

LANTANOIDIDE MÕJU SUVINISU JA HERNE BIOLOOGILISTELE PROTSESSIDELE

M. Järvan, R. Kalmet, P. Rausberg

Keemiliste ja füüsikaliste omaduste poolest on haruldastel muldmetallidel ehk lantanoididel palju sarnasust kaltsiumiga. Neil on sama suur ioniraadius kui kaltsiumi ioonil (Ca^{2+}). Lantanoidid on enamasti kolmevalentsed, nende positiivne lisa-laeng võrreldes Ca^{2+} -ga soodustab enamikul juhtudel lantanoidide poolt moodustatavate komplekside stabiilsust. Lantanoidid võivad inhibeerida paljusid Ca^{2+} -sõltuvaid ensüüme ning mõjutada Ca^{2+} -ga seotud biokeemilisi reaktsioone, sest bioloogilistes süsteemides seotakse nad vähem pöörduvalt kui Ca^{2+} (Brown jt. 1990).

Teadlased on uurinud haruldaste muldmetallide – peamiselt siiski lantaani – mõju taimedes toimuvatele bioloogilistele protsessidele. On kindlaks tehtud, et need elemendid võivad toimida mitmetes taimefüsioloogia aspektides. Membraanide stabiliseerijana on nad tavaliste kationide suhtes väga tugeva hormonaalse toimega, jäädes samal ajal raku tegevuse suhtes mittetoksiliseks (Brown jt., 1990).

La^{3+} mõju ioonide absorptsioonile on sarnane Ca^{2+} mõjuga. La^{3+} näib mitte läbi tungivat plasma membraanist. Sellest järeldatakse, et La^{3+} ja Ca^{2+} põhjustavad muutusi ioonide transpordis ilma raku tungimata (Leonard jt., 1975). Paljud autorid (Leonard jt., 1975; Guo, 1985; Wu jt., 1985; Kuang jt., 1991; Zhu jt., 1994) on oma katsetes mitmesuguste kultuuridega teinud kindlaks, et haruldased muldmetallid teatud kontsentratsioonides soodustavad P ja K omastamist juurte poolt ning nende liikumist lehtedesse. Kõrgemad kontsentratsioonid aga on mõjunud taimetoitainete omastamisele inhibeerivalt, vähendanud juurte pikkuskasvu ja maa-pealsete taimeorganite kasvu või esile kutsunud isegi lehtede kahjustusi (Leonard jt., 1975; Guo, 1985; Kastori jt., 1990; Kuang jt., 1991; Diatloff jt., 1996). Haruldaste muldmetallide nitraadilahustes leotamine on stimuleerinud seemnete tärkamist ja tõusmete kasvu (Guo, 1985; Wu jt., 1985) ning suurendanud taimede klorofüllisisaldust (Kastori jt., 1990). Mulda antud haruldased muldmetallid (kloriidide või nitraatidena) teatud kontsentratsioonides on suurendanud liblikõielistel juuremügarate arengut – suurenes nende arv taime kohta, mügara keskmine mass ja N fikseerimise aktiivsus (Wu jt., 1985). Kõrgemad kontsentratsioonid aga mõjusid neile näitajale negatiivselt. Mitmesugused taimeliigid on haruldaste muldmetallide ja nende kontsentratsioonide suhtes erineva tundlikkusega (Wu jt., 1985; Diatloff jt., 1996). Rõhutatakse, et väga tähtis on õige kasutusaeg – taimede arengu algetappidel antud haruldased muldmetallid toimivad efektiivsemalt (Guo, 1985). Lantanoide sisaldavaid väetisi kasutatakse peamiselt seemnete töötlemisel ja taimede kasvuaegsel pritsimisel.

Eesti Maaviljeluse Instituudis korraldatud mikrokatsete eesmärgiks oli esialgu selgitada, kas lantanoidid avaldavad taimedes toimuvatele protsessidele mingit mõju ning millises piirkonnas võiks olla toimivad kontsentratsioonid. Nappide kirjandusallikate põhjal ei ole optimaalsete kasutuskontsentratsioonide osas võimalik selgust saada. Paljudes Hiina artiklites ei ole metoodikat, sh. lantanoidide kasutuskontsentratsioone avalikustatud, piirdatakse üksnes tulemuste konstateerimisega.

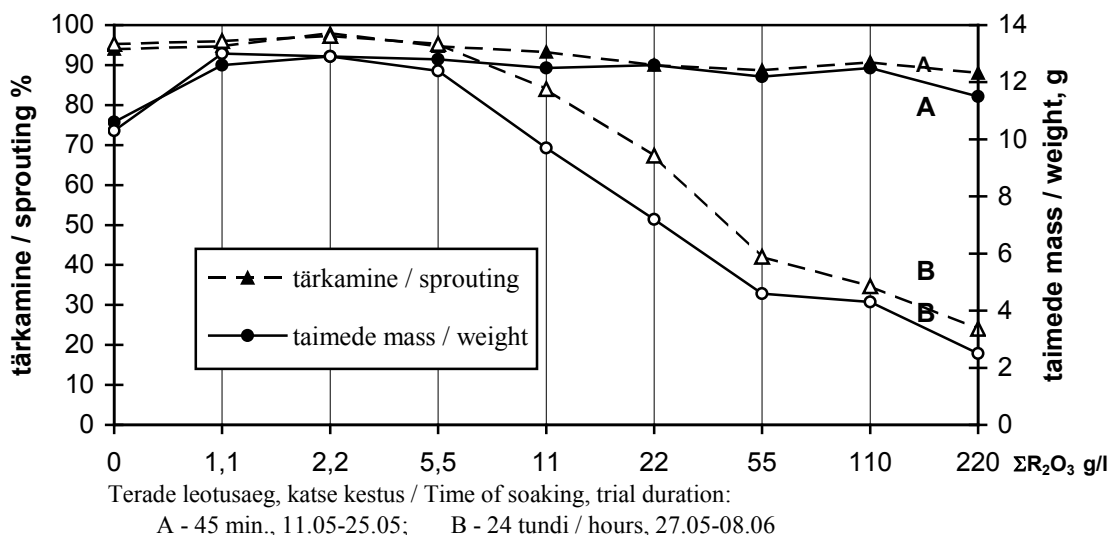
Materjal ja meetodika

Katsete läbiviimiseks kasutati AS Silmeti tootmisprotsessis tekkivat haruldaste muldmetallide nitraatide kõrgekonsentratsioonilist lahust, mis sisaldas ühe liitri kohta 221 g $\Sigma\text{R}_2\text{O}_3$ ning mille tihedus oli 1,362 g/cm³. Muldmetallide oksiididest moodustasid La 90,5%, Ce 4,0%, Pr 3,7%, Sm 0,1%. Vastavalt katsevariantidele lahjendati lähtelahus veega teatud kontsentratsioonideni vahetult enne katsete rajamist. Kontrollvariandiks oli vesi. Katsete esimeses järgus kasutati ka provokatsiooniliselt kõrgeid kontsentratsioone. Üldse katsetati 11 erineva kontsentratsiooniga lahust, milles $\Sigma\text{R}_2\text{O}_3$ -sisaldus oli 220 kuni 0,1 g/l. Liikudes kõrgetelt kontsentratsioonidelt järk-järgult madalamate suunas, püüti välja selgitada efektiivselt toimivate kontsentratsioonide suurusjärg, selleks et edaspidi korraldada katseid sellele lähedases piirkonnas. Katsevariantidele vastavates lahustes leotati suvinisu 'Satu' ja herne 'Carneval' seemneid. Nisu puhul olid leotusajad ja katsete toimumise ajad järgmised: katse A – 45 min., 11.05–25.05; katse B – 24 tundi, 27.05–08.06; katse C – 21 tundi, 11.06–22.06; katse D – 12 tundi, 18.09–05.10; katse E – 24 tundi, 18.09–05.10. Herne puhul olid leotusajad ja katseajad järgmised: katse A – 3,5 tundi, 4.05–22.05; katse B – 4 tundi, 25.05–18.06. Nisul oli katsenõu kohta 50 tera, hernel 15 ja 20 tera; vajalik arv seemneid loeti valmis enne lahustesse panekut. Leotatud seemned nõrutati ning pikiti pintsettidega katsenõudesse niiskele turvassubstraadile (pH_{KCl} 5,9, toitainesisaldus mõõdukas). Külvid kaeti sõelutud liivaga. Katsed nisuga olid 3 korduses ja hernega 4 korduses.

Määrati nisu ja herne tärkamine, taimede mass. Taimede kuivaines määrati lämmastiku-, fosfori- ja kaaliumisisaldus, osas katsematerjalist ka lantaanisaldus. Herne katses B määrati mineraalainete sisaldus ka juurtes.

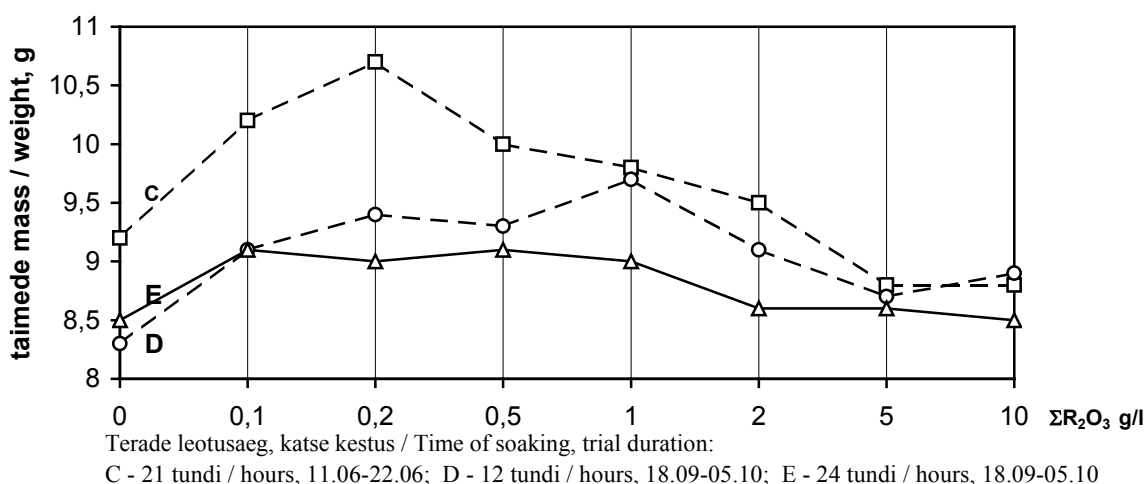
Katsetulemused ja arutelu

Lantanoidide mõju suvinisu tärkamisele ja noorte taimede kasvule olenes terade leotamise ajast ja lahuse kontsentratsioonist. Terade lühiajaline (45 min.) leotamine (katse A) mõõduka kontsentratsiooniga (ΣR_2O_3 1,1...11 g/l) lahustes ei mõjutanud tärkamist, kõrgemate kontsentratsioonide puhul hakkas tärkamine veidi halvenema (joonis 1). Lantanoidide mõõduka kuni kõrge kontsentratsiooniga (ΣR_2O_3 1,1...110 g/l) lahustes leotatud teradest kasvanud nisutaimede mass oli 17,9...21,7% suurem kui veega leotamise puhul. Nisuterade 24-tunnine leotamine (katse B) mõõduka kontsentratsiooniga (ΣR_2O_3 1,1...5,5 g/l) lantanoidilahustes ei mõjutanud tärkamist, kuid suurendas noorte taimede massi 20,4...26,2%. Lahused kontsentratsiooniga $>5,5$ g/l ΣR_2O_3 mõjusid nisule toksiliselt – tärkamine pidurdus ning taimede mass vähenes järsult.



Joonis 1. Lantanoidide mõõdukate kuni kõrgete kontsentratsioonide mõju suvinisu 'Satu'
Figure 1. Effect of medium and high concentrations of rare earths on spring wheat

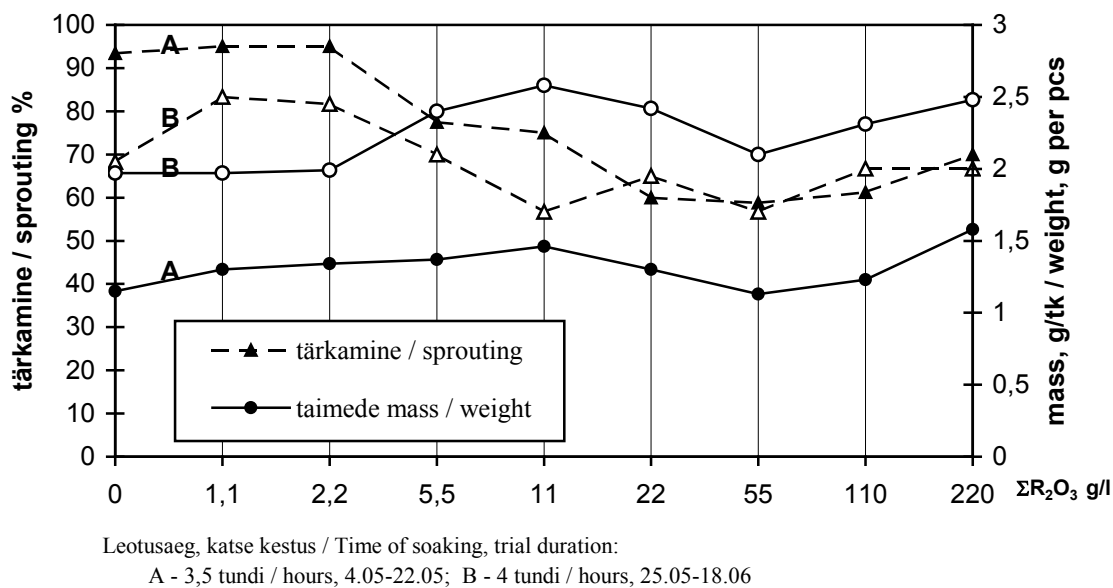
Nisuterade leotamisel madala kuni mõõduka kontsentratsiooniga lantanoidide lahustes (katsed C, D, E – joonis 2) mõjusid noorte taimede kasvule kõige efektiivsemalt lahused, milles ΣR_2O_3 -sisaldus oli 0,1...0,5 g/l. Selliste kontsentratsioonide toimel suurenes terade 21-tunnise leotamise korral noorte taimede mass juunis tehtud katses 8,7...16,3% ning 24-tunnise leotamise korral (septembris-oktoobris) 5,9...7,1%. Tõenäoliselt mõjutas nende kahe katse tulemusi ka erinev päeva pikkus, mis katse C puhul oli keskmiselt 18,5 tundi ja katse E puhul 11,5 tundi. Valgusvaesel ajal (septembris-oktoobris) andis paremaid tulemusi nisuterade lühemaajaline leotamine (12 tundi, katse D), siis suurenes taimede mass lantanoidide (ΣR_2O_3 0,2...1 g/l) toimel 13,3...16,9%.



Joonis 2. Lantanoidide madalate kuni mõõdukate kontsentratsioonide mõju suvinisu 'Satu'
Figure 2. Effect of low and medium concentrations of rare earths on spring wheat

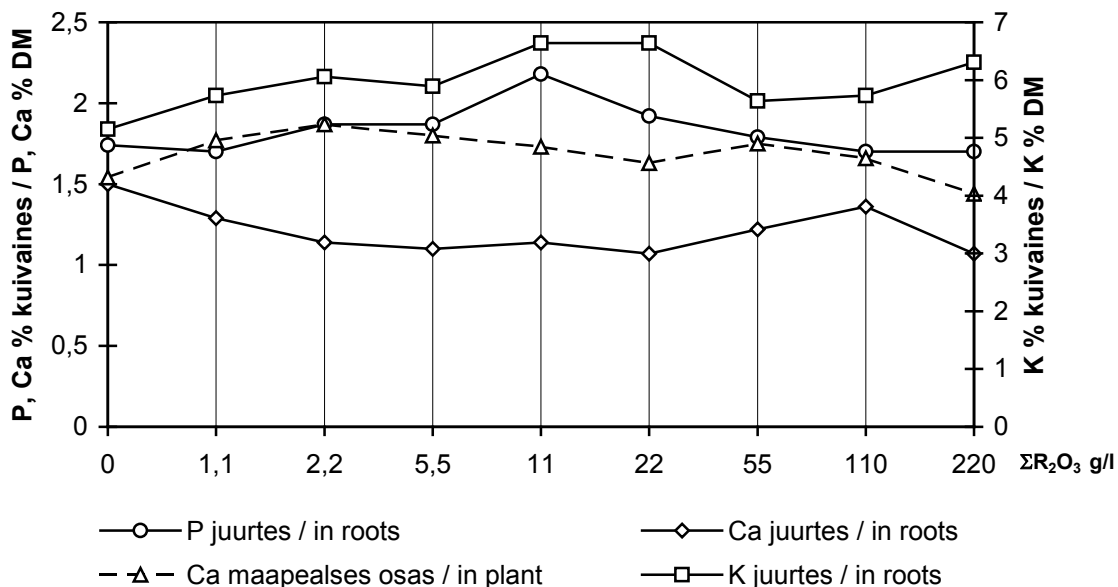
Herneseemnete leotamiseks kasutati käesolevas uurimuses mõõduka kuni kõrge kontsentratsiooniga lantanoidilahuseid. Katses A ei mõjutanud kontsentratsioonid 1,1 ja 2,2 g/l ΣR_2O_3 herne tärkamist, katses B aga suurendasid seda 22,0 ja 19,6% (joonis 3). Kontsentratsioonid $>2,2$ g/l ΣR_2O_3 vähendasid herne tärkamist

oluliselt. Hernetaime keskmine mass suurenes katses A kontsentratsioonide 1,1...22 g/l ΣR_2O_3 piirkonnas 13,0...27,0% ja katses B kontsentratsioonide 5,5...22 g/l ΣR_2O_3 piirkonnas 21,8...31,0%. Hernetaimede massi suurenemine ülikõrgete lantanoidikontsentratsioonide (ΣR_2O_3 110 ja 220 g/l) variantides on tõenäoliselt seletatav omamoodi kaitsereaktsiooniga. Nendes lahustes herved ei paisunud, s.t. toksilise kontsentratsiooniga lahus ei pääsenud seemnetesse. Tõenäoliselt avaldas aga positiivset toimet seemnete pinnale jäänud lantanoidikogus.



Joonis 3. Lantanoidide mõju hernele 'Carneval'
Figure 3. Effect of rare earths on pea

Herne (katse B) maapealse osa ja pestud juurte kuivmaterjali analüüsimisel selgus, et lantanoidide kõik kontsentratsioonid, välja arvatud maksimumkontsentratsioon 220 g/l ΣR_2O_3 , suurendasid kaltsiumisisaldust herne maapealses osas ja vähendasid seda juurtes (joonis 4). Lantanoidide kontsentratsioonid, mis olid efektiivsed hernetaimede kasvu seisukohalt (5,5...22 g/l ΣR_2O_3), suurendasid juurtes fosforisisaldust 7,5...25,3% ja kaaliumisisaldust 14,4...28,9%. Lantaanisaldus hernetaimede kuivaines oli 105...128 mg/kg.



Joonis 4. Lantanoidide mõju mineraalainete sisaldusele herne taimedes ja juurtes
Figure 4. Effect of rare earths on the mineral content in pea plants and roots

Katsete tulemustest järeldub, et lantanoidide kasutamisega on võimalik mõjutada taimede bioloogilisi protsesse ja produktiivsust. Ligilähedaselt selgitati välja ka lantanoidide efektiivsed kasutuskontsentratsioonid, millelega edaspidi jätkatakse katseid.

Kirjandus

- Brown P. H., Rathjen A. H., Graham R. D., Tribe D. E. Rare Earth Elements in Biological Systems. – In: Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Vol. 13 (K. A. Gschneider Jr. and L. Eyring, eds.), p. 423...452, 1990.
- Diatloff E., Asher C. J., Smith F. W. Rare earth elements and plant growth. Proceedings 8th Australian Agron. Conference, Queensland, 1996, p. 203...206.
- Guo Baisheng. Present and future situation of rare earth research in Chinese agronomy. – In: New frontiers in rare earth science and application (Xu Guangxian and Xiao Jimei, eds.), p. 1522...1526, 1985.
- Kastori R., Bai B. Z., Petrovic N. Effects of elements from scandium and lanthanid groups on some morphological and physiological characters of young soybean plants. - *Agrochimica*, 1990, 34: 5/6, 467...474.
- Kuang Y. H., Liu Q. Y., Zheng Y. M., Deng Z. H., Xu S. J. Absorption and distribution of rare earth elements in sugarcane (*Saccharum officinarum L.*) and their effects on absorption of phosphorus and potassium. - *Acta Agric. Nucleatae Sinica*, 1991, 5: 3, 146...152.
- Leonard R. T., Nagahashi G., Thomson W. W. Effect of Lanthanum on Ion Absorption in Corn Roots. - *Plant Physiol.*, 1975 (55), 542...546.
- Zhu Y. Y., Chen J. J., Yang J. C., Liu X. L., Liu L. H. Effects of rare earth with high La on the uptake of N and P by spring wheat and its yield. – *Acta Agric. Nucleatae Sinica*, 1994, 8: 1, 41...45.
- Wu Z. M., Li J. G., Xu J., Xin S. Y. The effect of rare earth elements on nodulation and nitrogen fixation of soybean plants. – In: New frontiers in rare earth science and application (Xu Guangxian and Xiao Jimei, eds.), p. 1515...1517, 1985.

Effect of Rare Earths on Biological Processes of Spring Wheat and Pea

M. Järvan, R. Kalmet, P. Rausberg

Summary

Effect of rare earths on sprouting, growth of young plants and nutrient elements content of spring wheat and pea in pot trials were investigated. 11 different concentrations of rare earth elements (ΣR_2O_3 0.1...220 g/l) were tested by seed soaking. Different times of soaking were used.

The effect of rare earths on biological processes depended from concentration of soaking solution and time of soaking. By long-time (21 and 24 hours) soaking in solutions with rare earths (ΣR_2O_3 0.1...2.2 g/l) the weight of wheat plants increased by 8.7...26.2%. If rare earths were used in higher concentration than 5.5 g/l ΣR_2O_3 the sprouting of wheat essentially decreased.

Seed soaking in rare earths solutions (ΣR_2O_3 5.5...22 g/l) for 4 hours increased the weight of pea plant by 21.8...31.0%. The use of rare earths increased the P, K and Ca content in pea roots, and decreased the Ca content in young pea plants.