

## Kai kurių $\beta$ -alanino darinių poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) augimui ir sėklų derliui

**D. Žiaukienė, V. Mickevičius**

Kauno technologijos universitetas,  
Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas, Lietuva  
El. paštas ziaukiened@yahoo.com

**Z. Brazienė**

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas, Rumokų bandymo stotis,  
Rumokai, LT-70462 Vilkaviškio r., Lietuva

**E. Jakienė**

Lietuvos žemės ūkio universitetas,  
Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r.

Gauta 2010 m. rugpjūčio 25 d.; priimta spaudai 2010 m. spalio 11 d.

Tirtas Kauno technologijos universiteto Organinės chemijos katedroje susintetintų  $\beta$ -alanino darinių – N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druskos, N-(2-piridil)- $\beta$ -alanino natrio druskos, 2,3-dihidro-1-karboksietil-7,7-bis(karboksi-etil)aminochinolin-4-ono, N-(3-chinolinil)asparagino rūgšties ir 3-(3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druskos – poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) vystymuisi. Tirta laboratorinėmis sąlygomis, daiginant rapsų *Lisora* sėklas dviem būdais: arba ant filtrinio popieriaus *Petri* lėkštelėse, arba mėgintuvėliuose agarizuotoje Murashige-Skoog (MS) maitinamojoje terpėje (*in vitro*). Remiantis gautais laboratorinių tyrimų duomenimis tolesniems tyrimams pasirinkta N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druska. Lauko bandymuose *Land Mark* veislės vasariniai rapsai du kartus iki žydėjimo buvo apipurkšti 380  $\mu$ M minėto junginio tirpalu. Dėl to ant augalų padaugėjo išaugusių pirminių bei antrinių šakų ir ankštarių, tačiau vidutinis sėklų kiekis ankštaroje išliko beveik nepakitęs. Vasarinių rapsų 1000-čio sėklų masė, dėl šios druskos poveikio, padidėjo 9,4 %, o vidutinis trejų metų sėklų derlius – 10,8 %. Dar didesnis sėklų derlius gaunamas kartu su N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druska panaudojus mikroelementines trąšas (ARVI mikro) – derlius padidėja 15,2 %, palyginti su bandymo kontroliniu variantu.

### Išvadas

Rapsai (*Brassica napus* L.) yra pagrindinis aliejinis augalas Lietuvoje. Rapsų augimui, vystymuisi, derliui bei derliaus struktūros elementų formavimuisi didelį poveikį daro pasėlių tankis, teisingas veislės parinkimas, agrometeorologiniai veiksniai ir naudojamos auginimo technologijos [1–5]. Rapsų derlių gali itin pabloginti sausringi orai. Norint sumažinti sausrų keliamą pavojų, naudojamos įvairios agrotechninės priemonės. Pavyzdžiui, viena tokių priemonių gali būti kalio trąšos. Kai kalio pakanka, augalai geriau išlaiko vandenį ir lengviau atlaiko trumpalaikius sausros periodus [6, 7]. Augalų fiziologiniams procesams poveikį daro augalų hormonų sistema, natūralūs augimo reguliatoriai ir jų sintetiniai analogai [8–11]. Vieni augimo reguliatoriai gali būti praktiškai naudojami augalų vegetatyviniame augime ar žydėjimui skatinti, kiti – augalo augimui ir derlingumui išlaikyti nepalankiomis aplinkos sąlygomis. Natūralus augalų hormonas abscizo rūgštis reguliuoja ląstelės biocheminius-fiziologinius procesus taip, kad padėtų augalui išlaikyti vandenį drėgmės trūkumo sąlygomis [12]. Be šio hormono, yra žinomi ir kiti cheminiai junginiai, kurie atlieka augale osmoprotektorių vaidmenį, t. y. dėl vandens trūkumo sąlyginai padidėjus druskingumui padeda augalo ląstelėms neprarasti vandens dėl citoplazmos osmotinio slėgio, kadangi stabi-

lizuoja baltymus ir membranas [13]. Vienas tokių junginių yra aminorūgštis  $\beta$ -alaninas (baltymų sudėtyje jo nėra).  $\beta$ -Alaninas yra labiausiai paplitęs iš visų  $\beta$ -aminorūgščių. Jis randamas gyvūnuose, augaluose, grybuose ir bakterijose, kadangi yra pirminio metabolizmo junginių, tokių kaip kofermentas A (CoA), sudėtyje [14]. Kaip osmoprotektorius geriausiai žinomas  $\beta$ -alanino betainas (t. y.  $\beta$ -alanino darinys su visiškai metilintu azoto atomu, aptiktas *Plumbaginaceae* šeimos augaluose) [15, 16]. Tyrimai atliekami ir su įvairiais sintetiniais  $\beta$ -alanino dariniais, siekiant atrasti naujų junginių, pasižyminčių augimo reguliatoriams būdingomis savybėmis [17].

Sintetiniais augimo reguliatoriais, atsižvelgiant į jų naudojimo sąlygas, koncentraciją, fiziologinę augalo būseną, galima modifikuoti rapsų žiemojimo, augimo, vystymosi bei derliaus formavimosi fiziologines, biochemines ir morfologines ypatybes ir šitaip užtikrinti didesnį rapsų sėklų derlių [8–11, 18–20]. Tačiau atliekant naujai susintetintų junginių pirminius tyrimus, svarbu ieškoti būdų jų greitam ir efektyviam testavimui ir išvengti ilgalaikių lauko bandymų. Pirminiam naujų junginių testavimui gali padėti *in vitro* tyrimų sistema [21, 22].

Šio darbo tikslas – surasti naujus augimo reguliatorius, galinčius pagerinti rapsų derlių. Dėl to Kauno technologijos universiteto (KTU) Organinės chemijos katedroje susintetintų  $\beta$ -alanino darinių poveikis rapsų dai-

gų kokybei pirmiausia buvo tirtas taikant laboratorinius tyrimo metodus, kurie padėjo atrinkti junginius tolesniems lauko bandymams. Lauko bandymuose buvo įvertintas junginio N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos (**1**) poveikis vasarinių rapsų derliaus formavimuisi ir sėklų derliui.

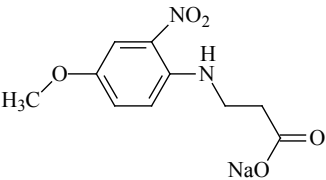
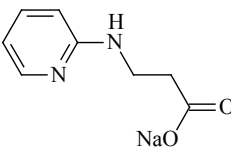
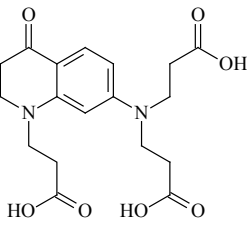
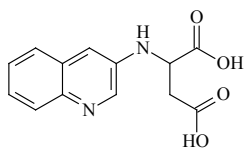
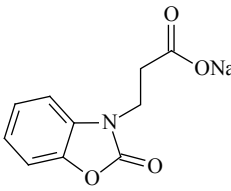
## Medžiagos ir tyrimų metodikos

Laboratoriniai tyrimai atlikti KTU Cheminės technologijos fakulteto Organinės chemijos katedros Biotechnologijos laboratorijoje. Lauko tyrimai vykdyti 2007–

2009 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Rumokų bandymo stotyje.

**CHEMINIŲ JUNGINIŲ PARUOŠIMAS.** **1–5** junginiai (1 lent.) susintetinti pagal darbuose [23–25] aprašytas metodikas šių publikacijų autorių. **1–3** junginiai gauti iš atitinkamų aromatinų ar heterociklinių aminų reaguojant jiems su akrilo rūgštimi. **4** junginys susintetintas 3-aminochinolino ir maleino rūgšties sąveikos metu, **5** junginys – iš N-(2-hidroksifenil)-β-alanino ir karbamido. Aminorūgščių natrio druskos gautos sumaišius etanolinius atitinkamos rūgšties ir natrio šarmo tirpalus, po to juos praskiedus dietileteriu.

**1 lentelė.** Tyrimams naudoti β-alanino dariniai

| Junginys | Cheminė formulė                                                                     | Junginio pavadinimas                                                 | Literatūra |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b> |    | N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska                   | [23]       |
| <b>2</b> |   | N-(2-piridil)-β-alanino natrio druska                                | [24]       |
| <b>3</b> |  | 2,3-dihidro-1-karboksietil-7,7-bis(karboksietil)aminochinolin-4-onas | [25]       |
| <b>4</b> |  | N-(3-chinolinil)asparto rūgštis                                      | [24]       |
| <b>5</b> |  | 3-(3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska                    | [25]       |

**VASARINIŲ RAPSŲ AUGINIMAS LABORATORINĖMIS SĄLYGOMIS.** Laboratoriniams tyrimams naudotos vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) *Lisora* sėklos. Vasarinių rapsų sėklos dezinfekuotos jas mirkant: 3 min – 70 % etanolyje (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), 5 min – 5 % NaClO tirpale; paskui tris kartus perplautos steriliu distiliuotu vandeniu. Sėklos dezinfekuotos aseptinėmis sąlygomis laminare

TELSTAR BV-100. Siekiant įvertinti N-pakeistų β-alanino darinių (**1–5**) poveikį rapsų organogenezei buvo pritaikyti šiuolaikiniai biotechnologiniai metodai [26].

Vasarinių rapsų sėklos, sudrėkintos 3 ml 10 μM koncentracijos **1–5** junginių tirpalais, daigtos steriliu filtravimo popieriumi išklotoje *Petri* lėkštelėse. *Petri* lėkštelės su sėklomis 7 paras laikytos termostate 24–

26 °C temperatūroje. Bandymas kartotas tris kartus. Pasibaigus ekspozicijos trukmei, įvertinti šie sudugusių rapsų biometriniai rodikliai: hipokotilio aukštis (cm), šaknų ilgis (cm), augalo masė (g).

Kitame eksperimente vasarinių rapsų sėklos daigintos *in vitro* sąlygomis, laikant sėklas mėgintuvėliuose su 4 ml Murashige-Skoog (MS) agarizuotos maitinamosios terpės (pH 5,7–5,8), atskiruose variantuose papildytos 1–5 junginiais (10 μM). Maitinamoji terpė dezinfekuota autoklave (30 min 115 °C temperatūroje ir 1,1 kg cm<sup>-2</sup> slėgyje). Daiginimo sąlygos: trukmė – 30 parų, temperatūra 20–22 °C, apšvietimas – 24 h. Pasibaigus ekspozicijos trukmei, įvertinti šie rapsų biometriniai rodikliai: ūglio aukštis (cm), hipokotilio aukštis (cm), šaknies ilgis (cm), lapų kiekis (vnt.), augalo masė (g). Tokiomis pačiomis sąlygomis ir vertinant tuos pačius biometrinius rodiklius buvo atlikti papildomi N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos (1) tyrimai, naudojant skirtingas šio junginio koncentracijas maitinamojoje terpėje: 0,1 μM, 1 μM, 10 μM, 100 μM.

Išanalizavus gautus duomenis, buvo apskaičiuota standartinė vidurkio  $\bar{X}$  paklaida  $S_x$  pagal formulę:

$$S_x = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}};$$

čia  $\sigma$  – vidutinis kvadratinis nuokrypis (dispersija),  $n$  – imties dydis [27].

Skirtumų tarp atskirų vidurkių patikimumui įvertinti naudotas Welcho  $t$  testas [28].

**VASARINIŲ RAPSŲ AUGINIMAS LAUKO SĄLYGOMIS.** Lauko bandymuose auginti *Land Mark* vasariniai rapsai. Bandymai vykdyti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Rumokų bandymų stotyje pagal tyrimo schemą [18]:

1. **Kontrolė:** NPK 17-10-14 500 kg ha<sup>-1</sup> prieš sėją / N<sub>31</sub>+S<sub>6</sub> 150 kg ha<sup>-1</sup> 4–6 lapelių tarpsnyje (foninis tręšimas – F).
2. **Junginys (1):** F + apipurškiant augalus 200 l·ha<sup>-1</sup> 380 μM konc. N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos tirpalu 2 kartus iki žydėjimo.
3. **Kontrolė (ARVI mikro):** F + apipurškiant augalus 200 l·ha<sup>-1</sup> ARVI mikro trąšų tirpalu (6 litrai ARVI mikro trąšų ir 194 litrai vandens) 2 kartus iki žydėjimo.
4. **Junginys (1) + (ARVI mikro):** F + apipurškiant augalus 200 l·ha<sup>-1</sup> 380 μM koncentracijos N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos tirpalu, kuriame yra 6 litrai ARVI mikro trąšų, mišiniu 2 kartus iki žydėjimo.

ARVI mikro trąšų sudėtis, %: bendras azotas (N) 14,0, amonio azotas (NH<sub>4</sub>-N) 14,0, magnis (Mg) 5,3, siera (S) 19,5, manganas (Mn) 0,117, boras (B) 0,017, varis (Cu) 0,1, cinkas (Zn) 0,067, molibdenas (Mo) 0,003.

Dirvožemis – paprastasis sekliai glėjiškas išplautžemis (*Epiphygolejic Luvisols*). Agrocheminė bandymų

dirvožemio charakteristika 2007–2009 m. pateikta 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Agrocheminė bandymų dirvožemio charakteristika

| Dirvožemio charakteristika                                                     | 2007 m. | 2008 m. | 2009 m. |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Mineralinis azotas (N <sub>min</sub> ), mg·kg <sup>-1</sup> dirvos             | 11,45   | 61,20   | 66,60   |
| Judrusis fosforas (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), mg·kg <sup>-1</sup> dirvos | 221     | 190     | 268     |
| Judrusis kalis (K <sub>2</sub> O), mg·kg <sup>-1</sup> dirvos                  | 161     | 219     | 195     |
| Bendrasis azotas, %                                                            | 0,163   | 0,122   | 0,182   |
| Humusas, %                                                                     | 1,60    | 1,86    | 1,53    |
| Dirvos pH                                                                      | 7,0     | 7,1     | 6,5     |
| Bendroji siera (S), mg kg <sup>-1</sup> dirvos                                 | 3,0     | 9,9     | 1,1     |

Vasarinių rapsų priešsėlis – vasariniai miežiai. Rudenį, nuėmus priešsėlį, dirva suarta. Pavasarį įdirbta germinatoriumi. Prieš sėją laukas patręštas NPK 17-10-14 trąšomis, išberiant 500 kg ha<sup>-1</sup>. *Land Mark* vasariniai rapsai pasėti balandžio trečiąją dekadą. Sėklos norma 8 kg ha<sup>-1</sup>. Pradėjus dygti piktžolėms, laukas nupurkštas herbicidu Sultan 1,5 l·ha<sup>-1</sup>. Prieš rapsinį žiedinuką panaudotas insekticidas Karate 0,15 l·ha<sup>-1</sup>. Vasariniai rapsai 4–6 tikrųjų lapelių augimo tarpsnyje, pagal bandymo schemą papildomai patręšti N<sub>31</sub>+S(6) 150 kg·ha<sup>-1</sup> trąšomis. Birželio pirmosiomis dienomis bandymo laukeliai pakartotinai nupurkšti Karate 0,15 l·ha<sup>-1</sup>. Butonizacijos–žydėjimo tarpsnyje vasariniai rapsai pagal bandymo schemą papildomai patręšti apipurškiant mikroelementinėmis trąšomis ARVI mikro ir junginio (1) tirpalais. Prieš derliaus nuėmimą rugpjūčio pabaigoje laukas nupurkštas defolianto Reglone super 3,0 l·ha<sup>-1</sup> tirpalu ir po kelių dienų nukulti vasariniai rapsai. Bandymas pakartotas 3 kartus. Apskaitomojo laukelio dydis 36 m<sup>2</sup>.

Iš biologinio derliaus struktūros elementų apskaičiuotas augalo produktyvumas [29].

Bandymo rezultatai statistškai įvertinti dispersinės analizės metodu, naudojantis kompiuterine programa ANOVA [30].

## Rezultatai ir jų aptarimas

**DAIGINIMAS PETRI LĖKŠTELĖSE.** Atlikus daigini-  
mo eksperimentą *Petri* lėkštelėse nustatyta, kad vasarinių rapsų šaknys intensyviausiai augo kontroliniame variante, tuo tarpu dauguma tirtųjų β-alanino darinių šaknų augimą slopino (3 lent.). Didžiausią ir statistškai patikimą neigiamą poveikį šaknies augimui darė 2 ir 4 junginiai.

Vienintelis junginys, neslopinęs šaknies augimo, buvo N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska (1). Ūglio aukščiui tirtieji junginiai statistškai patikimo poveikio nedarė. Junginys 4 slopino ir šaknies, ir hipokotilio augimą.

**3 lentelė.** Tiriamų (1–5) junginių 10 µM koncentracijų tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *Petri* lėkštelėse

| Junginys<br>(10 µM) | Ūglio aukštis       |                            | Šaknies ilgis       |                            | Augalo masė        |                            |
|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
|                     | Vidurkis ±SE,<br>cm | % (kontrolės<br>atžvilgiu) | Vidurkis ±SE,<br>cm | % (kontrolės<br>atžvilgiu) | Vidurkis ±SE,<br>g | % (kontrolės<br>atžvilgiu) |
| Kontrolė            | 4,20 ±0,44          | 100                        | 8,01 ±1,10          | 100                        | 0,064 ±0,004       | 100                        |
| <b>1</b>            | 3,63 ±0,29          | 86,3                       | 7,91 ±0,73          | 98,7                       | 0,065 ±0,003       | 101                        |
| <b>2</b>            | 3,49 ±0,63          | 83,1                       | 4,18 ±0,94          | 52,2*                      | 0,056 ±0,005       | 87,3                       |
| <b>3</b>            | 3,81 ±0,35          | 90,7                       | 6,08 ±0,70          | 76                         | 0,061 ±0,004       | 95,9                       |
| <b>4</b>            | 3,02 ±0,35          | 71,8*                      | 4,17 ±0,89          | 52,1**                     | 0,058 ±0,006       | 90,2                       |
| <b>5</b>            | 3,61 ±0,27          | 85,9                       | 5,90 ±0,55          | 73,7                       | 0,064 ±0,003       | 99,2                       |

Pastaba: nuo kontrolės patikimai besiskiriantys vidurkiai (pagal Welcho *t* testą) pažymėti: \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,001.

*RAPSŲ AUGINIMAS IN VITRO.* Ištyrus tų pačių 1–5 junginių poveikį rapsų augimui *in vitro* sąlygomis agarizuotoje maitinamojoje terpėje, nustatyta, kad daugu-

ma tirtų β-alanino darinių darė statistiškai patikimą teigiamą poveikį tiek hipokotilio, tiek ūglių augimui (4 lent.).

**4 lentelė.** Tiriamų (1–5) junginių 10 µM koncentracijų tirpalų poveikis vasarinių rapsų organogenezei *in vitro* MS terpėje

| Biometriniai rodikliai        |              | Junginys     |              |                 |                 |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
|                               |              | Kontrolė     | <b>1</b>     | <b>2</b>        | <b>3</b>        | <b>4</b>     | <b>5</b>     |
| Ūglio aukštis,<br>cm          | Vidurkis ±SE | 10,48 ±0,31  | 12,35 ±0,40  | 12,82 ±0,41     | 12,30 ±0,46     | 11,21 ±0,45  | 12,83 ±0,51  |
|                               | %            | 100          | 117,9***     | 122,4***        | 117,3**         | 107,0        | 122,4***     |
| Hipokotilio<br>aukštis,<br>cm | Vidurkis ±SE | 6,31 ±0,45   | 8,28 ±0,38   | 8,81 ±0,46      | 8,80 ±0,38      | 7,51 ±0,43   | 7,51 ±0,43   |
|                               | %            | 100          | 131,2**      | 139,5***        | 139,3***        | 118,9        | 141,5***     |
| Šaknies ilgis,<br>cm          | Vidurkis ±SE | 10,27 ±0,66  | 12,28 ±1,12  | 9,51 ±0,80      | 11,15 ±0,84     | 9,16 ±0,75   | 9,16 ±0,75   |
|                               | %            | 100          | 119,5        | 92,5            | 108,5           | 89,2         | 86,5         |
| Lapų kiekis,<br>vnt.          | Vidurkis ±SE | 4,57 ±0,17   | 4,26 ±0,21   | 5,23 ±0,23      | 4,90 ±0,16      | 5,15 ±0,32   | 4,74 ±0,20   |
|                               | %            | 100          | 93,3         | 114,4*          | 107,2           | 112,7        | 103,7        |
| Augalo masė,<br>g             | Vidurkis ±SE | 0,232 ±0,018 | 0,221 ±0,014 | 0,292<br>±0,022 | 0,272<br>±0,016 | 0,301 ±0,023 | 0,271 ±0,015 |
|                               | %            | 100          | 95,0         | 125,7           | 116,9           | 129,6        | 116,5        |

Pastaba: % pateikti kontrolės atžvilgiu. Nuo kontrolės patikimai besiskiriantys vidurkiai (pagal Welcho *t* testą) pažymėti: \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,001.

Ilgiausias šaknis (palyginus tarpusavyje skirtingais β-alanino dariniais papildytas terpes) išaugino ant terpės su **1** junginiu augę augalai.

Remiantis laboratorinių tyrimų rezultatais, tolesniems bandymams buvo atrinktas **1** junginys, kuris, kitaip nei kiti tirti β-alanino dariniai, nedarė neigiamo poveikio šaknies augimui daiginant rapsus *Petri* lėkštelėse.

Atlikus **1** junginio skirtingų koncentracijų poveikio analizę auginant vasarinius rapsus *in vitro*, pastebėta, kad stiprus ir skirtingas **1** junginio poveikis kai kuriems biometriniais rodikliams labiausiai išryškėja esant didžiausiai tirtai (100 µM) koncentracijai (5 lent.).

Didžiausias vasarinių rapsų hipokotilio ir viso ūglio aukštis gautas naudojant MS terpę su 1 µM **1** junginio, tačiau skirtumas nuo kontrolės nebuvo statistiškai patikimas. Tuo tarpu naudojant MS terpę su 100 µM **1** junginio, hipokotilio (ir ūglio) augimas buvo slopinamas. Priešingi rezultatai gauti vertinant šaknų augimą: ant terpės su 100 µM **1** junginio išaugusios šaknys buvo pačios ilgiausios (statistiškai patikimas skirtumas nuo kontrolės). Lapų kiekis patikimai padidėjo rapsus auginant ant terpės su 0,1 µM **1** junginio, tačiau ant terpės su 100 µM šio junginio vienam augalui tenkantis lapų kiekis sumažėjo maždaug per pusę (palyginti tiek su kontrole,

**5 lentelė.** 1 junginio skirtingų koncentracijų poveikis rapsų organogenezėi *in vitro* MS terpėje

| Biometriniai rodikliai  |                   | Junginio koncentracija, $\mu\text{M}$ |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                         |                   | 0 (kontrolė)                          | 0,1               | 1                 | 10                | 100               |
| Ūglio aukštis, cm       | Vidurkis $\pm$ SE | 8,44 $\pm$ 0,35                       | 8,87 $\pm$ 0,33   | 9,44 $\pm$ 0,59   | 8,88 $\pm$ 0,45   | 6,20 $\pm$ 0,41   |
|                         | %                 | 100                                   | 105,0             | 111,8             | 105,2             | 73,4***           |
| Hipokotilio aukštis, cm | Vidurkis $\pm$ SE | 7,66 $\pm$ 0,32                       | 8,01 $\pm$ 0,23   | 9,44 $\pm$ 0,59   | 8,12 $\pm$ 0,47   | 5,93 $\pm$ 0,41   |
|                         | %                 | 100                                   | 104,6             | 111,4             | 106,1             | 77,5**            |
| Šaknies ilgis, cm       | Vidurkis $\pm$ SE | 11,22 $\pm$ 0,76                      | 12,77 $\pm$ 0,90  | 13,43 $\pm$ 1,04  | 13,40 $\pm$ 1,16  | 15,38 $\pm$ 0,95  |
|                         | %                 | 100                                   | 113,7             | 119,6             | 119,4             | 137,0**           |
| Lapų kiekis, vnt.       | Vidurkis $\pm$ SE | 4,67 $\pm$ 0,20                       | 12,77 $\pm$ 0,90  | 5,27 $\pm$ 0,32   | 13,40 $\pm$ 1,16  | 2,58 $\pm$ 0,15   |
|                         | %                 | 100                                   | 117,9*            | 112,9             | 13,40 $\pm$ 1,16  | 55,4***           |
| Augalo masė, g          | Vidurkis $\pm$ SE | 0,291 $\pm$ 0,016                     | 0,283 $\pm$ 0,014 | 0,278 $\pm$ 0,014 | 0,211 $\pm$ 0,009 | 0,026 $\pm$ 0,002 |
|                         | %                 | 100                                   | 97,5              | 95,6              | 72,6***           | 8,8***            |

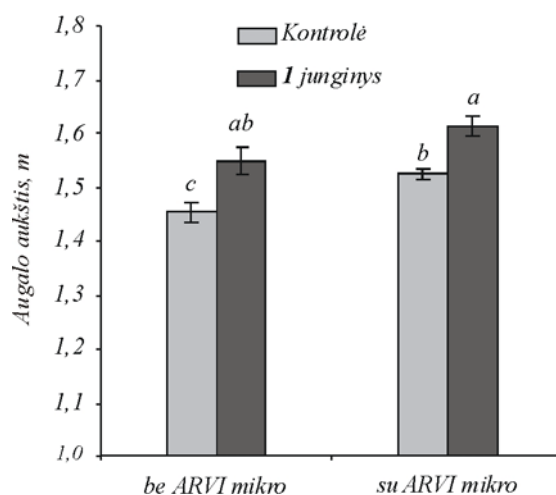
Pastaba: % pateikti kontrolės atžvilgiu. Nuo kontrolės patikimai besiskiriantys vidurkiai (pagal Welcho *t* testą) pažymėti: \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001.

ties su mažesnėmis tirtomis 1 junginio koncentracijomis). Ypač stiprų slopinamą poveikį didesnės 1 junginio koncentracijos darė augalo masei. Augalo masė buvo ~30 % mažesnė jau ant terpės su 10  $\mu\text{M}$  šio junginio, o ant terpės su 100  $\mu\text{M}$  1 junginio augalo masė sumažėjo net ~90 %, palyginus su kontrole. Intensyvesnis šaknies augimas bei antžeminės dalies augimo slopinimas rodo, kad 1 junginio poveikis yra panašus į žinomo fitohormono abscizo rūgšties (ABR) poveikį [31].  $\beta$ -Alanino dariniai, kaip ir ABR, dalyvauja augalo osmoprotekcijoje: pirmieji stabilizuoja augalo baltymus ir membranas [13], o ABR yra laikomas pagrindiniu osmoprotekcinio atsako reguliatoriumi augalo ląstelėse [12]. Taigi nors *in vitro* sąlygomis 1 junginys ir slopino biomasės augimą, bet lauko sąlygomis, kai augalas realiai susiduria su tokiais stresiniais veiksniais kaip drėgmės trūkumas, šis augimo reguliatorius gali daryti ir teigiamą, augimą skatinantį poveikį. Toks poveikis lauko bandymuose jau buvo nustatytas ABR atveju [32]. Taip pat žinoma, kad dėl rapsų aukščio sumažinimo gali netgi padidėti derlius, kadangi žemesni augalai yra atsparesni išgulimui (tam taip pat svarbi ir gerai išsivysčiusi šaknų sistema) [33].

**RAPSŲ AUGINIMAS LAUKO SĄLYGOMIS.** Atlikus rapsų auginimo bandymus lauko sąlygomis, paaiškėjo, kad 1 junginys skatina rapsų augimą ir didina sėklų derlių. Papildomas vasarinių rapsų lapų tręšimas kartu veikiant ir 1 junginiu darė statistiškai patikimą teigiamą poveikį rapsų biometriniais rodikliais (1 pav.).

Vasarinius rapsus apipurškus 1 junginio tirpalu, augalai užaugo 6,5 % aukštesni, o drauge panaudojus ARVI mikro trąšų ir 1 junginio tirpalus, rapsai užaugo 11 % aukštesni, palyginus su kontroliniuose laukeliuose augusiais augalais (1 pav.).

Vidutiniai 2007–2009 m. bandymų duomenys parodė, kad rapsų daigus apipurškus 1 junginio 380  $\mu\text{M}$  tirpalu, rapsai išaugino 7,3 % daugiau pirminių šakų. Papil-



**1 pav.** 1 junginio poveikis rapsų aukščiui 2009 m. Tarpusavyje patikimai besiskiriantys vidurkiai (pagal Welcho *t* testą; *P* < 0,05) pažymėti skirtingomis raidėmis

domo tręšimo ARVI mikro trąšomis ir 1 junginio paveikti augalai šakojosi dar intensyviau ir išaugino net 16,4 % daugiau pirminių šakų, palyginus su papildomai netręštais augalais (6 lent.). Antrinių šakų kiekio padidėjimas naudojant vien 1 junginį arba drauge 1 junginį ir mikroelementines trąšas buvo labai panašus (atitinkamai 75 ir 70 % daugiau antrinių šakų, palyginti su tik NKP (fonas) tręštais augalais).

Ankštųjų kiekis ant augalo atskirais tyrimų metais skyrėsi, tačiau dėl papildomo tręšimo išlieka ankštųjų formavimosi didėjimo tendencija tiek rapsus apipurškiant tik 1 junginio, tiek mikroelementinių trąšų ir 1 junginio tirpalais (6 lent.). Taip patręšti rapsai užmezgė ir užaugino atitinkamai 36,2 ir 45,9 % ankštųjų ant vieno augalo daugiau, palyginti su papildomai netręštais augalais.

6 lentelė. 1 junginio įtaka vasarinių rapsų biometriniais rodikliais lauko bandymuose

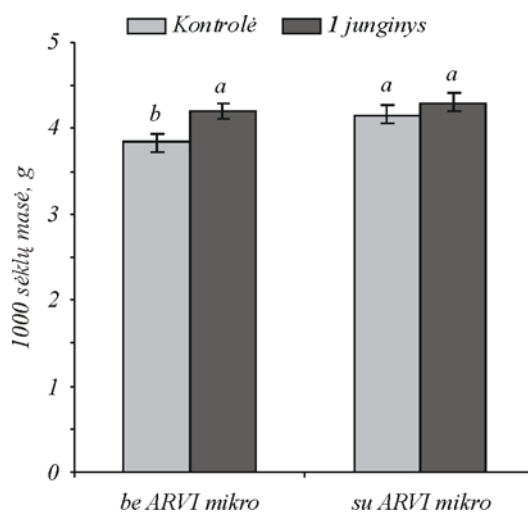
| Bandymo sąlygos                                           |           |                 | Augalo biometrinis rodiklis              |       |                                          |       |                                          |       |                                      |       |
|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------------------------------|-------|------------------------------------------|-------|------------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|
| tręšimas                                                  | metai     | K<br>J          | vidutinis augalo<br>pirminių šakų kiekis |       | vidutinis augalo<br>antrinių šakų kiekis |       | vidutinis ankštarių<br>kiekis ant augalo |       | vidutinis sėklų kiekis<br>ankštaroje |       |
|                                                           |           |                 | vnt.                                     | %*    | vnt.                                     | %*    | vnt.                                     | %*    | vnt.                                 | %*    |
| be<br>mikro-<br>elementinių<br>trąšų                      | 2007      | K<br>1          | 5,4<br>5,7                               | 105,6 | 4,5<br>5,0                               | 111,1 | 156<br>161                               | 103,2 | 20,8<br>21,5                         | 103,4 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,43                                     |       | 0,45                                     |       | 10,18                                    |       | 1,06                                 |       |
|                                                           | 2008      | K<br>1          | 5,1<br>5,2                               | 102,0 | 0,9<br>1,9                               | 211,1 | 110,6<br>149,4                           | 135,1 | 19,9<br>20,4                         | 102,5 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,45                                     |       | 0,30                                     |       | 9,30                                     |       | 0,34                                 |       |
|                                                           | 2009      | K<br>1          | 6,2<br>7,0                               | 112,9 | 3,1<br>7,9                               | 254,8 | 134,8<br>236,2                           | 175,2 | 24,5<br>25,8                         | 105,3 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,35                                     |       | 0,40                                     |       | 11,31                                    |       | 1,27                                 |       |
|                                                           | 2007–2009 | K<br>1          | 5,5<br>5,9                               | 107,3 | 2,8<br>4,9                               | 175,0 | 133,8<br>182,2                           | 136,2 | 21,7<br>22,60                        | 104,2 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,29                                     |       | 0,24                                     |       | 7,60                                     |       | 1,11                                 |       |
| su<br>mikro-<br>elementinėmis<br>(ARVI mikro)<br>trąšomis | 2007      | K<br>1          | 5,5<br>5,7                               | 103,6 | 5,2<br>5,3                               | 101,9 | 153<br>191                               | 124,8 | 21,3<br>21,5                         | 100,9 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,43                                     |       | 0,45                                     |       | 10,18                                    |       | 1,06                                 |       |
|                                                           | 2008      | K<br>1          | 4,9<br>5,2                               | 106,1 | 1,1<br>1,8                               | 163,6 | 99,4<br>119,9                            | 120,1 | 20,4<br>20,4                         | 100,0 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,45                                     |       | 0,30                                     |       | 9,30                                     |       | 0,34                                 |       |
|                                                           | 2009      | K<br>1          | 6,5<br>8,3                               | 127,7 | 99,4<br>119,9                            | 120,1 | 193,6<br>339,8                           | 175,5 | 25,6<br>25,5                         | 99,6  |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,35                                     |       | 9,30                                     |       | 11,31                                    |       | 1,27                                 |       |
|                                                           | 2007–2009 | K<br>1          | 5,6<br>6,4                               | 116,4 | 4,2<br>7,1                               | 170,0 | 148,7<br>216,9                           | 145,9 | 22,4<br>22,5                         | 100,2 |
|                                                           |           | R <sub>05</sub> | 0,29                                     |       | 0,24                                     |       | 7,60                                     |       | 1,11                                 |       |

K – kontrolė; J – junginys; \*palyginus su kontroliniu variantu.

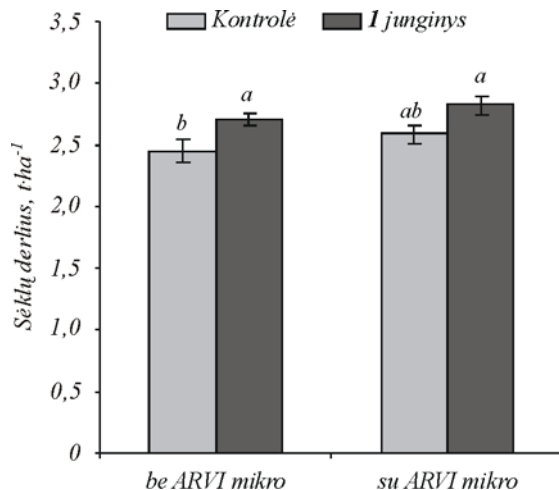
Daugiausia sėklų ankštaroje vasariniai rapsai subrandino bandymo laukeliuose, kuriuose augalai buvo apipurkšti 1 junginio tirpalu. Dėl šio junginio poveikio ankštaroje subrendo vidutiniškai 4,2 % sėklų daugiau nei kontroliniuose laukeliuose augusių augalų ankštaroje. Tačiau skirtumas nuo kontrolės buvo statistiškai nepatikimas.

Remiantis trejų metų bandymo vidutiniais duomenimis, galima daryti išvadą, kad papildomai per lapus vasarinius rapsus patręšus 1 junginio tirpalu, augalai išaugino daugiau pirminių ir antrinių šakų bei ankštarių. Sėklų skaičiui ankštaroje 1 junginys statistiškai patikimo poveikio nedarė, tačiau 9,4 % padidino 1000 sėklų masę (patikimas skirtumas su kontroliniu variantu, kai buvo tręšimas vien foninis) (2 pav.).

Vidutinį trejų metų vasarinių rapsų sėklų derlių 1 junginys, palyginti su vien foniniu tręšimu, padidino 10,8 %, o naudojant 1 junginį ir mikroelementines trąšas kartu, derlius padidėjo 15,2 % (abiems atvejais gautas patikimas skirtumas, palyginti su kontrole; 3 pav.). Vien mikroelementinės trąšos nedarė statistiškai patikimo poveikio rapsų sėklų derliui.



2 pav. 1 junginio poveikis rapsų sėklų masei 2009 m. Tarpusavyje patikimai besiskiriantys vidurkiai (pagal Welcho *t* testą;  $P < 0,05$ ) pažymėti skirtingomis raidėmis



3 pav. 1 junginio poveikis vasarinių rapsų sėklų derliui 2007–2009 m. Tarpusavyje patikimai besiskiriantys vidurkiai (pagal Welcho *t* testą;  $P < 0,05$ ) pažymėti skirtingomis raidėmis

Dėl 1 junginio poveikio padidėję augalų vystymosi rodikliai (pirminių ir antrinių šakų bei vaisių – ankštarių kiekis) daugiausia sutampa su tais rodikliais, kuriuos Abraham *et al.* [32] aprašytame bandyme padidino osmoprotekciją reguliuojantis hormonas ABR. Nustatytas rapsų derliaus padidėjimas dėl 1 junginio poveikio buvo panašaus dydžio (~10 %) kaip tas, kurį analogiškuose bandymuose lėmė tirti augimo hormono giberelino sintezės inhibitoriai dimetilmorfolino chlorido darinys 17-DMC [34] ir metkonazolis [35].

Su N-pakeistais β-aminorūgščių dariniais eksperimentiniuose laukeliuose atlikti tyrimai parodė, kad 1 junginys pasižymi ir teigiamu poveikiu rapsų sėklų kokybei, sumažindamas sėklose procentinį priemaišų, tokių kaip ląsteliena ir pelenai, kiekį [20]. Taigi 1 junginys yra perspektyvus tolesniems tyrimams ir praktiniam pritaikymui. Reikėtų ieškoti ir naujų cheminių junginių su potencialiomis osmoprotekciniomis savybėmis, kadangi klimato kaitos ir galimų gamtos anomalijų sąlygomis kultūrinių augalų apsauga nuo stresinių veiksnių yra labai svarbus uždavinys.

## Išvados

1. Nustatyta, kad darbe tirti β-alanino dariniai, išskyrus N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druską, slopino rapsų (veislė *Lisora*) šaknų augimą daiginant *Petri* lėkštelėse. Kultivuojant rapsų sėklas agarizuotoje maitinamojoje terpėje mėgintuvėliuose, nustatyta, kad ant terpės su 10 μM N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska išaugusios šaknys taip pat buvo ilgesnės nei ant maitinamųjų terpių su kitais tirtais junginiais.
2. Nustatyta, kad rapsų sėklas (veislė *Lisora*) kultivuojant maitinamojoje agarizuotoje MS terpėje su 100 μM N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska sumažėjo vidutinis ūglio aukštis ir lapų kiekis, bet 37 % padidėjo vidutinis šaknies ilgis.

3. Lauko bandymų metu, 2 kartus iki žydėjimo apipurškus rapsus (veislė *Land Mark*) 380 μM N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos tirpalu, augalai intensyviau šakojosi, t. y. padaugėjo pirminių ir antrinių šakų bei išaugo daugiau ankštarių. Vidutinis trejų metų rapsų sėklų derlius dėl šio junginio poveikio taip pat patikimai išaugo. Įvertinta vasarinių rapsų 1000-čio sėklų masė ir nustatyta, kad dėl minėtos natrio druskos įtakos ji padidėjo 9,4 %, o vidutinis trejų metų sėklų derlius – 10,8 %. Dar didesnis sėklų derlius gautas kartu su šiuo junginiu naudojant mikroelementines trąšas (ARVI mikro): derlius padidėja 15,2 %, palyginus su kontroliniu variantu.

## Literatūra

1. Liakas V., Malinauskas D., Šiuliauskas A. // Žemės ūkio mokslai. 2006. Nr. 2. P. 18–23.
2. Šiuliauskas A., Liakas V., Malinauskas D. // Žemės ūkio mokslai. 2003. Nr. 4. P. 69–74.
3. Velička R. Rapsai. Kaunas, 2002.
4. Velička R. // Žemės ūkio mokslai. 2002. Nr. 1. P. 27–39.
5. Velička R., Marcinkevičienė A., Rimkevičienė M., Trečiokas K. // Žemės ūkio mokslai. 2007. T. 14, Nr. 2. P. 31–39.
6. Šidlauskas G., Bernotas S. // Žemės ūkio mokslai. 2003. Nr. 2. P. 49–59.
7. Finck A. Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemic, 1982.
8. Kazlauskienė D., Gavelienė V., Novickienė L. // Biologija. 2006. Nr. 2. P. 85–88.
9. Kazlauskienė D., Gavelienė V., Novickienė L. // Biologija. 2008. Vol. 54, Nr. 4. P. 79–282.
10. Gavelienė V., Novickienė L., Miliuvienė L., Brazauskienė I., Kazlauskienė D. // Agron. Res. 2005. Vol. 3, N 1. P. 9–19.
11. Jakienė E., Venskutonis V. Augimo reguliatoriai augalininkystėje. Akademija, 2008.
12. Srivastava L. M. Plant Growth and Development: Hormones and Environment. San Diego, 2002.
13. Hanson A. D., Rathinasabapathi B., Rivoal J., Burnet M., Dillon M. O., Gage D. A. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1994. Vol. 91. P. 306–310.
14. Spiteller P., Nussbaum von F. // Enantioselective synthesis of β-amino acids / edited by E. Juaristi and V. A. Soloshonok. – 2nd edn. New Jersey, 2005.
15. Rathinasabapathi B. // Annals of Botany. 2000. Vol. 86. P. 709–716.
16. Raman S. B., Rathinasabapathi B. // Plant Physiol. 2003. Vol. 132. P. 1642–1651.
17. Kazlauskas E., Šlapauskas V. A., Beresnevičius Z. J., Tumosienė I. // Biologija. 2007. Vol. 53. Nr. 2. P. 13–15.
18. Jakienė E., Malinauskaitė R. // Žemės ūkio mokslai. 2002. Nr. 2. P. 29–34.
19. Burbulis N., Malinauskaitė R., Sliesaravičius A. // Žemės ūkio mokslai. 2003. Nr. 4. P. 32–37.
20. Žiaukienė D., Jonušienė I., Burbulis N., Mickevičius V. // Cheminė technologija. 2009. Nr. 4 (53). P. 5–10.
21. Kane M. E., Gilman E. F. // J. Aquat. Plant Manage. 1991. Vol. 29. P. 29–32.
22. Цыганкова В. А., Блюм Я. Б. // Биополимеры и клетка. 1997. T. 13, № 6. С. 484–492.

23. **Bartkevičiūtė R., Mickevičius V., Jonuškienė I., Sinkevičiūtė A.** // Cheminė technologija. 2007. Nr. 1 (43). P. 51–56.
24. **Beresnevičius Z. J.** N-Aril-,N-heterociklil-β-alaninai, aspargino rūgštys ir heterocikliniai junginiai jų pagrindu (daktaro disertacija). Kaunas, 1989.
25. **Mickevičius V.** N-Aril-β-alaninai, jų ciklizacija ir gautų produktų savybės (daktaro disertacija). Kaunas, 1997.
26. **Bhojwani S. S., Razdan M. K.** Plant Tissue Culture: Theory and Practice. Amsterdam, 1996.
27. **Slapšytė G., Paulauskas A., Morkūnas V.** Genetikos praktikumas. Vilnius, 2000.
28. **Welch B. L.** // Biometrika. 1947. Vol. 34(1–2). P. 28–35.
29. **Diepenbrock W.** // Raps. 1999. Vol. 4. P. 166–169.
30. **Tarakanovas P., Raudonius S.** Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas *ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT* iš paketo *SELEKCIJA* ir *IRISTAT*. Akademija, 2003.
31. **Malladi A., Burns J. K.** // Hort Science. 2007. Vol. 42(5). P. 1113–1117.
32. **Abraham S. S., Jaleel C. A., Chang-Xung Z., Soma-sundaram R., Azooz M. M., Manivannan P., Panne-erselvam R.** // Global Journal of Molecular Sciences. 2008. Vol. 3(2). P. 57–66.
33. **Armstrong E. L., Nicol H. I.** // Aust. J. Exp. Agr. 1991. Vol. 31(2). P. 245–250.
34. **Miliuvienė L., Novickienė L.** // Biologija. 2004. Nr. 1. P. 45–47.
35. **Pits N., Kubacki K., Tys J.** // Int. Agrophys. 2008. Nr. 22. P. 67–70.

D. Žiaukienė, Z. Brazienė, E. Jakienė, V. Mickevičius

# INFLUENCE OF β-ALANINE DERIVATIVES ON THE GROWTH PARAMETERS OF NON-OVERWINTERING OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS* L.) PLANTS

## S u m m a r y

This research was aimed at investigating the effects of some not naturally found β-alanine derivatives on the growth parameters of non-overwintering oilseed rape (*Brassica napus* L.) plants *in vitro* and *in vivo*, including also field experiments. The five investigated β-alanine derivatives – N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)-β-alanine sodium salt, N-(2-pyridinyl)-β-alanine sodium salt, 3,3'-{[1-(2-carboxyethyl)-4-oxo-1,2,3,4-tetrahydroquinoline-7-yl]imino}dipropanoic acid, 2-(quinoline-3-ylamino)succinic acid, and 3-(3-benzoxazolonyl)propanoic acid sodium salt – were synthesized at the Department of Organic Chemistry of the Kaunas University of Technology. These chemical compounds 10 μM each were applied when *B. napus* (var. *Lisora*) seeds were germinated on the filter paper in Petri dishes and when the seeds were germinated on the nutrient MS medium *in vitro*. One β-alanine derivative was selected out of the five for the further research since this derivative – N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)-β-alanine sodium salt, – in contrast to the others, had no negative influence on root growth in Petri dishes and even promoted root growth *in vitro*. Testing the effect of different concentrations (ranging from 0.1 μM to 100 μM) of N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)-β-alanine sodium salt on *B. napus* seedling growth *in vitro* demonstrated that the most pronounced effect on growth parameters of this β-alanine derivative was observed at 100 μM; it significantly decreasing the characteristic parameters of above-ground growth (such as shoot length and leaf number) but increasing root length. In field experiments, N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)-β-alanine sodium salt in *B. napus* (var. *Land Mark*) increased the number of primary and secondary branches as well as the number of siliques. The average seed yield after treating with N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)-β-alanine sodium salt increased by 10.8%.



DOI: 10.5755/j01.ct.56.3-4.16410