

DĀRZKOPIĒBA

ATŠKIRĪGU BARĪBAS ŠĶĪDUMA PH RĀDĪTĀJU IETEKME UZ KULTŪRAUGU AUGŠANU

THE IMPACT OF DIFFERENT pH OF NUTRIENT SOLUTION ON PLANT GROWTH

Ina Alsina, Santa Belkus, Raivis Blumfelds, Daiga Sergejeva
Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte
Ina.Alsina@llu.lv

Abstract. Plant growth and development are significantly affected by soil reaction. The optimal pH differs for different plants, but for most of them it is pH 6-7. The concentration of hydrogen ions in nutrient solution affects mineral salts solubility, mineral elements uptake and physiological processes in the plants. Changes in the pH level of cell influence physical and chemical properties of protoplasm, the ability to link mineral elements, stability of proteins, activity of enzymes etc. Plants can partially adjust to the pH level of nutrient solution and avoid harmful pH changes. The aim of experiments was to clarify plant ability to adjust to pH level of nutrient solution and how the maintenance of pH influenced plant growth. Experiments were carried out in the polycarbonate greenhouse of the Institute of Soil and Plant Sciences in the frame of Master programme study course Plant Ecophysiology. Sprouted seeds of rye (*Secale cereale* L.), peas (*Pisum sativum* L.), field beans (*Vicia faba* L.) and maize (*Zea mays* L.) were placed on a sieve fixed on 0.5L jars containing water with pH 3, 4, 5, 6, 7, 8 or 9. The pH in the solution in each jar was determined once a week. After two weeks of cultivation plants were fertilized with Yara Kristalon NPK+Mg (18+18+18+3) when the concentration of solution was 1%. If necessary, the solution in the jar was supplemented with water, pH of which corresponded to the reaction of solution of that time. At the end of the experiment fresh and dry mass of roots, above part of plants and chlorophyll content were determined. The experiments showed that if pH value in solutions was 3, plants were not able to adjust to it and their growth was significantly delayed. Other pH values in solutions influenced plants. Maize and rye adjusted to it if pH was close to 7. Legumes had two adjusted pH values: beans 6.1 or 4.5, peas 6.8 or 4.6. The largest plant mass was obtained if solutions' pH value was 7 for field beans, 6.3 for peas, 5.7 for maize and 6.8 for rye. Content of chlorophyll was a less sensitive parameter, the significant decrease of chlorophylls content was detected in grain leaves at solutions' pH $\geq$ 8.0.

Key words: maize, field beans, rye, peas, chlorophyll.

Ievads

Augu augšanu un attīstību būtiski ietekmē barības šķīduma pH vērtība. Dažādu augu attieksme pret vides reakciju augsnei un barības vielu šķīdumā ir atšķirīga, tomēr vairumam kultūraugu optimālais pH ir 6–7. Ūdeņraža jonu koncentrācijai barības šķīdumā ir sarežģīta ietekme ne tikai uz minerālvielu šķīdību, minerālelementu uzņemšanu, bet arī uz citiem auga fizioloģiskajiem procesiem. Izmainoties pH vērtībai šūnā, mainās protoplazmas fizikāli ķīmiskās īpašības, spēja saistīt minerālelementus, olbaltumvielu stabilitāte, fermentu darbība utt. Barības šķīduma pH auga šūnas spēj daļēji regulēt, tādējādi novēršot kaitīgās pH izmaiņas arī pašā augā (Nye, 1981; Deska *et al.*, 2011, Mandić *et al.*, 2011).

Amerikā, kur kukurūzu audzē lielās platībās, ieteicamā augsnes reakcija ir no pH 5.8 līdz 6.8, savukārt Čīlē 2015. gadā veiktā pētījumā konstatēts, ka kukurūzas ražu negatīvi ietekmē zema vai pārāk augsta augsnes reakcija, līdz ar to dažādu mikroelementu pieejamība augsnei samazinās. Augsnes reakcija un cinka saturs augsnei ir svarīgi mainīgie lielumi, kas ietekmē kukurūzas ražu (Najera *et al.*, 2015). Literatūrā tiek norādīts, ka kukurūzai optimālais pH ir no 6.0 līdz 6.5, un, ja pH vērtība ir augstāka, tad ražība samazinās (Mallarino, Sawyer, 2011).

Lauka pupām pēc A. Kārklīņa un A. Ružas ieteikumiem augsnes reakcijai jābūt virs pH KCl 6.5 (Lauku kultūraugu..., 2013). Literatūrā minēts, ka lauka pupu audzēšanai augsnes reakcija var būt no pH 6.5 līdz pat 9.0 (Jensen *et al.*, 2010). Kritiskā augsnes reakcijas vērtība tiek minēta

pH 4.0, pie kuras samazinās galveno jonu asimilācija un saknes pārstāj augt (Yan *et al.*, 1992). Pastiprināti skābās augsnes tiek gandrīz pilnībā ierobežota simbioze ar baktērijām un nenotiek slāpekļa fiksācija, kas raksturīga pākšaugiem (Balodis, 2016). Austrālijā minēts, ka ir jāizvairās no pupu sēšanas augsnēs, kur pH vērtība ir zemāka par 5.2, bet Amerikā Masačūsetsas Universitāte norāda, ka zemākā augsnes reakcijas vērtība ir 5.6. Šāda tipa augsnēm ir jāpārbauda alumīnija un mangāna līmenis, kā arī jāveic kaļķošana. 2015. gada rokasgrāmatā par lauka pupu audzēšanu Jaunanglijā, Amerikā, minēts, ka optimālais pH ir no 6.0 līdz 6.5 (Matthews, Marcellos, 2003).

Līdzīga augsnes reakcija kā lauka pupām ir arī zirņiem, jo tie ir pākšaugi, taču arī saistībā ar zirņiem literatūrā minētas dažādas pH vērtības, piemēram, par optimālo tiek atzīta augsnes reakcija no pH 6.0 līdz 6.8 un, ja pH ir zem 6.0, tad ieteicama kaļķošana. Savukārt Makdoels un Mahlers 1987. gadā Idaho (ASV) kā minimālo augsnes reakciju min pH 5.5. Vienlaikus citi zinātnieki – Mengels un Kirkbijs – par zirņiem produktīvi optimālo pH vērtību atzīst amplitūdu no 5.3 līdz 7.4 (citēts pēc Gordana *et al.*, 2007).

Rudziem piemērotas ir augsnes ar vāji skābu reakciju, kur $\text{pH} \geq 5.5$ –6.5, bet norādīts, ka rudzi var augt un attīstīties vietās, kur pH ir no 4.5 līdz 8.0¹, kas veido lielu amplitūdu. Rudzi ir daudz izturīgāki pret nelabvēlīgiem augšanas apstākļiem, salīdzinot ar citiem graudaugiem. Tie spēj būt ražīgāki smilšainās, skābās vai slikti sastrādātās augsnēs. Lai iegūtu augstas ražas, ieteicams rudzus sēt labi sagatavotās augsnēs, kur pH vērtība ir no 5.6 līdz 5.8 un augstāka (Oelke *et al.*, 1990).

Augi ar saviem sakņu izdalījumiem apkārtējā vidē izdala organiskās skābes un vielas ar hormonālo aktivitāti. Organisko skābju kvalitatīvais un kvantitatīvais saturs dažādām augu grupām atšķiras (Nardi *et al.*, 2000).

Pētījuma mērķis bija skaidrot, kā izmainās barības šķīduma pH augu veģetatīvās attīstības laikā un kā nepieciešamā pH uzturēšana ietekmē augu augšanu.

Materiāli un metodes

Pētījums uzsākts 2018. gada 14. septembrī Latvijas Lauksaimniecības universitātes Augsnes un augu zinātņu institūtā maģistratūras studiju kursa „Augu ekofizioloģija” ietvaros. Izmantotas rudzu (*Secale cereale* L.), zirņu (*Pisum sativum* L.), lauka pupu (*Vicia faba* L.), kukurūzas (*Zea mays* L.) sēklas, kuras ielika mitrās „Petri” platēs, lai tās uzbriestu un sadīgtu. Vienāda tilpuma (0.5 l) stikla traukos ar attiecīgo pH reakciju ieliets destilēts ūdens, izveidojot septiņus stikla traukus, kuros pH līmenis ir robežās no 3.0 līdz 9.0 pH. Šķīdumu pH nodrošināts, izmantojot 1M KOH vai 1M HCl šķīdumu. Pētījumā savstarpēji tiek analizēti divi faktori: A – kultūraugi (rudzi, zirņi, lauka pupas, kukurūza un kontrole bez auga); B – šķīduma pH reakcija.

Mērījumi veikti vienu reizi nedēļā – laika posmā no 17. septembra līdz 12. oktobrim. Stikla trauki nomarkēti ar attiecīgo pH reakciju, kurš tajās iepildīts. Uz trauka uzlikts siets un sadīgušās kultūraugu sēklas tā, lai dīglsakne iegrimtu ūdenī ar attiecīgo pH līmeni.

28. septembrī veikta mēslošana ar „Yara Kristalon NPK+Mg” (18+18+18+3+micro), kur veidots uzlējums katrai burciņai, lai mēslojuma koncentrācija veidotu 1%.

Ik pēc nedēļas ar pH-metru „Denver Instrument Basic” katram kultūraugam noteikta pH reakcija un piefiksētas tā izmaiņas, kā arī kultūraugu attīstība.

Eksperimentu noslēdzot, noteikta augu virszemes un sakņu svaigā masa un garums, sausne un hlorofila saturs lapās. Iegūtie dati matemātiski apstrādāti, izmantojot divfaktoru dispersijas analīzi.

Rezultāti un diskusijas

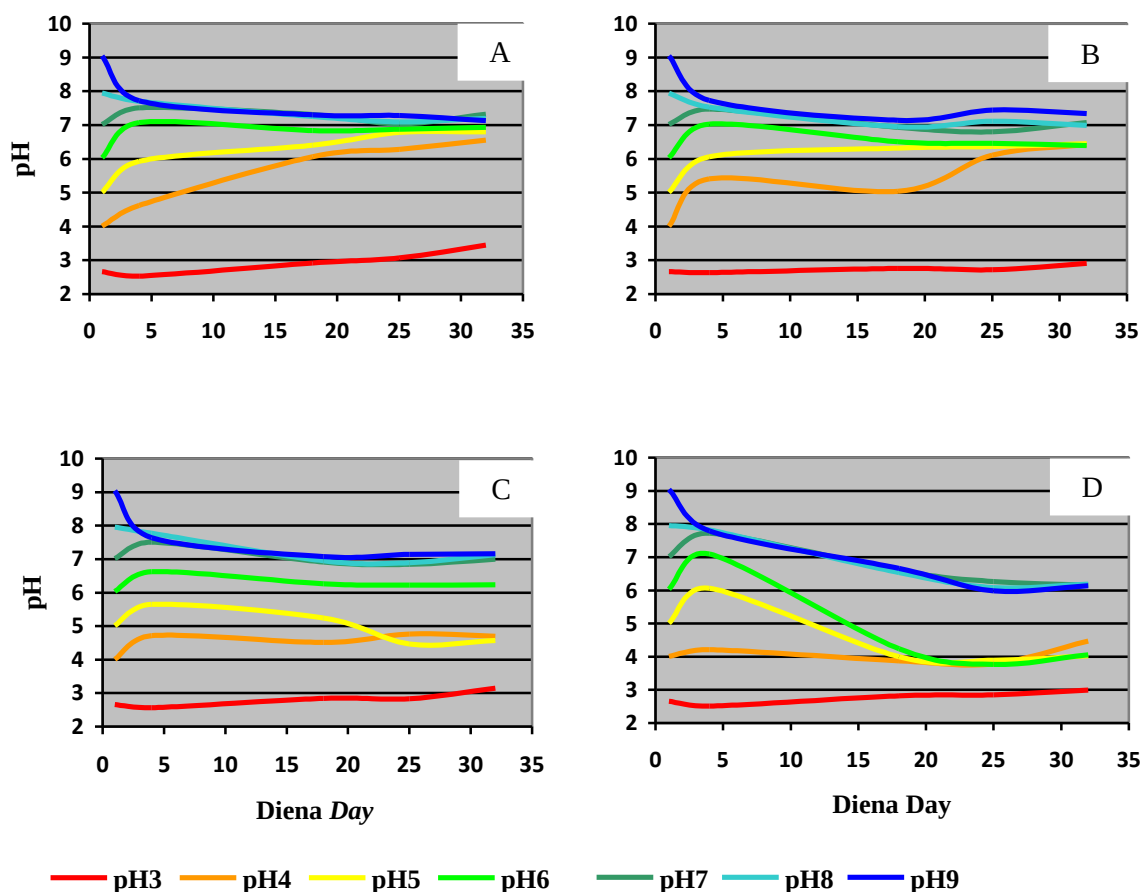
Šķīduma pH ietekmē gan sēklu dīgšanu, gan augu augšanu agrīnajās attīstības fāzēs. Zems pH līmenis var stimulēt atsevišķu augu sēklu dīgšanu un augšanu, jo veicina amilolītisko fermentu aktivitāti (Deska *et al.*, 2011).

Saskaņā ar literatūras avotos pieejamo informāciju kukurūzai optimālais pH ir robežās no 5.8 līdz 6.8, kas novērojams arī pētījumā, kur kukurūza mēģina pielāgot pH uz 6.9 (vidēji). Novērojams, ka gadījumā, ja barības šķīduma pH ir 3.0, 4.0 un 5.0, tas kukurūzai palielinās, turpretī pH 6.0 un 7.0 sākotnēji palielinās un tad pazeminās (skat. 1. att.). Piemēram, situācijās, kur pH sākotnējā vērtība bija 6.0, otrajā mērījumu reizē (21.09.) tā palielinājās līdz 7.0, trešajā

¹ Winter Rye (*Secale cereale*). Albert Lea Seed. [Tiešsaiste][skatīts 20.12.2018]. Pieejams: <http://www.alseed.com/UserFiles/Documents/Product%20Info%20Sheets-PDF/Basics%20Winter%20Rye-2010.pdf>

mērījumu reizē (05.10.) samazinājās līdz 6.5, savukārt ceturtajā novērojumu reizē (12.10.) vēl saruka līdz 6.5.

Lauka pupām pH reakcija, pamatojoties uz literatūras avotos lasāmo informāciju, vēlama augstāka par pH 5.6, taču pētījumā konstatēts, ka trešajā un ceturtajā novērojumu reizē pH vērtības samazinās neatkarīgi no tā, ka ir sasniegts lauka pupām raksturīgais pH līmenis (skat. 1. att.). Otrajā novērojuma reizē laboratorijas stikla traukos, kur pH vērtības sākotnēji bija 4.0, 5.0, 6.0 un 7.0, lauka pupas reakciju mēģināja normalizēt, bet pēc trešajā mērījuma visas vērtības samazinās, piemēram, traukā, kur sākotnēji pH bija 6.0, (21.09), pH vērtība ir palielinājusies līdz 7.1, bet trešajā novērojuma reizē (05.10.) pH vērtība ir sarukusi līdz 4.2, kas ir zemāka par lauka pupām literatūrā norādīto nepieciešamo pH reakciju (Kārklīšs, Ruža, 2013).



1. att. Barības šķīduma pH reakcijas izmaiņas augu agrīnās veģetācijas laikā: A – rudzi, B – kukurūza, C – zirņi, D – lauka pupas.

Fig. 1. Changes in solutions' pH during plant vegetation: A – rye, B – maize, C – peas, D – field beans.

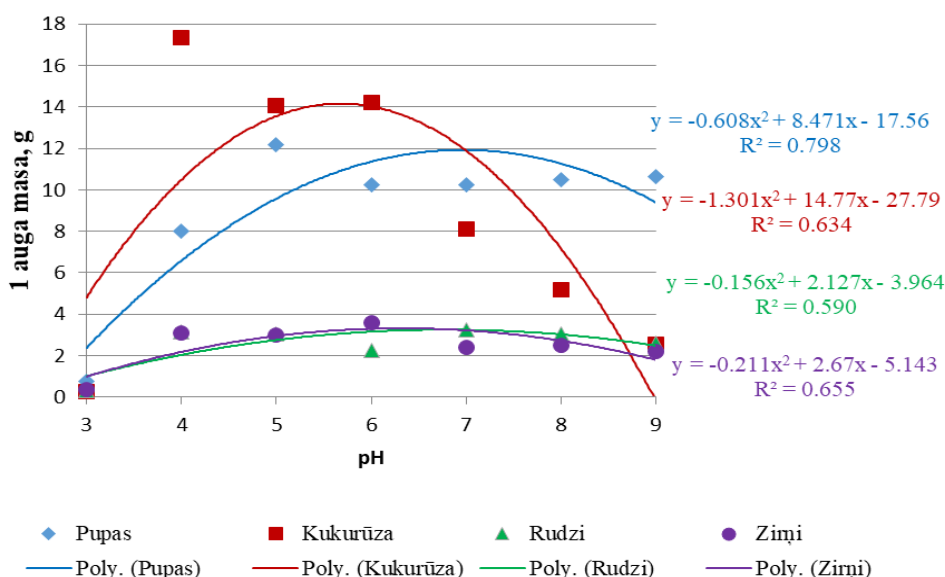
Zirņi ir vienīgais kultūraugs, kam nav novērojama tendence pielāgot pH reakciju pētījuma laika posmā. Traukos, kur sākotnējais pH bija 6.0, novērojams, ka tā vērtība visu pētījuma laiku ir tuva pH 6.0. Otrajā mērījumu veikšanas reizē pH reakcija palielinājās līdz 6.6, bet pēc tam (05.10.) samazinājās līdz 6.3, savukārt 12.10. – 6.2. Līdzīgi kā lauka pupām, arī zirņi pie sākotnējā pH 4.0 un 5.0 otrajā reizē (21.09.) palielina reakciju, bet pēc tam samazina, lai gan nav sasniegta optimālā vērtība, kas zirņiem ir 6.0 līdz 6.8 (Gordana *et al.*, 2007).

Rudzi mēģināja optimizēt sev nepieciešamo pH jau pēc septiņām dienām – tika novērots, ka pH vērtības mainās. Traukos, kur sākotnējais pH bija 7.0, 8.0 un 9.0, tas uzreiz pielāgojās rudziem nepieciešamajā vērtībā – pH 7.2 līdz 7.5 (vidēji). Traukos, kur bija pH 4.0, 5.0 un 6.0, novērots, ka rudzi paaugstina vērtību un mēģina optimizēt pH virs 6. Pēdējās divās novērojumu dienās (05.10. un 12.10.) traukos, kur sākotnējā pH vērtība bija 4.0, rudzi pielāgoja līdz pH 6.0 un vairāk (skat.

1A. att.). Pie sākotnējās vērtības pH 3.0 rudzi spēja pielāgot līdz pH 3.4, kas bija augstākais mērījums. Rudzi var augt un attīstīties plašā pH amplitūdā, no 4.0 līdz 9.0, ko apliecina arī literatūrā minētie dati (Oelke *et al.*, 1990).

Interesanti, ka abām eksperimentos izmantotajām tauriņziežu sugām raksturīgas divas atšķirīgas pH vērtības, uz kurām augi cenšas optimizēt barības šķīdumu. Šo faktu varētu skaidrot ar atšķirīgajiem mehānismiem augu adaptācijai.

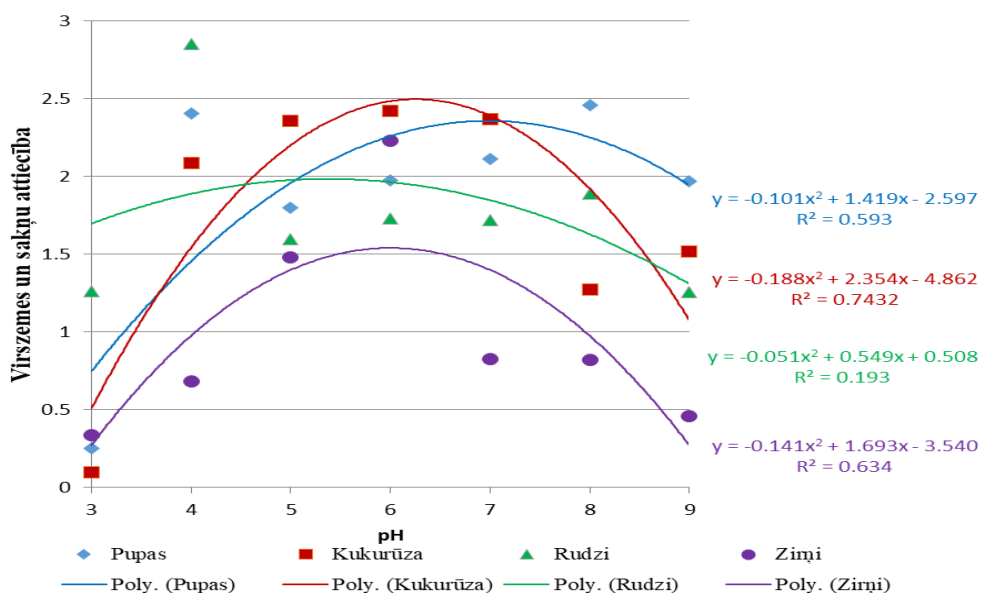
Katram kultūraugam auga masas maksimums sasniegts pie dažādām šķīduma pH vērtībām, kas apstiprina kultūraugu dažādo pH vajadzību (skat. 2. att.). Kukurūzas augu masa vislielākā ir pie pH 5.8, kas gandrīz atbilst kukurūzas optimālajām pH vērtībām 5.8 līdz 6.8, kā tas norādīts literatūras avotos – tādējādi ir sasniegta nepieciešamības zemākā robeža. Lauka pupām eksperimenta laikā maksimālā auga masa sasniegta pie pH 6.9 – literatūrā rekomendētās robežas ir no 6.5 līdz 9.0. Rudziem izmēģinājumā vislielākā masa tiek sasniegta, šķīduma pH vērtībai tuvojoties 6.8, taču, kā jau aprakstīts iepriekš, rudzu augšanai piemērota salīdzinoši liela augsnas skābuma amplitūda. Salīdzinājumā ar pupām un kukurūzu masas izmaiņas ir mazākas, mainoties pH. Zirņi, līdzīgi kā rudzi, eksperimenta laikā ir parādījuši salīdzinoši mazāku pH vērtības ietekmi uz auga masu, maksimumu sasniedzot pie pH 6.8, kas gan novērots divos traukos, kuros sākotnēji bijuši šķīdumi ar pH 4.0 un 7.0. Kukurūza bijusi visjutīgākā attiecībā uz auga masas izmaiņām atkarībā no pH.



2. att. Augu masa atkarībā no sākotnējās pH vērtības barības šķīdumā.

Fig. 2. Mass of plants grown in solutions with different pH.

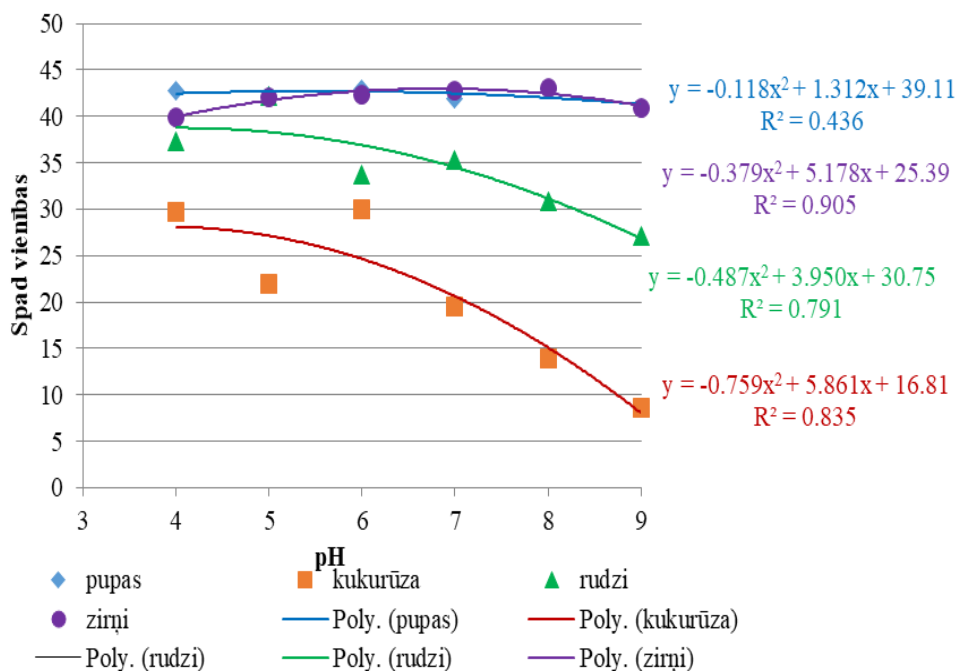
Kultūraugu virszemes masas un sakņu attiecībai ir tendence būt nelielai pie ļoti skābām reakcijām un samazināties, tuvojoties bāziskākiem šķīdumiem (3. att.). Jūtīgāk uz pH izmaiņām reaģē kukurūza un zirņi, tikai nedaudz tolerantākas ir pupas, taču vismazāk virszemes un sakņu masas izmaiņas atkarībā no šķīduma pH konstatētas rudziem. Rudziem arī dzīve attiecību maksimālā vērtība sasniegta nedaudz skābākā šķīdumā, proti, virs pH 5.0 (5.4). Zirņiem un kukurūzai augstākās vērtības ir attiecīgi 6.0 un 6.3, bet pupām vērtības maksimums sasniegts pie sārmaināka šķīduma – pH 7.3. Kukurūza bijusi visjutīgākā attiecībā uz auga masas izmaiņām atkarībā no pH.



3. att. Pētījumā aplūkoto augu virszemes un sakņu attiecība atkarībā no sākotnējās pH vērtības šķīdumā.

Fig. 3. Ratio between shoot and root mass of plants grown in solutions with different pH.

Hlorofila mērījumu dati (skat. 4. att.), kas veikti pētījumā iekļauto augu lapām, atspoguļo faktu, ka kukurūzai un rudziem vērtības salīdzinoši strauji pazeminājušās, palielinoties šķīduma pH. Zirņiem un pupām hlorofila saturs lapās ir bijis izlīdzinātāks visa pH spektra ietvaros. Visiem augiem hlorofila vērtību maksimumi sasniegti robežās no pH 5.0 līdz 7.0.



4. att. Hlorofila saturs augu lapās atkarībā no sākotnējās pH vērtības šķīdumā.

Fig. 4. Chlorophyll content in leaves of plants grown in solutions with different pH.

1. tabula Table 1

Barības šķīduma pH vērtība eksperimenta noslēgumā, kur aprēķināta lielākā augu masa, ūdens un hlorofila saturs

pH values of nutrient solutions at the end of the experiment where highest plant mass, water and chlorophyll content were observed

Augs / Plant	Šķīduma pH eksperimenta beigās / Nutrients solutions pH at the end of experiment		Lielākā augu masa / Highest plant mass	Lielākā virszemes un sakņu attiecība / Highest shoot root ratio	Lielākais ūdens saturs augā / Highest water content in plant	Augstākais hlorofila saturs / Highest chlorophyll content
Pupas / Beans	6.11	4.54	6.96	7.34*	6.15	5.52
Zirņi / Peas	6.78	4.62	6.32	6.00	6.69	6.82
Kukurūza / Maize	6.71		5.68	6.25	6.91	6.68
Rudzi / Rye	6.89		6.78**	5.36	7.09	5.08

* 2 maksimumi pie pH 4 un pH 8.

** 2 maksimumi pie pH 4 un pH 7.

Tabulas un attēlu dati atspoguļo faktu, ka augu maksimālās raksturvērtības, kā augu masa, virszemes un sakņu attiecība, ūdens saturs, kā arī augstākais hlorofila saturs augā, tiek sasniegtas pētījumos pierādīto pH vērtību robežās. Lai arī pētījuma ietvaros konstatēts, ka augi ir spējīgi mainīt šķīduma pH, panākot iespējami tuvu šķīduma reakciju, lai augs spētu normalizēt augšanas procesus, ir skaidrs, ka tam nepieciešami resursi. Iepriekš minētie auga kvalitatīvo un kvantitatīvo īpašību rādītāji liecina, ka ārpus optimālā pH tie sarūk, kaut arī pH reakciju augs tajā pašā laikā pielāgo. Tas norāda, ka nepieciešamās barības vielas netiek lietotas auga augšanai, bet gan šķīduma pH normalizēšanai.

Secinājumi

Ja šķīduma pH ir 3.0, tad augi nespēj šo pH izmainīt. Būtiski samazinās augu augšana un masa.

Lielākās augu masas konstatētas, ja barības šķīdumu pH atrodas robežās no 5.7 (rudzi) līdz 7.0 (pupas).

Šķīduma pH paaugstināšanās virs 8.0 samazina hlorofila saturu augos.

Graudaugiem un tauriņziežiem varētu būt atšķirīgi metabolisma ceļi adaptācijai, par ko liecina atšķirīgās barības šķīdumu pH vērtības, eksperimentu noslēdzot.

Izmantotā literatūra

- Balodis R. (2016). Šķirnes, izsējas normas un fungicīda ietekme uz lauka pupu (*Vicia faba* L.) ražu: zinātniskais darbs maģistra grāda ieguvei. Latvijas Lauksaimniecības universitātes Agrobiotehnoloģijas institūts. Jelgava. 48 lpp.
- Deska J., Jankowski K., Bombik A., Jankowska J. (2011). Effect of growing medium pH on germination and initial development of some grassland plants. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(4), p. 45–56.
- Gordana B., Grljusic S., Rozman V., Lukic D., Lackovic R., Novoselovic D. (2007). Seed age pH of water solution effects on field pea (*Pisum sativum* L.) germination. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 35(1), p. 20–26.
- Jensen E. S., Peoples M. B., Hauggaard-Nielsen H. (2010). Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research*. Vol.115(3), p. 203–216.

5. *Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi* (2013). Sast. A. Kārklīšs un A. Ruža. Jelgava: LLU, 55 lpp.,
6. Mallarino A.P., Sawyer J. E. (2011). Corn and soybean response to soil pH level and liming. *Integrated Crop Management Conference*. Iowa State University. Vol.148, p. 93–97.
7. Mandić V., Tomic Z., Krnjaja V., Bijelić Z., Zujovic M., Simic A., Prodanovic S. (2011). Effect of acid stress on germination and early seedling growth of red clover. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 27. p. 1295–1303.
8. Matthews P., Marcellos H. (2003). Faba bean. NSW Agriculture second edition. Vol, 12. [Tiešsaiste][skatīts 22.02.2019.]. Pieejams:
https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/157729/faba-bean-pt1.pdf
9. Najera F., Tapia Y., Baginsky C., Figueroa V., Cabeza R., Salazar O. (2015). Evaluation of soil fertility and fertilisation practices for irrigated maize (*Zea mays* L.) under Mediterranean conditions in central Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Vol. 15(1), p. 84–97.
10. Nardi S. Concheri G., Pizzeghello D., Sturaro A., Rella R., Parvol G. (2000). Soil organic matter mobilization by root exudates., *Chemosphere*, Vol.41(5), p. 653–658.
11. Nye P.H. (1981). Changes of pH across the rhizosphere induced by roots, *Plant and Soil*. Vol. 61(1–2), p. 7–26.
12. Oelke, E.A., Oplinger E.S., Bahri H., Durgan B.R., Putnam D.H., Doll J.D., Kelling K.A.. (1990). Rye. **In:** *Alternative field crops manual*. [Tiešsaiste][skatīts 20.12.2018.]. Pieejams:
www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/
13. Yan F, Schubert S, Mengel K. (1992). Effect of low root medium pH on net Proton release, root respiration, and root growth of corn (*Zea mays* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.). *Plant Physiol*. 1992. Vol. 99(2), p. 415–421.