

β-alanino darinių hidrazidų poveikis pupelių fotosintezei, azoto koncentracijai ir produktyvumui

Edvardas Kazlauskas,

Vytautas Šlapakauskas

Lietuvos žemės ūkio universitetas,

Studentų g. 11, Akademija,

LT-53061 Kauno rajonas

El. paštas: vytautas.slapakauskas@lzuu.lt

Buvo atlikti tyrimai siekiant įvertinti augimo reguliatorių β-alanino darinių hidrazidų (ADH-119 ir ADH-120) poveikį daržo pupelių produktyvumui, azoto koncentracijai lapuose ir fotosintezei, apskaičiuojant efektyvų fotocheminės energijos virsmo kvantų našumą antroje fotosistemoje (Φ_2).

Atlikus lauko bandymus buvo nustatyta, kad ADH-119 ir ADH-120 darė stimuliacinį poveikį pupelių fotosintezės procesams ir azoto koncentracijai lapuose. Dėl sukauptų asimiliatų, esant tiriamųjų medžiagų poveikiui, didėjo pupelių ankščių produktyvumas. Statistiškai patikimu rezultatu pupelių ankščių derlių didino 0,5 mg l⁻¹ ADH-119 ir 0,1 mg l⁻¹ ADH-120. β-alanino darinių hidrazidais paveiktų pupelių ankščių produktyvumas tiesiogiai koreliavo su fotosintezės intensyvumu.

Raktažodžiai: augimo reguliatoriai, azoto kiekis lapuose, fotosintezė, pupelių produktyvumas

ĮVADAS

Augimo reguliatoriai – tai fiziologiškai aktyvios medžiagos, kurios dalyvauja reguliuojant daugelį augalų vystymosi bei medžiagų apykaitos procesų. Dėl šių savybių, praktikoje pritaikius atitinkamus augimo reguliatorius, galima efektyviau panaudoti produktyvumą didinančius veiksnius, pavyzdžiui, mitybos medžiagas, vandens, saulės energijos ir tam tikros veislės genetinį potencialą. Pavyzdžiui, ankstyvuose raudonųjų eraičinų (*Festuca rubra* L.) ir daugiamėčių svidrių (*Lolium perenne* L.) augimo tarpsniuose panaudojus karboksirūgščių darinius, daigai sparčiau vystėsi, didėjo chlorofilo koncentracija lapuose, buvo intensyvesni fotosintezės procesai bei didėjo produktyvumas (Klimas ir kt., 2005; Sapijanskaitė ir kt., 2001). Atlikus fluorimetrinius tyrimus su kukurūzais (*Zea mays* L.), paveiktais β-alanino darinių hidrazidais ADH-119 ir ADH-120, buvo nustatyta, kad kai kurių koncentracijų ADH-120 tirpalai intensyvinu fotosintezės elektronų transportą, o absorbuoti šviesos kvantai buvo efektyviau panaudojami fotosintetiniam darbui atlikti (Šlapakauskas, Kazlauskas, 2003). Tyrimuose su svidrėmis ir raudonaisiais eraičiais karboksirūgščių darinių preparatas stilitas-123 stimuliuo šaknų augimą, kuomet pievinių miglių (*Poa pratensis* L.) šaknų augimui didesnę įtaką turėjo stilitas-85 (Klimas ir kt., 2005). Cukrinių runkelių daigus apipurškus stilitų tirpalais, fotosintezės procesai vyko sparčiau visą vegetacijos laikotarpį (Jakienė ir kt., 2008).

Augimo reguliatorių įtakos augalų derliaus kokybei pavyzdį galima pateikti preparatą etefoną, kuris didino baltymų kiekį kukurūzų bei miežių (*Hordeum vulgare* L.) grūduose. Foroutan-Pour ir kt. (1995) tyrimuose buvo nustatyta, kad abscizo rūgštis (ABR) sumažino bendrą sėklų skaičių ir baltymų kiekį miežių sėklose. Kitaip nei ABR, augimo reguliatorius IAR skatino lapo žiotelių prasivėrimą ir kartu intensyvino fotosintezės procesus (Guinn, Brummett, 1993). Taip pat buvo nustatyta, kad IAR didino kviečių sėklų masę (Bangerth et al., 1985).

Ahmed ir kt. (1989) tyrimuose buvo nustatyta, kad 3-indolilacto rūgštis (IAR), giberelino rūgštis (GA₃) ir kinetinas didino augaluose angliavandenių koncentraciją. Toks poveikis gali būti susijęs su minėtų fitohormonų savybe didinti fotosintetinį lapų plotą, lapo žiotelių skaičių ir galiausiai fotosintezės našumą. Kitų mokslininkų darbuose egzogeniniu būdu panaudojus fitohormonus, skirtinguose augalų organuose padidėjo azoto koncentracija (Bejaoui, 1985).

Augaluose daugiausiai azoto yra sukaupiama lapuose ir apie pusę jo kiekio sunaudojama fotosintezėje. Galima teigti, kad fotosintezės procesams sunaudojama daugiausia augale sukaupto azoto (Poorter, Evans, 1998). Maždaug pusė fotosintezei skirto azoto atitenka Rubisco fermentui. Ląstelės medžiagų apykaitai reikiamo azoto daugiausia tenka sienelėms, kuriose esantys baltymai dalyvauja visuose augimo, vystymosi, apsaugos, signalų pernašos bei kituose fiziologiškai svarbiuose procesuose (Showalter, 1993).

Fotosintezės intensyvumo priklausomumą nuo azoto koncentracijos de Pury ir Farquhar (1997) panaudojo šviesos absorbavimo pasiskirstymui kviečiuose nustatyti. Šie mokslininkai nustatė, kad lapų azoto koncentracija pasėlyje buvo tiesiogiai proporcinga absorbuotos šviesos kiekiui.

METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimui buvo naudoti C_3 fotosintezės tipo augalai – daržo pupelės (*Phaseolus vulgaris* L.), 'Harvester'. Tiriamos medžiagos – β -alanino darinių hidrazidai (toliau – ADH) ADH-119 ir ADH-120 buvo susintetintos Kauno technologijos universiteto Organinės chemijos katedroje.

Lauko bandymai buvo vykdomi 2006–2007 m. Lietuvos žemės ūkio universiteto Bandymų stotyje. Dirvožemis – IDg8-k (LVg-p-w-cc) – karbonatingas sekliai glėjiškas išplautžemis (*Calc(ar)i-Epihypogleyic Luvisols*). Dirvožemio granulimetrinė sudėtis – vidutinis priemolis; pH_{KCl} – 7,2; humuso kiekis – 2,21 %; P_2O_5 – 253 $mg\ kg^{-1}$; K_2O – 124 $mg\ kg^{-1}$. Pagal mikroelementų kiekį bandymo lauko dirvožemio charakteristika: judriojo Cu – 2,9 $mg\ kg^{-1}$ (vidutinis kiekis), Zn – 1,0 $mg\ kg^{-1}$ (mažas kiekis), Mn – 75 $mg\ kg^{-1}$ (manganingas), B – 0,62 $mg\ kg^{-1}$ (boringas), Mo – 0,090 $mg\ kg^{-1}$ (mažas kiekis).

Sėklų norma 300 tūkst. sėklų hektare, tarpueilių plotis 25 cm, atstumas tarp augalų 15 cm, sėjos gylis 3–4 cm. Vidutinis sudygsių pupelių tankumas buvo 250 tūkst. augalų hektare. Žemės dirbimas – įprastas, priešsėlis – 2006–2007 m. pūdymas. Augalai papildomai buvo tręšiami per lapus kompleksinėmis trąšomis $N_{14}P_4K_7$.

Laboratorinių bandymų metu buvo atrinktos fiziologiškai aktyvios ADH-119 ir ADH-120 preparatų koncentracijos, kurios vėliau buvo naudojamos lauko bandymuose. Nustatant β -alanino darinių hidrazidų poveikį pupelių produktyvumui ir cheminei lapų sudėčiai, tiriamųjų medžiagų ADH-119 (0,10, 0,25, 0,50 ir 1,00 $mg\ l^{-1}$ koncentracijos) ir

ADH-120 (0,05, 0,10, 0,50 ir 1,00 $mg\ l^{-1}$) vandeniniai tirpalai per lapus buvo purškiami birželio antroje pusėje, augalams esant 2–3 tikrųjų lapų (trilapių) tarpsnyje (14–15 tarpsnis pagal BBCH skalę). Kontrolinio varianto augalai buvo purškiami distiliuotu vandeniu.

Azoto koncentracija pupelių lapuose buvo nustatyta *Kjeldahl* metodu. Ląstelienos ir žaliųjų riebalų kiekis buvo nustatomas pagal Hohenheimo universiteto C. Naumanno ir R. Basslerio metodiką.

Fluorimetriniuose tyrimuose, nustatant β -alanino darinių hidrazidų poveikį pupelių efektyviam fotocheminės energijos virsmo kvantų našumui antroje fotosistemoje (Φ_2), buvo naudojamas PAM 210 (Walz, Vokietija) fluorimetras.

Φ_2 apskaičiuojamas pagal formulę (Rohaček, 2002):

$$\Phi_2 = \frac{Fm' - Fs}{Fm'} = 1 - \frac{Fs}{Fm'}$$

Gautų rezultatų statistinei analizei buvo naudojama statistinė programa *STATISTICA-6* (StatSoft, 2001). Patikimam tyrimo variantų rezultatų skirtumui nustatyti buvo taikytas Tukey HSD *Post-hoc* testas ir kai kuriais atvejais Fisher LSD testas.

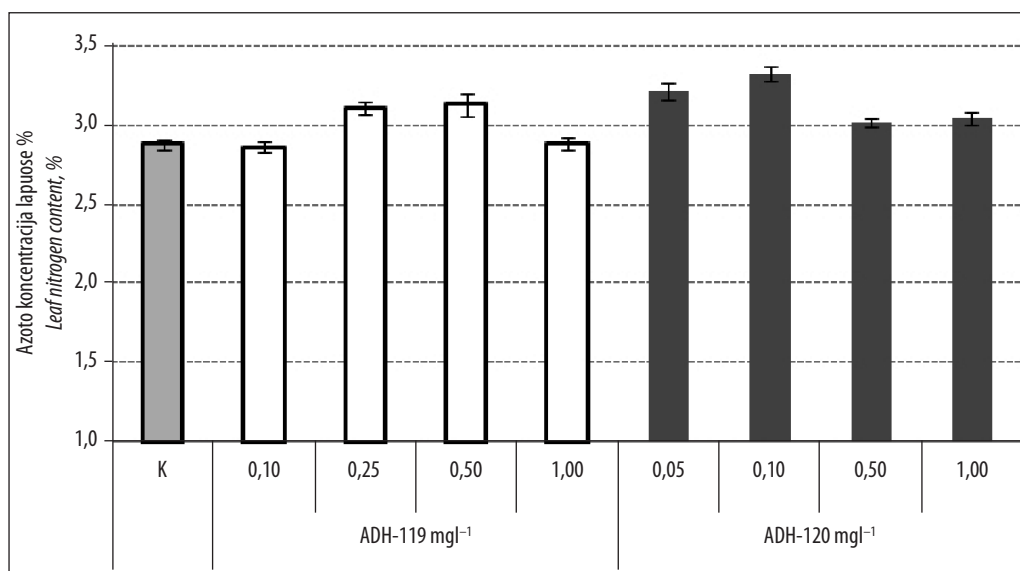
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Fotosintezės procesų intensyvumui nemažą įtaką turi azoto koncentracija. Apie trys ketvirtadaliai azoto yra sunaudojama fotosintetinių baltymų sintezei (Fernanda et al., 2000; Mitchell, Hinckley, 1993).

Auginant β -alanino darinių hidrazidais paveiktas pupeles lauko sąlygomis, buvo nustatyta, kad ADH-119 ir ADH-120 statistiškai patikimu skirtumu didino žaliųjų baltymų ir azoto koncentraciją pupelių lapuose (1 pav.). Didžiausia azoto koncentracija buvo ADH-120 preparatu (0,1 $mg\ l^{-1}$) apipurkštose pupelėse ir siekė 3,4 % sausos lapų masės. Augimo reguliatoriumi ADH-120 (0,1 $mg\ l^{-1}$) paveiktose pupelėse

1 pav. Skirtingų koncentracijų ($mg\ l^{-1}$) β -alanino darinių hidrazidų (ADH-120 ir ADH-119) įtaka azoto koncentracijai (%) pupelių lapuose. (K – kontrolinis variantas)

Fig. 1. Leaf nitrogen content (%) in bean leaves after application of ADH-120 and ADH-119 at different concentrations ($mg\ l^{-1}$). (K – control)



azoto koncentracija buvo 17,65 % didesnė nei kontroliniame variante. Preparatas ADH-119 pupelių lapų azoto koncentraciją labiausiai didino esant 0,5 mg l⁻¹ koncentracijai – iki 3,14 % sausosios masės (8,54 % daugiau nei kontroliniame variante).

Apibendrinant gautus rezultatus, verta paminėti, kad visų koncentracijų ADH-120 (0,05–1,0 mg l⁻¹) patikimai didino azoto kiekį lapuose. Kitas augimo reguliatorius – ADH-119, patikimai didesnį poveikį darė tik esant 0,25 mg l⁻¹ ir 0,5 mg l⁻¹ koncentracijoms.

Mokslinėje literatūroje yra pateikta nemažai faktų, kai augimo reguliatoriai ir natūralūs fitohormonai turėjo įtakos ankštinių augalų azoto fiksavimo procesams. Pavyzdžiui, GA₃ ir IAR didino vignos (*Vigna* sp.) nitrato reduktazės aktyvumą, tuo tarpu kinetino poveikis buvo kur kas mažesnis. Panašūs rezultatai buvo gauti (Singh, 1993) eksperimentuose, kuomet ant lapų apipurkšti augimo reguliatoriai IAR, α-naftilacto rūgštis (NAR), dimetilamonio druska (2,4D), GA₃ ir kinetinas darė ženklų poveikį azoto fiksavimui.

β-alanino darinių hidrazidų įtaka pupelių produktyvumui buvo nustatyta išmatavus šviežių ankščių derlių. Atlikus lauko bandymus buvo nustatyta, kad visų tiriamųjų koncentracijų augimo reguliatoriai ADH-119 ir ADH-120 didino pupelių šviežių ankščių derlių (2 pav.).

Nors pupelių produktyvumas visuose ADH-120 ir ADH-119 variantuose buvo didesnis nei kontroliniame variante,

tačiau atlikus statistinę duomenų analizę, patikimai didesnį ankščių derlių turėjo tik 0,1 mg l⁻¹ ADH-120 ir 0,5 mg l⁻¹ ADH-119 augimo reguliatoriais paveiktos pupelės (2 pav.). ADH-120, esant 0,1 mg l⁻¹ koncentracijai, pupelių ankščių derlių didino 19,3 % iki 1,42 kg m⁻², o 0,5 mg l⁻¹ ADH-119 – 15,1 % iki 1,37 kg m⁻² (1 lentelė).

Lauko bandymuose vidutinė pupelių populiacija siekė apie 250 tūkst. augalų hektare. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad kontrolinio varianto pupelių šviežių ankščių derlius sudarė apie 11,85 t ha⁻¹. Bandymų rezultatuose nustatytos efektyviausios β-alanino darinių hidrazidų koncentracijos pupelių ankščių derlių didino atitinkamai – ADH-120 (0,1 mg l⁻¹) iki 14,2 t ha⁻¹, o ADH-119 (0,5 mg l⁻¹) iki 13,7 t ha⁻¹.

Remiantis (Monteith, 1972) stebėjimų rezultatais, augalo produktyvumas yra tiesiogiai proporcingas absorbuotos saulės energijos kiekiui. Fotosintetiškai aktyvios radiacijos (FAR) panaudojimo efektyvumas skirtingų rūšių augaluose yra nevienodas ir priklauso nuo azoto koncentracijos augale (Muchow, Davis, 1988; Sinclair, Horie, 1989; Hammer, Wright, 1994).

Lauko bandymuose fotosintezės intensyvumo nustatymui patogiausia taikyti fluorimetrinį metodą. Išmatavus chlorofilo fluorescencijos pokyčius galima gretinti juos su produktyvumu bei kitais biometriniais matavimais. Fotosintezės procesų efektyvumas glaudžiai siejasi su lapų

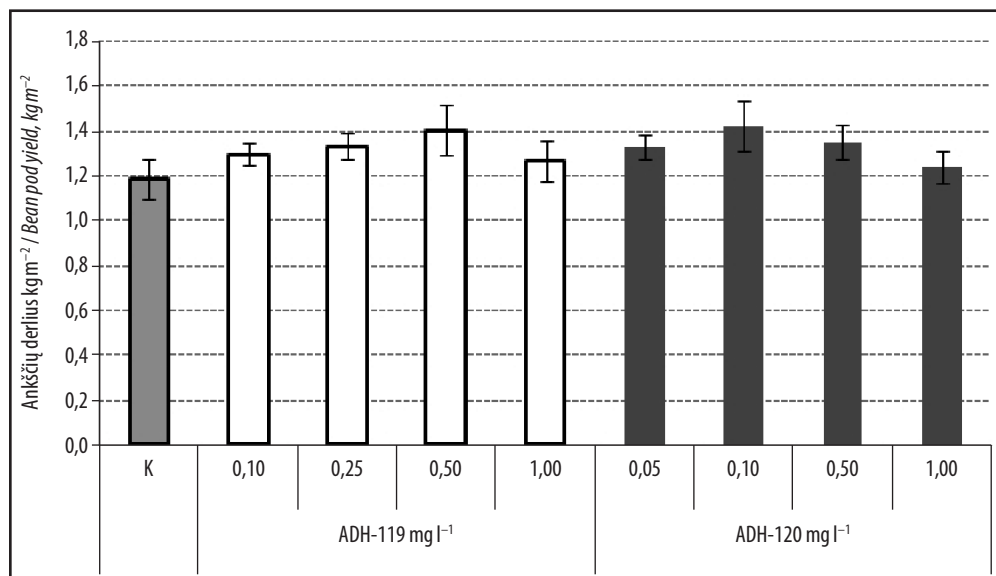
1 lentelė. Vidutinis 2006–2007 m. pupelių derliaus pokytis (%) veikiant skirtingų koncentracijų ADH-119 ir ADH-120

Table 1. Change (%) of bean fresh pod yield under the effect of plant growth regulators ADH-120 and ADH-119 versus control

Derliaus pokytis %, palyginus su kontroliniu variantu / Change of bean pod yield %, compare to control	ADH-120				ADH-119			
	koncentracija mg l ⁻¹ / concentration mg l ⁻¹							
	0,05	0,10	0,50	1,00	0,10	0,25	0,50	1,00
	12,6	19,3*	13,5	4,2	10,8	12,6	15,1*	7,56

* Pagal Tukey HSD testo rezultatus statistiškai patikimas ($p < 0,05$).

* Statistically significant according to Tukey HSD test ($p < 0,05$)

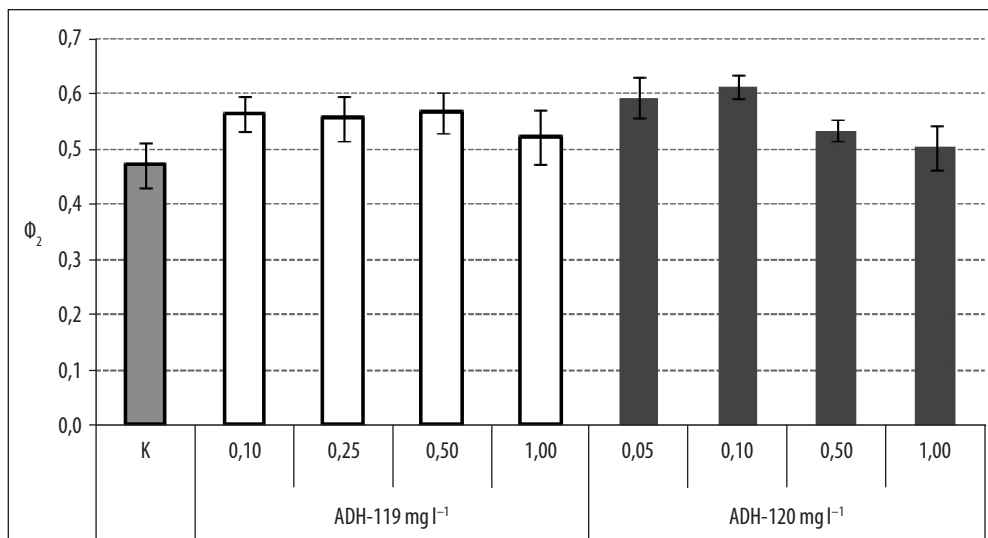


2 pav. Vidutinis pupelių ankščių derlius (kg m⁻²) 2006–2007 m. veikiant skirtingų koncentracijų ADH-119 ir ADH-120 (mg l⁻¹). (K – kontrolinis variantas)

Fig. 2. Bean fresh pod yield (kg m⁻²) influenced by different ADH-120 and ADH-119 concentrations (mg l⁻¹). (K – control)

3 pav. Efektyvus fotocheminės energijos virsmo antroje fotosistemoje kvantų našumo (Φ_2) pokytis veikiant augimo reguliatoriams ADH-119 ir ADH-120 (mg l^{-1})

Fig. 3. Influence of growth regulators ADH-119 and ADH-120 (mg l^{-1}) on bean effective quantum yield of photochemical energy conversion in PSII (Φ_2)



asimiliaciniu plotu, chlorofilo bei azoto koncentracija lapuose ir augalo produktyvumu.

Visuose ADH-120 ir ADH-119 variantuose vidutinis efektyvus fotocheminės energijos virsmo antroje fotosistemoje kvantų našumas (Φ_2) buvo didesnis negu kontroliniame variante (3 pav.). Didžiausias Φ_2 buvo $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ ir $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ ADH-120 augimo reguliatoriumi paveiktų pupelių lapuose.

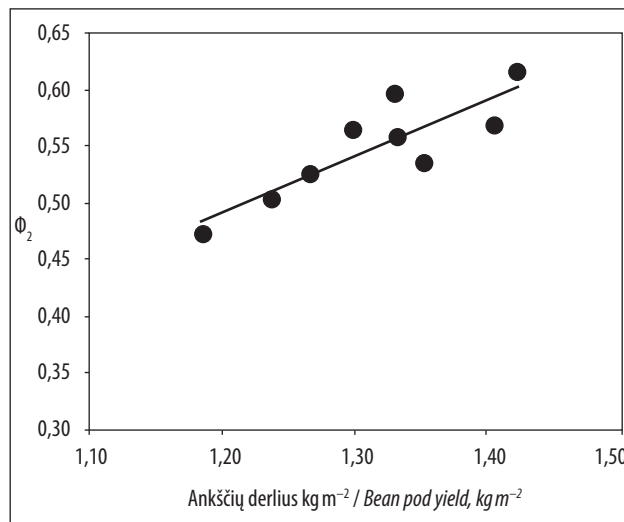
Tiriamųjų β -alanino darinių hidrazidų poveikis pupelių fiziologiniams procesams buvo tiesiogiai susijęs su produktyvumu (4 pav.). Nustatytas stiprus ($R^2 = 0,74$) tiesinis efektyvus fotocheminės energijos virsmo antroje fotosistemoje kvantų našumo Φ_2 ir pupelių ankščių masės ryšys. Palyginimui buvo apskaičiuotas lapų azoto koncentracijos ir Φ_2 bei pupelių ankščių masės ir Φ_2 koreliacijos koeficientas (2 lentelė).

Augimo reguliatoriai gali veikti asimiliatų sintezei reikalingo CO_2 patekimą į augalą reguliuodami žiotelių pravirumą arba fotosintetinių procesų intensyvumą chloroplastuose. Zhou ir kt., (1999) tyrimuose su kukurūzais fotosintezės ir transpiracijos intensyvumą, tarpląstelinę CO_2 koncentraciją ir žiotelių pralaidumą veikė augimo reguliatoriai, praėjus savaitei po panaudojimo.

Augimo reguliatoriai salicilo rūgštis (SA), IAR ir etefonas taip pat turėjo savybę intensyvinti fotosintezės procesus. Paveikus kukurūzus SA ir etefonu bendra sausųjų medžiagų masė padidėjo atitinkamai 9 ir 13 %. Buvo nustatyta, kad IAR skatino asimiliatų, azoto darinių ir jonų transportą

augaluose. Hew ir kt. (1967) savo tyrimais parodė, jog IAR skatino asimiliatų transportą iš sojos lapų į stiebą.

Esant intensyvesnėms fotocheminėms reakcijoms bei CO_2 asimiliavimo greičiui, daugiau asimiliatų tiekama metabolizmo reakcijoms bei transportuojama į asimiliatus



4 pav. Tiesinio ryšio priklausomumas tarp visų tiriamųjų variantų efektyvus fotocheminės energijos virsmo antroje fotosistemoje kvantų našumo Φ_2 ir pupelių ankščių derliaus (kg m^{-2}). Regresijos patikimumas $p < 0,01$

Fig. 4. Relationship between effective quantum yield of photochemical energy conversion in PSII (Φ_2) and bean fresh pod yield (kg m^{-2}) under the effect of ADH-120 and ADH-119 growth regulators. Regression $p < 0,01$

2 lentelė. Efektyvus fotocheminės energijos virsmo antroje fotosistemoje kvantų našumo Φ_2 ir produktyvumo bei azoto koncentracijos lapuose koreliacinis ryšys

Table 2. Correlation between effective quantum yield of photochemical energy conversion, bean fresh pod yield and leaf nitrogen content

Koreliuojantys dydžiai / Parameters		Koreliacijos koeficientas / Correlation coefficient	
		Pupelių ankščių masė / Bean pod yield	Azoto koncentracija lapuose / Leaf nitrogen content
Φ_2	ADH-119	0,22	0,48
	ADH-120	0,81	0,93

kaupiančius organus, didinant jų produktyvumą. Angliavandenių poreikis kituose, nefotosintetinančiuose augalo organuose gali būti netiesiogiai stimuliuojamas padidėjus CO_2 koncentracijai bei reguliacinėms medžiagoms (kaip fitohormonai) skatinant tam tikrų genų ekspresiją (Koch, 1996; Paul, Foyer, 2001).

IŠVADOS

1. β -alanino darinių hidrazidai ADH-119 ir ADH-120 statistškai patikimu skirtumu didino azoto koncentraciją pupelių lapuose. Didžiausias azoto kiekis buvo $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ koncentracijos ADH-120 preparatu paveiktų pupelių lapuose ir siekė 3,4 % sausos lapų masės (17,65 % daugiau nei kontroliniame variante). Preparatas ADH-119 azoto kiekį pupelių lapuose labiausiai veikė esant $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ koncentracijai – iki 3,14 % sausosios masės (8,54 % daugiau nei kontroliniame variante).

2. Visos tiriamųjų medžiagų koncentracijos darė teigiamą poveikį pupelių ankščių produktyvumui, tačiau atlikus statistinę duomenų analizę, buvo nustatyta, kad patikimu rezultatu pupelių ankščių derlių didino $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ ADH-120 – 19,3 % ($1,42 \text{ kg m}^{-2}$) ir $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ ADH-119 – 15,1 % ($1,37 \text{ kg m}^{-2}$).

3. Visos tiriamosios β -alanino darinių hidrazidų koncentracijos didino efektyvų fotocheminės energijos virsmo antroje fotosistemoje kvantų našumą (Φ_2). Didžiausias Φ_2 buvo $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ ir $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ koncentracijos ADH-120 augimo reguliatoriumi paveiktų pupelių lapuose.

4. ADH-120 ir ADH-119 poveikis pupelių fotosintetiniams procesams buvo tiesiogiai susijęs su produktyvumu.

Gauta 2008 01 13
Priimta 2008 02 27

Literatūra

- Ahmed A. M., Radi A. F., Shaddad M. A., Ei-Tayeb M. A. Effects of phytohormones on carbohydrate and nitrogen metabolism of some drought stressed crop plants // *Journal of Islamic Academy of Sciences*. 1989. Vol. 2. N 2. P. 93–99.
- Bangerth F., Aufhammer W., Baum O. IAA level and dry matter accumulation at different position within a wheat ear // *Physiologia Plantarum*. 1985. Vol. 63. P. 121–125.
- Bejaoui M. Interactions between NaCl and some phytohormones on soybean growth // *Journal of Plant Physiology*. 1985. Vol. 120. P. 95–110.
- De Pury D. G. G., Farquhar G. D. Simple scaling of photosynthesis from leaves to canopies without the errors of big-leaf models // *Plant, Cell and Environment*. 1997. Vol. 20. P. 537–557.
- Fernanda D. M., Schapendonk H. C. M., Marcel van Oijen C. et al. Radiation and nitrogen use at the leaf and canopy level by wheat and oilseed rape during the critical period for grain number definition // *Australian Journal of Plant Physiology*. 2000. Vol. 27. P. 899–910.
- Foroutan-Pour K., Ma B. L., Smith D. L. Field evaluation of the peduncle perfusion technique // *Journal of Plant Nutrition*. 1995. Vol. 18. P. 1225–1236.
- Guinn G., Brummett D. L. Leaf age, decline in photosynthesis, and changes in abscisic acid, indole-3-acetic acid, and cytokinin in cotton leaves // *Field Crops Research*. 1993. Vol. 32. P. 269–275.
- Hammer G. L., Wright G. C. A theoretical analysis of nitrogen and radiation effects on radiation use efficiency in peanut // *Australian Journal of Agricultural Research*. 1994. Vol. 45. P. 575–589.
- Jakienė E., Šlapakauskas V., Mickevičius V., Sapijanskaitė B. Stilitų įtaka cukrinių runkelių šviesos absorbcijai, chlorofilų kaupimuisi ir produktyvumui // *Žemės ūkio mokslai*. 2008. T. 15. Nr. 2. P. 34–40.
- Klimas E., Jakienė E., Laucius R. Influence of stilites on germination and development of lawn grass seeds // *Agromijas Vestis (Latvian Journal of Agronomy)*. 2005. Vol. 8. P. 282–287.
- Koch K. E. Carbohydrate-modulated gene expression in plants // *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*. 1996. Vol. 47. P. 509–540.
- Mitchell A. K., Hinckley T. M. Effects of foliar nitrogen concentration on photosynthesis and water use efficiency in Douglas-fir // *Tree-Physiology*. 1993. Vol. 12. N 4. P. 403–410.
- Monteith J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems // *Journal of Applied Ecology*. 1972. Vol. 9. P. 747–766.
- Muchow R. C., Davis R. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation // *Field Crop Research*. 1988. Vol. 18. P. 17–30.
- Paul M. J., Foyer C. H. Sink regulation of photosynthesis // *Journal of Experimental Botany*. 2001. Vol. 52. P. 1383–1400.
- Poorter H., Evans J. R. Photosynthetic nitrogen-use efficiency of species that differ inherently in specific leaf area // *Oecologia*. 1998. Vol. 116. P. 26–37.
- Rohaček K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships // *Photosynthetica*. 2002. Vol. 40. N 1. P. 13–29.
- Sapijanskaitė B., Mickevičius V. 1-(9-Alkil-3-karbazolil)-4-karboksi-2-pirolidinono darinių sintezė // *Organinė chemija. Konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas, 2001. P. 22–24.
- Sinclair T. R., Horie T. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review // *Crop Science*. 1989. Vol. 29. P. 90–98.
- Singh T. B. Effects of growth regulators on nodulation and N_2 fixation in Urd bean (*Vigna mungo* L.) // *Comparative Physiology & Ecology*. 1993. Vol. 18. P. 79–82.

21. Showalter A. M. Structure and function of plant cell wall proteins // *Plant Cell*. 1993. Vol. 5. P. 9–23.
22. Šlapakauskas V., Kazlauskas E. Fiziologinis stilių įtakos kukurūzams vertinimas. *LŽŪU mokslo darbai*. 2003. T. 60. N 13. P. 22–28.
23. Zhou X. M., MacKenzie A. F., Madramootoo C. A., Smith D. L. Effects of stem-injected plant growth regulators, with or without sucrose, on grain production, biomass and photosynthesis activity of field-grown corn plants // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1999. Vol. 183. P. 103–110.

Edvardas Kazlauskas Vytautas Šlapakauskas

THE IMPACT OF β -ALANINE HYDRAZIDE DERIVATIVES ON COMMON BEAN LEAF NITROGEN CONTENT, PHOTOSYNTHESIS AND PRODUCTIVITY

Summary

The effect of plant growth regulators β -alanine hydrazide derivatives (ADH-119 and ADH-120) on common bean productivity, leaf nitrogen content and photosynthetic efficiency was investigated. Bean productivity was measured as a fresh bean pod yield, whereas photosynthetic efficiency was examined in terms of effective quantum yield of photochemical energy conversion in PSII. The experiment and foliar application of the growth regulators under study was carried out under field conditions. According to the results, 0.5 mg l⁻¹ ADH-119 and 0.1 mg l⁻¹ ADH-120 had a statistically significant stimulating effect on bean pod yield and leaf nitrogen content. Beans treated with 0.1 mg l⁻¹ ADH-120 increased bean pod yield by 19.3% (1.42 kg m⁻²), whereas 0.5 mg l⁻¹ ADH-119 resulted in a 15.1% (1.37 kg m⁻²) higher bean yield as compared with control. Increased crop yield is often attributed to higher rates of photosynthesis. In experimental field trials, results of chlorophyll fluorescence measurements were related to bean productivity. The effective quantum yield of photochemical energy conversion in PSII was directly related to bean fresh pod yield and correlated with leaf nitrogen content.

Key words: plant growth regulators, nitrogen concentration, photosynthesis, bean productivity