss			Kālis			Tomāts			Burkāns			Vidējais
	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	
	garums	masa	garums	garums	masa	garums	garums	masa	garums	garums	masa	garums	
Kūdras HS	100	100	10	50	50	10	100	50	5	50	100	50	56
Vermikomposta HS	100	100	5	100	100	100	100	100	100	50	5	10	73
Sapropeļa HS	50	25	1	25	25	50	25	–	19	50	25	1	27
Lignohumāti	0.5	0.5	0.01	0.5	0.025	0.01	0.01	0.025	0.01	0.1	0.1	0.1	0.15
Alģu ekstrakts 1	10	10	10	10	10	2	5	10	2	2	–	5	7
Alģu ekstrakts 2	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	–	2	9
Alģu ekstrakts 3	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	1	10	9

6. tabula. Pārbaudīto preparātu salīdzinošā aktivitāte dārzeņu dīgstu testā minerālvielu šķīduma klātbūtnē vai bez tā: vidējais stimulējošais efekts (pieauguma %)

Table 6. Tested product comparable activity in vegetable seedling test with or without nutrient solution: the average stimulating effect (growth%)

	Redīss			Kālis			Tomāts			Burkāns			Vidējais
	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	Hipokotils		Sakne	
	garums	masa	garums	garums	masa	garums	garums	masa	garums	garums	masa	garums	
Kūdras HS	64	35	43	38	13	12	86	83	73	39	30	37	46
Vermikomposta HS	21	5	1	148	166	80	33	47	69	7	10	15	50
Sapropeļa HS	30	10	5	42	39	13	38	0	65	48	6	52	27
Lignohumāti	12	17	0	72	47	0	48	23	49	36	30	17	30
Aļģu ekstrakts 1	16	15	30	19	16	16	4	10	5	1	0	14	12
Aļģu ekstrakts 2	11	15	4	33	29	26	16	18	17	9	0	8	16
Aļģu ekstrakts 3	21	21	38	17	27	28	34	22	31	34	28	20	28

7. tabula. Pārbaudīto preparātu salīdzinošā aktivitāte graudaugu dīgstu testā minerālvielu šķīduma klātbūtnē vai bez tā: maksimālā stimulējošā ietekme (pieauguma %)

Table 7. Tested product comparable activity in cereal seedling test with or without nutrient solution: the maximum stimulating effect (growth %)

	Mieži				Kvieši				Vidējais
	Lapas garums		Svaigā masa	Sausā masa	Lapas garums		Svaigā masa	Sausā masa	
	1. lapa	2. lapa			1. lapa	2. lapa			
Kūdras HS	0	1	7	12	0	0	0	10	4
Vermikomposta HS	3	22	35	26	4	9	14	14	16
Sapropeļa HS	3	2	17	16	7	1	7	7	8
Lignohumāti	4	0	10	7	0	5	8	10	6
Lignohumāti (bez minerālvielām)	17	42	22	15	16	56	40	39	31
Aļģu ekstrakts 1	7	7	29	0	0	8	9	0	8
Aļģu ekstrakts 2	2	5	20	14	8	2	6	5	8
Aļģu ekstrakts 3	0	4	15	0	8	4	10	0	5
Aļģu ekstrakts 3 (bez minerālvielām)	22	75	55	56	14	47	38	40	43

8. tabula. Pārbaudīto preparātu salīdzinošā aktivitāte graudaugu dīgstu testā minerālvielu šķīduma klātbūtnē vai bez tā: koncentrācija ar maksimālo stimulējošo efektu (mL L⁻¹ vai %)

Table 8. Tested product comparable activity in cereal seedling test with or without nutrient solution: the concentration of maximum stimulating effect (mL L⁻¹ vai %)

	Mieži				Kvieši				Vidējais
	Lapas garums		Svaigā masa	Sausā masa	Lapas garums		Svaigā masa	Sausā masa	
	1. lapa	2. lapa			1. lapa	2. lapa			
Kūdras HS	–	100	100	–	–	–	10	78	
Vermikomposta HS	10	10	2	20	10	10	20	11	
Sapropeļa HS	25	100	100	100	5	5	25	5	46
Lignohumāti	0.5	–	0.5	0.05	–	0.025	0.05	0.025	0.19
Lignohumāti (bez minerālvielām)	0.05	0.075	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.078
Aļģu ekstrakts 1	20	20	20	–	–	20	20	–	20
Aļģu ekstrakts 2	10	10	10	10	10	5	5	5	8
Aļģu ekstrakts 3	–	20	20	–	5	5	5	–	11
Aļģu ekstrakts 3 (bez minerālvielām)	15	10	10	10	5	15	15	5	11

9. tabula. Pārbaudīto preparātu salīdzinošā aktivitāte graudaugu dīgstu testā minerālvielu šķīduma klātbūtnē vai bez tā: vidējais stimulējošais efekts (pieauguma %)

Table 9. Tested product comparable activity in cereal seedling test with or without nutrient solution: the average stimulating effect (growth%)

	Mieži				Kvieši				Vidējais
	Lapas garums		Svaigā masa	Sausā masa	Lapas garums		Svaigā masa	Sausā masa	
	1. lapa	2. lapa			1. lapa	2. lapa			
Kūdras HS	0	1	7	8	0	0	0	5	3
Vermikomposta HS	2	11	22	14	3	5	9	8	9
Sapropeļa HS	3	2	10	8	5	1	6	4	5
Lignohumāti	3	0	7	4	0	3	6	6	4
Lignohumāti (bez minerālvielām)	10	25	13	10	4	33	18	21	17
Aļģu ekstrakts 1	6	5	18	0	0	6	7	0	5
Aļģu ekstrakts 2	2	4	12	12	5	2	5	3	6
Aļģu ekstrakts 3	0	3	8	0	4	4	7	0	3
Aļģu ekstrakts 3 (bez minerālvielām)	19	55	44	40	11	42	30	33	34

5. DISKUSIJA

Pētījuma mērķis bija izstrādāt testu sistēmu augu augšanu ietekmējošās aktivitātes noteikšanai un aprobēt to, nosakot dažādu HS un AE preparātu koncentrāciju ietekmi uz dārzena un graudaugu dīgstu augšanu.

Kopumā, visiem preparātiem novēroja pieaugumu kādā no koncentrācijām vismaz vienam mērītajam parametram. Tomēr, tā kā pētījumā izmantoja septiņus dažādus preparātus (četri HS un trīs AE preparāti) un sešas augu sugas (redīsi, kāļi, tomāti, burkāni, mieži, kvieši), tad rezultāti nav viennozīmīgi un ļoti variē. Piemēram, variantā ar sapropeļa HS preparātu graudaugu dīgstu testā, miežiem, salīdzinot ar kontroli, maksimālajā koncentrācijā (100 mL L^{-1}) bija augšanu veicinošs efekts, tomēr kviešiem tā paša preparāta tajā pašā koncentrācijā bija inhibējoša ietekme (15. attēls).

Pirms pētījuma uzsākšanas veica arī pirmizpēti, lai noskaidrotu, kādas koncentrācijas Knopa barības vielu šķīdumā graudaugi augs vislabāk. Vislabākie rezultāti bija pilnas Knopa barības vielu šķīdumam, tādēļ arī pētījumā tādu izmantoja.

Būtiska ietekme uz dīgstu augšanu gan HS, gan AE preparātiem bija atkarībā no to koncentrācijas. Tomēr visiem preparātiem nevarēja novērot kopīgu saistību starp koncentrāciju un mērītajiem parametriem. Darba hipotēze, ka augam mērītie parametri palielināsies līdz ar koncentrāciju, apstiprinājās tikai dažos variantos. Arī katram preparātam koncentrācija, kurā novēroja maksimālo stimulējošo efektu, atšķīrās (4. un 7. tabula), tomēr ne visu preparātu koncentrācijas var salīdzināt, jo visiem produktiem neizmantoja vienādas koncentrācijas. Arī citu autoru darbu rezultātos optimālā HS koncentrācija atšķīrās. Ateijeha veiktajā pētījumā par vermikomposta HS ietekmi uz augu augšanu, tā uzlabojās koncentrācijas robežās 500 – 1000 mg/kg, taču, kad tā pārsniedza 1000 mg/kg, pozitīvais efekts sāka samazināties (Atiyeh *et al.* 2002). Savukārt, citā pētījumā būtisks pieaugums bija koncentrācijā sākot ar 1000 mg/kg un lielākas (Valdrighi *et al.* 1996). Rathores veiktajā pētījumā par AE ietekmi uz soju (*Glycine max*), rezultātos iegūtā optimālā koncentrācija augšanai bija 15%, kas ir apmēram uz pusi lielāka kā šajā pētījumā iegūtās (Rathore *et al.* 2009). Tas norāda uz to, cik atšķirīgas var būt dažādu HS un AE preparātu koncentrāciju ietekme.

Būtiska vidējā pieauguma atšķirība bija lignohumātu un AE3 preparātu eksperimentā starp variantiem ar papildu minerālvielām un tā paša preparāta variantiem bez pievienotām minerālvielām – variantos bez papildus minerālvielām pieaugums bija lielāks. Tas, iespējams,

tāpēc, ka variantā ar papildus minerālvielām augiem jau tika nodrošināti svarīgākie mikro- un makroelementi. Tātad daļu uzlabojumu auga augšanai varēja dot preparātos esošie bioloģiski aktīvie savienojumi, piemēram, augu hormoni. Turpretī, variantos bez minerālvielām, tā kā HS, lignohumāti un AE satur arī augiem pieejamas minerālvielas, augi, kuriem pievienoja preparātus, saņēma zināmu daudzumu minerālvielas un papildus bioloģiski aktīvos savienojumus. Šis arī varētu būt iemesls, kāpēc dārzeņu dīgstu testā kopumā bija lielāks vidējais un maksimālais pieaugums kā graudaugu dīgstu testā. Dārzeņu dīgstu testā vidējais stimulējošais efekts bija HS 53- 126% un AE 18- 47%, savukārt graudaugu dīgstu testā (ar minerālvielām) HS 3- 9% un AE 3- 6% (6. tabula).

Īsti nav izskaidrojams, kāpēc bija varianti, kur HS vai AE preparātiem bija inhibējoša ietekme, īpaši, ja izmantoja nelielu preparāta koncentrāciju. Teorētiski, inhibējošam efektam nelielajās koncentrācijās nevajadzēja būt, jo gan HS, gan AE preparāti būtiski uzlabo barības vielu uzņemšanu augā, kā arī tie satur augšanu veicinošus fitohormonus (Atiyeh *et al.* 2002, Rathore *et al.* 2009). Zinātniskajā literatūrā nav minētas preparātos vielas, kas varētu inhibēt augu augšanu. Iespējams, ka inhibējošais efekts ir vai nu bioloģiskās variabilitātes dēļ vai arī konkrētas minerālvielu un preparātu daudzuma attiecību rezultāts. Zangs raksta, ka, iespējams, labāki rezultāti varētu būt, ja AAVP izmantotu kopā ar samazinātu barības vielu daudzumu (Zhang *et al.* 2003).

Dārzeņu dīgstu testā mērīja gan hipokotila garumu un masu, gan arī saknes garumu. Kopumā produktiem uz saknes garumu bija mazāka maksimālā un vidējā stimulējošā ietekme. Turpretī, D. A. Vaughans savā pētījumā secināja, ka HS ir lielāks stimulējošais efekts uz dīgļsakni nekā uz hipokotilu (Vaughan *et al.* 1985). Tomēr Vaughans pētījumā izmantoja tikai vienu HS koncentrāciju, tāpēc, iespējams, šis secinājums nav attiecināms uz visām koncentrācijām, jo esošajā pētījumā HS lielāks efekts uz dīgļsaknes garumu bija pārsvarā tikai mazās koncentrācijās (1 - 25 mL L⁻¹). Turklāt, saknes garuma pieaugums ne vienmēr ir kā pozitīvs efekts, jo tas var liecināt par nepietiekamu minerālvielu daudzumu augam. Piemēram, slāpekļa un fosfora trūkuma gadījumā, saknes garums var palielināties (Baligan *et al.* 1998, cit. pēc Sathiyavani *et al.* 2017). Iespējams, tas izskaidro, kāpēc dīgļsaknes garuma maksimālā stimulējošā ietekme bija zemākajās koncentrācijās, jo šajās koncentrācijās bija mazāks barības vielu daudzums. Tomēr, kaut arī konkrētu minerālvielu trūkums būtiski ietekmē sakņu morfoloģiju, atbildi uz barības vielu trūkumu arī ietekmē auga suga (Sathiyavani *et al.* 2017). Tāpēc bija arī varianti, kur dīgļsaknes garums pieauga līdz ar koncentrāciju un nebija dīgļsaknes garuma “lēkāšana”, mainoties koncentrācijai.

Graudaugu dīgstu testā visiem HS vai AE preparātiem nevarēja novērot kādu kopīgu trendu. Turklāt, dažādiem HS preparātiem bija pat ļoti atšķirīga ietekme. Piemēram, vermikomposta HS pārsvarā bija stimulējošs efekts, īpaši uz miežiem, turpretī, kūdras HS uz lielāko daļu parametru bija ar inhibējošu ietekmi visās koncentrācijās. AE nebija tik atšķirīgas ietekmes starp preparātiem, tomēr, piemēram, AE2 bija uz pusi lielāks vidējais stimulējošais efekts kā AE3. Tas varētu liecināt par atšķirīgu sastāvu HS un AE preparātiem. Turklāt, atšķiras ne tikai barības vielu daudzums, bet arī bioloģiski aktīvo vielu daudzums un veids. Iespējams, ka arī paši preparāti var būt atšķirīgas koncentrācijas – vienam ražotājam preparāts var būt koncentrētāks, citam - atšķaidītāks. Arī dārzeņu dīgstu testa rezultāti liecina, ka dažādiem augu augšanas veicinošiem preparātiem ir atšķirīga ietekme uz vienu un to pašu augu sugu vai pat šķirni. Ieviņa veiktajā pētījumā dažādiem vermikomposta ekstrakta koncentrāciju šķīdumiem bija ne vien atšķirīga ietekme uz dažādām sugām, bet pat uz dažādām šķirnēm (Ievinsh 2011). Arankona veiktajā pētījumā arī salīdzināja dažādu izcelsmju HS ietekmi uz augu augšanu (Arancon *et al.* 2006), kur iegūtie rezultāti bija būtiski atšķirīgi. Iespējams, ka ar AE varētu būt līdzīgi, jo dažādas aļģu sugas satur atšķirīgu daudzumu fitohormonus un barības vielas (Craigie *et al.* 2011). Salīdzinot visu preparātu vidējo un maksimālo stimulējošo ietekmi, visaugstākie rezultāti visos testos bija vermikomposta HS preparātam.

Darbā izmantoja divas testa sistēmas: dārzeņu un graudaugu dīgstu. Katrai testa sistēmai bija savas pozitīvās puses, kā arī trūkumi. Ar dārzeņu dīgstu testā īsākā laikā varēja sagatavot vairāk variantu ar vairāk sēklām, kā arī izmantoja mazāku pētāmā preparāta daudzumu. Tomēr dārzeņu dīgstus bija grūtāk mērīt, jo to izmēri bija ļoti nelieli (ap 20 – 30 mm), līdz ar to iespējama lielāka kļūda mērot. Savukārt, graudaugu dīgstu testā mērīšana bija vieglāka, kā arī augus varētu turpināt audzēt ilgāk par nedēļu, ja būtu nepieciešams. Trūkumi šai sistēmai ir, ka tā ir laikietilpīgākā kā dārzeņu dīgstu, tā aizņem vairāk vietas un nepieciešams sagatavot sēklas divas dienas pirms eksperimenta uzstādīšanas. Vēl testi savā starpā atšķīrās, ka graudaugu dīgstu testā lielākai daļai eksperimentu pievienoja papildus Knopa barības vielu šķīdumu. Līdz ar to, dārzeņu dīgstu testā noteica preparātos esošo barības vielu un bioloģiski aktīvo savienojumu ietekmi uz augu augšanu. Savukārt, graudaugu dīgstu testā, tā kā papildus pievienoja pilnu barības vielu šķīdumu, noteica bioloģiski aktīvo savienojumu ietekmi uz dīgstiem.

Neskatoties uz to, ka HS vai AE izmantošana pareizās koncentrācijās var būtiski uzlabot augu augšanu, šo preparātu izmantošanai varētu arī būt citi ieguvumi. Tā kā HS pievienošana substrātam spēj vismaz daļēji novērst sāls izraisīto negatīvo ietekmi uz augiem iesālās augsnes

(Aşik *et al.* 2009), kā arī tām ir spēja aktīvi piesaistīt metāla jonus, tajā skaitā arī smago metālu jonus (Dūdare 2015), HS varētu izmantot uz laukiem, kuri ir vai nu pārsāļoti vai arī piesārņoti ar smagajiem metāliem. Tādā veidā varētu paplašināt iespējamo apstrādājamo lauku platību. Turklāt gan HS, gan AE labvēlīgi ietekmē augsni, jo uzlabo gan augsnes fiziskās īpašības, kā mitruma saturēšanu, gan arī veicina augsnei labvēlīgo mikroorganismu vairošanos. Kā jau darbā minēts, ka HS un AE preparāti uzlabo barības vielu uzņemšanu augos, tad, iespējams, augu audzēšanai vajadzētu izmantot mazāk ķīmiskā mēslojuma, kas, savukārt, samazinātu audzēšanas izmaksas.

Kopumā nevar noteikt vienu optimālo koncentrāciju visiem HS vai AE preparātiem. Šo augu augšanas veicinošo produktu ietekmi uz dārzeņu vai graudaugu dīgstiem nosaka:

- 1) HS vai AE preparāts;
- 2) Augu suga, pat šķirne;
- 3) Izmantotā preparāta koncentrācija.

HS un AE preparātu ražotāji savu produktu reklāmās min tikai pozitīvās īpašības, tomēr pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka ne vienmēr efekts var būt pozitīvs. Turklāt, izmantojot produktus uz lauka, augsnē esošais minerālvielu daudzums dažādām augsnēm ir atšķirīgs, tāpēc izmantojamā optimālā preparātu koncentrācija būs atšķirīga. Augsnes, kuras dabīgi satur augstu HS daudzumu, papildus HS vai AE pievienošana varētu dot pat negatīvu efektu. Lai pārlicinātos par pareizo HS vai AE devu, preparātu lietotājam jāveic pirmizpēte, īpaši, ja preparātu paredzēts izmantot lielās platībās. HV preparātu ražotāja “Green OK” mājaslapā publicētais pētījums uzrādīja pozitīvus rezultātus – kartupeļu raža uz 1 m³ palielinājās apmēram par vienu kilogramu jeb par 21%. Tomēr, apstrādājot ar HS preparātu pirms iestādīšanas kartupeļu bumbuļus un pēc tam augus divreiz smidzinot, tika patērēts daudz HS šķīduma. Veicot aprēķinus ar metodē izmantoto HS preparāta daudzumu, izmaksas uz vienu augsnes kvadrātmetru HS šķīdumam bija vismaz 0,34 Eiro, neskaitot bumbuļu apstrādi ar HV un papildus mēslojumu. Var izrādīties, ka tik liela daudzuma HV preparātu izmantošana ir finansiāli neizdevīga audzētājiem, jo kartupeļu cena uz kilogramu ir neliela. Tomēr HV varētu izmantot citu kultūraugu audzēšanā, kuru cena kilogramā ir augsta. Pieņemot, ka citiem augiem arī būtu līdzīgs ražas pieaugums, audzētājiem izmantot HV būtu finansiāli izdevīgi.

SECINĀJUMI

- 1) Humīnskābes saturoši preparāti (kūdras, vermikomposta, sapropeļa un lignohumātu) un aļģu ekstrakti dažādās koncentrācijās atšķirīgi ietekmē mērītos parametrus;
- 2) Dažādi HS saturošie preparāti un aļģu ekstrakti atšķirīgi ietekmē izmantoto augu sugu (redīsus, kāļus, tomātus, burkānus, miežus un kviešus) dīgstus, kas varētu būt atkarīgs no preparātu atšķirīgā ķīmiskā sastāva;
- 3) Ar izmantoto dārzeņu un graudaugu dīgstu metodi iespējams salīdzinoši īsā laikā (vienā nedēļā) pārbaudīt dažādu humīnskābes saturošu produktu un aļģu ekstraktu ietekmi uz augu augšanu, taču iegūto rezultātu vispārināšanas pakāpi traucē novērotā izteiktā atkarība no genotipa;
- 4) Humīnskābju saturošiem preparātiem un aļģu ekstraktiem kopumā ir augu augšanu veicinoša ietekme, taču, lai uzzinātu optimālo koncentrāciju, ir nepieciešama priekšizpēte. Pretējā gadījumā sagaidītā pozitīvā efekta vietā var būt pat inhibējoša ietekme.

PATEICĪBAS

Pateicos par bakalaura darba vadīšanu Augu fizioloģijas katedras vadītājam Dr. hab. biol., prof. Ģedertam Ieviņam.

Pateicos par palīdzību laboratorijā vecākajai dabaszinātņu laborantei Dr. biol. Unai Andersonei- Ozolai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Arancon N. Q., Edwards C., Lee S., Byrne R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. – *European Journal of Soil Biology*, 42(1): 65–69.
2. Aşik B. B., Turan M. A., Çelik H., Katkat A. V. 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. – *Asian Journal of Crop Science*, 1(2): 87–95.
3. Atiyeh R. M., Lee S., Edwards C. A., Arancon N. Q., Metzger J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. – *Bioresource Technology*, 84(1): 7–14.
4. Blunden G. 1991. Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. – Guiry MD, Blunden G (eds) *Seaweed resources in Europe: uses and potential*. 65–81
5. Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. – *Plant Soil*.
6. Canellas L. P. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. – *Plant Physiology*, 130(4): 1951–1957.
7. Chen Z., Pawluk S. 1995. Structural variations of humic acids in two sola of Alberta Mollisols. – *Geoderma*, 65(3-4): 173–193.
8. Chen, Y., T. Aviad 1990. Effects of Humic Substances on Plant Growth. *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*, 161– 186.
9. Craigie J. S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. – *Journal of Applied Phycology*, 23: 371–393.
10. Critchley A. T., Craigie Æ. J. S., Norrie Æ. J. 2009. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. – *Journal of Plant Growth Regulation*, 28:386–399.
11. Crouch I. J., van Stalen J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. - *Plant Growth Regulation*, 13: 21 - 29.
12. Dūdare D. 2015. Kūdras humīnskābju mijiedarbība ar metāliskajiem elementiem. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga, Latvijas Universitāte, 38 lpp.

13. Guiry MD. 2012. How Many Species of Algae are There? – *Phycol.*, 48(5): 1057 – 63.
14. Hopkins W.G., Huner N.P.A. 2004. *Introduction to Plant Physiology*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 560 pp.
15. Ievinsh G. 2011. Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. – *Plant Growth Regul.*, 65: 169–181.
16. Jardin P. 2012. *The Science of Plant Biostimulants – A bibliographic analysis*. European Commission.
17. Kauffman G. L., Kneivel D. P., Watschke T. L.. 2007. Effects of a Biostimulant on the Heat Tolerance Associated with Photosynthetic Capacity, Membrane Thermostability, and Polyphenol Production of Perennial Ryegrass. *Crop Science*. – 47:261–267
18. Khan W., Rayirath U. P., Subramanian S., Jithesh M. N., Rayorath P., Hodges M., Critchley A. T., Craigie J. S., Norrie J., Prithiviraj B. 2009. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. – *Plant Growth Regul.*, 28:386–399.
19. Magdoff F., Weil R. R. 2004. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. CRC Press, 412 pp.
20. Pettit R.E. 2014. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. – *Igarss 2014*,1: 1–5.
21. Piccolo A. 1996. *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. The Netherlands: Elsevier science B. V.
22. Rathore S. S., Chaudhary D. R., Boricha G. N., Ghosh A. 2009. Effect of seaweed extract on the growth , yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*. – 75(2), 351–355.
23. Rhoades J.D., Loveday J. 1990. Salinity in irrigated agriculture. – *American Society of Civil Engineers, Irrigation of Agricultural Crops*, 1089–1142.
24. Sathiyavani E., Prabakaran N. K., Surendar K. K. 2017. Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants – A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. – 6(4): 2810–2837.

25. Savci S. 2012. Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. ICESD 2012. – 287–292.
26. Schmidt R. E., Ervin E. H., Zhang X. 2003. Questions and answers about biostimulants. – GMC. 91–94.
27. Schulten H. R., Schnitzer M. 1993. A state of the art structural concept for humic substances. – *Naturwissenschaften*, 80: 29–30.
28. Siaz-Jimenez C., Leeuw J. 1987. Chemical Structure of a Soil Humic Acid As Revealed by Analytical Pyrolysis. – *J.Anal. Appl. Pyrol.*, 11: 376.
29. Stevenson F. J. 1982. *Humus Chemistry - Genesis, Composition, Reactions*. New York: John Wiley and Sons, 512 pp.
30. Tate R. L. 2000. *Soil microbiology* Second edition. Canada: John Wiley and Sons, 536 pp.
31. Tóth G., Hermann T., Da Silva M. R., Montanarella L. 2016. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. – *Environment International*, 88: 299–309.
32. Valdrighi M.M., Pera A., Agnolucci M., Frassinetti S., Lunardi D., Vallini G., 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 58: 133–144.
33. Vaughan D.A., Malcolm R.E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. – *Soil organic matter and biological activity*, 37–75.
34. Verkleij F. N. 1992. Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: A Review. *Biological Agriculture and Horticulture*. – 8(4): 309–324.
35. Waksman S. A. 1932. *Humus*. Baltimore: Williams& Wilkins.
36. Zhang X., Ervin E. H., Schmidt R. E. 2003. Physiological Effects of Liquid Applications of a Seaweed Extract and a Humic Acid on Creeping Bentgrass. *The Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 128(4):492–496.
37. Zhu J. K. 2001. Plant salt tolerance. – *Trends in Plant Science*, 6(2): 66–71.

Elektroniskie resursi-

1. Unknown. 2007. International humic substances society. Skatīts 03.05.2016.
<http://www.humicsubstances.org/whatarehs.html>

2. Vidyasagar A. 2016. Live Science. Skatīts 20.04.2017.

<http://www.livescience.com/54979-what-are-algae.html>

Bakalaura darbs „Dīgstu testa sistēmas izstrādāšana un validācija augu augšanu veicinošo produktu pārbaudei” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

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

Autore: Silvija Meža

02.06.2017.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Dr. hab. biol., prof. Ģederts Ieviņš

02.06.2017.

Recenzente: Dr. biol. Māra Vikmane

02.06.2017.

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē

02.06.2017.

Lietvede: Diāna Marcinkēviča

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

05.06.2017. prot. Nr. , vērtējums

Komisijas sekretārs: Dr. biol. doc. Eižens Slava