

3-(1H-Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) derliui ir aliejaus kokybei

R. Kolosej, V. Mickevičius, I. Jonuškienė

Kauno technologijos universitetas,
Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas, Lietuva
El. paštas ramuneg2004@yahoo.com

Z. Brazienė

LAMMC filialas Rumokų bandymų stotis,
Klausučiai, LT-70426 Vilkaviškio r., Lietuva

E. Jakienė

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

crossref <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.63.1.4514>

Gauta 2013 m. gegužės 16 d.; priimta spaudai 2013 m. birželio 6 d.

Atliktas įvairių koncentracijų 3-(1H-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos poveikio vasariniams rapsams (*Brassica napus* L.) tyrimas laboratorijoje *in vitro* ir lauko sąlygomis. Išanalizavus gautus rezultatus konstatuota, kad tiriamasis junginys skatina rapsų augimą, didina derlių ir turi teigiamos įtakos aliejaus kokybei. *In vitro* sąlygomis jis padidino augalų biomase, 2 mg/l koncentracijos tirpalas skatino rapsų šaknų augimą. Lauko sąlygomis šio junginio 100 mg/l koncentracijos tirpalas labiausiai padidino ankštaraų kiekį ir sėklų svorį, o 125 mg/l – aliejaus kiekį.

Įvadas

Vasariniai rapsai (*Brassica napus* L.) Lietuvoje auginami pramonei (aliejaus, biodyzelino gamybai), silosui bei žaliajai trąšai. Rapsai, turintys nedidelį kiekį eruko rūgšties, naudojami maistui ir gyvulių pašarui [1]. Rapsų aliejuje svarbiausios yra nesočiosios riebalų rūgštys. Pagrindinės – oleino rūgšties neerukinių veislių rapsų sėklose aptinkama iki 70 %, linolo ir linoleno – iki 40 %. Rapsų derliui padidinti ir sėklų kokybei pagerinti naudojamos mineralinės trąšos. Šiuo metu mokslininkai ieško naujų būdų ir priemonių rapsų derlingumo padidimui. Pasaulyje vis plačiau tiriami sintetiniai augimo reguliatoriai, kurie ne tik skatina augalų vystymąsi ir augimą, bet ir didina augalų produktyvumą [2–6].

Laboratorijose naudojama *in vitro* sistema, kuria greitai ir efektyviai ištiriami žinomų ir naujų junginių galimos augimą reguliuojančios savybės [7–10].

Darbe [11] 3-(1H-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties fiziologinis aktyvumas buvo tirtas daiginant ‘Scarlett’ veislės salyklinių miežių grūdus. *In vitro* tyrimai buvo atlikti naudojant 45 mg/l ir 90 mg/l koncentracijos tirpalus. Didesnis fiziologinis aktyvumas nustatytas esant mažesnei tirpalo koncentracijai.

Plačiai tirti augimo reguliatoriai dietilaminochloridas (3-DEC) ir dimetilmorfolino chloridas (17-DMC). Lauko

sąlygomis junginių efektyvumas tirtas auginant ‘Kasimir F1’ veislės žieminius rapsus. Gautas derliaus prieaugis buvo 350–455 kg/ha naudojant 3-DEC (250 g/ha) ir 406–496 kg/ha naudojant 17-DMC (500 g/ha) tirpalus (300 l/ha) [12].

Auksino analogai kalcio 4-(2-chlor-etoksikarbonilmetil)-1-naftalensulfonatas TA-12 ir 1-naftiletano rūgšties ω-trialkilamonioalkilesteris TA-14 buvo tirti auginant ‘Casino’ veislės žieminius rapsus. Purškimui buvo panaudota TA-12 417 g/ha ir TA-14 369 g/ha ir šie junginiai kiekiai rapsų derlių padidino atitinkamai 0,45 t/ha ir 0,64 t/ha, lyginant su kontroliniu variantu.

Ištirta junginių TA-12 (2 mM) ir TA-14 (4 mM) įtaka žieminiams rapsams. Rapsai buvo nupurkšti tiriamų junginių tirpalais, jiems esant 4–5 lapelių augimo tarpsnyje. Tyrimų duomenys parodė, kad šie junginiai skatino monosacharidų kaupimąsi šaknyse ir tokiu būdu padidino peržiemojimo galimybę [13].

Darbe [14] aprašytas TA-12 (2 mM) ir TA-14 (4 mM) junginių tirpalų poveikis ‘Mascot’ veislės rapsams. Pastebėta, kad šie junginiai skatina aptakinių meristemų ląstelių dalijimąsi. Rapsų, paveiktų šiais junginiais, mitotiniai indeksai buvo 45 % ir 63 % didesni, lyginant su kontroliniu variantu. Auksino analogai skatino daigo apikalinės meristemos vystymąsi, paankstino atskirų žiedo dalių, sėklapradžio pradmes, ankštaraų ir sėklų formavimąsi.

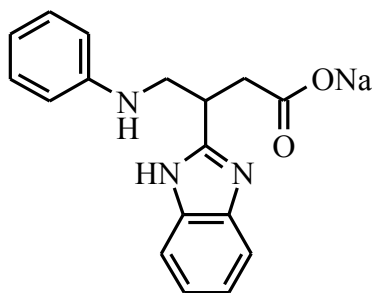
Kaip efektyvus vasarinių rapsų augimo reguliatorius literatūros šaltinyje [15] nurodyta N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska. Iki žydėjimo augalus 2 kartus nupurškus šios druskos 380 μM koncentracijos tirpalu, rapsų sėklų derlius padidėjo iki 10,8 %, o mišinyje su mikroelementinėmis ARVI trąšomis – 15,2 %, lyginant su kontroliniu variantu. N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska pagerino ir rapsų sėklų maistines savybes.

Šio darbo tikslas – ištirti įvairių koncentracijų 3-(1H-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druskos poveikį vasarinių rapsų augimui *in vitro* ir *in vivo*, sėklų derliui ir aliejaus kokybei.

Medžiagos ir tyrimų metodai

Iš literatūros duomenų žinoma, kad augimo reguliatorių tyrimus atliekant *in vitro* sąlygomis naudojamos nedidelės pastarųjų koncentracijos [16–17]. Atsižvelgiant į tai, bandymams pasirinktos tirpalo koncentracijos nuo 1,5 iki 10 mg/l.

Tiriamasis junginys [11]:



1 pav. 3-(1H-Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska

Rapsų sėklos prieš daiginimą sterilizuotos 3 min 70 % etanolyje (C₂H₅OH), 10 min 10 % NaClO tirpale ir kelis kartus praplautos distiliuotu vandeniu.

Vasarinių rapsų sėklos buvo daigintos *Petri* lėkštelėse ant filtrinio popieriaus, sudrėkinto 3 ml pasirinktos koncentracijos tirpalu (2 pav.). Daiginimas vykdytas termostate, 7 dienas, 25 °C temperatūroje. Pasibaigus daiginimo laikui nustatyti rapsų biometriniai rodikliai: daigumas (%), šaknų skaičius (vnt.), hipokotilio aukštis (mm), šaknų ilgis (mm) ir augalų biomasė (g).

VASARINIŲ RAPSŲ AUGINIMAS LAUKO SĄLYGOMIS. Lauko bandymuose 2012 metais auginti 'SW Landmark' veislės vasariniai rapsai. Bandymai atlikti LAMMC filiale Rumokų bandymų stotyje. Atliekant lauko bandymus sunkiau kontroliuoti augimo sąlygas, todėl naudoti didesnės koncentracijos purškiamieji 3-(1H-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druskos tirpalai. Remiantis autorių patirtimi [12, 13, 15] pasirinktos 25–150 mg/l tirpalų koncentracijos. Vasariniai rapsai nupurškšti pasirinktos koncentracijos tiriamojo junginio tirpalais prieš žydėjimą.



2 pav. Rapsų sėklos daigintos termostate *in vitro* *Petri* lėkštelėje 7 dienas, 25 °C temperatūroje

Dirvožemis karbonatingas sekliai glėjiškas išplautžemis (*Calc(ar)i-Epihypogleyic Luvisol*) *IDg8-k (LVg-w-cc)*. Dirvožemio agrocheminės savybės: pH_{KCl} – 6,7, humusas – 1,82 %, N_{bendrasis} – 0,12 %, judrusis P₂O₅ – 308 mg/kg, judrusis K₂O – 296 mg/kg. Dirvožemio mėginiai imti 2012-04-25. Priešsėlis – vasariniai miežiai. Pradinis laukelis – 2,7×11 m, apskaitinis laukelis – 2,2×10 m. Pradiniam laukeliui nupurkšti sunaudotas 1 l tirpalo.

Lauko bandymo metu balandžio–rugpjūčio mėnesiais vidutinė oro temperatūra kito nuo 7,9 iki 19,3 °C, kritulių kiekis – nuo 44,4 iki 118,4 mm per mėnesį. Viso bandymo metu iškrito 361,1 mm kritulių ir jų kiekis buvo 11,1 mm didesnis, lyginant su vidutiniu daugiamečiu kritulių kiekiu.

Derliaus nuėmimo metu buvo atlikti biometriniai matavimai. Nustatytas 8,5 % rapsų sėklų drėgnis. Sėklų cheminė analizė atlikta Kauno technologijos universitete, Cheminės technologijos fakultete po derliaus nuėmimo.

Pigmentų tyrimams rapsų mėginiai paimti likus mėnesiui iki derliaus nuėmimo. Iš žalios masės buvo paruoštas pigmentų ekstraktas, kuriam panaudota apie 0,5 g žalios masės, 70 % etanolis ir CaCO₃ [18]. Gauta ekstrakto optinis tankis matuotas spektrofotometru, esant tokiems bangos ilgiams: 441 nm – karotinoidai, 662 nm – chlorofilas a, 644 nm – chlorofilas b ir apskaičiuoti jų kiekiai.

Aliejaus kiekis nustatytas iš susmulkintų rapsų sėklų jį ekstrahuojant heksanu 3 val. Soksleto sistema (berh Labor-Technik GmbH, Dusseldorf, Vokietija).

Riebalų rūgščių sudėtis nustatyta dujų chromatografu HRGC 5300 Mega Serie, CARLO ERBA STRUMENTAZIO (Italija), baltymų kiekis rapsų sėklose – Bradford'o metodu [19], antioksidantinis aktyvumas nustatytas naudojant 2,2-difenil-1-pikrilhidrazilo (DPPH*) radikalą ir išmatavus absorbciją, esant 515 nm bangos ilgiui [20].

Flavonoidų kiekis rapsų sėklose nustatytas jas virinant su acetonu ir HCl, gautą mišinį ekstrahuojant etilacetatu. Po to į 10 ml gauto tiriamojo tirpalo įpilus 2 ml aliuminio chlorido, acto rūgšties ir metanolio mišinio iki 25 ml bendrojo tūrio išmatuojamas

absorbcijos dydis, esant 426 nm bangos ilgiui, ir apskaičiuojamas bendras flavonoidų kiekis [21].

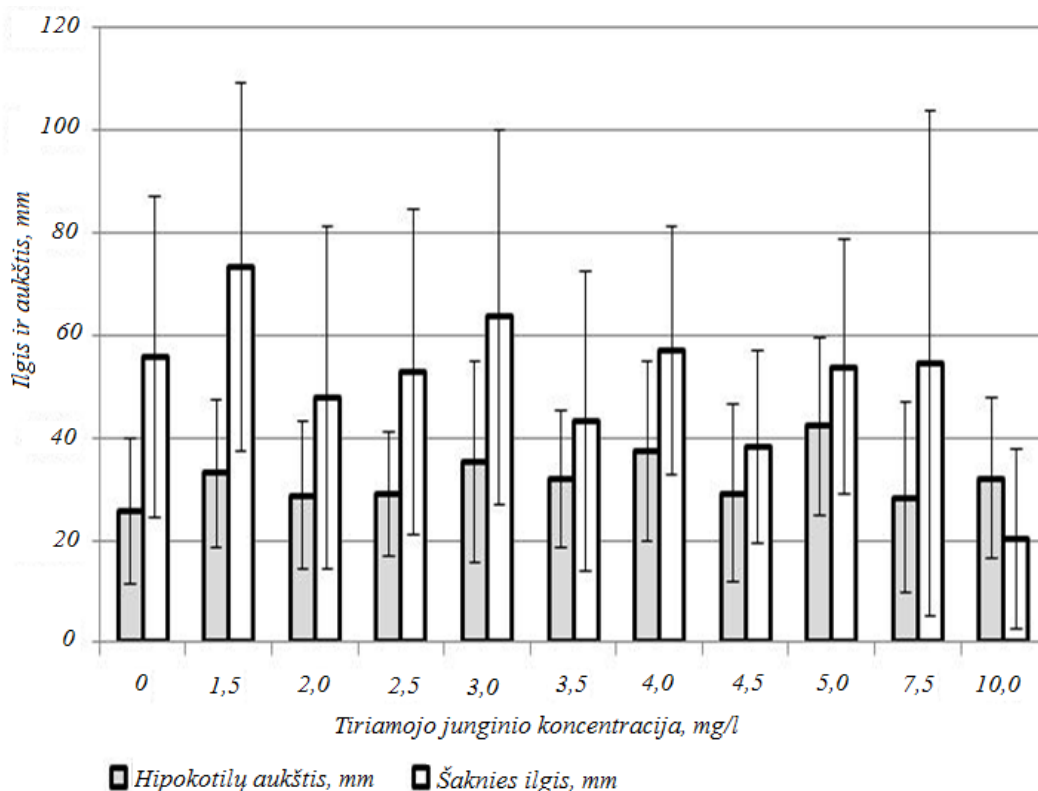
Rezultatai ir jų aptarimas

LABORATORINIAI BANDYMAI. Po 7 parų dauginimo suskaičiuoti hipokotiliai, šaknų skaičius, išmatuoti ir pasverti daigai. Gautieji rezultatai pateikti 1 lentelėje.

3-(1*H*-Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalai turėjo įtakos vasarinių rapsų sėklų daigumui ir šaknų augimui. Didžiausias daigumas (95 %) ir šaknų skaičius (90 %) užfiksuoti naudojant 2 mg/l koncentracijos tirpalą. Išmatavus hipokotilių aukštį nustatyta, kad didesnę įtaką turėjo 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos vandeniniai tirpalai, kurių koncentracijos buvo didesnės. Tai atsispindi 3 paveiksle pateikta diagrama.

1 lentelė. Įvairių koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalų poveikis vasariniams rapsams jų sėklas daiginant *Petri* lėkštelėse

Junginio koncentracija, mg/l	Daigumas, %	Vidutinis šaknų skaičius, vnt.	Hipokotilio aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalų biomasė, g.
0	75 ± 10	7,0 ± 1,5	27 ± 14	57 ± 31	1,0201
1,5	80 ± 10	7,5 ± 0,5	33 ± 14	73 ± 36	1,2161
2	95 ± 5	9,0 ± 1,0	29 ± 15	48 ± 33	1,3871
2,5	85 ± 5	8,0 ± 1,0	29 ± 12	53 ± 32	1,3461
3	80 ± 10	7,0 ± 1,0	35 ± 20	64 ± 37	1,2174
3,5	75 ± 5	7,5 ± 0,5	32 ± 13	43 ± 29	1,2764
4	70 ± 10	6,5 ± 1,5	37 ± 18	57 ± 24	1,1681
4,5	90 ± 0	7,5 ± 0,5	29 ± 17	38 ± 19	1,4257
5	90 ± 0	8,0 ± 1,0	42 ± 17	54 ± 25	1,5069
7,5	95 ± 5	8,5 ± 0,5	28 ± 18	54 ± 49	1,3085
10	75 ± 5	5,5 ± 1,5	32 ± 16	20 ± 17	1,0452



3 pav. Įvairių koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalų įtaka vasarinių rapsų, augintų *in vitro* sąlygomis *Petri* lėkštelėse, hipokotilių aukščiui ir šaknų ilgiui

Geriausias rezultatas užfiksuotas naudojant 5 mg/l koncentracijos tirpalą. Hipokotilių aukštis siekė 42 mm ir jie buvo 56 % aukštesni už kontrolinį variantą, kai sėklos buvo daigintos *Petri* lėkštelėse ant steriliu vandeniu sudrėkinto filtrinio popieriaus.

Šaknų augimui teigiamą įtaką turėjo mažesnės tirpalo koncentracijos. Geriausi rezultatai užfiksuoti, kai daiginimui buvo naudojami 1,5 mg/l ir 3 mg/l koncentracijos tirpalai. Šaknų ilgis siekė 73–64 mm. Pastebėta, jog didėjant tiriamojo junginio koncentracijai, hipokotilių ir šaknų augimo intensyvumas mažėja. Naudojant 10 mg/l koncentracijos tirpalą, hipokotilių aukštis, palyginus su kontroliniu bandymu, padidėjo 5 mm, o šaknų ilgis sumažėjo ir siekė 20 mm, t. y. jos buvo beveik 3 kartus trumpesnės už šaknis, užaugusias kontroliniame variante.

Sudygę vasariniai rapsai buvo pasverti ir nustatyta, kad didesnę biomasę užaugino rapsai, daiginti didesnės koncentracijos 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilamino-butano rūgšties natrio druskos tirpale. Didžiausia biomasė fiksuota, panaudojus 4,5 mg/l ir 5 mg/l koncentracijos šio junginio tirpalus. Gauta atitinkamai 1,4257 g ir 1,5069 g biomasės, t. y. 40 % ir 48 % daugiau, nei kontroliniame variante. Rapsus daiginant didesnės koncentracijos tiriamojo junginio tirpaluose biomasė nebe padidėjo, o naudojant 10 mg/l koncentracijos tirpalą biomasė buvo artima kontroliniam variantui.

LAUKO BANDYMAI. Atlikus pradinis bandymus laboratorijoje, tyrimai buvo perkelti į lauką. Rapsams subrandinus sėklas buvo atlikti biometriniai matavimai, kurių rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Įvairių koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalų įtaka vasarinių rapsų biometriniais rodikliams lauko bandymuose

Junginio koncentracija, mg/l	Vidutinis augalų aukštis, cm	Vidutinis šakučių skaičius ant augalo, vnt.	Vidutinis šoninių šakelių skaičius, vnt.	Vidutinis ankštaraų skaičius ant augalo, vnt.	Vidutinis sėklų skaičius ankštaroje, vnt.	Derlius, t/ha	1000 sėklų svoris, g
0	130,7 ± 1,1	5,4 ± 0,2	3,2 ± 0,4	131,8 ± 1,2	19,4 ± 0,1	1,74 ± 0,1	3,94 ± 0,2
25	130,2 ± 3,3	5,6 ± 0,3	4,1 ± 0,2	135,3 ± 3,9	20,4 ± 0,4	2,25 ± 0,2	4,12 ± 0,1
50	134,2 ± 5,7	5,6 ± 0,1	5,5 ± 0,5	133,4 ± 1,5	20,0 ± 0,3	2,16 ± 0,2	3,97 ± 0,2
75	135,2 ± 1,9	5,1 ± 0,2	3,5 ± 0,2	138,0 ± 2,2	20,2 ± 1,0	2,18 ± 0,1	4,07 ± 0,1
100	134,9 ± 0,1	5,7 ± 0,2	5,4 ± 0,1	151,5 ± 4,7	20,2 ± 0,1	2,36 ± 0,1	4,06 ± 0,1
125	126,6 ± 7,6	5,5 ± 0,3	4,4 ± 0,3	138,2 ± 2,9	19,7 ± 0,6	2,10 ± 0,2	4,19 ± 0,1
150	131,5 ± 1,5	5,0 ± 0,2	4,4 ± 1,1	135,9 ± 2,5	21,0 ± 0,2	1,74 ± 0,1	4,02 ± 0,1

3 lentelė. Įvairių koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalų įtaka pigmentų kiekiams lauko bandymuose

Junginio koncentracija, mg/l	Chlorofilas a, mg/g	Chlorofilas b, mg/g	Karotinoidai, mg/g
0	1,365 ± 0,094	0,836 ± 0,028	0,519 ± 0,022
25	1,078 ± 0,091	0,754 ± 0,046	0,383 ± 0,021
50	1,261 ± 0,164	0,793 ± 0,053	0,498 ± 0,056
75	1,182 ± 0,035	0,776 ± 0,014	0,414 ± 0,022
100	1,218 ± 0,191	0,765 ± 0,061	0,469 ± 0,066
125	1,225 ± 0,160	0,789 ± 0,050	0,459 ± 0,044
150	1,348 ± 0,200	0,834 ± 0,093	0,523 ± 0,053

Pigmentai nustatyti spektrofotometru ištyrus rapsų augalų etanolinį ekstraktą. Gauti duomenys pateikti 3 lentelėje. Nustatyta, kad fiziologiškai augalui svarbių pigmentų chlorofilo a ir b kiekiai yra mažesni, lyginant su kontroliniu bandymu. Mažiausi chlorofilo a (1,078 mg/g) ir chlorofilo b (0,754 mg/g) kiekiai užfiksuoti mėginyje, kuris paimtas iš rapsų, apipurkštų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos 25 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausi chlorofilo a ir b kiekiai,

atitinkamai 1,365 mg/g ir 0,836 mg/g, buvo užfiksuoti kontroliniame variante.

Karotinoidai yra artimai susiję su chlorofilo molekulėmis ir dalyvauja fotosintezės procese. Tyrimo metu pastebėta, kad karotinoidų kiekiai rapsuose kinta panašiai kaip chlorofilo a ir b. Kontroliniame variante nustatytas 0,519 mg/g karotinoidų kiekis, o mažiausi karotinoidų kiekiai užfiksuoti bandymuose, kai augalai buvo nupurkšti 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-

fenilaminobutano rūgšties natrio druskos 25 mg/l ir 75 mg/l koncentracijos tirpalais. Iš gautų rezultatų, galima daryti išvadą, kad tiriamasis junginys skatina vasarinių rapsų brendimą.

Išmatavus vasarinių rapsų augalų aukštį pastebėta, kad apipurškimas tiriamojo junginio tirpalais žymesnės įtakos neturėjo – augalų aukščio pokytis siekė iki 5 cm, lyginant su kontroliniu bandymu. Toks nežymus augalų aukščio pokytis neturėtų daryti įtakos rapsų išgulumui.

Suskaičiavus šakučių skaičius ant augalo pastebėti tik nedideli pakitimai. Didžiausias vidutinis šakučių skaičius – 5,7 vnt., užfiksuotas panaudojus 100 mg/l koncentracijos 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalą. Esant tokiai pačiai tirpalo koncentracijai nustatytas ir didžiausias ankštarų skaičius ant augalo – 151,5 vnt. ir tai yra 14,95 %

didesnis už kontrolinį variantą. Ne ką mažiau svarbus ir sėklų skaičius ankštaroje. Didžiausias pokytis užfiksuotas, kai buvo naudojamas 150 mg/l koncentracijos tiriamojo junginio tirpalas. Šiuo atveju sėklų kiekis ankštaroje siekė 21 vnt., tačiau tiek šakučių kiekis ant augalo, tiek ankštarų kiekis buvo mažesni arba beveik lygūs kontroliame bandyme užaugusiam kiekiui. Atsižvelgiant į tai, galima teigti, kad net didžiausias sėklų kiekis ankštaroje neturės rimtos įtakos vasarinių rapsų derliui.

Nustatytas 1000 sėklų svoris. Daugiausiai – 4,19 g, svėrė sėklos, kurios subrendo rapsus apipurškus tiriamojo junginio 125 mg/l tirpalu. 1000 sėklų svoris buvo 6,35 % didesnis negu kontroliame variante užaugusių sėklų. Esant didesnei tiriamojo junginio tirpalo koncentracijai, 1000 sėklų svoris nežymiai sumažėjo.

4 lentelė. Skirtingų koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos įtaka aliejaus kiekiui rapsų sėklose

	3-(1 <i>H</i> -Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos koncentracija, mg/l						
	0	25	50	75	100	125	150
Aliejaus kiekis, kg/t	239,9 ± 1,7	249,5 ± 2,8	260,2 ± 3,7	249,5 ± 5,8	254,8 ± 4,2	315,1 ± 15,3	293,4 ± 7,5

Nupurškus vasarinius rapsus 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirtų koncentracijų tirpalais sėklų derlius kito nuo 1,74 t/ha iki 2,36 t/ha. Didžiausias derliaus priaugis užfiksuotas, kai rapsai buvo nupurškšti tiriamojo junginio 100 mg/l koncentracijos tirpalu – derlius padidėjo 36,17 %, lyginant su kontroliniu variantu. Galimo išgauti aliejaus kiekis, lyginant su kontroliniu bandymu, kito nuo +3,99 % iki 31,36 %. Didžiausią aliejaus kiekį galima

išgauti iš rapsų, kurie buvo nupurškšti tiriamojo junginio 125 mg/l tirpalu. Panaudojus 150 mg/l koncentracijos tirpalą pastebėtas tiek rapsų derliaus, tiek aliejaus kiekio mažėjimas.

3-(1*H*-Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos poveikis rapsų sėklų aliejaus kokybei nustatytas išanalizavus riebalų rūgščių sudėtį dujinės chromatografijos būdu. Tyrimų rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Skirtingų koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos įtaka rapsų sėklų riebalų rūgščių sudėčiai

Riebalų rūgštis, %	3-(1 <i>H</i> -Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos koncentracija, mg/l						
	0	25	50	75	100	125	150
Palmitino	5,11 ± 0,05	4,68 ± 0,07	5,11 ± 0,02	5,00 ± 0,15	5,23 ± 0,32	4,65 ± 0,21	4,88 ± 0,18
Stearino	2,11 ± 0,08	2,09 ± 0,01	2,02 ± 0,01	2,04 ± 0,03	2,01 ± 0,03	2,22 ± 0,01	2,08 ± 0,01
Oleino	61,04 ± 0,26	61,50 ± 0,03	61,49 ± 0,02	61,09 ± 0,15	61,13 ± 0,15	61,73 ± 0,09	61,18 ± 0,03
Linolo	20,55 ± 0,13	20,60 ± 0,05	20,60 ± 0,03	20,85 ± 0,01	20,94 ± 0,02	20,10 ± 0,01	20,77 ± 0,01
Eikozeno	1,02 ± 0,08	1,05 ± 0,01	0,92 ± 0,01	1,00 ± 0,01	0,96 ± 0,05	1,06 ± 0,06	1,02 ± 0,03
Linoleno	8,49 ± 0,03	8,44 ± 0,04	8,52 ± 0,01	8,59 ± 0,01	8,60 ± 0,02	8,59 ± 0,05	8,72 ± 0,01

Iš gautų duomenų matyti, kad pagrindinės oleino rūgšties pokytis buvo nežymus ir lyginant su kontroliniu variantu kito nuo +0,08 % iki +1,13 %. Didžiausias oleino rūgšties kiekis – 61,73 %, užfiksuotas bandinyje, kuris gautas augalus nupurškus tiriamojo junginio 125 mg/l vandeniniu tirpalu. Aliejuje esančių sočiųjų rūgščių – palmitino ir stearino kiekai, lyginant su kontroliniu variantu, kito labai nežymiai.

Nustačius nesočiųjų riebalų rūgščių sudėtį pastebėta, kad, naudojant didesnes 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalų koncentracijas, nežymiai didėja linoleno rūgšties kiekis aliejuje. Didžiausias linolo rūgšties kiekis – 20,94 %, nustatytas bandinyje, kur rapsai buvo nupurškšti 100 mg/l tiriamojo junginio tirpalu. Lyginant bendrąjį sočiųjų ir nesočiųjų rūgščių kiekį aliejuje didelių pokyčių

nepastebėta. Mažiausias nesočių riebalų rūgščių kiekis nustatytas rapsus nupurškus tiriamojo junginio 125 mg/l vandeniniu tirpalu. Šiuose bandymo laukeliuose augusių rapsų sėklų aliejuje užfiksuotas mažiausias linolo ir

didžiausias oleino rūgščių kiekiai, atitinkamai 20,10 % ir 61,37 %.

3-(1*H*-Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos poveikis antioksidantiniam aktyvumui ir flavonoidų kiekiui rapsų sėklose pateiktas 6 lentelėje.

6 lentelė. Skirtingų koncentracijų 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos įtaka baltymų kiekiui, antioksidantiniam aktyvumui ir flavonoidų kiekiui rapsų sėklose

	3-(1 <i>H</i> -Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druskos koncentracija, mg/l						
	0	25	50	75	100	125	150
Baltymų kiekis, mg/100g	15,9 ± 0,1	12,1 ± 0,4	24,3 ± 1,2	26,5 ± 1,3	35,7 ± 0,1	27,5 ± 0,9	27,6 ± 0,5
DPPH* radikalo slopinimas, %	49,82 ± 8,58	53,36 ± 3,03	56,54 ± 1,45	58,37 ± 2,18	53,89 ± 1,93	52,55 ± 2,15	56,66 ± 3,04
Flavonoidų kiekis, mg/g	0,308 ± 0,007	-	0,216 ± 0,014	0,439 ± 0,010	0,400 ± 0,006	-	-

Nustatytas rapsų sėklose baltymų kiekis yra nuo 12,06 mg/100 g iki 35,67 mg/100 g. Daugiausiai baltymų nustatyta rapsų sėklose, kur augalai buvo nupurkšti tiriamojo junginio 100 mg/l koncentracijos tirpalu. Lyginant su kontroliniu variantu, baltymų kiekis buvo 2,2 karto didesnis.

Antioksidantinis aktyvumas, lyginant su kontroliniu bandymu, buvo didesnis visuose tirtuose sėklų bandiniuose. Tai rodo, kad 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska didina antioksidantinių junginių kaupimąsi rapsų sėklose. Pagal DPPH* radikalo sujungimą didžiausiu antioksidantiniu aktyvumu – 58,37 %, pasižymėjo ekstraktas, gautas iš rapsų sėklų, kurios buvo nupurkštos 75 mg/l 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalu.

Žinoma, kad antioksidantams priskiriami tokie junginiai, kaip flavonoidai, askorbo rūgštis, karotinoidai ir kt. Buvo ištirti keli mėginiai ir palyginti flavonoidų kiekiai juose. Didžiausias flavonoidų kiekis – 0,439 mg/g, nustatytas rapsų sėklų acetoniame ekstrakto, kuris gautas iš augalų, nupurkštų 75 mg/l 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalu. Tai yra 42,5 % daugiau, nei kontroliniame variante.

Išvados

1. Laboratorinės atrankos metodu nustatyta, kad 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska *in vitro* sąlygomis skatino vasarinių rapsų augimą ir šaknų vystymąsi. Šaknų vystymuisi didžiausią įtaką turėjo 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Hipokotilio ir biomasės augimą labiausiai skatino 4 mg/l ir 5 mg/l junginio koncentracijos tirpalai.
2. Atlikus tyrimus lauko sąlygomis nustatyta, kad augalo vystymuisi didžiausią įtaką turėjo 100 mg/l 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalas. Šiame bandinyje užfiksuotas didžiausias šakučių, ankštūrų skaičius ir didžiausias

derlius. Didžiausias 1000-čio sėklų svoris nustatytas bandinyje, kur rapsai buvo apipurkšti 125 mg/l koncentracijos tirpalu.

3. Nustatyta, kad 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska neturi įtakos bendrajam pigmentų kiekiui, tačiau fiksuoti mažesni chlorofilo a ir b kiekiai leidžia daryti išvadą, kad šis junginys pagreitina augalo brendimą.
4. Išanalizavus rapsų sėklų aliejų pastebėta, kad 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska padidino išgaunamo aliejaus kiekį. Didžiausias kiekis (315 kg/t) gautas panaudojus 125 mg/l koncentracijos tiriamojo junginio tirpalą. Aliejaus cheminei sudėčiai tiriamasis junginys ženklios įtakos neturėjo.
5. Didžiausias baltymų kiekis nustatytas rapsų sėklose, kurios gautos rapsus nupurškus 100 mg/l koncentracijos 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druskos tirpalu.
6. Didžiausias flavonoidų kiekis bei DPPH* radikalo slopinimas nustatytas aliejuje, kuris gautas rapsus nupurškus 75 mg/l koncentracijos 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druskos tirpalu.

Literatūra

1. **Tarvydas V., Uchockis V., Bliznikas S., Bendikas P.** Azotinių medžiagų ir angliavandenių fermentacija karvių didžiajame prieskrandyje ir produktyvumas šeriant rapsų išspaudomis // Veterinarija ir zootechnika. 2010. T 49(71), P. 73–78.
2. **Srivastava L. M.** Plant growth and development: hormones and environment. Oxford: Academic Press., 2002. P. 772.
3. **Shenggang P., Fahd R., Wu L., Hua T., Zhaowen M., Meiyang D., Xiangru T.** Roles of plant growth regulators on yield, grain qualities and antioxidant enzyme activities in super hybrid rice (*Oryza sativa* L.) // Pan et al. Rice 2013, 6:9. <http://www.theicejournal.com/content/6/1/9>
4. **Bruns G., Kachenbuch R., Jung J.** Influence of a triazole plant growth regulator on root and shoot development and nitrogen utilization of oilseed rape

- (*Brassica napus* L.) // Journal of Agronomy and Crop Science. 1990. Vol. 165. P. 257–262.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-037X.1990.tb00860.x>
5. **Ullah F., Bano A., Nosheen A.** Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress // J. Bot. 2012. Vol. 44(6). P. 1873–1880.
 6. **Shahzad Ali S., Abro G. H., Rustamani M. A., Nizamani S. M.** Effect of application of plant growth regulators on *Earias vittella* (Fabricius), infestation and yield components of cotton // Journal of Basic & Applied Sciences. 2012. Vol. 8. P. 677–682.
 7. **Žiaukienė D., Mickevičius V., Brazienė Z., Jakienė E.** Kai kurių β-alanino darinių poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) augimui ir sėklų derliui. // Cheminė technologija. 2010. Nr. 3–4 (56). P. 11–18.
 8. **Burbulis N., Blinstrubienė A., Kuprienė R.** Genotypic and growth regulator effects on shoot regeneration from hypocotyl and stem segment explants of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) // Journal: Food, Agriculture and Environment (JFAE). 2010, Vol. 8, N 2, P. 634–637.
 9. **Burbulis N., Blinstrubienė A., Kuprienė R., Jonytienė V., Rugienius R., Stanienė G.** *In vitro* regeneration of *Brassica napus* L. shoots from hypocotyls and stem segments // Agriculture. 2009. Vol. 3. P. 176–185.
 10. **Ling A. P. K., Tan K. P., Hussein S.** Comparative effects of plant growth regulators on leaf and stem explants of *Labisia pumila* var. *alata* // Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology) 2012.
<http://www.zju.edu.cn/jzus/iparticle.php?doi=10.1631/jzus.B1200135>. DOI: 10.1631/jzus.B1200135.
 11. **Mickevičius M., Mickevičius V., Beresnevičius Z. J., Jakienė E.** 3-(1H-benzimidazol-2-il)-4-(pakeistų fenilamino)butano rūgščių sintezė ir biologinis aktyvumas // Cheminė technologija. 2005. Nr. 3(37). P. 50–53.
 12. **Miliuvienė L., Novickienė L., Gavelienė V., Brazauskienė I., Pakalniškytė L.** Possibilities to use growth regulators in winter oilseed rape growing technology 1. The effect of retardant analogues on oilseed rape growth. // Agronomy Research. 2004. Nr. 2(2). P. 207–215.
 13. **Gavelienė V., Novickienė L., Miliuvienė L., Brazauskienė I., Kazlauskienė D.** Possibilities to use growth regulators in winter oilseed rape growing technology 2. Effects of auxin analogues on the formation of oilseed rape generative organs and plant winterhardiness // Agronomy Research 2005. Nr. 3(1) P. 9–19.
 14. **Kazlauskienė D., Gavelienė V., Novickienė L.** Control of anthesis and formation of reproductive organs in spring rape (*Brassica napus* L.) // Biologija. 2008. Vol. 54. No. 4. P. 279–282.
<http://dx.doi.org/10.2478/v10054-008-0057-x>
 15. **Brazienė Z., Jakienė E., Žiaukienė D., Mickevičius V.** N-(4-Metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druskos poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) derliaus kokybei // Cheminė technologija 2012. Nr. 1(59). P. 46–53.
 16. **Žumbakienė R., Stanys V., Stanienė G.** Augimo reguliatorių 2,4-D ir TDZ įtaka *cattleya* hibridų kaliaus indukcijai // Sodininkystė ir daržininkystė. 2007. Nr. 26(2). P. 94–100.
 17. **Blėkaitytė V., Jonuškienė I., Mickevičius V.** N-Pakeistų β-alaninų su naftochinono ir tiazolo fragmentais poveikio paprastosios jonažolės augimui *in vitro* ir metabolitų kaupimui tyrimas // Cheminė technologija. 2012. Nr. 4(62). P. 29–35
 18. **Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.** Большой практикум по физиологии растений. Москва, 1975, 390 с.
 19. **Bradford M. M.** A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. // Analytical Biochemistry. 1976. Nr.72. P. 248–254.
[http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
 20. **Angelovičova M., Štofán D., Močár K., Liptaiova D.** Biological effects of oilseed rape bee pollen and broiler's chickens performance. // Material of conference „Internacional conference on food innovation“. 2010.
 21. **Dauoras G.** Farmakopėjos straipsnių rinkinys. Kaunas, Kauno medicinos universiteto Spaudos ir leidybos centro leidykla, 2001. 203 p.

R. Kolosej, V. Mickevičius, I. Jonuškienė, Z. Brazienė, E. Jakienė

THE INFLUENCE OF 3-(1H-BENZIMIDAZOL-2-YL)-4-PHENYLAMINOBUTANOIC ACID SODIUM SALT ON SUMMER RAPESEED (*BRASSICA NAPUS* L.) YIELD AND OIL QUALITY

S u m m a r y

The influence of the biological activity of various concentrations of 3-(1H-benzimidazol-2-yl)-4-phenylaminobutanoic sodium salt on summer rapeseed was studied by the laboratory screening *in vitro* and in field conditions. It was determined that the study compound stimulated rapeseed growth, increased their yield and had a positive effect on the oil quality. This compound increased plant biomass *in vitro* and root length by 2 mg/l. In the field trials, rapeseed seedlings were sprayed with a 100 mg/l solution, and the number of siliques and the weight of seeds were found to be increased. When seedlings were sprayed with a 125 mg/l solution of the compound, the content of oil increased. The content of flavonoids and the radical scavenging activity were highest when seedlings were sprayed with a 75 mg/l solution of the compound.