

BIOSTIMULATORU IETEKME UZ LINU RAŽAS VEIDOŠANOS

INFLUENCE OF BIOSTIMULATORS ON FLAX YIELD CAPACITY

V. Stramkale

Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs / Latgale Agricultural Research Centre

A. Karlsons, M. Vikmane, U. Kondratovičs

Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte / Faculty of Biology, Latvia University

Abstract. Flax has been of great importance in Latvia for a long time. It is a source of raw material for the production of valuable products - fibre and oil for national economy.

The use of pre-seeding bio-stimulators (microorganism metabolite - Germin, microelements copper, zinc and boron) resulted in positive changes in energy of linseed germination of the flax 'Laura'. The increased amount of chlorophyll in cotyledon as well as the total contents of oil and unsaturated fatty acids (linoleic and linolenic) in the linseed of following generation were determined.

Under the influence of bio-stimulators an augmentation of the yield of flax straw by 8 - 21 % was observed in comparison with the control. The yield of linseed increased by 6 - 28 %, correspondingly.

Key words: micronutrients, phytohormone, seed germination, pigments of green plastids

Ievads

Pieaugot enerģētisko resursu un reizē arī ražošanas tehnoloģiju izmaksām, arvien lielāka vērība tiek pievērsta alternatīviem kultūraugu audzēšanas variantiem. Viens no šādiem sen zināmajiem un lietotajiem paņēmieniem ir biostimulatoru izmantošana.

No Latvijā audzētajiem kultūraugiem lini ieņem stabilu vietu, tautsaimniecībai dodot divus vērtīgus produktus: šķiedru un eļļu. Lini šķiedra tekstilrūpniecības bilancē ieņem otro vietu pēc kokvilnas un ir viena no visstiprākajām un izturīgākajām augu šķiedrām. Lini sēklas satur 35 - 42 % eļļas un līdz 23 % olbaltumvielu [8].

Tālākai linkopības attīstībai ir nepieciešams palielināt lini ražību, kā arī paaugstināt kvalitāti, vienlaicīgi samazinot pašizmaksu. Viens no veidiem, kā to panākt, ir izmantot dabiskos augšanas stimulatorus, kas ir vidi saudzējoši un neatstāj kaitīgu pēcietekmi.

Darba mērķis - noskaidrot citokinīnu dabas fitohormona germina (producē baktērija *Pseudomonas stutzeri* 136) un mikroelementu - cinka, vara un bora - ietekmi uz lini sēklu dīgšanu, zaļo plastīdu pigmentu daudzumu dīgstos, lini salmiņu un linsēklu ražu, kā arī eļļas daudzumu sēklās un taukskābju saturu eļļā.

Materiāls un metodes

Fitohormona germina, vara un cinka borātu (CuB un ZnB), kā arī šo vielu kombināciju regulatīvās funkcijas 2000./2001. gada izmēģinājumos pētītas lini šķirnei 'Laura'. (Fitohormons germins sintezēts Dr.biol. I. Miškes vadībā. Tā sastāvā esošais 6-aminopurīna oksikarbonskābes saliktais esteris [17] ir citokinīnu dabas savienojums)

Veģetācijas izmēģinājumos (2001) linsēklu apstrādi veica šādi:

- 100 g sēklu apstrādei izlietoja 0.37 mg sīkdispersu vara un cinka borātu (borāti sintezēti RTU Neorganiskās ķīmijas institūtā profesores J. Švarcas vadībā). Sēklu apstrādi veica svarglāzē ar vāku. Lai sēklas vienmērīgāk pārklātos ar mikroelementiem, pēc borātu pievienošanas svarglāzi ar sēklām intensīvi kratīja;
- 200 ml destilēta ūdens pievienoja 1 ml germina. 100 g sēklu apstrādei izmantoja 5 ml pagatavotā šķīduma;
- sēklas ievietoja Petri platē, kas izklāta ar diviem filtrpapīra apliem, un samitrināja ar 5 ml destilēta ūdens (kontroles, CuB un ZnB varianti) vai ar 5 ml pagatavotā germina šķīduma (germina, kā arī CuB + germins, ZnB + germins varianti).

Sēklas diedzēja tumsā ~ 22 °C temperatūrā. Lai sēklas neiežūtu, Petri plati ar destilēta ūdens trauku savienoja filtrpapīra tiltiņš. Ūdens iztvaikošanas ierobežošanai Petri platei bija uzlikts vāciņš, atstājot nelielu spraugu gaisa cirkulācijai. Sēklu dīgšanu noteica ik pēc 24 stundām. Atkārtojumu skaits - 5, katrā atkārtojumā - 100 sēklas.

Lauka izmēģinājumos (2000/2001) linsēklu apstrādi veica sekojoši:

- 1 litrā ūdens izšķīdināja 5 ml fitohormona germina un šo šķīdumu izsmidzināja uz 100 kg sēklu, tās vienlaicīgi rūpīgi maisot;
- 100 g cinka vai vara borāta sajauc ar vajadzīgo devu kodnes, un ar šo maisījumu appūderēja ar germina šķīdumu samitrinātās sēklas, atkal tās rūpīgi maisot.

Izmēģinājumus ierīkoja pēc randomizēto bloku metodes 6 atkārtojumos. Laučiņa kopējā platība $6 \times 3.5 \text{ m} = 21 \text{ m}^2$, izmēģinājuma kopējā platība 1428 m^2 . Laučiņa uzskaites platība $6 \times 3.2 \text{ m} = 19.2 \text{ m}^2$. Augsne - trūdaini podzolēta glejjaugsne. Augsnes agroķīmiskais raksturojums: organisko vielu saturs - 6.5 %, pH 7.0, fosfora nodrošinājums - 145 mg kg^{-1} augsnes, K_2O - 118 mg kg^{-1} augsnes. Mikroelementu saturs: varš, bors, mangāns, cinks (pēc augsnes kartogrammas rezultātiem) - vidējs līdz zems. Priekšaugš - ziemāji. Pamatmēslojums N - 20; P_2O_5 - 80, K_2O - 100 (amonija nitrāts, superfosfāts, kālija hlorīds).

Meteoroloģiskie apstākļi 2000. un 2001. gada veģetācijas periodā bija atšķirīgi un dažādi ietekmēja linu augšanu un attīstību. 2000. gada maijā pavasara salnas un mitruma deficīts aizkavēja linu dīgšanu. Jūnijā laika apstākļi bija labvēlīgi augu augšanai un attīstībai. Jūlijā nokrišņu daudzums 1,8 reizes pārsniedza normu. Augusta pirmajā pusē laika apstākļi uzlabojās un labvēlīgi ietekmēja linu nogatavošanos. 2001. gada maijā aukstais un sausais laiks aizkavēja linu augšanu un attīstību. Jūnijā nokrišņu daudzums palielinājās, kas sekmēja augu augšanu. Jūlijs bija ļoti karsts. Augstās temperatūras negatīvi ietekmēja linu ziedēšanu. Augustā gaisa temperatūra nedaudz pazeminājās, bet nokrišņu daudzums bija tikai 30 % no normas. Šādi meteoroloģiskie apstākļi paātrināja un negatīvi ietekmēja linu nogatavošanos.

Izmēģinājuma gados meteoroloģiskie apstākļi bija nelabvēlīgi linu augšanai un attīstībai.

Veģetācijas izmēģinājumos noteica šādus rādītājus:

- linsēklu dīgtspēju un dīgšanas enerģiju [3];
- zaļo plastīdu pigmentu daudzumu dīgļlapās - spektrofotometriski kopējā pigmentu acetona izvilkmā, nosakot šķīdumu optisko blīvumu (D) gaismas viļņu garumos, kas atbilst hlorofila a, hlorofila b un karotinoīdu absorbcijas maksimumiem. Pigmentu koncentrāciju (C - mg l^{-1}) aprēķināja pēc šādām formulām [14]:

$$C_{\text{hla}} = 9.784 D_{662} - 0.990 D_{644}$$

$$C_{\text{h1b}} = 21.426 D_{644} - 4.650 D_{662}$$

$$C_{\text{k}} = 4.695 D_{440,5} - 0.268 C_{\text{a}} + C_{\text{b}}$$

Lauka izmēģinājumos noteica linu salmiņu un sēklu ražu. Lini bija vākti agrā dzeltengatavības fāzē, noplūcot ar linu plūcamo mašīnu *TLN - 1.5*, un sasieti kūlīšos žāvēšanai uz lauka. Pēc tam tos nokūla ar kuļmašīnu Eddi.

Linsēklās noteica kopējo eļļas daudzumu un taukskābju saturu eļļā RTU Ķīmijas katedrā profesores E. Gudrinieces vadībā. Metodes būtība - linsēklu eļļas glicerīdus pāresterificē par taukskābju metilesteriem, izšķīdina heptānā un analizē, lietojot gāzes - šķidrums hromatogrāfijas metodi [4].

Datu matemātisko apstrādi (vidējo aritmētisko un reprezentācijas kļūdas, kā arī robežstarpības aprēķini) un attēlu izveidi veica ar datorprogrammām MS Excel.

Rezultāti un diskusija

Sēklu dīgšanas procesu norise ir cieši saistīta ar sēklu kvalitāti. Eksperimentāli sēklu kvalitāti visbiežāk novērtē, nosakot sēklu dīgtspēju un dīgšanas enerģiju.

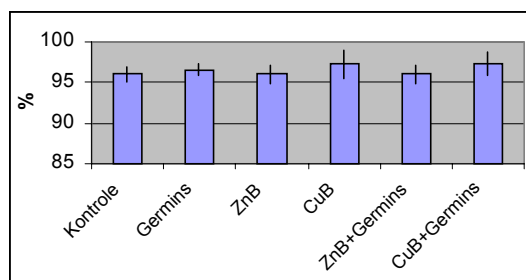
Sēklu dīgšanā izšķir trīs galvenās fāzes: uzbriešanu, lagfāzi un dīgļsaknes parādīšanos (kas ir šūnu dalīšanās un stiepšanās rezultāts). Gan barības vielu hidrolīzi dīgstošās sēklās, gan šūnu dalīšanos un stiepšanos regulē dažādi fitohormoni, pārsvarā giberelīni [5; 7; 6]. Citokinīni, kontrolējot gēnu ekspresiju kā transkripcijas, tā translācijas līmenī [12], sēklu dīgšanas procesā izpilda "palaišanas" funkciju [9].

Literatūrā daudzviet uzsvērts, ka sēklu dīgšanu nosaka fitohormonu savstarpējās proporcijas un mijiedarbība, nevis atsevišķa fitohormona koncentrācija [2; 5; 6]. Sēklām dīgstot, endogēno un eksogēno fitohormonu iedarbība var summēties [16].

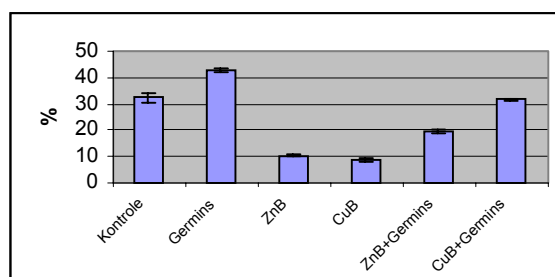
Eksperimentāli visa fitohormonu kopuma darbību vienlaikus nav iespējams pilnīgi analizēt, tāpēc visbiežāk pēta atsevišķa eksogēni pievadīta fitohormona ietekmi.

Tā kā augos notiekošie metabolisma procesi nav iespējami bez mikroelementu klātbūtnes [15; 10], skaidrojām, kāda ir Latvijas augsnēs trūkstošo mikroelementu - vara, cinka un bora - ietekme uz linsēklu dīgšanu [11].

Linsēklu dīgtspēja un dīgšanas enerģija. Mūsu eksperimentā to dīgtspēju ne fitohormons germins, ne mikroelementi - vara borāts un cinka borāts, kā arī šo biostimulatoru kombinācijas nav būtiski ietekmējušas, jo novērotās atšķirības ir kļūdu robežās (1. attēls).



1. att. Linsēklu dīgtspēja
Fig.1. Germinating power of the linseed



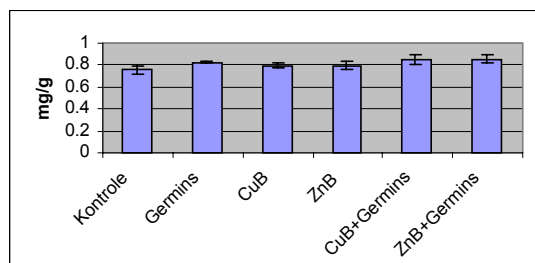
2. att. Linsēklu dīgšanas enerģija
Fig.1. Energy of linseed germination

Nosakot sēklu dīgšanas enerģiju pirmajā dienā pēc to sadīgšanas, konstatējām, ka germina ietekmē tā bija palielinājusies par 10.6 %, salīdzinot ar kontroli, bet mikroelementu ietekmē sēklu dīgšanas enerģija bija samazinājusies par 23.8 % (vara borāts) un 21.9 % (cinka borāts), salīdzinot ar kontroles variantu. Mikroelementu un germina kombinācijās vara un cinka borātu negatīvā ietekme ir mazāk izteikta (2. attēls).

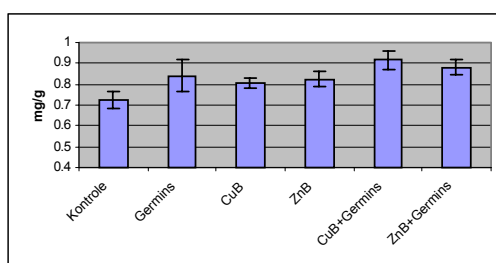
Iespējams, ka mikroelementi, saistoties membrānu aktīvajos centros [15;10], inhibējoši ietekmē membrānu transportu. Šī inhibējošā darbība neatstāj paliekošu pēcdarbību uz sēklu dīgšanu, jo jau pēc 24 stundām mikroelementu kavējošo efektu nomaina nedaudz stimulējošs. Acīmredzot turpmākajā sēklu dīgšanas procesā mikroelementi iesaistās bioķīmiskajās reakcijās, tāpēc inhibējošā ietekme izzūd.

Pēc eksperimenta rezultātiem var secināt, ka germinam, tāpat kā endogēnajiem citokinīniem, sēklu dīgšanā ir "palaišanas" funkcija.

Zaļo plastīdu pigmenti. Citu autoru darbos ir noskaidrots, ka citokinīni ne tikai stimulē sēklu dīgšanu, regulē šūnu dalīšanos, hloroplastu attīstību, fotosintēzi, rezistenci pret slimībām u.c. [12], bet arī ietekmē hlorofila biosintēzi, aizkavē tā noārdīšanos [13]. Savukārt mikroelementi varš, cinks un bors, būdami gan fermentu sastāvā, gan kā kofaktori augā notiekošajās bioķīmiskajās reakcijās [10], spēj ietekmēt metabolisma reakcijas augā.

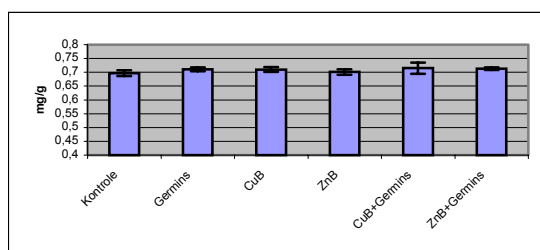


3. att. Hlorofila a daudzums līnu dīgļlapās
Fig.3. The total amount of chlorophyll a in flax cotyledons



4. att. Hlorofila b daudzums līnu dīgļlapās
Fig.4. The total amount of chlorophyll b in flax cotyledons

Mūsu eksperimentā eksogēnā germina, kā arī germina un mikroelementu kombināciju ietekmē līnu dīgstos ievērojami lielāks ir gan hlorofila a, gan hlorofila b daudzums. Arī tikai vara un cinka borātu klātbūtnē vidē ir sekmējusi hlorofilu sintēzi dīgļlapās, bet šīs atšķirības nav būtiskas (3.; 4. attēls). Karotinoīdu daudzuma izmaiņas biostimulatoru ietekmē ir samērā niecīgas un nav uzskatāmas par būtiskām (5. attēls).



5. att. Karotinoīdu daudzums līnu dīgļlapās
Fig.5. The total amount of carotenoids in flax cotyledons

Hlorofilu satura paaugstināšanās linu dīgstos netieši var liecināt par intensīvāku fotosintēzes norises iespēju [1].

Linu salmiņu un linsēklu raža. Lauka izmēģinājumos (meteoroloģiskie apstākļi nelabvēlīgi linu augšanai un attīstībai), kur sēklu pirmssējas apstrādei izmantots tikai fitohormons germins ($0,05 \text{ ml kg}^{-1}$), linu salmiņu ražas pieaugums bija 13 %, bet linsēklu raža palielinājās par 8 %, salīdzinot ar kontroli (1. tabula).

Sēklu pirmssējas apstrāde ar vara borātu (1 g kg^{-1} linsēklu) ir sekmējusi linu salmiņu ražas pieaugumu par 19 %, salīdzinot ar kontroli, bet, lietojot vara borāta un germina kombināciju ($\text{CuB } 1 \text{ g kg}^{-1}$, germins - $0,05 \text{ ml kg}^{-1}$ linsēklu), linu salmiņu ražas pieaugums ir 27 %. Linsēklu ražas pieaugumi šajos variantos ir 22 % un 34 %, salīdzinot ar kontroli (1. tabula).

Izmantojot sēklu pirmssējas apstrādei cinka borātu (1 g kg^{-1} linsēklu), linu salmiņu ražas pieaugums ir 14 %, bet, lietojot cinka borāta un germina kombināciju ($\text{ZnB } 1 \text{ g kg}^{-1}$, germins $0,05 \text{ ml kg}^{-1}$ linsēklu), linu salmiņu ražas pieaugums ir 16 %, salīdzinot ar kontroli. Linsēklu ražas pieaugums šajos variantos ir attiecīgi 6 % un 19 % (1. tabula).

1. tabula / Table 1

Biostimulatoru ietekme uz linu salmiņu un linsēklu ražu
Influence of biostimulators on the yield of flax straw and flax seed

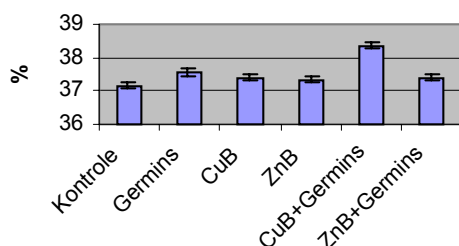
Varianti / Treatments	Salmiņu raža / Yield of flax straw		Sēklu raža / Seed yield	
	t ha^{-1}	%	t ha^{-1}	%
Kontrole / Control	5.59	100	0.65	100
Germins $0,05 \text{ ml kg}^{-1}$	6.22	113	0.7	108
$\text{CuB } 1 \text{ g kg}^{-1}$	6.67	119	0.79	122
$\text{ZnB } 1 \text{ g kg}^{-1}$	6.36	114	0.69	106
$\text{CuB } 1 \text{ g kg}^{-1} + \text{Germins } 0,05 \text{ ml kg}^{-1}$	7.08	127	0.87	134
$\text{ZnB } 1 \text{ g kg}^{-1} + \text{Germins } 0,05 \text{ ml kg}^{-1}$	6.49	116	0.77	119
	$\gamma_{0.05}=0.40$		$\gamma_{0.05}=0.03$	

Izmēģinājumu rezultātu noviržu ticamības aprēķini pierāda, ka iegūtie ražas pieaugumi visos variantos ir būtiski gan linu salmiņiem, gan linsēklām.

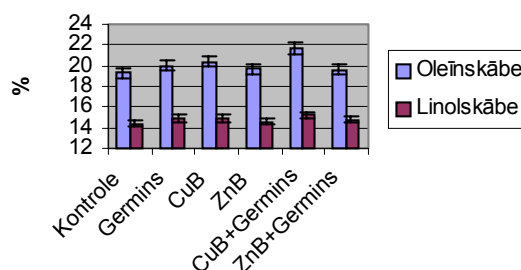
Linu salmiņu un linsēklu ražas palielināšanās mikroelementu ietekmē, iespējams, skaidrojama ar to, ka varš, bors un cinks, gan būdami daudzu fermentu sastāvā, gan kā kofaktori augos notiekošajās reducēšanās - oksidēšanās reakcijās [15; 10], ietekmē metabolisma procesu norisi un līdz ar to arī ražu.

Salīdzinoši lielāka mikroelementu ietekme uz linu ražu ir vara borāta, cinka borāta un germina kombinācijām. Acīmredzot citokinīnu dabas fitohormona regulatīvā ietekme uz gēnu ekspresiju [16; 12] intensīvāk realizējas augā notiekošajos metabolisma procesos, tajos iesaistoties mikroelementiem.

Linsēklu eļļas kvalitāte. Analizējot lauka izmēģinājumos izaudzētos linus pēc eļļas satura sēklās (6.,7. attēls), konstatējām, ka sēklu pirmssējas apstrāde ar biostimulatoriem ir sekmējusi eļļas satura pieaugumu par 0.19 % (ZnB variants) līdz 1.22 % ($\text{CuB} + \text{germins}$ variants). Izmainījies arī eļļas kvalitatīvais sastāvs: palielinājies nepiesātināto taukskābju - oleīnskābes (par 0.3 - 1.4 %) un linolskābes (par 0.2 - 0.8 %) - daudzums.



6. att. Eļļas saturs linsēklās
Fig.6. Oil content in linseed



7. att. Nepiesātināto taukskābju saturs linsēklu eļļā
Fig.7. Unsaturated fatty acids content in linseed oil

Tā kā linsēklu eļļa ir nozīmīgs pārtikas un tehnisko resursu avots un ārstniecības viela, linu audzētājiem varam ieteikt turpmāk izmantot sēklu pirmssējas apstrādei mikroorganismu metabolītu germinu, kā arī vara un cinka borātus, lai palielinātu eļļas un nepiesātināto taukskābju saturu linsēklās.

Slēdziens

Linu šķirnes 'Laura' sēklu pirmssējas apstrādes ar biostimulatoriem - mikroorganismu metabolītu germinu, vara un cinka borātiem, kā arī šo savienojumu kombinācijām - ietekme bija šāda:

- fitohormons germins sekmēja linsēklu dīgšanas enerģijas palielināšanos;
- sēklu dīgspēju eksogēnie biostimulatori būtiski neietekmēja;
- biostimulatoru ietekmē palielinājās hlorofilu daudzums dīgstos;
- linu salmiņu raža biostimulatoru ietekmē palielinājās par 13 - 27 %, salīdzinot ar kontroli, bet linsēklu raža - attiecīgi par 6 - 34 %;
- linsēklās biostimulatoru ietekmē palielinājās kopējais eļļas daudzums un nepiesātināto taukskābju (oleīnskābes un linolskābes) saturs eļļā.

Turpmāk varam ieteikt linu audzētājiem izmantot sēklu pirmssējas apstrādei mikroorganismu metabolītu germinu, kā arī mikroelementus - vara un cinka borātus.

Literatūra

1. Brenner M.L., Cheikh N. (1995) The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling /In Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, 2nd edition - Kluwer Academic Publ. - Dordrecht, Boston, London, pp. 649 - 656.
2. Davies P.J. (1995) The plant hormone concept: concentration, sensitivity and transport/ In: Plant hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, 2nd edition - Kluwer Academic Publ. - Dordrecht, Boston, London, pp. 13 - 38.
3. Freimanis P., Holms J., Jurševskis L. (1972) Augkopības praktikums. - Rīga: Zvaigzne, 21. - 27. lpp.
4. Gunston F.D. (1986) The lipid handbook, 366 p.
5. Hartmann T.H., Kester E.D., Davies T.F., Geneve L.R. (1997) Plant propagation. - Prentice Hall, 779 p.
6. Horvath D.P., Chao W.S., Anderson J.V. (2002) Molecular analysis of signals controlling dormancy and growth in underground adventitious buds of leafy spurge. J.Plant Physiol., 128, pp. 1438 - 1446.
7. Inada S., Shimmer T. (2001) Involvement of cortical microtubules in plastic extension regulated by gibberellin in *Lemna minor* root. J.Plant and Cell Physiology, 42(4), pp. 395 - 403.
8. Ivanovs S., Stramkale V. Linu audzēšanas un novākšanas tehnoloģijas.- LLU Ulbrokas zinātnes centrs, 8. - 28. lpp.
9. Jann R.C., Amen R.D. (1977) The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. - Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 120 p.
10. Marschner H. (1999) Mineral Nutrition of Higher Plants. - Academic Press, 889 p.
11. Riņķis G., Ramane H. (1898) Kā barojas augi. - Rīga: Avots, 151 lpp.
12. Schmulling T., Schafer S., Romanov G. (1997) Cytokinins as Regulators of Gene-Expression. J. Physiologia Plantarum, Vol 100, pp. 505 - 519.
13. Sundqvist C., Bjorn L.O., Virgin H.J. (1980) Factors in Chloroplast Differentiation. J. Results and Problems in Cell Differentiation, Vol 10, pp. 209 - 212.
14. Vikmane M. (2002) Laboratorijas darbi augu fizioloģijā.- LU Bioloģijas fakultāte, 85 lpp.
15. Кабате - Пендикс А., Пендикс Х. (1989) Микроэлементы в почвах и растениях. - М: Мир, с. 439.
16. Кулаева О.Х., Хохлова В.А., Фофанова Т.А. (1984) Цитокинин и абсцизовая кислота в регуляции роста и процессов внутриклеточной дифференцировки/ В: Гормональная регуляция онтогенеза растений.- М.: Наука, стр. 71 - 86.
17. Мишке И.В. (1988) Микробные фитогормоны в растениеводстве. - Рига: Зинатне, стр. 150.