

## N-(4-Metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) derliaus kokybei

**Z. Brazienė**

LAMMC filialas Rumokų bandymų stotis,  
Klausučiai, LT-70462 Vilkaviškio r., Lietuva

**E. Jakienė**

Aleksandro Stulginskio universitetas,  
Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r.

**D. Žiaukienė, V. Mickevičius**

Kauno technologijos universitetas,  
Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas, Lietuva  
El. paštas [ziaukiened@yahoo.com](mailto:ziaukiened@yahoo.com)

**crossref** <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.59.1.1529>

Gauta 2012 m. vasario 24 d.; priimta spaudai 2012 m. kovo 15 d.

Atlikti N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos poveikio *Land Mark* veislės rapsų sėklų derliui ir kokybei tyrimai lauko sąlygomis (2007–2009 m.) ir konstatuota, kad šis junginys padidino vidutinį trejų metų rapsų derlių ir pagerino maistines sėklų savybes, sumažindamas gliukozinolatų ir eruko rūgšties kiekius. Tyrimais įrodyta, kad N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska yra efektyvus rapsų augimo reguliatorius ir gali būti naudojamas pramoniniu mastu. Šio junginio augalų augimą reguliuojantis poveikis sietinas su jam būdingomis osmolitų savybėmis.

### Įvadas

Rapsai (*Brassica napus* L.) – bastutinių šeimos priklausantys augalai – vieni pagrindinių aliejinių augalų, auginamų Lietuvoje. Per pastaruosius penkerius metus jų derlius šalyje išaugo nuo 169,6 iki 416,7 tūkst. tonų [1]. Rapsų sėklose gausu baltymų, svarbūs ir jų riebalai (aliejus). Aliejaus kokybę lemia riebalų rūgščių sudėtis [2]. Rapsų sėklose vyrauja nesočiosios riebalų rūgštys, didžiausią jų dalį (apie 70 %) sudaro oleino rūgštis [3]. Rapsų aliejuje linolo ir linoleno polinesočiųjų rūgščių dažniausiai yra 20–44 % bendrojo riebalų rūgščių kiekio. Nesočiųjų riebalų rūgščių sudėtyje randami ir nedideli eikozeno rūgšties kiekiai, o rapsų aliejuje esanti eruko rūgštis gali sukelti neigiamą poveikį sveikatai [4]. Riebalų rūgščių santykio kitimai rapsų populiacijose dažnai priklauso nuo aplinkos veiksnių, todėl augalų selekcijoje taikomi biotechnologiniai metodai, kurie sumažina darbų apimtį (arba sutrumpina rapsų selekciją) [2, 5, 6].

Rapsų sėklose esančių gliukozinolatų kiekis priklauso nuo auginimo sąlygų [7, 8]. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys metabolitų kitimą rapsuose, yra: vystymosi tarpsniai, maistinės medžiagos, abiotinis ir biotinis stresas. Gliukozinolatų kiekis ir sudėtis rapsuose kinta keičiantis dirvožemio rūgštingumui, temperatūrai [9], trūskiant vandens ar augalams sergant įvairiomis ligomis [7, 8, 10]. Gliukozinolatų bei kitų metabolitų kiekis rapsuose priklauso ir nuo to, kokiais cheminiais junginiais jie buvo veikiami vegetacijos periodu.

Selekcininkai šiuo metu jau siūlo 000 veisles, kur trečiasis 0 rodo šviesią sėklų spalvą ir nedidelį ląstelių

kiekį [6]. Tokio tipo rapsų veislių sėklose nėra arba yra mažai eruko rūgšties (iki 2 %) ir gliukozinolatų (iki 20 μmol g<sup>-1</sup>), tačiau daugiau riebalų. Augalų selekcijoje, šalia tradicinių metodų, vis dažniau taikomi ir naujesni pasiekimai augalų biotechnologijos srityje: somatinių audinių kultūra, dulkinų kultūra, mikrosporų kultūra, genų inžinerija ir kiti. Nauji metodai leidžia išspręsti daug augalų pagerinimo uždavinių [5], paspartinti selekcijos procesą ir sumažinti darbo apimtį [2, 11], juolab kad augalų selekcininkai kelia sau naujus tikslus sukurti veisles, pasižyminčias kitomis pagerintomis ir naujomis kokybinėmis savybėmis, svarbiomis pramonėje, žmonių ir gyvūnų mityboje [12].

Rapsų derlingumui didinti naudojamos mineralinės [13], ypač azoto, trąšos. Literatūroje išsamiai aprašyta azoto trąšų įtaka riebalų ir žaliųjų baltymų kiekiui rapsų sėklose [14, 15]. Rapsų augimui yra būtini azotas, fosforas, kalis, kalcis, siera, boras. Net nedidelis šių medžiagų trūkumas sumažina sėklų derlių ir pablogina jų kokybę [16]. Trąšų įtaka pastebima biologiniuose, morfologiniuose bei fenologiniuose augalų pokyčiuose [10, 17]. Augalai mineralines medžiagas geriau pasisavina, jei trąšose jos yra kompleksuose su organinėmis rūgštimis ir kitais organiniais junginiais [13]. Ne visos agronominės priemonės, taikomos didesniai sėklų derliui užauginti, gerina jo kokybę, todėl svarbu nustatyti ir įvertinti veiksnius, lemiančius rapsų sėklų cheminę sudėtį [18].

Pasaulyje, taip pat Lietuvoje, plačiai tiriama sintetinių augimo reguliatorių įtaka daugeliui žemės ūkio augalų. Literatūroje yra duomenų, kad augalų augimo procesus galima kontroliuoti, naudojant junginius, kurie nėra

fitohormonai, bet veikia kaip jų analogai [19–21]. Mokslininkai tyrė augsino fiziologinių analogų – kalcio 4-(2-chloretoksikarbonilmetil)-1-naftalensulfonato – (TA-12 (2 mM)) ir 1-naftiletano rūgšties  $\omega$ -trialkilamonoalkil-esterio druskos (TA-14 (4 mM)) įtaką vasarinių rapsų žydėjimui ir reproduktyvinių organų formavimuisi. Buvo nustatyta, kad TA-12 indukuoja žiedų užuomazgų formavimą, žiedų ir ankštarių anatominių bei morfologinių struktūrų susidarymą, sutrumpina žydėjimo trukmę, padidina augalų ankštarių skaičių [19, 20]. Žieminių rapsų tyrimuose nustatyta, kad TA-14 lėmė rapsų šaknies kaklelio audinių pakitimais ir 8–20 % padidino monosacharidų kiekį. Tai rodo, kad augalai geriau pasiruošia žiemoti. Pastebėta, kad dėl TA-12 ir TA-14 junginių poveikio nepageidaujamų gliukoziolatų kiekis sėklose sumažėjo 6–12 % [21].

Ankstesniuose tyrimuose [22] naudota N-pakeistų  $\beta$ -aminorūgščių pramoniniams-gamybiniais bandymams atrinkta N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druska. Pirminiuose bandymuose pastebėta, kad šis junginys teigiamai veikė ne tik rapsų augimą ir sėklų derlių, bet ir rapsų sėklų kokybę, sumažindamas sėklose ląstelienos ir pelenų priemaišų procentinį kiekį [23]. Dėl minėto junginio poveikio rapsų derlius padidėjo beveik tiek pat – ~10 %, kaip ir analogiškuose bandymuose su augimo hormono giberelino sintezės inhibitoriais 17-DMC [24] ir metkonazoliu [25].

Šio darbo tikslas – nustatyti N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druskos, mikroelementinių trąšų įtaką rapsų derliui ir jo kokybei.

## Medžiagos ir tyrimų metodikos

*VASARINIŲ RAPSŲ AUGINIMAS LAUKO SĄLYGOMIS.* Lauko bandymuose auginti *Land Mark* veislės vasariniai rapsai. Bandymai vykdyti LAMMC filiale Rumokų bandymų stotyje 2007–2009 m. pagal tokią tyrimo schemą [26]:

1. **Kontrolinis variantas:** 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 + augalus apipurškiant 200 l ha<sup>-1</sup> 380  $\mu$ M koncentracijos N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druskos tirpalu 2 kartus iki žydėjimo.
3. **ARVI mikro trąšos:** F + augalus apipurškiant 200 l ha<sup>-1</sup> ARVI mikrotrąšų (2 lent.) tirpalu (6 litrai ARVI mikrotrąšų ir 194 litrai vandens) 2 kartus iki žydėjimo.
4. **Junginys 1 + ARVI mikrotrąšos:** F + augalus apipurškiant 200 l ha<sup>-1</sup> 380  $\mu$ M koncentracijos N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druskos tirpalo, kuriame yra 6 litrai ARVI mikrotrąšų, mišiniu 2 kartus iki žydėjimo.

Atliekant tyrimus lauko sąlygomis yra naudojamas didesnis kiekis tiriamos medžiagos, nes sunkiau kontroliuoti tyrimo sąlygas.

**1 lentelė.** „ARVI mikro“ mikroelementinių trąšų sudėtis

Mikroelementas	Kiekis, %
Bendrasis azotas (N)	14,0
Amonio azotas (NH <sub>4</sub> -N)	14,0
Magnis (MgO)	5,3
Siera (S)	19,5
Manganas (Mn)	0,117
Varis (Cu)	0,1
Cinkas (Zn)	0,067
Boras (B)	0,017
Molibdenas (Mo)	0,003

Dirvožemis – paprastasis sekliai glėjiškas išplautžemis (*Epihypogleyic Luvisols*).

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

Sėklų mėginiai cheminei analizei buvo imami derlių nuėmus ir iškūlus. Tyrimams naudoti neapdorotų – nemaltų, sveikų, sėklų mėginiai. Rapsų sėklų cheminės ir biocheminės sudėties analizė (baltymų, riebalų, gliukoziolatų, riebalų rūgščių kiekiai) atlikta kompiuterizuota infraraudonųjų spindulių (NIR) analitine sistema PSCO/ISI IBM-PC 4250 (Pacific Scientific, USA) pagal duomenų bankų kalibruotes [27]. Bandiniai, skirti duomenų bankui, išanalizuoti referentiniais ir cheminiais metodais.

Bandymo rezultatai statistiškai įvertinti dispersinės analizės metodu, naudojantis kompiuterine programa ANOVA [28].

## Rezultatai ir jų aptarimas

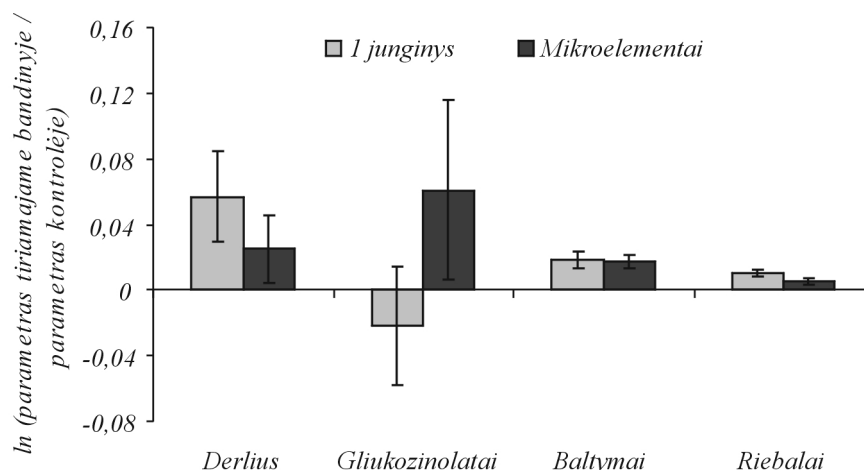
Trejų metų cheminių medžiagų poveikio rapsų sėklų derliui, baltymų, riebalų ir gliukoziolatų kiekiui sėklose tyrimų rezultatai pateikti 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Rapsų sėklų derlius ir svarbiausi sėklų biocheminiai komponentai skirtingais papildomo tręšimo deriniais paveiktuose variantuose

Parametras	Metai	Kontrolinis variantas	ARVI mikrotrašos	1 junginys	1 junginys + Arvi mikrotrašos	$R_{05}$
Sėklų derlius, $t\ ha^{-1}$	2007	2,48	2,53	2,67	2,77	0,156
	2008	4,23	3,95	3,95	4,08	
	2009	2,42	2,63	2,74	2,87	
Baltymai, %	2007	31,93	32,59	32,58	33,01	0,568
	2008	33,22	33,16	33,21	33,93	
	2009	33,32	34,30	34,45	35,04	
Riebalai, %	2007	34,46	34,57	34,64	34,75	0,253
	2008	39,21	39,04	39,54	39,85	
	2009	38,29	38,73	38,74	39,17	
Gliukozinolatai, $\mu mol\ g^{-1}$	2007	11,54	12,13	10,81	10,91	0,195
	2008	5,84	7,79	6,73	7,72	
	2009	11,40	10,53	10,64	10,26	

2008 m. kontroliniame variante gautas derlius buvo kur kas didesnis nei kitais tyrimų metais ir šiuo atveju tiek 1 junginys, tiek mikroelementinės trąšos derlių netgi šiek tiek sumažino. Tuo tarpu 2007 m. ir 2009 m. pastebėta derliaus didėjimo tendencija – derlių didino tiek 1 junginys, tiek mikroelementines trąšas, tačiau 1 junginio poveikis buvo stipresnis negu mikroelementų. Bet didžiausias derlius, palyginus su kontrole, gautas 1 junginį ir mikroelementines trąšas naudojant kartu. Pastebėta, kad 2008 m., kai buvo gautas didžiausias derlius, gliukozinolatų kiekis sėklose buvo maždaug dvigubai

mažesnis nei 2007 m. ar 2009 m. Abejais pastaraisiais metais gliukozinolatų kiekis, palyginus su kontroliniu variantu, sumažėjo dėl 1 junginio poveikio, nors 2008 m. šis junginys gliukozinolatų kiekį padidino. Tuo tarpu mikroelementai gliukozinolatų kiekį sumažino tik 2009 m., o 2008 m. padidino net 33,4 %. Baltymų kiekis kontroliniame variante atskirais metais skyrėsi sąlyginai nedaug: nuo 31,93 % (2007 m.) iki 33,32 % (2009 m.). Tuo tarpu riebalų kiekis 2007 m. (34,46 %) buvo pastebimai mažesnis nei 2008 m. ar 2009 m. (atitinkamai 39,21 ir 38,29 %).



**1 pav.** Papildomo apdorojimo 1 junginiu ir mikroelementinėmis trąšomis poveikio rapsų sėklų derliui ir svarbiausiems sėklų biocheminiams komponentams palyginimas (vidutiniai 2007–2009 m. duomenys)

Iš 1 paveiksle parodyto 1 junginio ir mikroelementų vidutinio poveikio anksčiau minėtiems parametrams matyti, kad didžiausią įtaką šios cheminės priemonės turėjo derliaus dydžiui ir gliukozinolatų kiekiui. Vidutinis mikroelementų poveikis derliaus dydžiui buvo teigiamas, bet jie padidino ir gliukozinolatų kiekį sėklose. Tuo tarpu dėl 1 junginio poveikio, palyginus su mikroelementų įtaka, derlius užaugo didesnis, o gliukozinolatų, nors ir

nežymiai, susidarė mažiau. 1 junginys ir mikroelementai turėjo labai panašios (sąlyginai nedidelės) vertės teigiamą poveikį baltymams. Riebalų atžvilgiu abiejų papildomam tręšimui naudotų medžiagų poveikio stiprumas buvo dar mažesnis, bet 1 junginio pranašumas prieš mikroelementus čia buvo ryškesnis. Apskritai, vertinant papildomo tręšimo poveikio vidutines vertes ir paklaidas, pastebėta, kad naudotų medžiagų įtaka baltymams ir riebalams buvo

nors ir nedidelė, tačiau sąlyginai stabili (kitaip nei gliukozinolatų atveju).

Rapsų sėklų riebalų rūgščių sudėtis, esant skirtingiems papildomo tręšimo variantams, pateikta 3 lentelėje. Mažiausiai skirtingais metais kito sočiųjų riebalų rūgščių – palmitino bei stearino – kiekiai (stearino rūgšties dalis tarp riebalų rūgščių visais metais ir visuose bandymo variantuose buvo vienoda – 0,87 %), tuo tarpu visų tirtų nesočiųjų rūgščių santykiniai kiekiai buvo kur kas

didesni. Vertinant linolo ir eikozeno rūgščių kiekį atskirais metais pastebėtas tam tikras dėsningumas (ypač ryškus kontroliniame variante): kuo mažesnis buvo linolo rūgšties kiekis (2007 m. – 12,54 %, 2009 m. – 7,36 %), tuo daugiau susidarė eikozeno rūgšties (2007 m. – 1,84 %, 2009 m. – 3,39 %). Eruko rūgšties sėklose buvo nedaug ir atskirų metų kontroliniuose variantuose kito nuo 0,65 iki 1,26 %.

**3 lentelė.** Rapsų sėklų riebalų rūgščių sudėtis skirtingais papildomo tręšimo deriniais paveiktuose variantuose

Riebalų rūgštis	Metai	Kontrolė	ARVI mikrotrašos	1 junginys	1 junginys + Arvi mikrotrašos	R <sub>05</sub>
Palmitino, %	2007	5,47	5,31	5,44	5,39	0,110
	2008	5,29	5,55	5,45	5,58	
	2009	5,58	5,70	5,64	5,69	
Oleino, %	2007	70,49	70,77	71,29	71,40	1,067
	2008	73,50	74,30	74,74	74,91	
	2009	74,61	74,57	75,22	74,87	
Linolo, %	2007	12,54	12,69	12,64	12,75	0,092
	2008	10,97	9,08	9,27	9,26	
	2009	7,36	6,23	6,84	7,25	
Linoleno, %	2007	7,07	6,66	6,63	6,76	0,039
	2008	6,24	6,77	6,59	6,84	
	2009	7,26	7,56	7,40	7,60	
Eikozeno, %	2007	1,84	2,47	2,33	2,60	0,054
	2008	2,09	2,51	2,22	2,65	
	2009	3,39	3,87	3,56	3,32	
Eruko, %	2007	0,73	0,70	0,88	0,76	0,014
	2008	1,26	0,90	0,84	0,88	
	2009	0,65	0,66	0,22	0,49	

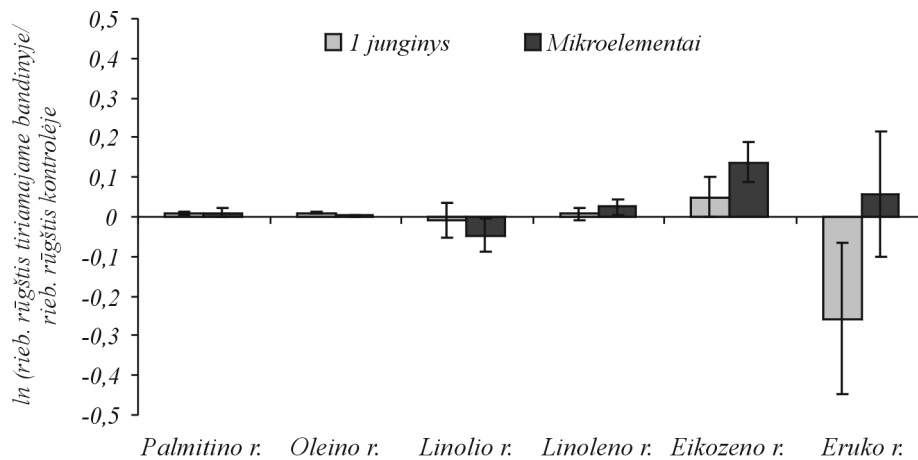
Tokia nedidelė eruko rūgšties kitimo amplitudė susijusi su tirtos rapsų veislės savybėmis. Išvestos aukštos kokybės maistinės rapsų veislės sėklose eruko rūgšties susikaupia ne daugiau nei 2 % bendrojo riebalų rūgščių kiekio. Pavyzdžiui, kitų autorių [29] atliktuose penkių maistinių rapsų veislių tyrimuose eruko rūgšties santykinis kiekis sėklose kito tik nuo 0,15 iki 0,91 %, o rezultatai, gauti ištyrus keletą šimtų skirtingų rapsų genotipų, parodė, kad eruko rūgšties santykinis kiekis kinta nuo 0,3 iki 56,2 % [30]. Šiame darbe nustatyta, kad tirtos cheminės medžiagos didžiausią įtaką turėjo būtent eruko rūgšties kiekiui (2 pav.). Iš gautų tyrimo duomenų matyti, kad eruko rūgšties kiekis variantuose, kuriuose buvo naudotas 1 junginys, atskirų metų bandymuose gana smarkiai skyrėsi, tačiau vidutinis poveikis buvo akivaizdžiai neigiamas, kitaip nei mikroelementų, kurie eruko rūgšties kiekį daugiausia didino. Stabiliausias mikroelementų poveikis riebalų rūgščių sudėčiai pastebėtas eikozeno rūgšties atžvilgiu – šios rūgšties kiekį mikroelementinės trašos didino beveik visuose bandymuose.

Analizuojant apskaičiuotas koreliacijas (4 ir 5 lent.) tarp įvairių šiame darbe vertintų parametrų, pastebėta,

kad itin stipri neigiama koreliacija tarp rapsų sėklų derliaus ir gliukozinolatų kiekio sėklose (5 lent.). Tai rodo, jog derliaus mažėjimas ir gliukozinolatų kiekio didėjimas kiek galima priklauso nuo tų pačių veiksnių. Literatūroje taip pat nurodoma, kad ženkliai didesnius gliukozinolatų kiekius rapsai sukaupia nepalankiomis augimui aplinkos sąlygomis (neigiamai veikiančiomis ir derliaus kiekį), pavyzdžiui, esant drėgmės trūkumui [31] arba dideliame druskingumui [32]. Abu anksčiau minėti veiksniai yra susiję su augalų osmosiniu stresu, t. y. jie sąlygoja tokią situaciją, kai augalo ląstelės dėl aplinkos osmosinio slėgio negeba išsaugoti vandens. Tada augalo gyvybingumui ypač svarbūs gali būti osmolitai – inertiški organiniai junginiai, padedantys išlaikyti vandenį ląstelių viduje ir apsaugantys baltymus (svarbiausia – fermentus) nuo dehidratacijos sukeltamą pažeidimą. Osmosinio streso metu augalai savo ląstelių citoplazmoje kaupia organinius osmolitus, tarp kurių yra prolinas, valinas, izoleucinas, ektoinas, asparto rūgštis, betainas, gliukozė, fruktozė, sacharozė, fruktanai, manitolis, pinitolis ir mioinozitolis [33]. Jie apsaugo fermentus ir membranas nuo žalingo destabilizuojančių jonų (tokių kaip Na<sup>+</sup> ir Cl<sup>-</sup>) poveikio.

Vienas geriausiai žinomų tokių junginių grupės atstovų rapsuose yra aminorūgštis prolinas [34]. Darbe tirtas **1** junginys pasižymi osmolitams, tokiems kaip prolinas,

būdingomis struktūros ypatybėmis – yra bipolis junginys (3 pav.).

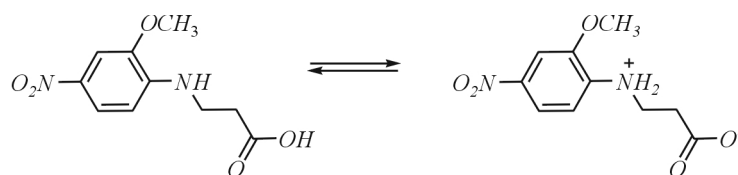


**2 pav.** Papildomo tręšimo **1** junginiu ir mikroelementinėmis trąšomis poveikio rapsų sėklų riebalų rūgščių sudėčiai palyginimas (vidutiniai 2007–2009 m. duomenys)

**4 lentelė.** Koreliacijos tarp derliaus dydžio ir rapsų sėklų biocheminių komponentų koeficientai. Patikimi koreliacijos koeficientai ( $r$ ) pažymėti: \* $t_r \geq t_{0,05}$ ; \*\* $t_r \geq t_{0,01}$

Cheminis komponentas x	Koreliacija tarp			
	derliaus dydžio ir komponento x kiekio sėklose (be <b>1</b> junginio)	derliaus dydžio ir komponento x kiekio sėklose (su <b>1</b> junginio)	<b>1</b> junginio poveikio derliui ir komponentui x <sup>a</sup>	mikroelementų poveikio derliui ir komponentui x <sup>b</sup>
Gliukozinolatai	-0,974**	-0,969**	-0,931**	-0,930**
Baltymai	0,149	-0,020	0,825*	0,920**
Riebalai	0,612	0,661	-0,075	0,916*
Eruko rūgštis	0,910*	0,492	-0,159	0,489

**Pastaba:** <sup>a</sup> – apskaičiuota kaip koreliacija tarp  $\ln(\text{derliaus dydis bandinyje su } \mathbf{1} \text{ junginiu} / \text{derliaus dydis bandinyje be } \mathbf{1} \text{ junginio})$  ir  $\ln(x \text{ kiekis sėklose bandinyje su } \mathbf{1} \text{ junginiu} / x \text{ kiekis sėklose bandinyje be } \mathbf{1} \text{ junginio})$ ; <sup>b</sup> – apskaičiuota kaip koreliacija tarp  $\ln(\text{derliaus dydis bandinyje su mikroelementais} / \text{derliaus dydis bandinyje be mikroelementų})$  ir  $\ln(x \text{ kiekis sėklose bandinyje su mikroelementais} / x \text{ kiekis sėklose bandinyje be mikroelementų})$ .



**3 pav.** N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino galimos egzistavimo formos

Taigi osmolitinės **1** junginio savybės ir paaiškina pastarojo pranašumą prieš mikroelementines trąšas sąlygojant didesnę rapsų sėklų derlių, kadangi **1** junginys, kitaip negu mikroelementai, taip pat sumažino gliukozinolatų kiekį sėklose (kartu pagerindamas maistinę jų kokybę). Eruko rūgšties kiekio sumažėjimas, sąlygotas **1** junginio (palyginti su mikroelementais), taip pat gali būti aiškinamas šio junginio geba atlikti osmolito funkcijas, kadangi literatūroje ilgagrąndžių riebalų rūgščių kaupi-

masis siejamas su aukštu osmosiniu slėgiu bei absiczo rūgšties poveikiu [35, 36].

Koreliacijos tarp baltymų bei riebalų kiekio sėklose ir derliaus dydžio analizė parodė, kad teigiama koreliacija (> 80 % patikimumo) yra tik tarp riebalų (bet ne baltymų) kiekio ir derliaus dydžio (4 lent.). Nors tiek **1** junginio, tiek mikroelementų mišinio poveikis baltymų kiekiui teigiamai koreliavo su jų atitinkamu poveikiu derliui, riebalų atveju tokia koreliacija buvo būdinga tik mikroelementų (bet ne **1** junginio) poveikiui. Kadangi riebalai

sėklose kaupiami kaip atsarginės medžiagos energijos (reikalingos būsimam gemalo augimui) gamybai, gali būti, kad papildomas tręšimas mikroelementinėmis trąšomis (tais atvejais, kai jo poveikis derliui buvo teigiamas) sąlygoja augalams galimybę susintetinti tam tikrą organinių junginių perteklių ir sukaupti juos sėklose riebalų pavidalu. Tuo tarpu **1** junginio teigiamas poveikis derliui gali būti labiau susijęs ne tiek su augalo geba sukaupti daugiau atsarginių medžiagų, kiek su teigiamu poveikiu augalo fiziologinei adaptacijai. Tokios hipotezės nepaneigia ir **1** junginio bei mikroelementų poveikio eruko riebalų rūgščiai ypatumai. Tarp derliaus dydžio ir eruko rūgšties kiekio sėklose, kitaip nei gliukozinolatų atveju, nustatyta teigiama koreliacija, tačiau ši koreliacija buvo patikima tik bandymo variantuose, kuriuose **1** junginys nebuvo naudotas. Taigi **1** junginys tarsi sumažino nežinomo veiksnio, skatinančio eruko rūgšties gamybą, teigiamą įtaką derliui. Remiantis literatūros duomenimis, galima iškelti teorinę hipotezę apie tikėtiną hormono abscozo rūgšties reikšmę **1** junginio sąlygotiems rapsų sėklų biocheminės sudėties pokyčiams. Įvairūs autoriai mini abscozo rūgšties ryšį su padidėjusiu ilgagrاندžių riebalų rūgščių, įskaitant eruko rūgštį, kiekiu [37, 38] arba fer-

mentų, atsakingų už pastarosios sintezę, aktyvumu [39]. Abscozo rūgštis taip pat siejama su gliukozinolatų kiekio mažėjimu [40], o stipriausias neigiamas jos poveikis gliukozinolatų kiekiui rapsų sėklose pasiekiamas tada, kai augalai šiuo hormonu paveikiami vegetatyvinio augimo tarpsniuose [37]. Tokias pastabas galima paaiškinti tuo, kad abscozo rūgštis padidina augalo fiziologinį atsparumą drėgmės trūkumui ir atitinkamai sąlygojamam osmosiniam stresui [41], o pastarieji veiksniai kaip tik ir skatina gliukozinolatų gamybą [31, 42]. Didelio druskingumo poveikio rapsams tyrimai rodo, kad padidintas druskos kiekis lemia didesnio gliukozinolatų kiekio susidarymą, o eruko rūgšties kiekiai išlieka nepakitę [32], tačiau rapsų linijos, gebančios sukaupti didesnius eruko rūgšties kiekius sėklose, yra atsparesnės ir neigiamam (t. y. augalų vystymąsi stabdančiam) druskos poveikiui [43]. Kadangi abscozo rūgštis ne tik padeda augalui tinkamai reaguoti į osmosinį stresą, bet ir pati intensyviau gaminama būtent tokio streso sąlygomis [44], tikėtina, kad **1** junginys, veikdamas kaip osmolitas, sumažina tiek patį osmosinį stresą (ir atitinkamai – gliukozinolatų kiekį), tiek streso sužadintos abscozo rūgšties aktyvumą (ir atitinkamai – eruko rūgšties kiekį).

**5 lentelė.** Koreliacijos tarp eruko rūgšties kiekio ir kitų rapsų sėklų kokybę apibūdinančių biocheminių komponentų koeficientai. Patikimi koreliacijos koeficientai ( $r$ ) pažymėti: \* $t_r \geq t_{0,05}$ ; \*\* $t_r \geq t_{0,01}$

Cheminis komponentas x	Koreliacija tarp			
	eruko rūgšties ir komponento x kiekių sėklose ( <b>1</b> be junginio)	eruko rūgšties ir komponento x kiekių sėklose ( <b>1</b> su junginiu)	<b>1</b> junginio poveikio eruko rūgščiai ir komponentui x <sup>a</sup>	mikroelementų poveikio eruko rūgščiai ir komponentui x <sup>b</sup>
Gliukozinolatai	-0,927**	-0,450	-0,148	-0,556
Baltymai	-0,006	-0,726	-0,373	0,358
Riebalai	0,442	-0,271	-0,188	0,722

**Pastaba:** <sup>a</sup> – apskaičiuota kaip koreliacija tarp  $\ln(\text{eruko r. kiekis sėklose bandinyje su } \mathbf{1} \text{ junginiu} / \text{eruko r. kiekis sėklose bandinyje be } \mathbf{1} \text{ junginio})$  ir  $\ln(x \text{ kiekis sėklose bandinyje su } \mathbf{1} \text{ junginiu} / x \text{ kiekis sėklose bandinyje be } \mathbf{1} \text{ junginio})$ ; <sup>b</sup> – apskaičiuota kaip koreliacija tarp  $\ln(\text{eruko r. kiekis sėklose bandinyje su mikroelementais} / \text{eruko r. kiekis sėklose bandinyje be mikroelementų})$  ir  $\ln(x \text{ kiekis sėklose bandinyje su mikroelementais} / x \text{ kiekis sėklose bandinyje be mikroelementų})$ .

5 lentelėje pateiktos koreliacijos tarp eruko rūgšties ir kitų svarbiausių biocheminių komponentų kiekio rapsų sėklose. Junginys **1** susilpnino neigiamą koreliaciją tarp gliukozinolatų ir eruko rūgšties kiekių sėklose, bet sąlygoja neigiamos koreliacijos tarp baltymų ir eruko rūgšties atsiradimą. Taip pat pastebėta, kad riebalų kiekio padidėjimas **1** junginiu paveiktuose bandiniuose visiškai nesusijęs su atitinkamu eruko rūgšties kiekio padidėjimu, tuo tarpu mikroelementinių trąšų poveikis bendrajam riebalų kiekiui sėklose teigiamai koreliavo su jų poveikiu eruko rūgšties kiekiui, t. y. kuo daugiau dėl mikroelementinių trąšų poveikio rapsų sėklos kaupė riebalų, tuo didesnis jose buvo ir santykinis eruko rūgšties kiekis. Taigi **1** junginys, kitaip negu mikroelementinės trąšos, pagerindamas maistinę sėklų kokybę per eruko rūgšties kiekio sumažinimą, neturėjo šalutinio neigiamo poveikio kitiems tirtiems maisto kokybės komponentams. Turint omenyje ir teigiamą **1** junginio poveikį rapsų sėklų derliui, šis junginys yra perspektyvus tolesniems tyrimams,

kurių eigoje turėtų būti kritiškai įvertinta šiame darbe iškelta hipotezė apie galimus **1** junginio veikimo augaluose principus.

## Išvados

1. Atlikti N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos poveikio *Land Mark* veislės rapsų sėklų derliui ir kokybei tyrimai lauko sąlygomis (2007–2009 m.), rapsus iki žydėjimo 2 kartus apipurškus šios druskos 380 μM koncentracijos tirpalu, nustatyta, kad:
  - vidutinis trejų metų rapsų sėklų derlingumas patikimai padidėjo 10,8 %, pagerėjo rapsų sėklų maistinės savybės;
  - kartu naudojant mikroelementines trąšas ARVI mikro, rapsų sėklų derlingumas,

- palyginus su kontroliniu variantu, patikimai padidėjo 15,2 %;
  - papildomas tręšimas mikroelementinėmis trąšomis bei apdorojimas  $\beta$ -alanino dariniais esminės įtakos vasarinių rapsų sėklų cheminei sudėčiai neturi.
2. Gauti duomenys leidžia teigti, kad N-(4-metoksi-2-nitrofenil)- $\beta$ -alanino natrio druska yra efektyvus rapsų augimo reguliatorius ir gali būti naudojamas pramoniniu mastu. Augalų augimą reguliuojančios savybės gali būti paaiškintos šio junginio galimu osmolitams būdingu veikimu.

## Literatūra

1. Lietuvos statistikos metraštis 2011. Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės. Vilnius, 2011. P. 719.
2. Burbulis N., Žilėnaitė L., Sliesaravičius A. // Selekcija ir sėklininkystė. 2001. Nr. 3. P. 37–41.
3. Erasmus U. Fats That Heal, Fats That Kill: The Complete Guide to Fats, Oils, Cholesterol and Human Health. Kanada, 1996. P. 11–73.
4. Velička R. Rapsai. Kaunas: Lututė, 2002.
5. Becker H. C., Löptien H., Röbbelen G. Biology of Brassica. Coenospecies. Elsevier, Amsterdam. 1999. P. 413–460.
6. Stanys V. *In vitro* kultūra augalų selekcijoje. Kintamumas ir stabilumas (Agrarinių mokslų habilitacinis darbas). Baltai, 1997.
7. Barszczak T., Barszczak Z. // Rapeseed today and tomorrow: 9th International Rapeseed Congress. Cambridge, UK, 1995. Vol. 2. P. 525–527.
8. Bouchereau A., Clossais-Besnard N., Bensaoud A. et al. // European Journal of Agronomy. 1996. Vol. 5. P. 19–30.
9. Mikulionienė S., Schöne F., Jeroch H., Kusaitė B. // Veterinarija ir zootechnika. 2006. T. 36(58). P. 60–63.
10. Butkutė B., Dabkevičius Z. // Gyvulininkystė: Mokslo darbai. 2007. T. 49. P. 40–55.
11. Chen J. L., Beversdorf W. D. // Euphytica. 1990. Vol. 51. P. 59–65.
12. Jeroch H. // Žemės ūkio mokslai. 2008. T. 15, Nr. 4. P. 40–52.
13. Staugaitis G., Laurė R. // Žemdirbystė. 2007. T. 94, Nr. 3. P. 60–72.
14. Butkutė B., Mašauskienė A., Šidlauskas G., Sliesaravičienė L. // Žemdirbystė: Mokslo darbai. Akademija, 2000. T. 70. P. 160–175.
15. Mekki B. B. // Proceedings 11th International Rapeseed Congress. Copenhagen, Denmark, 2003. Vol. 3. P. 915–917.
16. Schnug E., Haneklaus S. // Landbauforschung Völkenrode. 1994. Vol. 144. P. 1–31.
17. Facknath S., Lalljee B. // Entomologia Experimentalis et Applicata. 2005. Vol. 115, N 1. P. 67–77.
18. Butkutė B., Mašauskienė A., Šidlauskas G., Brazauskienė I. // Žemės ūkio mokslai. 2005. Nr. 1. P. 21–30.
19. Kazlauskienė D., Gavelienė V., Novickienė L. // Biologija. 2006. Nr. 2. P. 85–88.
20. Kazlauskienė D., Gavelienė V., Novickienė L. // Biologija. 2008. Vol. 54, N 4. P. 279–282.
21. Jakienė E., Venskutonis V. // Akademija. 2008. P. 80.
22. Žiaukienė D., Mickevičius V., Brazienė Z., Jakienė E. // Cheminė technologija. 2010. Nr. 3–4 (56). P. 11–18.
23. Žiaukienė D., Jonuškienė I., Mickevičius V., Burbulis N. // Cheminė technologija. 2009. Nr. 4 (53). P. 5–10.
24. Miliuvienė L., Novickienė L. // Biologija. 2004. Vol. 50. P. 45–47.
25. Pits N., Kubacki K., Tys J. // International Agrophysics. 2008. Vol. 22, N 1. P. 67–70.
26. Jakienė E., Malinauskaitė R. // Žemės ūkio mokslai. 2002. Nr. 2. P. 29–34.
27. Rimkevičienė M. Infraraudonųjų spindulių kompiuterizuotos sistemos panaudojimas augalinės produkcijos kokybės vertinimas (Metodinė priemonė agronomijos specialybės studentams). Akademija (Kauno r.). 2000.
28. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRISTAT. Akademija, 2003.
29. El-Beltagi H. E. S., Mohamed A. A. // Grasas y Aceities. 2010. Vol. 61(2). P. 143–150.
30. Bhardwaj H. L., Hamama A. A. // Industrial Crops and Products an International Journal. 2000. Vol. 12. P. 33–38.
31. Jensen C. R., Mogensen V. O., Mortensen G., Fieldsend J. K., Milford G. F. J., Andersen M. N., Thage J. H. // Field Crops Research. 1996. Vol. 47, Issues 2–3. P. 93–105.
32. Qasim M., Ashraf M., Ashraf M. Y., Rehman S.-U., Rha E. S. // Biologia Plantarum. 2003. Vol. 46, N 4. P. 629–632.
33. Burg M. B., Ferraris J. D. // Journal of Biological Chemistry. 2008. Vol. 283. P. 7309–7313.
34. Din j., Khan S. U., Ali I., Gurmani A. R. // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2011. Vol. 21(1). P. 78–82.
35. Finkelstein R., Somerville Ch. // Plant Science. 1989. Vol. 61, Issue 2. P. 213–217.
36. Pomeroy K., Brown D. C. W., Takahata Y. // In Vitro Cellular Developmental Biology Plant. 1994. Vol. 30, N 4. P. 196–203.
37. Bano A., Khan N., Ullah F. // J. Chem. Soc. Pak. 2009. Vol. 31, N 5. P. 819–822.
38. Jadhav A. S., Taylor D. C., Giblin M., Ferrie M. R., Ambrose S. J., Ross A. R. S., Nelson K. M., Zaharia L. I., Sharma N., Anderson M., Fobert P. R., Abrams S. R. // Phytochemistry. 2008. Vol. 69, Issue 15. P. 2678–2688.
39. Wilmer J. A., Abrams S. R., Helsper J. P. F. G., van der Plas L. H. W. // Journal of Plant Growth Regulation. 1998. Vol. 17. P. 19–23.
40. Möllers C., Nehlin L., Glimelius K., Iqbal M. C. M. // Physiologia Plantarum. 2002. Vol. 107, Issue 4. P. 441–446.
41. Berkowitz G. A., Rabin J. // Plant Physiology. 1998. Vol. 86. P. 0329–0331.
42. Yan X., Chen S. // Planta. 2007. Vol. 226. P. 1343–1352.
43. Wang Y.-F., Huang J.-H., Lu R.-J., Zhou R.-M. // Journal of Nuclear Agricultural Sciences. 2008. Vol. 22(6). P. 762–765.
44. Jiang M., Zhang J. // Journal of Experimental Botany. 2002. Vol. 53, N 379. P. 2401–2410.

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

INFLUENCE OF N-(4-METHOXY-2-NITROPHENYL)- $\beta$ -ALANINE SODIUM SALT ON RAPE (*BRASSICA NAPUS* L.) SEED YIELD AND ITS QUALITY

**S u m m a r y**

After the effect of N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)- $\beta$ -alanine sodium salt on the seed yield and the quality of oilseed rape variety *Land Mark* had been investigated in field conditions

(2007–2009), it was found that this compound increased the average three-year seed yield and enhanced the nutrient quality of the seeds by decreasing their levels of glucosinolates and erucic acid. The increase in oilseed rape yield, caused by the N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)- $\beta$ -alanine sodium salt, was of a similar magnitude (~10%) as the increase caused in analogous studies by the plant hormone inhibitors. The study confirmed N-(4-methoxy-2-nitrophenyl)- $\beta$ -alanine sodium salt as an effective oilseed rape growth regulator which could be used on industrial scale. The plant-growth regulating effect of this compound can be linked to its osmolytic characteristics.