



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

ATSKAITE

Jaunas tehnoloģijas sēklu pirmssējas sagatavošanai un sējai
Nr. 18-00-A01620-000051

Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.-2020.gadam
M16.2 pasākums Sadarbība

Nodibinājums "Vides risinājumu institūts"
"Lidlauks", Priekuļu novads., Priekuļu pagasts
LV-4126
lidlauks@videsinstituts.lv
+371 64127951
www.videsinstituts.lv

FEBRUĀRIS, 2021

Projekta apraksts	3
Literatūras apskats.....	4
Sēklu priekšapstrāde – praimēšana	5
Sēklu sēja farmaceitiskajās kapsulās.....	6
Sēklu dražēšana.....	7
Sēklu kapsulēšana hidrogelos	7
Pētnieciskās darbības gaita	9
Kapsulēšanas izmēģinājumi	10
Sēklu kapsulēšana farmaceitiskajās kapsulās	10
Želatīna, agara un cietes gelu ietekme uz sēklu dīgšanu	10
Piedevu ietekme uz sēklu dīgšanu želatīna barotnē	12
Sēklu sadīgšana agara barotnēs.	14
Ar agaru pildītu farmaceitisko kapsulu stabilitāte.....	15
Sēklu dīgšana 10- 30% mitrā augsnes kapsulā	17
Koriandra sēklu diedzēšana 8-10% mitrā substrātā	18
Ar augsni pildītu farmaceitisko kapsulu stabilitāte	20
Sēklu iekapsulēšana algināta apvalkā	21
Iekapsulēšana alginātā no iekšpuses uz āru	21
Iekapsulēšana alginātā no ārpuses uz iekšu	23
Priekšdiedzētu, alginātā kapsulētu sēklu sadīgšana augsnē	31
Sējumu pārklāšana ar hidrogeļu.....	33
Sēklu dražēšana.....	35
Sēja ar šķidrām kapsulām.....	38
Sēklu priekšdiedzēšanas ietekme uz sadīgšanu augsnē 10°C	38
Sēklu priekšapstrāde ar ultraskaņu	41
Piemērota gela meklēšana šķidrajām kapsulām	44
Sējmašīnas prototipa izveide.....	45
Šķidro kapsulu sēja augsnē un virs augsnes	47
Šķidro kapsulu sēja dažādos meteoroloģiskajos apstākļos.	50
Secinājumi.....	57
Izmantotā literatūra.....	58

Projekta apraksts

Sēklām ir liela nozīme ražas iegūšanā, jo tās nodrošina labu sējumu sadīgšanu, veicina veselīgu un produktīvu augu veidošanos, ierobežo sējumu nezāļainību, paaugstina mēslojuma izmantošanas efektivitāti (Augkopība, 2001). No agrotehnikas viedokļa būtisks ir sēklu sadīgšanas ātrums. Ja graudaugu sēklas pēc sējas sadīgst 3-7 dienās, tad daudzām ārstniecības un aromātisko augu un dārzeņu sugām raksturīgs ļoti lēns dīgšanas ātrums, piemēram, dillēm, koriandram, timiānam, burkāniem, sīpoliem -21-24 dienas, kliņģerītei līdz 14 dienām (Handbuch des Arznei- und Gewurzpflanzenbaus, 2010). Rezultātā šo sugu sējumos sadīgst nezāles, kuras nomāc lēni dīgstošos kultūraugus un tās ir grūti ierobežot, gan konvencionālajā lauksaimniecībā, jo nav pieejami augsnes herbicīdi un īpaši bioloģiskajā lauksaimniecībā. SIA "Vidzemes mežsaimnieks" ir uzņēmums, kurš strādā bioloģiskās lauksaimniecības jomā, tai skaitā audzējot arī ārstniecības augu sugas, piemēram, kumelīti, koriandru. Uzņēmums nelielās platībās ir audzējis arī kliņģerītes un dilles, kurām ir liels eksporta potenciāls, tomēr to audzēšanas laikā kā galvenā problēma ir bijusi tieši nezāļu ierobežošana, kas attiecīgi neļauj nodrošināt prasīto gala produkta tīrību un kvalitāti. Uzņēmums ir ieinteresēts ieviest ražošanā iepriekš nosauktās sugas, kas veicinātu ekonomisko stabilitāti un diversificētu ražošanas riskus, jaunu sugu ieviešana ražošanā ir vēlama arī no agronomiskā viedokļa, jo palielina bioloģisko daudzveidību un saimniecības ilgtspējību. SIA "Damuižnieki" ir konvencionālā saimniecība, kas pašlaik specializējas graudaugu, rapša un kaņepju audzēšanā. Lai palielinātu bruto ieņēmumus no hektāra, kā arī pagarinātu aktīvās saimniekošanas sezonu, uzņēmums plāno paplašināt audzējamo sugu klāstu, uzsākot sīpolu un burkānu audzēšanu. Šīs sugas nelielās platībās arī audzētas, tomēr tieši nezāļu ierobežošana sākotnējos attīstības etapos ir definēta kā problēma, kurai nepieciešams risinājums. Projekta mērķis ir izstrādāt tehnoloģijas dilļu, koriandra, timiāna, ārstniecības kliņģerītes, burkānu un sīpolu sēklu pirmssējas dīdēšanai un izstrādāt tehnoloģijas sadīdēto sēklu iestrādei augsnē, samazinot laiku, kas nepieciešams šo sēklu dīgšanai laukā un cīnītos ar nezālēm un rezultātā paaugstinātu produkcijas ražu un samazinātu izdevumus produkcijas šķīrošanai.

Projekta norise: 2019. gada 1. marts – 2021. gada 28. februāris

Vadošais partneris: nodibinājums "Vides risinājumu institūts"

Partneri: SIA "Vidzemes mežsaimnieks", SIA "Damuižnieki"

Projekta finansētājs: Eiropas Savienības Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) Lauku attīstības programmas (LAP) 16.pasākums Sadarbība 16.2. apakšpasākums "Atbalsts jaunu produktu, metožu, procesu un tehnoloģiju izstrādei"

Līdzfinansētāji: nodibinājums "Vides risinājumu institūts", SIA "Vidzemes mežsaimnieks", SIA "Damuižnieki"

Projekta kopējais finansējums: 99115,02 EUR tai skaitā publiskais finansējums

Literatūras apskats

Lielākajai daļai kultivēto augu, īpaši dārzeņiem, ārstniecības un aromātiskajiem augiem sadīgšana lauka apstākļos ir zemāka nekā dīgtspējas pārbaudes testos laboratorijā, ko var skaidrot ar nelabvēlīgiem vides faktoriem un patogēnu klātbūtni augsnē (Tu et al. 2016). Tādējādi sējums var veidoties neviendabīgs un ar nepietiekamu augu skaitu ražas ieguvei. Daļu no nelabvēlīgo apstākļu ietekmes var novērst veicot sēklu priekšapstrādi vai apvalkošanu (Currah et al. 1974). Sēklu priekšapstrāde ir sēklu apstrāde ar vienu vai vairākām vielām vai pakļaušana fizikāliem procesiem (Taylor 2001), savukārt sēklu apvalkošana ir vielu uzklāšana sēklai veidā, kas ietekmē sēklas un augsnes mijiedarbību (Scott 1989). Lai priekšapstrāde atbilstu komerciālām prasībām, tai jābūt drošai, audzētājiem viegli pielietojamai, jāatstāj pēc iespējas mazāka ietekme uz vidi un aktīvo vielu devām jābūt pēc iespējas mazām (Amirkhani et al. 2019), pieaug arī pieprasījums pēc apstrādes tehnoloģijām, kas atbilst bioloģiskās lauksaimniecības prasībām (Afzal et al. 2020). Sēklu kapsulai jābūt piemērotai mehāniskai iestrādāšanai augsnē, tai jāspēj absorbēt mehāniskus triecienus un jāspēj bioloģiski noārdīties augsnē un tā nedrīkst negatīvi ietekmēt dīgšanu, kā arī tai jābūt ekonomiski izdevīgai (Cozens 2019).

Parasti sēj sausas, nelīpošas sēklas. Jaunu tehnoloģiju attīstība dod iespēju meklēt risinājumus mitru un īpaši apvalkotu sēklu sēšanā. Jaunuzņēmumi, kā piemēram "Dendra systems" (<https://www.dendra.io/>), sēklas izplata ar droniem, specifiskas augu sugas izsējot no gaisa atbilstoši zemes reljefam un esošu sugu sastāvam (1. attēls). Īpaši svarīgi tas ir vietās ar izteiktu reljefu, kur tradicionālas sējas metodes nav iespējamas. Kapsulu sastāvu uzņēmums neatklāj.



1. attēls. "Dendra Systems" kapsulās iestrādātu sēklu sējas ar droniem. Attēls no World Economic Forum 20.01.2020. ieraksta Facebook vietnē.

Uzņēmums “Plant Tape Altea” izveidojis lielā mērā automatizētu sistēmu, kurā bionoārdošā substrātā ieslēgtā augsnē tiek iesētas sēklas, kas tālāk izdiedzētas siltumnīcās. Plēvē izaudzētie stādi ar īpaši aprīkotiem traktoriem tiek iestrādāti augsnē (2. attēls).



2. attēls. Bionoārdošā plēvē ieslēgtā augsnē izaudzētu sēklaudžu sēja. Attēli no <https://www.planttape.com/>

Sēklu priešapstrāde – praimēšana

Viena no metodēm sēklu laukdīdības uzlabošanai ir **praimēšana** jeb iediedzēšana. Sēklas noteiktu laiku tiek mērcētas ūdenī vai dažādu vielu ūdens šķīdumā un tad izžāvētas. Sēklas kļūst fizioloģiski aktīvas un lauka apstākļos sadīgst ātrāk (Thejeshwini et al. 2018). Praimēšanas efektivitāte ir atšķirīga dažādām augu sugām, to ietekmē arī apstrādes ilgums un vides faktori, pat sēklu partija. Katrai sugai jāpielāgo protokols, lai noteiktu labāko laiku, kad iediedzēšana ir pārtraucama un jāveic strauja žāvēšana. Šīs metodes pielietojumu ierobežo tas, ka pēc apstrādes samazinās sēklu uzglabāšanas ilgums (Dutta et al. 2018). Izdala vairākus praimēšanas veidus, atkarībā no iediedzēšanas vides. Hidropraimēšana notiek ūdens vidē (Mahajan et al. 2011). Osmopraimēšanai izmanto tādas vielas kā polietilēnglikolu (Zhang et al. 2015), hitozānu (Guan et al. 2009), poliamīnu (Farooq et al. 2009). Halopraimēšanai izmanto dažādu sāļu šķīdumus – kālija nitrātu (Ahmadvand 2012), kalcija hlorīdu (Vazirimehr et al. 2014), nātrija hlorīdu (Fredj et al. 2013).

Pēdējā laikā attīstījusies sēklu praimēšana ar fizikālām metodēm. Tai ir liels potenciāls un tai ir vairākas priekšrocības, salīdzinot ar konvencionālu praimēšanu ar ķīmiskām vielām. Fizikālas metodes ir salīdzinoši lētas, videi draudzīgas, neatstāj atkritumus (Dutta et al. 2018), kas īpaši svarīgi bioloģiskās lauksaimniecības kontekstā. Pie šādām metodēm pieder sēklu apstrāde ar elektromagnētisko lauku (Bilalis et al. 2012), apstrāde ar ultravioletajiem stariem (Araujo et al. 2016) un apstrāde ar ultraskaņu. (Goussous et al. 2010). Apstrādei ar fizikālām metodēm rūpīgi jāpielāgo apstrādes

ilgums, jo mazās devās tas ir sēklu dīgšanu stimulējošs, bet lielās – dīgtspēju samazinošs un genotoksisks (Dutta et al. 2018).

Sēklu sēja farmaceutiskajās kapsulās

Sēklu ievietošana farmaceutiskajās kapsulās kopā ar sausu augsni, māliem vai sūnām ir pazīstama ekoloģiskajā kustībā, kas urbānā vidē izplata “sēklu bumbas”. Kapsulas ar tajās iestrādātām sēklām izmētā urbānā vidē, lai palielinātu bioloģisko daudzveidību. Tradicionāli šādas “sēklu bumbas” ir saviļātas no māla un komposta, tām var būt pievienota arī kokogle, augsne, bentonīts, šķiedras, diatomīta zeme, ciete, minerālmēsli, kaitēkļu repelenti, fungicīdi, stimulantu, mikroorganismi un citas vielas (Gornish et al. 2019). Komerciāli ir pieejamas arī ar rokām darinātas kapsulas, kurās ietvertas ar augsni sajauktas sēklas (3. attēls).



3. attēls. Ar rokām gatavotas savvaļas sēklu kapsulas (attēls no *subversivegardener.net*).

Konceptu izplatīt kapsulā ieslēgtas sēklas izmanto jaunuzņēmums “Dendra systems” (<https://www.dendra.io/>). Tas izmatots arī mežsaimniecībā, lai grūti pieejamās vidēs (piemēram kalnu apvidos), izplatītu koku sēklas.

Šādu kapsulu izmantošana lauksaimniecībā ir minēta tikai vienā pētījumā. Farmaceutiskās kapsulas, kas pildītas ar barotni un augam sniedz barības vielas un mehānisko aizsardzību ir izmantotas augu ataudzēšanai no somatiskajiem embrijiem. Kapsulas tika no iekšpuses apstrādātas ar polimēru - polivinilhlorīdu vai polivinilacetātu, lai panāktu mitrumizturību. Tad kapsulā var pildīt barotni, kas papildināta ar minerālvielām, saharozi vai citām piedevām (Dupuis et al. 1994). Lai gan tirgū pieejamas dažāda veida un materiālu kapsulas, līdz šim izmantotie reaģenti to

mitrumizturības panākšanai (pilivinilhlorīds un polivinilacetāts) ir toksiski un tiem ir lēna bionoārdīšanās.

Sēklu dražēšana

Dražēšana ir inerta materiāla uzklāšana sēklai, kura rezultātā palielinās sēklas izmērs, svars, un var tikt izmainīta sēklas forma, kas atvieglo sēju, sevišķi izmēros mazām sēklām. Dražēšanas procesā ap sēklu veido slāni, kas sastāv no pildvielas un saistvielas. Sēklām secīgi vairākas reizes uzklāj no pildvielām un saistvielām veidotu sauso maisījumu un pamīšus uzsmidzina ūdeni līdz izveidojas vēlmais sēklas izmērs. Noslēdzot dražēšanu, sēklas tiek izžāvētas (Taylor et al. 2001). Par pildvielām parasti izmanto pulverveida vielas, kas palielina sēklas svaru un tilpumu, piemēram, mālu, diatomīta zemi, kvarca smiltis, bentonītu, kaļķi un citus materiālus. Kā biezinātājus var izmantot ksantāna sveķus, polivinilalkaholu, akācijas sveķus utt. (Pedrini et al. 2020; Amirkhani et al. 2019; Tayloer et al. 2001). Konvencionālajā lauksaimniecībā sēklu dražēšanas materiālam var pievienot pesticīdus, baktericīdus vai minerālvielas (Tu et al 2016). Sēklu apvalkam var pievienot arī biostimulantus – dabīgas vielas vai mikroorganismus, kas palielina barības vielu uzņemšanas efektivitāti, abiotiskā stresa izturību vai uzlabo augu kvalitāti (Amirkhani et al 2016). Pie biostimulantiem pieskaitāmi mikroorganismi, proteīna hidrolizāti, aminoskābes, humīnskābes, fulvīnskābe, jūras zāļu ekstrakti, želatīns (Amirkhani et al, 2019; Wilson et al. 2018).

Sēklu dražēšanai ir vairākas priekšrocības: apvalkotām sēklām pievienotas aktīvās vielas var ietaupīt resursus, jo visa lauka apstrādes vietā aktīvā viela tiek pievienota sēklas apvalkam (Scott 1989); sēklu dražēšana var palielināt sēklu masu un veicināt labāku sēklu dozēšanu, tādējādi izvairoties no retināšanas (Bruneau 1989); neregulāras formas sēklas dražējot var iegūt lodveida formu, tādējādi atvieglojot sēju (Taylor 2010).

Sēklu kapsulēšana hidrogelos

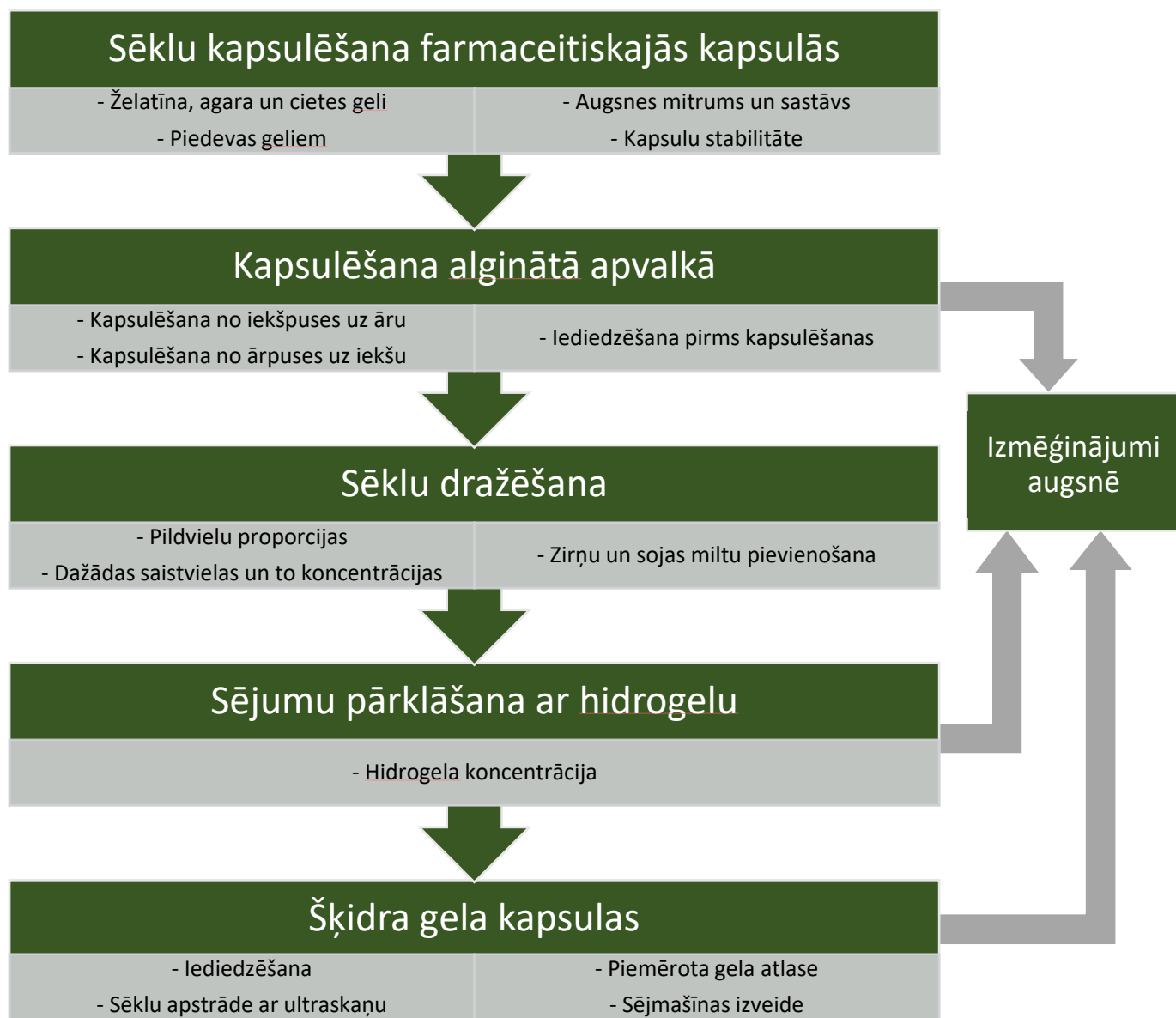
Hidrogeli ir hidrofilī polimēri, kas veido trīsdimensionālu struktūru un var absorbēt vairāk nekā simts reizes lielāku ūdens daudzumu par savu svaru. Šādus polimērus var veidot no dažādiem monomēriem, piemēram, akrilamīda, akrilāta, cietes (Su et al. 2017). Iestrādājot hidrogelu augsnē, uzlabojas augsnes aerācija un piesātinājums ar ūdeni, samazinās transpirācija un augsne lēnāk izžūst (Pathak and Amborse 2020). Ir pētījumi arī par hidrogelu šķīdumu uzklāšanu uz augsnes virskārtas jau apsētos laukos (Cook and Nelson 1986).

Iekapsulēšana ir plaši izmantota stratēģija organismu un šūnu pasargāšanai no ārējās vides kaitīgās ietekmes, kā arī ķīmisku vielu, enzīmu nogādāšanai organismiem vai šūnām. Iekapsulēšanai tiek izmantots ūdenī šķīstošs polimērs, visbiežāk algināts (Berninger et al. 2016). Iekapsulēšana alginātā plaši tiek lietota, augus ataudzējot no somatiskajiem embrijiem – algināta kapsulā pievienotas barības vielas veicina

augšanu, bet kapsula nodrošina mehānisku aizsardzību un aizsardzību pret izžūšanu (Dupuis et al. 1994; Micheli et al. 2007). Šo stratēģiju varētu izmantot arī sēklu pirmssējas sagatavošanai, kapsulējot iediedzētas sēklas, tādējādi paātrinot sēklu sadīgšanu augsnē un nodrošināt labāku sadīgšanas vienmērību. Sēklu iekapsulēšana alginātā ir pārbaudīta ar kviešu, kāpostu, bazilika un redīsu sēklām (Sarrocchio et al. 2004). Ap sēklu pielipinātas algināta mikrodaļiņas tiek izmantotas kā nesējviela mikroorganismiem (Tu et al. 2016). Nātrija algināts un kalcija hlorīds tiek izmantots arī baktērijas saturošas biofilmas veidošanai ap sēklu, imitējot dabā atrodamās baktēriju sabiedrības, kuras pastāv ārpus šūnām polimēru veidotā biofilmu formātā (Khan et al. 2011). Sadīgšanas uzlabošanai tiek ieteikts kapsulai pievienot mikroelementus vai augu aizsardzības līdzekļus (Sarrocchio et al. 2004) .

Pētnieciskās darbības gaita

Pētījumi tika veikti dažādās izmēģinājumu sērijās un iterācijās, testējot dažādus sēklu apvalkošanas risinājumus. Katram apvalkošanas veidam laboratorijas apstākļos tika pārbaudīti dažādi sēklu priekšapstrādes veidi, iediedzēšanas vides. Ņemot vērā sēklu priekšapstrādes veida, pievienoto vielu un kapsulēšanas veida ietekmi uz sēklu sadīgšanu, eksperimentālie varianti tika vai nu atmesti vai attīstīti tālāk un testēti lauka apstākļos.

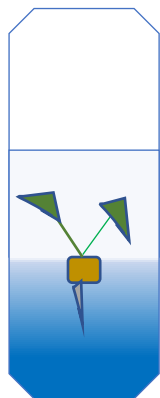


4. attēls. Pārskats par veiktajiem izmēģinājumiem un galvenajiem pārbaudītajiem faktoriem katrā izmēģinājumu sērijā.

Kapsulēšanas izmēģinājumi

Sēklu kapsulēšana farmaceitiskajās kapsulās

Izmēģinājums tika veikts ar mērķi augsnei nogādāt jau iediedzētu sēklu, mitrā, augšanu veicinošā vidē. Kā apvalks tika izmantota dažādu izejmateriālu farmaceitiskā kapsula, kā augšanu veicinošais gels – želatīna, agara un cietes barotnes (5. attēls).



5. attēls. Sēklas diedzēšana uz šķidrās barotnes farmaceitiskajā kapsulā.

Želatīna, agara un cietes gelu ietekme uz sēklu dīgšanu

Izmēģinājuma **mērķis** bija pārbaudīt dažādu gelu, ko potenciāli varētu pildīt farmaceitiskajās kapsulās - želatīna, agara, kartupeļu šķiedras un cietes - ietekmi uz sēklu dīgšanu.

Metodika. Tika imitēta sēklu diedzēšana farmaceitiskajās kapsulās, jo sēklas tika diedzētas mikrotitru platēs 100 µl tilpuma bedrītēs. Sēklas tika ievietotas želejas barotnēs, vertikāli barotnei pa vidu, atdarinot situāciju, kurā želeja ar sēklām tiek ielieta kapsulā. Kā modeļaugš tika izmantota tritikāle, kam ir zināma augsta dīgtspēja un kas sadīgst trīs dienu laikā. Kā kontrole tika izmantotas sēklas, kas diedzētas uz mitra filtrpapīra. Sēklām trešajā dienā pēc diedzēšanas uzsākšanas tiek uzskaitīta sadīgšana, par sadīgušām uzskaitot sēklas, kam parādījusies dīglsakne.

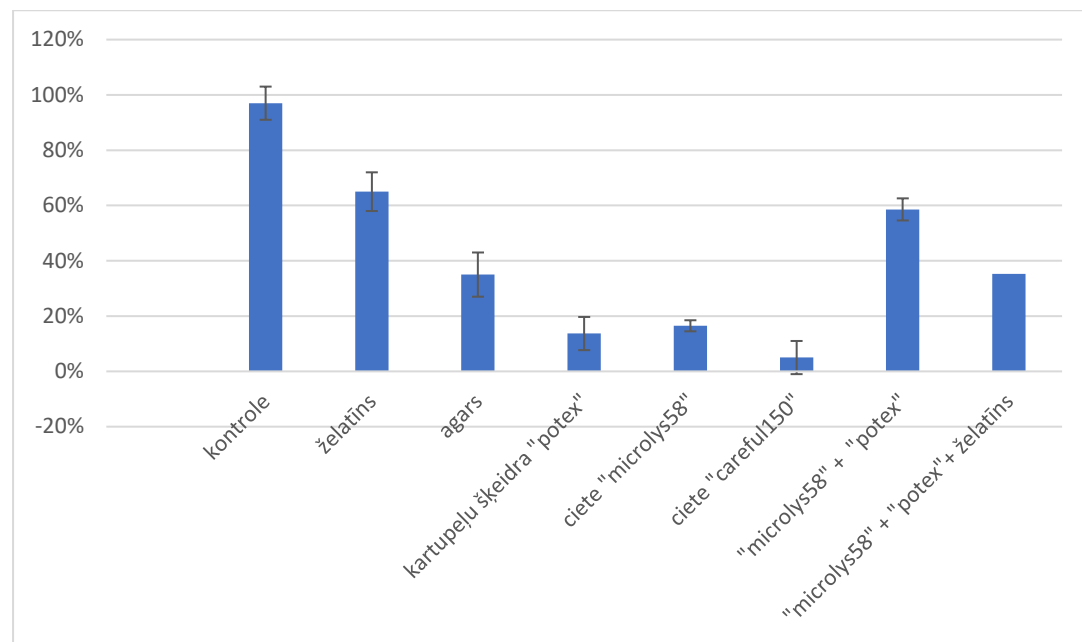
Tika testēti geli ar šādu vielu sastāvu un vielu koncentrācijām:

- 2% želatīns
- 1% agars;
- 2.5 % kartupeļu šķiedra "Potex";
- 8% Modificēta ciete "Microlys 58";
- 8% Modificēta ciete "Careful150";
- 1% modificēta ciete "Microlys", 2.5 % Modificēta ciete "Potex";
- 1 % modificēta ciete "Microlys", 1% želatīns, 3% kartupeļu šķiedra "Potex".

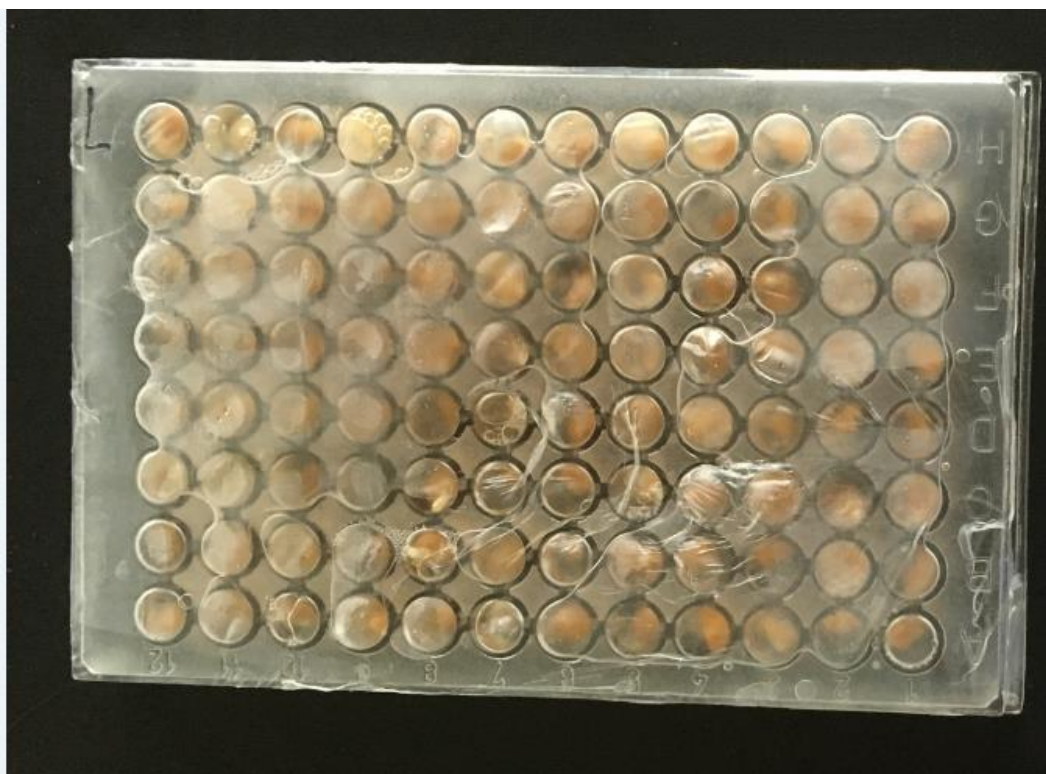
Rezultāti

Vislabākie dīgšanas rezultāti tika iegūti, sēklas diedzējot uz 2 % želatīna substrāta un divu vielu kombinācijas (1% modificēta ciete "Microlys" un 2.5 % kartupeļu šķiedra "Potex"), kā arī uz agara. Tā kā uz cietes diedzētie augi sadīga, bet turpmāka augšana

bija kavēta, salīdzinot ar želatīna un agara variantiem, turpmākiem pētījumiem tiek izvēlēts agars un želatīns.



6. attēls. Triticāles sēkļu sadīgšana trešajā diēdzēšanas dienā uz želatīna, agara, kartupeļu šķiedras un cietes želejām.



7. attēls. Triticāles graudu dīgšana uz 2.5 % kartupeļu šķiedras "Potex" virsmas.



8. attēls. Triticāles graudu dīgšana uz 7 % agara virsmas

Piedevu ietekme uz sēklu dīgšanu želatīna barotnē

Otrās izmēģinājumu sērijas **mērķis** bija novērtēt želatīna gelam pievienotu augu augšanu veicinošu vielu - saharozes, mēslojuma un mālu - ietekmi uz sēklu dīgšanu

Metodika. Kā modeļaugš tika izmantota tritikāle. Sēklas tika diedzētas 96 bedrīšu platēs, katrā ielejot 50 μ gela, lai imitētu diedzēšanu kapsulā. Kā kontrole tika izmantota sēklas, kas diedzētas starp samitrinātiem filtrpapīriem.

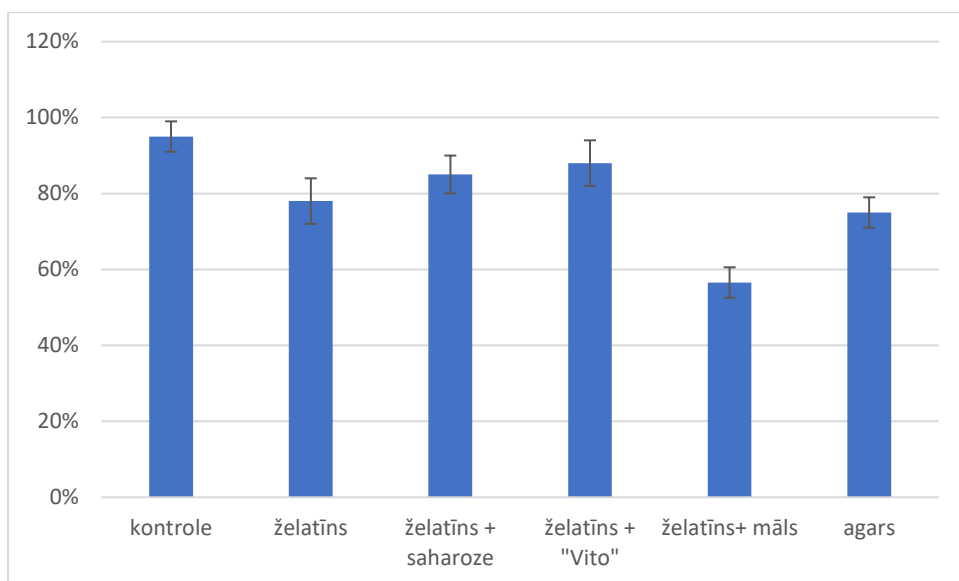
Tika pārbaudīti sekojoši želatīna un agara substrāti:

- 2% želatīns
- 2 % želatīns + 2% saharoze
- 2 % želatīns + mēslojums "Vito" (1 ml uz 100 ml)
- 2% želatīns + māls

Rezultāti

Pievienojot želatīnam mēslojumu "Vito" un saharozi, palielinājās sadīgušo sēklu daudzums, savukārt māla pievienošana samazināja sadīgšanu. Septiņu dienu dīgšanas periodā nesterilajos eksperimenta variantos ar želatīnu attīstījās infekcija (sēņu, bakteriāla), savukārt želatīnu autoklāvēt nav iespējams, jo tad tas denaturējās. Mazākā

mērā infekcijas attīstība tika novērota agara barotnēs un tajās bija arī augsta sēklu dīdžība, tādēļ tā tika izvēlēta tālākiem pētījumiem.



9. attēls. Triticāles sēklu sadīgšana septītajā diedzēšanas dienā uz želatīna substrāta ar dažādām piedevām.



10. attēls. Triticāles sēklu dīgšana septītajā dienā pēc diedzēšanas uzsākšanas uz 2% želatīna barotnes.



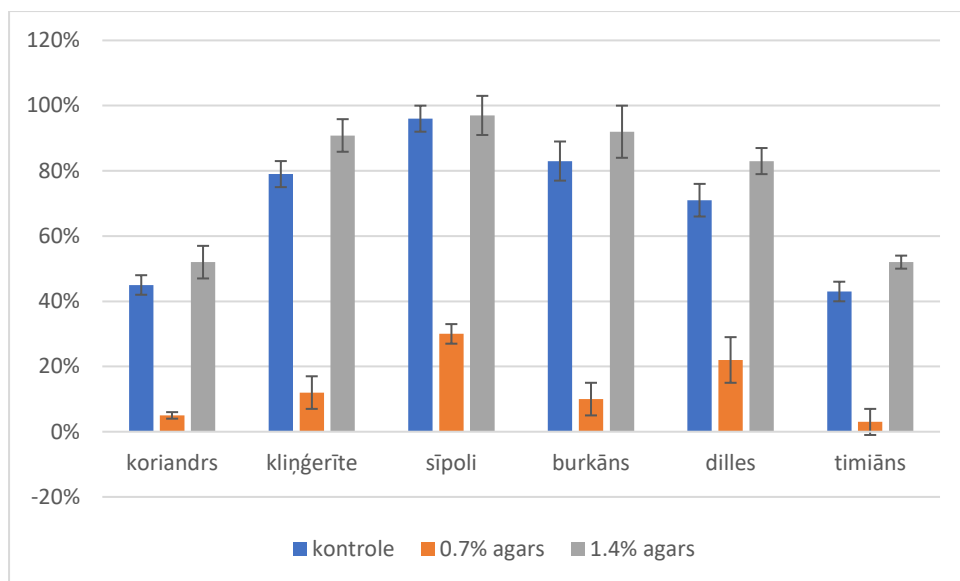
11. attēls. Triticāles sēklu dīgšana septītajā dienā pēc diedzēšanas uzsākšanas uz 2% želatīna barotnes ar mēslojuma "Vito" piedevu.

Sēklu sadīgšana agara barotnēs.

Izmēģinājuma **mērķis** bija noskaidrot sīpolu, koriandra, diļļu, timiāna, kliņģerīšu, burkānu sēklu dīgšanu uz divu dažādu koncentrāciju agar barotnēm. Iepriekšējās eksperimentu sērijās ar modeļaugu tritikāli agars tika atlasīts kā sēklu dīgšanai piemērotākais gels.

Metodika. 96 bedrīšu platēs tika iepildīti 50 µl agara. Tika pārbaudītas divas agara koncentrācijas – 0,7 un 1,4%. Izmēģinājumi tika veikti ar koriandra, diļļu, sīpolu, timiāna, burkānu un kliņģerīšu sēklām.

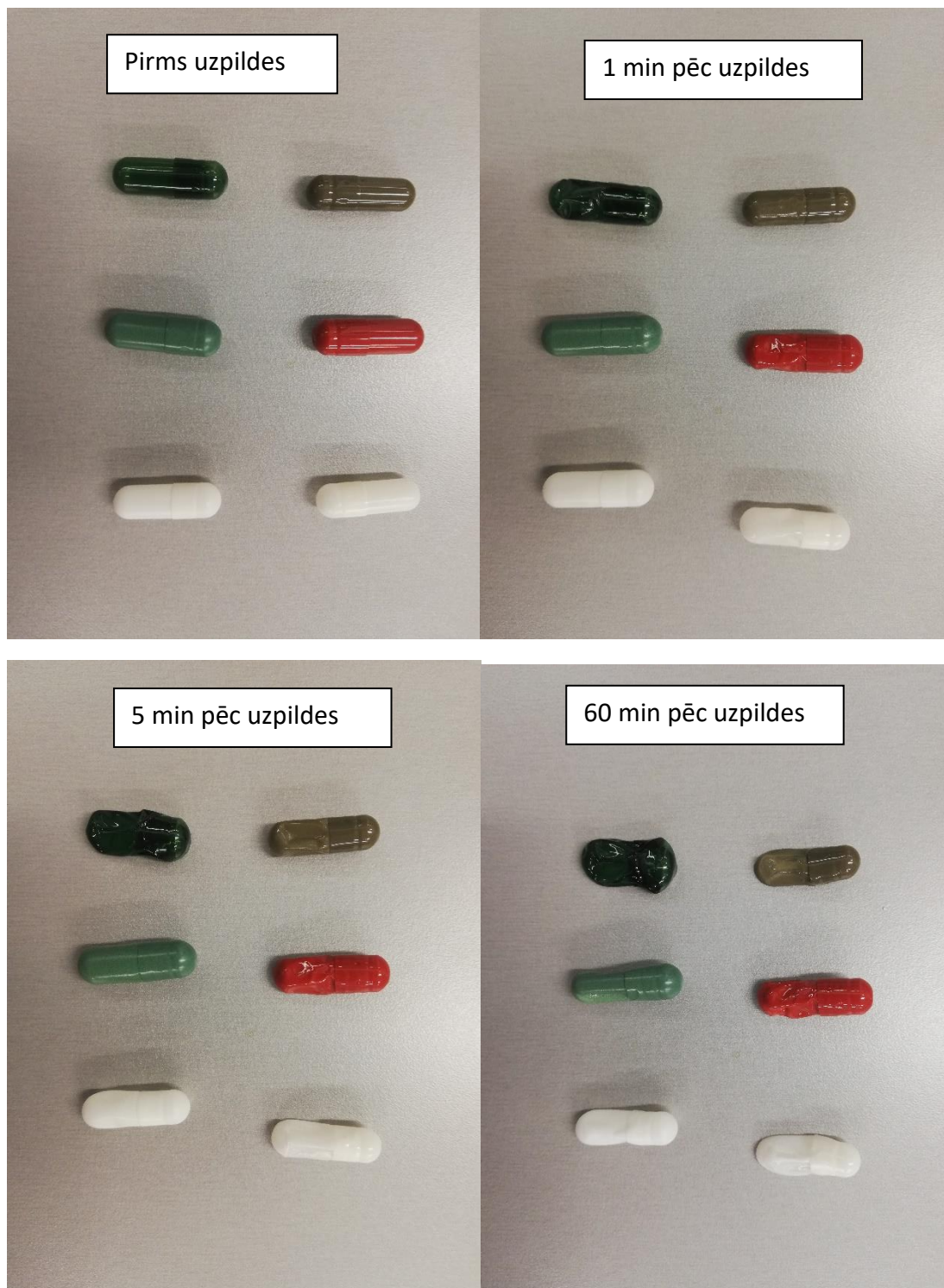
Rezultāti. Visām testētajām augu sugām sēklu dīgtspēja bija augstāka, tos audzējot uz 1.4 % agara, gan salīdzinot ar kontroli (uz mitra filtrpapīra diedzētām sēklām), gan salīdzinot ar 0.7% agara variantu.



12. attēls. Sadīgušo sēklu skaits sešām augu sugām septītajā dienā pēc diedzēšanas uzsākšanas.

Ar agaru pildītu farmaceitisko kapsulu stabilitāte

Dažāda veida farmaceitiskās kapsulas tika pildītas ar 0,7 % agara šķīdumu. Agars tika izkausēts karstā ūdenī un šķīdums tika atdzesēts līdz aptuveni 60 °C temperatūrai, tad katrā kapsulā tika ieliets 0,5 ml agara šķīduma. Kapsulas tika novērotas pēc 1, 5, 10 un 60 minūtēm. Jau tūlīt pēc uzpildes ar siltu agaru kapsulas sāka sadalīties (13. attēls. Dažāda veida kapsulu sadalīšanās 1, 5. 10 un 60 minūtes pēc uzpildes ar 0,7 % agaru.). Visiem kapsulu veidiem pēc 60 minūtēm tika novērota sadalīšanās . Kapsulas šādā veidā mehānizēti nav iespējams augsnē izplatīt un turpmāki izmēģinājumi ar agaru kā galveno kapsulu pildījumu netika turpināti.



13. attēls. Dažāda veida kapsulu sadalīšanās 1, 5, 10 un 60 minūtes pēc uzpildes ar 0,7 % agaru.

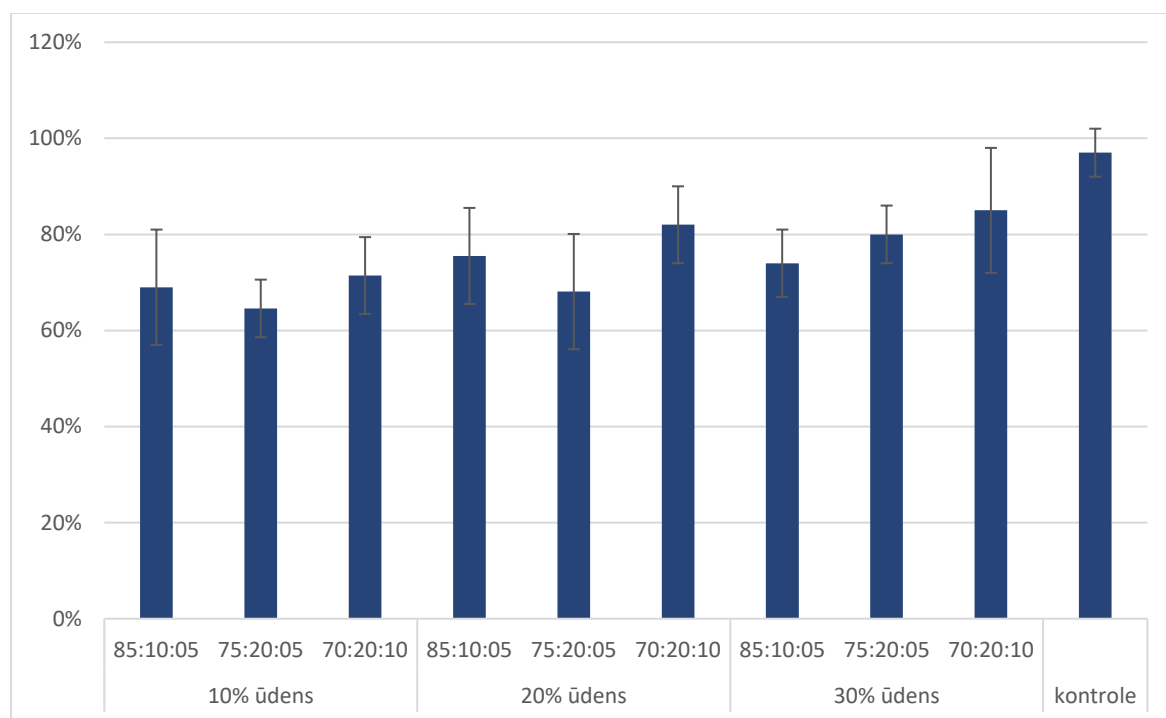
Sēklu dīgšana 10- 30% mitrā augsnes kapsulā

Tā kā iepriekšējās izmēģinājuma sērijās tika konstatēts, ka agara, želatīna, kartupeļu šķiedras un cietes substrāti nav piemēroti pildīšanai farmaceitiskajās kapsulās, tika pieņemts lēmums turpināt izmēģinājumu, kapsulas pildot ar augsnes, māla un vermikulīta maisījumu. Izmēģinājuma **mērķis** bija noskaidrot augsnes, māla un vermikulīta maisījumu dažādās attiecībās ietekmi uz sēklu dīgšanu, kā arī noskaidrot optimālo ūdens sastāvu kapsula, lai sēklas dīgtu un kapsulas neizšķīstu.

Metodika. Kā modeļaugšs izvēlēta tritikāle, kas diedzēta 48 bedrīšu platēs, pildītās ar 50 µl, lai imitētu kapsulu. Diedzēšanas laikā plates bija nosegtas ar vāku. Tika testētas sekojošas augsnes, māla un vermikulīta attiecības: 85:10:5 un 75:20:5; un 70:20:10. Visiem eksperimentālajiem variantiem testēts 10%, 20% un 30% mitruma daudzums augsnē.

Rezultāti

Samazinoties mitruma daudzumam substrātā, samazinājās sēklu dīgtspēja, tomēr vairāk kā 60% sēklu bija dīgstošas pat pie 10% augsnes mitruma. Veselīgāki, spēcīgāki, ar garāku lapu ir dīgsti ar 30% substrāta mitruma daudzumu, salīdzinot ar 20% un 10% dīgšanu (14. attēls).



14. attēls. Tritikāles sēklu dīgtspēja substrātos ar dažādu augsnes, māla un vermikulīta attiecību (85:10:5 un 75:20:5; un 70:20:10) un trīs dažādām substrāta mitruma pakāpēm: 10%, 20% un 30%.



15. attēls. Triticāles sadīgšana septītajā dienā pēc dīgšanas uzsākšanas substrātā ar 70:20:10 augsne : māls: vermikulīts ar 10% ūdens saturu.

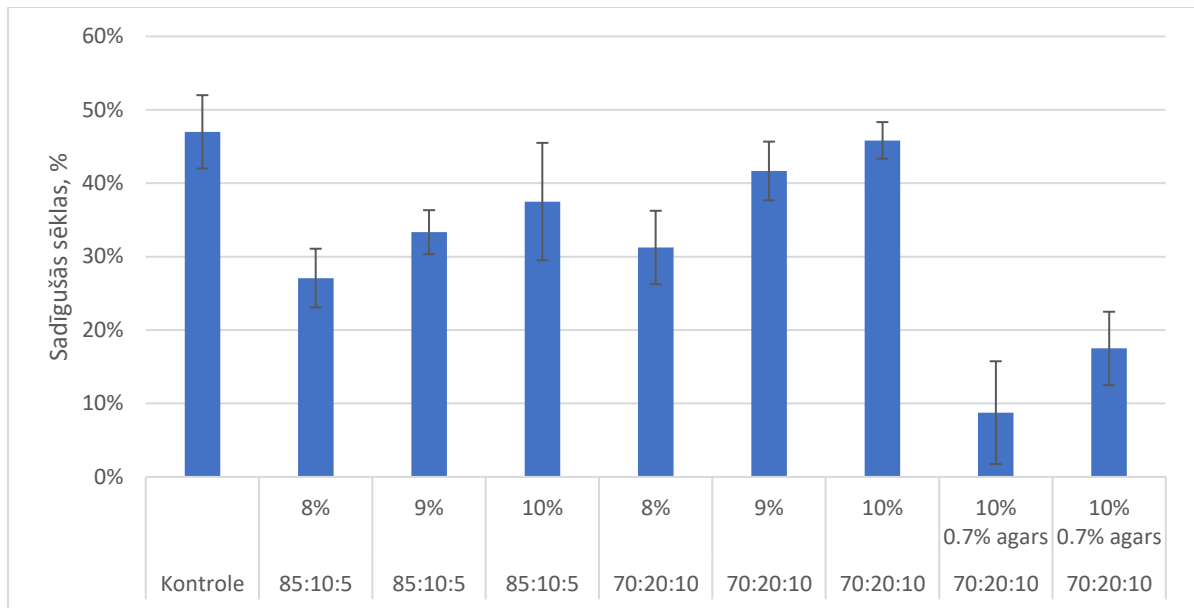
Koriandra sēklu diedzēšana 8-10% mitrā substrātā

Izmēģinājuma **mērķis** bija noskaidrot mitruma satura substrātā ietekmi uz koriandra sēklu dīgšanu.

Metodika. Izmēģinājuma tika izvēlēti augsnes substrāti, kas iepriekšējā eksperimentu sērijā ar tritikāli bija veiksmīgākie: 70:20:10 un 85:10:5 augsne: māls: vermikulīts. Sēklas tika diedzētas 48 bedrīšu platēs, lai imitētu kapsulu. Tika testēti dažādi mitruma sastāvi augsnē: 8%, 9% un 10%. Tika izmēģināti arī eksperimentālie varianti, kuros ūdens tika aizvietots ar agara barotni. Vienā variantā Uz 100 ml substrāta tika pievienoti 10 ml 0.7% agara, otrā variantā uz 100 ml substrāta tika pievienoti 20 ml 0.7% agara.

Rezultāti

Agara pievienošana augsnei ūdens vietā nedeja vēlamo, augu augšanu stimulējošo efektu, bet samazināja dīgšanu, gan salīdzinot ar kontroli, gan ar diedzēšanu ar ūdeni samitrinātā augsnē. No pētītajiem variantiem substrātā 70:20:10 augsne : māls : vermikulīts ar tika konstatēts lielākais sadīgušo sēklu daudzums, kas tikai nedaudz atpalika no kontroles.



16. attēls. Koriandra sēklu dīgspēja septītajā dienā pēc diedzēšanas uzsākšanas diedzēšanas vidēs 70:20:10 un 85:10:5 augsne: māls: vermikulīts ar dažādiem augsnes mitruma procentiem vai pievienotu agaru.



17. attēls. Koriandra sēklu dīgšana platēs ar substrātam pievienotu agaru.

Ar augsni pildītu farmaceitisko kapsulu stabilitāte

Farmaceitiskās kapsulas tika pildītas ar 0,5 ml augsnes, māla un vermikulīta maisījumu (70:20:10), kam pievienots 10 % ūdens. Tika veikti novērojumi ar kapsulu stabilitāti. Lai gan kapsulas bija daudz stabilākas nekā ar agaru pildītās, pēc stundas visu kapsulu veidi bija kļuvuši mīksti un sāka savstarpēji salipt (18. attēls). Ideja sēklu kapsulēšanai farmaceitiskajās kapsulās tika atmesta. Lai tālāk attīstītu sēju ar farmaceitiskajām kapsulām, jāmeklē videi draudzīgi materiāli, ar ko noklāt kapsulas, lai tās neizšķīstu mitrā vidē, jo līdz šim literatūrā minētie materiāli šādai prasībai neatbilst.



18. attēls. Dažāda veida kapsulu sadalīšanās 1, 5 10 un 60 minūtes pēc uzpildes ar augsnes, māla un vermikulīta maisījumu, kam pievienots 10% ūdens. .

Sēklu iekapsulēšana algināta apvalkā

Iekapsulēšana alginātā no iekšpusēs uz āru

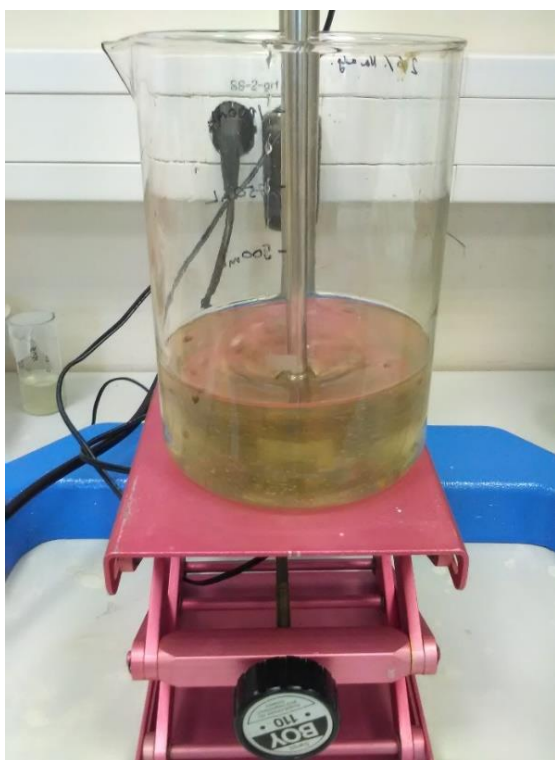
Šī eksperimenta **mērķis** ir iekapsulēt sēklas aizsargājošā algināta kapsulā, kas nepieciešama sēklas pagaidu aizsardzībai no mehāniskiem un/vai vides bojājumiem, sēklas vispirms pārklājot ar kalcija hlorīda šķīdumu un tad ievietojot algināta šķīdumā, un pārbaudot sēklu dīgtspēju pēc apstrādes.

Metodika. Maisot ar magnētisko maisītāju (400 rpm) 1, 2, 3, un 4% (w/v) Na algināta šķīdumu. Algināts ir grūti šķīstoša viela, tāpēc, lai veicinātu ātrāku šķīšanu, to viegli silda (40 °C). Pēc pilnīgas algināta izšķīšanas šķīdumu atdzesē līdz istabas temperatūrai.

Pagatavo 25, 50, 75, 100, 500 mM un 1, 2 M CaCl_2 šķīdumu. Sēklas iztur CaCl_2 šķīdumā 20 minūtes, tad izņem no CaCl_2 šķīduma un žāvē žāvskapī 30°C temperatūrā 24 h (Petrī trauki ar filtrpapīra pamatni). Izveidojas plāns CaCl_2 slānis uz sēklu virsmas. Ar CaCl_2 apstrādātās sēklas ir izteikti hidroscopiskas, tāpēc tās jāuzglabā slēgtā traukā.

Algināta šķīdumu maisa ar magnētisko maisījumu (400 rpm) un sagatavotās sēklas pa vienai pievieno algināta šķīdumam (19. attēls). Darbības ar sēklām notiek pa vienai, lai nepieļautu iekapsulēto sēklu aglomerāciju, kas ir grūti novēršama, ja sēklu kapsulām algināta šķīdumā izveidojas īslaicīgs kontakts. Pēc 3-5 minūtēm apkārt sēklai izveidojas 2-4 mm bieza algināta kapsula, kas CaCl_2 šķīdumā uzpeld.

Apvalkotās sēklas pārvieto destilētā ūdenī, kas tiek viegli maisīts (50 rpm). Iekapsulētās sēklas mazgā dejonizētā ūdenī 1-2 min, tad pārvieto Petrī platēs starp diviem mitriem filtrpapīra slāņiem diedzē 20 °C temperatūrā.



19. attēls. Sēklu kapsulēšanas process: ar CaCl_2 noklātas sēklas tiek ievietotas algināta šķīdumā



20.attēls. Kalcija hlorīda un algināta koncentrācijas ietekme uz algināta lodīšu izveidošanos, kapsulas veidojot “no iekšpuses uz āru”.

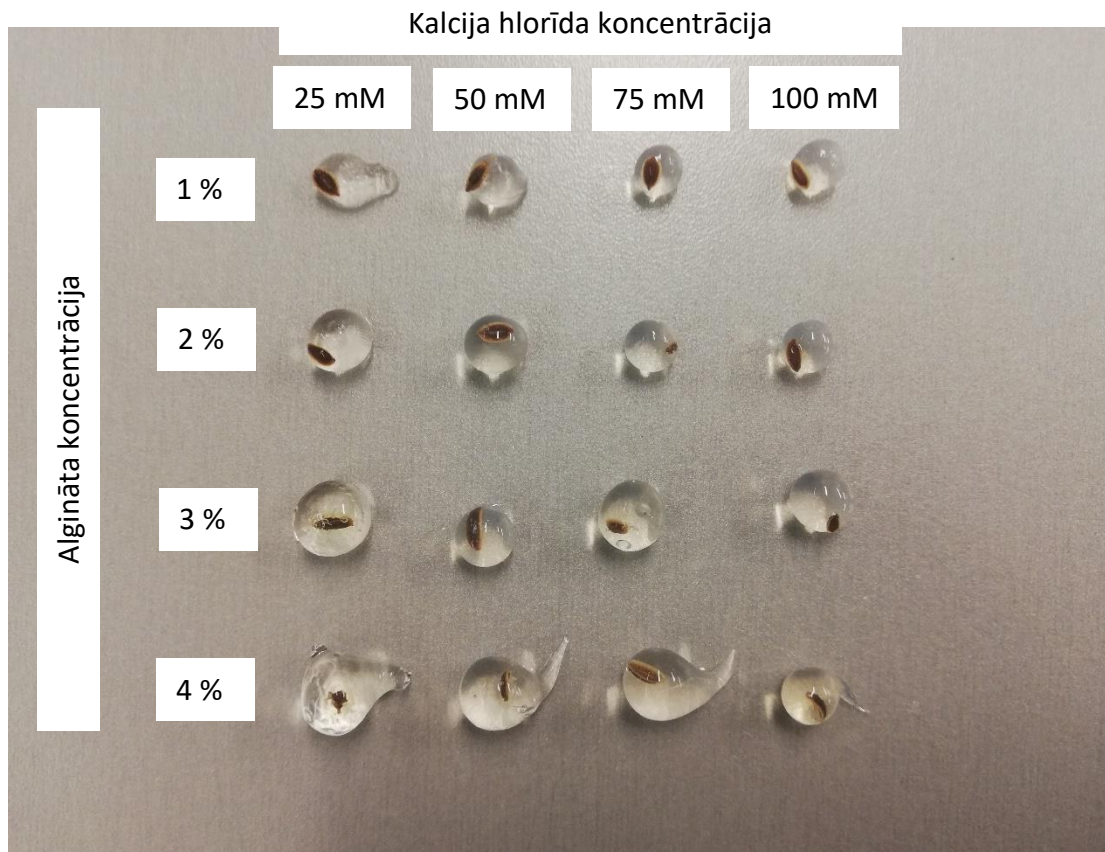
Iekapsulēšana alginātā no ārpuses uz iekšu

Šī eksperimenta **mērķis** ir iekapsulēt sēklas aizsargājošā algināta kapsulā, kas nepieciešama sēklas pagaidu aizsardzībai no mehāniskiem un/vai vides bojājumiem, sēklas kopā ar algināta šķīdumu pilinot kalcija hlorīda šķīdumā.

Metodika. Sākotnēji ar diļļu sēklām tika pārbaudītas četras kalcija hlorīda koncentrācijas (25 mM, 50 mM, 75 mM un 100 mM) un četras algināta koncentrācijas (1 %, 2%, 3% un 4%), lai noteiktu kā šo šķīdumu koncentrācijas ietekmē sēklu sadīgšanu. Variantā, kas rezultējās ar augstāko sadīgušo sēklu daudzumu, tika kapsulētas arī koriandra, sīpolu, timiāna, kliņģerīšu un burkānu sēklas. Sēklas tika ievietotas algināta šķīdumā un kopā ar šķīdumu ievilkta šļircē. Tad sēklas ar alginātu pa vienai tika iepilinātas kalcija hlorīda šķīdumā un tajā noturētas 10 minūtes, pēc tam skalotas ar destilētu ūdeni un ievietotas dīgtspējas pārbaudei Petri platēs starp samitrinātiem filtrpapīriem.



21. attēls. Sēklu kapsulēšanas process. Sēklas ar alginātu no šļirces tiek iepilinātas kalcija hlorīda šķīdumā, ap sēklu veidojas gela kapsula.



22. attēls. Kalcijs hlorīda un algināta koncentrācijas ietekme uz algināta lodīšu formu un izmēru, kapsulas veidojot “no ārpus uz iekšu”.

Rezultāti

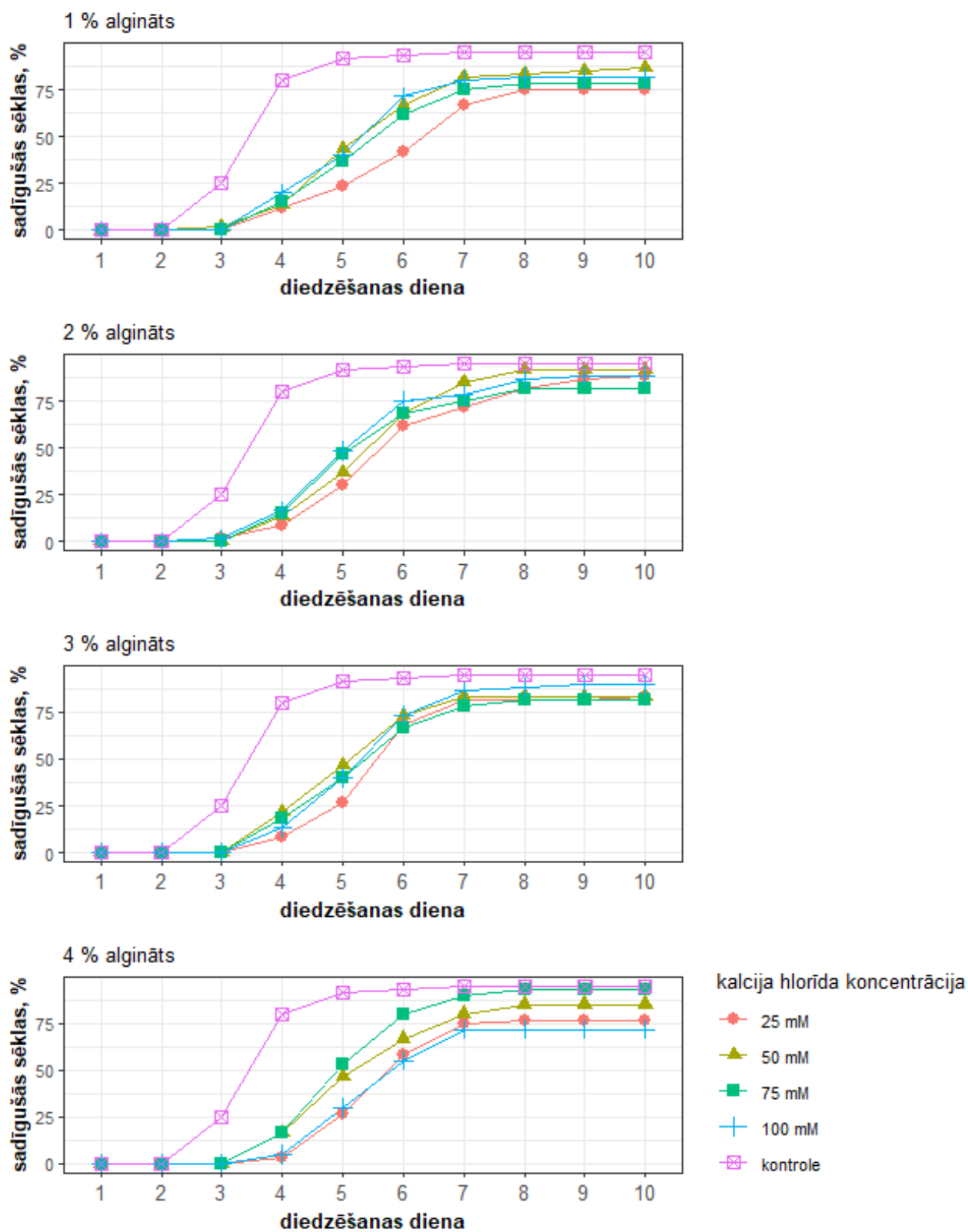
Nātrija algināta kapsulas var veidot divos veidos – kalcijs hlorīdu uzklājot uz sēklas un ievietojot alginātā (no iekšpus uz āru) (19. attēls), vai arī sēklas kopā ar alginātu pilinot kalcijs hlorīdā (no ārpus uz iekšu) (21. attēls). Pirmajā pētījuma solī tika novērtēta algināta lodīšu forma un izmērs, kombinējot dažādas abu vielu koncentrācijas (20.attēls, 22. attēls). Variantā, kurā kapsula veidojās no iekšpus uz āru, tika pārbaudītas četras algināta koncentrācijas (1, 2, 3 un 4 %), kā arī septiņas kalcijs hlorīda koncentrācijas – 25, 50, 75, 100 mM un 0.5, 1, 2 M. Par piemērotām tālākiem pētījumiem tika atzītas visas testētās algināta koncentrācijas un trīs kalcijs hlorīda koncentrācijas – 0.5, 1, 2 M, kuras veidoja simetriskas, 2-3 mm biezas, stabilas kapsulas(20.attēls). Kapsulas, kas tika veidotas ar mazāku kalcijs hlorīda šķīduma koncentrāciju, veidoja 1-2 mm biezu, nestabilu algināta slāni. Variantā, kurā kapsula veidojās no ārpus uz iekšu, visām pārbaudītajām algināta (1, 2, 3 un 4 %) un kalcijs hlorīda (25, 50, 75, 100 mM) koncentrāciju kombinācijām radās stingras un noturīgas kapsulas. Kapsulu izturība pieauga, palielinoties algināta koncentrācijai. Kapsulām no 1 % un 4 % algināta bija novirzes no lodes formas (2. attēls).

Testējot četras algināta un trīs kalcija hlorīda koncentrācijas, diļļu sēklas kapsulējot no iekšpuses uz āru, tika novērots, ka kalcija hlorīda koncentrācijai bija būtiska ietekme uz sēklu dīgšanu ($p>0.05$). Sadīgušo sēklu daudzums samazinājās, palielinoties kalcija hlorīda koncentrācijai. Izmantojot 0,5 M kalcija hlorīda šķīdumu, sadīgušo sēklu daudzums 10. diedzēšanas dienā pie dažādām algināta koncentrācijām bija vidēji 82 – 93 %, izmantojot 1 M kalcija hlorīda šķīdumu 72 – 83 %, bet 2 M kalcija hlorīda šķīdumu – 60 – 78 %. Lielākajai daļai apstrādātu sēklu sadīgšana bija būtiski mazāka nekā neapstrādātām sēklām – 95%.

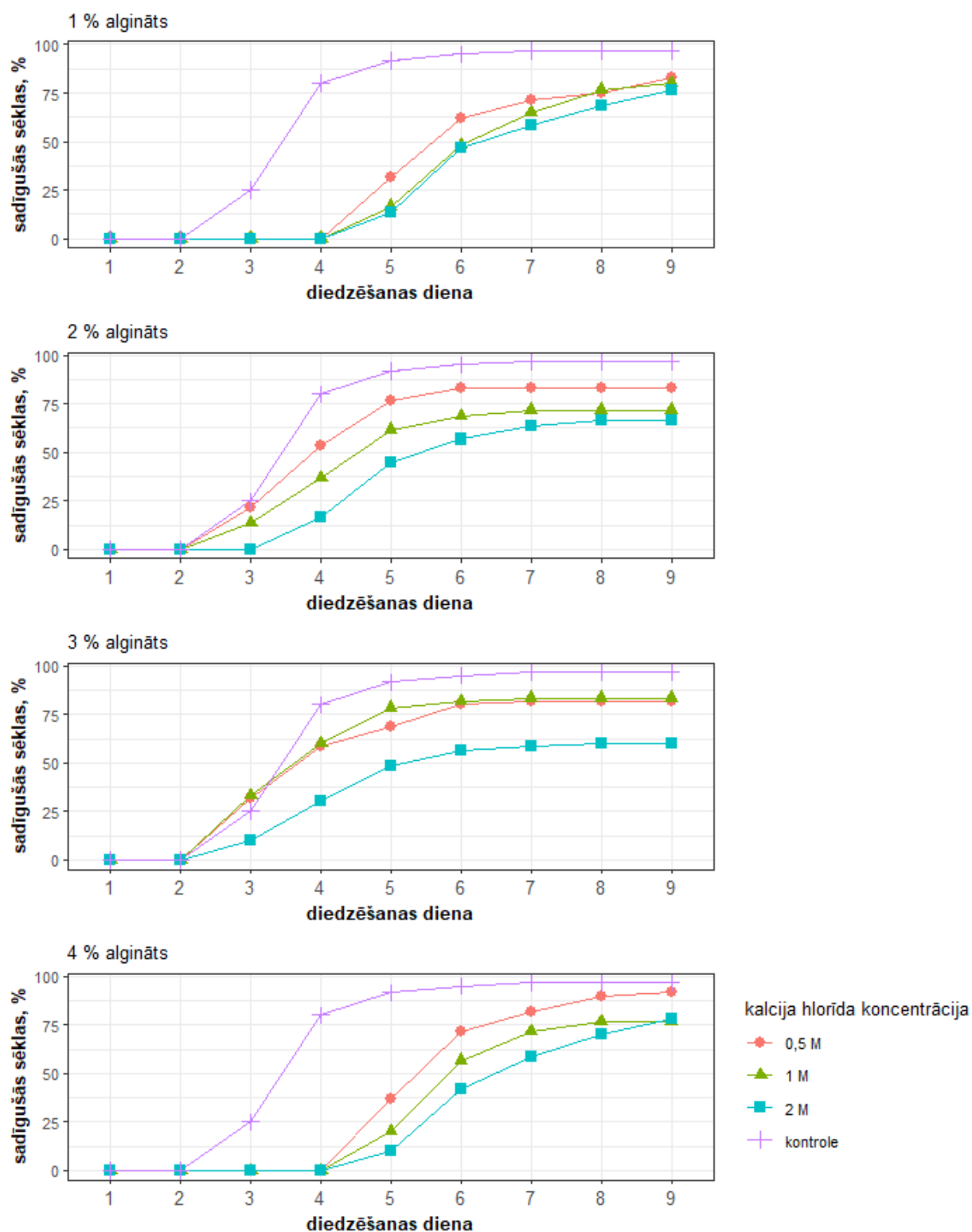
Izmēģinot četras algināta un četras kalcija hlorīda koncentrācijas, kapsulējot diļļu sēklas no ārpuses uz iekšu, tika konstatēts, ka visos eksperimentālajos variantos iekapsulētās sēklas bija dīgstošas (23. attēls). Vidēji vislielākais sadīgušo sēklu daudzums bija variantiem ar 50 mM kalcija hlorīda šķīdumu un variantiem ar 2 % algināta šķīdumu. Dispersijas analīze ($p<0.05$) rādīja, ka algināta un kalcija hlorīda koncentrācijai nav būtiska ietekme uz kopējo sadīgušo sēklu daudzumu. Tomēr neapstrādātām sēklām sadīgušo sēklu daudzums bija būtiski lielāks trešajā un ceturtajā diedzēšanas dienā un atsevišķiem variantiem piektajā diedzēšanas dienā. No sestās dienas sadīgušo sēklu daudzums izlīdzinājās un, lai gan visos variantos kontrolei dīgtspēja bija augstāka, šī atšķirība nebija būtiska ($p<0.05$). Tādēļ šī kombinācija tika pielietota tālākos izmēģinājumos, sējot augsnē, un pārbaudot ietekmi uz burkānu, sīpolu, timiāna, kliņģerīšu un koriandra sadīgšanu.

1. tabula. Vidējais sadīgušo diļļu sēklu daudzums (%) desmitajā diedzēšanas dienā dažādām algināta un kalcija hlorīda koncentrācijām

Algināta koncentrācija	Kalcija hlorīda koncentrācija						
	Kapsulēšana no ārpuses uz iekšu				Kapsulēšana no iekšpuses uz āru		
	25 mM	50 mM	75 mM	100 mM	0,5 M	1 M	2M
1 %	87±5	78±6	82±5	75±15	83±8	80±8	77±8
2 %	92±6	82±15	88±2	88±2	87±12	72±12	67±6
3 %	83±2	82±8	90±4	83±10	82±10	83±16	60±12
4 %	85±15	93±6	72±6	77±12	93±15	77±8	78±9



23. attēls. Sadīgušo diļļu sēklu daudzums, atkarībā no izmantotā kalcija hlorīda un algināta koncentrācijām, kapsulējot no ārpuses uz iekšu

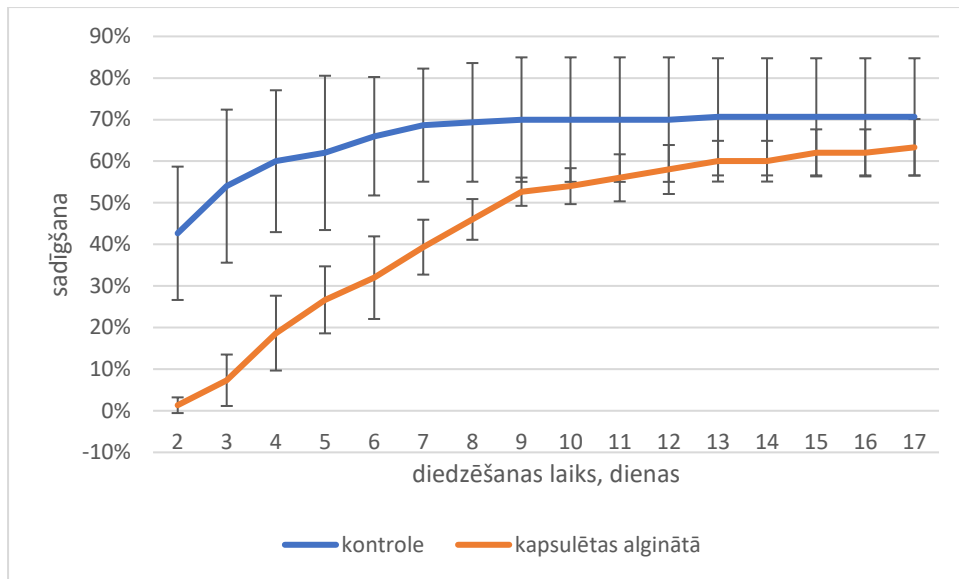


24. attēls. Sadīgušo diļļu sēklu daudzums, atkarībā no izmantotā kalcija hlorīda un algināta koncentrācijām, kapsulējot no iekšpuses uz āru

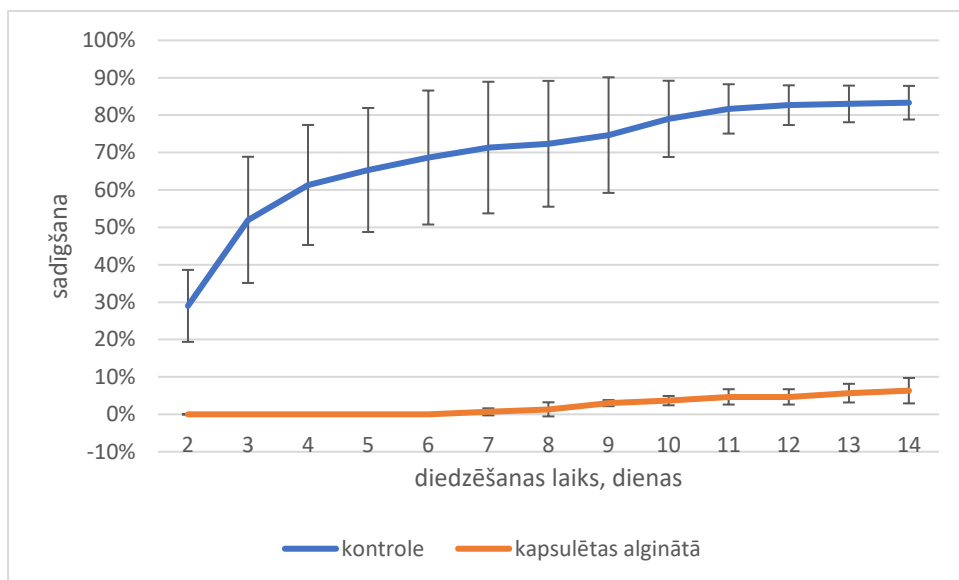
Kapsulējot visu sešu sugu sēklas no ārpuses uz iekšu, izmantojot 2 % alginātu un 50 mM kalcija hlorīdu, atšķirās kapsulēšanas ietekme uz sēklu sadīgšanu katrai sugai (2. tabula). Gan kapsulētas, gan neapstrādātas **kliņģerīšu** sēklas dīgšanu uzsāka divas dienas pēc dīdēšanas uzsākšanas (25. attēls). Pirmajās deviņās dienās sadīgšana bija straujāka neapstrādātām sēklām, pēc tam sadīgušo sēklu daudzums izlīdzinājās. Kopējais sadīgušo sēklu daudzums (71%) bija lielāks neapstrādātām sēklām nekā kapsulētām (63 %), bet šī atšķirība nebija statistiski būtiska. **Timiāna** un **burkānu** sēklām sadīgšana ritēja līdzīgi gan kapsulētam, gan neapstrādātām sēklām (27. attēls, 29. attēls). **Sīpolu** un **koriandra** sēklām kapsulēšana alginātā atstāja būtisku, negatīvu ietekmi uz sēklu sadīgšanu (28. attēls, 26. attēls). Sadīga tikai 11% kapsulētu sīpola sēklu un 6% kapsulētu koriandra sēklu. Tādējādi tehnoloģija tālāk ir attīstāma kliņģerītēm, dillēm, burkāniem un timiānam, papildus testējot, kā sēklu iedīdēšana pirms kapsulēšanas ietekmē sadīgšanu. Negatīvās ietekmes uz sadīgšanu dēļ tehnoloģija nav piemērota un tālāk attīstāma sīpolu un koriandra sējai.

2. tabula. Alginātā kapsulētu un neapstrādātu sēklu kopējais sadīgušo sēklu daudzums un laiks līdz sadīgšanai.

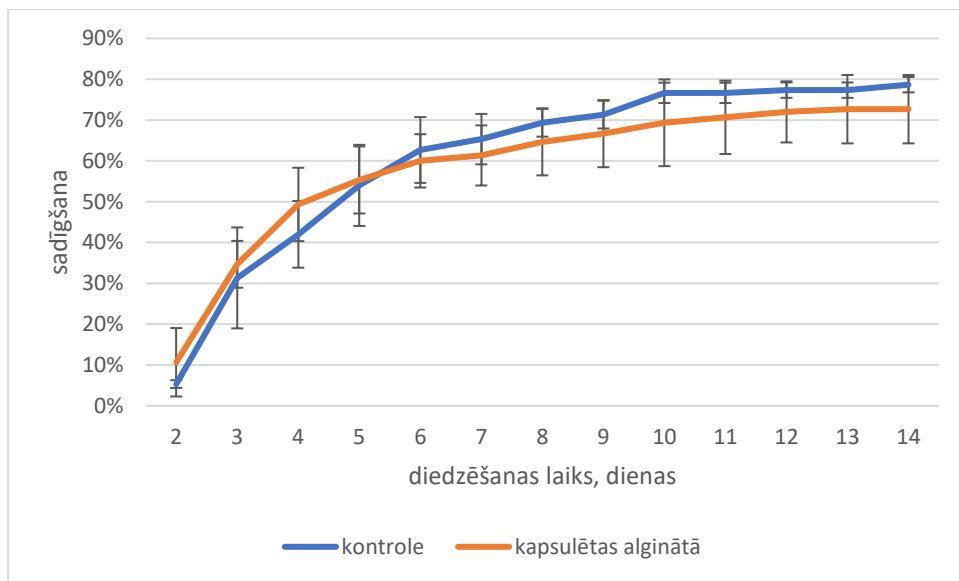
Suga	Apstrādes veids	Laiks līdz parādās dīglsaknes, dienas	Kopējais sadīgušo sēklu daudzums dīdēšanas beigās, %
Dilles	Neapstrādātas	3	97±2 %
	Kapsulētas	3	82±15
Koriandrs	Neapstrādātas	3	83±4 %
	Kapsulētas	8	6±3 %
Sīpoli	Neapstrādātas	2	98±22 %
	Kapsulētas	4	11±3 %
Burkāni	Neapstrādātas	2	83±6 %
	Kapsulētas	3	89±14 %
Timiāns	Neapstrādātas	2	79±2 %
	Kapsulētas	2	73±8 %
Kliņģerītes	Neapstrādātas	2	71±14 %
	Kapsulētas	2	63±7 %



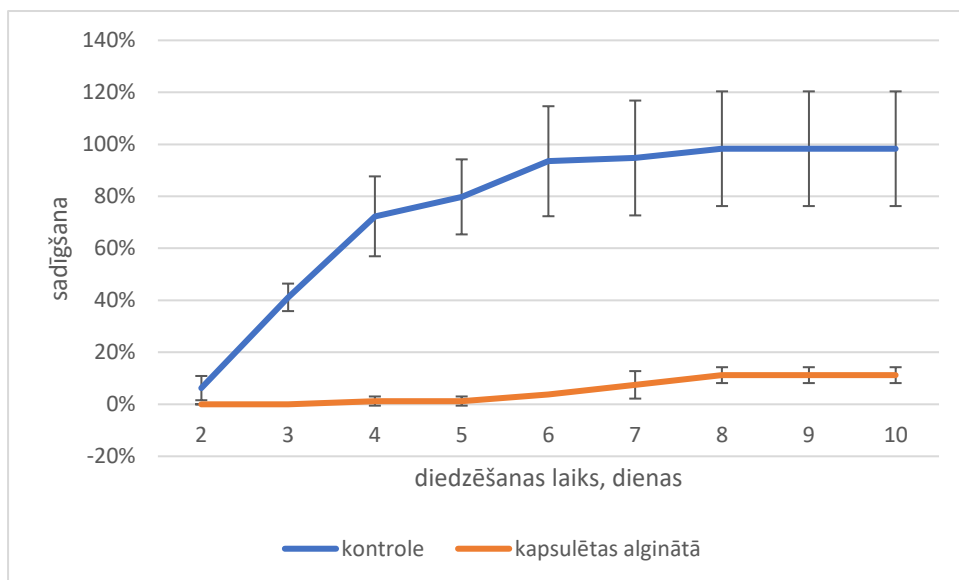
25. attēls. Alginātā kapsulētu kliņģerīšu sēklu sadīģšana.



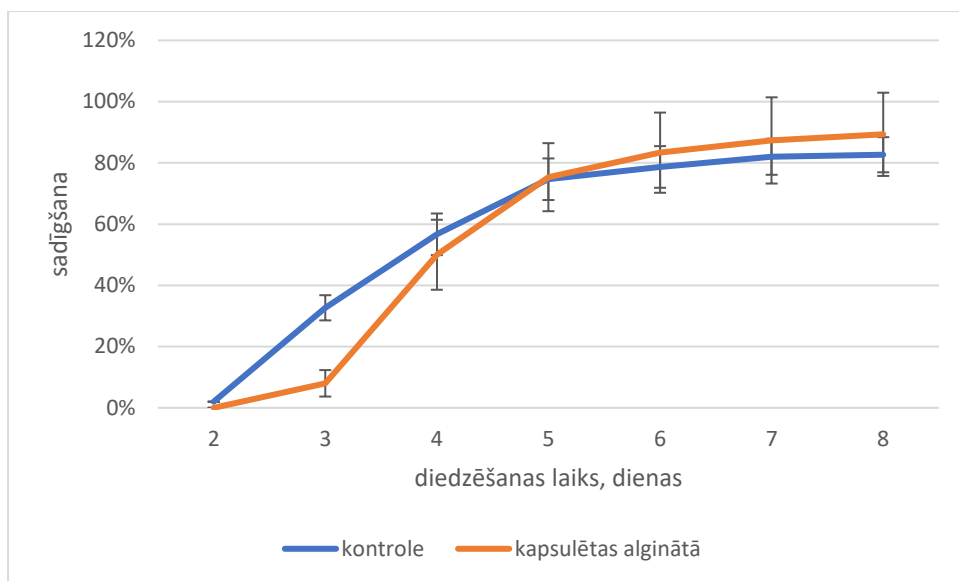
26. attēls. Alginātā kapsulētu koriandra sēklu sadīģšana.



27. attēls. Alginātā kapsulētu timiāna sēklu sadīgšana.



28. attēls. Alginātā kapsulētu sīpolu sēklu sadīgšana.



29. attēls. Alginātā kapsulētu burkānu sēklu sadīgšana.

Priekšdiedzētu, alginātā kapsulētu sēklu sadīgšana augsnē

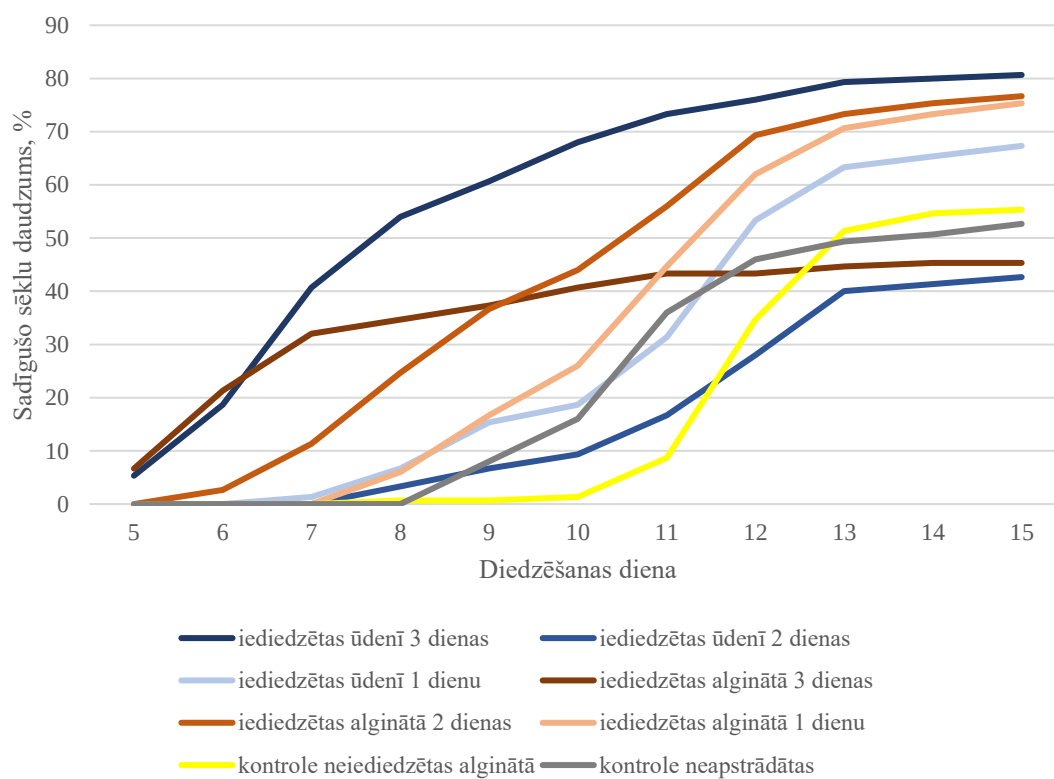
Izmēģinājuma **mērķis** ir noskaidrot iediedzēšanas ilguma ietekmi uz alginātā kapsulētu sēklu sadīgšanu augsnē, kā arī noskaidrot, kura sadiedzēšanas vide ir optimāla – ūdens vai algināta kapsula.

Metodika. Tika pārbaudīti trīs iediedzēšanas ilgumi (24, 48 un 72) stundas, kā arī iediedzēšanas vides (ūdens vai algināts). Pirmajā variantā sēklas tika iediedzētas ūdenī 24, 48 un 72 h un tad kapsulētas, savukārt otrajā variantā sausas sēklas tika iekapsulētas alginātā un kapsulas tika iediedzētas 24, 48 vai 72 h aerētā ūdens vidē. Pēc tam abu variantu kapsulas tika diedzētas augsnē 0,5 cm dziļumā. Kā kontrole tika izmantotas neiediedzētas sēklas – viens kontroles variants tika iekapsulēts alginātā, otrs sēts neiekapsulēts. Reizi 24h tika noteikts sadīgušo sēklu daudzums – par sadīgušām tika uzskatītas sēklas, kurām virs augsnes parādījās dīgļlapas.

Rezultāti. Augsnē sējot trīs dienas iediedzētas diļļu sēklas, virs augsnes pilnībā atvērušās dīgļlapas tika novērotas piektajā dienā pēc sējas abiem eksperimentālajiem variantiem – gan sēklām, kas trīs dienas iediedzētas ūdenī un tad kapsulētas, gan sēklām, kas iekapsulētas un pirms sējas 3 dienas iediedzētas kapsulā. Vienu un divas dienas iediedzētas sēklas augsnē sadīga 6 – 8. dienā pēc sējas, savukārt kontrole – neapstrādātas sēklas – 9. dienā, bet alginātā iekapsulētas, neiediedzētas sēklas – 8. dienā pēc sējas (30. attēls). Kopējais sadīgušo sēklu daudzums 15. dienā pēc sējas visaugstākais bija ūdenī trīs dienas iediedzētām un tad kapsulētām sēklām – 81 ± 3 %. Lai gan trīs dienas iediedzētas sēklas tika kapsulētas jau baltā dīgļa stadijā, apstrāde nesabojāja dīgli, bet nodrošinājusi augstāku sadīgšanu gan salīdzinot ar citiem eksperimentālajiem variantiem (43 – 77 %), gan kontroli (53 ± 7 %).

Lai gan laboratorijas testos sēklu kapsulēšana alginātā sēklu sadīgšanu samazināja, sējot augsnē kapsulētas, iediedzētas sēklas tās sadīga ātrāk un tika panākta augstāka

sadīgšana. Tālākos pētījumos, dīgšanas uzlabošanai, iespējams pārbaudīt augu augšanas regulatoru, mikroorganismu, pesticīdu vai barības vielu pievienošanu kapsulai. Nepieciešams arī attīstīt tehnoloģijas kapsulētu sēklu izsējai.



30. attēls. Iediedzētu, alginātā kapsulētu sēklu sadīgšana augsnē, atkarībā no iediedzēšanas vides (ūdens vai algināts) un iediedzēšanas ilguma (24, 48 vai 72h).

3. tabula. Augsnē sētu, alginātā un ūdenī iediedzētu sēklu diļļu sēklu kopējais sadīgušais sēklu daudzums 15 dienu laikā un dienu skaits līdz virs augsnes parādās dīgļlapas

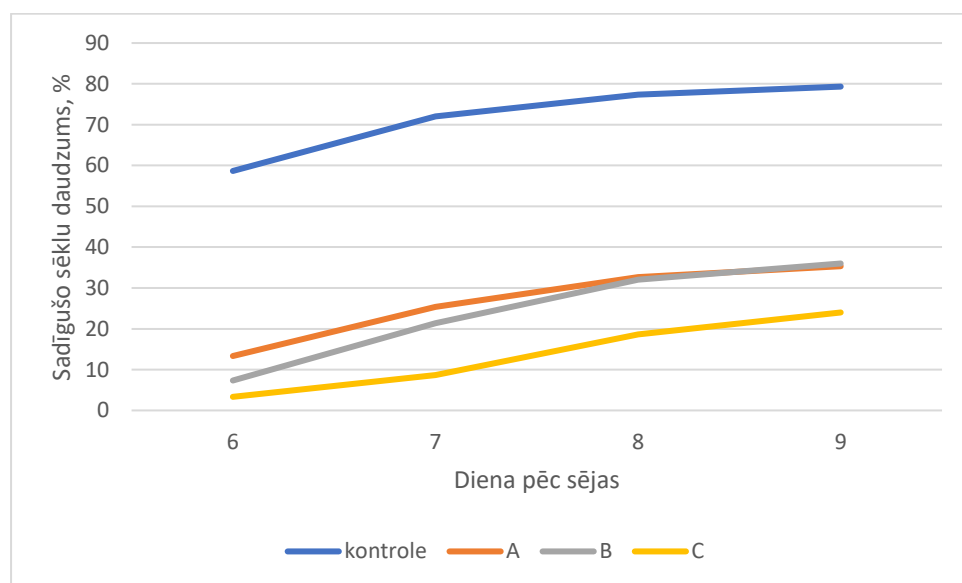
Iediedzēšanas vide	Iediedzēšanas ilgums	Sadīgušo sēklu daudzums, % un standartnovirze	Laiks līdz pirmo sēklu sadīgšanai, dienas
iediedzētas ūdenī	3 dienas	80.7±3.4	5
	2 dienas	42.7±13.6	8
	1 dienu	67.3±9	7
iediedzētas alginātā	3 dienas	45.3±6.8	5
	2 dienas	76.7±13.3	6
	1 dienu	75.3±8.2	8
kontrolē	neiediedzētas alginātā	55.3±9	8
	neapstrādātas	52.7±17.6	9

Sējumu pārklāšana ar hidrogelu

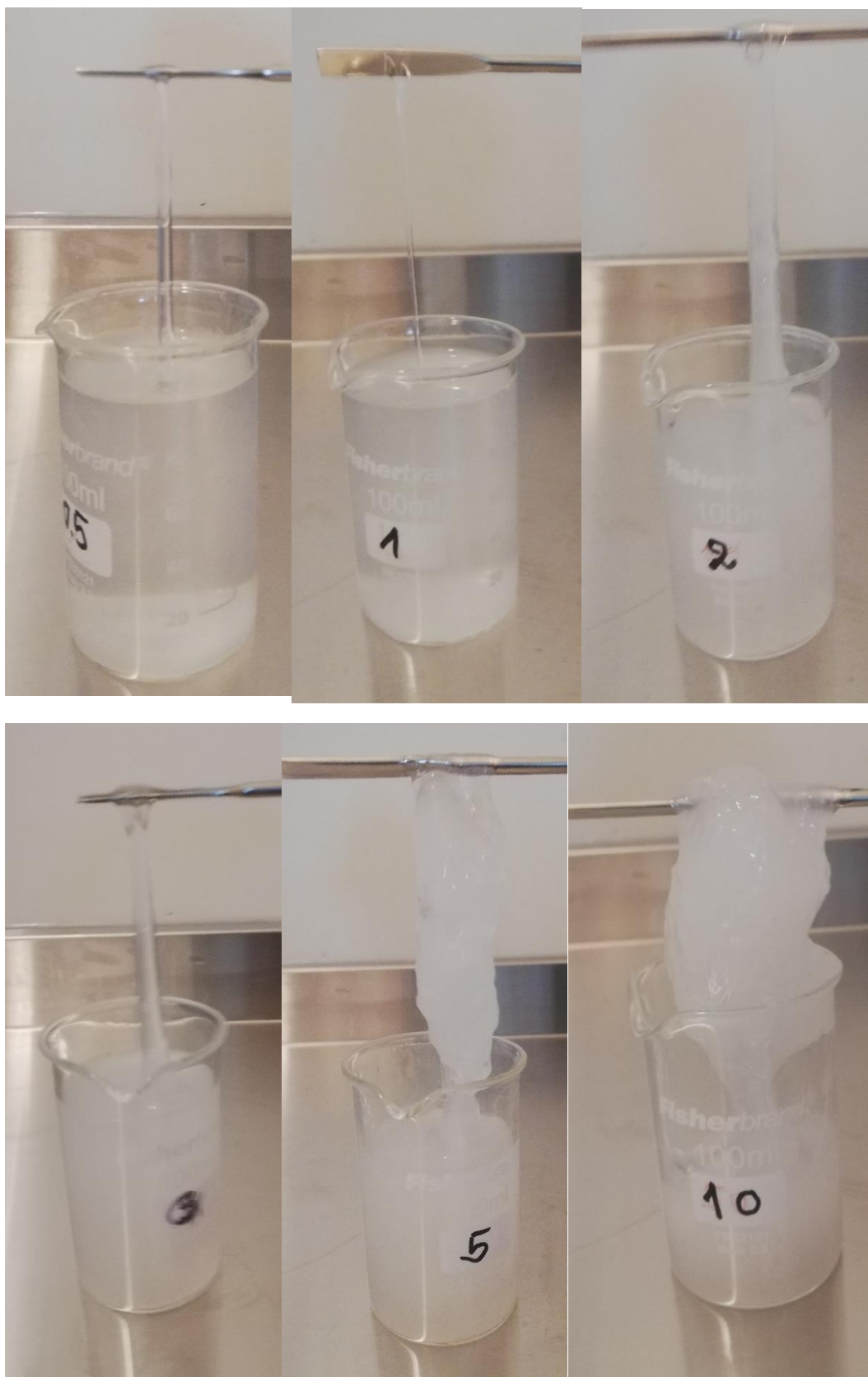
Izmēģinājuma **mērķis** bija izvērtēt kā sēklu sadīgšanu ietekmē virs augsnes uzklāts hidrogels - nātrija poliakrilāta. Tika meklēta piemērotākā nātrija poliakrilāta koncentrācija un salīdzināta ar poliakrilātu pārklātu sēklu sadīgšana salīdzinājumā ar neapstrādātām.

Metodika. Sākotnēji tika pārbaudītas dažādas nātrija poliakrilamīda koncentrācijas, lai noteiktu tā piemērotību izmēģinājumiem – 2, 3, 4, 5, un 10 %. Nākamajā solī, izmantojot 3 % poliakrilamīdu, tika veikti izmēģinājumi augsnē ar diļļu sēklām. Tika izmēģināti trīs dažādi sējas veidi – sēklu sēja virs augsnes, kas pārklāta ar poliakrilamīda slāni; sēklu sēja 0,5 cm dziļumā, tad pārklātas ar poliakrilamīda slāni; augsne pārklāta ar poliakrilamīdu un pa virsu sētas sēklas. Kā kontrole tika izmantota parasta sēja 0,5 cm dziļumā. Par sadīgušām tika uzskatītas sēklas, kam atvērušās dīgļlapas. Uzskaitē tika veikta reizi 24 h.

Rezultāti. Nātrija poliakrilamīds veidoja staipīgu, glotveida, grūti atdalāmu gelu. Palielinoties koncentrācijai veidojās biezāka masa (32. attēls). Izmēģinājumiem augsnē tika atlasīts 4% poliakrilamīds. Lai gan tas tika pagatavots maisot, poliakrilamīds veidoja nevienmācīgu, grūti uzklājamu gelu. Daudz straujāka sadīgšana un vairāk sadīgušo sēklu bija kontroles variantam, gela pielietošana dīgšanu nomāca (31. attēls).



31. attēls. Poliakrilāta gela izmantošana diļļu sējā: a) sēklas sētas virs augsnes un pārklātas ar poliakrilāta kārtu; b) sēklas sētas 0,5 cm dziļumā, augsne pārklāta ar poliakrilātu; c) augsne pārklāta ar poliakrilātu un dilles sētas virs gela.



32. attēls. 0,5; 1; 2; 5; 5 un 10 % nātrija poliakrilamīda gels.

Sēklu dražēšana

Izmēģinājuma **mērķis** bija ap sēklu veidot māla un diatomīta zemes slāni, kam papildus kā slāpekļa avots pievienoti zirņu vai sojas milti. Tika meklēta gan piemērotākā saistviela, gan tās koncentrācija, gan proteīna avota un pildvielas attiecības.

Metodika

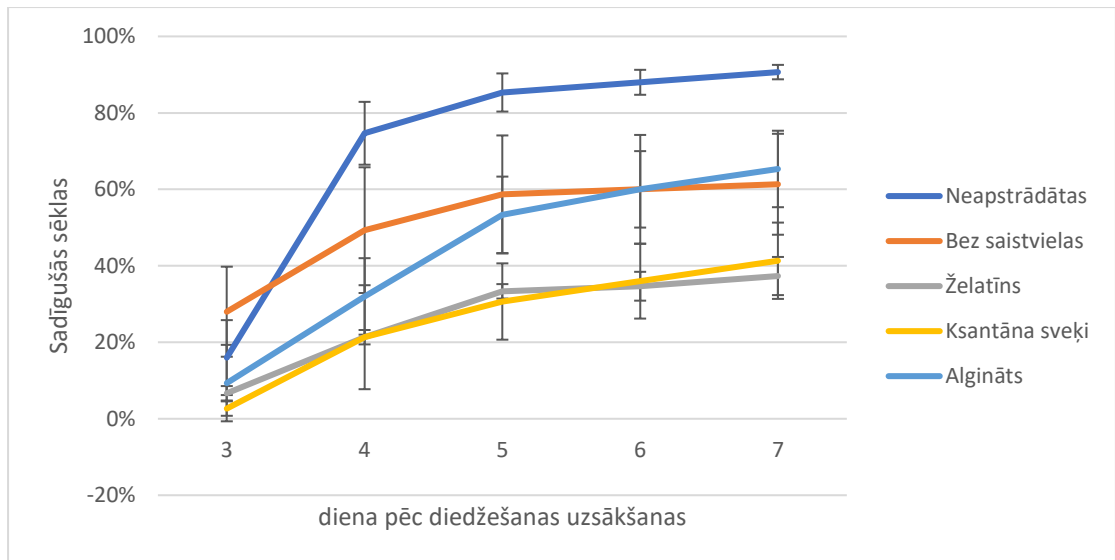
Sēklas tika dražētas traukā ar apaļu, plakanu dibenu. Sēklām pamīšus tika uzbērts sausais maisījums un uzsmidzināts ūdens. Sēklas ar apļveida kustībām traukā tika rotētas, lai nodrošinātu vienmērīgu pārklāšanos. Dražēšana tika noslēgta, kad sēklām izveidojās 2-3 mm biezs uzslāņojums.

Pirmajā etapā tika meklēta piemērotākā saistviela. Māls un diatomīta zeme tika sajaukta attiecībā 1:1 un tika pievienoti trīs dažādas saistvielas: algināts, ksantāna sveķi un želatīns. Saistvielas tika pievienotas proporcijā 2.5 g saistvielas uz 100 ml māla un diatomīta zemes maisījuma. Kā kontroles tika izmantotas sēklas, kas apstrādātas ar māla un diatomīta zemes maisījumu bez saistvielas kā arī neapstrādātas sēklas. Otrajā etapā tika meklēta saistvielas – želatīna- piemērotākā koncentrācija – tika pārbaudītas vairākas koncentrācijas – 0,5; 1; 1,5 un 2 g želatīna uz 100 ml pildvielas. Trešajā etapā tika testētas dažādas proteīna avota (zirņu vai sojas miltu) un pildvielas attiecības:

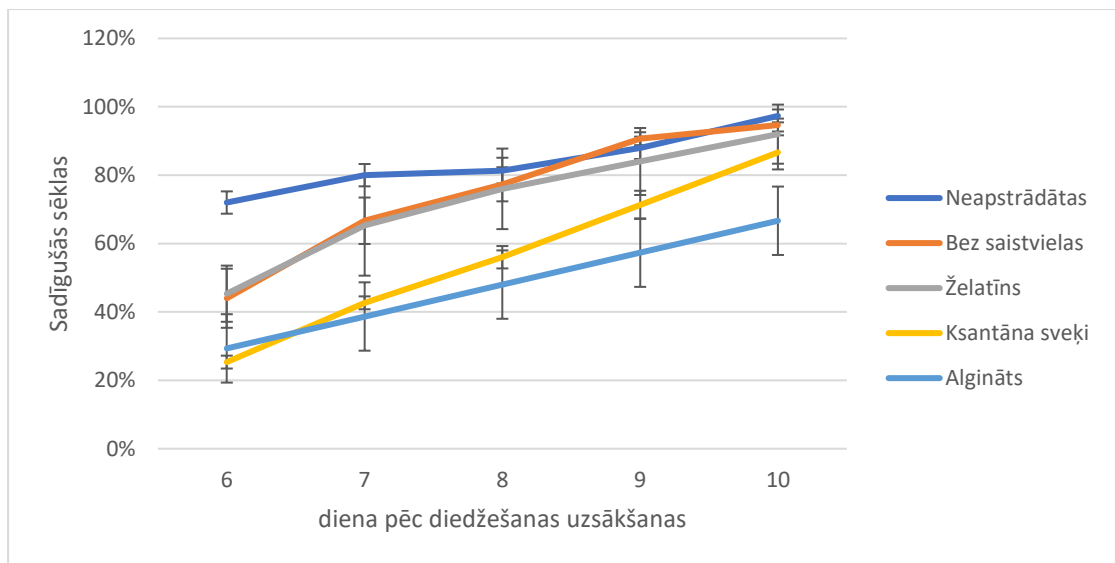
- a) Sojas milti: diatomīta zeme: māls 6: 7: 7;
- b) Sojas milti: diatomīta zeme : māls 1 : 2: 2;
- c) Zirņu milti: diatomīta zeme: māls 6: 7: 7;
- d) Zirņu milti: diatomīta zeme : māls 1 : 2: 2.

Rezultāti

Sīpolu sēklu dīgspēja bija būtiski augstāka neapstrādātām sēklām, salīdzinot ar dražētām sēklām (33. attēls). Savukārt kliņģerīšu sēklām dīgspēja augstāka bija neapstrādātām sēklām un sēklām, kas dražētas bez saistvielas izmantošanas. Sīpolu sēklām no visām pārbaudītajām saistvielām augstāku sadīgšanu veicināja algināts, bet kliņģerīšu sēklām – želatīns (34. attēls). Tālākos izmēģinājumos tika pārbaudītas dažādas želatīna koncentrācijas ietekme uz kliņģerīšu sēklu sadīgšanu. Tika noskaidrots, ka, palielinoties želatīna koncentrācijai, palielinās sadīgušo sēklu daudzums. No pārbaudītajiem variantiem, visvairāk sadīgušo sēklu bija dražējot ar maisījumu, kuram uz 100 ml sausā maisījuma pievienots 2g želatīna. Nākamā etapā diatomīta zemes un māla sausajam maisījumam tika pievienoti zirņu vai sojas milti kā proteīna avots. Lai gan literatūrā proteīnu bagātu miltu pievienošana minēta kā sēklu dīgšanu veicinoša apstrāde, uz kliņģerīšu sēklu sadīgšanu tā atstāja negatīvu ietekmi (5. tabula)– sadīgušo sēklu trijās dienās bija mazāk kā 15%, salīdzinot ar kontroli – 81%. Ņemot vērā, ka neviens no eksperimentālajiem variantiem nepaātrināja un neuzlaboja sadīgšanu, dražēšanas izmēģinājumi tālāk netika turpināti.



33. attēls. Sadīgušo sīpolu sēklu daudzums septiņu dienu laikā, atkarībā no pievienotās saistvielas.



34. attēls. Sadīgušo kliņģerīšu sēklu daudzums septiņu dienu laikā, atkarībā no pievienotās saistvielas.



35. attēls. Dražētas sīpolu sēklas.

4. tabula. Sausajam maisījumam pievienotā želatīna daudzuma ietekme uz kliņģerīšu sēklu sadīgšanu.

Želatīna daudzums uz 100 ml pildvielas	Sadīgušo sēklu daudzums, %
0,5g	53,3
1g	56,0
2g	58,7
pildviela bez želatīna	69,3
neapstrādātas sēklas	81,3

5. tabula. Sausajam maisījumam pievienota proteīna avota ietekme uz kliņģerīšu sēklu sadīgšanu.

Sausā maisījuma sastāvs	Sadīgušo sēklu daudzums, %
Neapstrādātas sēklas	81.3
Sojas milti: diatomīta zeme: māls 6:7:7	5.3
Sojas milti: diatomīta zeme : māls 1:2:2	10.7
Zirņu milti: diatomīta zeme: māls 6:7:7;	14.7
Zirņu milti: diatomīta zeme : māls 1:2:2	14.7

Sēja ar šķidrām kapsulām

Šķidro kapsulu sējas koncepts balstās uz ideju, ka augsnē tiek nogādātas dīgstošas sēklas šķidra gela vidē. Parasti iediedzēšanu veic sēklas noteiktu laiku mērcējot ūdenī un tad izžāvējot, tā panākot ātrāku sēklu sadīgšanu tām nonākot dīgšanai labvēlīgos apstākļos (28. un 36. attēls). Turklāt kapsulu veidojošajam gelam potenciāli var pievienot biostimulantus vai citas aktīvās vielas augu augšanas veicināšanai vai aizsardzībai pret patogēniem. Pirms sējas sēklas tiek diedzētas katrai sugai ideālos diedzēšanas apstākļos, ņemot vērā gaismas un temperatūras prasības, turklāt sākotnējās dīgšanas stadijā sēklas neapdraud augsnes patogēni. Tādējādi, iestrādājot augsnē dīgstošas sēklas, varētu panākt ātrāku un sinhronāku sadīgšanu.

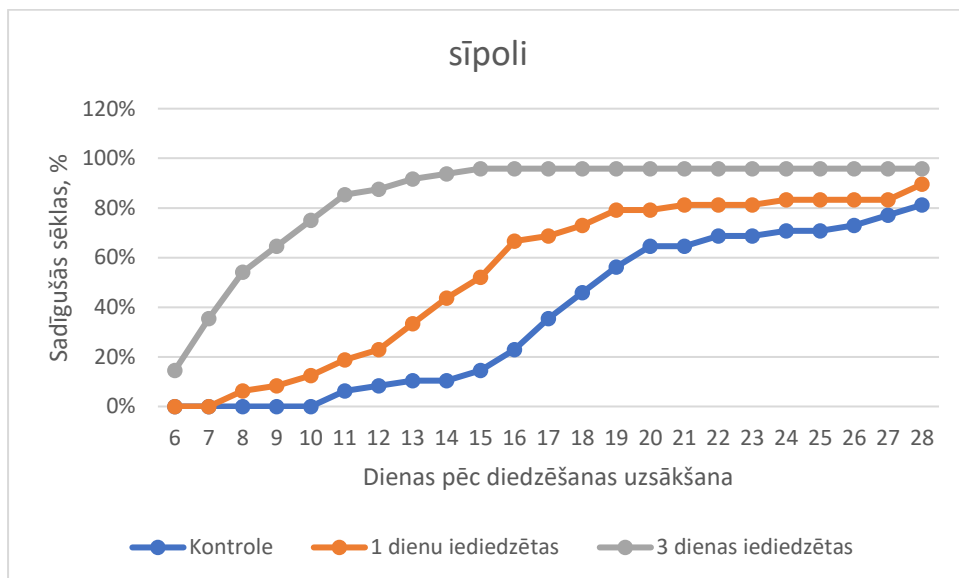
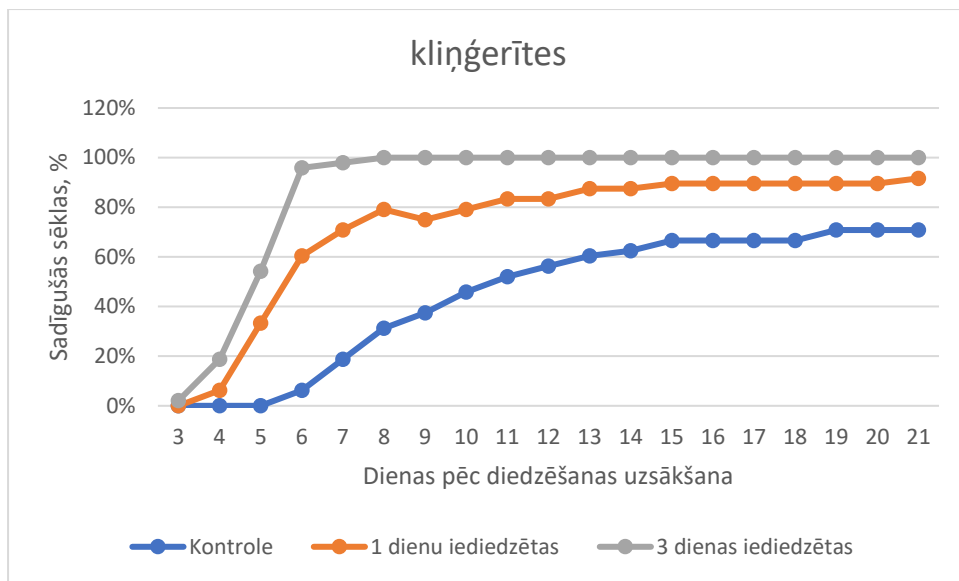


36. attēls. Iediedzētas un neapstrādātas burkānu sēklu sadīgšana diennakts laikā.

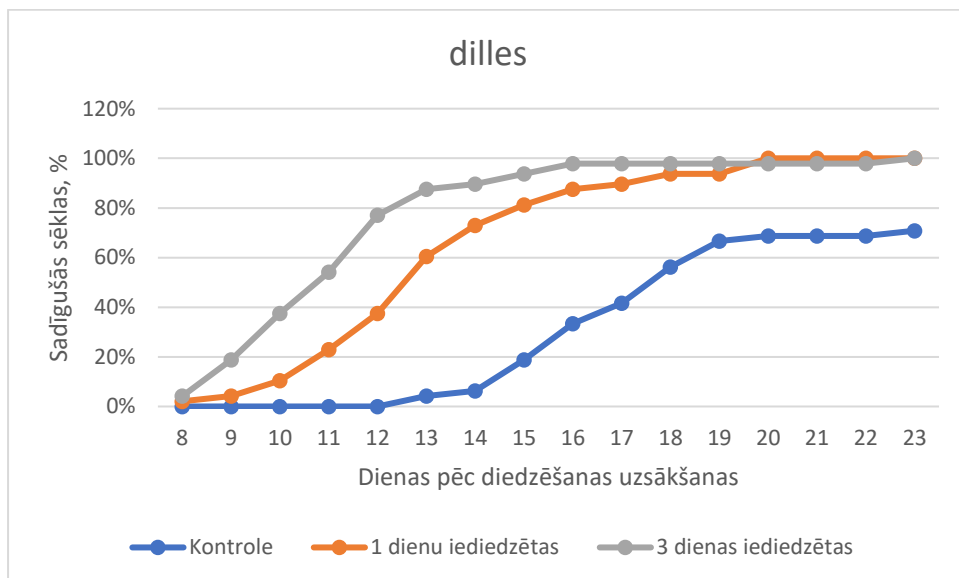
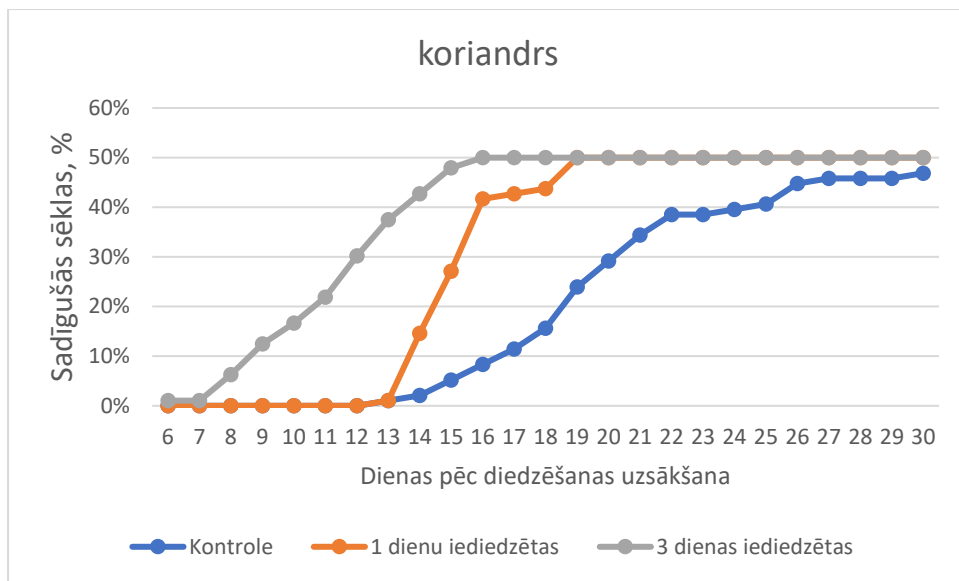
Sēklu priekšdiedzēšanas ietekme uz sadīgšanu augsnē 10°C

Izmēģinājumu sērijas **mērķis** bija izvērtēt, kā sēklu iediedzēšana optimālos apstākļos ietekmē sadīgšanu augsnē. Sēklas laboratorijas apstākļos tika diedzētas vienu un trīs dienas 20°C temperatūrā un tad sētas podiņos kūdras substrātā un kultivētas klimata kamerā 10°C temperatūrā. Par sēklu sadīgšanu tika uzskatīta dīgļlapu parādīšanās virs augsnes. Kā kontrole tika izmantotas neapstrādātas sēklas.

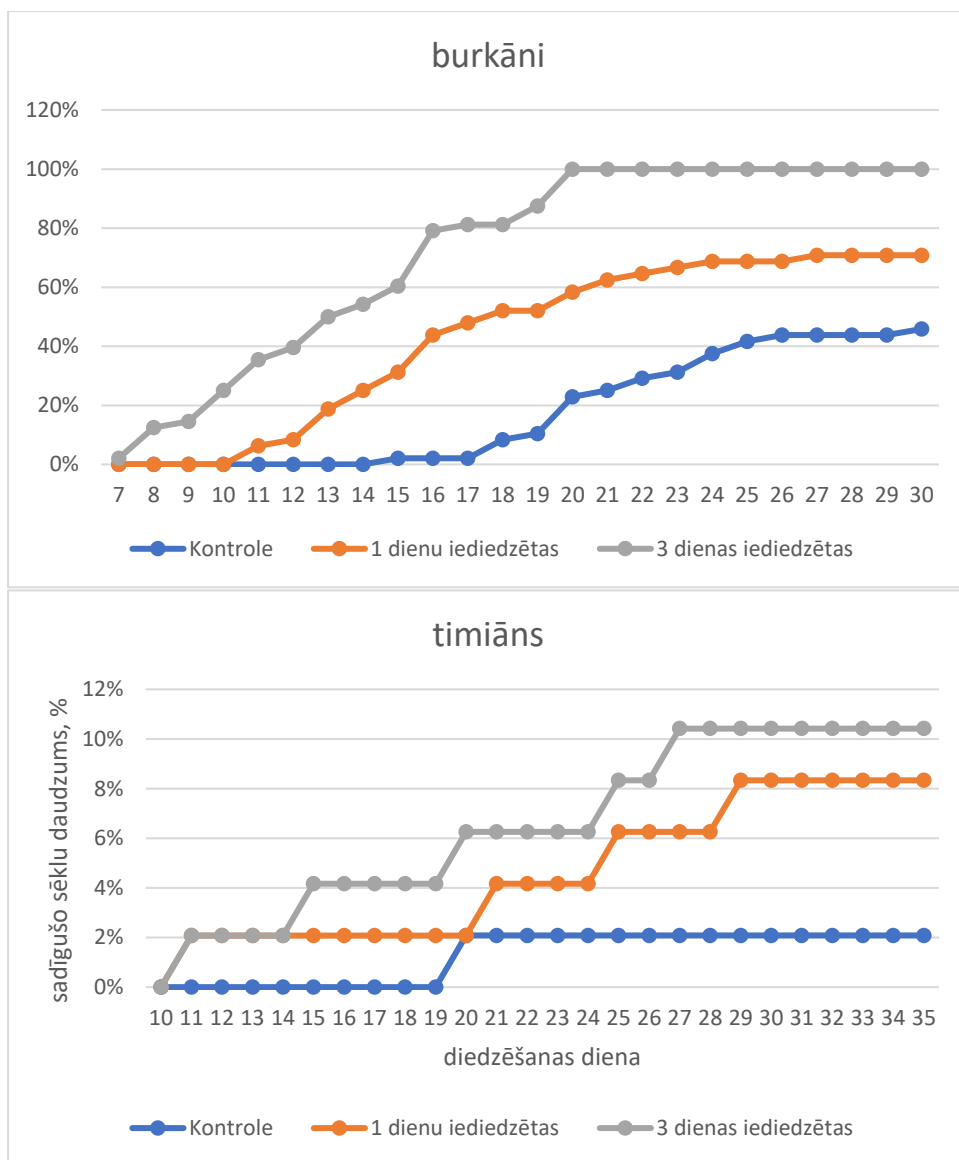
Rezultāti. Visām sešām pārbaudītajām augu sugām sēklu iediedzēšana ūdenī 24 un 72 stundas būtiski palielināja gan sadīgšanas ātrumu, gan kopējo sadīgušo sēklu daudzumu. Straujāka augšanas dinamika bija trīs dienas iediedzētām sēklām, kas sētas baltā dīgļa stadijā (37. attēls, 38. attēls; 39. attēls). Tādējādi var secināt, ka iediedzēšana optimālos apstākļos pirms sējas ir vēlams sēklu priekšapstrādes veids. Piesardzīgi jāvērtē iespēju sēklas sēt baltā dīgļa stadijā, jo jebkura mehāniskā apstrāde sējas laikā var dīgli traumēt.



37. attēls. Iediedzētu sēklu dīgšana 10 °C laboratorijas apstākļos.



38. attēls. Iedīdētu sēklu dīgšana 10 °C laboratorijas apstākļos.



39. attēls. Iediedzētu sēklu dīgšana 10 °C laboratorijas apstākļos.

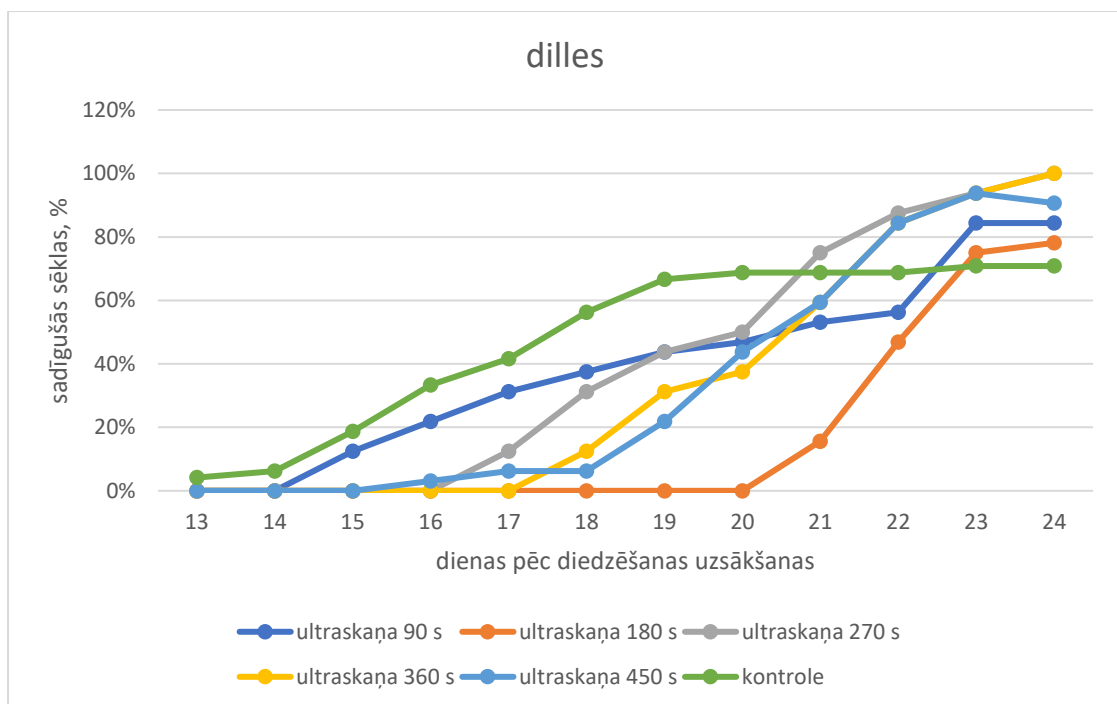
Sēklu priekšapstrāde ar ultraskaņu

Izmēģinājumu sērijas **mērķis** bija novērtēt sēklu priekšapstrādes ar ultraskaņu ietekmi uz sēklu dīgšanu. Sēklas tika ievietotas Petri traukos starp samitrinātiem filtrpapīriem, tad ievietotas ar destilētu ūdeni pildītā ultraskaņas vannā un tika apstrādātas ar 42 kHz ultraskaņu. Tika pārbaudīti pieci apstrādes ilgumi: 90, 180, 270, 360 un 450 s. Sēklas tika diedzētas kūdras substrātā klimata kamerā 10°C, par sadīgušām tika uzskatītas sēklas, kurām virs augsnes parādījās pilnībā atvērušās dīgļlapas.

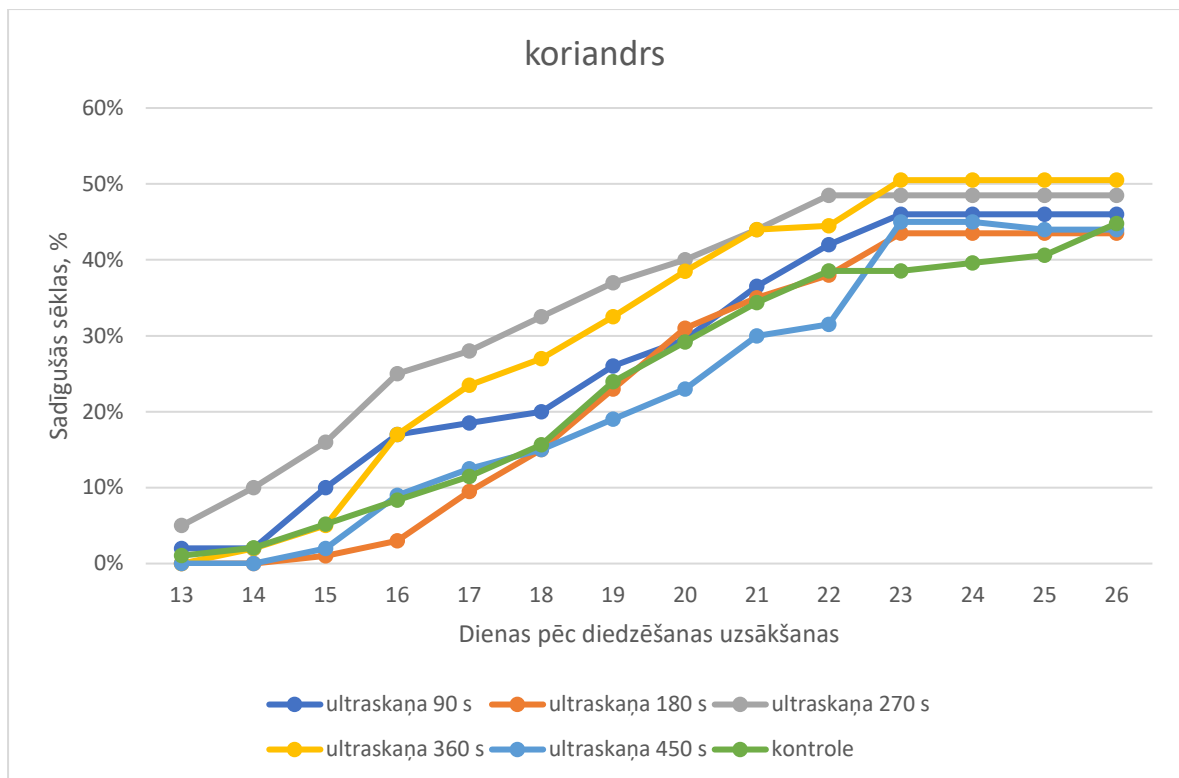


40. attēls. Sēklu apstrāde ar ultraskaņu.

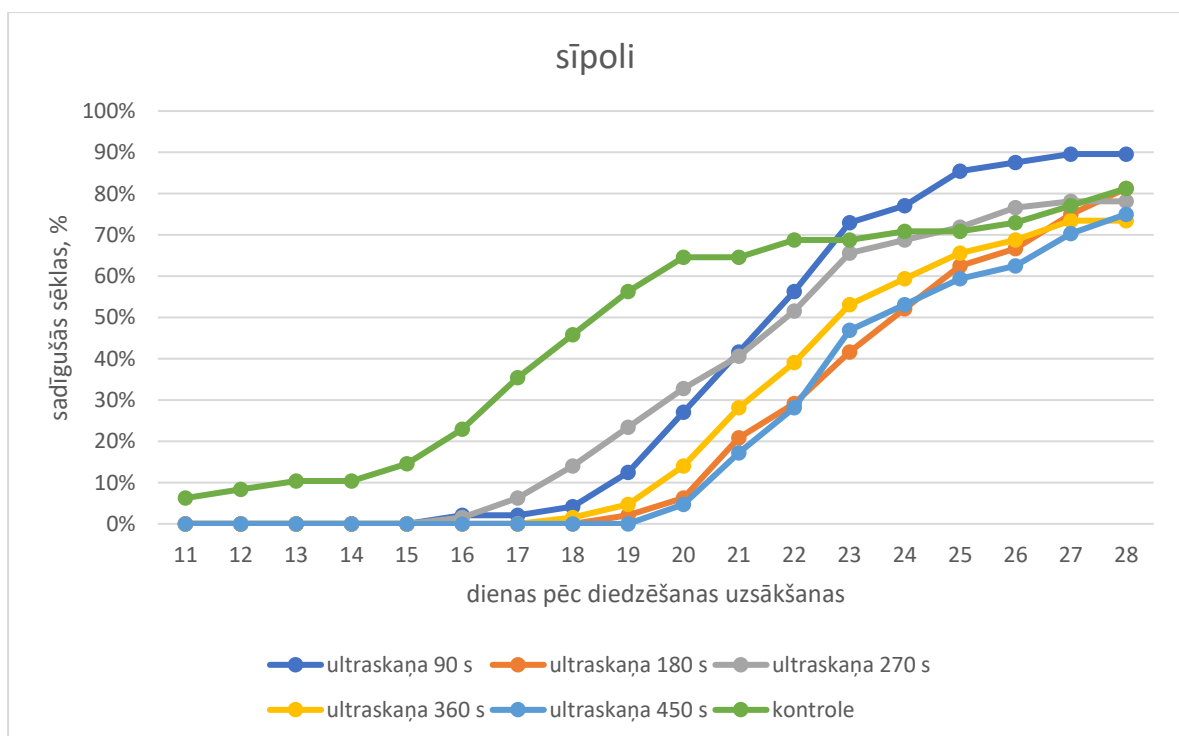
Rezultāti. Ultraskaņas priekšapstrāde atšķirīgi ietekmēja dažādu sugu sēklu dīgšanu. Dillēm un sīpoliem apstrādātas sēklas 1-7 dienas vēlāk uzsāka dīgšanu, bet kopumā apstrādātām sēklām bija augstāka dīgtspēja. Savukārt koriandra sēklām agrāk sāka dīgt un straujākā dīgšanas intensitāte bija 270 s apstrādātām sēklām. Sīpoliem sākotnēji straujāks dīgšanas ātrums bija kontroles variantam, bet 90s apstrādātas sēklas sasniedza visaugstākos dīgšanas rādītājus. Ņemot vērā, ka apstrāde ar ultraskaņu nedeva būtisku sadīgušo sēklu daudzuma pieaugumu koriandram (42. attēls) un sīpoliem (43. attēls), nav ekonomiska pamatojuma šādas metodes pielietojumam šīm sugām. Savukārt dillēm ultraskaņas apstrāde būtiski palielināja sadīgušo sēklu daudzumu – 24. dīdēšanas dienā kontroles variantā sadīdzis bija 71% sēklu, savukārt 270 un 360 s ar ultraskaņu apstrādātām sēklām dīgtspēja bija attiecīgi 95 un 98 %.



41. attēls. Ar ultraskaņu apstrādātu diļļu sēklu dīdība



42. attēls. Ar ultraskaņu apstrādātu koriandra sēklu dīdzība

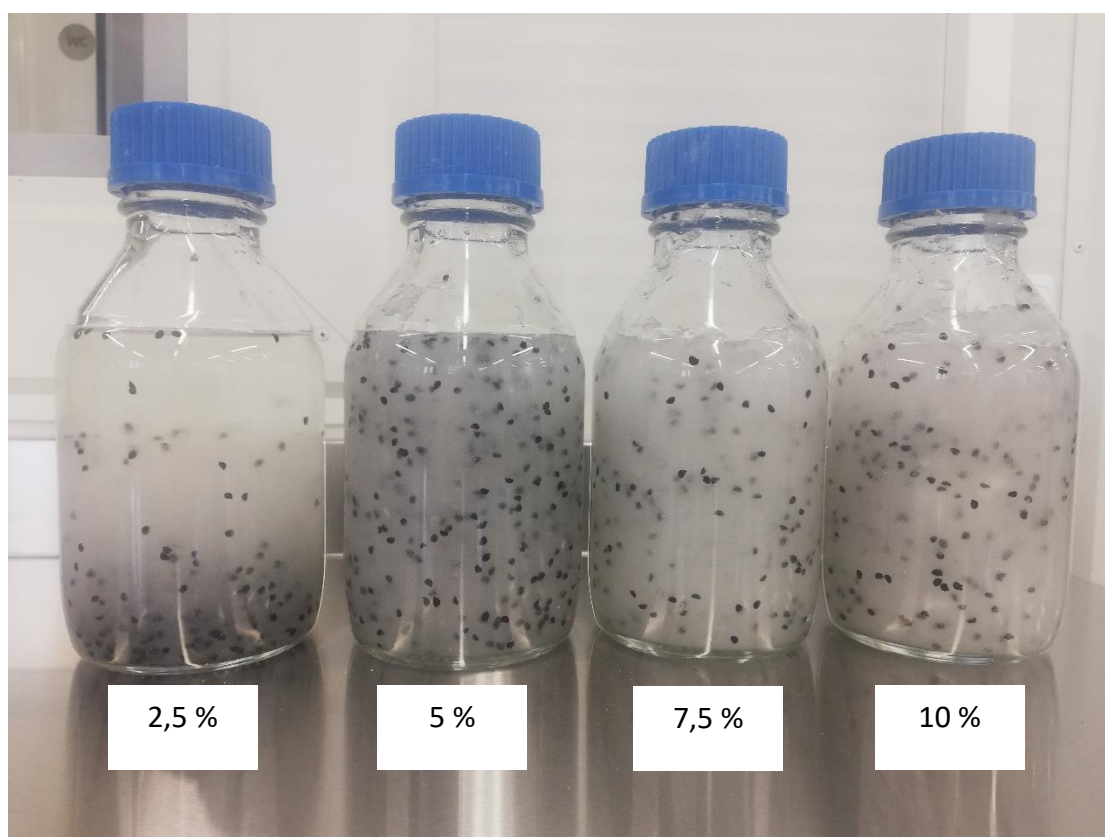


43. attēls. Ar ultraskaņu apstrādātu sīpolu sēklu dīdzība

Piemērota gela meklēšana šķidrajām kapsulām

Pētījuma pirmā soļa **mērķis** bija atrast piemērotu gelu sējai. Gelam jāatbilst vairākām prasībām – tam jāspēj bioloģiski noārdīties, tam jābūt viegli, vēlams bez karsēšanas, pagatavojamam, un tā blīvumam jābūt tādām, lai gelā iemaisītas sēklas vismaz stundu negrimtu un neuzpeldētu.

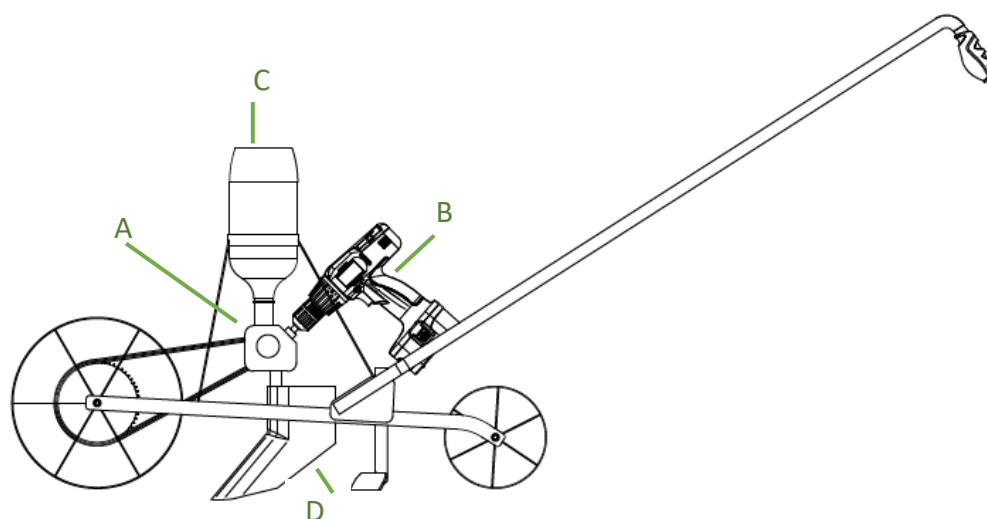
Piemērota gela pagatavošanai tika pārbaudīti dažādi bioloģiski sertificēti modificētas cietes veidi: Microlys 34, Microlys CA 05, Swelly gel, Lygel F60, kā arī želatīns. No pārbaudītajiem cietes veidiem tika atlasīts Microlys CA05, dažu minūšu laikā istabas temperatūrā veido gelu, tādējādi gelu iespējams izveidot, cieti piejaucot ūdenim, kurā tiek iediedzētas sēklas. Cietei tika pārbaudītas dažādas koncentrācijas – 2,5%, 5%, 7,5% un 10%. Gels ar koncentrāciju 2.5% noslāņojās uzreiz pēc sajaukšanas, daļai sēklu nogrimstot, daļai uzpeldot. Geli ar koncentrāciju 7,5 un 10% pāris minūšu laikā sabiezēja līdz pastveida koncentrācijai un nebija piemēroti izvirzītajam mērķim, savukārt gels ar koncentrāciju 5% atbilda izvirzītajām prasībām – tas bija šķidr, vienlaikus sēklas tajā negrima un neuzpeldēja, gels savas īpašības saglabāja vairāk nekā 12 stundas (44. attēls).



44. attēls. Dažādas koncentrācijas modificētās cietes Microlys CA05 geli.

Sējmašīnas prototipa izveide

Sējmašīnas prototips bija izveidots ar mērķi izsēt iediedzētas mitras sēklas, tās zemē ievadot, izmantojot gela kapsulu, vienlaikus ekonomisku apsvērumu dēļ, izmantojot pēc iespējas mazāku gela daudzumu. Gels ar tajā vienmērīgi izkliedētām sēklām tiek ieliets tvertnē, no kurienes nonāk peristaltiskā dozācijas sūkņī. Sūkņī gels tiek sadalīts pa porcijām un tālāk nonāk augsnē. Pēc nepieciešamības, atbilstoši izmantoto sēklu lielumam un nepieciešamajam attālumam starp izsētajām sēklām, var mainīt attālumu starp rullīšiem peristaltiskajā sūkņī, lai mainītu izsviestā gela daudzumu, vai mainot zobratu attiecības, palielinātu vai samazinātu attālumu starp izsētajām sēklām.



A - Peristaltiskais dozācijas sūknis ar reduktoru

B – piedziņas sistēma caur elektromotoru

C – tvertne

D - lemesis

45. attēls. Shematiska sējmašīnas prototipa uzbūve šķidru gela kapsulu izsējai.



46. attēls. Šķidro kapsulu sēja ar sējmašīnas prototipu.

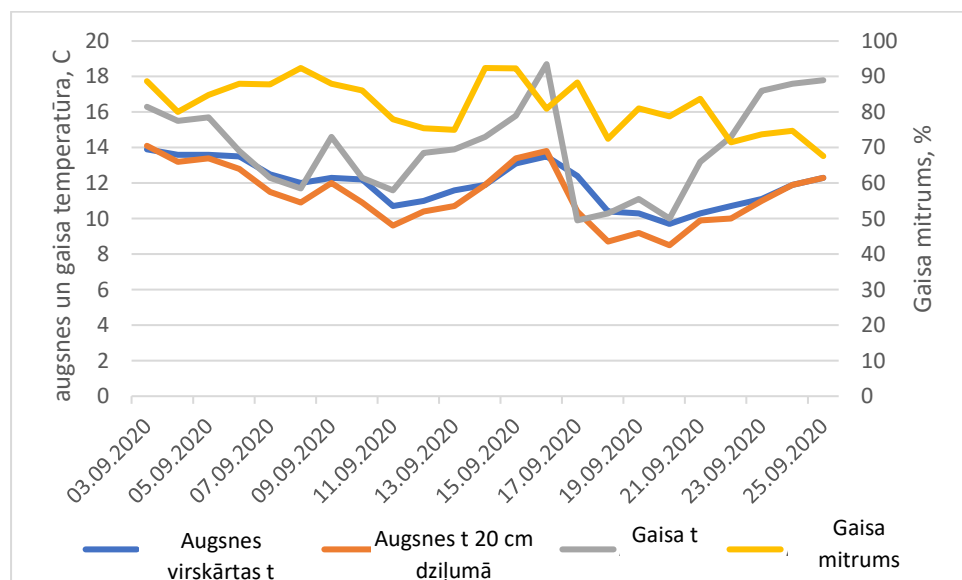
Šķidro kapsulu sēja augsnē un virs augsnes

Pirmās lauka izmēģinājuma sērijas **mērķis** bija noteikt piemērotāko gelu izsējas veidu – sēju virs augsnes vai gelu iestrādājot augsnē.

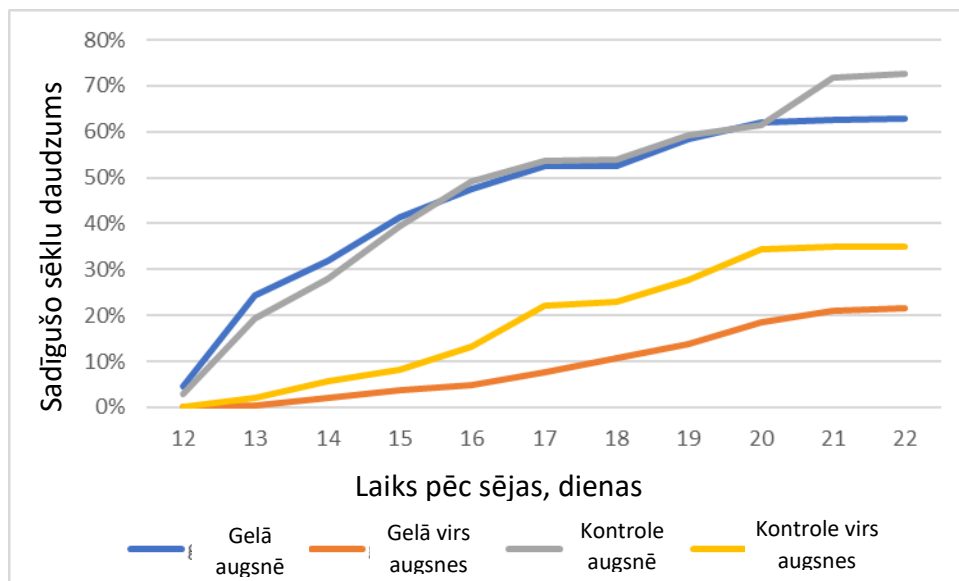
Darba hipotēze: augsnes virskārtu apstrādājot ar gāzes degli uz laiku tiks nomākta nezāļu attīstība, vienlaikus virs augsnes iediedzētās, gela kapsulā izsētās sēklas pret nezālēm gūs priekšrocību attīstībā.

Metodika. Izmēģinājums tika veikts ar koriandra sēklām. Sēšanai ar gela kapsulām tika izmantotas 24h iediedzētas koriandra sēklas. Sēšanai tika sagatavots 5% Microlys CA05 cietes šķīdums. Lauks pirms sējas tika apstrādāts ar gāzes degli. 20 m garās vagās, ar 35 cm rindstarpu tika sētas gela kapsulas, paredzot 3.5 cm atstarpi starp sēklām, tādējādi sēklas tika iejauktas 500 ml cietes šķīduma, paredzot, ka tās pēc nejaušības principa vienmērīgi izkliedējas gelā. Sēklas tika uzskatītas par sadīgušām, kad izdīgušās dīgļlapas bija pilnībā atvērušās.

Rezultāti. Izmēģinājuma laikā bija vēsa gaisa temperatūra (vidēji 14°C) un augsts gaisa mitrums (vidēji 84 %). Vidējā augsnes virskārtas temperatūra bija 12°C, bet augsnes temperatūra 20 cm dziļumā 11°C (47. attēls). Sēklas sāka dīgt 12 dienas pēc izmēģinājuma ierīkošanas. Augstāks sadīgušo sēklu daudzums tika konstatēts sēklas sējot augsnē salīdzinājumā ar sēju virs augsnes virskārtas. Abos sējas veidos augstāks sadīgušo sēklu daudzums bija sējot neapstrādātās sējas. Augsnes apstrāde ar gāzes degli būtiski ierobežoja nezāļu attīstību gan sējot sēklas augsnē, gan augsnes virskārtā (49. attēls).



47. attēls. Meteoroloģiskie apstākļi eksperimenta laikā



48. attēls. Gelā kapsulētu sēklu sadīgšana, sējot virs augsnes un augsnē.



49. attēls. A) Ar gāzes degli apstrādāta augsnes virskārta pirms sējas. B) Eksperimentālais lauks trīs nedēļas pēc sējas.

Šķidro kapsulu sēja dažādos meteoroloģiskajos apstākļos.

Izmēģinājuma **mērķis** bija salīdzināt iediedzētu sēklu dīgšanu ar kontroles variantiem dažādos meteoroloģiskajos apstākļos sešās atsevišķās nedēļās sezonas laikā.

Metodika. Koriandra, sīpolu, diļļu, timiāna, kliņģerīšu, burkānu sēklām diedzēšanas testos tika identificēts laiks līdz parādās baltais dīgļis. Sēja notika ar aprēķinu, ka sēklas tiek iesētas stundu pirms pirmo balto dīgļu parādīšanās, lai samazinātu risku tos traumēt. Sēklas pirms sējas tika iediedzētas 20°C temperatūrā. Tika izmantoti divi gelu varianti - 2.5% želatīna gels, kas mehāniski sasmalcināts un 5% Microlys CA05 modificētas cietes gels. Kā kontrole tika izmantotas neapstrādātas sēklas. Izmēģinājums tika ierīkots četros atkārtojumos pēc dalīto lauku (*split-plot*, angl.) dizaina ar diviem pārbaudītajiem faktoriem – sēklu priekšapstrāde un sējas laiks. Katrs variants tika sēts 1 m garā vagā, pa 100 sēklām. Iediedzētām sēklām sējai ar geliem uz 1m tika izlietoti 100 ml gela. Sadīgušo sēklu daudzums tika noteikt 14 dienas pēc sējas, par sadīgušām uzskatot sēklas, kurām virs augsnes parādījušās pilnībā atvērušās dīgļlapas.

Rezultāti. Divu nedēļu laikā pēc sējas visās sešās izmēģinājuma reizēs sadīga sīpolu, burkānu, koriandra un diļļu sēklas, bet ne timiāna un kliņģerīšu sēklas.

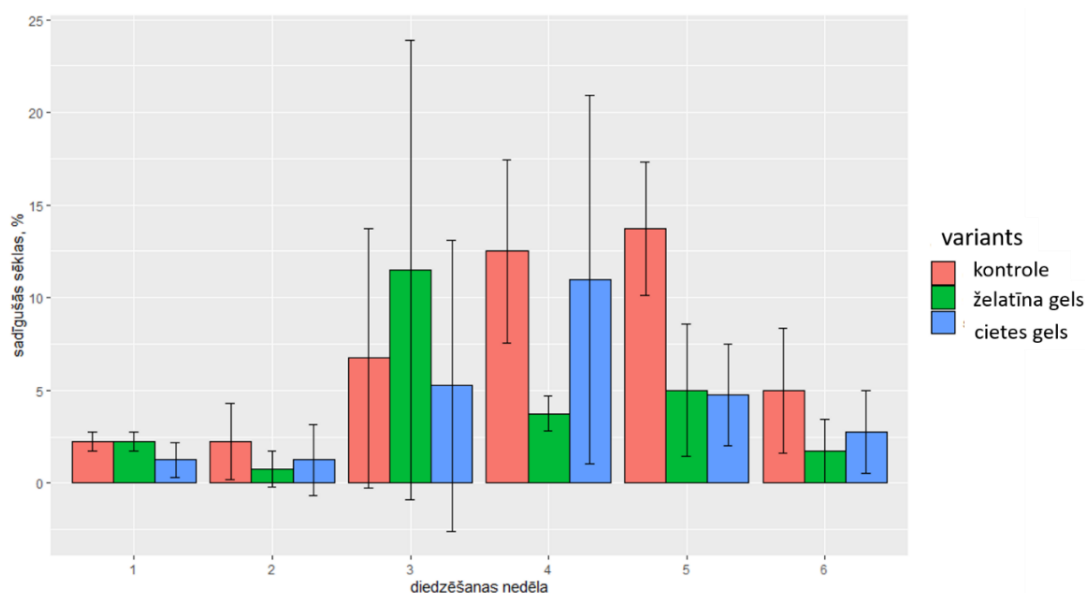
Vidējais sadīgušais sēklu daudzums divu nedēļu laikā pēc sējas sīpoliem, burkāniem, dillēm un koriandram bija augstāks kontroles variantam, salīdzinot ar kapsulētajām sēklām (6. tabula). Dispersijas analīze rādīja, ka sēšanas veidam (gela kapsulās vai neapstrādātas) ir būtiska ietekme uz diļļu un koriandra sēklu sadīgšanu ($p < 0.01$), bet ne uz sīpolu un burkānu sēklu sadīgšanu. Savukārt sējas nedēļai (tātad meteoroloģiskajiem apstākļiem) ir būtiska ietekme uz sadīgušo sēklu daudzumu sīpoliem, burkāniem dillēm un koriandram ($p < 0.001$). Lai gan vidēji sadīgušo sēklu daudzums lielāks bija kontroles variantam, atšķirīgās izmēģinājuma reizēs atšķirās eksperimentālie varianti, kas uzrādīja labākus rezultātus. Piemēram, 3. izmēģinājuma reizē, kas raksturojās ar salīdzinoši lielāko kopēju nokrišņu daudzumu un augstu hidrotermisko koeficientu, sīpolu sēklām veiksmīgākais bija variants ar sēju želatīnā, burkānu sēklām želatīna variants tikai nedaudz atpalika no kontroles, dillēm labākais bija cietes variants, bet koriandram visi varianti uzrādīja līdzīgus rezultātus. Vissmagākais 14 dienās sadīgušos sēklu daudzums bija pirmajās divās izmēģinājuma reizēs, sējot maijā, kad bija zema vidējā augsnes temperatūra ($< 15^{\circ}\text{C}$), vidējā gaisa temperatūra ($< 12^{\circ}\text{C}$) un mazs nokrišņu daudzums gan desmit dienu periodā pirms sējas ($< 22,6\text{ mm}$), gan izmēģinājuma laikā ($< 17,7\text{ mm}$).

Lai gan laboratorijas apstākļos, sēklas diedzējot 10°C , trīs dienas iediedzētās sīpolu un diļļu sēklas sadīga gandrīz 90%, bet burkānu un koriandra attiecīgi 60 un 40%, bet vienu dienu iediedzētās sēklas daudz mazākā apmērā – dillēm 70%, burkāniem 30%, sīpoliem 40%, bet koriandram 15%, savu maksimālo sadīgušo sēklu daudzumu sasniedzot vēlāk (37. attēls, 38. attēls, 39. attēls). Tādējādi var paredzēt, ka turpinoties izmēģinājumam, tiktu iegūts lielāks sadīgušo sēklu daudzums. Tomēr ražotājam bija svarīgi novērtēt sadīgušo sēklu daudzumu divu nedēļu laikā.

Lai gan dīgstu attīstības stadija netika iekļauta metodikā kā novērtējams faktors, tika novērots, ka iediedzētām sēklām, sējot gan želatīna, gan cietes vidē, 14 dienas pēc sējas bija četru lapu stadija, bet neapstrādātām sēklām – divu lapu stadija (54. attēls).

6. tabula. Vidējais sešos izmēģinājumos sadīgušo sēklu daudzums

Eksperimentālais variants	Sīpoli	Burkāni	Dilles	Koriandrs
Kontrole	7,1 ± 6.0	8,8 ±10,4	18,0 ±19,0	32,6 ±20,3
Želatīna kapsulas	4,1 ±6.0	7,8 ±8,6	9,3 ±9,2	21,0 ±17,7
Cietes kapsulas	4,3 ±5,9	7,2 ±9,2	15,4 ±11,2	27,0 ±16,7



50. attēls. Sadīgušo sīpolu sēklu daudzums, atkarībā no priekšapstrādes veida, 14. dienā pēc sējas.

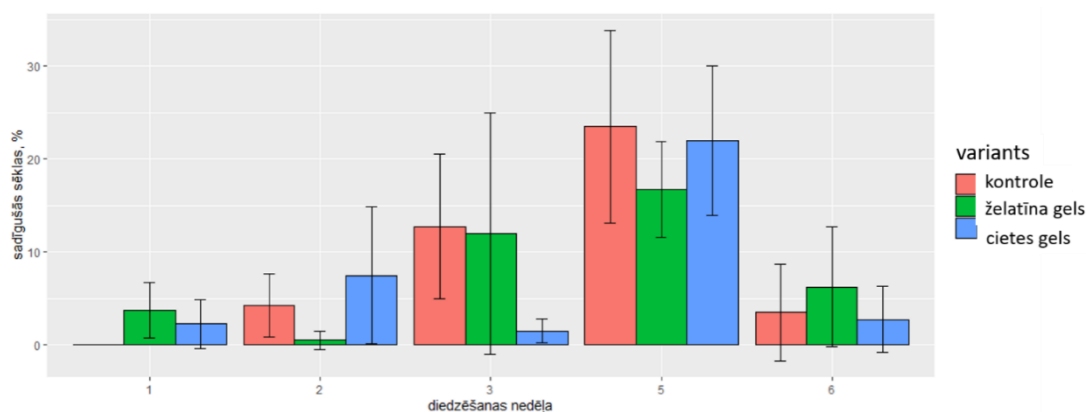
7. Tabula. Meteoroloģisko apstākļu saistība ar sadīgušo sīpolu sēklu daudzumu 14 dienas pēc sējas.

	Kontrole neapstrādātas sēklas	– Želatīnā kapsulētas sēklas	Cietē kapsulētas sēklas
Vidējā gaisa temperatūra	0,73	0,24	0,74
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā	0,56	0,49	0,92**
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma	0,05	-0,29	-0,41
Hidrotermālais koeficients	0,11	0,32	0,44
Vidējā augsnes virskārtas temperatūra	0,49	0,01	0,32
Vidējā augsnes temperatūra 20 cm dziļumā	0,5	0,08	0,29

* korelācija ir būtiska ($p < 0.05$); ** korelācija ir būtiska ($p < 0.01$)

8. Tabula. Meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājumos ar sīpolu sēklām.

Izmēģinājuma atkārtojums, pēc kārtas	1	2	3	4	5	6
Sējas datums	12.05.	20.05.	27.05.	3.06.	4.07.	9.07.
Vidējā gaisa temperatūra, °C	7,6	11,5	14,4	17,9	15,3	16,3
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā, mm	22,6	9,9	51,0	72,5	24	28,8
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma, mm	10,0	17,7	8,9	3,0	33,9	40,8
Hidrotermiskais koeficients	4,18	0,42	3,41	4,06	1,58	2,48
Augsnes virskārtas temperatūra, °C	8,1	14,1	13,3	14,5	15,6	16,6
Augsnes temperatūra 20 cm dziļumā, °C	9,4	14,2	14,2	14,6	16,1	16,9



51. attēls. Sadīgušo burkānu sēklu daudzums, atkarībā no priekšapstrādes veida, 14. dienā pēc sējas.

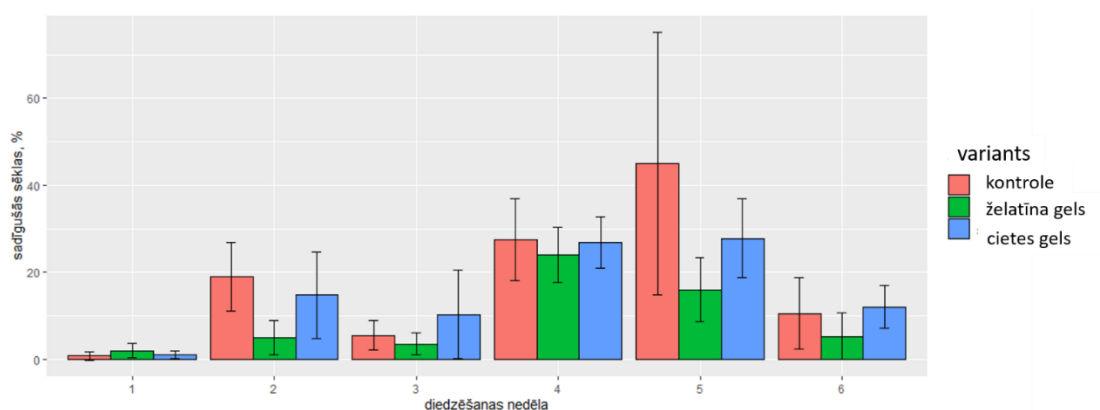
9. Tabula. Meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājumos ar burkānu sēklām.

Izmēģinājuma atkārtojums, pēc kārtas	1	2	3	5	6
Sējas datums	14.05.	20.05.	28.05.	2.07.	10.07.
Vidējā gaisa temperatūra, °C	8,8	11,5	14,4	15,4	16,2
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā, mm	21,6	9,9	51,0	28,5	40,8
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma, mm	6,2	17,7	8,9	29,4	45,1
Hidrotermiskais koeficients	4,2	0,92	3,6	1,9	2,5
Augsnes virskārtas temperatūra, °C	8,1	14,1	13,3	15,4	16,6
Augsnes temperatūra 20 cm dziļumā, °C	9,4	14,2	14,2	16,1	16,9

10. Tabula Meteoroloģisko apstākļu saistība ar sadīgušo burkānu sēklu daudzumu 14 dienas pēc sējas.

	Kontrolē neapstrādātas sēklas	Želatīnā kapsulētas sēklas	Cietē kapsulētas sēklas
Vidējā gaisa temperatūra	0,58	0,63	0,32
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā	0,28	0,57	-0,28
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma	0,15	0,17	0,29
Hidrotermālais koeficients	-0,26	0,01	-0,54
Vidējā augsnes virskārtas temperatūra	0,45	0,34	0,38
Vidējā augsnes temperatūra 20 cm dziļumā	0,51	0,43	0,40

* korelācija ir būtiska ($p < 0.05$); ** korelācija ir būtiska ($p < 0.01$);



52. attēls. Sadīgušo diļļu sēklu daudzums, atkarībā no priekšapstrādes veida, 14. dienā pēc sējas.

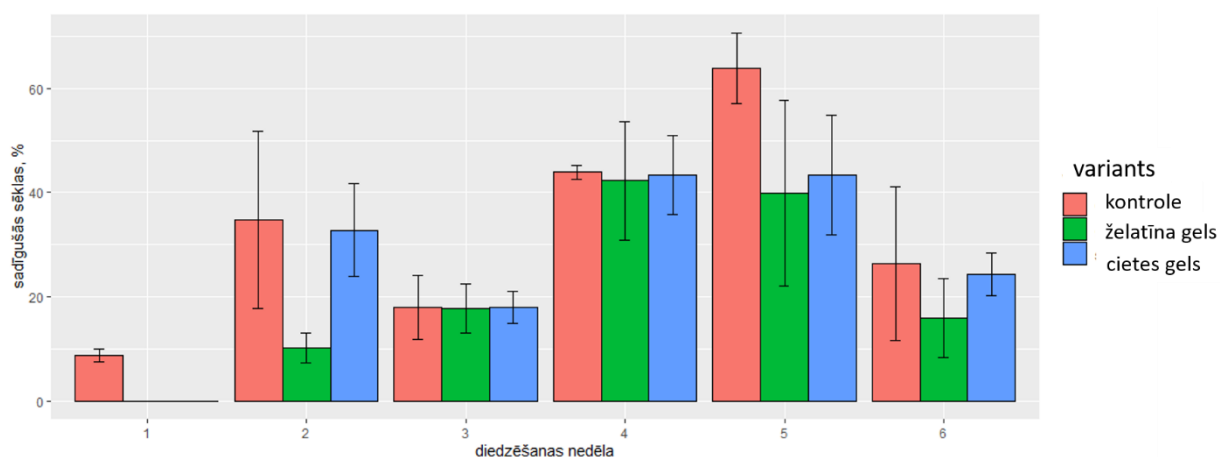
11. Tabula Meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājumos ar diļļu sēklām.

Izmēģinājuma atkārtojums, pēc kārtas	1	2	3	4	5	6
Sējas datums	14.05.	21.05.	29.05.	5.06.	3.07.	10.07.
Vidējā gaisa temperatūra, °C	8,8	11,9	14,4	17,9	15,3	16,2
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā, mm	21,6	4,9	51,3	72,5	24	40
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma, mm	6,2	17,7	9,9	3,0	33,9	45,1
Hidrotermiskais koeficients	7,1	0,92	3,5	4,4	1,56	1,8
Augsnes virskārtas temperatūra, °C	8,1	14,5	13,3	15,4	14,5	16,6
Augsnes temperatūra 20 cm dziļumā, °C	9,4	14,6	14,2	16,2	14,6	16,9

12. Tabula Meteoroloģisko apstākļu saistība ar sadīgušo diļļu sēklu daudzumu 14 dienas pēc sējas.

	Kontrolē neapstrādātas sēklas	Želatīnā kapsulētas sēklas	Cietē kapsulētas sēklas
Vidējā gaisa temperatūra	0,52	0,71	0,76
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā	0,00	0,56	0,32
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma	0,28	-0,12	0,17
Hidrotermālais koeficients	-0,51	-0,08	-0,49
Vidējā augsnes virskārtas temperatūra	0,49	0,47	0,65
Vidējā augsnes temperatūra 20 cm dziļumā	0,43	0,47	0,65

* korelācija ir būtiska ($p < 0.05$); ** korelācija ir būtiska ($p < 0.01$);



53. attēls. Sadīgušo koriandra sēklu daudzums, atkarībā no priekšapstrādes veida, 14. dienā pēc sējas.

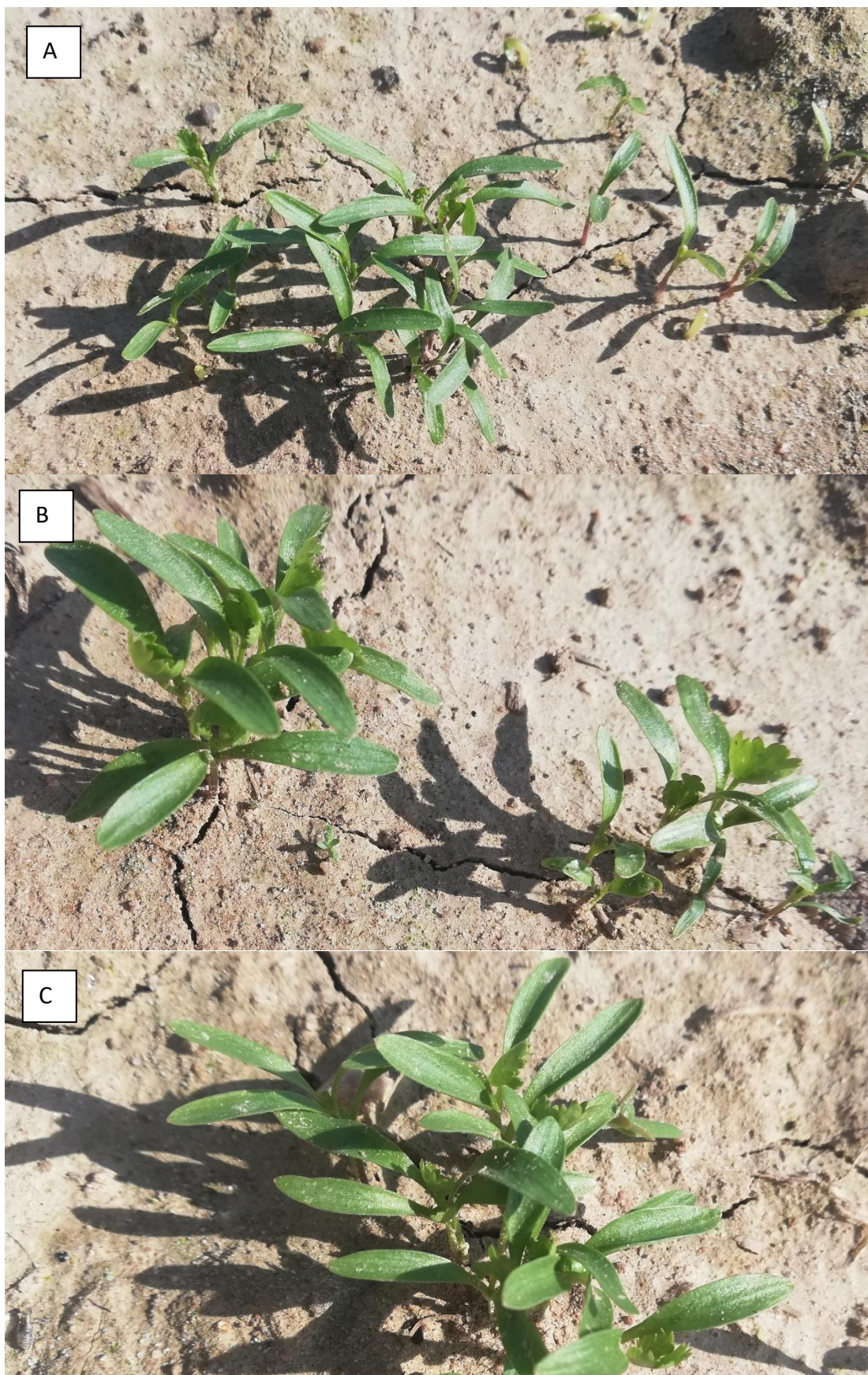
13. Tabula. Meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājumos ar koriandra sēklām.

Izmēģinājuma atkārtojums, pēc kārtas	1	2	3	4	5	6
Sējas datums	12.05.	21.05.	28.05.	5.06.	3.07.	10.07.
Vidējā gaisa temperatūra, °C	7,6	11,9	15,1	17,9	15,3	16,2
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā, mm	22,6	4,9	51,3	72,5	24	40,8
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma, mm	10	17,7	9,9	3	33,9	45,1
Hidrotermiskais koeficients	7,12	0,42	3,57	4,05	1,57	2,48
Augsnes virskārtas temperatūra, °C	8,1	14,5	13,3	15,5	14,5	16,6
Augsnes temperatūra 20 cm dziļumā, °C	9,4	14,6	14,2	15,6	14,6	16,9

14. Tabula. Meteoroloģisko apstākļu saistība ar sadīgušo koriandra sēklu daudzumu 14 dienas pēc sējas.

	Kontrole – neapstrādātas sēklas	Želatīnā kapsulētas sēklas	Cietē kapsulētas sēklas
Vidējā gaisa temperatūra	0,56	0,81	0,75
Nokrišņu summa izmēģinājuma laikā	0,01	0,54	0,22
Nokrišņu summa 10 dienas pirms izmēģinājuma	0,29	0,03	0,17
Hidrotermālais koeficients	-0,62	-0,32	-0,7
Vidējā augsnes virskārtas temperatūra	0,57	0,6	0,78
Vidējā augsnes temperatūra 20 cm dziļumā	0,51	0,56	0,73

* korelācija ir būtiska ($p < 0.05$); ** korelācija ir būtiska ($p < 0.01$)



54. attēls. Koriandra dīgsti 14 dienas pēc sējas. A) neapstrādātas sēklas; B) cietes gelā kapsulētas sēklas c) želatīna gelā kapsulētas sēklas.

Secinājumi

Lai gan augu kapsulēšana farmaceitiskajās kapsulās un māla bumbās tiek izmantota biotopu atjaunošanai un savvaļas augu pavairošanai, šajā pētījumā uzstādīto mērķi – izsēt jau dīgstošas sēklas – ar šo metodi nebija iespējams sasniegt divu iemeslu dēļ. Pirmkārt, neizdevās izveidot kapsulu, kuru varētu pildīt ar mitrām izejvielām, lai dīgšana notiktu kapsulā, un otrkārt, tika secināts, ka sēja virs augsnes, kas būtu piemērots veids kapsulu izkaisīšanai, būtiski samazina sadīgušo sēklu daudzumu.

Izmēģinot sēklu dražēšanu ar pievienotu slāpekļa avotu – zirņu miltiem – nedeļa vēlamā, stimulējošā efekta, lai gan literatūrā analogs produkts – sojas milti - tika izmantots sēklu sadīgšanas uzlabošanai.

Sējumu pārklāšana ar hidrogelu poliakrilamīdu laboratorijas apstākļos nomāca sēklu dīgšanu, bet lauka apstākļos gels dienas laikā izžuva, nesniedzot vajadzīgo aizsardzību pret izžūšanu un sēklu dīgšanu stimulējošo iedarbību.

Sēklu kapsulēšana alginātā atšķirīgi ietekmēja pārbaudīto sugu dīgtspēju – šādas kapsulas nomāca sīpolu un koriandra dīgšanu, bet bija piemērotas kliņģerīšu, timiāna, burkānu un diļļu kapsulēšanai. Algināta kapsulu var izmantot gan 24 – 48 stundas iediedzētu sēklu kapsulēšanai, gan sēklu jau baltā dīgsta kapsulēšanā šīm sugām. Vēlākās attīstības stadijās iediedzētās sēklas augsnē sadīgst ātrāk.

Dīgstošu sēklu izsējai tika izveidota tehnoloģija, ar kuru sēklas tika iesētas, atrodoties šķidrā gela kapsulā. Tika konstruēta sējmašīna, kuras pamatā ir peristaltiskais dozācijas sūkni, ar kura palīdzību sēklu kopā ar gela apvalku izsēj augsnē. Tika atrasts šādai sējai piemērots gels – modificēta ciete Microlys CA05, kas dažādu minūšu laikā istabas temperatūrā veido gelu, kurā sēklas negrimst un neuzpeld >12 stundu periodā. Sēja ar šķidrajām kapsulām ir piemērota mitriem un siltiem laika apstākļiem, kad dīgstošas sēklas nav pakļautas izžūšanai.



55. attēls. Sējmašīnas prototipa datorgrafika.

Izmantotā literatūra

- Ahmadvand G., soleimani F., Saadatian B., Pouya M. 2012. Effect of seed priming on germination and emergence traits of two soybean cultivars under salinity stress. *Int Res J Appl Basic Sci* 3: 234-241.
- Amirkhani M., Mayton H.S., Netravali A.N., Taylor A.G. 2019. A seed coating delivery system for bio-based biostimulants to enhance plant growth. *Sustainability*, 11, 1-16.
- Amirkhani M., Netravali A.N., Huang W., Taylor A.G. 2016. Investigation of soy protein based biostimulant seed coating for broccoli seedling and plant growth enhancement. *HortScience*, 51(9), 1121-1126.
- Araujo S.S., Paparella S., dondi D., Bentivoglio A., Carbonera D., Balestrazzi A. 2016. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7:646.
- Berninger T., Mitter B., Preininger C. 2016. The smaller, the better? The size effect of alginate beads carrying plant growth-promoting bacteria for seed coating. *Journal of Microencapsulation*, 33 (2), 127-136.
- Bilalis D.J., Katsenious N., Efthimiadou A., Karkanis A., Efthimiadis P. 2012. Investigation of pulsed electromagnetic field as a novel organic pre-sowing method on germination and initial growth stages of cotton. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 31: 143-150.
- Bruneau A.H., Peacock C.H., DiPaola, J.M. 1989. Cool season turfgrass establishment with fertilizer coated seed. *Intl. Turfgrass Soc. Res. J*, 6, 263-265.
- Cook D.F., Nelson S.D. 1986. Effect of polyacrilamide on seedling emergence in crust-forming soils. *Soil Science*, 141: 328 – 333.
- Cozens, W. 2019. Automated aerial seed planting using biodegradable polymers Doctoral dissertation, The University of Waikato, 128.
- Currah I.E., Gray D., Thomas T.H. 1974. The sowing of germinating vegetable seeds using a fluid drill. *Annals of Applied Biology*, 76, 311 – 318.
- Dupuis J.M. Roffat C., DeRose R.T., Molle F. (1994). Pharmaceutical capsules as a coating system for artificial seeds. *Biotechnology*, 12, 385 – 389.
- Dutta P. 2018. Seed priming: new vistas and contemporary perspectives. *Advances in seed priming*, 3 – 22.
- Gornish E., Arnold H., Fehmi J. 2019. Review of seed pelletizing strategies for arid land restoration. *Restoration Ecology*, 27(6), 1206-1211.
- Goussous S.J, Samarah N.H., Alqudah A.M., Othman M.OO. 2010. Enhancing seed germination of four crops species using an ultrasonic technique. *Experimental Agriculture*, 46(2): 231-242.

- Guan Y.J., Hu J., Wang X.J., Shao C.X. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Zhejiang Univ Sci B* 10(6): 427-433.
- Khan N., Mishra A., Chauhan P.S., Nautiyal C.S. 2011. Induction of *Paenibacillus lentimorbus* biofilm by sodium alginate and CaCl₂ alleviates drought stress in chickpea
- Mahajan G., Sarlach R.S., Japinder S., Gill M.S. 2011. Seed priming effects on germination, growth and yield of dry direct-seeded rice. *J Crop Improv* 25: 409-417.
- Micheli M., Standardi A. 2016. From somatic embryo to synthetic seed in *Citrus* spp. through the encapsulation technology. In *In vitro embryogenesis in higher plants*, 515-522.
- Pathak V., Amborse K. 2020. Starch- based biodegradable hydrogel as seed coating for corn to improve early growth under water shortage. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(14), 48523.
- Sarrocco S., Raeta R., Vannacci G. 2004. Seeds encapsulation in calcium alginate pellets. *Seed Science and Technology*, 32 649 – 661.
- Scott J.M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. In *Advances in agronomy*, 42, 43-83.
- Su L., Li J., Xue H., Wang X. 2017. Super absorbent polymer seed coatings promote seed germination and seedling growth of *Curagana korshinskii* in drought. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*, 18(8), 696-706.
- Taylor A.G., Eckenrode C.J., Straub R.W. 2001. Seed coating technologies and treatments for onion: challenges and progress. *HortScience*, 36.2: 199-205.
- Thejashwini B., Rao A.M., Sultana R., Hayak M.H. 2018. On farm pre-sowing invigoration seed treatments in onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 3354:3357.
- Tu L., He Y., Shan C., Wu Z. 2016. Preparation of microencapsulated *Bacillus subtilis* SL-13 seed coating agents and their effects on the growth of cotton seedlings. *BioMed Research International*, 1-7.
- Vazirimehr M.R., Ganjali H.R., Rigi K., Keshtehgar A. 2014. Effect of seed priming on quantitative traits of corn. *Int J Plant Sci*, 4: 134 – 140.
- Wilson T.H., Amirkhani M., Taylor A.G. 2018. Evaluation of gelatin as a biostimulant seed treatment to improve plant performance. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1006.
- Zhang F., Yu J., Johnston C.R., Want Y., Zhu K., Lu F., Zhang Z., Zou J. 2015. Seed priming with polyethylene glycol induces physiological changes in sorghum (*Shorgum bicolor* L. Moench) seedlings under optimal soil moisture environments. *PLoS one* 10(10): e0140620.