KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

RAMŪNĖ KOLOSEJ

INVESTIGATION OF SPRING RAPE GROWTH REGULATING PROPERTIES OF *N*-SUBSTITUTED *β*- AND *γ*-AMINO ACIDS BEARING AROMATIC AND AZOLES MOIETIES

Doctoral Dissertacion
Technological Sciences, Chemical Engineering (05T)

2017, Kaunas

This doctoral dissertation was prepared at Kaunas University of Technology, Faculty of Chemical Technology, Department of Organic Chemistry during the period of 2011 – 2017.

Scientific supervisor:
Prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius (Kaunas University of Technology, Technological Sciences, Chemical Engineering – 05T).

Doctoral dissertation has been published in:
http://ktu.edu

Editos:

Aurelija Tamulionienė (Publishing Office „Technologija“)

© R. Kolosej, 2017

ISBN 978-609-02-1395-7

The bibliographic information about the publication is available in the National Bibliographic Data Bank (NBDB) of the Martynas Mažvydas National Library of Lithuania

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

RAMŪNĖ KOLOSEJ

VASARINIŲ RAPSŲ AUGIMĄ REGULIUOJANČIŲ *N*-PAKEISTŲ *β*- IR *γ*-AMINORŪGŠČIŲ SU AROMATINIAIS IR AZOLŲ FRAGMENTAIS SAVYBIŲ TYRIMAS

Daktaro disertacija
Technologijos mokslai, chemijos inžinerija (05T)

2017, Kaunas

Disertacija rengta 2011-2017 metais Kauno technologijos universiteto, Chemijos technologijos fakultete, Organinės chemijos katedroje.

Mokslinis vadovas:

Prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, chemijos inžinerija – 05T).

Interneto svetainė, kurioje skelbiana disertacija, adresas:
http://ktu.edu

Redagavo:

Aurelija Tamulionienė (leidykla „Technologija“)

© R. Kolosej, 2017

ISBN 978-609-02-1395-7

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB)

Turinys

ĮVADAS 7
1. LITERATŪROS APŽVALGA 10
1.1. Rapsai ir jų panaudojimas 10
1.2. Rapsuose randami bioaktyvūs junginiai 11
1.3. Aplinkos veiksniai ir jų poveikis augalams 20
1.4. Augimą reguliuojančios medžiagos 25
1.5. *β*-aminorūgštys 35
2. METODINĖ DALIS 39
2.1. Tyrimuose naudotos medžiagos 39
2.2. Rapsų auginimas *in vitro* 42
2.3. Rapsų augimo įvertinimo metodai 43
2.4. Rapsų sudėties įvertinimo metodikos 44
2.5. Rapsų lapų DNR tyrimo metodika 48
2.6. Statistinė analizė 49
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS 50
3.1. Aminorūgščių darinių poveikis vasarinių rapsų sėklų daigumui *in vitro* . 50
3.2. 1 ir 9 junginių įtaka vasarinių rapsų augimui *in vivo* 70
3.3. Augimo reguliatorių įtaka rapsų sėklų sudėčiai 78
3.3.1. Antioksidantinės rapsų sėklų ekstrakto savybės 86
3.3.2. Gauto aliejaus iš rapsų sėklų rodikliai 88
3.3.3. Rapsų sėklų aliejaus riebalų rūgščių sudėtis 91
3.4. Chlorofilo ir karotenoidų kiekio rapsų lapuose priklausomybė nuo naudoto augimo reguliatoriaus 94
3.5. Rapsų DNR tyrimas 101
4. APIBENDRINIMAS 104
IŠVADOS 105
5. LITERATŪRA 106
6. KONFERENCIJŲ IR PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS 125

SANTRUMPOS

Sutrumpinimas	Pilnas pavadinimas
ABR	Abscizo rūgštis
AAPD	Atsitiktinai amplifikuota (pagausinta) polimorfinė DNR
BA	Benziladeninas
BAP	6-benzilaminopurinas
Chl *a*	Chlorofilas *a*
Chl *b*	Chlorofilas *b*
DNR	Deoksiribonukleorūgštis
DMC	Dimetilmorfolino chloridas
17-DMC	1,7-dimetilmorfolino chloridas
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazilas
IAR	3-indolilacto rūgštis
ISR	3-indolilsviesto rūgštis
MCRP	4-chlor-2-metilfenoksiacto rūgštis
MS	Murashige Skoog mitybinė terpė
NAR	1-naftalenacto rūgštis
PGR	Polimerazės grandinės reakcija
TA-12	Kalcio 4-(2-chloretoksikarbonilmetil)-1-naftalensulfonatas
TA-14	1-Naftiletano rūgšties ω-trialkilamonio alkilesteris
2,4-D	2,4-dichlorfenoksiacto rūgštis
2,4,5-T	2,4,5-trichlorfenoksiacto rūgštis
JA	Žasmono rūgštis

ĮVADAS

Brassicaceae šeima yra viena gausiausių augalų šeimų, ją sudaro apie 338 genčių ir 3 700 rūšių (Donovan C. Bailey ir kt., 2006). Aliejiniai rapsai (*Brassica napus* L.), po palmių ir sojų, yra vieni svarbiausių išgaunant aliejų. Rapsai – penkta ekonomiškiausia augalų rūšis po ryžių, kviečių, kukurūzų ir medvilnės. Jie auginami vidutinio klimato regionuose, kuriuose yra nepalankios sąlygos augti daugeliui kitų aliejinių augalų.

Padidinti sėklų derlių ir pagerinti jo kokybę bandoma įvairiais būdais – specialiai apdorojamos sėklos ar naudojamos augalų augimą skatinančios cheminės medžiagos. Augalų augimui skatinti taip pat gali būti pasitelkiama keletas fungicidų. Tiazolo ir strobilurino naudojimas, kartu su augalų augimo reguliatoriais, yra siejamas su įvairiais morfologiniais ir fiziologiniais augalų pokyčiais: augalų augimo slopinimu, chlorofilo kiekio padidinimu, lapų audinių storinimu, šaknų ir ūglių santykio padidinimu, senėjimo procesų lėtinimu, antioksidacinio potencialo padidinimu, alkaloidų gamybos skatinimu (Muhammad Ijaz,Khalid Mahmood ir Bernd Honermeier, 2015). Grybelinio sterolio biosintezės dimetilinimo inhibitoriai, tokie kaip triazolai, imidazolai ir pirimidinai, atstovauja svarbiai grupei sintetinių fungicidų, naudojamų beicuojant sėklas (K. H. Kuck, H. Saheinpflug ir R. Ponzen, 1995; Wilhelm Rademacher, 2000). Vis dėlto paskelbtuose skirtinguose tyrimuose randami ir skirtingi argumentai apie tiazolo fungicidų taikymą rapsų auginime. Vienu atveju teigiama, kad šie fungicidai sumažino aliejaus kiekį sėklose, kitu – kad aliejaus kiekis smarkiai išaugo (Muhammad Ijaz ir kt., 2015).

Laimutės Miliuvienės (2000), L. Miliuvienės ir Leonidos Novickienės (2004) paskelbtuose tyrimuose nustatyta, kad 1,7-dimetilmorfolino chloridas slopina rapsų daigų augimą, žiedyne padidina ankštarų ir sėklų skaičių bei sėklų masę (L. Miliuvienė ir kt., 2003, 2004). Didesnį rapsų sėklų derlių galima užtikrinti naudojant sintetinius augimo reguliatorius. Jais galima modifikuoti rapsų žydėjimo, augimo, vystymosi ir derliaus formavimosi fiziologines, biochemines, morfologines ypatybes (Elena Jakienė, 2008).

Mokslininkai, tirdami augimo reguliatorių poveikį rapsams, daugiausia tyrimų atlieka su vasarinėmis veislėmis. Pastebėta, kad augalų augimo procesus galima kontroliuoti fitohormonus pakeitus junginiais, kurių veikimas yra toks pat, kaip jų analogų (Virginija Gavelienė, Leonida Novickienė, L. Miliuvienė, Irena Brazauskienė ir Danguolė Kazlauskienė, 2005; D. Kazlauskienė, V. Gavelienė ir L. Novickienė, 2008; E. Jakienė, Vytautas Šlapakauskas, Vytautas Mickevičius ir Birutė Sapijanskaitė, 2008). Lietuvoje mokslininkai tyrė auksinų analogų (kalcio 4-(2-chloretoksikarbonilmetil)-1-naftalensulfonatas ir 1-naftiletano rūgšties ω-trialkilamonio alkilesteris) įtaką vasarinių rapsų reprodukcinių organų formavimuisi (D. Kazlauskienė ir kt., 2008). Atliktų tyrimų metu nustatyta, kad kalcio 4-(2-chloretoksikarbonilmetil)-1-naftalensulfonatas skatina žiedų užuomazgų formavimą, sutrumpina žydėjimo trukmę ir padidina ankštarų kiekį. Atliekant tyrimus su žieminiais rapsais buvo nustatyta, kad 1-naftiletano rūgšties ω-trialkilamonio alkilesteris padidino monosacharidų kiekį (tai lemia geresnį augalo prisitaikymą prie

šalčio ir žiemojimą) ir skatino geresnį produktų formavimąsi (V. Gavelienė, L. Novickienė ir Lina Pakalniškytė, 2012).

Gediminas Staugaitis ir Renata Laurė (2007) nustatė, jog lapų tręšimas trąšomis su įvairiomis maisto bei biologiškai aktyviomis medžiagomis turėjo įtakos vasarinių rapsų augalų masei, t. y. stiebų, ankštarų bei lapų visumai, sėklų kokybei ir peleningumui. Rapsų sėklose riebalų kiekį didino boro turinti lapų trąša „Tradebor“ ir amidinio azoto bei aminorūgščių turinti lapų trąša „Delfan“. Vis dėlto tręšiant šiomis trąšomis sėklose mažėjo baltymų. Amidinio azoto bei aminorūgščių turinti lapų trąša „Delfan“ mažino gliukozinolatų kiekį rapsų sėklose.

Naujai susintetintų *β*- ir *γ*-aminorūgščių darinių tyrimai leistų sužinoti, ar šie junginiai gali pagerinti rapsų vystymąsi ir derliaus kokybę, kaip auksinų analogai. Kadangi mokslininkų tyrimuose skelbiama, kad auksinų analogai ir lapų trąšos su aminorūgštimis pagerina rapsų augimą ir derliaus formavimąsi, reikėtų ištirti, ar šie naujai susintetinti junginiai veiktų kaip lapų trąša be jokių papildomų mikro ar makro elementų priedų.

Darbo tikslas

Ištirti *N*-pakeistų β- ir γ-aminorūgščių su aromatiniais ir azolų fragmentais įtaką vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) augimui *in vitro* ir nustatyti aktyviausių junginių poveikį vasarinių rapsų augimui *in vivo*, sėklų derliui ir cheminei jo sudėčiai.

Pagrindiniai tyrimų uždaviniai

1. Ištirti *N*-pakeistų β- ir γ-aminorūgščių su aromatiniais ir azolų fragmentais poveikį vasarinių rapsų vystymuisi *in vitro* ir atrinkti didžiausiu bioaktyvumu pasižyminčius junginius.
2. Ištirti atrinktų aktyviausių junginių poveikį vasarinių rapsų, augintų *in vivo* sąlygomis, biometriniams rodikliams ir derliui.
3. Ištirti atrinktų aktyviausių junginių poveikį rapsų sėklų sudėčiai ir kokybei.
4. Ištirti atrinktų aktyvių junginių poveikį bioaktyvių medžiagų kaupimuisi vasarinių rapsų, augintų *in vivo* sąlygomis, sėklose.
5. Įvertinti junginių su *N*-pakeistais β- ir γ-aminorūgščių su aromatiniais ir azolų fragmentais poveikį rapsų DNR kitimui.

Darbo naujumas

Ištirtas *N*-pakeistų *β*- ir *γ*-aminorūgščių su aromatiniais ir azolų fragmentais skirtingų koncentracijų poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) augimui *in vitro,* teigiamą įtaką turėję junginiai atrinkti tolesniems lauko tyrimams. Panaudojant atrinktus dviejų skirtingų klasių junginius, *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il)-*β*-alaniną ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druską, atlikti lauko tyrimai su vasariniais rapsais ir nustatytas jų poveikis rapsų biometriniams rodikliams, derliui, sėklų ir aliejaus cheminei sudėčiai. Palygintas *in vitro* ir lauko sąlygomis augintų rapsų žalios masės fotosintezės pigmentų kitimas. Nustatyta, kad tirtieji junginiai neturi poveikio rapsų DNR.

Darbo praktinė reikšmė

Atlikus lauko bandymus nustatyta, kad *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il)-*β*-alaninas ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano natrio druskos pagerino vasarinių rapsų *„Land Mark“* biometrinius rodiklius *in vivo*: *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il)-*β*-alaninas padidino augalo šakų skaičių, vidutinį šoninių šakelių skaičių, vidutinį sėklų skaičių ankštaroje. Padidėjo sėklų derlius, baltymų kiekis rapsų sėklose, išgaunamo aliejaus kiekis. 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgštis padidino augalo šakų kiekį, vidutinį šoninių šakelių kiekį, vidutinį sėklų kiekį ankštaroje, sėklų derlių. Be to, padidėjo baltymų kiekis rapsų sėklose, o aliejaus išgauta daugiau. Abu tirti junginiai poveikio gliukozinolatų kaupimuisi ir aliejaus riebalų rūgščių kiekiams rapsų sėklose neturėjo. Atlikus tyrimus galima teigti, kad 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgštį galima naudoti kaip rapsų derliaus didinimo priemonę.

Gynimui pristatomi teiginiai

1. *N*-pakeistos *β*- ir *γ*-aminorūgštys su aromatiniais ir azolų fragmentais didina rapsų daigumą ir gerina vystymąsi *in vitro* sistemoje bei skatina fotosintezės pigmentų kaupimąsi rapsų žaliojoje masėje *in vitro* ir lauko sąlygomis.
2. *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos gerina rapsų biometrinius rodiklius ir didina rapsų sėklų derlių, gerina rapsų sėklų cheminę sudėtį, t. y. didina fenolinių junginių, flavonoidų, baltymų, aliejaus kiekį, nekeisdami gliukozinolatų kiekio rapsų sėklose. Šios druskos taip pat didina DPPH radikalo surišimą rapsų sėklų ekstrakte ir turi įtakos rapsų sėklų peleningumui.
3. *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos neturi poveikio rapsų DNR.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Rapsai ir jų panaudojimas

Rapsai auginami ir vertinami ne tik dėl aliejaus, jie naudojami pašarui, silosui, žaliajai trąšai pagrindiniuose ir tarpiniuose pasėliuose (Бечюс, 1989). Rapsų aliejus pasaulyje laikomas vienu iš svarbiausių augalinių aliejų, turinčių nesočiųjų riebalų rūgščių (Anna Koski ir kt., 2002). Rapsų sėklos, be turtingo aliejaus, turi daug fenolinių junginių. Dauguma vyraujančių fenolinių junginių yra 3,5-dimetoksi-4-hidroksicinamono rūgšties dariniai. Rapsų sėklose ir aliejuje buvo aptiktas fenolinis junginys 4-vinil-2,6-dimetoksifenolis (kanololas), kuris yra efektyvus antioksidantas (A. Koski, Satu Pekkarinen, Anu Hopia, Kristiina Wähälä ir Marina Heinonen, 2003; Hideo Kuwahara ir kt., 2004; Daisuke Wakamatsu ir kt., 2005). Rapsų rupiniai, liekantys po aliejaus išgavimo, turi daug fenolių, jie lemia tamsią rupinių spalvą ir kartų skonį (Fereidoon Shahidi, 1990). Rapsų išspaudos, gautos po aliejaus ekstrakcijos, turtingos baltymų su subalansuotomis aminorūgštimis. Jose yra šiek tiek mažiau lizino negu sojos rupiniuose, tačiau pakankamas sieros turinčių aminorūgščių ir treonino kiekis, svarbus pašarų gamyboje (W. Grala ir kt., 1998; Latxaque ir Gardrat, 1992; Raimondas Leikus, 2001; Mikulionienė, Paulauskas ir Gruzdienė, 2005; Jolanta Šeškevičienė ir Heinz Jeroch, 2003; Tripathi ir Mishra, 2007). Rapsų sėklų ir jų produktų naudojimas susistemintas 1 lentelėje.

1 lentelė. Rapsų sėklų ir jų produktų panaudojimas (Jeroch, 2008)

Produktas	Naudojimas
Rapsų sėklos	Aliejui, pašarams
Rapsų aliejus	Maistui, pašarams, biodyzelino ir specialios paskirties alyvų gamybai
Glicerolis	Pašarams, farmacijos produktų gamybai
Rapsų ekstrahuoti rupiniai, išspaudos/ekspeleris	Pašarams, rapsų baltymų izoliatų, skirtų daugiausia žmonių mitybai, gamybai

Pagal Jeroch (2008), vasarinių rapsų sėklas sudaro neorganiniai junginiai, kurie sudaro pelenus (4,5 %), baltymai (22,7 %), riebalai (44,4 %), ląsteliena (17,6 %) ir cukrus (5,2 %). Remiantis Czesław Muśnicki ir kt. (1997) straipsniu, vasarinių rapsų sėklos turi apie 40 % riebalų ir 25 % baltymų. Pavyzdžiui, Kanadoje iš rapsų sėklų išgaunama tik 45–48 % aliejaus, o Kinijoje ir Australijoje – tik 41–42 % (Zhi-Yong Hu ir kt., 2013; Han-Zhong Wang, 2010). Iš vasarinių rapsų sėklų įmanoma išgauti iki 76 % aliejaus (Denis J. Murphy, 1996). Buvo aprašytos naujos rapsų veislės, tokios kaip „Major“ (aliejaus kiekis 50,7 %, Prancūzija), „Zephyr“ (aliejaus kiekis 51,4 %, Kanada), „Zhongyou 0361“ (aliejaus kiekis 54,7 %, Kinija), „HEAR“ (aliejaus kiekis 54,8 %, Kanada) (Dianrong Li, Jianhua Tian, Wenjie Chen ir Wenxue Zhang, 2011). 2009 metais Kinijos selekcininkai aprašė rapsų veislę, sukaupiančią didelį aliejaus kiekį (60 %) (Hu ir kt., 2013). Lietuvoje atliktuose tyrimuose su 6 vasarinių rapsų veislėmis („Sponsor“, „Natan“, „Orinio“, „Siesta“, „Griffin“ ir „Summit“) buvo nustatyta, kad baltymų kiekis rapsų sėklose kinta nuo 22,3 % iki 25,4 %, o riebalų – atitinkamai nuo 41,5 % iki 46,2 % (Sabina Mikulionienė, Friedrich Schöne, Heinz Jeroch ir Birutė Kusaitė, 2006).

Vasariniai rapsai (*Brassica napus* L.) gerai žinomi kaip aliejaus šaltinis, kuriame mažai sočiųjų riebalų rūgščių (5–7 %) ir daug polinesočiųjų riebalų rūgščių, linoleno rūgšties (7–10 %) bei linolo rūgšties (17–21 %). Šiame aliejuje daug oleino rūgšties, palankus linolo ir linoleno rūgščių santykis, taip pat yra sterolių ir riebaluose tirpių vitaminų. Manoma, dėl šių savybių rapsų aliejus yra tinkamesnis mitybai (Alice Baux, Thomas Hebeisen ir Didier Pellet, 2008; Teresa Cegielska-Taras ir Tomasz Pniewski, 2011; Ivan Javni, Zoran S. Petrovic, Amdrew Gou ir Rachel Fuller, 2000). Aliejiniai augalai, gausūs polinesočiųjų riebalų rūgščių ir vitamino E, turi daug antioksidantų. Antioksidantai gali padidinti organizmo apsaugą nuo ligų. Visose aliejinėse daržovėse randami natūralūs antioksidantai tokoferoliai (Marwede Volker, Schierholt Antje, Mollers Christian ir Backer Heiko, 2004). Dideli α-tokoferolio kiekiai buvo nustatyti sojų, kukurūzų, sezamo, taip pat rapsų aliejuje (Anna Koski ir kt., 2002). Be to, antioksidantai α- ir β-tokoferoliai atlieka svarbų vaidmenį rapsų sėklų vystymosi procese (Marwede Volker ir kt., 2004). Svarbiausi veiksniai, turintys įtakos rapsų sėklų cheminei sudėčiai, yra aplinka, kurioje rapsai auginami, dirvožemio drėgmė bei sudėtis, karšti ir šalti orai, derliaus nuėmimo laikotarpis (Rex Newkirk, 2009).

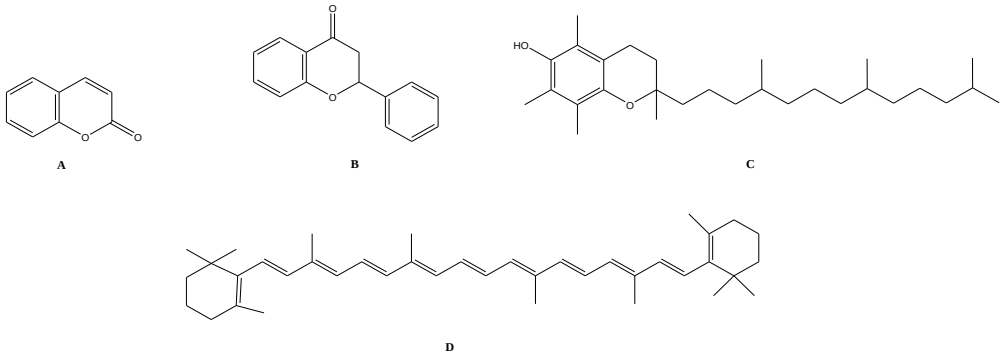
Funkcinės ir maistinės skirtingų aliejų savybės priklauso nuo skirtingų aliejuje esančių riebalų rūgščių (pvz., trigliceridų). Vienas svarbiausių būdingų rapsų aliejaus komponentų yra eruko rūgštis. Iš daug eruko rūgšties turinčių rapsų veislių išgaunamas aliejus gali sukelti pavojų sveikatai (M. S. Khan, S. Akhtar, I. Waheed ir A. H. Khan, 1985).

Dar viena nepageidautina junginių grupė rapsuose – gliukozinolatai. Rapsuose randami šios grupės junginiai: gliukonapinas, gliukonabrasikonapinas, gliukonasturtinas, gliukobrasicinas, progoitrinas, sinalbinas. Gliukozinolatų kiekis ir sudėtis priklauso nuo rapsų amžiaus, dirvožemio rūgštingumo, aplinkos temperatūros, vandens kiekio (stygiaus), augalo ligų (Bronislova Butkutė ir Zenonas Dapkevičius, 2007). Gliukozinolatų kiekis vasarinių rapsų (7 veislių: „Sponsor“, „Natana“, „Orion“, „Siesta“, „Sary“, „Griffin“, „Summit“) sėklose 2005 metų tyrimų duomenimis Lietuvoje buvo 7,3–16,4 μmol/g, žieminių rapsų (7 veislių: „Liclassic“, „Milena“, „Pilot“, „Gello“, „Digger“, „Valesca“, „Orkan“) sėklose – 8,52–14,4 μmol/g (Sabina Mikulionienė ir kt., 2006).

Vienas iš biometrinių rodiklių – sėklų skaičius ankštaroje – įprastai kinta nuo 15 iki 25 vnt. (G. Buzau, 1991). Vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) sėklų skaičius ankštaroje ir jų svoris priklauso ne tik nuo aplinkos veiksnių, turinčių įtakos augalo mitybai (T. O. Tayo ir D. G. Morgan, 1978), bet ir nuo hormonų kiekio (Pierre de Bouille, Bruno Sotta, Emile Miginiac, Andre Merrien, 1989).

1.2. Rapsuose randami bioaktyvūs junginiai

Rapsuose yra įvairių **natūralių antioksidantų** (1 pav.). Tai fenoliai, flavonoidai, kumarinai, taninai, tokoferoliai, *β*-karotenai, gliukozinolatai ir kt. (Adel A.A. Mohdaly, Mohamed A. Sarhan, Iryna Smetanska ir Awad Mahmoud, 2010). Jie aptinkami įvairiose augalų dalyse (vaisiuose, lapuose, sėklose) ir aliejuje (Seok-Moon Jeong ir kt., 2004).



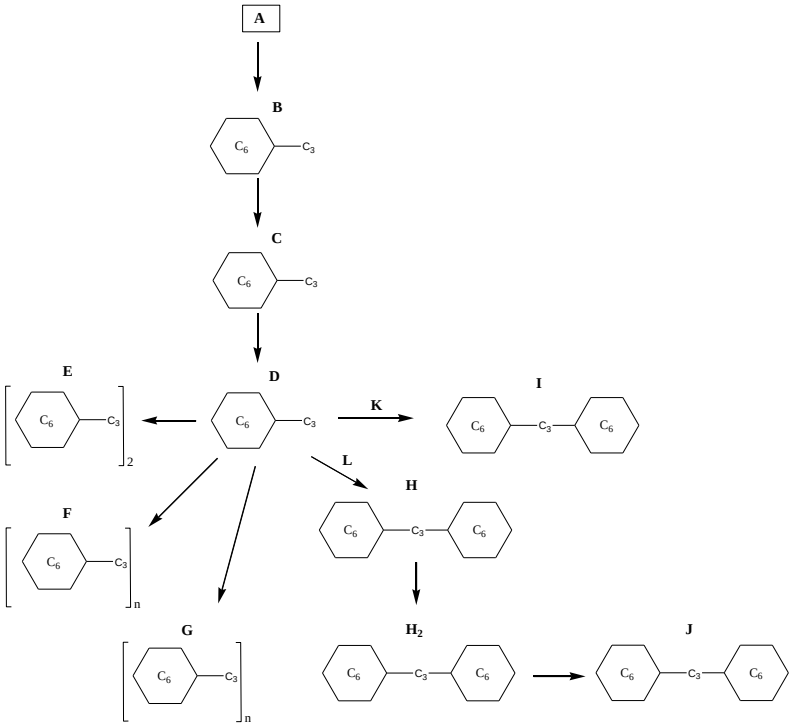
1 pav. Natūralūs antioksidantai. A – kumarinas, B – taninas (flavonas), C – vitaminas E, D – *β*-karotenas

Augalai sintetina labai įvairius antrinius metabolitus, pasižyminčius antioksidaciniu veikimu. Tai **fenoliniai junginiai** (fenolinės rūgštys, flavonoidai, chinonai ir kumarinai), azoto junginiai (alkaloidai ir aminai), vitaminai, terpenoidai ir kt. (Yamina Benmalek, Ouahiba Ait Yahia, Aicha Belkebir ir Marie-Laure Fardeau, 2013; Stephen C. Grace ir Barry A. Logan, 2000). Šie antriniai metabolitai atlieka svarbų vaidmenį kaip gynybiniai junginiai abiotinių stresų tolerancijos sistemoje. Antocianinai yra svarbūs augalų apsaugoje nuo UV spindulių, tačiau jie stipriai mažina osmosinį potencialą lapuose, susijusį su vandens praradimu veikiant temperatūros stresui (Ajaya K. Trivedi, 2015). Polifenoliniai junginiai turi tinkamą cheminę struktūrą laisviesiems radikalams surišti. Polifenolinių junginių veiksmingumas buvo patikrintas *in vitro,* nustatyta, kad jie efektyvesni už tokoferolį ir askorbo rūgštį (Catherine Rice-Evans, Nicolas Miller ir George Paganga, 1997). Kitas mechanizmas, lemiantis fenolinių junginių antioksidacines savybes, yra flavonoidų gebėjimas pakeisti peroksidacijos kinetiką keičiant lipidų išsidėstymo tvarką ir sumažinant membranų nestabilumą (Arti Arora, Todd M. Byrem, Muraleedharan G. Nair ir Gale M. Strasburg, 2000).

Rapsuose fenolinių junginių randama daugiau nei kituose aliejiniuose augaluose (H. Nowak, R. Kujava, R. Zadernowski, B. Roczniak ir H. Kozlowska, 1992). Dauguma fenolinių junginių lieka rapsų išspaudose po aliejaus išspaudimo (A. Koski ir kt., 2003). Rapsų fenoliniai junginiai yra stiprūs antioksidantai ir gali būti naudojami maisto produktuose, kosmetikoje ir farmacijos preparatuose. H. Nowak ir kt. (1992) nustatė, kad fenolinis junginys – sinapo rūgštis – aktyviai slopina emulsijų oksidaciją. Fenolinių junginių kiekis rapsų išspaudose yra didesnis nei rapsų miltuose ir, priklausomai nuo aliejinių augalų veislės ir aliejaus išgavimo metodo, kinta nuo 6,39 iki 18,37 mg/g. Nustatyta, kad fenolinių junginių kiekis turi stiprią koreliaciją su antioksidantiniu aktyvumu rapsų sėklose (Shyamchand Mayengbam, Ayyappan Aachary, Usha Thiyam-Hollander 2014).

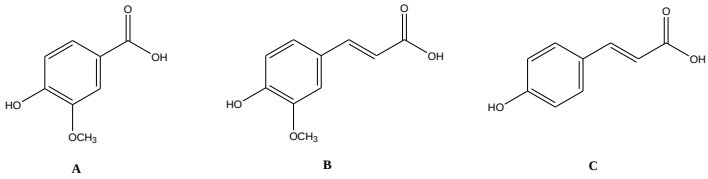
Aliejiniuose augaluose pagrindiniai fenoliniai junginiai yra hidroksibenzoinės ir hidroksicinamono rūgščių dariniai, taip pat kumarinai, flavonoidai ir ligninai, o

rapsų pagrindiniai fenoliai yra hidroksicinamono rūgšties dariniai (2 pav.) (H. Kozlowska, M. Naczk, F. Shahidi ir R. Zadernowsi, 1990).



2 pav. Fenilpropanoidų metabolizmo bendroji schema. A – šikimatinis kelias; B – fenilalaninas; C – fenilpropanonai, cinamono rūgštis; D – paprastieji fenoliai; E – lignatas; F – ligninas; G – subertinas, kutinas (+ riebalų rūgštys, riebieji alkoholiai, hidroksiriebiosios rūgštys, dikarboksilinės rūgštys); H – chalkonai; H_2 – flavonoidai (flavonai, flavonolai, izoflavonai, antocianai); I – stilbenai; J – taninai; K – stilbeno sintezė; L – chalkono sintezė (Hans-Walter Heldt 2005)

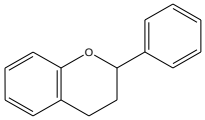
Antriniai metabolitai iš augalų į aplinką išsiskiria per lapus, medžių sakus arba šaknis. Išskiriami junginiai veikia kitus augalus, dažnai slopina jų vystymąsi bei augimą. Šis reiškinys vadinamas alelopatija. Daugelis fenolinių junginių yra plataus veikimo alelopatiniai junginiai, pavyzdžiui, vanilio, ferulo ir p-kumarino rūgštys (3 pav.).



3 pav. Fenoliniai alelopatiniai junginiai. A – vanilio rūgštis; B – ferulo rūgštis; C – *p*-kumarino rūgštis

Dauguma fenolinių junginių augaluose kaupiasi kaip vandenyje tirpūs glikozidai, todėl yra lengvai išplaunami iš augalų lapų (Aldona Četkauskaitė ir Aurelijus Zinkus, 2008).

Kita bioaktyvių junginių grupė yra **flavanoidai**. Flavonoidai yra fenoliniai junginiai su dviem aromatiniais žiedais, kurių struktūros pagrindą sudaro C6-C3-C6 sistema (Danutė Baranauskaitė ir Irena Remeikienė, 1983) (4 pav.):



4 pav. Flavonoidų struktūros pagrindas

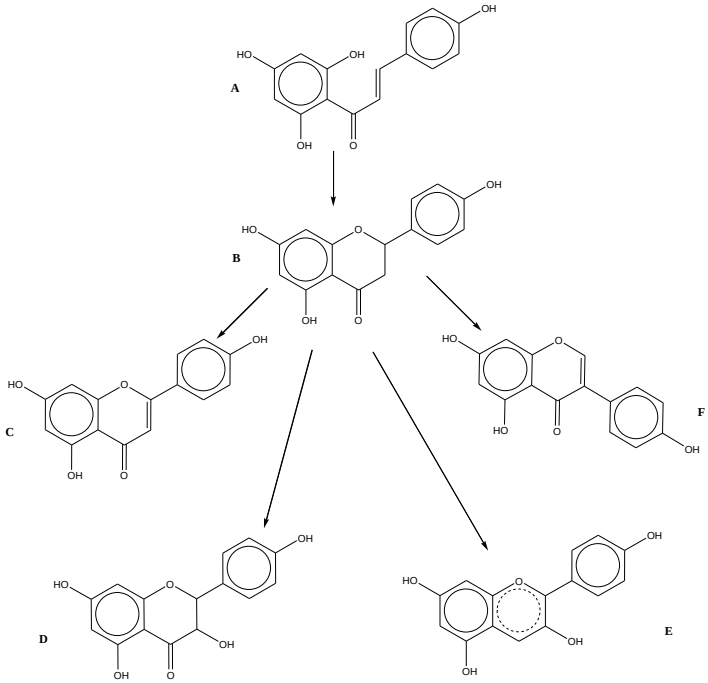
Flavonoidai yra viena didelė klasė fenolinių junginių, kurie randami daugelyje augalo audinių, nors atskiros flavonoidų poklasės augale pasiskirsto specializuotai. Pavyzdžiui, *Arabidopsis* kaupia tris pagrindines flavonoidų poklases: 1) antocianinai, esantys vegetatyviniuose audiniuose prie embriono; 2) flavanoliai – vegetatyviniuose ir reprodukciniuose audiniuose; 3) proantocianidinai – sėklų dangalo endotelyje (Lucille Pourcel ir Erich Grotewold, 2009).

Chalkonas paverčiamas flavononu dalyvaujant chalkono izomerazei (5 pav). Naujo žiedo struktūra susidaro vykstant ciklizacijai tarp fenolinės hidroksiligrupės ir dvigubosios jungties, esančios dviejų fenolio žiedų jungiamojoje dalyje (H. W. Heldt, 2005).

Flavononas yra daugybės augaluose aptinkamų flavonoidų pirmtakas. Tarp flavonoidų aptinkama daug žolėdžius atbaidančių medžiagų ir fitoaleksinų. Kad ir nuodingas izoflavono dimeras rotenonas, stiprus kvėpavimo grandinės inhibitorius randamas atogrąžinės pupos (*Lonchocarpus utilis)* lapuose. Flavonai ir flavonolai yra optiškai aktyvios medžiagos. Jie absorbuoja UV spindulius, todėl jie veikia kaip apsauginis pigmentas nuo UV spinduliuotės poveikio (Amalesh Samanta, Gounranga Das ir Sanjoy Kumar Das, 2011).

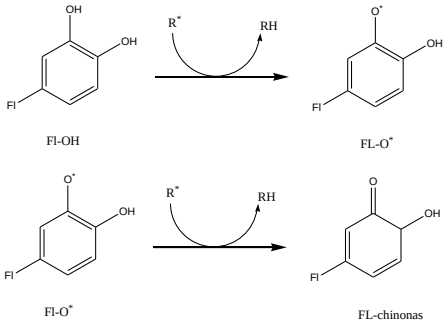
Flavonoidai nėra svarbūs augalų išlikimui, tačiau jie bioaktyvūs ir turi poveikį augalų hormonų ir auksinų transportui (Charles S. Buer, Nijat Imin ir Michael A. Djordjevic, 2010). Nuo flavonoidų (vieni iš keturių pigmentų) priklauso augalų spalvos (Rob Griesbach, 2005).

Skirtingų klasių flavonoidai augaluose atlieka daugybę funkcijų ir padeda jiems toleruoti biotinius ir abiotinius veiksnius. Metabolitus augalai naudoja stresų poveikiui sumažinti. Flavonoidai augaluose gali atlikti tokias funkcijas: būti kaip signalinės molekulės; skatinti sėklų dygimą; reguliuoti auksinų transportą; veikti kaip UV filtrai; veikti antimikrobiškai, kaip antioksidatoriai (Mahdi Kaveh ir Mitra Noori, 2014); mažinti osmosinį potencialą (Trivedi 2015).



5 pav. Chalkonas (A) ir jo dariniai: B – flavanonas; C – flavonas; D – flavonolis; E – antocianidinas; F – izoflavonas (H. W. Heldt 2005)

Flavonoidai augaluose atlieka fitoaleksinų vaidmenį. Fitoaleksinų sintezė augaluose prasideda praėjus kelioms valandoms nuo infekcijos pradžios. Kai kurie augalus veikiantys aplinkos stresiniai veiksniai, pavyzdžiui, intensyvi UV spinduliuotė, sunkiųjų metalų jonai ir kenksmingi cheminiai junginiai, indukuoja fitoaleksinų susidarymą augaluose (A. Četkauskaitė ir A. Zimkus, 2008). Atsiradus mikroorganizmų pažeidimams dauguma augalų rūšių išskiria chemines medžiagas, kurios žinomos kaip fitoaleksinai. Šios cheminės medžiagos paprastai yra fenoliai, stilbenoidai, alkaloidai, terpenoidai, kumarinai ir kt. (Tsukasa Iwashina, 2003). Nuo izoflavanoidų priklauso gynybinis atsakas į augalų patogenus. Flavonoidai, kaip antriniai metabolitai, dideliais kiekiais susikaupia augalų sėklose ir apsaugo jas nuo patogenų ir kenkėjų, dalyvauja sėklų brandos ir ramybės stadijose (Willian L. Kubasek ir kt., 1992). Flavonoidai padeda augalams aklimatizuotis prie temperatūros pokyčių (Iker Hernandez, Leonor Alegre ir Sergi Munne-Bosch, 2004; Francisco Delgado-Vergas ir Octavio Paredes-Lopez, 2003), didina atsparumą sausrai (Iwashina, 2003). Flavonoidų, chinonų oksidacijos produktai (6 pav.) yra labai reaktyvūs ir gali reaguoti su fenoliniais junginiais, baltymais bei apsaugoti augalus nuo oksidacinio streso. Dauguma flavonoidų veikia kaip antioksidantai (L. Pourcel ir E. Grotewold, 2009). Flavonoidai gali stimuliuoti svarbų detoksikuojantį fermentą, kuris veiktų prieš toksiškas chemines reakcijas (Yee Y. Lee-Hilz ir kt., 2006).



6 pav. Flavonoidai gali įgauti stabilią chinono struktūrą (Pier-Giorgio Pietta, 2000)

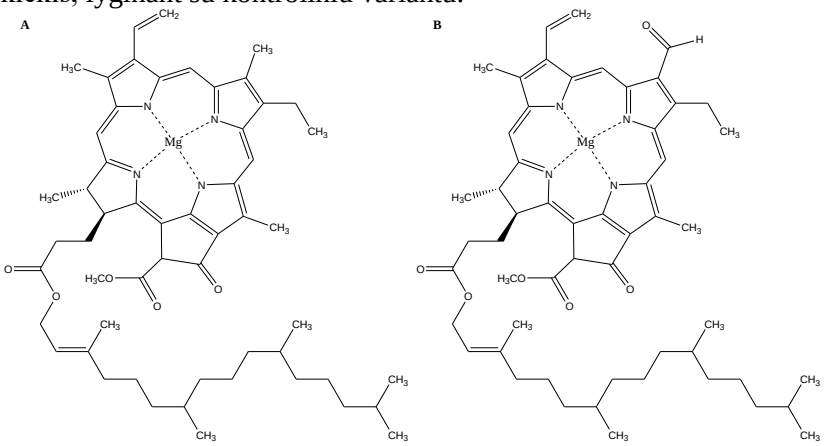
Chlorofilas – pagrindinis fotosintezės procese dalyvaujančių pigmentų sistemos komponentas, nuo jo priklauso šviesos kvantų absorbavimas ir energijos perdavimas į fotosistemos reakcinius centrus, kuriuose šviesos kvanto energija transformuojama į cheminę energiją ir naudojama anglies dioksidui asimiliuoti. Chlorofilų kiekis glaudžiai susijęs su augalo fiziologiniu aktyvumu, asimiliatų kaupimu, parodo augalo fiziologines galimybes (E. Jakienė ir R. P. Venskutonis, 2008).

Chlorofiko *a* (Chl a) ir Chlorofilo *b* (Chl b) (7 pav.) koncentracijų skirtumas atsiranda dėl skirtingų jų vaidmenų augaluose. Chl *a* atlieka svarbesnį vaidmenį fotosintezės procese. Chl *a* sugeria iš violetinės–mėlynos ir oranžinės–raudonos spalvos monochromatinius spindulius ir nedidelį kiekį iš žalios–geltonos–oranžinės spalvos spindulių. Pagalbiniai pigmentai (jie gali būti Chl *b*, *c*, *d* karotenoidai) sugeria dalį iš žalios spalvos spindulių, kurios chlorofilas *a* nesugeria. Karotenoidai, esantys augaluose kaip pagalbinis fotosintezės pigmentas, sugeria fotonus iš mėlynos ir mėlynos–žalios spalvos spindulių. Pagalbiniais pigmentais sugeriama iš didžiosios dalies matomų spindulių spektro (David E. Sadava, David M. Hillis, H. Craig Heller ir May Berenbaum, 2014).

Vienas iš trąšų efektyvumo rodiklių yra fotosintezės mechanizmo veikla pasėliuose (Asta Tarvydienė, Pavelas Duchovskis, Albinas Šiuliauskas, 2004). Optimalus augalo fotosintezės pigmentų kiekis ir jų santykis yra svarbus augalo mitybos rodiklis (Dean A. Kopsell ir kt., 2004; Jonathan A. Moran, Alan K. Mitchell, Graeme Goodmanson ir Keri A. Stockburger, 2000). Augaluose Chl *a* ir Chl *b* santykis yra 3:1. Iš plataus diapazono matomos šviesos spektro Chl *a* nesugeria visos šviesos energijos. Chl *b* sugerta šviesos energija perduodama Chl *a*, tokiu būdu Chl *b* pagerina augalo efektyvumą sugeriant šviesą (H. W. Heldt, 2005).

Augimo reguliatoriai skatina augalų fiziologinį aktyvumą, nes augalų lapuose padidėja chlorofilo, baltymų ir karotenoidų kiekis (L. Novickienė ir Alfonsas Merkys, 1998). Onos Auškalnienės (2005) paskelbtų tyrimų duomenimis, chlorofilo kiekis buvo padidėjęs visuose augaluose, paveiktuose augimo reguliatoriais. Panneerselvam Sakthivel ir Ramalingam Sridhara (2015) savo darbe nustatė, kad paveikus migdomąją vitaniją (*Withania somnifera*) augimo reguliatoriumi 3-indolinsviesto rūgštimi (ISR) (2,5 mg/l), fungicidais triadimefon (TDM, 20 mg/l) ir

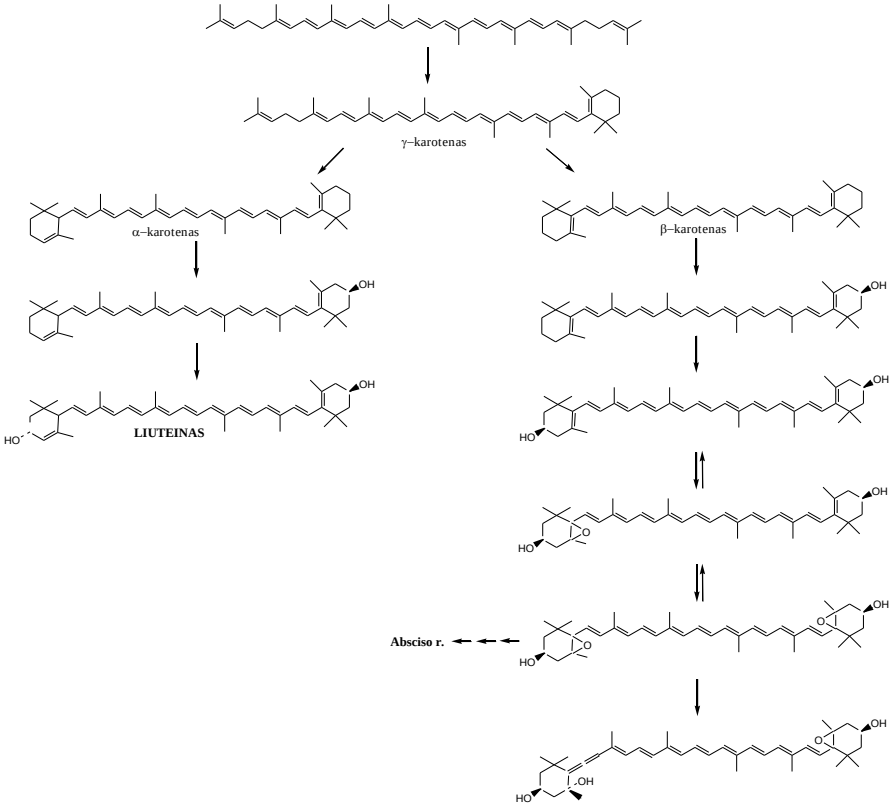
propikonazolu (20 mg/l), augaluose padidėjo bendras chlorofilų, karotenoidų ir antocianų kiekis, lyginant su kontroliniu variantu.



7 pav. Chlorofilų struktūros: A – chlorofilas *a*; B – chlorofilas *b*

Karotenoidai sintetinami visuose organizmuose, galinčiuose atlikti fotosintezę, kurios metu šviesos energija paverčiama į cheminę energiją. Karotenoidai yra daugiafunkciai junginiai, veikiantys kaip pagalbiniai pigmentai, šviesos energijos sugėrikliai, perduodantys energiją chlorofilui. Karotenoidai yra svarbi fotosintezės organoidų visų aukštesniųjų augalų, samanų, paparčių ir dumblių sudedamoji dalis. Taip pat jų randama fotosintezės membranose fototropinėse bakterijose ir melsvadumbliuose (Joanna Feidor ir Kvetoslava Burda, 2014; Scheer, 2003). Chloroplastų karotenoidai veikia kaip membranos stabilizatoriai ir fotosintezėje atlieka dvi pagrindines – šviesos sugerties ir fotoapsaugos – funkcijas. Karotenoidai augaluose padeda sugaudyti šviesos 450–570 nm spindulius diapazone ir perduoda jų energiją chlorofilams (M. Aguila Ruiz-Sola ir Manuel Rodriguez-Concepcion, 2012). Vienas iš pigmentų, padedančių sugerti šviesos energiją augalų lapuose fotosintezės metu, yra *β*-karotenas. Žmogaus organizme *β*-karoteno molekulė paverčiama dviem vitamino A, reikalingomis regėjimui, molekulėmis (Shan Lu ir Li Li, 2008; Sadava ir kt., 2014). Karotenoidai kaupiami specializuotose plastidėse (chromoplastuose) ir veikia kaip signalas gyvūnams. Be chromoplastų kitos plastidės sintetina karotenoidus, tačiau jų kaupimo lygiai, priklausomai nuo plastidžių tipo, labai skiriasi. Chromoplastai įprastai kaupia didžiausią kiekį karotenoidų, tačiau dideli jų kiekiai aptinkami ir chloroplastuose fotosintezės audiniuose. Kitaip nei chromoplastuose, kuriuose kaupiami skirtingi karotenoidai (priklausomai nuo organo, rūšies ar genetinės įvairovės), chloroplastai visuose augaluose turi labai panašią karotenoidų sudėtį: liuteino (45 % bendro kiekio), *β*-karoteno (25–30 %), violaksantino (10–15 %) ir neoksantino (10–15 %). Karotenoidai atlieka dar vieną svarbią funkciją augaluose – padeda sodinukams prisitaikyti prie šviesos po dygimo tamsoje (M. A. Ruiz-Sola ir M. Rodriguez-Concepcion, 2012).

Karotenoidai yra pirmtakai biosintezėje, kurios metu gaunamas fitohormonas abscizo rūgštis; taip pat fotoapsaugos komponentai, apsaugantys nuo fotooksidacijos. Jie kontroliuoja abiotinio streso signalų kelius, kai kontroliuojamas šoninių šakų augimas (Dean DellaPenna, 1999; B. Demmig-Adams, A. M. Glimore ir W. W. Adams, 1996; Chendwei Liang, Fangging Zhao, Wei Wei, Zhangxiao Wen ir Song Qin, 2006; S. Lu ir L. Li, 2008; Amanda F. D. S. Mendes, Virginia L. F. Soares ir Marcio G. C. Costa, 2015; X. Xie, K. Yoneyama ir K. Yoneyama, 2010). Karotenoidai efektyviai panaikina singletinio deguonies kitas reaktyvaus deguonies formas (ROS [angl. *reactive oxygen species*]). Nekontroliuojamas ROS kiekis organizmuose gali sukelti oksidacinį stresą, kuris yra pagrindinis veiksnys patogenų sukeltoms ligoms rastis. Aprašyta daugiau kaip 700 karotenoidų, iš jų apie 50 yra žmogaus mityboje ir tik apie 20 – aktyvūs žmogaus kraujyje bei audiniuose. Svarbiausi karotenoidai yra *β*- ir *α*-karotenas, likopenas, luteinas, zeksantinas, *β*- ir *α*- kriptosantinas, *ζ*-karotenas, jie randami žmogaus plazmoje (8 pav.) (J. Feidor ir K. Burda, 2014).

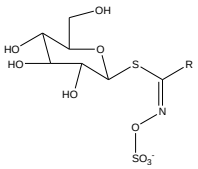


8 pav. Karotenoido biosintezes keliai augaluose (D. DellaPenna, 1999)

Gliukozinolatai yra sieros ir azoto turintys augalų anijoniniai antriniai metabolitai augaluose, jie sintetinami iš aminorūgščių ir cukraus visose

Brassicaceae daržovėse ir aliejiniuose augaluose (Go-Eun Yi ir kt., 2015). Gliukozinolatai turi bendrą pagrindinę struktūrą, kurioje yra *β*-D-tiogliukozės grupė, susijungusi su sulfoninta aldoksimo liekana ir šonine kintama grandine, gauta iš aminorūgščių (9 pav.). Identifikuota daugiau nei 200 gliukozinolatų. Gliukozinolatai ir jų hidrolizės produktai augaluose veikia kaip apsauginė sistema nuo vabzdžių, žolėdžių ir tam tikrų mikrobinių patogenų. Be to, šie junginiai traukia tam tikras kryžmažiedžiuose augaluose mintančias vabzdžių rūšis. Daugelis lakiųjų gliukozinolatų hidrolizės produktų lemia kryžmažiedžių daržovių specifinį skonį ir kvapą (G. E. Yi ir kt., 2015). Fermentas mirozinazė rapsų sėklose gali hidrolizuoti gliukozinolatus į biologiškai aktyvius produktus, pavyzdžiui, izotiocianatą, nitrilą, tiocianatą ir kt., kurių sudėtis priklauso nuo pH, metalų jonų ir kitų baltyminių elementų (Atle M. Bones ir John T. Rossiter, 2006).

Brassica augalai pripažinti dėl juose esančių gliukozinolatų ir jų hidrolizės produktų, nes pasižymi tokiomis naudingosiomis savybėmis, kaip antibakterinis veikimas ir grybelių augimo slopinimas, turi slopinamąjį poveikį dirvožemio patogenams (R. Font, M. D. R. Celestino, E. Rosa, A. Aires ir A. D. H. Bailón, 2005). Indijoje buvo atlikti tyrimai su kviečiais, augintais laukuose po rapsų arba garstyčių. Šių tyrimų metu nustatyta, kad iš kviečių išgaunamas gerokai didesnis derlius nei auginant po kviečių (J. A. Kirkegaard, P. A. Gardner, J. F. Angus ir E. Koetz, 1994). Nustatyta, kad izotiocianatų kiekis, liekantis dirvožemyje po *Brassica* augalų suirimo, yra pakankamas patogeninių grybelių kontrolei (J. F. Angus, P. A. Gardner, J. A. Kirkegaard ir J. M. Desmarchelier, 1994).



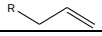
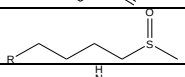
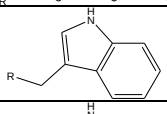
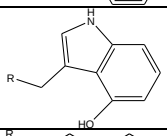
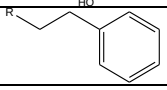
9 pav. Gliukozinolatų struktūros pagrindas. R – šoninė kintama grandinė, gauta iš aminorūgščių (Ivana R. Redovnikovic, Tatjana Glivetic, Karmela Delinga ir Jasna Vorkapic-Furač, 2008)

Rapsuose randami pagrindiniai gliukozinolatai: 4-hidroksigliukobrasicinas, gliukonapinas, gliukonabrasikonapinas, gliukonasturtinas, gliukobrasicinas, progoitinas, sinalbinas (B. Butkutė ir Z. Dapkevičius, 2007) (žr. 2 lentelę). Gliukozinolatai tampa vis svarbesni dėl galimybės būti kvapiųjų medžiagų pirmtakais, vėžio prevencijos agentais ir pasėlius saugančiais junginiais. Nors daugelis gliukozinolatų sintetinami iš pagrindinių aminorūgščių, ekonomiškai svarbiausioje augalų rūšyje *Brassicaceae*, pavyzdžiui, *Brassica napus* L. (rapsuose), jie susidaro iš metionino ar fenilalanino (Gerson Graser, Bernd Scheider, Neil J. Oldham ir Jonathan Gershenzon, 2000).

Pagal įvairių aminorūgščių pirmtakų struktūrą gliukozinolatai gali būti skirstomi į tris klases: 1) alifatinius; 2) aromatinius; 3) indolinius. Alifatinių gliukozinolatų pirmtakai yra metioninas (arba alaninas, leucinas, izoleucinas ir valinas), aromatinių gliukozinolatų – fenilalaninas (arba tirozinas), indolo

gliukozinolatų – triptofanas. Gliukozinolatų biosintezė vyksta trimis etapais: 1) aminorūgščių grandinės pailgėjimas, kai papildomos metilo grupės įterpiamos į šonines grandines; 2) aminorūgščių fragmentų keitimas į gliukozinolato pagrindinę struktūrą; 3) tolimesnės šoninės grandinės modifikacija. *Brassica* šeimos augaluose daugumos gliukozinolatų biosintezė vyksta iš metionino (G. E. Yi ir kt., 2015; I. R. Redovnikovic ir kt., 2008; Ida E. Sonderby, Fernando Geu-Flore ir Barbara A. Halkier, 2010;).

2 lentelė. Gliukozinolatų šoninių grandinių pavyzdžiai (I. R. Redovnikovic ir kt., 2008)

Gliukozinolatai	Šoninės grandinės struktūra
Sinigrinas	
Gliukorafaninas	
Gliukobrasicinas	
4-Hidroksigliukobrasicinas	
Feniletilgliukozinolatas	

1.3. Aplinkos veiksniai ir jų poveikis augalams

Augalai reaguoja į abiotinius ir biotinius aplinkos veiksnius. Tai apima sunkiųjų metalų veiksnių, žaizdų, vandens deficito, druskingumo, temperatūros ir šviesos pokyčius, patogenų ir kenkėjų atakas. Abiotiniai stresai sukelia morfologinius, fiziologinius, biocheminius ir molekulinius pokyčius. Vandens deficito, druskingumo, aukštos temperatūros ir oksidacinio stresų sąveika gali padaryti žalos augalo ląstelėms. Tiek biotiniai, tiek abiotiniai stresai sukelia neigiamus padarinius ir daro įtaką produktyvumui bei augalų išlikimui (Andrzej Bajguz ir Shamsul Hayat, 2009; Miki Fujita ir kt., 2006). Vandens deficito, druskingumo, įšalimo ar perteklinės UV spinduliuotės derinys gali labai sumažinti sėklų derlių (Grant R. Cramer, Kaoru Urano, Serge Delrot, Mario Pezzotti ir Kazuo Shinozaki, 2011). Druskingumas ir vandens deficitas yra pagrindinės osmosinio streso priežastys augaluose. Augalų reakcija į vandens deficito stresą skirtinga, priklauso nuo streso intensyvumo bei trukmės, augalo vystymosi stadijos ir rūšies (A. Bajguz ir S. Hayat, 2009; Manuela M. Chaves ir kt., 2002; Hyacinthe Le Gall ir kt., 2015). Oksidacinis stresas, dažnai lydimas daugelio abiotinių stresų (aukštos temperatūros, druskingumo ar vandens deficito stresas), ląstelėms sukelia stiprų vidinį poveikį.

Trumpųjų **UV bangų** potencialiai žalingi fotonai sąveikauja su aminorūgštimis, nukleorūgštimis arba membranų lipidais (Nicholas Smirnoff, 1993). Intensyvi UV spinduliuotė augaluose gali sutrikdyti medžiagų apykaitos procesus, įskaitant fotosintezę, gliukozės įsisavinimą, fosforilinimą (Hans Engeus, Ulrich

Heber, Uwe Mathiesen ir Martha. Kirk, 1975). Nors saulės šviesa fotosintezės procesui ir augalų išlikimui būtina, tačiau ji yra viena pagrindinių grėsmių genomo vientisumui. Saulės spinduliuotės energija skirstoma į UV-A (320-400 nm), UV-B (290-320 nm) ir UV-C (280-100 nm). UV-B spinduliuotė sudaro tik 1 % visos saulės spinduliuotės energijos, tačiau ji labai aktyvi ir sužadina cheminius DNR pakitimus (Sarvajeet S. Gill, Naser A. Anjum, Rita Gill, Manoranjan Jhn ir Narendra Tuteja, 2015). UV-B spinduliuotė (280-320 nm) veikia augalų augimą ir vystymąsi kaip tiesioginis aplinkos dirgiklis. Jis slopina hipokotilių augimą, sumažina lapų plėtimąsi ar šaknų augimą, todėl formuojasi trumpesni stiebai; taip pat turi neigiamos įtakos flavonoidų kaupimui ir konkrečių genų ekspresijai. Platesnis UV-B poveikis *Arabidopsis* augalams *in vitro* aprašytas Rossella Fasano ir kt. (2014) darbe. UV-B augaluose gali sukelti pažeidimus DNR (atsikūrimo mechanizmo, homologinės rekombinacijos stimuliacijos), fotosintezės pažeidimus (fotosistemos II D1 ir D2 baltymų degradacija; žala tilakoidams membranoje; suardomas chlorofilas ir karotenoidai); pažeidimus membranoje (lipidų peroksidacija); antriniame metabolizme (pažeidžiamas fenilpropanoidų sintezės kelias; UV-apsauginių pigmentų kaupimasis); sukelia fotomorfogenezinius pakitimus (slopinamas hipokotilių pailgėjimas, sėklaskilčių atsidarymas, mažinamas lapų paviršiaus plotas, padidinamas lapų storis, sutrumpėja atstumai tarp augalo bamblių, sumažinama biomasė, derliaus kiekis, keičiasi žydėjimas, sumažėja vaisingumas (Hanns Frohnmeyer ir Dorothee Staiger, 2003).

Temperatūros kitimas sukelia įvairius pakitimus ir dažniausiai neigiamai veikia augalų augimą, vystymąsi, fiziologinius procesus ir derlių. Temperatūros kitimo pasekmės: slopinamas sėklų daigumas, lėtinamas augalų augimas, stabdomas vystymasis, vandens netekimas, fotosintezės veiklos pakitimai, fenologiniai pakitimai, sausųjų medžiagų pasiskirstymo pakitimai, sumažėja derlingumas, prastėja derliaus kokybė, atsiranda oksidacinis stresas. Viena iš temperatūros kitimo pasekmių yra didelis ROS kiekis. Dėl jo atsiranda oksidacinis stresas. Pastarąjį sukelia aktyvios deguonies formos, įskaitant singletinį deguonį, deguonies radikalą, vandenilio peroksidą, ir hidroksiloradikalai. Augalai temperatūros kitimą iki tam tikro lygio geba toleruoti, sukeldami fiziologinius organizmo pokyčius ir sukurdami signalus, keičiančius metabolizmą. Molekuliniame lygmenyje temperatūros kitimas sukelia genų, dalyvaujančių tiesioginėje apsaugoje nuo temperatūros kitimo, pakitimus. Temperatūros pokytis sumažina sėklų daigumą dėl ABR indukcijos, taip pat fotosintezės pigmentų kiekį. Fotosintezė yra pagrindinis augalų procesas, nuo kurio priklauso iš pasėlių gaunamas derliaus kiekis. Temperatūros kitimas veikia įvairius fotosintezės proceso vyksmus, įskaitant fotochemines reakcijas, vykstančias tilakoido membranoje, ir anglies apykaitą chloroplastų stromoje. Temperatūros pokytis skatina tokių fenolinių junginių kaip flavonoidai ir fenilpropanoidai gamybą (A. K. Trivedi, 2015).

Buvo rastas sėkmingas būdas mažinti temperatūros pokyčių sukeliamus padarinius augaluose, išoriškai taikant saugančius – veikiančius kaip osmoprotektoriai – junginius (proliną, trihalozę ir kt.), fitohormonus (ABR, GA, salicilo rūgštį ir kt.), signalines molekules (azoto oksidą), poliaminus,

mikroelementus (seleną, silicį ir kt.) ir maistines medžiagas (azotą, fosforą, kalį, kalcį ir kt.) (Mirza Hasanuzzaman, Kamrun Nahar, Md. Mahabub Alam, Rajib Roychowdhury ir Masayuki Fujita, 2013).

Temperatūros padidėjimas sumažina daugelio kultūrų derlių, įskaitant grūdinių (ryžių, kviečių, miežių, kukurūzų), ankštinių, aliejinių augalų (garstyčių, rapsų) (M. Hasanuzzaman ir kt., 2013).

Vandens deficitas yra viena pagrindinių priežasčių, kodėl patiriami dideli pasėlių nuostoliai. Didžiausia problema ta, jog šis stresas turi stiprų ryšį tarp vandens išgarinimo ir fotosintezės (Kazuo Shinozaki ir Kazuko Ymagachi-Shinozaki, 1997). Augalų augimą vandens deficito metu lemia pakitusi fotosintezė ir kvėpavimas, jonų įsisavinimas, angliavandenių, maistinių medžiagų apykaita ir hormonai. Vandens deficitas neigiamai veikia mineralinę mitybą (įsisavinimą ir maistinių medžiagų transportą) ir metabolizmą, todėl mažėja augalų lapų plotis, pakinta medžiagų įsisavinimas skirtinguose organuose. Sutrinka augalo ląstelių sienelių elastingumas, homeostazė ir jonų pasiskirstymas.

Vandens deficitas – abiotinis stresas – yra daugialypio pobūdžio. Jis paveikia augalus įvairiuose lygiuose ir struktūrose. Dėl ilgalaikio poveikio augalai dehidratuoja ir sunyksta. Vandens deficito poveikį augalai mažina reguliuodami vandens potencialą ląstelių fitozolyje ir matricoje. Dėl šių vyksmų mažėja ląstelių plėtra, todėl slopinamas augimas bei reprodukcinės funkcijos. Savo ruožtu kaupiasi abscizo rūgštis ir atitinkami osmolitai, pvz., prolinas, sukeliantis augalų vytimą. Vandens deficitas gali sukelti membranos lipidų ir baltymų, taip pat fermentų aktyvumo ir transportavimo galimybių pokyčius membranoje. Lipidų peroksidacija yra vandens deficito ir kitų aplinkos stresų oksidacinis pažeidimas (Seyed Y.S. Lisar, Rouhollah Motafakkerazad, Mosharraf M. Hossian ir Ismail M. M. Rahman, 2012). Amir Hossein Shirani Rad ir Peiman Zandi (2012) paskelbė, kad vandens deficito sukelto streso rezultatas – sumažėjęs rapsų augalų aukštis, šakų ir ankštarų kiekis ant augalo, sėklų skaičius ankštaroje, 1 000 sėklų masė, sėklų derlius ir aliejingumas.

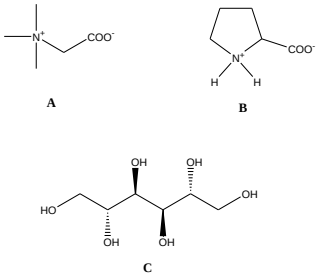
Dirvožemio **druskingumas** yra viena labiausiai visame pasaulyje paplitusių abiotinio streso priežasčių. Dirvožemio druskingumas neigiamai veikia augalų produktyvumą. Padidėjusio natrio druskų kiekis dirvožemyje siejamas su augalo aukščio mažėjimu (Amira M.S. Abdul Qados, 2011). Druskingumas gali atsirasti dėl didelio druskų kaupimosi dirvožemyje, dėl tiesioginių arba netiesioginių priežasčių, pavyzdžiui, vandens netekimo. Šio streso padariniai – dirvožemio vandens potencialas palaipsniui mažėja, trukdo ir galiausiai sustabdo vandens srauto gradientą nuo šaknų iki viršūninio ūglio. Dėl osmosinio streso gali mažėti fotosintezės greitis, slopti augimas. Kita šio streso pasekmė yra ROS ir toksiškų jonų gamyba, Na^+ arba Cl^- kaupimasis ląstelės viduje. Taigi žalojama ląstelės membranos struktūra, baltymai, nukleorūgštys ir riebalai. Druskingumas yra žalingas įvairiems augalų augimo procesams, sėklų daigumui, daigų augimui ir stiprėjimui, vegetatyviniam dauginimuisi, žydėjimui. Galiausiai druskingumas veikia derlių, jis mažėja, prastėja kokybė (E. A. Joseph, V. V. Radhakrishnan ir K. V. A. Mohanan, 2015). Leland E. Francois (1994) tyrimai parodė, kad dirvos druskingumas neturi

poveikio sėklų aliejaus sudėčiai, bet derliaus kiekis gerokai sumažėja. Baltymų kiekis taip pat gali būti paveiktas dirvožemio druskingumo. Vis dėlto moksliniuose darbuose nėra vienodos nuomonės. Įvairių druskų koncentracijų paveiktuose augaluose vienu atveju baltymų sumažėja, kitu – padidėja. A. M. Abdul Qados (2011) atlikti tyrimai su pupomis (*Vicia faba* L.), naudojant skirtingas NaCl koncentracijas, parodė, kad augalų aukščio, lapų kiekio ant augalo mažėjimui turi įtakos didesnės druskos koncentracijos. Druskos poveikis lapų skaičiaus mažėjimui *Brassica oleracea capitata* L. ir *Brassica oleracea botrytis* L. augaluose taip pat aprašytas. Didesni druskos kiekiai neigiamai veikia fotosintezės pigmentus. Atlikti tyrimai parodė, kad Chl *a* kiekis sumažėja daugiau nei trečdaliu, o bendras Chl kiekis – net 50 %. Nustatytas ir karotenoidų kiekio mažėjimas pupelių augaluose (A. M. Abdul Qados, 2011). Nawel Nasri, Issam Saidi, Rym Kaddour ir Mokhtar Lachaal (2015) atliktuose tyrimuose su dviem sėjamosios salotos rūšimis pastebėjo, kad NaCl druska sumažina sėklų daigumą ir rūgšties fosfatazės veiklą.

Hojin Ryu ir Yong-Gu Cho (2015) paskelbė, kad tokie augimo reguliatoriai, kaip abscizo rūgštis, auksinai, citokininai, brasinosteroidai, giberelinai ir etilenas, palengvina augalų vystymąsi esant druskingumo stresui.

Osmosinio streso paveikti augalai pasižymi plačiu atsaku molekuliniu, ląsteliniu ir viso augalo lygiu. Tai morfologiniai ir raidos pokyčiai (gyvavimo ciklas, slopinamas ūglio augimas ir stiprinamas šaknų augimas), jonų transporto koregavimas ir metabolizmo pokyčiai (anglies apykaitos). Kai kurie iš minėtų pakitimų gali būti sukelti pirminių osmosinio streso signalų, kiti – antrinio streso. Šie antrinio streso signalai gali būti fitohormoniniai (ABR, etilenas), reaktyvios deguonies formos ir ląstelių antriniai pranešėjai (fosfolipidai). Kai kurie iš antrinių signalų gali neapsiriboti tik pagrindine streso pažeidžiama vieta, pavyzdžiui, šaknimis. Fitohormonai geba persikelti į kitas augalo dalis ir prisideda prie viso augalo atsako į stresą koordinavimo. Pavyzdžiui, sausros streso metu šaknyse sintetinamas ABR gali pakilti į augalo viršutinę dalį ir reguliuoti stromų angas lapuose. Augalų atsakai į mobilias reaktyvias deguonies formas būna trijų rūšių: homeostazės palaikymas, kenksmingų elementų detoksikacija ir augimo atgaivinimas (L. Xiong ir J. K. Jian-Kang Zhu, 2002). Osmosinio streso paveikti augalai ląstelėse linkę kaupti osmolitus. Šių junginių grupę sudaro tokie organiniai junginiai kaip prolinas, valinas, izoleucinas, ektoinas, asparto rūgštis, betainas, gliukozė, fruktozė, manitolis ir kt. Juos galima suskirstyti į tris grupes: 1) aminorūgštys (pvz., prolinas); 2) poliolis / angliavandeniai (pvz., manitolis, fruktanai); 3) ketvirtiniai aminai (pvz., glicino betainas, poliaminai) (Mohammad S. Khan,Dawood Ahmad, Muhammas A. Khan, 2015). Pagrindinis aspektas ląstelių osmosiniame reguliavime yra padidėjusi tirpių junginių gamyba, kuris netrikdo biologinių procesų. Tokie junginiai vadinami suderinamaisiais osmolitais (10 pav.). Vienas iš plačiausiai naudojamų suderinamų osmolitų yra labai gerai vandenyje tirpstanti α-aminorūgštis prolinas (Pro). Prolinas kaupiasi daugelyje augalų rūšių esant įvairiam abiotiniam stresui. Stresai sumažina vandens prieinamumą ir sukelia Pro kaupimąsi. Su žydinčiais *Arabidopsis thaliana* augalais atliktuose tyrimuose streso sukeltas Pro kaupimasis pirmiausia siejamas su padidėjusiu biosintezės

fermentų prolino-5-karboksilato sintetazės 1 (P5CS1) ir sumažėjusios katabolinio fermento Prolino dehidrogenazės (PDH1) ekspresija daugelyje augalo audinių. Mechanizmai, kuriuose P6CS1, PDH1 ir kiti Pro metabolizmo fermentai yra aktyvuojami ir reguliuojami hiperosmosinio streso metu, nėra visiškai aiškūs. Tačiau streso hormonas ABR jau seniai siejamas su šiais procesais. Didelis ABR kaupimas vandens deficito streso metu gali sukelti P5CS1 ekspresiją, taip padidindamas Pro lygį (Margaret E. Wilson, meera R. Basu, Govinal Badiger Bhaskara, Paul E. Verslues ir Elizabeth S. Haswell, 2014). Osmolitai stresų metu dalyvauja kaip kaupiamosios molekulės. Jos kaupia C ir / arba N (ir energiją), maistines medžiagas, kurios paskui panaudojamos augalo atsikūrimui po streso (Marius N. Grigore, Monica Boscaiu ir Oscar Vicente, 2011).



10 pav. Osmoprotektorių pavyzdžiai: A – glicino betainas, B – prolinas, C – manitolis (M. S. Khan, D. Ahmad ir M. A. Khan, 2015)

Oksidacinį stresą lydi aktyviosios deguonies formos (ROS), pavyzdžiui, O^{-2}, H_2O_2, OH^-. ROS pažeidžia membranas ir makromolekulių efektyvumą ląstelių metabolizme, taip pat atlieka lemiamą vaidmenį sukeldamos žalą esant vandens deficito stresui. Vandens deficitas sukelia disbalansą tarp spinduliuotės įsisavinimo ir jos panaudojimo, todėl lapuose slopinama fotosintezė. Šio proceso metu vyksta elektronų generacijos ir panaudojimo išbalansavimas. Šviesos energijos perteklius turi įtakos reaktyvių deguonies formų susidarymui. ROS gamyba ląstelėse sukelia funkcinių ir struktūrinių molekulių denatūraciją: DNR irimą, aminorūgščių, baltymų ir fotosintezės pigmentų oksidaciją, lipidų peroksidaciją (S. Y. S. Lisar ir kt., 2012). ROS augalų ląstelėse kontroliuojamos fermentinių ir nefermentinių mechanizmų. Daugybė tyrimų parodė, kad antioksidantinis fermentinis aktyvumas koreliuoja su augalų tolerancija abiotiniams stresams, įskaitant vandens deficito stresą kviečiuose (*Triricum aestivum* L.) ir liucernoje (*Medicago sativa* L.), ryžiuose (*Oryza sativa* L.) ir sėjamuosiuose avinžirniuose (*Cicer arietinum* L.). Superoksido dismutazė (SOD) laikoma viena pirmųjų apsaugų nuo ROS, nuo jos priklauso O^{-2}, H_2O_2 pernaša. Katalazės, askorbato peroksidazės, fermentai katalizuoja H_2O_2 pavertimą vandeniu ir singletiniu deguonimi. Balansą tarp ROS gamybos ir antioksidantinių fermentų aktyvumo nulemia įvykęs oksidacinio streso signalas ir / arba padaryta žala (Ramin Lotfi, Mohammad Passarakli, Puriya Gharavi-Kouchbegh ir Hpssein Khoshvaghti, 2015).

Dirvožemyje galima aptikti dviejų rūšių **metalų** jonų. Vieni nurodomi kaip esminiai mikroelementai, nuo kurių priklauso normalus augalų augimas (Fe, Mn,

Zn, Cu, Mg, Mn, Mo, Ni), ir neesminiai, kurių biologinė ir fiziologinė funkcija nežinoma (Cd, Sb, Cr, Pb, As, Co, Ag, Se, Hg). Abi metalų grupės augalams gali sukelti metalų stresą. Esant sunkiųjų metalų toksiškam lygiui, jie linkę sąveikauti su gyvybiškai svarbiomis ląstelių biomolekulėmis, tokiomis kaip branduolių baltymai ir DNR. Tai sukelia rimtus morfologinius, medžiagų apykaitos ir fiziologinius pakitimus augaluose, nuo augalo chlorozės iki lipidų peroksidacijos ir baltymų skilimo (Abolghassem Emamverdian, Yulong Ding ir Farzad Mokhberdoran, Tinfeng Xie, 2015).

Aminorūgštys ir jų dariniai gali surišti metalų jonus ir taip padidinti augalų atsparumą. Histidinas yra viena svarbiausių laisvųjų aminorūgščių, dalyvaujančių metalų metabolizme. Dėl jame esančių karboksi-, amino- ir imidazologrupių jis yra universalus metalų chelatas, galintis padidinti augalų atsparumą Ni ir didinti Ni transportą augaluose (Damien L. Callahan, Alan J. M. Baker, Spas D. Kolev ir Antrhony G. Wedd, 2006). Pagrindinis būdas toleruoti arba neutralizuoti metalų toksiškumą yra įvairių aktyvių biomolekulių biosintezė. Taip pat metalai aktyvuoja ROS kiekio padidėjimą. Siekiant sumažinti laisvųjų radikalų poveikį, augalų ląstelėse aktyvuojasi antioksidantiniai gynybos mechanizmai, kurie gali būti sudaryti iš fermentinių arba nefermentinių antioksidantų, pavyzdžiui, karotenoidų, alkaloidų, tokoferolių, prolino ir fenolinių junginių (flavonoidų, taninų ir ligninų) (A. Emamverdian ir kt., 2015). Cu ir Cd skatina didesnį žasmono rūgšties (JA) kiekio kaupimąsi *Phaseolus coccineus*, ryžiuose ir *Arabidopsis thaliana* augaluose. Dėl Cd toksiškumo padaugėja salicilo rūgšties, taip augalų šaknys apsaugomos nuo lipidų peroksidacijos (Dharmendra K. Gupta ir Luisa M. Sandalio, 2011).

Buvo nustatyti keli **herbicidai**, sukeliantys aktyvių deguonies formų susidarymą. Jie tiesiogiai dalyvauja radikalų susidaryme arba inhibuoja biosintezės kelius (K. J. Kunert, C. Homrighausen, H. Bohme ir P. Boger, 1985; Itzhak Peleg, Hagit Zer ir Mordechan Chevion, 1992). Bipiridino herbicidai lemia deguonies radikalų atsiradimą spinduliuotės metu. Parakvatas sukelia šviesoje išsilaikančią oksidacinę žalą augalams. Šios grupės herbicidai vadinami mirtinais (A. D. Dodge, 1971). D. Štajner, M. Popovic ir M. Štajner (2003) atliko tyrimą, kuriame nustatė, kad herbicidai, net mažomis dozėmis (nuo 0,1 μM), mažina tokių antioksidantinių fermentų kaip superoksido dismutazė veiklą salotų (*Lactuca sativa* L. cv. Vuka), pupelių (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Zlatko) ir žirnių (*Pisum sativum* L. cv. Dunav) sėklose. Antioksidantų fermentas superoksido dismutazė vaidina svarbų vaidmenį gynybinėje augalų sistemoje, kuri susijusi su toksiškomis deguonies formomis, sukeliančiomis oksidacinį stresą.

1.4. Augimą reguliuojančios medžiagos

Augalų augimo reguliatoriams priklauso daug skirtingų cheminių medžiagų, veikiančių augalo auginius ir organus, ląstelių augimą ir diferenciaciją. Augalų hormonams priskiriami augimo reguliatoriai: auksinai, giberelinai, citokininai ir brasinosteroidai, o abscizo rūgštis, etilenas vadinami streso hormonais. Jie visi dalyvauja ir koordinuoja augimą bei ląstelių vystymąsi (Lalit M.Srivastava, 2002). Fitohormonų poveikis *Arabidopsis* ir kitų augalų šoninių šaknų formavimuisi

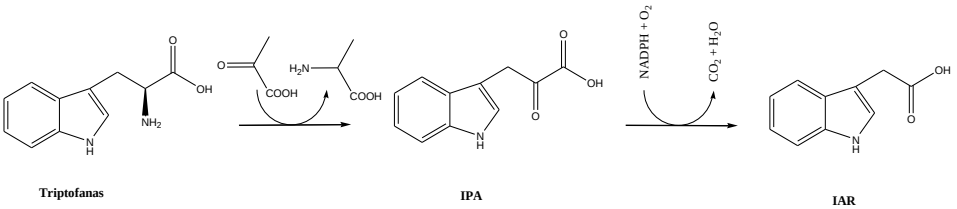
išsamiai aprašytas Sandra Bensmihen (2015) darbe. Šoninių šaknų formavimąsi *Arabidopsis* augaluose skatina nedideli kiekiai auksinų, žasmono rūgštis, brasinosterodai mažomis dozėmis (10^{-8} M); tuopose šaknų formavimąsi skatina giberelinai. Tokie fitohormainai kaip abscizo rūgštis (10^{-7} M), citokininai, etilenas turi neigiamą poveikį šaknų formavimuisi.

Hormonai, salicilo rūgštis, žasmono rūgštis, etilenas ir abscizo rūgštis yra svarbūs gynybos mechanizmuose (Corne M. J. Pieterse, Dieuwertje Van der Does, Christos Zamioudis, Antonio Leon-Reyes ir Saskia C. M. Van Wees, 2012; Alexandre Robert-Seilaniantz, Murray R. Grant ir Jonathan D. Jones, 2011; Irene A. Vos, Corne Pieterse ir Saskia Van Wees, 2013; I. A. Vos, Liselotte Moritz, C. Pieterse ir S. Van Wees, 2015). Salicilo rūgštis veiksminga, nes veikia prieš biotrofinius ir hemibiotrofinius patogenus, o žasmono rūgštis ir etilenas – prieš nekrotrofinius patogenus ir žolėdžius vabzdžius (Ana Dorantas-Acosta, Carla Sanchez-Hernandez ir Mario Arteaga-Vazques, 2012; I. A. Vos ir kt., 2015). Mokslininkai Jane Larkinadale ir Marc R. Knight (2002) nustatė, kad temperatūros streso metu, jos padarinius susilpnina kalcis, augimo reguliatoriai ABR, etilenas ir salicilo rūgštis. Jie nustatė, kad *Arabidopsis* sodinukų išlikimas esant 40 ^{o}C temperatūrai 1 valandą sumažėja iki 20 % kontroliniame variante, o paveiktų junginiais $CaCl_2$, salicilo rūgštimi, metilenu ir ABR svyruoja nuo 30 % (paveikti ABR) iki ~90 % (paveikti salicilo rūgštimi). Atsparumą aplinkos veiksniams galima padidinti naudojant augimo reguliatorius. Atsparumas tiek abiotiniams, tiek biotiniams stresams gali būti pasiektas specialiais cheminiais dirgikliais (*β*-aminobutano rūgštimi, benzotiazolu) (Gabor Jakab ir kt., 2005; Jurriaan Ton ir Brigitte Mauch-Mani, 2004), genetinės manipuliacijos būdu arba ankstesnio sąlyčio su patogenais (Taishi Umezawa, Miki Fujita, Yasunari Fujita, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki ir Kazuo Shinizaki, 2006). Kaip minėta anksčiau, į daugumą atsakų abiotinį stresą augalai atsako ABR lygiu, tuo tarpu į biotinius stresus padidindami etileno ar JA kiekį. Tokie hormonai kaip giberelinai, auksinai, citokininai ir brasinosteroliai taip pat dalyvauja įvairių signalų perdavimuose augalų streso metu. Fitohormonai aktyvuojami per bet kokio pobūdžio stresus. Kai kurie fitohormonai yra labai svarbūs stresų metu (Narendra Tuteja ir kt., 2010). Augalai paveikti augimą reguliuojančiomis medžiagomis gali būti bent iš dalies apsaugoti nuo abiotinių ar biotinių stresų.

Auksinas 3-indolinactro rūgštis (IAR) (12 pav.) yra augalų hormonas, atliekantis svarbų vaidmenį augalų augime. Jis stimuliuoja ląstelių pailgėjimą ir turi poveikį vystymosi atsakui, pavyzdžiui, ląstelių dalijimuisi ir plėtrai, šaknies inicijavimui, viršūnių dominavimui ir pumpurų formavimuisi, žiedų ir vaisių vystymuisi. Auksinas nėra sintetinamas visose augalo dalyse, tačiau gali judėti iš ląstelės į ląstelę (L. Pourcel ir E. Grotewold, 2009, Tuteja ir kt., 2010). Tik neseniai buvo nustatytas visas auksino IAR biosintezės kelias, kuriame triptofanas augaluose paverčiamas į IAR (11 pav.).

Nuo auksinų priklauso ne tik diferencinis augimas, jie gali sąveikauti ir su etilenu. Farmokologinis apdorojimas arba mutacijos taip pat daro įtaką auksinų kaupimuisi, transportui arba signalams (augaluose), kurie savo ruožtu turi įtakos

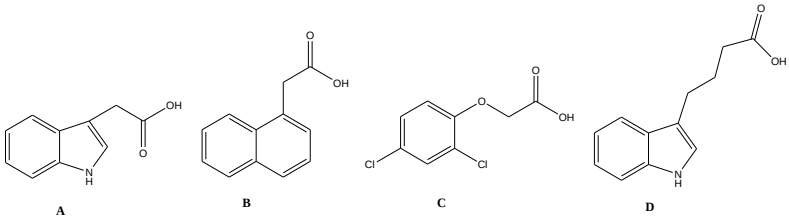
viršūnių vystymuisi (Petra Žadnikova ir kt., 2010). Mažomis dozėmis auksinai skatina šoninių šaknų formavimąsi *Arabidopsis* augaluose (S. Bensmihen, 2015).



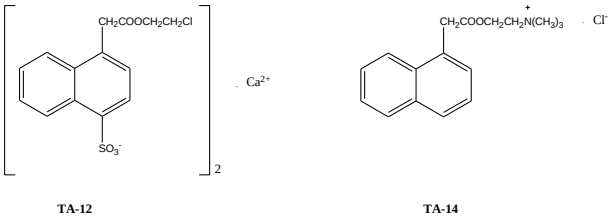
11 pav. IAR sintezės kelias augaluose (Yunde Zhao, 2012)

Auksinas 3-indolilsviesto rūgštis (ISR) (12 pav.) naudojamas augalų audinių, kaliaus kultūrose norint pagreitinti eksplantų regeneraciją, šaknų ir šakelių morfogenezę (Hudson T. Hartmann, Dale E. Kester ir Fred T. Davies, 1990). Nors auksinai jau seniai laikomi fitohormonais atsakingais už augalo augimą ir fototropiją, naujausi tyrimai rodo, kad jie gali veikti tiesiogiai / netiesiogiai valdant augalų stresą. Didžiausias auksinų efektyvumas augalams pasireiškia juos derinant su citokininais (N. Tuteja ir kt., 2010).

Sintetiniams auksinams priskiriamos chlorfenoksiacto rūgštys pasižymi auksinams būdingu biologiniu efektyvumu. Šiai grupei priskiriama 2,4-dichlorfenoksiacto rūgštis (2,4-D), 2,4,5-trichlorfenoksiacto rūgštis (2,4,5-T), 4-chlor-2-metilfenoksiacto rūgštis (MCPR) ir 1-naftalenacto rūgštis (NAR) (12 pav.) (L. M. Srivastava, 2002; Andrew W. Woodward ir Bonnie Bartel, 2005). Norint paspartinti ląstelių augimą ir dalijimąsi, šaknų formavimąsi, naudojami sintetiniai auksinai NAR ir 2,4-D mažomis koncentracijomis. 2,4-D ypač efektyvus audinių kultūroje, nes geriau sužadina ląstelių dalijimąsi nei natūralus auksinas IAR. NAR pasižymi didesniu efektyvumu pridėtinių šaknų vystymuisi (L. M. Srivastava, 2002).



12 pav. Auksinų struktūrinės formulės: A – IAR; B – NAR; C – 2,4-D; D – ISR

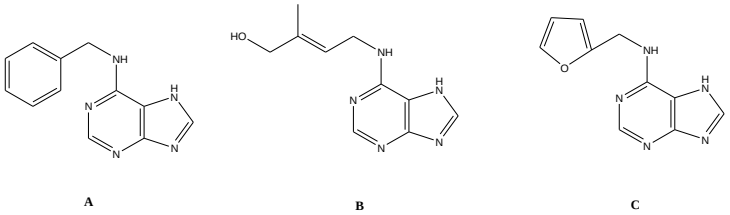


13 pav. Auksinų analogai (Gavelienė ir kt., 2005)

Lietuvoje yra aprašyti tiriamų fiziologinių auksinų analogai, vadinami TA-12 ir TA-14 (13 pav.). Šie nuo žinomų sintetinių auksinų skiriasi chemine struktūra. Jų poveikis rapsams aprašytas keliuose moksliniuose darbuose (Virginija Gavelienė ir kt., 2005; D. Kazlauskienė ir kt., 2008). TA-12 ir TA-14 buvo tiriami ir kaip vasarinių rapsų auginimą kontroliuojantys junginiai. Nustatyta, kad jie suvienodina žydėjimą, padidina ankštarų kiekį ant augalo ir 1 000 sėklų masę atitinkamai 11 % ir 14 %, palyginti su kontroliniu variantu. Auksinų fiziologiniai analogai gali būti naudojami vasarinių rapsų augimo, generatyvinių organų formavimosi bei embriogenezės procesų kontrolei – taip skatinamas produktyvumo elementų susidarymas (Leonida Novickienė, Virginija Gavelienė, Alfonsas Merkys ir Irena Brazauskienė, 1999; L. Novickienė, V. Gavelienė, 2000).

Citokininai – tai cheminiai junginiai, žinomi kaip adenino dariniai. Prie adenino molekulės N^6 atomo yra prijungta šoninė izopentilograndinė, sudaryta iš penkių C atomų. Citokininai stabdo augalų ląstelių senėjimą ir padeda apsaugoti chlorofilą senėjimo procesų metu. Citokininai slopina šaknų augimą ir jų šakojimąsi, turi didelę įtaką sėklų daigumui ir atsakui į stresus (Mark A. Holland, 1997; David W.S. Mok ir Machteld C. Mok, 2001; Michael Riefler, Ondrej Novak, Miroslav Strnad ir Thomas Schmülling, 2006). Jie paprastai veikia kaip antagonistai auksinams, tai yra daro įtaką beveik visiems augimo ir vystymosi aspektams aukštesniuosiuose augaluose. Kuo didesnis citokininų su auksinais kiekių santykis augaluose, tuo labiau skatinamas ūglių vystymasis. G. Eric Schaller, Anthony Bishopp ir Joseph J. Kieber (2015) savo darbe aprašo, kad citokininai sąveikauja su auksinais, reguliuodami augalų augimo ir vystymosi procesus. Mažesnis citokininų ir auksinų santykis labiau veikia šaknų vystymąsi. Todėl daroma išvada, kad citokininai teigiamai veikia daigų augimą ir neigiamai – šaknų vystymąsi (Norimoto Murai, 2014). Citokininai šaknyse kontroliuoja meristeminių ląstelių diferenciaciją (Tomaš Werner ir kt., 2010).

Audinių kultūros auginimui dažniausiai naudojami citokininai yra zeatinas, kinetinas ir benziladeninas (BA) (14 pav.). Citokininai dažnai slopina embriogenezę ir šaknų indukciją. Aukštesniuosiuose augaluose randami tokie bioaktyvūs citokininai kaip izofeniladeninas (iP), trans-zeatinas (tZ), cis-zeatinas ir dihidrozeatinas. Daugiausia *Arabidopsis* augaluose randama iP ir tZ citokininų formų (Elena Pacifici, Laura Polverari ir Sabrina Sabatini, 2015).



14 pav. Citokininų pavyzdžiai. A – BAP, B – *trans*-zeatinas, C – kinetinas

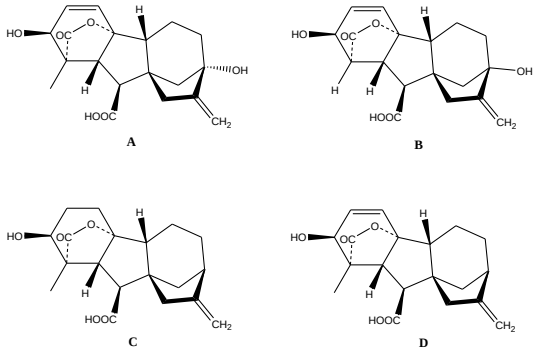
Citokininų veikimas ir jų biosintezės keliai *Arabidopsis* augaluose aprašyti moksliniuose darbuose. Teigiama, kad didesni citokininų kiekiai skatina auksinų biosintezę ir palaiko didesnį jų kiekį jaunuose *Arabidopsis* augaluose, jų

besivystančių šaknų audiniuose ir ūgliuose. Nustatyta, kad citokininų biosintezę aktyvuojantis baltymas, IPT8, taip pat reguliuoja IAR biosintezę ūglių viršūnėse, jaunuose lapuose ir šaknų sistemoje. (Crister Astot ir kt., 2000; Tatsuo Kakimoto, 2003; Brian Jones ir kt., 2010). Įrodyta, kad citokininai svarbūs signalui keliaujant iš šaknų į ūglius. Šaknyse pasigaminę citokininai yra įtraukiami į atsaką, kuris susijęs su maistinių medžiagų trūkumu. Kadangi citokininai gaminasi šaknyje, jie svarbūs atsakui į sausros stresą. Didesni kiekiai zeatino ir zeatino ribozido buvo rasti augaluose, kurių šaknys buvo išdžiūvusios. Yra duomenų, kad citokininai vaidina svarbų vaidmenį augalo ligų atveju (N. Tuteja ir kt., 2010).

Giberelinai augaluose kontroliuoja įvairius augimo procesus, įskaitant stiebo tįsimą, sėklų daigumą, lapų augimą ir žydėjimą, sėklų vystymąsi (Shinjiro Yamaguchi, 2008; Donald E. Richards, Katheyn E. King, Thara Ait-ali ir Nichola P. Harberd, 2001). Žinoma daugiau kaip 100 junginių, priskiriamų giberelinams. Giberelinų sintezė augaluose vyksta jaunuose ūgliuose ir besivystančiose sėklose. GA_1 augaluose labiausiai skatina ląstelių pailgėjimą. Dažniausiai audinių kultūroje naudojamos giberelino rūgštys yra GA_1, GA_3, GA_4 ir GA_7 (15 pav.), nes šie giberelinai pasižymi biologiniu aktyvumu ir yra gaminami pramoniniu būdu (Edwin F. George, Michael A. Hall ir Geert-Jan De Klerk, 2008).

Audinių kultūroje giberelinas naudojamas organogenezei pagreitinti, ypač šaknų formavimąsi (Neil Olszewski ir kt., 2002). Javier Gallego-Bartolome ir kt. (2011) paskelbtuose tyrimuose nurodė, kad giberelinai skatina ūglio viršūninio kablio vystymąsi per kelių transkripcijos genų reguliavimą, etileno ir auksinų kelių reguliavimą *Arabidopsis* augaluose.

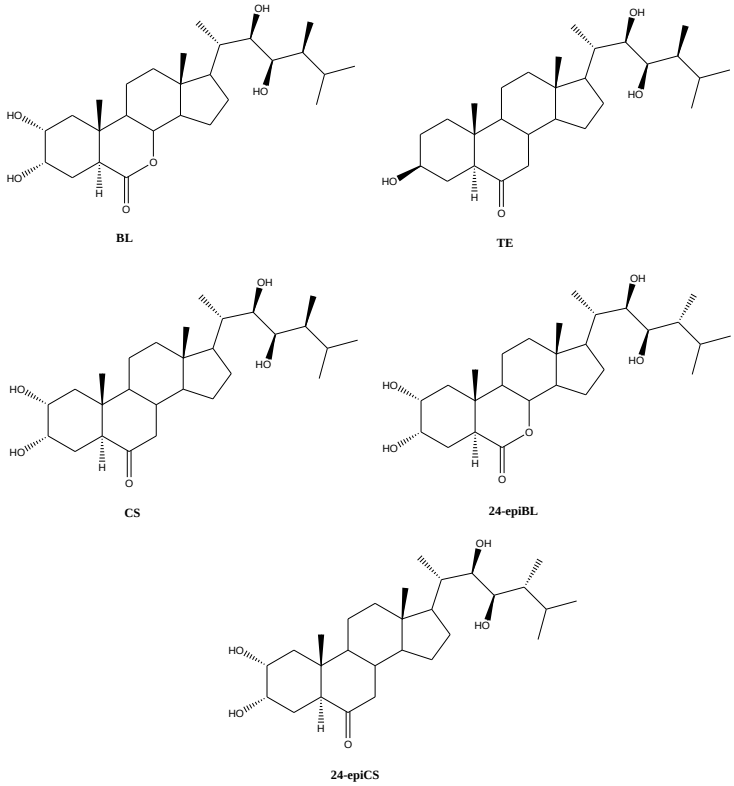
Lietuvoje tiriami giberelinų sintezės inhibitoriams priskiriami dimetilmorfolinio chlorido (DMC) analogai (L. Novickienė, L. Miliuvienė ir V. Gavelienė, 2003). Junginio 17-DMC ir 3-DEC tyrimai rodo, kad jie yra efektyvūs rapsų augimo reguliatoriai, mažinantys endogeninių giberelinų kiekį, rudenį skatinantys žieminių rapsų augimą, monosacharidų kaupimąsi šaknies kaklelio audiniuose, lapų iš šaknų formavimąsi, taip pat padidina atsparumą šalčiui. DMC analogais paveikus rapsus pavasarį sustabdomas stiebų augimas, padidėja jų skersmuo, atsparumas išgulimui, taip pat rapsų šakų skaičius ir rapsų sėklų derlius (L. Miliuvienė, V. Gavelienė, L. Pakalniškytė ir I. Brazauskienė, 2000; L. Miliuvienė ir L. Novickienė, 2004).



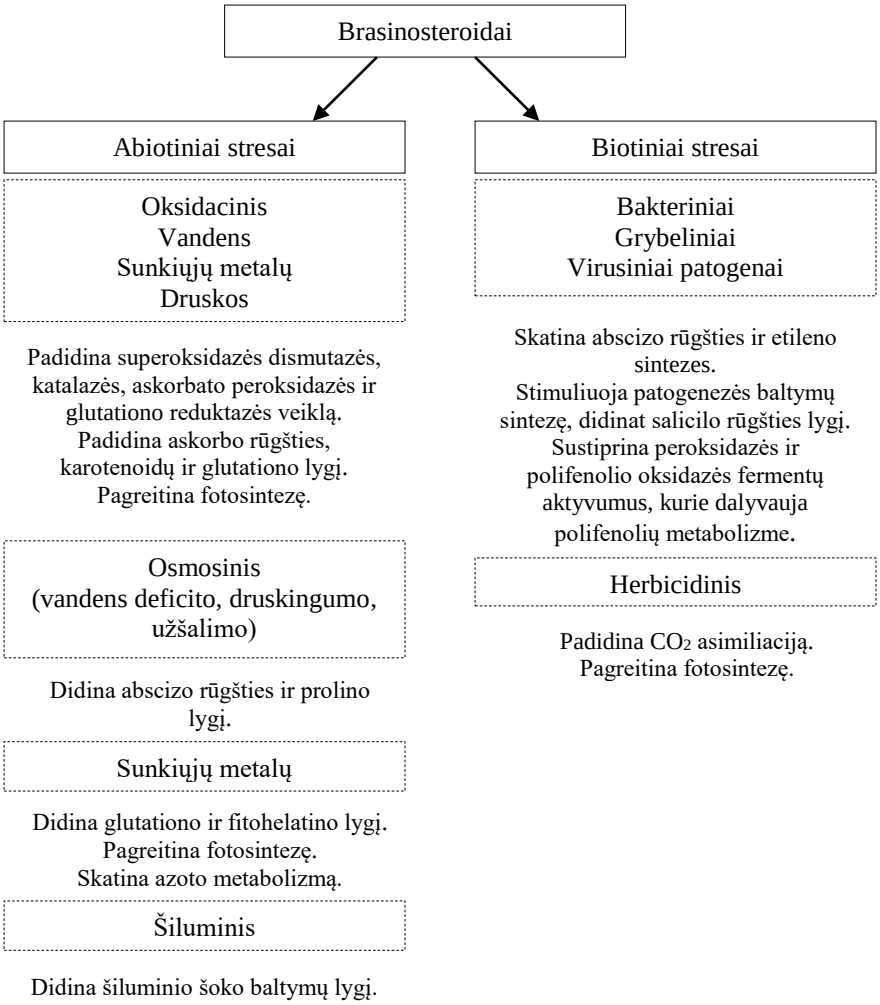
15 pav. Giberelinų pavyzdžiai. A – GA_1, B – GA_3 (giberelino rūgštis), C – GA_4, D – GA_7

Brasinosteroidai (16 pav.) yra grupė natūralių augimo hormonų, veikiančių įvairius fiziologinius procesus augaluose. Jie vaidina svarbų vaidmenį biotinių ir abiotinių stresų metu. Brasinosteroidai pagerina azoto kaupimąsi, fotosintezės ir fermentų veiklą *Brassica juncea* augaluose, paveiktuose druskingumo streso. Jie skatina toleranciją tokiems sunkiesiems metalams kaip kadmis, nikelis, aliuminis (Barket Ali ir kt., 2008). Brasinosteroidai yra lokalizuoti visose augalo dalyse, jie aptinkami 27 aukštesniųjų augalų šeimose. Brasinosteroidai atlieka svarbų vaidmenį įvairių abiotinių stresų metu (17 pav.). Jie taip pat atpažįstami kaip transkripcijos ir trancliacijos reguliatoriai, padidina bendrą baltymų, fermentų kiekį, gerina azoto fiksaciją. Ryžių, pomidorų, kukurūzų, agurkų atsparumas žemai temperatūrai pagerėjo paveikus juos brasinosteroidais. Jie taip pat padeda kovojant su sausros stresu cukriniams runkeliams, drėgmės stresu – kviečiams, metalų stresu (nikelio, kadmio) – garstyčioms, druskos stresu – avinžirniams, metalo stresu (aliuminio) – pupelėms. Pagerino sėklų daigumą ir sodinukų augimą eukaliptų ir ryžių esant druskingumo stresui (N. Tuteja ir kt., 2010).

Brasinosteroidų šeimą sudaro apie 60 fitosterolių. Šie natūralūs augimo hormonai aptinkami visose augalo dalyse, įskaitant šaknis. Brasinosteroidai vaidina svarbų vaidmenį gerinant augalų būklę biotinių ir abiotinių stresų metu (Priti Krishna, 2003). Jie dalyvauja daugelyje augaluose vykstančių fiziologinių reakcijų: kamienų pailgėjimo, lapų lenkimosi ir epinastijos, šaknų augimo slopinimo, etileno sintezės indukcijos, nukleino rūgščių ir baltymų sintezės, fermentų aktyvacijos ir fotosintezės. Egzogeninis brasinosteroidų taikymas padidina toleranciją žemos ir / arba aukštos temperatūros, vandens deficito ir vandens (užliejimo) stresams. Be to, brasinosterodai padeda augalams įveikti NaCl stresą, taip pat sustiprina antioksidantų sistemą druskingumo streso paveiktuose augaluose (Qazi Fariduddin, Mohammad Yusuf, Mahmooda Begum ir Aqil Ahmad, 2014).

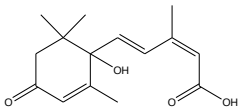


16 pav. Brasinosteroidų pavyzdžiai. BL – brasinolidas; TE – teasteronas; CS – kastasteronas; 24-epiBL – 24-epibrasinolidas; 24-epiCS – 24-epikastasteronas (A. Bajguz ir S. Hayat, 2009)



17 pav. Brasinosteroidų poveikis augalams, kurie yra paveikti arba veikiami įvairių stresų (A. Bajguz ir S. Hayat, 2009)

Abscizo rūgštis (ABR) (18 pav.) yra natūralus augimo hormonas. ABR svarbi pradiniame sėklų dygimo etape, skatina baltymų sintezę ir kaupimą sėklose (Martha L. Crouch ir Ian M. Sussex, 1981; Ruth R. Finkelstein,Karen M. Tenbarge, Jane E. Shumway ir Martha L. Crouch, 1985), tačiau svarbiausia šio hormono funkcija yra reguliuoti vandens pusiausvyrą ir toleranciją osmosiniam slėgiui (Jian-Kang Zhu, 2002). ABR dalyvauja tiek abiotinėse, tiek biotinėse sąveikose, pvz., tarp gyvosios ir negyvosios gamtos – sausros, patogenų arba tarp gyvosios gamtos sąveikų – simbiozės. Nors ABR dalyvauja daugelyje sąveikų ir ankštinėse augalų rūšyse stimuliuoja šoninių šaknų formavimąsi, pavyzdžiui, *Arabidopsis thaliana,* ji slopina šoninių šaknų formavimąsi (Anna-Alicia Gonzalez, Kokoevi Agbevenou, Violaine Herrbach, Clare Gough ir Sandra Bensmihen, 2015). ABR yra neatskiriama streso signalo perdavimo dalis, ji reguliuoja žiotelių užsidarymą sausros streso metu, reguliuoja daugelio genų, galinčių funkcionuoti stresų metu, ekspresiją (N. Tuteja ir kt., 2010). Nesintetinantys ABR augalai sausros streso sąlygomis greitai nuvysta, o sausrai tęsiantis ilgesnį laiką žūva. ABR padeda išlaikyti vandenį augalo lapuose. Taip pat ABR reikalinga augalų ląstelių gyvybingumui palaikyti užšalimo metu (J. K. Zhu, 2002).

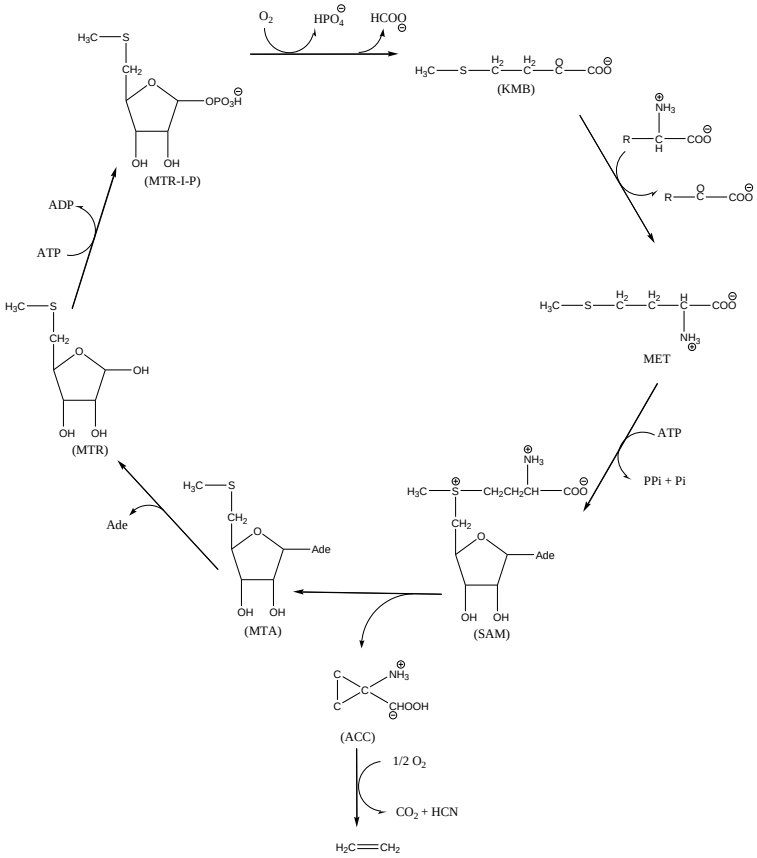


18 pav. Abscizo rūgštis

Augalų audinių kultūroje ji naudojama siekiant paskatinti embriogenezę. Buvo įrodyta, kad ABR kontroliuoja konkrečių vystymosi ir mutacijų genų ekspresiją. Atlikus eksperimentą su *Arabidopsis* mutantais įrodyta, kad ABR padeda LEA (*late embryogenesis aboundant*) ir kontroliuoja genus, kurie prisideda prie baltymų saugojimo (E. F. George ir kt., 2008). LEA baltymai dalyvauja apsaugant augalus nuo aplinkos poveikio, ypač sausros (Shao Hong-Bo, Liang Zong-Sou ir Shao Ming-An, 2005). ABR kaupimasis augalo šaknyse vandens deficito ar temperatūros stresų metu padeda šaknims išlaikyti augimą ir perduoti medžiagas į augalą (Manuela M. Chaves, Joao Maroco ir Joao S. Pereira, 2003). Kitas ABR, kaip augimo hormono, poveikis yra antagonizuoti arba pakeisti kitų hormonų poveikį. Tai susiję ne tik su citokininais ir giberelinais, bet ir su auksinais bei etilenu. Paskelbti tyrimų rezultatai leidžia manyti, kad ABR poveikis *Helianthus annuus* morfogenezei ir zigotiniams embrionams yra netiesioginis dėl pasikeitusio auksinų kiekio. ABR veiksmingumas kontroliuojant embriogenezę (padeda ir suvienodina embrionų brendimą) buvo įrodytas su kitomis augalų rūšimis (E. F. George ir kt., 2008). Manoma, kad ABR veikimas vandens deficito streso metu gali būti netiesiogiai susijęs su augimą lėtinančio hormono etileno gamybos ribojimu. ABR ir etileno signalų sąveika streso metu nulemia teigiamą atsaką (Robert E. Sharp ir Mary E. LeNobes, 2002).

Etilenas (C_2H_4) (19 pav.) yra dujinis angliavandenilis, kurio egzistavimas atmosferoje veikia augalų augimą ir vystymąsi. Jis dalyvauja beveik kiekviename augalo gyvavimo etape – nuo sėklų dygimo iki augimo ir vystymosi, apdulkinimo, vaisių vystymosi bei brandinimo. Etileno gamyba gali sustiprėti esant įvairiems

stresams, įskaitant ir biologinius, pavyzdžiui, patogemų infekcija ar žolėdžiai. Druskingumas gali turėti labai didelę įtaką sėklų daigumui. Buvo nustatyta, kad Petri lėkštelėse daiginti kviečiai, esant didesniam Cl^- arba SO_4^- kiekiui, kurie neišskiria etileno dujų, buvo labai sunykę. Etilenas turi didelį poveikį lapų kritimui, vaisių nokimo procesui ir senėjimui. Etilenas gali skatinti *Arabidopsis* augalų augimą. Tam tikrais atvejais etilenas skatina auksinų persiskirstymą besivystančių *Arabidopsis* augalų viršūniniuose kabliuose, kuriuose nėra chlorofilo (E. F. George ir kt., 2008, N. Tuteja ir kt., 2010). Filip Vandenbussche ir kt. (2003) pastebėjo, kad sumažėjęs šviesos intensyvumas skatina etileno gamybą *Arabidopsis* ūglių viršūninėje kablio dalyje. Ūglio vystymosi atveju etilenas paveikia auksinų transporto kelią, tai rodo, kad etilenas daro įtaką auksinų kontrolei viršūninio kablio vystymosi stadijoje. Mutantų su maža arba nuline hormonų veikla tyrimas parodė, kad ir giberelinas, ir etilenas yra būtini augalo viršūninio kablio tolesniam vystymuisi (J. Gallego-Bartolome ir kt., 2011).



19 pav. Etileno biosintezė augaluose (Kent J. Bradford, 2008). ACC – 1-aminociklopropankarboksi- rūgštis; MTA – 5‘-metiltioadenisinas; MTR-I-P – 5‘-metiltioribozė; MTR – 5-metiltioribozės-1-fosfatas; KMB – α-keto-γ-metiltiosviesto rūgštis; MET – metioninas; SAM – S-adenozil-L-metioninas

Etilenas vegetacijai nereikalingas, tačiau gali turėti poveikį šaknų ir ūglių vystymuisi. Svarbiausia etileno funkcija augaluose ta, kad jis sąveikaudamas su auksinais paveikia, skatina arba slopina šaknų ir ūglių pailgėjimą. Šis stimuliacinis ar inhibitorinis veiksnys priklauso nuo augalo rūšies, augimo sąlygų ir kontroliuoja ląstelės sienelių modifikacijų procesus (Filip Vandenbussche ir Dominique Van der Straten, 2012).

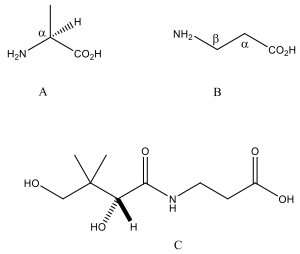
1.5. *β*-aminorūgštys

β-aminorūgštys randamos daugelio junginių sudėtinėje struktūroje, tokių kaip peptidai, ciklopeptidai, glikopeptidai, alkaloidai, terpenoidai. *β*-Aminorūgštys įeina į antrinių metabolitų sudėtį bakterijose, cianobakterijose, grybuose ir augaluose. Jos veikia kaip apsauginė priemonė nuo kitų organizmų. Šiems junginiams būdingas stiprus biologinis ir fiziologinis veikimas, kuris dažnai susijęs su *β*-aminorūgščių struktūra. Priešingai kitoms *β*-aminorūgštims, *β*-alaninas ir *β*-aminoizosviesto rūgštis aptinkamas visuose gyvuose organizmuose, nes jie tiesiogiai dalyvauja pirminiame metabolizme. Kai kurie augalai, pavyzdžiui, *Taxus brevifolia*, turi gebėjimą gaminti *β*-aminorūgštis tiesiogiai iš proteinogeninės α-aminorūgšties veikiant 2,3-aminomutazei, kuri ir katalizuoja šį pasikeitimą. Augalų alkaloidai su *β*-aminorūgšties fragmentais, tokie kaip afelandrinas, biosintezės metu gaunami iš cinamono rūgšties per Michael-tipo reakciją. Tokie alkaloidai kaip kokaino arba lizergo rūgštis tik formaliai turi *β*-aminorūgšties fragmentą (Peter Spiteller, 2005).

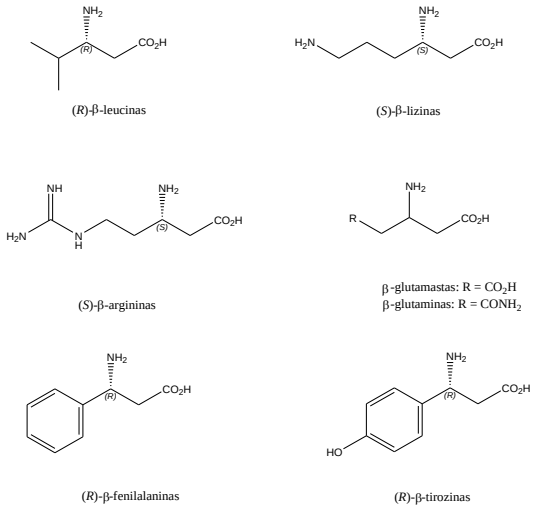
β-aminosviesto rūgštis yra nebaltyminė aminorūgštis ir žinoma kaip gynybinis junginys, kuris pagreitina, sustiprina apsaugą nuo patogeninės infekcijos ir osmosinio streso. *β*-aminosviesto rūgšties indukuotas atsparumas įvairių bakterijų ir grybelių rūšims randamas daugelyje augalų kultūrų (Yeong Chae Kim ir kt., 2013). Nupurškimas augalų lapų papildomomis aminorūgštimis padeda jiems išlaikyti vandenį, todėl stimuliuojama fotosintezė, kuri reguliuoja augalo kvėpavimo procesus, lėtina džiūvimą. Augalų atsparumas nepalankioms augimo sąlygoms priklauso nuo gebėjimo reguliuoti osmosinį slėgį ląstelėse. Aminorūgštys su organiniais tirpikliais reguliuoja osmosinį slėgį ląstelėse, taip pat padidina ląstelių atsparumą nepalankiems veiksniams. Aminorūgštys veikia hormonų lygio reguliavimą augaluose. Jos gali formuoti arba metabolizuoti hormonus pagal augalo poreikius. Augalų lapų nupurškimas trąšomis su aminorūgštimis padeda augalams taupyti energiją, skirtą sintetinti šioms rūgštims, taigi ji gali būti panaudojama kitiems gyvybiškai svarbiems procesams. Aminorūgštys dalyvauja daugelyje svarbių augaluose vykstančių procesų. Jos stimuliuoja šaknų vystymąsi, sėklų daigumą, fotosintezės ir chlorofilo formavimąsi, reguliuoja osmosinį slėgį ir žiotelių atidarymą. Dėl šių priežasčių aminorūgštys naudojamos: 1) kovojant su nepalankiomis sąlygomis augalo augimo metu; 2) stiprinant imuninę augalų sistemą; 3) didinant pasėlių produktyvumą ir gerinant derlių bei jo kokybę; 4) gerinant maistinių medžiagų ir augalų apsaugos priemonių absorbciją. Aminorūgščių naudojimas su mineralinėmis trąšomis garantuoja momentinį poveikį esant nepalankioms augimo sąlygoms ir kitais augimo etapais (E. Jakienė, 2013).

Alaninas yra alifatinė aminorūgštis, kurioje *α*-anglies atomas jungiasi su metilo grupe kaip jo šoninė grandinė. Natūralioje aplinkoje aptinkamas dviejų formų alaninas: *α*-alaninas ir *β*-alaninas. *α*-alaninas yra baltymų sudedamoji dalis, kurios kodonai yra GCU, GCC, GCA, GCG. *β*-alaninas yra nebaltyminė rūgštis, randama žinduolių raumenyse, bakterijų ląstelėse ir peptidiniuose antibiotikuose, ji yra svarbi pantoteno rūgšties (vit. B5) sudedamoji dalis (A. Raychaudhuri, 2015).

Aštuonios *β*-aminorūgštys tiesiogiai gaunamos iš atitinkamos proteinogeninės *α*-aminorūgšties laisva forma arba kaip didesnės molekulės dalis. Tos rūgštys yra: *β*-alaninas, *β*-leucinas, *β*-argininas, *β*-fenilalaninas, *β*-glutamatas, *β*-glutaminas ir *β*-tirozinas (20 pav.).



20 pav. A – *α*-alaninas; B – *β*-alaninas; C – (*R*)-(+)-pantoteno rūgštis (Eusebio Juaristi, 2005)



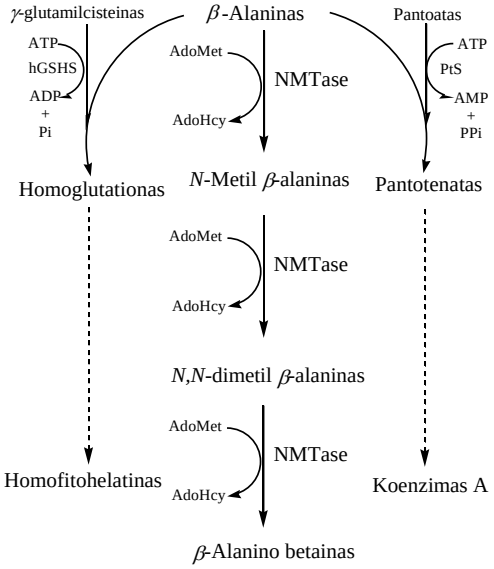
21 pav. *β*-Aminorūgštys, gautos tiesiogiai iš proteinogeninės α-aminorūgšties

β-alaninas yra labiausiai paplitęs iš visų *β*-aminorūgščių. Jis randamas gyvūnuose, augaluose, grybuose ir bakterijose, nes yra vienas iš pirminiame metabolizme dalyvaujančių junginių. Pavyzdžiui, kofermentas A būtinas kofaktorius visiems gyviems organizmams, nes yra *β*-alanino fragmentas. Žinduoliuose *β*-alaninas randamas laisva forma, nes yra uracilo katabolizmo tarpinis junginys.

Pliumbaginiuose augaluose *β*-alanino betainas (*N*,*N*,*N*-trimetil-*β*-alaninas) (22 pav.) veikia kaip osmoprotektorius kartu su glicino betainu (P. Spiteller, 2005).

Ketvirtiniai amonio junginiai, tokie kaip glicino betainas, prolino betainas, *β*-amino betainas, cholino O-sulfatas ir tretinis sulfoninis junginys dimetilsulfonpropionatas, yra veiksmingi osmoprotektoriai, plačiau paplitę bakterijose, jūros dumbliuose ir daugelyje augalų šeimų. Dauguma augalų šeimos *Plumbaginaceae* (Pliumbaginiai) narių streso tolerancijos raidoje pakeičia glicino betainą kitu vienodai veiksmingu ketvirtiniu amonio junginiu, tokiu kaip *β*-alanino betainu, prolino betainu ir hidroksiprolino betainu (Bala Rathinasabapathi, 2000).

Trūkstant *β*-alanino bakterijų ir mielių mutantų biosintezėje jie miršta, nes negali sintetinti pantotenato. Augaluose *β*-alaninas padidina reakcijos į aplinkos stresus greitį. Kininių pupelių ląstelių kultūroje *β*-alanino lygis padidėjo 2 kartus per 4 valandas ir daugiau nei 5 kartus po 24 valandų, kai buvo sukeltas šilumos smūgis. Kai baltažiedžio vairenio (*Arabidopsis* L.) augalai buvo veikiami šilumos ir / arba sausros streso, *β*-alanino lygis juose gerokai padidėjo. *β*-alaninas svarbus visuose gyvuose organizmuose, o jo padidėjimas gali būti naudingas siekiant užkirsti kelią aplinkos streso sukeltai žalai. *β*-alaninas yra pantotenato pirmtakas augaluose. Kai kurios augalų rūšys naudoja *β*-alaniną kaip kitų dviejų svarbių metabolitų pirmtaką (Walid M. Fouad ir B. Rathinasabapathi, 2006; W. M. Fouad ir F. Altpeter, 2009; B. Rathinasabapathi, W. M. Fouad, Celia A. Sigua, 2001). *β*-alaninas yra B5 vitamino pirmtakas. Pantotenato biosintezė augaluose mažai ištirta. Tačiau keli eksperimentai rodo, kad augaluose ši biosintezė gali vykti panašiai kaip ir bakterijose. Yra trys prognozuojami *β*-alanino biosintezės keliai augaluose, tai uracilo degradacija, poliamino oksidacija ir propionato katabolizmas (Terence A. Walsh, Susan B. Green, Ignacio M. Larrinua ir paul R. Schmitzer, 2001).



22 pav. *β*-alanino metabolizmas augaluose

Apibendrinimas

Nėra atlikta daug tyrimų su vasariniais rapsais (*Brassica napus* L.), kurie būtų pradėti *in vitro* aplinkoje ir tęsiami *in vivo* sąlygomis. *In vitro* tyrimai leistų greičiau nustatyti, ar naujai susintetinti junginiai tinkami naudoti kaip augimo reguliatoriai, sumažintų *in vivo* tyrimų išlaidas ir sutrumpintų tyrimų laikotarpį. Dauguma tyrimų su rapsais yra atliekami lauko sąlygomis pasirinkus tik skirtingas vietoves ar veisles.

Augalų augimą bandoma pagerinti naudojant fungicidus. Pavyzdžiui, tiazolo ir strobilurino naudojimas kartu su augalų augimo reguliatoriais yra siejamas su įvairiais morfologiniais ir fiziologiniais augalų pakyčiais: augalų augimo slopinimu, chlorofilo kiekio padidinimu, lapų audinių storinimu, šaknų ir ūglių santykio padidinimu, senėjimo procesų lėtinimu, antioksidacinio potencialo padidinimu, alkaloidų gamybos skatinimu. Tręšimas lapų trąšomis su įvairiomis maisto bei biologiškai aktyviomis medžiagomis turi įtakos vasarinių rapsų kūlenų masei, t. y. stiebų, ankštarų bei lapų visumai, sėklų kokybei ir peleningumui. Rapsų sėklose riebalų kiekį didina boro turinti lapų trąša ir lapų trąša, kurios sudėtyje yra amidinio azoto bei aminorūgščių.

Daugiausia tyrimų atliekama su natūraliais augimo reguliatoriais, tačiau mažai randama duomenų apie sintetinių augimo reguliatorių panaudojimą. Nėra rasta daug duomenų apie naujai sukurtus augimo reguliatorius, o juolab apie azolų fragmentų turinčius junginius. Daugiausia azolų fragmentus turintys junginiai tiriami kaip galimi fungicidai. Naujai sukurti augimo reguliatoriai galėtų pasižymėti ne tik augimą ir derlių gerinančiomis savybėmis, bet ir apsauga nuo abiotinių ir biotinių stresų. Augalų augimui pagerinti daugiausia naudojami preparatai su aminorūgštimis, tačiau ne su aminorūgščių dariniais. Žinant, kad tiazolai kai kuriais atvejais teigiamai veikia augalų vystymąsi, būtų įdomu išsiaiškinti, ar aminorūgščių dariniai su azolų fragmentais turės panašias savybes. β- ir γ-aminorūgščių darinių tyrimai leistų daugiau sužinoti apie aminorūgščių darinių tinkamumą naudoti augalų augimo reguliavimo procesuose.

2. METODINĖ DALIS

2.1. Tyrimuose naudotos medžiagos

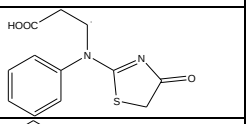
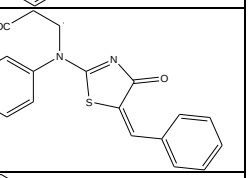
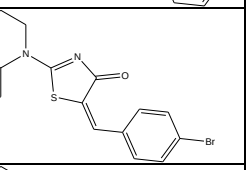
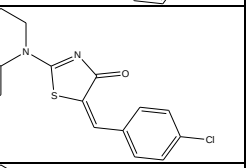
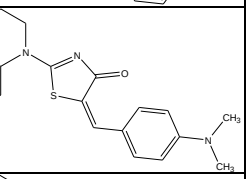
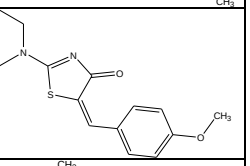
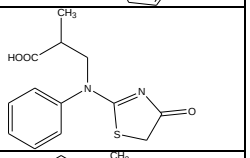
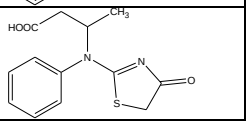
Tirimuose naudotos medžiagos patektos 3 lentelėje.

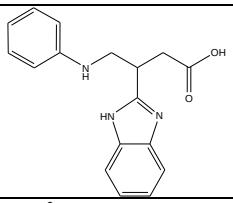
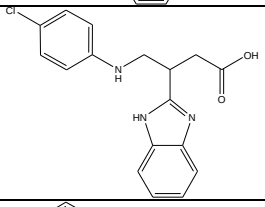
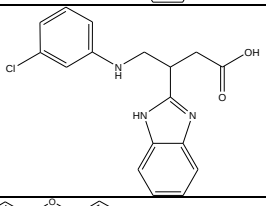
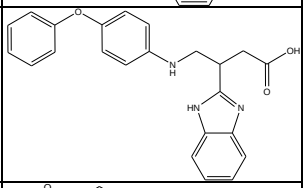
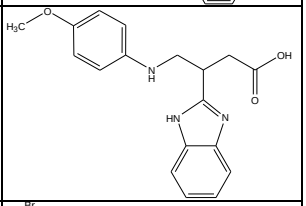
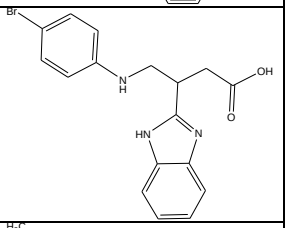
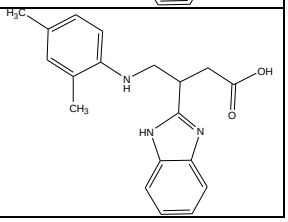
3 lentelė. Tyrimuose naudotos medžiagos

Medžiagos pavadinimas	Charakteristika
2,2-difenil-1-pikrilhidratrzilas	Milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Acetonas	CH_3COCH_3, 99,9 % (Sigma-Aldrich®, JAV)
Acto rūgštis	CH_3CO_2H, 99,5 % (Sigma-Aldrich®, JAV)
Agarozė	Milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Albuminas	Sigma-Aldrich®, JAV
Aliuminio chloridas	$AlCl_3$ milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Bradfordo reagentas	Sudėtis: 100 mg mėlynos spalvos briliantinio mėlynojo dažiklio, 50 ml 95 % etanolio, 100 ml 85 % fosforo rūgšties. (Sigma-Aldrich®, JAV)
Druskos rūgštis	36,5 % (Sigma-Aldrich®, JAV)
Ekstrakcijos buferis	200 mM Tris-HCl pH 7,5, 250 mM NaCl, 25 mM EDTA, 0,5 % w/v SDS (Thermo Fisher Scientific, JAV)
Etanolis	Reaktifikuotas spiritas, 96,3 %. (Stumbras, Lietuva)
Etidžio bromidas	10 mg/ml H_2O (Sigma-Aldrich®, JAV)
Etilo acetatas	$CH_3COOC_2H_5$, 99,8 % (Sigma-Aldrich®, JAV)
Folino-Kiokalto reagentas	2 N (Sigma-Aldrich®, JAV)
Glicinas	NH_2CH_2COOH, 98,5 % milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Heksanas	$CH_3(CH_2)_4CH_3$ (Sigma-Aldrich®, JAV)
Izopropanolis	$(CH_3)_2CHOH$, 98 % (Sigma-Aldrich®, JAV)
Kalcio karbonatas	$CaCO_3$ milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Magnio chloridas	$MgCO_3$ milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Metanolis	CH_3OH, 99,8 % (Sigma-Aldrich®, JAV)
Natriohipochloridas	NaClO, milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Natrio boratas	$B_4Na_2O_7$*$10H_2O$, milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Natrio karbonatas	Na_2CO_3, 99 % milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Natrio tetrachloropaladatas	Na_2PdCl_4, 98 % milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
TAE buferis	10 mM Tris-HCl pH 8,0, 1 mM EDTA pH 8,0 (Thermo Fisher Scientific, JAV)
Tanino rūgštis	Milteliai (Sigma-Aldrich®, JAV)
Taq DNR polimerazė	Thermo Fisher Scientific, JAV
Taq buferis	100 mM Tris-HCl (pH 8,8), 500 mM KCl, 15 mM $MaCl_2$ (Thermo Fisher Scientific, JAV)
TE buferis	10 mM Tris-HCl (pH 8), 0,1 mM EDTA (Thermo Fisher Scientific, JAV)
TRIS-HCl	TRIS(2-amino-2-hidroksimetilpropano-1,3-diolio) bazė, HCl (Sigma-Aldrich®, JAV)

Junginiai, kurių poveikis vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) augimui tirtas, susintetinti Kauno technologijos universitete, Cheminės technologijos fakultete, Organinės chemijos katedroje. Junginių pavadinimai ir formulės pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Tyrimams naudoti junginiai

Junginio grupė	Junginio Nr.	Junginio pavadinimas	Junginio formulė
I grupė	**1**	*N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il)-*β*-alaninas	
	2	*N*-fenil-*N*-{4-[(4-dimetilaminofenil)metiliden]-5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il}-*β*-alaninas	
	3	*N*-fenil-*N*-{4-[(4-bromfenil)metiliden]-5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il}-*β*-alaninas	
	4	*N*-fenil-*N*-{4-[(4-chlorfenil)metiliden]-5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il}-*β*-alaninas	
	5	*N*-fenil-*N*-{4-[(4-dimetilfenil)metiliden]-5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il}-*β*-alaninas	
	6	*N*-fenil-*N*-{4-[(4-metoksifenil)metiliden]-5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il}-*β*-alaninas	
	7	*N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il)-α-metil-*β*-alaninas	
	8	*N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazol-2-il)-*β*-metil-*β*-alaninas	

Junginio grupė	Junginio Nr.	Junginio pavadinimas	Junginio formulė
II grupė	**9**	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgštis	
	10	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-(4-chlorfenilamino)butano rūgštis	
	11	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-(3-chlorfenilamino)butano rūgštis	
	12	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-(4-fenoksifenilamino)butano rūgštis	
	13	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-(4-metoksifenilamino)butano rūgštis	
	14	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-(4-bromfenilamino)butano rūgštis	
	15	3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-(2,4-dimetilfenilamino)butano rūgštis	

Junginių **10**–**12** ir **14**–**15** sintezės metodikos pateiktos literatūros šaltinyje (M. Mickevičius, Vytautas Mickevičius, Zigmundas Jonas Beresnevičius ir E. Jakienė, 2005).

2.2. Rapsų auginimas *in vitro*

Vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) sėklos prieš sodinimą į *Petri* lėkšteles sterilizuojamos jas laikant 3 min. 70 % etanolyje ir 10 min. 10 % NaClO tirpale. Po sterilizavimo jis tris kartus plaunamos distiliuotu vandeniu (Lita Lapina, Dace Gauda, Biruta Jansone, Aldis Jansons ir Isaak Rashal, 2009). Darbas atliekamas steriliomis sąlygomis laminare TELSTAR BV-100 (Didžioji Britanija). Prieš darbą laminaras dezinfekuojamas 10 min. švitinant ultravioletiniais spinduliais ir valant 70% etanolio tirpalu.

Į *Petri* lėkšteles įdedamas sterilus filtras ir sudrėkinamas 2,5 ml pasirinktos koncentracijos tiriamuoju tirpalu. Kontrolinės lėkštelės sterilus filtras, sudrėkintas 2,5 ml distiliuoto vandens, o bandinių – 0,01–10 mg/l koncentracijos tiriamų junginių tirpalais. Į *Petri* lėkšteles sodinama po 10 rapsų sėklų (tirta 40 augalų), lėkštelė užsandarinama ir padedama į termostatą. Termostate palaikoma 25 ºC temperatūra. Po savaitės laikymo termostate skaičiuojamas išdygusių sėklų kiekis (vnt.), hipokotilių kiekis (%), šaknų kiekis (%), hipokotilių ir šaknų ilgis (mm), augalo svoris (g). Bandymas kartojamas du kartus.

Rapsų auginimas MS terpėje

Rapsų augimo stebėjimui *in vitro* aplinkoje rapsų sėklos buvo pasodintos į *Petri* lėkšteles su Murashige & Skoog (MS) maitinamąja terpe (5 lentelė), papildyta tiriamųjų junginių 25–150 mg/l koncentracijos tirpalais.

Maitinamoji MS terpė prieš sėklų sodinimą buvo autoklavuojama 15 min 121 ºC temperatūroje, esant 0,75–1,0 atmosferų slėgiui. Į *Petri* lėkšteles, kuriose yra 10 ml MS agarizuotos maitinamosios terpės, papildytos 25–150 mg/l koncentracijos tiriamųjų *N*-pakeistųjų β- ir γ-aminorūgščių su aromatiniais ir azolų fragmentais tirpalais (terpės pH išlaikoma 5,7), sudedamos sterilizuotos rapsų sėklos. Rapsų sėklos auginamos 7 ir 14 parų (22 pav.), 24 h šviesos periode, kambario temperatūroje, esant 20–22 ºC. Bandymas kartotas du kartus (n=20).

22 pav. Rapsai *Petri* lėkštelėse *in vitro* po 1 savaitės ir po 2 savaičių auginimo

5 lentelė. Maitinamosios terpės *Murashige & Skoog* (MS) sudėtis (Toshio Murashige ir Folke Skoog, 1962)

Reagentai	Koncentracija terpėje, mg/l
Makroelementai	
NH_4NO_3	1650
KNO_2	1900
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	332,2
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	180,69
KH_2PO_4	170
Mikroelementai	
KJ	0,83
H_3BO_3	6,2
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	16,9
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	8,6
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0,213
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,025
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0,025
Geležies šaltinis	
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	27,8
$Na_2EDTA \cdot 2H_2O$	37,3
Kiti priedai	
Sacharozė	30000
Agar-agaras	8000

Rapsų auginimas *in vivo*

Vasariniai rapsai lauko tyrimams auginti Lietuvos žemdirbystės instituto Rumokų bandymų stotyje kartu su darbuotojais. Tyrimams buvo naudojama *„Land Mark“* veislės rapsų sėklos. Vasarinių rapsų priešsėlis – vasariniai miežiai. Rudenį, nuėmus miežius, dirva suarta, pavasarį įdirbta germinatoriumi. Prieš sėją laukas tręštas NPK 17-10-14 trąšomis, išberta 500 kg/ha. *„Land Mark“* veislės vasariniai rapsai pasėti balandžio trečią dekadą. Sėklos norma 8 kg/ha. Pradėjus dygti piktžolėms, laukas nupurkštas herbicidu *Sultan* 1,5 l/ha. Prieš rapsinį žiedinuką (*Meligethes aeneus* L.) naudotas insekticidas *Karate* 0,15 l/ha. Vasariniai rapsai 4–6 tikrųjų lapelių tarpsnyje papildomai patręšti N_{31}-S(6), 150 kg/ha, trąšomis. Birželio pradžioje rapsai pakartotinai nupurkšti insekticidu *Karate* (0,15 l/ha). Prieš žydėjimą vasarinių rapsų lapai pagal bandymo schemą nupurkšti tiriamųjų **1** ir **9** junginių įvairių koncentracijų tirpalais. Bandymas kartotas trejus metus. Pirmaisiais tyrimų metais naudotos 25, 50, 75, 100, 125, 150 mg/l koncentracijos, bandymas kartotas du kartus. Antraisiais ir trečiaisiais tyrimų metais naudotos 50, 75, 100, 125 mg/l koncentracijos, bandymai kartoti tris kartus. Apskaitinio laukelio dydis 2,2x10 m^2.

2.3.Rapsų augimo įvertinimo metodai

Chlorofilų ir karotenoidų koncentracijos nustatymas

Vasarinių rapsų žalia masė tyrimams buvo imama 2 ir 4 savaitės po rapsų nupurškimo tiriamaisiais junginiais. Nuo augalo buvo nuskinami 5–6 sveiki lapai ir

iki tyrimo laikomi -20 °C temperatūroje. Žalios masės tyrimai buvo vykdomi 2012–2014 metais, atlikti 9 matavimai.

Iš rapsų augalo lapų buvo paruošti etanolio ekstraktai chlorofilo ir karotenoidų tyrimams (В. Ф Гавриленко ir Т. В. Жыгалова, 2003). Ekstraktui gauti 0,5±0,0001 g lapo sutrinama su $CaCO_3$ ir užpilama 70 % etanoliu. Žemiau pateikti monochromatinių spindulių, kurių sugertis paruoštu ekstraktu buvo matuota, bangų ilgiai ir nustatoma lapo sudėtyje esanti medžiaga.

440,5 nm – karotenoidai;

662 nm – chlorofilas *a* (Chl *a*);

644 nm – chlorofilas *b* (Chl *b*).

Pigmentų koncentracija mg l^{-1} apskaičiuojama pagal formules:

$$Chl\ a(mgl^{-1}) = 9{,}784 \cdot D_{662} - 0{,}990 \cdot D_{644}$$

$$Chl\ b(mgl^{-1}) = 21{,}426 \cdot D_{644} - 4{,}650 \cdot D_{662}$$

$$Chl\ a + b(mgl^{-1}) = 5{,}134 \cdot D_{662} + 20{,}436 \cdot D_{644}$$

$$Karotinoidai(mgl^{-1}) = 4.695 \cdot D_{440,5} - 0{,}268 \cdot \left(Chla + b(mgl^{-1})\right)$$

čia *D* – momochromatinio spindulio sugertis ekstraktu.

Pigmentų koncentracija žalioje masėje apskaičiuojama pagal formulę:

$$A = \frac{C \cdot V}{P \cdot 100}$$

čia *C* – pigmentų koncentracija, mg l^{-1};

V – pigmentų ekstrakto tūris, ml;

P – augalinės medžiagos masė, g;

A – pigmentų koncentracija, mg g^{-1}, žalios masės.

Rapsų biometriniai rodikliai

Biometriniai matavimai atlikti prieš vasarinių rapsų nukūlimą. Įvertinti šie rodikliai: augalo aukštis*, cm, augalo šakų skaičius*, vnt., šoninių šakelių skaičius*, vnt., ankštarų skaičius ant augalo*, vnt., ankštarų ilgis*, cm, sėklų skaičius ankštaroje*, vnt., 1 000 sėklų svoris*, g, rapsų derliaus kiekis**, t ha^{-1}.

Čia bandymų skaičius *n=20, **n=3.

2.4. Rapsų sudėties įvertinimo metodikos

Atliekant sėklų tyrimus iš kiekvieno tyrimo laukelio varianto paimta po 3 mėginius, kadangi lauko tyrimai buvo kartoti 3 kartus, galutinis mėginių skaičius buvo 9 (n=9). Aliejaus kiekio nustatymui buvo paimta po 1 mėginį iš kiekvieno kartoto lauko bandymo (n=3).

Bendros fenolinių junginių koncentracijos nustatymas

Sausa, susmulkinta augalinė medžiaga (0,05±0,0001 g) pasveriama, sudedama į mėgintuvėlį, į kurį įpilama 10 ml acetono (70 %) ir maišoma kratytuve 20 min. kambario temperatūroje. Vėliau centrifuguojama (10 min., 9000 aps., 4 °C). Supernatantas surenkamas ir laikomas ant ledo.

Paimama paruošto ekstrakto ir praskiedžiama vandeniu iki 500 µl. Į gautą mišinį įdedama 250 µl *Folin-Ciocalteu* reagento ir tada įpilama 1,25 ml natrio karbonato tirpalo. Sumaišoma, 40 min. laikoma tamsoje ir matuojama 725 nm bangos ilgiui monochromatinio spindulio sugertis paruoštu tirpalu (Harinder Makkar, P. Siddhuraju ir Klaus Becker, 2007). Fenolinių junginių kiekis išreiškiamas tanino rūgšties kiekiu ir mg/100mg, apskaičiuojamas pagal formulę.

$$X = \frac{a \cdot V \cdot x \cdot 100}{n \cdot V_1}$$

čia a – tanino rūgšties koncentracija iš kalibravimo tiesės, mg;
V – pradinis ekstrakto tūris, ml;
V_1 – pradinis ekstrakto tūris, ml, paimtas praskiedimui;
n – augalinė masė, mg.

Flavonoidų koncentracijos nustatymas

Flavonoidų koncentracija nustatyta rapsų sėklose pagal G. Daunoro aprašytą metodiką (2001). Į apvaliadugnę kolbą įberiama 2±0,0001 g susmulkintų rapsų sėklų, įpilama 20 ml acetono, 2 ml 28 % HCl tirpalo ir virinama 30 min. su grįžtamuoju šaldytuvu verdančios vandens vonelėje. Atvėsęs hidrolizatas filtruojamas į 100 ml talpos matavimo kolbą. Nuosėdos grąžinamos į kolbą, užpilama 20 ml acetono ir 10 min. virinama ant vandens vonios, vėliau filtruojama į tą pačią matavimo kolbą. Į ją iki 100 ml pripilama acetono. 20 ml ištraukos praskiedžiama 20 ml vandens ir ekstrahuojama etilo acetatu: 1 kartą – 15 ml ir 3 kartus po 10 ml. Surinktos viršutinės organinės fazės plaunamos vandeniu, 2 kartus po 40 ml, filtruojama į 50 ml matavimo kolbą ir skiedžiama etilo acetatu iki 50 ml.

Į 10 ml pagrindinio tirpalo įpilama 2 ml $AlCl_3$ (20 g l^{-1}) tirpalo ir iki 25 ml praskiedžiama acto rūgšties ir metanolio mišinio (1:19).

Palyginamajam tirpalui 10 ml pagrindinio ekstrakto skiedžiama tuo pačiu acto rūgšties ir metanolio mišiniu iki 25 ml. Po 30 min. matuojama 426 nm monochromatinio sprindulio sugertis gautu ekstraktu, naudojant palyginamąjį tirpalą. Nustatyta flavonoidų koncentracija (X, %) išreiškiamo kvercetino koncentracija pagal formulę:

$$X = \frac{A \cdot k}{m}$$

čia A – tiriamojo tirpalo absorbcijos koeficientas;
k – perskaičiavimo koeficientas (hiperozidas k=1,25);
m – augalinės žaliavos masė, g.

Gliukozinolatų koncentracijos nustatymas

Bendra gliukozinolatų koncentracija rapsų sėklose buvo nustatyta spektrofotometriškai (Ibandalin Mawlong ir kt., 2017).

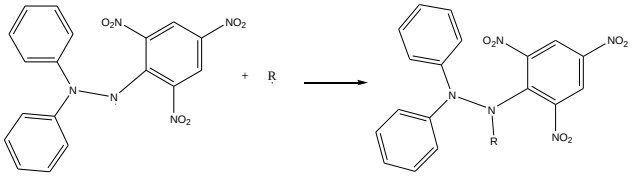
Rapsų sėklos susmulkintos ir pasverta 0,1±0,0001 g užpilamos 2 ml 80 % metanolio ir laikomas 8 val. kambario temperatūroje. Po homogenizacijos mišinys centrifuguojamas 3000 rpm 4 min. Surenkamas supernatantas ir praskiedžiamas 80 % metanoliu iki 2 ml. Giukozinolatų koncentracijos nustatymui paimama 100 µl ekstrakto. Pridedama 0,3 ml distiliuoto vandens, 3 ml 2mM natrio tetrachloropaladato (58,8 g natrio tetrachloropaladatas + 170 µl koncentruotos HCl + 100 ml distiliuoto vandens). Mišinys inkubuojamas 1 val kambario temperatūroje. Matuojama 425 nm monochromatinio spindulio sugertis gautu ekstraktu. Palyginimasis mišinys be rapsų sėklų ekstrakto paruoštas tokiomis pačiomis sąlygomis.

Bendra gliukozinolatų koncentracija apskaičiuojama pagal formulę:

$$y = 1{,}40 + 118{,}86 \times A_{425}$$

čia A_{245} – monochromatinio spindulio sugertis.

Antioksidantinio efektyvumo nustatymas DPPH metodu



$DPPH^* + R^* \rightarrow DHHH – H$

23 pav. DPPH radikalo struktūra prieš ir po reakcijos su antioksidantu (A-H)

Ekstraktas ruošiamas rapsų sėklas (0,2±0,0001 g) sutrinant grūstuvėlyje ir užpilant 2 ml metanolio. Ekstrahuojama purtyklėje 30 min., centrifuguojama 9000 aps. min^{-1} greičiu 10 min. ir surenkamas supernatantas.

Į mėgintuvėlį įpilama 0,077 ml paruošto ekstrakto ir 3 ml DPPH etaloninio tirpalo (23 pav.). Mėgintuvėlio turinys sumaišomas ir po 15 min. laikymo tamsoje pamatuojama 515 nm monochromatinių spindulių sugertis paruoštu ekstraktu. Palyginamasis tirpalas paruošiamas į mėgintuvėlį įpilant 0,077 ml metanolio ir 3 ml DPPH etaloninio tirpalo (Caroline D. Capitani ir kt., 2009).

Antioksidacinis efektyvumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\%slopinimas = \left[\frac{A_B - A_A}{A_A}\right] \cdot 100$$

čia A_A – monochromatinio spindulio sugertis palyginamuoju tirpalu;

A_B – monochromatinio spindulio sugertis tiriamoju tirpalu.

Baltymų koncentracijos sėklose nustatymas

Baltymų koncentracijos nustatymui naudotas Bradfordo metodas. Metodas pagrįstas specifine baltymų sąveika su Kumasi briliantiniu mėliu ir susidariusio komplekso koncentracijos matavimu spektrofotometriškai, 595 nm monochromatinių spindulių, kurių sugertis paruoštu ekstraktu buvo matuojama (Marion M. Bradford, 1976; Andre L. C. Silva, Cecilia S. Caruso, Renato A. Moreira ir Ana C. G. Horta, 2005).

Augalinė medžiaga išdžiovinama, pasveriama 0,05±0,0001 g, užpilama 1 ml buferio tirpalo:

1) 0,1 M glicino buferiu, pH 2,6;
2) 0,1 M natrio acetato buferiu, pH 4,0;
3) 0,1 M natrio acetato buferiu, pH 6,0;
4) 0,1 M tris-HCl buferiu, pH 8,0;
5) 0,1 M natrio borato buferiu, pH 10.

Tada maišoma vieną valandą. Po to centrifuguojama 9000 aps. min^{-1} greičiu 20 min., 4°C temperatūroje. Po centrifugavimo paimama 100 µl ekstrakto, įpilama Bradfordo reagento (2 ml). Po 2 min. matuojama 595 nm monochromatinių spindulių sugertis paruoštu ekstraktu.

Kalibracinė kreivė sudaroma naudojant albumino tirpalą (1 mg ml^{-1}). Matuojama šviesos sugertis, esant 595 nm bangos ilgiui.

Bendra baltymų koncentracija X (mg 100 mg^{-1}) apskaičiuojama pagal formulę:

$$X = \frac{a \cdot V \cdot 100}{n \cdot V_1}$$

čia a – baltymo koncentracija iš kalibravimo kreivės, mg ml^{-1};
V – pradinis ekstrakto tūris, ml;
V_1 – pradinis ekstrakto tūris, ml, paimtas praskiedimui;
n – augalinė masė, mg.

Pelenų kiekio nustatymas

Pelenų kiekis (peleningumas) nustatomas 1±0,0001 g susmulkintų rapsų sėklų džiovinant aukštakrosnėje, 600 °C temperatūroje, 2 val. arba kol nebekinta pelenų masė.

Aliejaus kiekio nustatymas

Aliejaus kiekio nustatymui pasveriama 30±0,0001 g susmulkintų rapsų sėklų. Sėklos ekstrahuojamos heksanu Soksleto aparate 3 val. Po ekstrakcijos apvaliadugnėje kolboje aliejaus ir heksano mišinys garinamas heksanui pašalinti. Atvėsinta kolba su aliejumi pasveriama ir iš kolbos prieš ir po bandymo masės skirtumo apskaičiuojamas aliejaus kiekis. Patronai su rapsų sėklomis po ekstrakcijos išdžiovinami ir pasveriami. Nustatomas aliejaus kiekis pagal formulę:

$$X = \left[\frac{(m - m_0)}{n}\right] \cdot \frac{100 \cdot 100}{SM}$$

čia X – aliejaus kiekis, %;
m – kolbos su aliejumi masė, g;
m_0 – pradinė kolbos masė, g;
n – tyrimams paimtos medžiagos masė, g;
SM – sausos medžiagos kiekis, %.

Rapsų sėklų aliejaus cheminės sudėties analizė

Riebalų rūgščių sudėtis nustatyta dujų chromatografu HRGC 5300 *Mega Serie*, CARLO ERBA STRUMENTAZIO (Italija) Maisto chemijos ir technologijos katedroje.

2.5. Rapsų lapų DNR tyrimo metodika

Rapsų lapų DNR analizė atlikta bendradarbiaujant su Vilniaus universiteto Biotechnologijos institutu.

DNR ekstrakcijai iš šaldytų rapsų lapų buvo naudota metodika, aprašyta K. Edwards, C. Johstone ir C. Tompson (1991). Lapo gabalėlis 0,5 cm^2 sutrinamas mėgintuvėlyje su 400 µl ekstrakcijos buferio (200 mM Tris-HCl pH 7,5, 250 mM NaCl, 25 mM EDTA, 0,5 % w/v SDS), sumaišoma ir centrifuguojama 16000 aps./min greičiu 1,5 min. 300 µl supernatanto sumaišoma su 300 µl izopropanolio DNR nusodinimui. Nusodinta DNR ištirpinama 100 µl TE buferyje (10 mM Tris-HCl pH 8,0, 1 mM EDTA pH 8,0).

Paruošti mėgintuvėliai su polimerazinės grandinės reakcijos (PGR) mišiniu (6 ir 7 lentelė) ir genomine DNR sumaišomi ir centrifuguojami, paskui sudedami į amplifikatorių (*Veriti® 96-Well Thermal Cycler, Applied Biosystems*). Amplifikacijos programa parodyta 8 lentelėje, etapai 2–5 kartojami 35 ciklus.

6 lentelė. AAPD pradmenys (Metabion), kurie buvo naudoti vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) DNR tyrimams

Pradmuo	Seka 5’→ 3’	Produktų skaičius	Fragmenų dydis (bp)	Prikabinimo temperatūra
P-01	5’-AATCGGGCTG-3’	4	600 – 1200	42 ºC
P-02	5’-GGGTAACGCC-3’	8	250 – 1200	42 ºC
P-03	5’-CAATCGCCGT-3’	4	300 – 900	44 ºC

7 lentelė. AAPD – PGR reakcijos mišinio komponentai

Reagentai	Medžiagų kiekis reikalingas 1 reakcijai	Medžiagų koncentracija
10x buferis *Taq* – $MgCl_2$	2,5 µl	1x
$MgCl_2$	2 µl	2,5 mM
dNTP	0,5 µl	0,2 µM
Taq DNR polimerazė	0,1 µl	5 vnt/µl
Pradmuo	1,2 µl	0,24 µM
Dejonizuotas H2O	16,7 µl	-
Genominė DNR	2 µl	-
Bendras kiekis (µl)	25 µl	

8 lentelė. PGR reakcijos sąlygos (Milda Jodinskienė, Algimatas Paulauskas, Judita Žukauskienė, 2008)

Etapai		Temperatūra	Laikas
1	DNR denatūracija	94 ºC	5 min
2	DNR denatūracija	94 ºC	30 s
3	Pradmenų prikabinimas	42 – 44 ºC	1 min
4	DNR sintezė	72 ºC	1 min
5	Paskutinė DNR sintezės fazė	72 ºC	1 min
6	Inkubacija	4 ºC	

Agarozės gelis elektroforezei paruošiamas taip: 1±0,001 g agarozės miltelių ištirpinamas 100 ml 1xTAE buferio kaitinant tol, kol tirpalas pasidaro skaidrus. Į atvėsintas iki 60 ºC agarozės gelį įdedama 20 µl etidžio bromido. Į gelio formą įstačius šakutes supilamas gelio mišinys ir paliekamas sustingti kambario temperatūroje. Sustingęs gelis įstatomas į elektroforezės vonelę, o vonelė užpildoma 1xTAE buferiu, kad gelis būtų apsemtas. Į kiekvieną gelio šulinėlį įleidžiamas PGR produktas, sumaišytas su 6x *MassRulesTM DNA Loading Dye* (25 µl DNR mėginio ir 4 µl dažo) ir galutiniame šulinėlyje įleidžiamas molekulinės masės žymeklis „MassRuler TM DNA Ladder Mix“. Elektroforezė vykdoma 1,5–2 val. leidžiant elektros srovę per gelį, esant 130 V srovės įtampai. Rezultatai įvertinti UV šviesos transliuminatoriuje (*BioImaging MiniBis*).

2.6. Statistinė analizė

Skirtumai tarp reikšmių vertinti pasitelkus *Stjudento* kriterijų, p = 0,05. Reikšmės pateikiamos apskaičiavus standartinę vidurkio paklaidą ±SE (Gražina Slapšytė, Algimatas Paulauskas ir Vaidotas Morkūnas, 2000).

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Aminorūgščių darinių poveikis vasarinių rapsų sėklų daigumui *in vitro*

Šios darbo dalies tikslas buvo įvertinti Kauno technologijos universiteto Organinės chemijos katedroje susintetintų augimo reguliatorių su *N*-pakeistų β- ir γ-aminorūgščių su aromatiniais ir azolų fragmentais poveikį vasarinių rapsų daigumo rodikliams *in vitro*. Tyrimuose naudotų junginių formulės pateiktos 4 lentelėje. Šie junginiai indentifikuojami pagal 4 lentelėje nurodytą junginio numerį, t. y. buvo ištirta 15 junginių.

1–**15** junginiai savo struktūra artimi tiek sintetiniams, tiek natūraliems auksinams ir turi jiems būdingus elementus. Auksinams būdingi struktūriniai elementai yra aromatinis arba heteroaromatinis žiedas, šių junginių atveju benzeno žiedas ir karboksigrupė. **1** – **8** junginiai turi stuktūrinų panašumų su natūraliu auksinu fenilacto rūgštimi, sintetiniu auksinu 2,4-dichlorfenoksiacto rūgštimi. **9** – **15** junginiai turi struktūrinių panašumų su natūraliais auksinais 3-indolilacto ir 3-indolilsviesto rūgštimis, taip pat su sintetiniu auksinu 2,4-dichlorfenoksiacto rūgštimi. **10** ir **11** junginiuose prie benzeno žiedo yra prijungtas chloro atomas, toks pakeitimas žinomas kaip auksino savybes stiprinantis veiksnys. Iš literatūros duomenų žinoma, kad natūralus auksinas 4-chlor-3-indolilacto rūgštis biologinėse testavimo sistemose pasižymi 10 kartų didesniu aktyvumu nei IAR (Janet Slovin, R. Bandurski ir Jerry Cohen, 1999). Iš kitų autorių tyrimų pastebėta, kad auksinų savybėmis pasižymintys junginiai sumažina šaknies tįstamąjį augimą (L. M. Srivastava, 2002; A. W. Woodward ir B. Bartel, 2005). Pagal literatūros šaltiniuose (J. Slovin ir kt., 1999; L. M. Srivastava, 2002; A. W. Woodward ir B. Bartel, 2005) aprašytus požymius tiriamus **1**–**15** junginius galima priskirti auksinams.

Norint suamžinti tyrimų išlaidas pirminiai penkiolikos junginių tyrimai atlikti *Petri* lėkštelėse, rapsų sėklas daiginant su sudrėkinto filtrinio popieriaus. Kadangi rapsų sėklos daigintos ne vienu metu, atrinkus po du aktyviausius junginius iš kiekvienos grupės, tyrimas pakartotas su tikslingomis junginių koncentracijomis. Rapsų sėklos buvo auginamos *Petri* lėkštelėse ant filtrinio popieriaus, sudrėkinto tiriamųjų junginių tirpalais. Palyginimui sėklos buvo daiginamos ant filtrinio popieriaus tik su distiliuotu vandeniu be augimo reguliatorių, o augalų vystymosi skirtumai nustatomi lyginant juos su kontroliniu variantu. Tyrimų rezultatai pateikti 9 ir 10 lentelėse. Pirminiai rodikliai, kurie svarbūs įvertinant junginių poveikį rapsams, yra hipokotilių aukštis ir šaknų ilgis, antriniai rodikliai – daigumas ir išsivysčiusių šaknų kiekis.

Atliekant tyrimą su **1** junginiu pasirinktos koncentracijos nuo 0,01 iki 4 mg/l. Gavus duomenis po **1** junginio tyrimo pastebėta, kad galima padidinti tiriamųjų junginių koncentracijas, todėl **2** junginys buvo tiriamas naudojant 0,01 – 10 mg/l koncentracijas. Bandymai su **2** junginiu parodė, kad mažos koncentracijos (iki 1 mg/l) neturi reikšmingos įtakos rapsų augimui, o didelės (daugiau kaip 5 mg/l) veikia augimą neigiamai. Todėl kiti **3** – **15** junginiai buvo tyriami naudojant 1 – 4,5 mg/l koncentracijos tirpalus. Kadangi tiriant sėklų daigumą ypač svarbus yra hopoktilių aukštis ir šaknų ilgis, jiems įvertinti buvo apskaičiuojamas santykinis

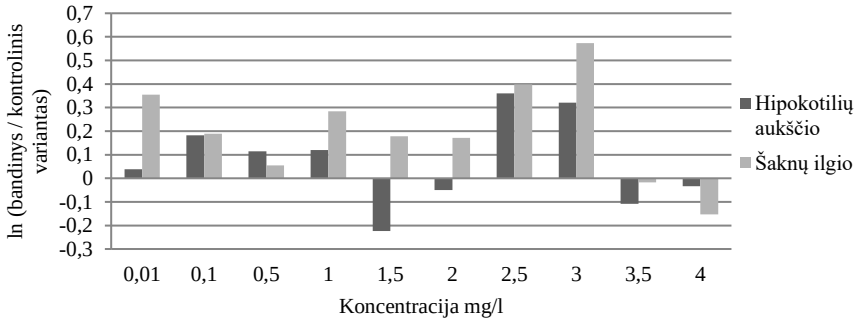
dydis – natūrinis logorimtas santykio hipokotolių aukščio (arba šaknų ilgio) bandinyje su tiriamu junginiu ir kontroliniame variante.

Tiriant **1** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi (9 lentelė) nustatyta, kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje, kuriame naudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Šiame bandinyje buvo nustatytas 100 % daigumas ir išsivysčiusių šaknų kiekis. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 43 % aukštesni hipokotiliai, palyginus su kontroliniu variantu. Vidutiniškai ilgiausios šaknys užfiksuotos bandinyje, kuriame panaudotas 3 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 77 % ilgesnės šaknys, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys pasirinktas tolesniems tyrimams, nes jo koncentracijos 2,5 mg/l ir 3 mg/l teigiamai veikė tiek hipokotilių, tiek šaknų vystymąsi (24 pav.).

Statistiškai patikima ($p < 0,05$) ir teigiama koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudota 0,5, 3, 3,5 ir 4 mg/l **1** junginio koncentracijų tirpalai.

9 lentelė. Skirtingos koncentracijos **1** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 7,3	0,068 ± 0,004
0,01	85 ± 2,5	85 ± 0	27,7 ± 1,8	81,9 ± 6,3	0,067 ± 0,005
0,1	70 ± 2,5	65 ± 0	31,9 ± 2,6	69,5 ± 5,5	0,073 ± 0,006
0,5	85 ± 5	75 ± 5	29,8 ± 2,3	60,7 ± 4,0	0,072 ± 0,006
1	85 ± 5	80 ± 10	30,0 ± 2,7	76,4 ± 5,9	0,077 ± 0,006
1,5	95 ± 2,5	95 ± 5	21,3 ± 1,8	68,7 ± 6,2	0,059 ± 0,004
2	100 ± 0	100 ± 5	25,3 ± 2,4	68,3 ± 8,6	0,065 ± 0,005
2,5	85 ± 2,5	85 ± 0	38,1 ± 1,7	85,7 ± 4,8	0,089 ± 0,005
3	90 ± 0	90 ± 0	36,7 ± 1,7	102,0 ± 4,3	0,083 ± 0,004
3,5	80 ± 10	75 ± 5	23,9 ± 1,7	56,5 ± 5,2	0,061 ± 0,005
4	65 ± 5	50 ± 5	25,7 ± 2,1	49,3 ± 7,5	0,065 ± 0,005



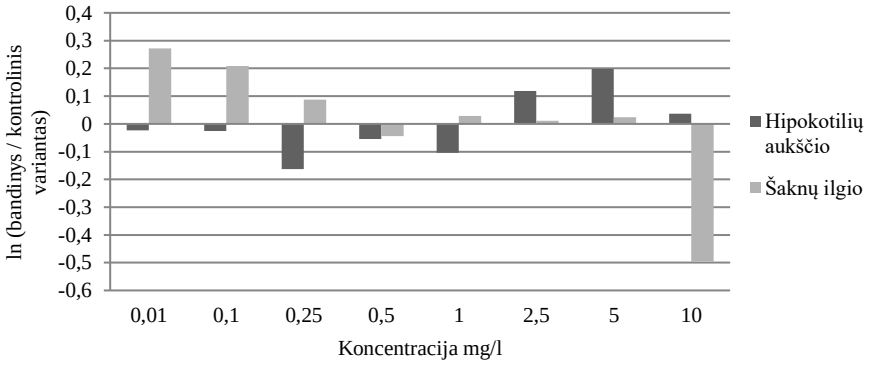
24 pav. Skirtingos koncentracijos **1** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **2** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (10 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 0,5 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo naudotas 5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 22 % aukštesni hipokotiliai, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 0,01 mg/l koncentracijos tirpalas. Čia šaknys buvo 31 % ilgesnės negu kontroliniame variante. Šis junginys tolesniems tyrimams nepasirinktas, nes tik labai mažos koncentracijos teigiamai veikė šaknų vystymąsi, o didesnės koncentracijos paveikė nežymiai teigiamai arba neigiamai (25 pav.).

Statistiškai patikima ($p < 0,05$) teigiama koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta tik kontroliniame bandinyje.

10 lentelė. Skirtingos koncentracijos **2** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,7	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
0,01	85 ± 5	80 ± 0	25,9 ± 2,4	75,4 ± 8,5	0,036 ± 0,003
0,1	85 ± 5	75 ± 0	25,9 ± 2,1	70,9 ± 6,7	0,072 ± 0,006
0,25	90 ± 0	80 ± 0	22,6 ± 1,9	62,7 ± 8,5	0,063 ± 0,005
0,5	95 ± 2,5	85 ± 10	25,2 ± 2,1	55,1 ± 7,1	0,063 ± 0,005
1	95 ± 10	85 ± 0	23,9 ± 2,2	59,2 ± 8,6	0,065 ± 0,005
2,5	80 ± 5	70 ± 0	29,9 ± 2,6	58,1 ± 7,1	0,068 ± 0,005
5	80 ± 10	75 ± 15	32,4 ± 2,2	58,9 ± 4,7	0,079 ± 0,004
10	85 ± 2,5	70 ± 20	27,6 ± 2,3	35,0 ± 3,5	0,067 ± 0,005



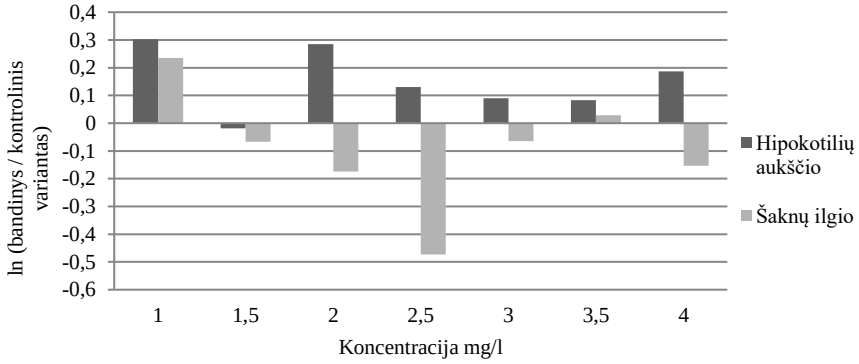
25 pav. Skirtingos koncentracijos **2** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **3** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (11 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 3,5 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis rapsų hipokotilių aukštis ir šaknų ilgis užfiksuoti, kai buvo panaudotas 1 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 35 % aukštesni rapsų hipokotiliai ir 26 % ilgesnės šaknys, lyginant su kontroliniu bandymu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 4 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys tolesniems tyrimams nepasirinktas, nes dauguma koncentracijų turėjo neigiamą poveikį šaknų vystymuisi (26 pav).

Statistiškai patikima ($p < 0,05$) teigiama koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta tik kontroliniame bandinyje.

11 lentelė. Skirtingos koncentracijos **3** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1	70 ± 0	65 ± 5	36,0 ± 1,8	72,7 ± 7,4	0,089 ± 0,005
1,5	85 ± 5	80 ± 0	26,1 ± 2,3	53,8 ± 7,1	0,068 ± 0,005
2	80 ± 10	75 ± 15	35,4 ± 2,6	48,3 ± 5,9	0,076 ± 0,005
2,5	60 ± 20	45 ± 29	30,3 ± 3,5	35,8 ± 4,2	0,068 ± 0,007
3	85 ± 5	85 ± 5	29,1 ± 2,3	53,9 ± 6,0	0,073 ± 0,006
3,5	95 ± 2,5	95 ± 2,5	28,9 ± 1,4	59,2 ± 4,8	0,075 ± 0,004
4	75 ± 5	70 ± 5	32,1 ± 1,4	49,3 ± 3,8	0,086 ± 0,003



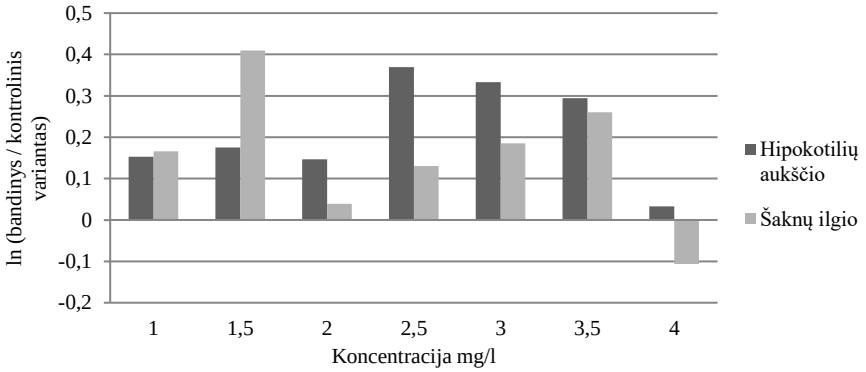
26 pav. Skirtingos koncentracijos **3** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **4** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (12 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 4 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas bandinyje, kuriame buvo naudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Čia hipokotiliai užaugo 45 % aukštesni, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis buvo nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 1,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 51 % ilgesnės šaknys, palyginti su kontroliniu bandymu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys turėjo teigiamą įtaką hipokotilių ir šaknų vystymuisi (27 pav.), tačiau tolesniems tyrimams nebuvo pasirinktas, nes geresni rezultatai gauti naudojant **1** junginį ir tolesniame tyrime **5** junginį.

Statistiškai patikima ($p < 0,05$) teigiama koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta tik bandinyje, kuriame buvo naudotas 1 mg/l koncentracijos tirpalas.

12 lentelė. Skirtingos koncentracijos **4** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1	80 ± 10	70 ± 0	31,0 ± 2,3	67,9 ± 6,8	0,074 ± 0,006
1,5	85 ± 5	80 ± 0	31,7 ± 2,5	86,6 ± 8,8	0,070 ± 0,005
2	85 ± 5	75 ± 5	30,8 ± 2,9	59,8 ± 7,3	0,068 ± 0,007
2,5	65 ± 5	60 ± 10	38,5 ± 3,3	65,5 ± 5,5	0,079 ± 0,006
3	70 ± 10	60 ± 10	37,1 ± 3,4	69,2 ± 7,4	0,074 ± 0,007
3,5	85 ± 5	80 ± 0	35,7 ± 2,5	74,6 ± 7,4	0,075 ± 0,004
4	95 ± 2,5	75 ± 20	27,5 ± 2,1	51,7 ± 7,8	0,062 ± 0,005



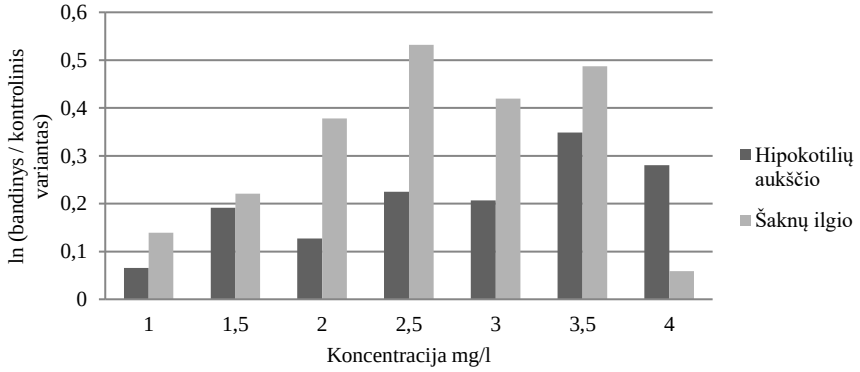
27 pav. Skirtingos koncentracijos **4** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **5** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (13 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 3 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai naudotas 3,5 mg/l koncentracijos tirpalas; hipokotiliai buvo 42 % aukštesni, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis buvo nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas; šaknys buvo 70 % ilgesnės, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudotas 4 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys pasirinktas tolesniems tyrimams, nes teigiamai veikė tiek hipokotilių, tiek šaknų vystymąsi (28 pav.).

Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) šaknų ilgio padidėjimas, palyginti su kontroliniu variantu, buvo bandiniuose, kuriuose naudoti 2, 2,5, ir 3,5 mg/l koncentracijos tirpalai. Teigiama ir patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti 3 ir 4 mg/l koncentracijų tirpalai. Teigiama ir patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas.

13 lentelė. Skirtingos koncentracijos **5** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1	70 ± 0	65 ± 5	28,4 ± 2,8	66,1 ± 7,6	0,069 ± 0,007
1,5	80 ± 0	60 ± 0	32,2 ± 2,7	71,7 ± 8,8	0,073 ± 0,006
2	95 ± 2,5	90 ± 5	30,2 ± 2,2	83,9 ± 8,2	0,070 ± 0,006
2,5	90 ± 0	90 ± 0	33,3 ± 2,7	97,9 ± 9,1	0,076 ± 0,006
3	95 ± 2,5	95 ± 2,5	32,7 ± 2,3	87,5 ± 8,3	0,075 ± 0,006
3,5	90 ± 5	80 ± 5	37,7 ± 3,2	93,6 ± 7,12	0,075 ± 0,006
4	75 ± 5	70 ± 5	35,2 ± 2,8	61,0 ± 5,4	0,079 ± 0,006



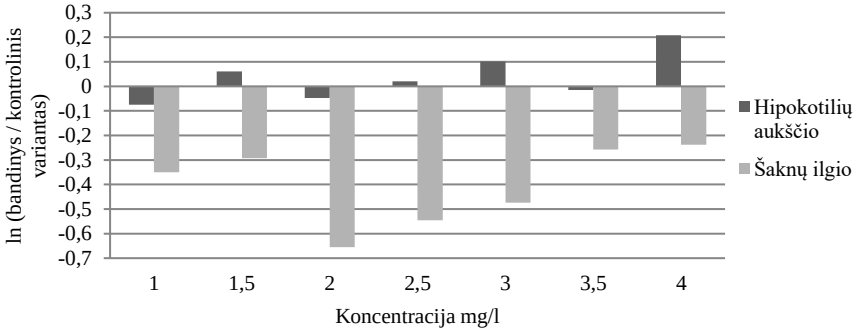
28 pav. Skirtingos koncentracijos **5** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **6** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (14 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo kontroliniame bandinyje. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo naudotas 4 mg/l koncentracijos tirpalas; čia hipokotiliai 23 % aukštesni, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 1,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys tolesniems tyrimams nebuvo pasirinktas, nes neigiamai veikė šaknų vystymąsi (29 pav.).

Teigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Teigiama ir patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudotas 3,5 mg/l koncentracijos tirpalas.

14 lentelė. Skirtingos koncentracijos **6** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1	65 ± 10	60 ± 0	24,7 ± 2,3	40,5 ± 5,2	0,062 ± 0,006
1,5	55 ± 15	45 ± 20	28,3 ± 2,4	42,9 ± 5,5	0,078 ± 0,007
2	65 ± 15	50 ± 10	25,4 ± 3,2	29,9 ± 4,3	0,058 ± 0,007
2,5	65 ± 5	60 ± 0	27,2 ± 2,2	33,3 ± 4,6	0,063 ± 0,005
3	55 ± 5	40 ± 10	29,5 ± 3,2	35,8 ± 5,1	0,062 ± 0,007
3,5	70 ± 10	60 ± 20	26,2 ± 3,1	44,4 ± 6,5	0,060 ± 0,010
4	65 ± 20	65 ± 20	32,8 ± 2,5	45,3 ± 5,9	0,072 ± 0,006



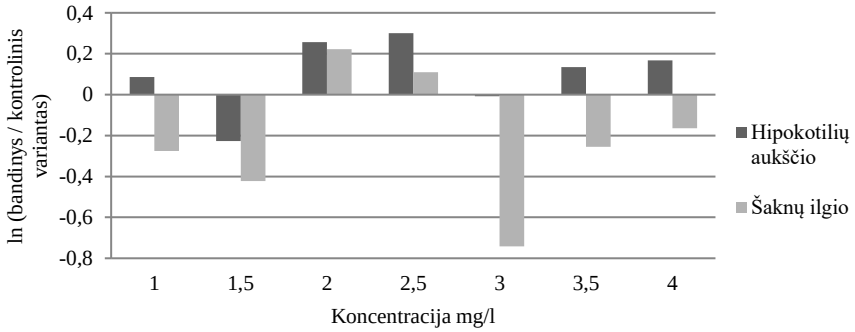
29 pav. Skirtingos koncentracijos **6** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **7** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (15 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 1 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo naudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 35 % aukštesni hipokotiliai, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis buvo nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas; šaknys čia buvo 25 % ilgesnės, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys tolesniems tyrimams nebuvo pasirinktas, nors 2 mg/l ir 2,5 mg/l koncentracijų tirpalai teigiamai veikė šaknų vystymąsi, tačiau šaknų ilgio pokyčio reikšmės buvo per mažos, o kitų koncentracijų tirpalai veikė neigiamai (30 pav.).

Teigiama ir patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo panaudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Teigiama ir patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti 2,5 ir 4 mg/l koncentracijos tirpalai.

15 lentelė. Skitingos koncentracijos **7** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1	75 ± 5	60 ± 5	29,0 ± 2,9	43,7 ± 3,6	0,070 ± 0,007
1,5	75 ± 10	60 ± 20	21,2 ± 1,9	37,7 ± 4,7	0,067 ± 0,006
2	70 ± 0	65 ± 0	34,4 ± 2,5	71,9 ± 5,7	0,086 ± 0,005
2,5	60 ± 5	55 ± 5	35,9 ± 3,2	64,2 ± 7,9	0,075 ± 0,007
3	40 ± 20	40 ± 20	26,4 ± 1,9	27,4 ± 3,8	0,069 ± 0,005
3,5	55 ± 5	40 ± 10	30,5 ± 2,9	44,6 ± 6,3	0,064 ± 0,006
4	55 ± 5	45 ± 5	31,5 ± 3,1	48,8 ± 7,4	0,074 ± 0,008



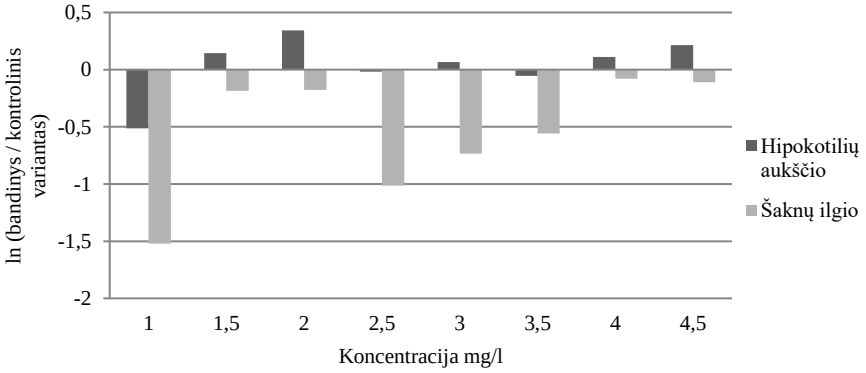
30 pav. Skirtingos koncentracijos **7** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **8** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (16 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 4 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo naudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 41 % aukštesni hipokotiliai, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis buvo nustatytas kontroliniame bandinyje ir tik 8 % trumpesnės bandinyje, kuriame panaudotas 4 mg/l koncentracijos tirpalas. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys tolesniems tyrimams nebuvo pasirinktas, nes neigiamai veikė šaknų vystymąsi (31 pav.).

Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) šaknų ilgio sumažėjimas, palyginti su kontroliniu variantu, gautas variantuose, kuriuose buvo naudotos 1, 3 ir 4 mg/l koncentracijos tirpalai. Neigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta variantuose, kuriuose buvo panaudoti 1 ir 1,5 mg/l koncentracijos tirpalai. Teigiama ir patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudotas 4 mg/l koncentracijos tirpalas.

16 lentelė. Skirtingos koncentracijos **8** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1	60 ± 20	40 ± 10	15,9 ± 1,5	12,6 ± 1,8	0,046 ± 0,004
1,5	50 ± 0	35 ± 5	30,7 ± 3,6	47,7 ± 6,2	0,068 ± 0,008
2	55 ± 15	45 ± 15	37,6 ± 2,9	48,2 ± 5,9	0,080 ± 0,006
2,5	40 ± 0	25 ± 5	26,1 ± 2,8	20,9 ± 2,9	0,062 ± 0,007
3	70 ± 0	50 ± 5	28,4 ± 2,9	27,6 ± 2,7	0,064 ± 0,007
3,5	75 ± 5	45 ± 15	25,2 ± 2,7	32,9 ± 4,6	0,059 ± 0,006
4	85 ± 15	75 ± 10	29,7 ± 4,0	53,1 ± 6,9	0,061 ± 0,008
4,5	60 ± 10	50 ± 5	33,0 ± 4,3	51,6 ± 7,9	0,077 ± 0,010



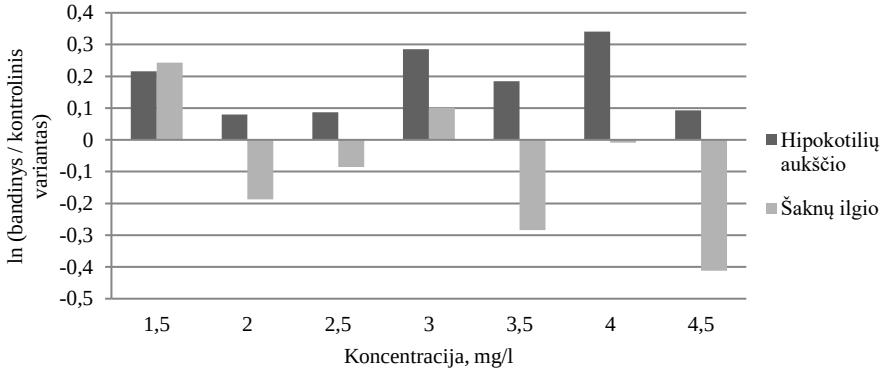
31 pav. Skirtingos koncentracijos **8** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **9** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (17 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje, apdorotame 2 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, panaudojus 4 mg/l koncentracijos tirpalą, ir tai buvo 41 % aukštesni hipokotiliai, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 1,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 27 % ilgesnės šaknys, palyginti su kontroliniu variantu. Daugiausia biomasės užaugo bandinyje, kuriame buvo naudojamas 3,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys pasirinktas tolesniems tyrimams, nes teigiamai veikė hipokotilių aukštį. 1,5 mg/l ir 3 mg/l koncentracija veikė teigiamai, o 2 mg/l ir 2,5 mg/l – šiek tiek neigiamai veikė šaknų vystymąsi (32 pav.).

Statistiškai patikimas ($p < 0,01$) šaknų ilgio sumažėjimas, palyginus su kontroliniu variantu, buvo variante, kuriame panaudotas 4,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Teigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudotas 3,5 mg/l koncentracijos tirpalas.

17 lentelė. Skirtingos koncentracijos **9** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	80 ± 10	75 ± 5	33,0 ± 1,8	73,3 ± 8,8	0,076 ± 0,004
2	95 ± 2,5	90 ± 5	28,8 ± 2,5	47,7 ± 7,2	0,073 ± 0,006
2,5	85 ± 10	80 ± 10	29,0 ± 2,1	52,8 ± 5,3	0,079 ± 0,006
3	80 ± 10	70 ± 10	35,4 ± 2,8	63,6 ± 8,4	0,076 ± 0,006
3,5	75 ± 5	75 ± 7	32,0 ± 2,2	43,3 ± 6,5	0,085 ± 0,006
4	70 ± 10	65 ± 15	37,4 ± 3,2	57,0 ± 8,2	0,084 ± 0,011
4,5	90 ± 0	75 ± 5	29,2 ± 2,9	38,1 ± 4,9	0,079 ± 0,008



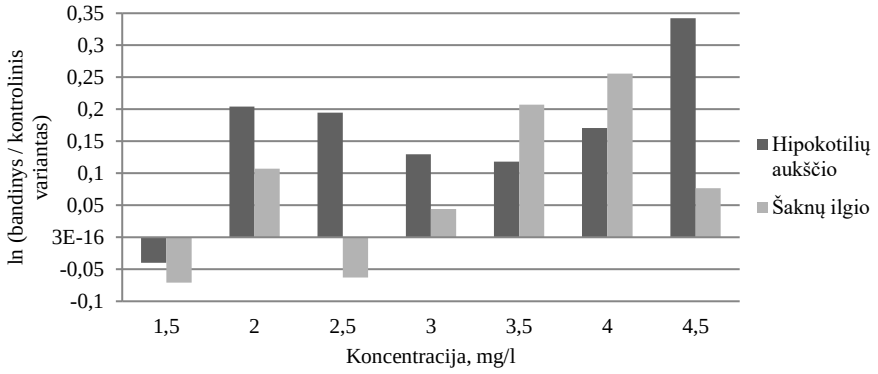
32 pav. Skirtingos koncentracijos **9** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **10** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (18 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 3 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo naudotas 4,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 41 % aukštesni hipokotiliai, palyginus su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis nustatytas bandinyje, kuriame panaudotas 4 mg/l koncentracijos tirpalas; šaknys čia užaugo 29 % ilgesnės, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys pasirinktas tolesniems tyrimams, nes didesnės kaip 1,5 mg/l koncentracijos teigiamai veikė hipokotilių aukštį ir, nors nežymiai, bet teigiamai veikė šaknų vystymąsi (33 pav.).

Teigiama ir patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta variantuose, kuriuose buvo naudoti 2,5, 3 ir 3,5 mg/l koncentracijos tirpalai.

18 lentelė. Skirtingos koncentracijos **10** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	80 ± 0	75 ± 5	25,6 ± 1,7	53,6 ± 3,6	0,068 ± 0,005
2	80 ± 5	80 ± 5	32,6 ± 2,0	64,0 ± 6,3	0,082 ± 0,005
2,5	80 ± 10	80 ± 10	32,3 ± 2,8	54,0 ± 5,5	0,079 ± 0,007
3	90 ± 0	85 ± 5	30,3 ± 2,2	60,1 ± 7,3	0,073 ± 0,005
3,5	80 ± 0	75 ± 5	29,9 ± 2,4	70,8 ± 7,4	0,071 ± 0,006
4	55 ± 15	45 ± 15	31,6 ± 3,3	74,3 ± 8,6	0,074 ± 0,011
4,5	65 ± 5	65 ± 5	37,5 ± 3,3	62,1 ± 6,8	0,082 ± 0,010



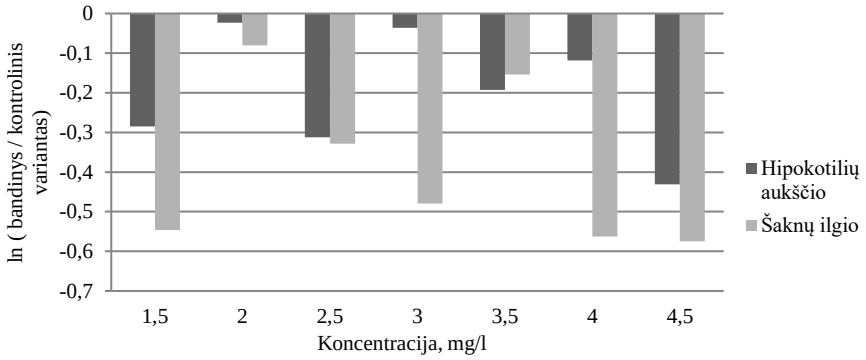
33 pav. Skirtingos koncentracijos **10** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **11** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (19 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 2 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis ir šaknų ilgis užfiksuoti kontroliniame bandinyje. Daugiausia biomasės užaugo bandinyje, kuriame buvo naudojamas 2 mg/l koncentracijos tirpalas, ir kontroliniame bandinyje. Šis junginys tolesniems tyrimams nepasirinktas, nes neigiamai veikė tiek šaknų vystymąsi, tiek hipokotilių aukštį (34 pav.).

Teigiama ir patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudota 3 mg/l jo koncentracija.

19 lentelė. Skirtingos koncentracijos **11** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	70 ±10	60 ± 20	20,0 ± 2,6	33,3 ± 4,8	0,052 ± 0,007
2	90 ± 0	85 ± 5	26,0 ± 1,9	53,1 ± 4,5	0,068 ± 0,005
2,5	75 ± 5	75 ± 5	19,5 ± 1,5	41,4 ± 3,5	0,059 ± 0,004
3	75 ± 20	60 ± 20	25,7 ± 2,5	35,6 ± 4,9	0,059 ± 0,008
3,5	70 ± 5	65 ± 10	21,9 ± 2,3	49,3 ± 6,3	0,061 ± 0,006
4	65 ± 0	45 ± 5	23,6 ± 3,5	32,8 ± 3,2	0,059 ± 0,009
4,5	70 ± 20	50 ± 10	17,3 ± 1,8	32,4 ± 4,6	0,049 ± 0,009



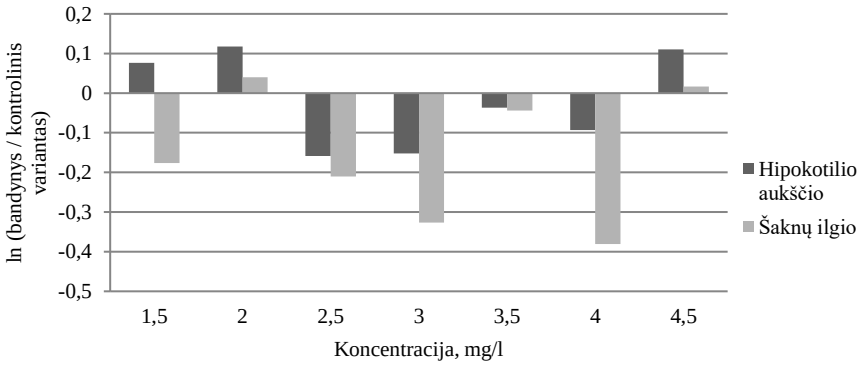
34 pav. Skirtingos koncentracijos **11** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **12** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (20 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 2,5 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis ir šaknų ilgis užfiksuoti, kai buvo panaudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas; tai buvo 12 % aukštesni hipokotiliai ir 4 % ilgesnės šaknys, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame buvo naudojamas 1,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Šis junginys tolimesniems tyrimams nepasirinktas, nes neigiamai veikė tiek šaknų vystymąsi, tiek hipokotilių aukštį (35 pav.).

Teigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta variantuose, kuriuose buvo naudoti 1,5, 2 ir 4,5 mg/l koncentracijų tirpalai.

20 lentelė. Skirtingos koncentracijos **12** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	60 ± 10	60 ± 10	28,7 ± 1,6	48,2 ± 4,9	0,079 ± 0,004
2	75 ± 5	75 ± 5	29,9 ± 2,3	59,8 ± 6,5	0,073 ± 0,005
2,5	90 ± 0	85 ± 5	22,7 ± 2,0	46,6 ± 6,5	0,066 ± 0,006
3	80 ± 10	65 ± 5	22,8 ± 2,1	41,4 ± 5,2	0,059 ± 0,005
3,5	90 ± 5	70 ± 5	25,6 ± 2,8	55,0 ± 6,5	0,058 ± 0,006
4	75 ± 5	70 ± 5	24,2 ± 3,4	39,3 ± 5,7	0,059 ± 0,009
4,5	85 ± 5	80 ± 0	29,7 ± 2,9	58,4 ± 8,9	0,068 ± 0,007



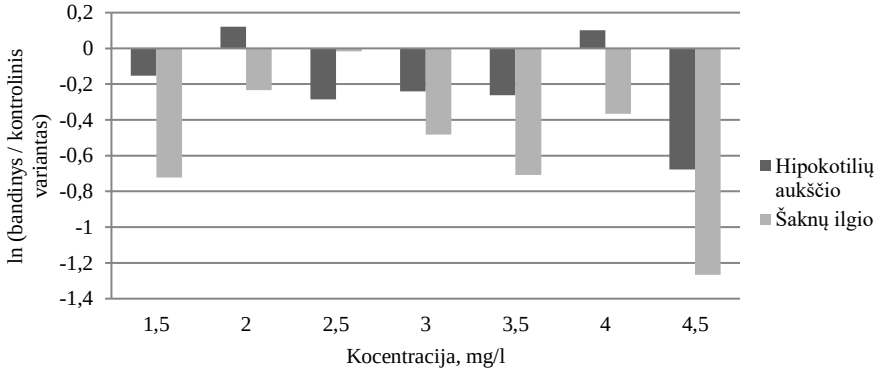
35 pav. Skirtingos koncentracijos **12** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **13** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (21 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo kontroliniame bandinyje ir bandinyje su 3 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo naudotas 4 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 11 % aukštesni hipokotiliai, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias šaknų ilgis ir biomasė nustatyti kontroliniame variante. Šis junginys tolesniems tyrimams nepasirinktas, nes neigiamai veikė tiek šaknų vystymąsi, tiek hipokotilių aukštį (36 pav.).

Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) šaknų ilgio sumažėjimas, palyginti su kontroliniu variantu, buvo bandiniuose, kuriuose panaudoti 1,5 ir 3,5 mg/l koncentracijų tirpalai. Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) hipokotilių aukščio sumažėjimas, palyginti su kontroliniu variantu, buvo bandinyje, kuriame panaudotas 4,5 mg/l koncentracijos tirpalas. Teigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti 3, 5, 4 ir 4,5 mg/l koncentracijų tirpalai.

21 lentelė. Skirtingos koncentracijos **13** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	60 ± 15	45 ± 0	22,8 ± 2,6	27,9 ± 2,4	0,051 ± 0,006
2	65 ± 5	60 ± 10	30,0 ± 2,6	45,5 ± 5,8	0,064 ± 0,006
2,5	70 ± 10	70 ± 10	20,0 ± 1,6	56,6 ± 6,6	0,046 ± 0,004
3	60 ± 10	55 ± 15	20,9 ± 2,1	35,5 ± 4,9	0,053 ± 0,005
3,5	75 ± 10	60 ± 15	20,5 ± 2,9	28,3 ± 2,4	0,052 ± 0,007
4	55 ± 5	55 ± 5	29,5 ± 3,5	39,9 ± 5,4	0,062 ± 0,007
4,5	50 ± 0	50 ± 0	13,5 ± 1,5	16,2 ± 1,9	0,044 ± 0,005



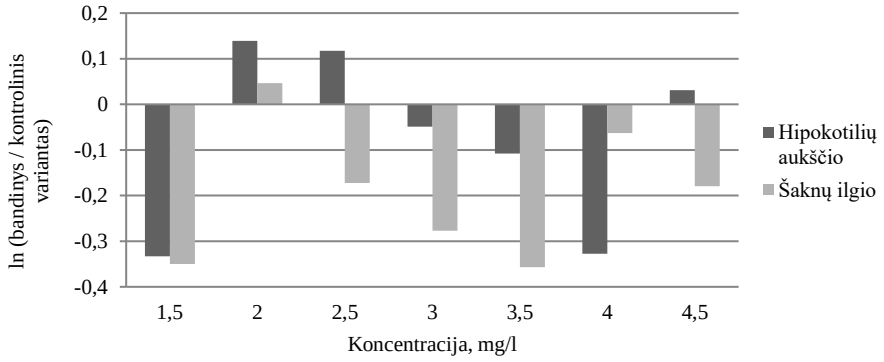
36 pav. Skirtingos koncentracijos **13** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **14** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (22 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo bandinyje su 4 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis ir šaknų ilgis užfiksuoti tuose variantuose, kur buvo naudotas 2 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 15 % aukštesni hipokotiliai bei 5 % ilgesnės šaknys, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias biomasės kiekis fiksuotas bandinyje, kuriame panaudotas 4,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir kontroliniame bandinyje. Šis junginys tolesniems tyrimams nepasirinktas, nes neigiamai veikė šaknų vystymąsi ir daugelyje bandinių neigiamai veikė hipokotilių aukštį (37 pav.).

Teigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio dviejuose gauta bandiniuose, kuriame buvo naudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas, ir kontroliniame bandinyje. Teigiama ir patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame naudotas 3 mg/l koncentracijos tirpalas.

22 lentelė. Skirtingos koncentracijos **14** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	85 ± 10	75 ± 10	19,1 ± 1,7	40,5 ± 4,1	0,054 ± 0,005
2	80 ± 5	70 ± 10	30,6 ± 2,7	60,3 ± 6,7	0,064 ± 0,005
2,5	65 ± 10	65 ± 10	29,9 ± 3,6	48,4 ± 6,8	0,059 ± 0,007
3	75 ± 5	60 ± 10	25,3 ± 2,7	43,6 ± 6,1	0,059 ± 0,006
3,5	85 ± 10	80 ± 10	23,9 ± 1,4	40,2 ± 3,2	0,066 ± 0,004
4	90 ± 5	90 ± 5	19,2 ± 1,8	54,0 ± 3,9	0,056 ± 0,006
4,5	80 ± 10	70 ± 15	27,4 ± 3,6	48,1 ± 6,4	0,068 ± 0,009



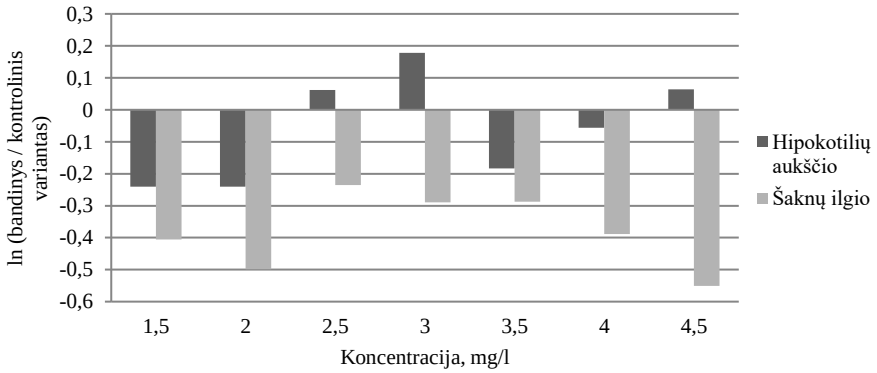
37 pav. Skirtingos koncentracijos **14** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Tiriant **15** junginio koncentracijų poveikį rapsų sėklų dygimui ir vystymuisi nustatyta (23 lentelė), kad daugiausia rapsų sėklų sudygo kontroliniame bandinyje ir bandinyje su 3 mg/l koncentracijos tirpalu. Didžiausias vidutinis hipokotilių aukštis nustatytas, kai buvo panaudotas 3 mg/l koncentracijos tirpalas, ir tai buvo 20 % aukštesni hipokotiliai, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis šaknų ilgis nustatytas kontroliniame bandinyje. Didžiausia biomasė nustatyta bandinyje, kuriame panaudoti 3 mg/l ir 4,5 mg/l koncentracijų tirpalai. Šis junginys tolesniems tyrimams nepasirinktas, nes neigiamai veikė šaknų vystymąsi ir daugelyje bandinių neigiamai veikė hipokotilių aukštį (38 pav.).

Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) šaknies ilgio sumažėjimas gautas bandiniuose, kuriuose buvo naudoti 1,5 ir 2 mg/l koncentracijų tirpalai. Neigiama ir statistiškai patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta variantuose, kuriuose buvo naudoti 1,5, 2 ir 4 mg/l koncentracijų tirpalai. Teigiama ir statistiškai patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandinyje, kuriame buvo naudotas 4,5 mg/l koncentracijos tirpalas.

23 lentelė. Skirtingos koncentracijos **15** junginio tirpalų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
0	75 ± 10	70 ± 5	26,6 ± 1,8	57,5 ± 6,1	0,068 ± 0,004
1,5	65 ± 5	65 ± 5	20,9 ± 2,9	38,3 ± 4,2	0,046 ± 0,006
2	65 ± 5	45 ± 5	20,9 ± 3,0	34,9 ± 2,3	0,047 ± 0,007
2,5	65 ± 15	60 ± 20	28,3 ± 2,4	45,6 ± 6,7	0,064 ± 0,006
3	75 ± 15	75 ± 15	31,8 ± 3,3	43,1 ± 5,9	0,069 ± 0,007
3,5	70 ± 0	65 ± 5	22,1 ± 3,0	43,1 ± 6,5	0,054 ± 0,007
4	65 ± 15	55 ± 15	25,2 ± 2,9	39,0 ± 5,5	0,057 ± 0,007
4,5	70 ± 10	70 ± 10	28,4 ± 3,1	33,1 ± 3,8	0,069 ± 0,005



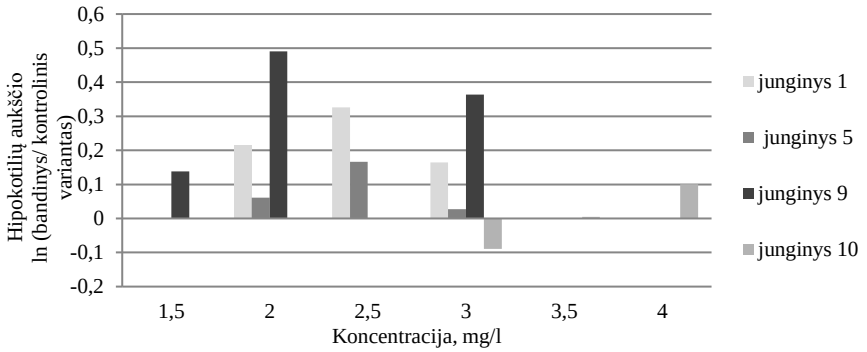
38 pav. Skirtingos koncentracijos **15** junginio tirpalų poveikis rapsų hipokotilių ir šaknų augimo rodiklių santykiui

Atlikti tyrimai parodė, kad geriausi sėklų daiginimo rezultatai gauti naudojant junginius iš pirmosios grupės **1** ir **5**, o iš antrosios grupės **9** ir **10**. Šie junginiai pasirinkti tolesniems tyrimams. Kadangi **1** – **15** junginių tyrimai atlikti skirtingu

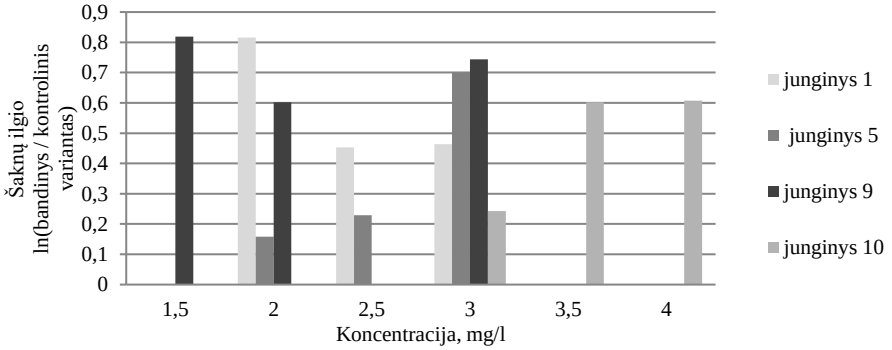
laiku, pasirinktųjų junginių tyrimas buvo pakartotas tiriant pasirinktus keturis junginius vienu metu ir naudojant tikslines koncentracijas. Gauti tyrimų duomenys pateikti 24 lentelėje ir 38 ir 39 paveiksluose.

24 lentelė. Vienu metu tirtų junginių koncentracijų poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro*

Jung. grupė	Jung. Nr.	Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
Kontrolinis variantas		0	75 ± 5	65 ± 5	27,0 ± 3,0	34,9 ± 4,8	0,060 ± 0,007
I grupė	**1**	2	75 ± 10	70 ± 5	33,5 ± 2,7	78,9 ± 9,1	0,072 ± 0,006
		2,5	60 ± 0	60 ± 0	37,4 ± 4,3	54,9 ± 6,7	0,075 ± 0,009
		3	60 ± 5	50 ± 0	31,8 ± 3,9	55,5 ± 8,2	0,063 ± 0,007
	5	2	80 ± 5	70 ± 10	28,7 ± 3,6	40,9 ± 6,1	0,067 ± 0,009
		2,5	40 ± 10	40 ± 10	31,9 ± 3,7	43,9 ± 6,5	0,066 ± 0,007
		3	80 ± 10	80 ± 10	27,8 ± 2,8	70,3 ± 10,0	0,068 ± 0,007
II grupė	**9**	1,5	85 ± 10	85 ± 10	31,0 ± 2,9	79,1 ± 10,0	0,071 ± 0,007
		2	60 ± 10	60 ± 10	44,1 ± 3,6	63,8 ± 7,8	0,081 ± 0,007
		3	65 ± 15	65 ± 15	38,9 ± 3,6	73,5 ± 8,3	0,078 ± 0,007
	10	3	80 ± 10	80 ± 10	24,7 ± 1,5	44,5 ± 5,0	0,064 ± 0,004
		3,5	85 ± 5	80 ± 10	27,1 ± 3,0	63,7 ± 9,1	0,065 ± 0,007
		4	70 ± 10	70 ± 10	29,9 ± 2,6	64,1 ± 5,1	0,071 ± 0,006



38 pav. Tiriamų junginių poveikis rapsų hipokotilių augimo rodikliams



39 pav. Tiriamų junginių poveikis rapsų šaknų augimo rodikliams

Apibendrinant gautus rezultatus galima pastebėti, kad labiausiai hipokotilių aukštį didino iš pirmos grupės **1** junginys, kai buvo panaudotas 2,5 mg/l koncentracijos tirpalas, o iš antros junginių grupės labiausiai išsiskyrė **9** junginys, kai buvo panaudotas jo 2 mg/l koncentracijos tirpalas. Teigiamą poveikį šaknų vystymuisi turėjo visi tirti junginiai. Didžiausiu teigiamu poveikiu šaknų vystymuisi iš pirmos junginių grupės pasižymėjo **1** junginys, kai buvo panaudotas jo 2 mg/l koncentracijos tirpalas, o iš antros junginių grupės veiksmingiausias buvo **9** junginys, naudojant 1,5 mg/l koncentracijos tirpalą. Visi keturi junginiai didino rapsų augalų biomasę. Didžiausią įtaką augalų biomasei turėjo **9** ir **1** junginiai.

Statistiškai patikimas ($p < 0,01$) šaknies ilgio padidėjimas gautas bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **9** junginio 1,5 ir 3 mg/l, **10** 4 mg/l, **1** 2 mg/l ir **5** 2 mg/l koncentracijų tirpalai. Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) šaknies ilgio padidėjimas gautas bandiniuose, kuriuose naudoti **9** junginio 2 mg/l, **10** 3,5 mg/l, **1** 3 mg/l ir **5** 3 mg/l koncentracijų tirpalai.

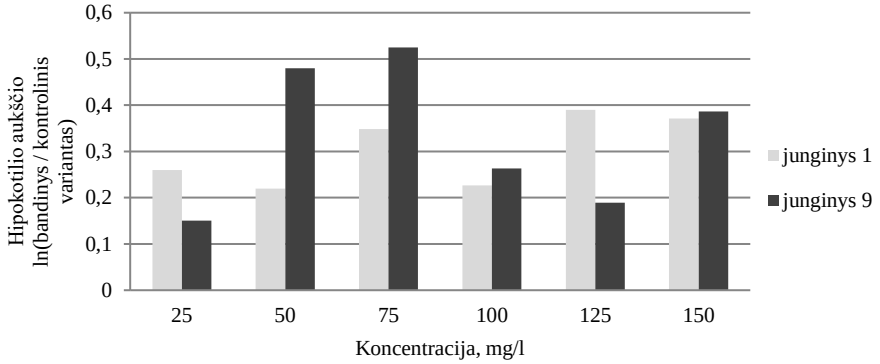
Vienu metu atliktų bendymų rezultatai skyrėsi savo absoliučiais dydžiais nuo pirminių bandymų, tačiau išliko tos pačios tendencijos, t. y. tos pačios junginių koncentracijos turėjo didžiausią poveikį rapsų sėklų daigumui ir vystymuisi kaip ir pradinio tyrimo metu.

Statistiškai patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **9** junginio 2 mg/l ir **10** junginio 2,5 mg/l koncentracijų tirpalai. Statistiškai patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **10** junginio 3 ir 3,5 mg/l koncentracijų tirpalai. Statistiškai patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **9** junginio 1,5 ir 3 mg/l, **1** junginio 3 mg/l ir **5** junginio 2,5 mg/l koncentracijų tirpalai.

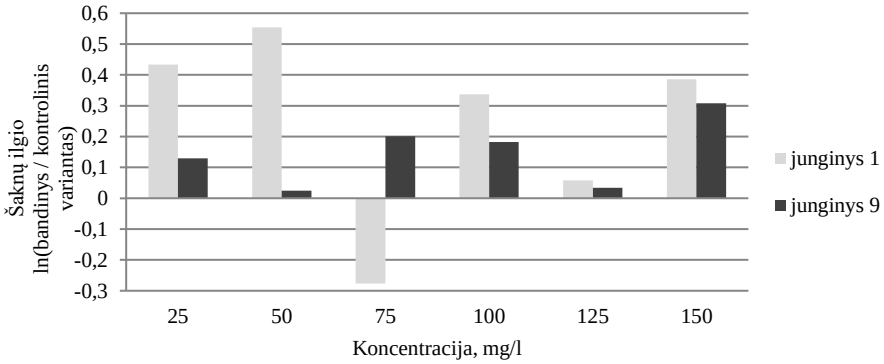
Nors geresni daigumo rezultatai gauti su antrosios grupės jungiais, tolesniems tyrimams pasirinkti du junginiai iš skirtingų grupių, kadangi jų poveikis lauko sąlygomis gali nežymiai skirtis nuo *in vitro* badymų. Parinktos galimos junginių koncentracijos, kurios bus tiriamos lauko bandymuose. Kadangi lauko sąlygomis augalai gauna mitybines medžiagas iš dirvožemio, prieš lauko bandymus papildomai atliktas rapsų sėklų daiginimas MS terpėje, kuri užtikrina artimiausias natūralias lauko sąlygas. MS terpėje yra visi būtini elementai augalų vystymuisi kaip ir laukuose. Šiuo tyrimu gaunama informacija apie junginių poveikį augalams, esant visoms būtinoms augimo sąlygoms. Pasirinktos junginių koncentracijos (25–150 mg/l), kurios bus tiriamos lauko sąlygomis. Junginių poveikis rapsų vystymuisi ant MS terpės buvo išanalizuotas. Po antrojo bandymo gautų rezultatų apie rapsų sėklų daiginimą *Petri* lėkštelėse tolesniems tyrimams buvo pasirinkti du junginiai iš skirtingų grupių (**1** junginys ir **9** junginys). Gauti rezultatai pateikti **25** lentelėje ir **40** ir **41** paveiksluose.

25 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** ir **9** junginių poveikis vasarinių rapsų daiginimui *in vitro* ant MS terpės 2 savaites

Jung. Nr.	Konc., mg/l	Daigumas, %	Išsivysčiusių šaknų kiekis, %	Vidutinis hipokotilių aukštis, mm	Vidutinis šaknies ilgis, mm	Augalo masė, g
Kont.	0	75 ± 10	65 ± 10	21,6 ± 1,7	31,9 ± 2,6	0,068 ± 0,005
1	25	95 ± 2,5	95 ± 2,5	28,0 ± 2,2	49,2 ± 4,1	0,061 ± 0,005
	50	95 ± 2,5	95 ± 2,5	26,9 ± 1,1	55,5 ± 3,3	0,067 ± 0,002
	75	95 ± 2,5	95 ± 2,5	30,6 ± 1,0	24,2 ± 1,8	0,047 ± 0,001
	100	100 ± 0	100 ± 0	27,1 ± 1,3	44,7 ± 2,9	0,053 ± 0,002
	125	85 ± 5	85 ± 5	31,9 ± 1,4	33,8 ± 2,3	0,055 ± 0,002
	150	95 ± 2,5	95 ± 2,5	31,3 ± 1,1	46,9 ± 4,4	0,055 ± 0,002
9	25	100 ± 0	85 ± 10	25,1 ± 1,5	36,3 ± 2,4	0,059 ± 0,003
	50	90 ± 5	90 ± 5	34,9 ± 2,1	32,7 ± 2,5	0,053 ± 0,003
	75	85 ± 10	85 ± 10	36,5 ± 2,2	39,0 ± 4,3	0,064 ± 0,004
	100	65 ± 15	65 ± 15	28,1 ± 1,4	38,3 ± 2,9	0,053 ± 0,003
	125	85 ± 5	85 ± 5	26,1 ± 1,4	33,0 ± 2,3	0,057 ± 0,003
	150	90 ± 5	90 ± 5	31,8 ± 1,8	43,4 ± 3,3	0,069 ± 0,004



40 pav. Įvairių koncentracijų **1** ir **9** junginių poveikis rapsų hipokotilių augimo rodikliams



41 pav. Įvairių koncentracijų **1** ir **9** junginių poveikis rapsų šaknų augimo rodikliams

Hipokotilių aukščiai labiausiai padidėjo naudojant **1** junginio 50 mg/l ir 75 mg/l koncentracijų tirpalus, **9** junginio poveikis hipokotilių aukščiui kito nežymiai.

Didžiausiu teigiamu poveikiu pasižymėjo bandiniai, kuriuose buvo naudoti 125 mg/l ir 150 mg/l koncentracijų tirpalai. Šaknų ilgį pasirinktieji junginiai veikė teigiamai, bet skirtingai. **1** junginys didžiausią teigiamą poveikį turėjo, kai buvo panaudotas 50 mg/l koncentracijos tirpalas ir pasižymėjo neigiamu poveikiu, esant 75 mg/l koncentracijos tirpalui. **9** junginys pasižymėjo mažesniu teigiamu poveikiu rapsų šaknų vystymuisi negu **1** junginys. Didžiausiu teigiamu poveikiu **9** junginys pasižymėjo bandinyje, kuriame buvo panaudotas 150 mg/l koncentracijos tirpalas, tačiau nuo **1** junginio skyrėsi 11 %. Pagal gautus tyrimų rezultatus, kai rapsai buvo auginami *Petri* lėkštelėse ant filtrinio popieriaus ir *Petri* lėkštelėse ant MS terpės, galima teigti, kad **1** junginys teigiamo poveikio rapsų augimui lauko sąlygomis turės panaudojus didesnes junginio koncentracijas (100 mg/l koncentraciją), o **9** junginys – mažesnes (50 mg/l koncentraciją). Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) šaknies ilgio padidėjimas gautas bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **1** junginio 25 mg/l ir 50 mg/l koncentracijų tirpalai. Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) hipokotilių ilgio padidėjimas gautas bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **1** junginio 75, 125 ir 150 mg/l bei **9** 50, 75 ir 150 mg/l koncentracijų tirpalai. Teigiama ir statistiškai patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp hipokotilių aukščio ir šaknų ilgio gauta bandiniuose, kuriuose buvo naudoti **1** 25 ir 50 mg/l ir **9** 125 mg/l koncentracijų tirpalai.

Tyrimų rezultatai su rapsais yra panašūs į **9** junginio ankstesnius *in vitro* tyrimų rezultatus su miežiais (V. Mickevičius ir kt., 2005). *Petri* lėkštelėse jie buvo daiginami naudojant 45 mg/l ir 90 mg/l koncentracijų tirpalus. Šių tyrimų metu pastebėta, kad didesnės koncentracijos tirpale daiginti miežiai pasižymėjo mažesniu dygumu, trumpesnėmis šaknimis, daigų aukštis sumažėjo, o augalų biomasė, palyginti su kontroliniu variantu, sumažėjo 22 %. Tuo tarpu perpus mažesnės koncentracijos tirpale daiginti miežiai daigumu beveik nesiskyrė nuo kontrolinio bandinio, pastebėta, kad šaknų ilgis padidėjo, nors daigų aukštis kontrolinio bandinio atžvilgiu sumažėjo, o augalų biomasė, palyginti su kontroliniu variantu, sumažėjo 11 %. Dovilė Žiaukienė ir kt., (2010) atliko *in vitro* rapsų tyrimus su 5 β-alanino dariniais. Lyginant su kontroliniu variantu tirtieji junginiai sumažino rapsų ūglio aukštį iki 28 %, šaknies ilgį – 48 %, augalo masę beveik 13 %, kai sėklos buvo daiginamo *Petri* lėkštelėse ant filtrionio popieriaus. Rezultatai visai pasikeitė, kai rapsų sėklos buvo auginamos ant agarizuotos terpės papildytos tiriamaisiais junginiais. Nustatyta, kad junginys N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-β-alanino natrio druska darė statistiškai patikimai teigiamą poveikį tiek hipokotilio, tiek ūglių augimui. Ūglių aukštį ir lapų kiekio augimą skatino mažesnės koncentracijos 1μM ir 0,1μM, o šaknies pailgėjimą – 100μM. Pastebėta, kad didesni nei 10μM koncentracijos tirpalai augalo augimą veikė neigiamai. Atlikti tyrimai su NAR *in vitro* sąlygomis auginant 8 veislių gūžinių kopūstų (*Brassica oleracea* var. *capitata*) ūglius ant MS terpės 4 savaites. Pastebėta, kad naudojant 5,37 μM NAR šaknų susidarymas pasiekia 86,6 – 100 %, priklausomai nuo veislės. Vidutinis šaknies ilgis siekė 43–47 mm. Be augimo reguliatorių po 10 dienų daiginimo gūžinių kopūstų daigumas svyravo nuo 94,4 % iki 52,7 %, o hipokotilio ilgis siekė 4–5 cm (Aneta Gerszberg, Katarzyna Hnatuszko-Konka, Tomasz Kowalczyk, 2015). Mokslininkai Emine S. Darcin, Ozer Kolsarici ir Mustafa Yildiz (2014) tirdami trijų rapsų veislių

augalų atsaką į augimo reguliatorius *in vitro* aplinkoje nustatė, kad įsišaknijimą labiausiai skatina ISR. Jų turimais duomenimis geriausias rezultatas (3,7 cm ilgio šaknys) pasiektas auginant *Brassica napus* ssp. *oleifera* L. cvs. „Spok“ ant MS terpės paildytos 4,3 mg/l ISR, tačiau dižiausias šaknų kiekis gautas naudojant 1,5 mg/l ISR.

3.2. 1 ir 9 junginių įtaka vasarinių rapsų augimui *in vivo*

Remiantis UAB „Dotnuva Baltic“ duomenimis, *„Land Mark“* yra švedų selekcininkų išvesta linijinė, vidutinio vėlyvumo ir labai derlinga rapsų veislė. Derlingiausias bandymas (4,14 t/ha) atliktas 2007 m.: 1 000 sėklų vidutinis svoris buvo 4,1 g, augalų vidutinis aukštis – 111 cm. Šie rapsai atsparūs išgulimui ir sėklų išbyrėjimui iš ankštarų. Veislė buvo populiariausia 2012 metais, todėl ji pasirinkta šio darbo tyrimams.

Lauko bandymai atlikti 2012–2014 metais. Pirmaisiais tyrimų metais naudotos junginių koncentracijos 25–150 mg/l, tačiau antraisiais ir trečiaisiais tyrimų metais atsisakyta mažiausios ir didžiausios koncentracijų, todėl tyrimai tęsti naudojant 50–125 mg/l koncentracijas.

Atsižvelgiant į tai, kad tyrimų laikotarpiu kito aplinkos temperatūra ir kritulių kiekis (26 lentelė), galima tikėtis, kad šie veiksniai turėjo įtakos tyrimų duomenims. 2012 metų drėgna vasaros pradžia galėjo turėti įtakos formuojantis didesniam kiekiui rapsų šakų ir ankštarų kiekiui. Pastebėta, kad šiltasis 2013 metų laikotarpis galėjo lemti mažesnį augalų aukštį, mažesnį ankštarų kiekį ant augalo. Šių metų tyrimuose užfiksuotas didesnis fenolinių junginių, flavanoidų kiekis, didesnė baltymų koncentracija rapsų sėklose, tačiau didžiausia įtaka matoma kontroliniams bandiniams. Tiriamaisiais metais nustatytas mažesnis palmitino, stearino rūgšties kiekis ir nežymiai didesnis oleino rūgšties kiekis rapsų sėklų aliejuje.

Pabrėžtina, kad nei vienų metų temperatūrų ir kritulių pokyčiai neturėjo didelės įtakos rapsų sėklų derliui.

26 lentelė. Kritulių ir temperatūros rodikliai 2012–2014 metų tyrimų metu

Metai	Birželis		Liepa		Rugpjūtis	
	Temperatūra, °C	Krituliai, mm	Temperatūra, °C	Krituliai, mm	Temperatūra, °C	Krituliai, mm
2012	17	100	21	70	17	75
2013	20	58	20	86	19	78
2014	16	56	22	39	19	112

Lauko bandymų metu buvo tiriami tokie biometriniai parametai kaip kaip augalų aukštis, šakų ir šoninių šakelių skaičius, ankštarų kiekis ant augalo, sėklų sakičius ankštaroje ir ankštarų ilgis, taip pat derliaus kiekis ir 1 000 sėklų svoris. Gauti duomenys pateikti 27–28 lentelėse.

27 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis vasarinių rapsų biometriniams rodikliams

Parametrai	Tyrimų metai	**1** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		Kontrolinis variantas	25	50	75	100	125	150
Augalų aukštis, cm	2012	130,7 ± 0,1	133,5 ± 0,1	129,5 ± 0,2	130,9 ± 0,2	127,6 ± 0,3	124,4 ± 0,2	130,9 ± 0,3
	2013	117,0 ± 0,2	-	116,1 ± 0,2	116,5 ± 0,5	117,0 ± 0,3	115,4 ± 0,3	-
	2014	120,3 ± 0,1	-	123,5 ± 5,5	127,0 ± 0,2	124,3 ± 0,2	125,5 ± 0,3	-
	Vid.	121,7 ± 0,6	-	122,2 ± 0,6	124,1 ± 0,7	122,4 ± 0,5	121,4 ± 0,6	-
Augalo šakų skaičius, vnt.	2012	5,4 ± 0,1	5,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,3 ± 0,0	5,8 ± 0,0	5,3 ± 0,0	5,4 ± 0,0
	2013	3,3 ± 0,1	-	3,0 ± 0,0	3,1 ± 0,0	2,9 ± 0,0	3,1 ± 0,0	-
	2014	3,1 ± 0,1	-	3,0 ± 0,1	3,4 ± 0,1	2,2 ± 0,0	3,4 ± 0,1	-
	Vid.	3,5 ± 0,1	-	3,6 ± 0,1	3,8 ± 0,1	3,4 ± 0,2	3,8 ± 0,1	-
Augalo šoninių šakelių skaičius, vnt.	2012	3,2 ± 0,1	3,7 ± 0,1	4,2 ± 0,1	4,9 ± 0,1	5,0 ± 0,0	5,4 ± 0,0	3,1 ± 0,0
	2013	2,2 ± 0,0	-	3,0 ± 0,0	3,5 ± 0,1	3,1 ± 0,1	4,0 ± 0,1	-
	2014	6,1 ± 0,1	-	6,7 ± 0,1	6,8 ± 0,2	8,1 ± 0,2	8,3 ± 0,2	-
	Vid.	3,9 ± 0,2	-	4,7 ± 0,2	5,1 ± 0,2	5,4 ± 0,3	6,0 ± 0,2	-
Ankštarų skaičius ant augalo, vnt.	2012	131,8 ± 0,1	118,0 ± 0,5	128,2 ± 0,3	129,7 ± 0,6	145,9 ± 0,2	141,4 ± 0,3	131,8 ± 0,1
	2013	57,2 ± 0,3	-	57,2 ± 0,1	61,1 ± 0,2	62,4 ± 0,2	63,6 ± 0,4	-
	2014	77,7 ± 0,3	-	85,2 ± 0,9	85,3 ± 1,0	82,8 ± 0,4	107,3±1,3	-
	Vid.	83,5 ± 3,1	-	85,5 ± 2,9	87,3 ± 2,9	90,9 ± 3,5	99,4 ± 3,3	-
Sėklų skaičius ankštaroje, vnt.	2012	19,4 ± 0,0	20,1 ± 0,1	21,3 ± 0,0	21,1 ± 0,1	19,8 ± 0,1	19,6 ± 0,0	20,2 ± 0,1
	2013	24,1 ± 0,1	-	26,4 ± 0,1	27,0 ± 0,1	27,0 ± 0,1	26,1 ± 0,1	-
	2014	23,8 ± 0,0	-	24,5 ± 0,0	24,3 ± 0,1	24,7 ± 0,1	25,7 ± 0,1	-
	Vid.	22,8 ± 0,2	-	24,4 ± 0,2	24,5 ± 0,3	24,3 ± 0,3	24,3 ± 0,3	-
Ankštarų ilgis, cm	2012	7,4 ± 0,0	7,4 ± 0,0	7,9 ± 0,1	7,4 ± 0,0	7,3 ± 0,0	7,5 ± 0,0	7,6 ± 0,1
	2013	7,3 ± 0,1	-	7,5 ± 0,0	7,5 ± 0,0	7,4 ± 0,0	7,3 ± 0,0	-
	2014	7,8 ± 0,0	-	8,1 ± 0,0	7,8 ± 0,0	7,9 ± 0,0	8,1 ± 0,0	-
	Vid.	7,5 ± 0,1	-	7,8 ± 0,0	7,6 ± 0,0	7,6 ± 0,0	7,6 ± 0,0	-

Pirmaisiais tyrimų metais augalų aukštis kito nuo 124,4 cm iki 133,5 cm, antraisiais tyrimų metais – nuo 115,4 cm iki 117 cm ir trečiaisiais – nuo 120,3 cm iki 127,0 cm (27 lentelė). Pastebėta, kad šiltesniais, tačiau sauseniais 2013 metais augalų aukštis buvo mažesnis lyginant su kitų metų tyrimų razultatais. Apibendrinant trejų metų tyrimų rezultatus, mažiausiu aukščiu pasižymėjo augalai, nupurkšti 125 mg/l **1** junginio tirpalu.

Augalo šakų skaičius (27 lentelė) pirmaisiais tyrimų metais kito nuo 5,3 iki 5,8 vnt. Didžiausias šakų skaičius nustatytas bandinyje, nupurkštame 100 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, ir tai buvo 7 % didesnis šakų skaičius, palyginti su kontroliniu variantu. Antraisiais tyrimų metais šoninių šakų kiekis buvo mažesnis, palyginti su pirmaisiais tyrimų metais, ir kontrolinio varianto nepralenkė. Trečiaisiais tyrimų metais šakų kiekis kito nuo 2,2 iki 3,4 vnt. Didžiausias šakų kiekis nustatytas bandinyje, nupurkštame su 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, ir tai buvo 10 % didesnis šakų kiekis, palyginti su kontroliniu variantu. Apibendrinant trejų metų rezultatus matyti, kad didžiausias šakų kiekis, 9 % didesnis nei kontroliniame bandyme, nustatytas naudojant 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą.

Augalo šoninių šakelių (27 lentelė) skaičius yra svarbus biometrinis parametras. Pirmaisiais tyrimų metais šakelių skaičius kito nuo 3,1 iki 5,4 vnt. Didžiausias vidutinis šoninių šakelių kiekis nustatytas rapsuose, nupurkštuose 125 mg/l **1** junginio tirpalu. Jis buvo 69 % didesnis, palyginti su kontroliniu variantu. Antraisiais tyrimų metais šoninių šakelių kiekis buvo mažesnis, palyginti su pirmaisiais tyrimų metais, bet didesnis nei kontroliniame bandyme. Trečiaisiais tyrimų metais šoninių šakelių kiekis kito nuo 6,1 iki 8,3 vnt. Didžiausias vidutinis šoninių šakelių kiekis nustatytas bandinyje, kuris buvo nupurkštas 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tiriamuoju tirpalu. Apibendrinant trejų metų rezultatus galima teigti, kad didžiausias šoninių šakelių skaičius ant rapsų augalų buvo nustatytas naudojant 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą. Vidutinis šoninių šakelių skaičius išaugo 54 %, palyginti su kontroliniu variantu. Pastebėta, kad 2014 metais, kai buvo šalta vasaros pradžia, o vėliau ir mažas kritulių kiekis augalai formavo didesnį šoninių šakelių kiekį lyginant su kitais tyrimų metais. Šaltesniu ir sauseniu laikotarpiu **1** junginys padeda suformuoti didesnį šoninių šaklių kiekį, lyginant su palankesniais augimui metais.

Po derliaus nuėmimo buvo fiksuojamas ankštarų kiekis ant augalo (27 lentelė). Vidutinis didžiausias ankštarų kiekis ant augalo pirmaisiais tyrimų metais buvo nustatytas bandinyje, nupurkštame 100 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, antraisiais ir trečiaisiais tyrimų metais, kai bandiniai buvo nupurkšti **1** junginio 125 mg/l koncentracijos tirpalu. Pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais ankštarų kiekis išaugo 11 %, palyginti su kontroliniu variantu, o trečiaisiais metais – net 38 %. Apibendrinant visų trejų metų tyrimų rezultatus matyti, kad vidutinis ankštarų kiekis kito nuo 83,5 iki 99,4 vnt. Didžiausias vidutinis ankštarų kiekis gautas augalus nupurškus 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu.

Pirmaisiais tyrimų metais ankštarų ilgis (27 lentelė) didėjo iki 6 %, antraisiais metais iki +3 % ir trečiaisiais metais iki +4 %, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis ankštarų ilgis (7,8 cm) nustatytas bandinyje, nupurkštame 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu.

Pirmaisiais, antraisiais ir trečiaisiais tyrimų metais bandiniuose vidutinis sėklų skaičius ankštaroje (27 lentelė) buvo fiksuojamas didesnis, palyginti su kontroliniu variantu. Pirmaisiais metais sėklų skaičius ankštaroje kito nuo +1 % iki 10 %, antraisiais – nuo +8 % iki 12 %, o trečiaisiais – nuo +2 % iki 8 %, palyginti su

kontroliniu variantu. Apibendrinant trejų metų tyrimų rezultatus galima daryti išvadą, kad didžiausias vidutinis sėklų skaičius ankštaroje (24,5 vnt.) nustatytas bandinyje, nupurkštame 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu.

Po derliaus nuėmino buvo nustatytas 1 000 sėklų svoris ir apskaičiuotas derliaus kiekis. Šie duomenys svarbūs nustatant, ar junginiai turi poveikį ne tik augalų augimui ir vystymuisi, bet ir vienam iš produktų – sėklų derliui. Duomenys pateikti 28 lentelėje.

Derlingumas ir sėklų svoris pateiktas jose esant 8 % drėgmės. Naudojant **1** junginio tirpalus rapsų sėklų derlius (28 lentelė) pirmaisiais metais siekė nuo 2,07 t/ha iki 2,44 t/ha, antraisiais tyrimų metais – nuo 2,01 t/ha iki 2,25 t/ha ir trečiaisiais metais – nuo 2,34 t/ha iki 2,55 t/ha. Pirmaisiais tyrimų metais rapsų sėklų derliaus kiekis didėjo nuo +19 % iki +40 %, palyginti su kontroliniu variantu, antraisiais metais – nuo +12 % iki 26 %, o trečiaisiais metais – nuo +4 % iki +9 %. Pagal trejų metų tyrimų rezultatus, didžiausias rapsų sėklų derlius gali būti išgaunamas rapsus purškiant 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Statistiškai patikimas derliaus padidėjimas ($p < 0,05$), lyginant visų trejų metų duomenis, gautas visuose bandiniuose. Derliaus kiekio padidėjimą **1** junginys labiausiai lėmė 2012–2013 metais, kada buvo palankesnės augimo sąlygos, tačiau 2013 metais, kai buvo šaltesnė ir sausenė pirmoji vasaros pusė, derliaus kiekis nuo kontrolinio varianto beveik nesiskyrė.

Didžiausias 1 000 sėklų svoris (4,17 g) (28 lentelė) nustatytas, kai bandinys buvo nupurkštas 25 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu pirmaisiais tyrimų metais. Antraisiais tyrimų metais 4,04 g sėklų svoris nustatytas, kai bandinys buvo nupurkštas 100 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, o trečiaisiais tyrimų metais 4,04 g sėklų svoris nustatytas panaudojus 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą.

28 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis vasarinių rapsų derliui

Parametrai	Tyrimų metai	**1** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Derlius, t/ha	2012	1,74 ± 0,06	2,07 ± 0,14	2,21 ± 0,05	2,11 ± 0,16	2,20 ± 0,05	2,41 ± 0,06	2,44 ± 0,12
	2013	1,79 ± 0,11	-	2,01 ± 0,06	2,19 ± 0,06	2,25 ± 0,12	2,20 ± 0,02	-
	2014	2,34 ± 0,07	-	2,44 ± 0,04	2,48 ± 0,02	2,43 ± 0,06	2,55 ± 0,04	-
	Vid.	1,94 ± 0,18	-	2,22 ± 0,11	2,25 ± 0,15	2,28 ± 0,09	2,39 ± 0,10	-
1 000 sėklų svoris, g	2012	3,94 ± 0,03	4,17 ± 0,02	4,02 ± 0,02	3,81 ± 0,03	3,96 ± 0,02	3,85 ± 0,03	3,94 ± 0,04
	2013	3,94 ± 0,01	-	4,03 ± 0,03	4,03 ± 0,01	4,04 ± 0,03	4,01 ± 0,02	-
	2014	4,01 ± 0,03	-	3,97 ± 0,03	4,02 ± 0,03	4,01 ± 0,02	4,04 ± 0,02	-
	Vid.	3,96 ± 0,03	-	4,01 ± 0,02	3,94 ± 0,03	4,00 ± 0,02	3,96 ± 0,03	-

Analogiški tyrimai atlikti lauko sąlygomis ir su **9** junginiu. Gauti rezultatai pateikti 29–30 lentelėse.

Pirmaisiais tyrimų metais augalų aukštis (29 lentelė) kito nuo 126,6 cm iki 135,2 cm, antraisiais tyrimų metais – nuo 110 cm iki 117,8 cm ir trečiaisiais – nuo

120,3 cm iki 125,6 cm. Apibendrinant trejų metų tyrimų rezultatus, mažiausiu aukščiu pasižymėjo augalai, nupurkšti 125 mg/l **9** junginio tirpalu. Pastebėta, kad šiltesniais, tačiau sauseniais 2013 metais augalų aukštis buvo mažesnis lyginant su kitų metų tyrimų razultatais.

Augalo šakų kiekis (29 lentelė) pirmaisiais tyrimų metais kito nuo 5,0 iki 5,7 vnt. Didžiausias šakų skaičius nustatytas bandinyje, nupurkštame 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu, ir tai buvo 5,6 % didesnis šakų kiekis, palyginti su kontroliniu variantu. Antraisiais tyrimų metais šoninių šakų kiekis buvo mažesnis, palyginti su pirmaisiais tyrimų metais, ir kontrolinio bandinio nepralenkė. Trečiaisiais tyrimų metais šakų kiekis kito nuo 2,9 iki 3,4 vnt. Didžiausias šakų kiekis nustatytas bandinyje, nupurkštame su 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu, ir tai buvo 6,5 % didesnis šakų kiekis, palyginti su kontroliniu variantu. Apibendrinant trejų metų rezultatus, didžiausias šakų kiekis nustatytas naudojant 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą, ir tai buvo 11,4 % didesnis šakų kiekis, palyginti su kontroliniu variantu.

Augalo šoninių šakelių skaičius yra svarbus biometrinis parametras. Pirmaisiais tyrimų metais šakelių skaičius (29 lentelė) kito nuo 3,2 iki 5,5 vnt. Didžiausias vidutinis šoninių šakelių kiekis nustatytas rapsuose, kurie buvo nupurkšti 50 mg/l **9** junginio tirpalu, ir tai buvo 72 % didesnis šoninių šakelių kiekis, palyginti su kontroliniu variantu. Antraisiais tyrimų metais šoninių šakelių kiekis buvo mažesnis, palyginti su pirmaisiais tyrimų metais, bet daugelyje bandinių didesnis, palyginti su kontroliniu variantu. Trečiaisiais tyrimų metais šoninių šakelių kiekis kito nuo 5,9 iki 8,4 vnt., didžiausias vidutinis šoninių šakelių kiekis nustatytas bandinyje, kuris buvo nupurkštas 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tiriamuoju tirpalu. Apibendrinant trejų metų rezultatus, didžiausias šoninių šakelių skaičius ant rapsų augalų buvo nustatytas naudojant 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą. Vidutinis šoninių šakelių skaičius padidėjo 46 %, palyginti su kontroliniu variantu.

Po derliaus nuėmimo buvo fiksuojamas ankštarų kiekis ant augalo. Vidutinis didžiausias ankštarų kiekis (29 lentelė) ant augalo pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais buvo nustatytas bandinyje, nupurkštame 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu, o trečiaisiais tyrimų metais, kai bandiniai buvo nupurkšti 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Pirmaisiais tyrimų metais ankštarų kiekis padidėjo 15 %, palyginti su kontroliniu variantu, antraisiais – tik 4 %, o trečiaisiais – net 27 %. Apibendrinant visų trejų metų tyrimų rezultatus, vidutinis ankštarų kiekis kito nuo 82,0 iki 92,4 vnt. Didžiausias vidutinis ankštarų kiekis gaunamas bandinius nupurškus 50 mg/l koncentracijos **9** junginio irpalu.

Pirmaisiais tyrimų metais ankštarų ilgis (29 lentelė) didėjo iki +3 %, antraisiais metais iki +4 % ir trečiaisiais iki +1 %, palyginti su kontroliniu variantu. Didžiausias vidutinis ankštarų ilgis (7,7 cm) nustatytas bandinyje, nupurkštame 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu.

Pirmaisiais, antraisiais ir trečiaisiais tyrimų metais bandiniuose vidutinis sėklų skaičius ankštaroje (29 lentelė) buvo fiksuojamas didesnis, palyginti su kontroliniu variantu. Pirmaisiais metais sėklų skaičius ankštaroje kito nuo +2 % iki 4 %, antraisiais metais –nuo +7 % iki 10 %, o trečiaisiais – nuo +2 % iki 3 %, palyginti su

kontroliniu variantu. Apibendrinant trejų tyrimų metų rezultatus, didžiausias vidutinis sėklų skaičius ankštaroje (24,2 vnt.) nustatytas bandinyje, nupurkštame 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu.

29 lentelė. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis vasarinių rapsų biometriniams rodikliams

Parametrai	Tyrimų metai	**9** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Augalų aukštis, cm	2012	130,7 ± 0,2	130,2 ± 0,7	134,2 ± 1,3	135,2 ± 0,4	134,9 ± 0,0	126,6 ± 1,7	131,5 ± 0,3
	2013	117,0 ± 0,4	-	117,6 ± 1,2	110,4 ± 0,6	117,8 ± 1,5	110,0 ± 0,8	-
	2014	120,3 ± 0,2	-	125,6 ± 0,4	123,6 ± 1,3	120,9 ± 1,0	123,9 ± 1,0	-
	Vid.	121,7 ± 1,3	-	124,7 ± 1,8	121,5 ± 2,4	123,2 ± 1,9	119,4 ± 2,1	-
Augalo šakų skaičius, vnt.	2012	5,4 ± 0,0	5,6 ± 0,1	5,6 ± 0,0	5,1 ± 0,0	5,7 ± 0,0	5,5 ± 0,1	5,0 ± 0,0
	2013	3,3 ± 0,1	-	3,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	-
	2014	3,1 ± 0,2	-	2,9 ± 0,1	3,0 ± 0,1	3,3 ± 0,1	3,1 ± 0,1	-
	Vid.	3,5 ± 0,2	-	3,6 ± 0,3	3,5 ± 0,2	3,9 ± 0,3	3,7 ± 0,2	-
Augalo šoninių šakelių skaičius, vnt.	2012	3,2 ± 0,1	4,1 ± 0,0	5,5 ± 0,1	3,5 ± 0,0	5,4 ± 0,0	4,4 ± 0,1	4,4 ± 0,2
	2013	2,2 ± 0,0	-	3,4 ± 0,1	2,0 ± 0,0	3,0 ± 0,4	2,9 ± 0,1	-
	2014	6,1 ± 0,2	-	8,1 ± 0,4	6,7 ± 0,2	5,9 ± 0,3	8,4 ± 0,2	-
	Vid.	3,9 ± 0,4	-	5,7 ± 0,5	4,1 ± 0,5	4,7 ± 0,4	5,3 ± 0,6	-
Ankštarų skaičius ant augalo, vnt.	2012	131,8 ± 0,3	135,3 ± 0,9	133,4 ± 0,3	138,0 ± 0,5	151,5 ± 1,0	138,3 ± 0,6	135,9 ± 0,6
	2013	57,2 ± 0,6	-	58,9 ± 0,6	44,2 ± 0,6	59,7 ± 1,0	53,5 ± 0,3	-
	2014	77,7 ± 0,6	-	98,5 ± 2,9	82,4 ± 2,9	82,5 ± 0,5	93,8 ± 0,6	-
	Vid.	83,5 ± 7,0	-	92,4 ± 7,1	82,0 ± 8,8	91,2 ± 8,6	89,8 ± 7,8	-
Sėklų skaičius ankštaroje, vnt.	2012	19,4 ± 0,0	20,4 ± 0,1	20,0 ± 0,1	20,2 ± 0,2	20,2 ± 0,0	19,7 ± 0,1	21,0 ± 0,0
	2013	24,1 ± 0,1	-	26,6 ± 0,2	25,7 ± 0,1	26,6 ± 0,1	26,0 ± 0,2	-
	2014	23,8 ± 0,0	-	24,4 ± 0,1	24,3 ± 0,2	24,4 ± 0,1	24,6 ± 0,3	-
	Vid.	22,8 ± 0,5	-	24,1 ± 0,6	23,8 ± 0,6	24,2 ± 0,6	23,9 ± 0,6	-
Ankštarų ilgis, cm.	2012	7,4 ± 0,0	7,5 ± 0,1	7,3 ± 0,0	7,5 ± 0,0	7,5 ± 0,0	7,6 ± 0,0	7,4 ± 0,0
	2013	7,3 ± 0,0	-	7,6 ± 0,0	7,4 ± 0,0	7,5 ± 0,0	7,4 ± 0,0	-
	2014	7,8 ± 0,0	-	7,9 ± 0,0	7,8 ± 0,0	7,8 ± 0,0	7,8 ± 0,1	-
	Vid.	7,5 ± 0,1	-	7,7 ± 0,1	7,6 ± 0,1	7,6 ± 0,0	7,6 ± 0,1	-

Palyginus **1** ir **9** junginių trijų metų tyrimų rezultatus rezultatus nustatyta kad, didesnį šakų skaičių išaugindavo rapsai, nupurkšti **9** junginio tirpalu, ir reikėjo šio

junginio mažesnės koncentracijos, palyginti su **1** junginio koncentracija, kurią naudojant buvo pasiekti geresni rezultatai. **1** junginiu nupurkšti rapsai prieš žydėjimą išaugino didesnį šoninių šakelių kiekį, tačiau šio junginio reikia panaudoti 2,5 karto daugiau norint vidutiniškai gauti vos 5% didesnį šoninių šakelių skaičių. Taip pat augalai suformavo daugiau ankštarų ant augalo, tačiau **1** junginio reikia panaudoti 2,5 karto daugiau norint gauti vidutiniškai 7,6 % didesnį ankštarų kiekį. Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus tiek **1** junginys, tiek **9** junginys neturėjo poveikio ankštarų ilgiui. Ankštarų ilgis tirtuose bandiniuose kito labai nežymiai, o daugeliu atveju buvo lygus kontrolinio bandinio ankštarų ilgiui. Taip pat pagat trijų tyrimų metų rezultatus nežymiai, tačiau didesnį sėklų skaičių ankštarose galima gauti rapsus prieš žydėjimą paveikus **1** junginiu.

Kitų mokslininkų tyrimų rezultatai labai panašūs į šio tyrimo rezultatus. Tyrimai atlikti su N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-*β*-alanino natrio druska (380 μM) padidino vasarinių rapsų rapsų augalo šakų kiekį nuo +2 % iki +13 %, ankštarų kiekį – nuo +3 % iki +75 %, sėklų skaičių ankštaroje – nuo +2,5 % iki +5,3 % lyginant su kontroliniu variantu (D. Žiaukienė ir kt., 2010). Kinga Matysiak ir Sylwia Kaczmarek (2013) atliko tyrimus su chlorocholino chloridu (550 g/ha) ir tiazolais – tebukonazolu (250 g/ha) ir flusilazolu (450 g/ha). Nustatyta kad rapsų augalų aukštį 6,3 % sumažina chlorocholino chloridas, o flusilazolas padidina 4,9 %. Ankštarų kiekį ant augalo 21,5 % padidino tebukonazolas. L. Miliuvienei ir L. Novickienei (2004) naudojant giberelino sintezės inhibitorių 17-DMC (250 g/ha) pavyko padidinti pagrindinių šakų kiekį 19 %, antrinių šakų skaičių 21 % ir ankštarų kiekį 19 %. M. Ijaz ir kt. (2015) atliktų tyrimų metu nustatyta, kad rapsų augalų aukštį 2,4 % galima sumažinti naudojant „Ortiva“ (azoksistrobinas 250 g/l), o didžiausią aukščio prieaugį 25 % galima gauti naudojant „Folicur“ + „Prolinas“.

30 lentelė. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis vasarinių rapsų derliui

Parametrai	Tyrimų metai	**9** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Derlius, t/ha	2012	1,74 ± 0,06	2,25 ± 0,10	2,16 ± 0,10	2,18 ± 0,08	2,36 ± 0,08	2,10 ± 0,14	1,74 ± 0,04
	2013	1,79 ± 0,11	-	2,07 ± 0,03	1,59 ± 0,04	2,10 ± 0,08	1,95 ± 0,08	-
	2014	2,34 ± 0,07	-	2,33 ± 0,07	2,54 ± 0,08	2,54 ± 0,02	2,52 ± 0,02	-
	Vid.	1,94 ± 0,18	-	2,18 ± 0,10	2,11 ± 0,23	2,34 ± 0,12	2,18 ± 0,17	-
1000 sėklų svoris, g	2012	3,94 ± 0,04	4,12 ± 0,02	3,97 ± 0,05	4,07 ± 0,01	4,06 ± 0,02	4,19 ± 0,02	4,02 ± 0,03
	2013	3,94 ± 0,02	-	3,99 ± 0,02	4,23 ± 0,03	4,00 ± 0,04	4,25 ± 0,02	-
	2014	4,01 ± 0,04	-	4,09 ± 0,03	4,12 ± 0,03	4,00 ± 0,01	4,12 ± 0,01	-
	Vid.	3,96 ± 0,03	-	4,01 ± 0,04	4,14 ± 0,03	4,03 ± 0,02	4,19 ± 0,02	-

Naudojant **9** junginio tirpalus rapsų sėklų derlius (30 lentelė) pirmaisiais metais siekė nuo 2,10 t/ha iki 2,36 t/ha, antraisiais tyrimų metais – nuo 1,59 t/ha iki 2,10 t/ha ir trečiaisiais – nuo 2,33 t/ha iki 2,54 t/ha. Pirmaisiais tyrimų metais rapsų sėklų derliaus kiekis kito nuo +21 % iki +36 %, palyginus su kontroliniu variantu,

antraisiais metais – nuo -11 % iki 17 %, o trečiaisiais – nuo 0,4 % iki +9 %. Pagal trejų metų tyrimų rezultatus, didžiausias rapsų sėklų derlius gali būti išgaunamas rapsus purškiant 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) derliaus padidėjimas, lyginant trejų metų rezultatus, gautas naudojant 50 ir 100 mg/l koncentracijos tirpalus.

Didžiausias 1 000 sėklų svoris (4,19 g ir 4,25 g) (žr. 30 lentelę) nustatytas, kai bandinys buvo nupurkštas 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais. Trečiaisiais tyrimų metais 4,12 g sėklų svoris nustatytas panaudojus 75 mg/l ir 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą. Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) 1 000 sėklų svorio padidėjimas, lyginant trejų metų rezultatus, gautas naudojant 75 ir 125 mg/l koncentracijos tirpalus.

Palyginus **1** ir **9** junginių trijų tyrimų metų rezultatus ir abiejų junginių panaudojimą buvo pasiektas toks pats didžiausias +9 % rapsų sėklų derliaus augimas. Tokiam rezultatui pasiekti geriau naudoti **9** junginį, nes jo prieš rapsų žydėjimą purškimui naudojama mažesnė koncentracija, tačiau **1** junginys visais tyrimų metais skatino didesnį derliaus augimą, palyginti su kontroliniu variantu.

Šio tyrimo rezultatai buvo daugeliu atvejų geresni lyginant su kitų mokslinkų pateikatais rezultatais. E. Jakienė (2013) savo tyrimuose užfiksavo vasarinių rapsų sėklų derliaus padidėjimą 3,5–4,9 %, kai vasariniai rapsai prieš žydėjimą buvo papildomai nupurkšti trąšų ir aminorūgščių preparatais. Staugaitis ir Laurė (2007) savo tyrimuose užfiksavo 5,2–6,5 % sėklų derliaus padidėjimą naudojant įvairias lapų trąšas. Tyrėjai D. Žiaukienė ir kt. (2010) naudodami N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-*β*-alanino natrio druską vasarinių rapsų purškimui 1 000 sėklų svorį padidino iki 9,4 %. Pastebėta ir tai, kad naudojant šį junginį kartu su mikroelementinėmis trąšomis (ARVI mikro) vidutinis sėklų skaičius ankštaroje lieka nepakitęs lyginant su kontroliniu variantu. Anot tyrėjos Zita Brazienės ir kt. (2012) vasarinių rapsų purškimu naudojant N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-*β*-alanino natrio druską rapsų sėklų derlius kito nuo -7 % iki +13 %, geresnis rezultatas gautas šią druską naudojant kartu su ARVI mikrodruskomis. Šiuo atveju rapsų sėklų derlius padidėjo 15,2 %. Panašus rapsų derliaus padidėjimas (~ 10 %) buvo gautas mokslininkų Miliuvienės ir Novickienės (2004) naudojant giberelino sintezės inhibitorių dimetilmorfolino chlorido darinį 17-DMC ir mokslininkų Natalia Pits ir kt., (2008) naudojant junginį metkonazolį. Naudojant 17-DMC (500 g/ha) 1 000 sėklų masė išaugo 6 %. Naudojant 17-DMC (500 g/ha) pavyko pasiekti didžiausią derliaus prieaugį 0,37 t/ha. V. Gavelienė ir kt., (2005) atlikę žieminių rapsų tyrimus su auksinų analogais TA-12 (417 g/ha) ir TA-14 (369 g/ha) nustatė, kad derliaus kiekį galima padidinti atitinkamai 0,45 t/ha ir 0,64 t/ha arba 12,7 % ir 18,1 %. Vokietijoje vykdyti tyrimai su žieminiais rapsais, juos purškiant fungicidais kombinuotais su augimo reguliatoriais. Naudoti strobulino preparatai „Ortiva“ (azoksistrobinas 250 g/l) ir „Cantus“ (boskalidas 500 g/kg) kartu su tiazolo fungicidais „Toprex“ (difenokonazolas 250 g/l + paklobutazolas 125 g/l) ir „Caramba“ (metkonazolas 60 g/l). Šiuos tyrimus atlikę mokslininkai Ijaz ir kt. (2015) nustatė, kad sėklų derliaus kiekį galima padidinti iki 19,4 % naudojant preparatų kombinacijas „Caramba“ + „Cantus“ ir „Toprex“ + „Ortiva“. 1 000 sėklų

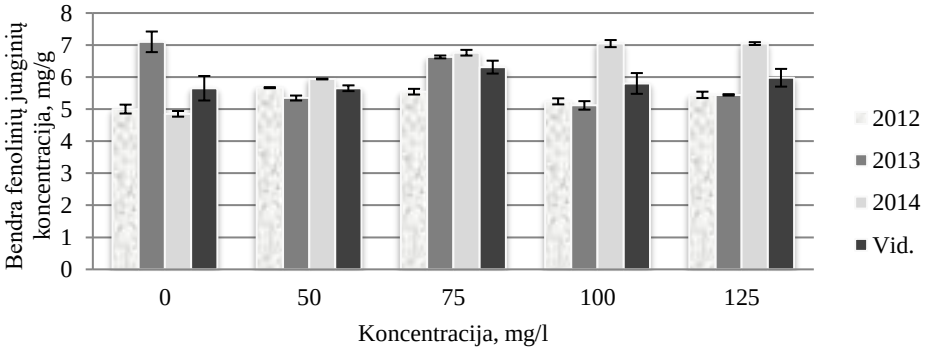
svorį jiems pavyko padidinti nuo 3,77 g iki 4,26 g naudojant kombinaciją „Caramba“ + „Cantus“. K. Matysiak ir S. Kaczmarek (2013) atliktų tyrimų metu užfiksuotas 9,4 % 1 000 sėklų svorio ir 16 % derliaus padidėjimas naudojant flusilazolą, tačiau naudojant chorocholino chloridą derlius sumažėjo 0,7 %.

Įprastai 1 kilogramą rapsų sėklų sudaro 250 000–300 000 vnt. rapsų sėklų (G. Buzau, 1991). Rapsus paveikus tirtaisiais junginiais po derliaus nuėmimo 1 kilograme rapsų sėklų vidutiniškai fiksuojama apie 238 000–253 000 vnt. rapsų sėklų. Galima daryti išvadą, kad **1** ir **9** junginiai padeda susiformuoti stambesnėms rapsų sėkloms.

3.3. Augimo reguliatorių įtaka rapsų sėklų sudėčiai

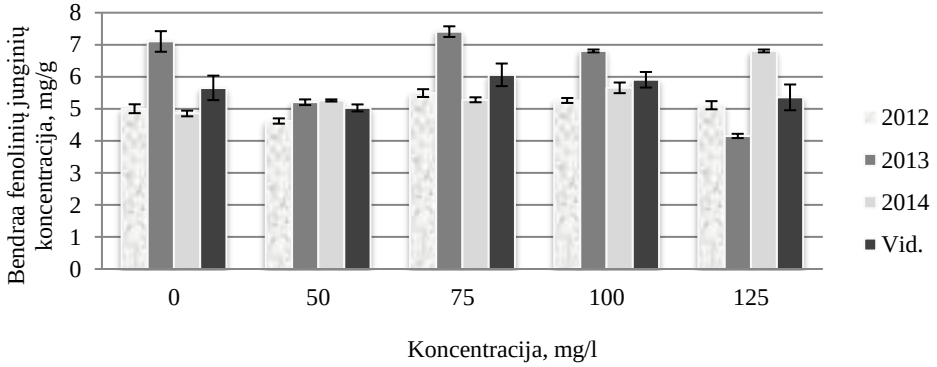
Rapsų sėklose yra daug lengvai prieinamų natūralių antioksidantų, tokių kaip polifenoliai (sinapsio rūgšties dariniai yra dominuojantys fenoliai), tokoferoliai (α-tokoferolis, γ-tokoferolis ir plastochromanolis-8), steroliai (daugiausia sitosterolis, brasikasterolis, stigmasterolis), karotinoidai ir fosfolipidai. Fenolinių medžiagų kiekis yra svarbus veiksnys nustatant rapsų sėklų antioksidantinį aktyvumą / pajėgumą (Aleksandra Szydlowska-Czerniak ir Agnieszka Tulodziecka, 2014). Bendra fenolinių junginių koncentracija įvairiuose baltyminiuose rapsų produktuose, iš kurių pašalinti riebalai, kinta nuo 13,3 iki 18,4 mg/g, o rapsų išspaudose, iš kurių nepašalinti riebalai, – nuo 6,2 iki 12,8 mg/g (F. Shahidi ir M. Naczk, 2003).

Pirmaisiais tyrimų metais bendra fenolinių junginių koncentracija rapsų sėklose (42 pav.) kito nuo 4,3 mg/g (purškimui naudojant 25 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą) iki 5,7 mg/g (purškimui naudojant 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą), antraisiais tyrimų metais – nuo 5,1 mg/g (purškimui naudojant 100 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą) iki 7,1 mg/g kontroliniame bandinyje, trečiaisiais – nuo 4,9 mg/g kontroliniame bandinyje iki 7,0 mg/g (purškimui naudojant 100 ir 125 mg/l koncentracijų **1** junginio tirpalus). Apibendrinant trejų metų rezultatus, vidutinė fenolinių junginių koncentracija kito nuo 5,7 mg/g kontroliniame variante ir iki 6,3 mg/g bandinyje, gautame rapsus nupurškus 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu.



42 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis fenolinių junginių koncentracijai vasarinių rapsų sėklose

Pirmaisiais tyrimų metais bendra fenolinių junginių koncentracija rapsų sėklose (43 pav.) kito nuo 4,6 mg/g (purškimui naudojant 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą) iki 5,5 mg/g (purškimui naudojant 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą), antraisiais tyrimų metais – nuo 4,2 mg/g (purškimui naudojant 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą) iki 7,4 mg/g (purškimui naudojant 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą), trečiaisiais – nuo 4,9 mg/g kontroliniame bandinyje iki 6,8 mg/g (purškimui naudojant 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą). Apibendrinant trejų metų rezultatus vidutinė fenolinių junginių koncentracija kito nuo 5,0 mg/g (purškimui naudojant 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą iki 6,1 mg/g (purškimui naudojant 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą).



43 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis fenolinių junginių koncentracijai vasarinių rapsų sėklose

Lyginant **1** ir **9** junginių poveikį fenolinių junginių koncentracijai rapsų sėklose pastebėta, kad didžiausi jų kiekiai sukaupiami, kai rapsai prieš žydėjimą būdavo nupurškiami 50–75 mg/l koncentracijų tiriamųjų junginių tirpalais. Remiantis trejų metų tyrimų rezultatais galima teigti, kad didesnė fenolinių junginių koncentracija rapsų sėklose nustatyta bandiniuose, kurie prieš rapsų žydėjimą buvo nupurkšti **1** junginio tiriamųjų koncentracijų tirpalais.

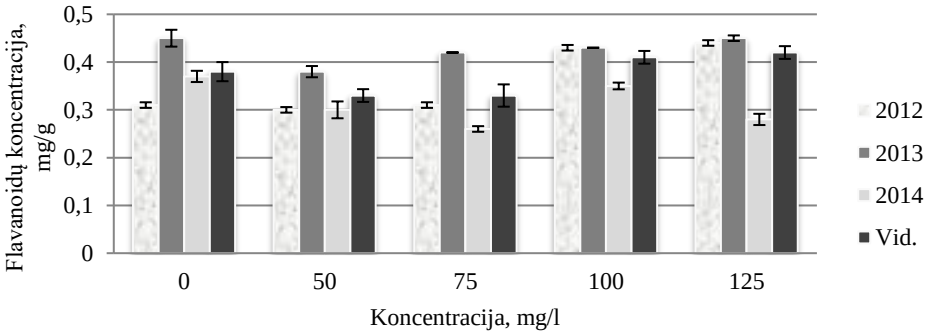
Rabie Khattab ir kt. (2010) ištyrė europines rapsų veisles ir nustatė, kad bendra fenolinių junginių koncentracija rapsų sėklose varijuoja nuo 16,16 iki 22,54 mg/g. Savo darbe taip pat pateikia kitų autorių duomenis, kurie nurodo, kad fenolinių junginių koncentracija gali kisti nuo 15,42 iki 18,07 mg/g. Bendras fenolinių junginių koncentracijos pokytis gali būti siejamas su veisle, auginimo sąlygomis ir subrendimo laipsniu. Mokslininkai S. Mayengbam ir kt. (2014) tyrė hibridinę rapsų veislę ir nustatė, kad vidutinė fenolinių junginių koncentracija rapsų sėklose yra 10,6 mg/g.

Antioksidantais sėklose laikomi tokie junginiai kaip flavonoidai, askorbo rūgštis, karotenoidai ir kt. Pirmaisiais tyrimų metais flavonoidų koncentracija (44 pav.) rapsų sėklose kito nuo 0,3 mg/g (naudojant 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą) iki 0,45 mg/g (naudojant 150 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą), antraisiais tyrimų metais – nuo 0,38 mg/g (naudojant 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą) iki 0,45 mg/g (naudojant 125 mg/l koncentracijos **1** junginio

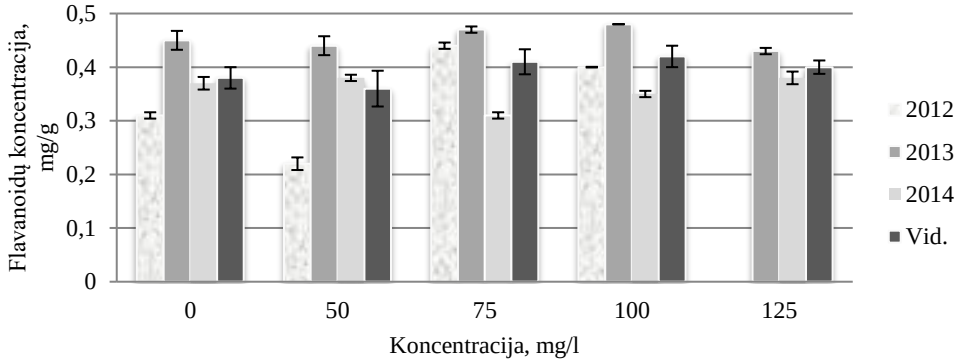
tirpalą), trečiaisiais – nuo 0,26 mg/g (naudojant 75 mg/l koncentracijos junginio **1** tirpalą) iki 0,37 mg/g (kontroliniame bandinyje). Apibendrinant trejų metų rezultatus, flavonoidų koncentracija vidutiniškai kito nuo 0,33 mg/g (naudojant 50–75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą) iki 0,42 mg/g (naudojant 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą). Didžiausia flavonoidų koncentracija pasižymėjo rapsų sėklos, gautos iš augalų, nupurkštų prieš žydėjimą **1** junginio 125 mg/l koncentracijos tirpalu.

Buvo tirtas **9** junginio poveikis flavonoidų koncentracijai rapsų sėklose (45 pav.). Pirmaisiais tyrimų metais flavonoidų koncentracija rapsų sėklose kito nuo 0,22 mg/g (naudojant 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą) iki 0,44 mg/g (naudojant 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą), antraisiais tyrimų metais – nuo 0,43 mg/g (naudojant 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą) iki 0,48 mg/g (naudojant 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą), trečiaisiais – nuo 0,31 (naudojant 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą) iki 0,38 (naudojant 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą). Apibendrinant trejų metų rezultatus, flavonoidų koncentracija vidutiniškai kito nuo 0,36 mg/g (naudojant 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą) iki 0,42 mg/g (naudojant 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą). Didžiausia flavonoidų koncentracija pasižymėjo rapsų sėklos, surinktos iš augalų, nupurkštų prieš žydėjimą **9** junginio 100 mg/l koncentracijos tirpalu.

Apžvelgiant trejų tyrimų metų rezultatus, abu junginiai – tiek **1**, tiek **9** – inicijavo didesnės flavonoidų koncentracijos susidarymą rapsų sėklose. Nors flavonoidų koncentracija rapsų sėklose, lyginant abu junginius, kito nežymiai, tačiau tokia pat flavonoidų koncentracija gaunama panaudojant mažesnį **9** junginio koncentracijos tirpalą prieš rapsų žydėjimą.



44 pav. Įvairių koncentracijų 1 junginio poveikis flavonoidų koncentracijai vasarinių rapsų sėklose



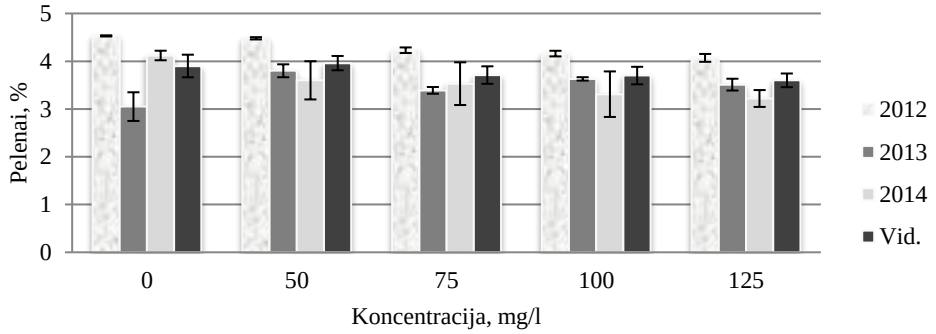
45 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis flavonoidų koncentracijai vasarinių rapsų sėklose

Tiriant fenolinių junginių ir flavonoidų koncentraciją rapsų sėklose buvo nustatyta šių dviejų grupių tarpusavio koreliacija. Nustatyta, kad stipri teigiama ir patikima ($p < 0,05$) koreliacija tarp fenolinių junginių ir flavonoidų koncentracijų rapsų sėklose buvo kontroliniame bandinyje ir bandinyje, nupurkštame 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Stipri neigiama ir patikima ($p < 0,01$) koreliacija tarp fenolinių junginių ir flavonoidų koncentracijų rapsų sėklose buvo bandiniuose, nupurkštuose su 50, 100 ir 125 mg/l koncentracijų **1** junginio tirpalais ir bandinyje, nupurkštame su 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu.

Gliukozinolatų koncentracija rapsų sėklose buvo ištirta spektrofotometriškai. Remiantis trijų metų rapsų sėklų bandinių tyrimais nustatyta, kad daugiausia gliukozinolatų susikaupė rapsų sėklose kontroliniame variante ir vidutiniškai buvo 27,1 µmol/g. Bandiniuose, gautuose rapsus nupurškus tiriamaisiais **1** ir **9** junginiais, gliukozinolatų koncentracija buvo šiek tiek mažesnė negu kontroliniame variante ir kito nuo 25,8 µmol/g iki 26,7 µmol/g arba sumažėjo 1,3 %–0,4 %. Lyginant su E. Jakienės (2013) atliktais tyrimais 2009–2011 metais, gautas didesnis gliukozinolatų koncentracijos sumažėjimas. Japonijoje atliktuose lauko tyrimuose, kai tręšimui buvo naudota 7,2 g/m^2 N, 6,0 g/m^2 P_2O_5, 6,0 g/m^2 K_2O ir žydėjimo metu papildomai 4,0 g/m^2 N, gliukozinolatų koncentracija rapsų sėklose kito nuo 39,94 iki 53,01 µmol/g skirtingais auginimo metais (Satoko Yasumoto ir kt., 2010). Mokslininkai Faizan Ullah, Asghari Bano ir Asia Nosheen (2012) tyrė augimo reguliatorių salicilo rūgšties ir putrescino įtaką rapsų sėklų cheminei sudėčiai esant sausros stresui. Sausros stresas sukėlė gliukozinolatų kaupimąsi rapsų sėklose. Tyrimus atliekant su rapsų veisle „Dunkel“ ir esant druskingumo stresui, taip pat panaudojus putresciną, gliukozinolatų koncentracija rapsų sėklose sumažėjo iki ~30 µmol/g, kai tuo pačiu metu kontroliniame variante jis buvo ~48 µmol/g. Tuo tarpu rapsų veislėje „Rainbow“ gliukozinolatų koncentraciją pavyko sumažinti panaudojus salicilo rūgštį esant druskingumo stresui. Šiuo atveju gliukozinolatų koncentracija buvo artima kontroliniam variantui, o lyginant su druskingumo streso paveiktais rapsais sumažėja trečdaliu.

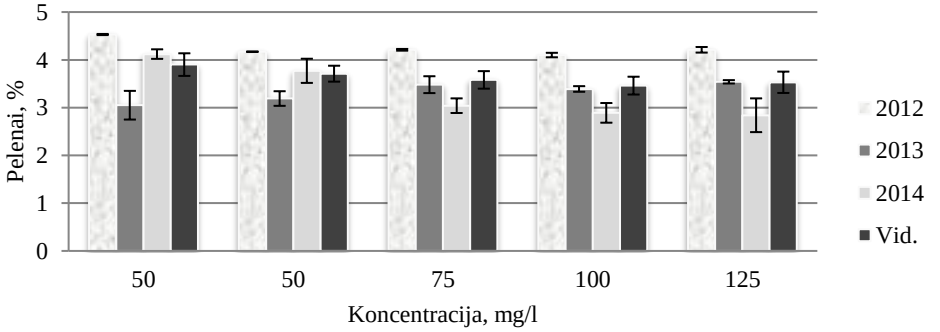
Prieš žydėjimą rapsai buvo nupurkšti **1** ir **9** junginiais, o po rapsų derliaus nuėmimo ištirtas rapsų sėklų peleningumas.

Rapsų sėklų peleningumas (46 pav.) pirmaisiais tyrimų metais kito nuo 4,53 % iki 4,07 %, antraisiais tyrimų metais – nuo 3,80 % iki 3,05 % ir trečiaisiais – nuo 3,22 % iki 4,12 %. Mažiausias peleningumas (4,07 % ir 3,22 %) buvo nustatytas rapsų sėklose, kurios gautos nupurškus rapsus 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu pirmaisiais ir trečiaisiais tyrimų metais ir 3,05 % kontroliniame bandinyje antraisiais tyrimų metais. Apibendrinant trejų metų tyrimų rezultatus nustatyta, kad mažiausiu peleningumu pasižymėjo rapsų sėklos, gautos nupurškus rapsus 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu.



46 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis pelenų kiekiui vasarinių rapsų sėklose

Rapsų sėklų peleningumas (47 pav.) pirmaisiais tyrimų metais kito nuo 4,53 % iki 4,10 %, antraisiais – nuo 3,54 % iki 3,05 % ir trečiaisiais – nuo 4,12 % iki 2,89 %. Mažiausias peleningumas (4,10 % ir 2,89 %) buvo nustatytas rapsų sėklose, gautose nupurškus rapsus 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu pirmaisiais ir trečiaisiais tyrimų metais ir 3,05 % kontroliniame bandinyje antraisiais tyrimų metais. Apibendrinant trejų metų tyrimų rezultatus matyti, kad mažiausiu peleningumu pasižymėjo rapsų sėklos, gautos nupurškus rapsus 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu.



47 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis pelenų kiekiui vasarinių rapsų sėklose

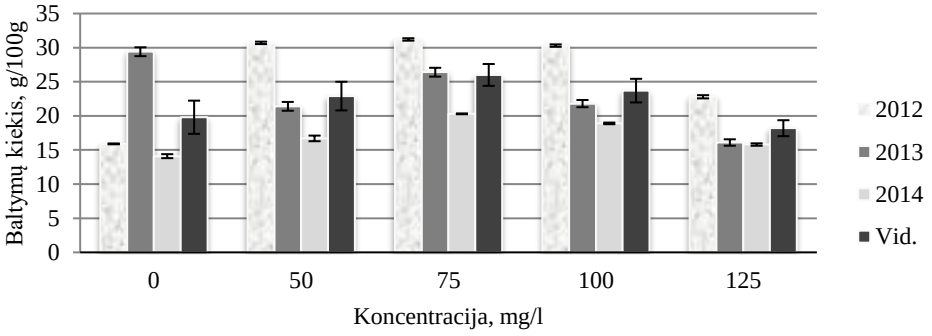
Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus ir **1** ir **9** junginių poveikį rapsų sėklų peleningumui nustatyta, kad abu junginiai nulėmė mažesnį rapsų sėklų peleningumą. Geresni rezultatai gauti panaudojus **9** junginį. Šio junginio reikėjo mažesnės

koncentracijos tirpalo, kad būtų gautas mažesnis rapsų sėklų peleningumas, palyginti su **1** junginio panaudojimu.

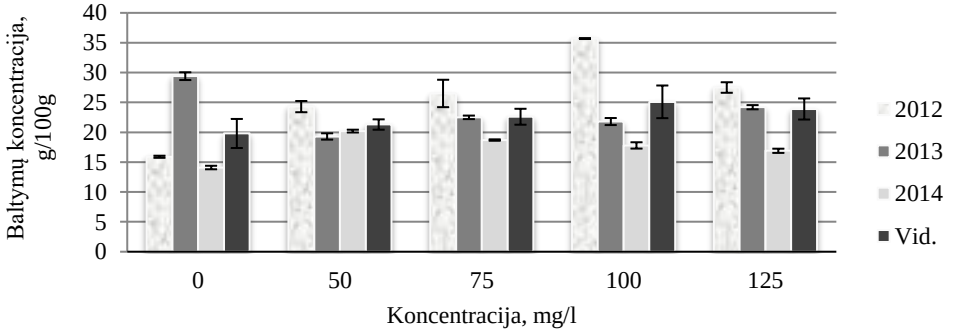
Prieš žydėjimą nupurškus rapsus **1** junginio skirtingų koncentracijų tirpalais gautose rapsų sėklose baltymų koncentracija (48 pav.) kito nuo 15,9 g/100 g iki 31,2 g/100 g pirmaisiais tyrimų metais, nuo 16,1 g/100 g iki 29,4 g/100 g – antraisiais ir nuo 14,4 g/100g iki 20,3 g/100 g – trečiaisiais. Didžiausias vidutinė baltymų koncentracija rapsų sėklose visus trejus tyrimų metus buvo nustatyta bandiniuose, kai rapsai buvo nupurkšti 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Palyginus visų trejų metų tyrimų rezultatus nustatyta, kad baltymų koncentracija rapsų sėklose padidėjo 31 %, palyginti su kontroliniu variantu.

Prieš žydėjimą nupurškus rapsus **9** junginio skirtingų koncentracijų tirpalais, gautose rapsų sėklose baltymų koncentracija (49 pav.) kito nuo 12,1 g/100 g iki 37,5 g/100 g pirmaisiais tyrimų metais, nuo 19,3 g/100 g iki 29,4 g/100 g – antraisiais ir nuo 14,1 g/100 g iki 20,2 g/100 g – trečiaisiais. Didžiausia vidutinė baltymų koncentracija rapsų sėklose visus trejus tyrimų metus buvo nustatytas bandiniuose, kai rapsai buvo nupurkšti 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Palyginus visų trejų metų tyrimų rezultatus nustatyta, kad baltymų koncentracija rapsų sėklose padidėjo 27 %, palyginti su kontroliniu variantu.

Lyginant **1** ir **9** junginių poveikį rapsų sėklose susidarančių baltymų koncentraciją, nustatyta, kad didesnę baltymų koncentraciją nulemia **1** junginys. Kadangi abu junginiai turėjo teigiamą poveikį baltymų koncentracijai rapsų sėklose, o iš ankstesnių tyrimų *in vitro* pastebėta, kad šie junginiai rapsų dygimo metu pailgina šaknis, todėl galima teigti, kad šie junginiai veikia kaip osmoprotektoriai. Literatūros šaltinyje (Rachid Serraj ir T. R. Sinclair, 2002) nurodoma, kad osmolitai ląsteliniame lygyje apsaugo baltymus, o morfologiniame lygyje skatina šaknų tįstamąjį augimą.



48 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis baltymų koncentracijai vasarinių rapsų sėklose



49 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis baltymų koncentracijai vasarinių rapsų sėklose

Lyginant savo tyrimą su G. Staugaičio ir R. Laurės (2007) tyrimu, kai buvo naudojamos amidinio azoto ir aminorūgščių turinčios trąšos, gautas priešingas variantas – baltymų koncentracijos sumažėjimas 0,8 %. Lyginat su E. Jakienės (2013) tyrimu, nors jai pavyko naudojant preparatą „Terra Sorb Foliar“ gauti didesnę baltymų koncentraciją rapsų sėklose, tačiau nuo jos tyrimų kontrolinio varianto baltymų kiekio padidėjimas buvo tik 0,62 %. Brazienė ir kt. (2012) nustatė, kad junginys N-(4-metoksi-2-nitrofenil)-*β*-alanino natrio druska (380 µM) vasarinių rapsų sėklose baltymų kiekį gali padidinti iki 3 %. Mokslininkai M. Ijaz ir kt. (2015) atlikę tyrimus su žieminiais rapsais nustatė, kad aliejaus kiekį 3,7 % ir 8,6 % atitinkamai galima padidinti preparatais „Toprex“ + „Ortiva“ (azoksisrobinas 250 g/l) ir „Ortiva“. Matysiak ir Kaczmarek (2013) atliktų tyrimų metu baltymų kiekis svyravo nuo -1 % iki +0,5 % lyginant su kontroliniu variantu, o riebalų kiekis liko beveik nepakitęs. Mokslininkai F. Ullah, A. Bano ir A. Nosheen (2012) tyrė augimo reguliatorių salicilo rūgšties ir putrescino įtaką rapsų sėklų cheminei sudėčiai esant druskingumo stresui. Nustatyta, kad kontroliniame variante baltymų koncentracija rapsų sėklose svyravo ~50–55 mg/g. Rapsuose, paveiktuose sausros streso ir augimo reguliatorių, baltymų koncentracija išaugo. „Dunkeld“ veislės rapsuose ji siekė 120–

130 mg/g, o „Rainbow“ – ~90 mg/g. Pastebėta, kad didesnę įtaką baltymų susidarymui turėjo salicilo rūgštis.

Riebalų ir baltymų kiekiai rapsų sėklose ir jų pokytis nuo kontrolinio bandinio, nupurškus augalus **1** ir **9** junginiais pateikti 31 ir 32 lentelėse.

Rapsų lapus nupurškus **1** ir **9** junginiais pagal trejų tyrimų metų rezultatus matyti, kad gaunamas nedidelis riebalų kiekio pokytis, palyginti su kontroliniu variantu, o baltymų kiekis rapsų sėklose gali išaugti iki 31 % naudojant **1** junginį, ir iki 27 %, naudojant **9** junginį. Abu junginiai tinka norint padidinti rapsų sėklų baltymingumą ir gauti maistingesnius rupinius galvijų šėrimui. Tyrėja E. Jakienė (2013) tyrimų metu naudodama ARVI mikrotrąšas ir preparatą „Terra Sorb Forliar“ taip pat gavo nedidelį riebalų kiekio pokytį rapsų sėklose. Tyrimų metu jis svyravo nuo 0,4 % ir 1,23 %. Panašius duomenis užfiksavo ir G. Staugaitis (2007) naudodamas boro bei amidinio azoto ir aminorūgščių turinčias trąšas. Riebalų kiekis sėklose padidėjo 0,8 %–0,7 %.

Stipri neigiama ir patikima ($p < 0,001$) koreliacija tarp baltymų ir riebalų kiekių rapsų sėklose buvo bandiniuose, nupurkštuose 50, 100 ir 125 mg/l koncentracijų **1** junginio tirpalais ir bandinyje, nupurkštame 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu.

31 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis riebalų ir baltymų kiekiams rapsų sėklose

Tyrimų metai	Parametras	**1** junginio koncentracija tirpale, mg/l				
		0	50	75	100	125
2012	Riebalų kiekis, %	32,9 ± 0,2	37,2 ± 1,0	45,8 ± 0,8	41,3 ± 0,7	38,6 ± 1,1
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+13	+39	+26	+17
2013	Riebalų kiekis, %	45,9 ± 0,1	43,3 ± 0,1	37,7 ± 0,1	39,0 ± 0,1	34,7 ± 0,1
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	-6	-18	-15	-24
2014	Riebalų kiekis, %	44,7 ± 0,4	44,9 ± 0,2	44,6 ± 0,9	44,1 ± 0,8	43,6 ± 0,1
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+0,5	-0,2	-1,3	-2,5
Vid.	Riebalų kiekis, %	41,1 ± 2,1	41,8 ± 1,2	42,7 ± 1,3	41,5 ± 0,7	38,9 ± 1,3
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+2	+4	+1	-5
2012	Baltymų kiekis, %	15,9 ± 0,1	30,7 ± 0,3	31,2 ± 0,3	30,3 ±0,3	22,8 ± 0,4
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+93	+96	+91	+43
2013	Baltymų kiekis, %	29,4 ± 1,1	21,4 ± 1,1	26,4 ± 1,1	21,8 ± 0,9	16,1 ± 0,8
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	-27	-10	-26	-45
2014	Baltymų kiekis, %	14,1 ± 0,5	16,7 ± 0,7	20,3 ± 0,1	18,9 ± 0,2	15,8 ± 0,3
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+18	+44	+34	+12
Vid.	Baltymų kiekis, %	19,8 ± 2,4	22,9 ± 2,1	26,0 ± 1,6	23,7 ± 1,7	18,2 ± 1,2
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+16	+31	+20	-8

Čia: + – padidėjimas;
- – sumažėjimas.

32 lentelė. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis riebalų ir baltymų kiekiams rapsų sėklose

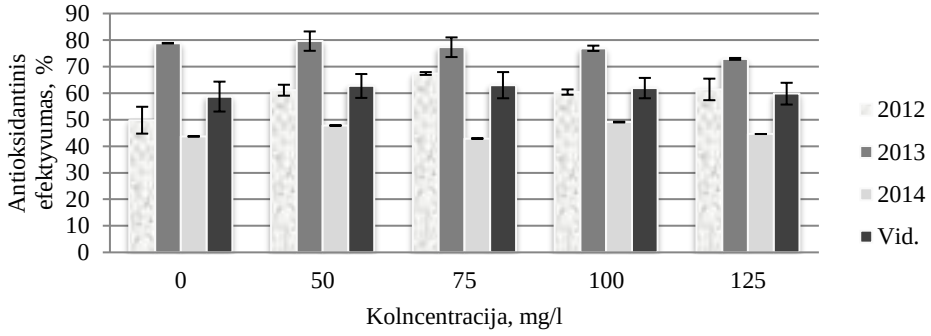
Tyrimų metai	Parametras	**9** junginio koncentracija tirpale, mg/l				
		0	50	75	100	125
2012	Riebalų kiekis, %	32,9 ± 0,2	35,6 ± 0,5	34,4 ± 0,6	34,9 ± 0,6	43,2 ± 2,1
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+8	+5	+6	+31
2013	Riebalų kiekis, %	45,9 ± 0,1	46,3 ± 0,1	46,8 ± 0,1	43,2 ± 0,1	44,1 ± 0,1
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+1	+2	-6	-4
2014	Riebalų kiekis, %	44,7 ± 0,4	45,5 ± 0,3	44,4 ± 0,9	43,3 ± 1,0	47,2 ± 0,9
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+2	-1	-3	+6
Vid.	Riebalų kiekis, %	41,1 ± 2,1	42,5 ± 1,7	41,8 ± 1,9	40,5 ± 1,4	44,8 ± 0,7
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+3	+2	-2	+9
2012	Baltymų kiekis, %	15,9 ± 0,1	24,3 ± 1,6	26,5 ± 3,9	35,7 ±0,1	27,5 ± 1,5
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+53	+67	+125	+73
2013	Baltymų kiekis, %	29,4 ± 1,1	19,3 ± 0,9	22,5 ± 0,5	21,8 ± 1,0	24,2 ± 0,6
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	-34	-23	-26	-18
2014	Baltymų kiekis, %	14,1 ± 0,5	20,2 ± 0,4	18,7 ± 0,2	17,8 ± 0,9	16,9 ± 0,6
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+43	+33	+26	+20
Vid.	Baltymų kiekis, %	19,8 ± 2,4	21,3 ± 0,9	22,6 ± 1,3	25,1 ±2,7	23,9 ± 1,8
	Skirtumas su kontroliniu variantu, %	-	+8	+14	+27	+21

Čia: + – padidėjimas;
- – sumažėjimas.

3.3.1.Antioksidantinės rapsų sėklų ekstrakto savybės

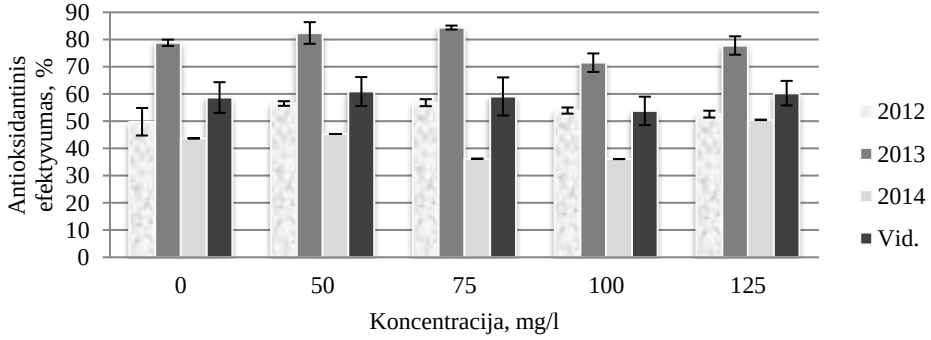
Literatūroje yra duomenų apie tiesioginę priklausomybę tarp fenolinių junginių kiekio rapsų sėklose ir iš jų išgauto ekstrakto antioksidacinių savybių įvertinimo DPPH metodu (A. Szydlowska-Czerniak ir A. Tulodziecka, 2014).

Buvo ištirtos rapsų sėklų ekstrakto antioksidacinės savybės (50 pav. ir 51 pav.). Pirmaisiais tyrimų metais didžiausiu antioksidantiniu efektyvumu (67,4 %) (50 pav.) pasižymėjo rapsų sėklų ekstraktas, gautas iš bandinio, nupurkšto 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, antraisiais tyrimų metais – 79,6 %, kai rapsai buvo nupurkšti 50 mg/l koncentracijos tirpalu ir 49,1 % trečiaisiais tyrimų metais, kai rapsai buvo nupurkšti 100 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Apibendrinant trejų metų rezultatus nustatyta, kad geriausiomis antioksidacinėmis savybėmis pasižymėjo rapsų sėklų ekstraktas, gautas iš rapsų, nupurkštų 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu.



50 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis antioksidantinim efektyvumui vasarinių rapsų sėklose

Pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais didžiausiu antioksidantiniu efektyvumu (56,8 % ir 88,4 %) (51 pav.) pasižymėjo rapsų sėklos, gautos iš bandinio, nupurkšto 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu, o trečiaisiais tyrimų metais – nupurkštų 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu (50,5 %). Apibendrinant trejų metų rezultatus nustatyta, kad didžiausiu antioksidantiniu efektyvumu pasižymėjo rapsų sėklos, gautos nupurškus rapsus 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu.



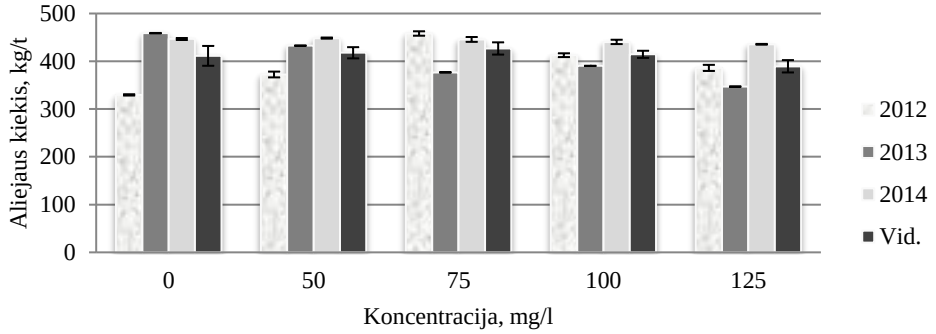
51 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis antioksidantiniam efektyvumui vasarinių rapsų sėklose

Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus matyti, kad didesnį poveikį antioksidantiniam efektyvumui turėjo **9** junginys, naudotas prieš rapsų žydėjimą. Nežymiai mažesniam antioksidantiniam efektyvumui analogiškomis sąlygomis **1** junginio reikėjo perpus mažesnės koncentracijos prieš žydėjimą.

Mokslininkai S. Mayengbam ir kt. (2014) tirdami hibridinę rapsų veislę nustatė, kad DPPH radikalo surišimas gali pasiekti apie 80 %. Jie taip pat nustatė stiprų ryšį (r = 0,93) tarp bendro fenolinių junginių kiekio ir DPPH* radikalo surišimo.

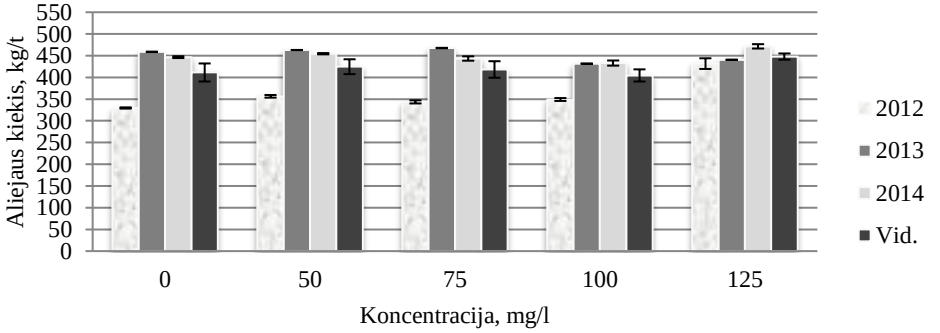
3.3.2. Gauto aliejaus iš rapsų sėklų rodikliai

Įvertinus tai, kad iš 1 ha gaunamas skirtingas rapsų sėklų derlius, apskaičiuota, kiek aliejaus galima gauti iš 1 ha. Gauti rezultatai pateikti 52 pav. ir 53 pav.



52 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis aliejaus kiekio kaupimui vasarinių rapsų sėklose

Pirmaisiais tyrimų metais išgaunamo aliejaus kiekis kito nuo 329,6 kg/t iki 458,1 kg/t (52 pav.). Didžiausias kiekis buvo išgautas iš bandinio, nupurkšto 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Antraisiais tyrimų metais aliejaus kiekis kito nuo 346,9 kg/t iki 458,8 kg/t, o didžiausias kiekis nustatytas kontroliniame bandinyje. Trečiaisiais tyrimų metais išgaunamo aliejaus kiekis kito nuo 435,5 kg/t iki 448,5 kg/t. Didžiausias aliejaus kiekis gautas iš bandinio, nupurkšto 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Apibendrinant trejų tyrimų metų rezultatus nustatyta, kad daugiausia aliejaus iš rapsų sėklų gauta naudojant 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą ir vidutiniškai tai būtų 4 % daugiau negu kontroliniame variante.



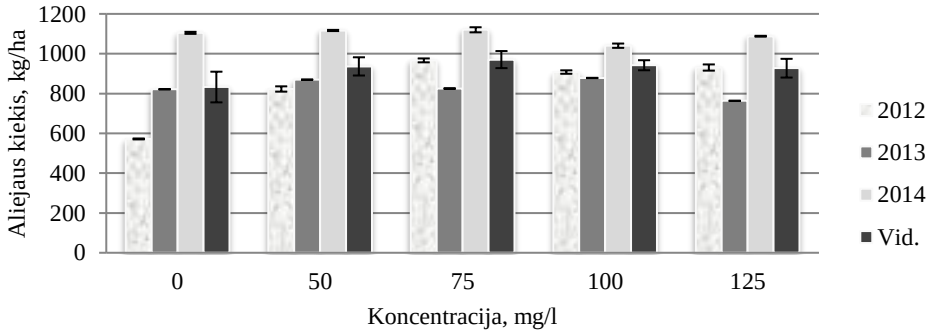
53 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis aliejaus kiekio kaupimui vasarinių rapsų sėklose

Pirmaisiais tyrimų metais išgaunamo aliejaus kiekis kito nuo 341,9 kg/t iki 431,7 kg/t (53 pav.). Didžiausias kiekis buvo išgautas iš bandinio, nupurkšto 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Antraisiais tyrimų metais išgaunamo aliejaus kiekis kito nuo 431,5 kg/t iki 467,6 kg/t, o daugiausia išgauta iš bandinio, nupurkšto

75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Trečiaisiais tyrimų metais išgaunamo aliejaus kiekis kito nuo 433,0 kg/t iki 471,5 kg/t. Didžiausias aliejaus kiekis gautas iš bandinio, kuris buvo nupurkštas 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Apibendrinant trejų tyrimų metų rezultatus matyti, kad daugiausia aliejaus galima išgauti iš rapsų sėklų naudojant 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą ir vidutiniškai tai yra 8,9 % daugiau negu iš kontrolinio varianto.

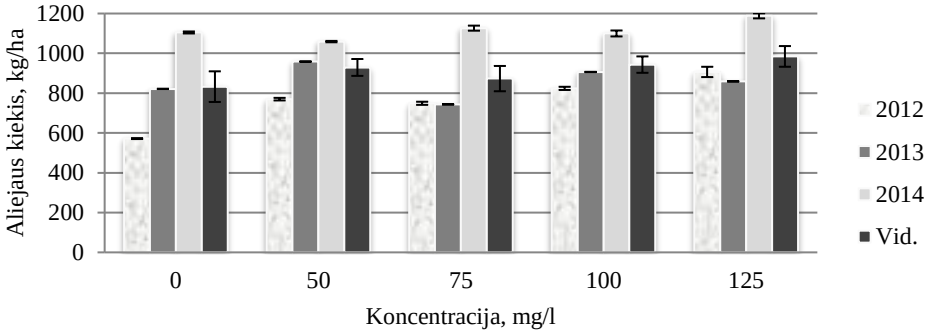
Remiantis trejų tyrimų metų rezultatais galima daryti išvadą, kad **1** junginio galima naudoti mažesnę (75 mg/l), o **9** junginio didesnę (125 mg/l) koncentraciją ir gauti geresnius rezultatus nei kontroliniame bandyme. Daugiau aliejaus gaunama iš rapsų sėklų naudojant **9** junginį ir tai yra 5 % daugiau, palyginti su geriausiu **1** junginio variantu.

Kadangi iš 1 ha ploto gaunamas skirtingas rapsų sėklų derlius tonomis, buvo apskaičiuota, kokį kiekį aliejaus būtų galima išgauti iš 1 ha ploto (54 pav. ir 55 pav.).



54 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis aliejaus kiekiui, kurį galima išgauti iš 1 ha vasarinių rapsų sėklų derliaus

Pirmaisiais tyrimų metais iš 1 ha galimo išgauti aliejaus kiekis kito nuo 571,8 kg/ha iki 966,5 kg/ha, antraisiais – nuo 821,3 kg/ha iki 869,5 kg/ha, trečiaisiais – nuo 1087,8 kg/ha iki 1120,1 kg/ha (54 pav.). Didžiausias išgaunamas aliejaus kiekis nustatytas, kai bandiniai buvo nupurkšti 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu pirmaisiais ir trečiaisiais tyrimų metais ir antraisiais tyrimų metais, kai bandiniai buvo nupurkšti 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Apibendrinant trejų tyrimų metų rezultatus matyti, kad 970,5 kg/ha aliejaus kiekis gali būti išgaunamas rapsus purškiant 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, ir tai būtų 17 % didesnis kiekis, palyginti su kontroliniu variantu.



55 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis aliejaus kiekiui, kurį galima išgauti iš 1 ha vasarinių rapsų sėklų derliaus

Pirmaisiais tyrimų metais iš 1 ha galimo išgauti aliejaus kiekis kito nuo 571,8 kg/ha iki 906,5 kg/ha, antraisiais − nuo 821,3 kg/ha iki 958,4 kg/ha, trečiaisiais – nuo 1059,0 kg/ha iki 1188,2 kg/ha (55 pav.). Didžiausias išgaunamas aliejaus kiekis nustatytas, kai bandiniai buvo nupurkšti 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu pirmaisiais ir trečiaisiais tyrimų metais ir antraisiais tyrimų metais, kai bandiniai buvo nupurkšti 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Apžvelgiant į trejų tyrimų metų rezultatus nustatyta, kad 984,5 kg/ha aliejaus kiekis gali būti išgaunamas rapsus purškiant 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu, ir tai būtų 18% didesnis kiekis, palyginti su kontroliniu variantu.

Pagal trejų tyrimų metų rezultatus galima daryti išvadą, kad **1** junginio galima naudoti mažesnę (75 mg/l), o **9** junginio didesnę (125 mg/l) koncentraciją ir gauti geresnius rezultatus, palyginti su kontroliniu variantu. Didesnis išgaunamas aliejaus kiekis iš rapsų sėklų pasiekiamas naudojant **9** junginį, ir tai yra 1,4 % daugiau, palyginti su geriausiu **1** junginio variantu. Statistiškai patikimas ($p < 0,05$) aliejaus išgaunamo iš hektaro ploto padidėjimas, lyginant trejų metų rezultatus, gautas naudojant 75 mg/l koncentracijos tirpalą su **1** junginio ir 125 mg/l koncentracijos tirpalą su **9** junginiu.

Vokietijoje atlikus tyrimus su žieminiais rapsais nustatyta, kad 3,5 % didesnį aliejaus kiekį galima išgauti naudojant augimo reguliatorių ir fungicidų mišinius „Toprex“ + „Ortiva“ ir „Caramba“ + „Cantus“ (M. Ijaz ir kt., 2015). Mokslininkai S. Mayengbam ir kt. (2014) tirdami hibridinę rapsų veislę nustatė, kad aliejaus kiekis rapsų sėklose yra 41,7 % sausos masės. Tyrėjai F. Ullah, A. Bano ir A. Nosheen (2012) tyrė aliejaus kiekio susidarymą rapsų sėklose, kurios gautos iš sausros streso ir augimo reguliatoriais paveiktų rapsų. Nustatyta, kad rapsų sėklose kontroliniame variante aliejaus kiekis buvo ~45,7 %. „Dunkeld“ veislės rapsų sėklose paveiktose sausros streso ir salicilo rūgšties aliejaus kiekis padidėjo 0,5 %, o „Rainbow“ sumažėjo iki 44,5 %. Atvirkštinę įtaką turėjo putrescinas: „Dunkeld“ veislės rapsuose aliejaus kiekis sumažėjo nežymiai, o „Rainbow“ padidėjo iki 46,5 %.

3.3.3. Rapsų sėklų aliejaus riebalų rūgščių sudėtis

Buvo identifikuotos vasarinių rapsų aliejuje esančios riebalų rūgštys ir jų kiekio priklausomybė nuo naudoto augimo reguliatoriaus ir jo koncentracijos. Duomenys pateikti 33 ir 34 lentelėse.

Nagrinėtos literatūros duomenys rodo, kad labiau yra vertinamas aliejus, kurio didesnę dalį sudaro nesočiosios riebalų rūgštys.

Pirmaisiais tyrimų metais oleino rūgšties kiekis (3.25. lantelė) rapsų sėklų aliejuje kito nuo -0,09 % iki +0,77 %, palyginti su kontroliniu variantu. Kai rapsai prieš žydėjimą buvo nupurkšti 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu, buvo nustatytas didžiausias (61,5 %) oleino rūgšties kiekis. Antraisiais tyrimų metais oleino rūgšties kiekis buvo nežymiai mažesnis už kiekį kontroliniame bandinyje. Trečiaisiais tyrimų metais oleino rūgšties kiekiai rapsų aliejuje kito nežymiai – nuo -0,6 % iki +0,6 %, palyginti su kontroliniu variantu. Apibendrinant trejų metų rezultatus nustatyta, kad gauti didžiausią oleino rūgšties kiekį rapsų aliejuje galima naudojant 50 mg/l ir 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalus.

Rapsus nupurškus **1** junginio tirpalais linolo rūgšties kiekiai (33 lentelė) rapsų aliejuje kito nežymiai pirmaisiais tyrimų metais. Didžiausias linolo rūgšties kiekis (20,9 %) buvo nustatytas, kai rapsai buvo nupurkšti 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu pirmaisiais tyrimų metais, 18,3 % buvo nustatytas antraisiais tyrimų metais panaudojus 50 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą ir 20,4% buvo nustatytas trečiaisiais tyrimų metais panaudojus 75 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalą. Didesni linolo rūgšties kiekiai rapsuose pagerina maistines savybes.

Linoleno rūgšties kiekis (33 lentelė) rapsų aliejuje kito nežymiai. Trečiaisiais tyrimų metais užfiksuoti mažiausi linoleno rūgšties kiekiai, jie kito nuo 6,3 % iki 6,9 %. Lyginant trejų metų rezultatus matyti, kad mažiausias linoleno rūgšties kiekis išgaunamas, kai rapsai buvo nupurkšti 125 mg/l koncentracijos **1** junginio tirpalu. Linolo ir linoleno rūgščių bendras kiekis rapsų aliejuje paprastai kinta nuo 20 % iki 44 % visų riebalų rūgščių kiekio. Šio tyrimo atveju bendras jų kiekis neviršydavo 30 %.

Iš 33 lentelės duomenų matyti, kad didesnis linolo rūgšties kiekis buvo **1** junginio 75 mg/l ir 100 mg/l koncentracijomis paveiktose rapsų sėklose, taip pat jose buvo užfiksuoti mažesni linoleno rūgšties kiekiai. Rapsų aliejuje palmitino ir stearino riebalų rūgščių kiekiai kito labai nežymiai. Eikozeno rūgšties kiekiai (33 lentelė), randami nesočiųjų riebalų rūgščių sudėtyje, yra labai nedideli ir trejų tyrimų metų laikotarpyje jo kiekiai nekito, palyginti su kontroliniu variantu.

33 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis riebalų rūgščių sudėčiai rapsų sėklose (%) nuo bendro jų kiekio

Riebalų rūgštys, %	Tyrimų metai	**1** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Palmitino r.	2012	5,1 ± 0,1	4,6 ± 0,1	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,1	5,2 ± 0,3	4,9 ± 0,1	4,8 ± 0,0
	2013	3,8 ± 0,2	-	3,7 ± 0,1	3,6 ± 0,0	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,3	-
	2014	4,5 ± 0,1	-	4,6 ± 0,2	4,6 ± 0,1	4,7 ± 0,0	4,6 ± 0,1	-
	Vid.	4,5 ± 0,5	-	4,2 ± 0,5	4,3 ± 0,5	4,6 ± 0,6	4,4 ± 0,5	-
Stearino r.	2012	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0
	2013	1,7 ± 0,1	-	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,0	-
	2014	1,9 ± 0,1	-	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,0	2,0 ± 0,0	-
	Vid.	1,9 ± 0,2	-	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,3	1,9 ± 0,2	-
Oleino r.	2012	61,0 ± 0,3	61,1 ± 0,1	61,5 ± 0,0	61,3 ± 0,0	60,9 ± 0,2	61,2 ± 0,2	61,4 ± 0,0
	2013	65,4 ± 0,2	-	65,2 ± 0,1	65,4 ± 0,1	65,3 ± 0,3	65,4 ± 0,2	-
	2014	63,2 ± 0,2	-	62,8 ± 0,1	63,1 ± 0,2	63,4 ± 0,1	63,6 ± 0,1	-
	Vid.	63,2 ± 1,8	-	63,4 ± 1,5	63,3 ± 1,7	63,2 ± 1,7	63,4 ± 1,7	-
Linolo r.	2012	20,6 ± 0,1	20,8 ± 0,1	20,6 ± 0,0	20,9 ± 0,1	20,9 ± 0,0	20,8 ± 0,2	20,9 ± 0,1
	2013	18,0 ± 0,0	-	18,3 ± 0,1	18,1 ± 0,1	18,3 ± 0,0	18,2 ± 0,1	-
	2014	20,3 ± 0,1	-	20,0 ± 0,1	20,4 ± 0,1	20,1 ± 0,0	20,0 ± 0,1	-
	Vid.	19,6 ± 1,1	-	19,4 ± 1,0	19,8 ± 1,3	19,8 ± 1,1	19,7 ± 1,1	-
Eikozeno r.	2012	1,0 ± 0,1	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
	2013	1,2 ± 0,0	-	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,0	-
	2014	1,2 ± 0,1	-	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	-
	Vid.	1,1 ± 0,1	-	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,0	-
Linoleno r.	2012	8,5 ± 0,0	8,8 ± 0,0	8,5 ± 0,0	8,7 ± 0,0	8,7 ± 0,0	8,6 ± 0,0	8,6 ± 0,0
	2013	8,1 ± 0,1	-	8,2 ± 0,2	8,2 ± 0,1	8,2 ± 0,0	8,2 ± 0,1	-
	2014	6,8 ± 0,2	-	6,7 ± 0,1	6,9 ± 0,1	6,8 ± 0,2	6,3 ± 0,1	-
	Vid.	7,8 ± 0,7	-	8,4 ± 0,8	7,9 ± 0,8	7,9 ± 0,8	7,7 ± 1,0	-

Pirmaisiais tyrimų metais oleino rūgšties kiekis (34 lentelė) rapsų sėklų aliejuje kito nuo 0 % iki +1,2 %, palyginti su kontroliniu variantu. Kai rapsai prieš žydėjimą buvo nupurkšti 125 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu, nustatytas didžiausias (61,7 %) oleino rūgšties kiekis. Antraisiais tyrimų metais oleino rūgšties kiekis rapsų sėklų aliejuje kito nuo -0,5 % iki +0,5 %, palyginti su kontroliniu variantu. Trečiaisiais tyrimų metais oleino rūgšties kiekiai rapsų aliejuje kito

nežymiai nuo -0,6 % iki +1,6 %, palyginti su kontroliniu variantu. Apibendrinant trejų metų rezultatus matyti, kad didžiausią oleino rūgšties kiekį rapsų aliejuje galima gauti naudojant 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą.

34 lentelė. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis riebalų rūgščių sudėčiai rapsų sėklose (%) nuo bendro jų kiekio

Riebalų rūgštys, %	Tyrimų metai	**9** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Palmitino r.	2012	5,1 ± 0,1	5,1 ± 0,1	5,1 ± 0,0	4,9 ± 0,1	5,2 ± 0,3	4,7± 0,2	4,9 ± 0,2
	2013	3,8 ± 0,2	-	4,1 ± 0,1	3,7 ± 0,0	3,8 ± 0,0	3,6 ± 0,1	-
	2014	4,5 ± 0,1	-	5,1 ± 0,0	5,0 ± 0,1	5,1 ± 0,1	4,8 ± 0,0	-
	Vid.	4,5 ± 0,5	-	4,8 ± 0,6	4,5 ± 0,7	4,7 ± 0,8	4,3 ± 0,7	-
Stearino r.	2012	2,1 ± 0,1	2,1± 0,1	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,1 ± 0,0
	2013	1,7 ± 0,1	-	1,6 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,0	-
	2014	1,9 ± 0,1	-	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,0	2,1 ± 0,1	-
	Vid.	1,9 ± 0,2	-	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,0 ± 0,3	-
Oleino r.	2012	61,0 ± 0,3	61,0 ± 0,3	61,5 ± 0,0	61,1 ± 0,1	61,1 ± 0,1	61,7 ± 0,1	61,2 ± 0,0
	2013	65,4 ± 0,2	-	65,1 ± 0,0	65,7 ± 0,1	65,7 ± 0,0	65,3 ± 0,0	-
	2014	63,2 ± 0,2	-	63,2 ± 0,1	63,5 ± 0,1	64,2 ± 0,1	62,8 ± 0,1	-
	Vid.	63,2 ± 1,8	-	63,3 ± 1,8	63,4 ± 2,3	63,7 ± 2,3	63,3 ± 1,8	-
Linolo r.	2012	20,6 ± 0,1	20,5 ± 0,1	20,6 ± 0,0	20,8 ± 0,0	20,9 ± 0,0	20,1 ± 0,0	20,8 ± 0,0
	2013	18,0 ± 0,0	-	18,4 ± 0,1	17,9 ± 0,1	17,9 ± 0,0	18,2 ± 0,0	-
	2014	20,3 ± 0,1	-	19,2 ± 0,0	18,9 ± 0,1	18,9 ± 0,1	19,4 ± 0,1	-
	Vid.	19,6 ± 1,1	-	19,4 ± 1,1	19,2 ± 1,5	19,2 ± 1,6	19,2 ± 0,9	-
Eikozeno r.	2012	1,0 ± 0,1	1,0± 0,1	0,9 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,0 ± 0,0
	2013	1,2 ± 0,0	-	1,1 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0	-
	2014	1,2 ± 0,1	-	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,0	-
	Vid.	1,1 ± 0,1	-	1,0 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,0	-
Linoleno r.	2012	8,5 ± 0,0	8,5 ± 0,0	8,5 ± 0,0	8,6 ± 0,0	8,6 ± 0,0	8,6 ± 0,0	8,7 ± 0,0
	2013	8,1 ± 0,1	-	8,2 ± 0,1	8,1 ± 0,1	8,1 ± 0,0	8,3 ± 0,1	-
	2014	6,8 ± 0,2	-	6,9 ± 0,1	6,8 ± 0,0	6,6 ± 0,0	6,7 ± 0,0	-
	Vid.	7,8 ± 0,7	-	7,9 ± 0,9	7,8 ± 0,9	7,8 ± 1,0	7,9 ± 1,0	-

Rapsus nupurškus **9** junginio tirpalais linolo rūgšties kiekiai (34 lentelė) rapsų aliejuje kito nežymiai pirmaisiais tyrimų metais. Didžiausias linolo rūgšties kiekis (20,9 %) buvo nustatytas, kai rapsai buvo nupurkšti 100 mg/l koncentracijos **9**

junginio tirpalu pirmaisiais tyrimų metais, 18,4 % buvo nustatytas antraisiais tyrimų metais panaudojus 50 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalą ir 20,3 % buvo nustatytas trečiaisiais tyrimų metais kontroliniame bandinyje. Apibendrinant trejų metų rezultatus galima teigti, kad **9** junginys nežymiai mažina linolo rūgšties kiekį rapsų aliejuje.

Linoleno rūgšties kiekis rapsų aliejuje kito nežymiai (34 lentelė). Trečiaisiais tyrimų metais užfiksuoti mažiausi linoleno rūgšties kiekiai, jie kito nuo 6,6 % iki 6,9 %. Lyginant trejų metų rezultatus matyti, kad mažiausias linoleno rūgšties kiekis išgaunamas, kai rapsai buvo nupurkšti 100 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Linolo ir linoleno rūgščių bendras kiekis rapsų aliejuje paprastai kinta nuo 20 % iki 44 % visų riebalų rūgščių kiekio. Šio tyrimo atveju bendras jų kiekis neviršydavo 30 %.

Rapsų aliejuje palmitino ir stearino riebalų rūgščių kiekiai kito labai nežymiai.

Eikozeno rūgšties kiekiai, randami nesočiųjų riebalų rūgščių sudėtyje, yra labai nedideli ir per trejus tyrimų metus jo kiekiai nekito, palyginti su kontroliniu variantu (34 lentelė).

Lyginant **1** ir **9** junginių poveikį rapsų sėklų aliejaus riebalų rūgščių sudėčiai pastebėta, kad nežymiai didesnį oleino rūgšties kiekį galima išgauti naudojant **9** junginį, o linolo rūgšties kiekį galima padidinti naudojant **1** junginį. Kitų riebalų rūgščių sudėtis išlieka labai panaši.

Mokslininkų tikslas yra padidinti linolo rūgšties kiekį ir kartu sumažinti linoleno rūgšties kiekį rapsų sėklose (B. Uppstrom, 1995). Didesnis linoleno rūgšties kiekis išgaunamam aliejui suteikia kartumo, o mažesni jos kiekiai gerina sandėliavimo savybes. Pageidautina, kad linoleno rūgšties kiekiai rapsų sėklų aliejuje būtų kuo mažesni, t. y. nuo 8 iki 12 % (Rimantas Velička, 2002). Mokslininkai F. Ullah, A. Bano ir A. Nosheen (2012) tyrė riebalų rūgščių kiekius rapsų sėklų aliejuje, kuris gautas iš sausros streso ir augimo reguliatoriais paveiktų rapsų. Kontroliniame bandyme oleino rūgšties kiekis rapsų aliejuje svyravo ~55,8 iki 57 %. Salicilo rūgštimi augimo metu paveikti rapsai „Dunkeld“ savo sėklose turėjo mažiau oleino rūgšties (~54 %), tačiau paveikti sausros streso ir salicilo rūgšties išlaikė tokį patį kiekį kaip ir kontroliniame variante. Salicilo rūgštis didžiausią įtaką turėjo „Rainbow“ veislės rapsams sausros streso metu, oleino rūgšties kiekis padidėjo iki 58 %. Taip pat buvo ištirtas ir linoleno rūgšties kiekis rapsų sėklų aliejuje. Kontroliniame variante linoleno rūgšties buvo ~9,3–9,8 %, o ir kituose variantuose kito labai nežymiai.

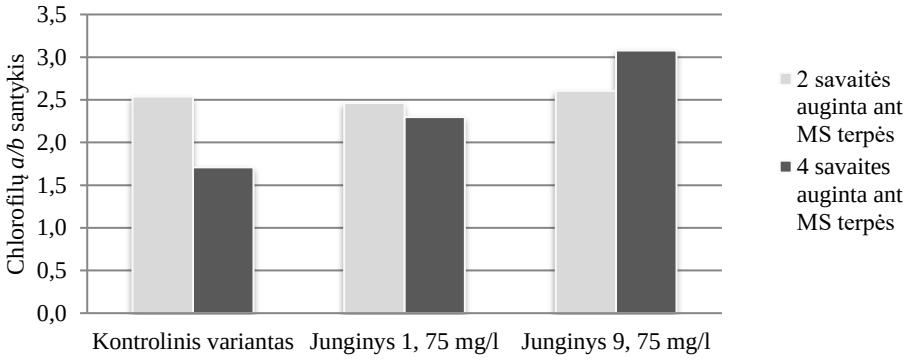
3.4. Chlorofilo ir karotenoidų kiekio rapsų lapuose priklausomybė nuo naudoto augimo reguliatoriaus

Norint nustatyti **1** ir **9** junginių įtaką fotosintezės pigmentų susidarymui buvo atliktas rapsų, augintų *in vitro* sąlygomis, lapų pigmentų koncentracijos tyrimas. Rapsai auginti ant MS terpės papildytos tiriamųjų junginių 75 mg/l koncentracijos tirpalais. Nustatytas pigmentų kiekis 2-ą ir 4-ą auginimo savaitę. Fotosintezės efektyvumą parodo ne pigmentų kiekiai augale, o jų santykis, todėl daugiau dėmesio

skirta gilinantis į pigmentų kiekio santykį. Gauti tyrimų rezultatai pateikti 35 lentelėje ir 56 pav.

35 lentelė. 1 ir **9** junginių poveikis chlorofilo *a* ir *b*, karotenoidų koncentracijai rapsų lapuose praėjus dviem ir keturioms savaitėms nuo daiginimo pradžios ant MS terpės

	2 savaites auginta ant MS terpės			4 savaites auginta ant MS terpės		
	Kontrolinis variantas	Papildyta **1** junginiu, 75 mg/l	Papildyta **9** junginiu, 75 mg/l	Kontrolinis variantas	Papildyta **1** junginiu, 75 mg/l	Papildyta **9** junginiu, 75 mg/l
Chlorofilas *a*, mg/g	6,42 ± 0,02	6,23 ± 0,06	6,98 ± 0,06	1,95 ± 0,07	4,55 ± 0,01	3,20 ± 0,05
Chlorofilas *b*, mg/g	2,53 ± 0,03	2,53 ± 0,05	2,68 ± 0,10	1,14 ± 0,06	1,98 ± 0,02	1,04 ± 0,04
Karotenoidai, mg/g	2,39 ± 0,04	2,35 ± 0,03	2,72 ± 0,02	1,15 ± 0,08	1,64 ± 0,01	1,04 ± 0,05



56 pav. Chl *a/b* santykio kitimas rapsuose daigintuose ant MS terpės, papildytos **1** ir **9** junginiais

Didesniu chlorofilo kiekiu po 2 savaičių auginimo ant MS terpės pasižymėjo rapsai, kurių MS terpė buvo papildyta 75 mg/l koncentracijos **9** junginio tirpalu. Šie rapsai taip pat pasižymėjo didesne karotenoidų koncentracija. Chl *a* ir Chl *b* didžiausias santykis nustatytas kontroliniame bandinyje ir bandinyje, papildytame **1** junginiu (56 pav.). Antrą auginimo savaitę šiuose bandiniuose fotosintezės procesas vyko sparčiausiai.

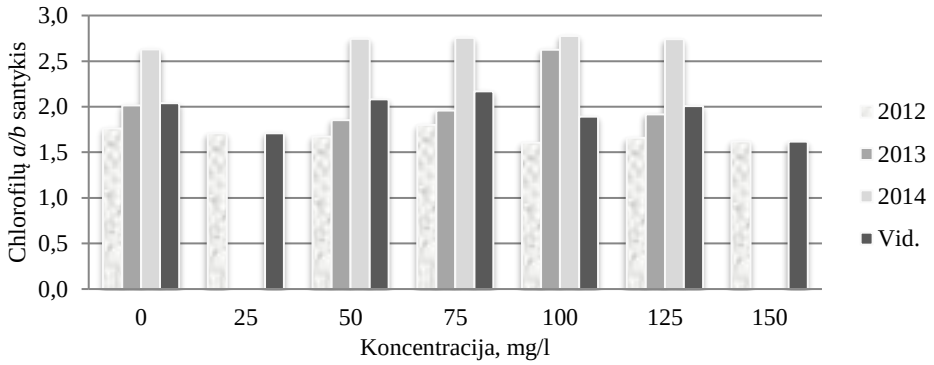
Po 4 savaičių auginimo ant MS terpės, papildytos tiriamaisiais junginiais, pastebėta, kad mažiausios chlorofilo ir karotenoidų koncentracijos yra kontroliniame bandinyje. Didžiausią chlorofilo ir karotenoidų koncentraciją išlaikė rapsai, kurių terpė buvo papildyta **1** junginiu (35 lentelė). Chl *a* ir Chl *b* didžiausias santykis fiksuotas bandinyje, papildytame **9** junginiu (56 pav.). Palyginti su kontroliniu variantu, chlorofilo santykis šiuo atveju yra 45 % didesnis. Bandinyje, paveiktame **1** junginiu, jis yra 26 % didesnis nei kontroliniame bandyme. Abu junginiai po 4 savaičių rapsų auginimo išlaiko intensyvesnę fotosintezę rapsų lapuose, tačiau **9** junginys pagal chlorofilo santykį (3,1) palaiko intensyviausią fotosintezę.

Norint išsiaiškinti, ar tirtieji junginiai turi tokį patį poveikį fotosintezės pigmentų kaupimuisi ir lauko sąlygomis, tyrimai atlikti panaudojant rapsų lapus po rapsų nupurškimo prieš žydėjimą praėjus 2 ir 4 savaitėms. Gauti duomenys pateikti 36 ir 37 lentelėse ir 57 ir 58 paveiksluose.

36 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis chlorofilo *a* ir *b*, karotenoidų koncentracijai rapsų lapuose praėjus dviem savaitėms po purškimo

	Tyrimų metai	**1** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Chlorofilas *a*, mg/g	2012	2,36 ± 0,05	2,10 ± 0,05	1,99 ± 0,16	2,25 ± 0,02	1,91 ± 0,12	2,04 ± 0,04	1,99 ± 0,08
	2013	3,02 ± 0,01	-	2,39 ± 0,24	2,72 ± 0,11	2,65 ± 0,05	2,45 ± 0,14	-
	2014	2,76 ± 0,06	-	3,24 ± 0,32	3,47 ± 0,09	2,83 ± 0,26	2,96 ± 0,18	-
	Vid.	2,75 ± 0,11	-	2,64 ± 0,21	2,84 ± 0,21	2,25 ± 0,30	2,47 ± 0,15	-
Chlorofilas *b*, mg/g	2012	1,34 ± 0,02	1,23 ± 0,02	1,19 ± 0,06	1,25 ± 0,02	1,19 ± 0,03	1,23 ± 0,02	1,23 ± 0,03
	2013	1,50 ± 0,01	-	1,29 ± 0,09	1,39 ± 0,04	1,39 ± 0,03	1,28 ± 0,06	-
	2014	1,06 ± 0,02	-	1,18 ± 0,09	1,26 ± 0,03	1,02 ± 0,09	1,08 ± 0,07	-
	Vid.	1,35 ± 0,07	-	1,27 ± 0,04	1,31 ± 0,03	1,19 ± 0,06	1,23 ± 0,03	-
Karotenoi-dai, mg/g	2012	1,52 ± 0,01	1,45 ± 0,02	1,37 ± 0,04	1,36 ± 0,07	1,37 ± 0,05	1,40 ± 0,03	1,39 ± 0,03
	2013	1,29 ± 0,01	-	1,13 ± 0,11	1,29 ± 0,02	1,23 ± 0,04	1,12 ± 0,08	-
	2014	1,19 ± 0,02	-	1,36 ± 0,16	1,43 ± 0,04	1,19 ± 0,09	1,23 ± 0,09	-
	Vid.	1,35 ± 0,06	-	1,31 ± 0,05	1,34 ± 0,02	1,27 ± 0,03	1,26 ± 0,05	-

Praėjus dviem savaitėms po rapsų nupurškimo **1** junginiu nustatyta, kad rapsų lapuose Chl *a* ir Chl *b* koncentracija pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais buvo mažesnė nei kontroliniame variante (57 pav.). Tik trečiaisiais metais Chl *a* koncentracija, palyginti su kontroliniu variantu, buvo nuo 3 % iki 26 %, o Chl *b* kito nuo -4 % iki +19 %. Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus matyti, kad didesne Chl *a* ir Chl *b* koncentracija pasižymėjo rapsai, nupurkšti **1** junginio 75 mg/l koncentracijos tirpalu.



57 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis chlorofilo *a / b* santykiui praėjus dviem savaitėms po purškimo

Chl *a* ir Chl *b* santykiai bandiniuose pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais beveik nesiskyrė nuo kontrolinio bandinio (57 pav.). Trečiaisiais tyrimų metais Chl *a* ir Chl *b* santykis išaugo, tačiau nuo kontrolinio bandinio skyrėsi tik 7 %. Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus Chl *a* ir Chl *b* kiekių santykių vidurkis, palyginti su kontroliniu variantu, išliko nepakitęs. Panašus chlorofilo santykis buvo nustatytas rapsuose, augintuose *in vitro* aplinkoje ant MS terpės, papildytos **1** junginiu, dvi savaites.

Karotenoidų koncentracijos rapsų lapuose kitimas panašus kaip ir chlorofilo (36 lentelė). Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus didžiausia karotenoidų koncentracija nustatyta bandinyje, nupurkštame **1** junginio 75 mg/l koncentracijos tirpalu, tačiau tai buvo nežymiai mažesnis kiekis, palyginti su kontroliniu variantu.

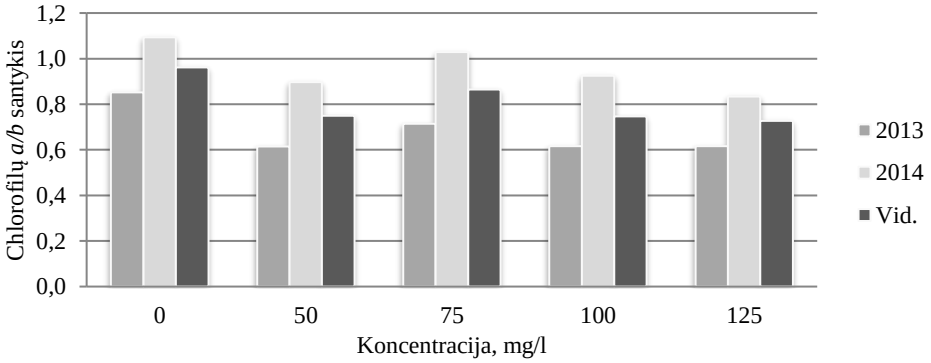
Fotosintezės pigmentų kaupimais lauko sąlygomis po 4 savaičių nuo rapsų nupurškimo buvo tirtas tik 2013 ir 2014 metais.

Praėjus keturioms savaitėms po rapsų nupurškimo **1** junginiu pastebėta, kad rapsų lapuose pagal dvejų metų tyrimų rezultatus Chl *a* koncentracija sumažėjo vidutiniškai 76 %, Chl *b* – 31 %, o karotenoidų – 86 % lyginant su antros savaitės po nupurškimo razultatais. Kontroliniame bandinyje Chl *a* vidutiniškai sumažėjo 78 %, Chl *b* – 62 %, o karotenoidų – 87 %. Palyginti su kontroliniu variantu, **1** junginys rapsų lapuose išlaiko didesnę Chl *b* koncentraciją praėjus keturioms savaitėms po nupurškimo (37 lentelė).

37 lentelė. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis chlorofilo *a* ir *b*, karotenoidų koncentracijai rapsų lapuose praėjus keturioms savaitėms po purškimo

	Tyrimų metai	**1** junginio koncentracija tirpale, mg/l				
		0	50	75	100	125
Chlorofilas *a*, mg/g	2013	0,52 ± 0,01	0,51 ± 0,05	0,55 ± 0,08	0,56 ± 0,04	0,56 ± 0,03
	2014	0,47 ± 0,02	0,69 ± 0,04	0,73 ± 0,05	0,62 ± 0,03	0,65 ± 0,05
	Vid.	0,50 ± 0,01	0,60 ± 0,05	0,64 ± 0,05	0,59 ± 0,02	0,61 ± 0,03
Chlorofilas *b*, mg/g	2013	0,61 ± 0,01	0,83 ± 0,10	0,77 ± 0,04	0,91 ± 0,04	0,91 ± 0,07
	2014	0,43 ± 0,02	0,77 ± 0,06	0,71 ± 0,05	0,67 ± 0,02	0,78 ± 0,05
	Vid.	0,52 ± 0,05	0,80 ± 0,06	0,74 ± 0,03	0,79 ± 0,07	0,84 ± 0,05
Karotenoidai, mg/g	2013	0,19 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,22 ± 0,04	0,15 ± 0,02	0,16 ± 0,03
	2014	0,18 ± 0,04	0,19 ± 0,02	0,26 ± 0,05	0,15 ± 0,01	0,18 ± 0,02
	Vid.	0,18 ± 0,03	0,17 ± 0,01	0,24 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,17 ± 0,03

Chl *a* ir *b* santykis rapsų lapuose, paimtuose po 4 savaičių nuo nupurškimo, sumažėjo vidutiniškai 3 kartus, palyginti su chlorofilo santykiu rapsų lapuose, paimtuose po 2 savaičių nuo nupurškimo. Palyginti su kontroliniu variantu, chlorofilo santykis bandiniuose antraisiais tyrimų metais buvo mažesnis 13 % iki 25 %, trečiaisiais tyrimų metais – nuo 9 % iki 27 % (58 pav.). Nors **1** junginys išlaiko didesnę Chl *b* koncentraciją rapsų lapuose, tačiau chlorofilo santykis po keturių savaičių nuo nupurškimo didesnis yra kontroliniame bandinyje.



58 pav. Įvairių koncentracijų **1** junginio poveikis chlorofilo *a / b* santykiui rapsų lapuose praėjus keturioms savaitėms po purškimo

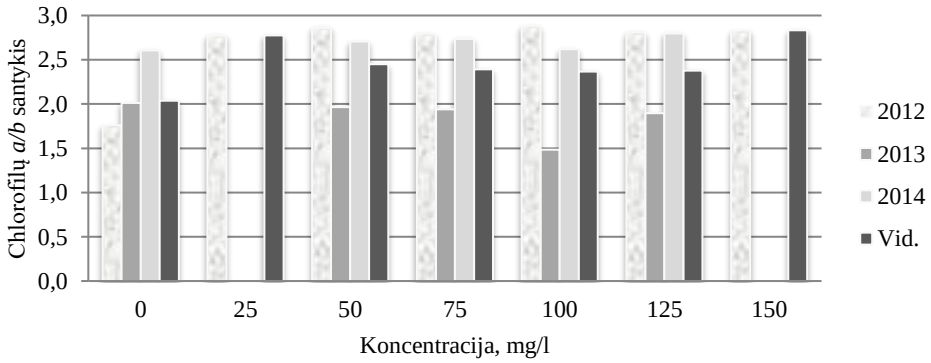
Analogiškai atliktas bandymas su rapsų lapais, nupurkštais **9** junginiu. Tyrimų rezultatai pateikti 38 ir 39 lentelėse ir 59 ir 60 paveiksluose.

Praėjus dviem savaitėms po rapsų nupurškimo **9** junginiu pastebėta, kad rapsų lapuose Chl *a* koncentracija pirmaisiais ir antraisiais tyrimų metais buvo mažesnė, palyginti su kontroliniu variantu (38 lentelė). Tik trečiaisiais metais Chl *a* koncentracija, palyginti su kontroliniu variantu, mažėjo iki 26 % ir didėjo iki 5 %, o Chl *b* koncentracija visais tyrimų metais išliko mažesnė negu kontroliniame

bandinyje. Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus didesne Chl *a* koncentracija pasižymėjo rapsai, nupurkšti **9** junginio 100 mg/l koncentracijos tirpalu.

38 lentelė. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis chlorofilo *a* ir *b*, karotenoidų koncentracijai rapsų lapuose praėjus dviem savaitėms po purškimo

	Tyrimų metai	**9** junginio koncentracija tirpale, mg/l						
		0	25	50	75	100	125	150
Chlorofilas *a*, mg/g	2012	2,36 ± 0,05	2,08 ± 0,05	2,26 ± 0,10	2,18 ± 0,02	2,22 ± 0,11	2,22 ± 0,10	2,35 ± 0,12
	2013	3,02 ± 0,01	-	2,20 ± 0,09	2,62 ± 0,12	2,55 ± 0,09	2,60 ± 0,31	-
	2014	2,76 ± 0,05	-	2,03 ± 0,07	2,60 ± 0,09	2,54 ± 0,10	2,91 ± 0,12	-
	Vid.	2,75 ± 0,11	-	2,18 ± 0,08	2,51 ± 0,17	2,77 ± 0,06	2,59 ± 0,15	-
Chlorofilas *b*, mg/g	2012	1,34 ± 0,02	0,75 ± 0,03	0,79 ± 0,03	0,78 ± 0,01	0,77 ± 0,04	0,79 ± 0,03	0,83 ± 0,05
	2013	1,50 ± 0,01	-	1,12 ± 0,08	1,35 ± 0,04	1,72 ± 0,08	1,37 ± 0,21	-
	2014	1,06 ± 0,02	-	0,75 ± 0,02	0,95 ± 0,05	0,97 ± 0,10	1,04 ± 0,18	-
	Vid.	1,35 ± 0,07	-	0,89 ± 0,07	1,05 ± 0,10	1,17 ± 0,17	1,09 ± 0,10	-
Karotenoidai, mg/g	2012	1,52 ± 0,01	0,88 ± 0,01	1,00 ± 0,04	0,91 ± 0,01	0,97 ± 0,04	0,96 ± 0,02	1,02 ± 0,03
	2013	1,29 ± 0,01	-	1,01 ± 0,10	1,14 ± 0,02	1,15 ± 0,08	1,12 ± 0,08	-
	2014	1,19 ± 0,02	-	0,86 ± 0,04	1,09 ± 0,12	1,06 ± 0,11	1,20 ± 0,11	-
	Vid.	1,35 ± 0,06	-	0,98 ± 0,06	1,05 ± 0,07	1,17 ± 0,03	1,09 ± 0,05	-



59 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis chlorofilo *a / b* santykiui rapsų lapuose praėjus dviem savaitėms po purškimo

Chl *a* ir Chl *b* santykiai (59 pav.) bandiniuose pirmaisiais tyrimų metais vidutiniškai buvo 38 % didesni, palyginti su kontroliniu variantu, o, palyginti su **1** junginiu paveiktų rapsų chlorofilo santykiu, net 41 % didesnis. Antraisiais ir

trečiaisiais tyrimų metais chlorofilo santykis nežymiai kito, palyginti su kontroliniu variantu, ir nesiskyrė nuo **1** junginiu paveiktų rapsų chlorofilo santykio. Pagal trejų metų tyrimų rezultatus, vidutinė chlorofilo koncentracija rapsuose, nupurkštuose **9** junginiu, buvo didesnė vidutiniškai 13 %, palyginti tiek su kontroliniu variantu, tiek su rapsais, nupurkštais **1** junginiu. Panašus chlorofilo santykis (2,4) buvo nustatytas rapsuose, augintuose *in vitro* aplinkoje, augintuose ant MS terpės, papildytos **9** junginiu, praėjus dviem savaitėms.

Karotenoidų koncentracijos (38 lentelė) rapsų lapuose kitimas panašus kaip ir chlorofilo. Lyginant trejų metų tyrimų rezultatus matyti, kad didžiausia karotenoidų koncentracija nustatytas kontroliniame bandinyje, o lyginant **1** ir **9** junginių poveikį – didesnė karotenoidų koncentracija susikaupia rapsuose, paveiktuose **1** junginiu.

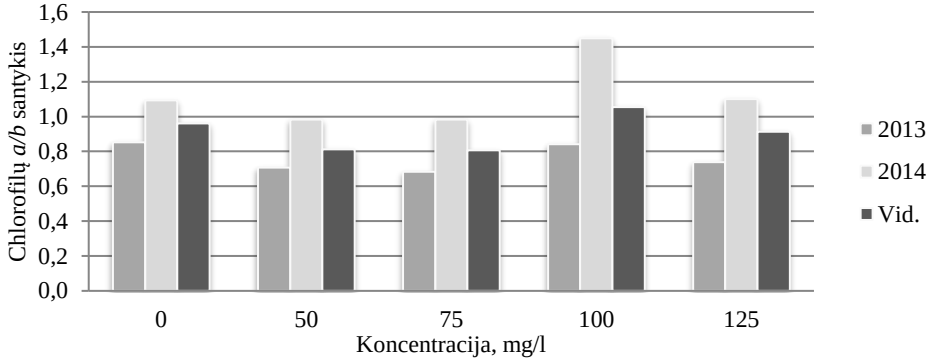
Praėjus keturioms savaitėms po rapsų nupurškimo **9** junginiu pastebėta, kad rapsų lapuose pagal dvejų metų tyrimų rezultatus Chl *a* koncentracija sumažėjo vidutiniškai 78 %, Chl *b* – 40 %, o karotenoidų – 81 % (39 lentelė.). Palyginti su kontroliniu variantu, **9** junginiu paveikti rapsai išlaiko didesnę Chl *b* koncentraciją rapsų lapuose, o, palyginti su bandiniais, paveiktais **1** junginiu, didesnę karotenoidų koncentraciją.

39 lentelė. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis chlorofilo *a* ir *b*, karotinoidų koncentracijai rapsų lapuose praėjus keturioms savaitėms po purškimo

	Tyrimų metai	**9** junginio koncentracija tirpale, mg/l				
		0	50	75	100	125
Chlorofilas *a*, mg/g	2013	0,52 ± 0,01	0,58 ± 0,07	0,54 ± 0,06	0,58 ± 0,02	0,48 ± 0,03
	2014	0,47 ± 0,02	0,55 ± 0,06	0,55 ± 0,05	0,58 ± 0,03	0,55 ± 0,05
	Vid.	0,50 ± 0,02	0,56 ± 0,04	0,54 ± 0,04	0,58 ± 0,02	0,52 ± 0,04
Chlorofilas *b*, mg/g	2013	0,61 ± 0,01	0,82 ± 0,08	0,79 ± 0,08	0,69 ± 0,01	0,65 ± 0,06
	2014	0,43 ± 0,02	0,56 ± 0,06	0,56 ± 0,06	0,40 ± 0,04	0,50 ± 0,05
	Vid.	0,52 ± 0,05	0,69 ± 0,08	0,67 ± 0,07	0,55 ± 0,07	0,57 ± 0,06
Karotenoidai, mg/g	2013	0,19 ± 0,01	0,20 ± 0,03	0,20 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,20 ± 0,01
	2014	0,18 ± 0,04	0,17 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,22 ± 0,02
	Vid.	0,18 ± 0,03	0,19 ± 0,03	0,20 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,21 ± 0,01

Chl *a* ir Chl *b* santykis rapsų lapuose, paimtuose po keturių savaičių nuo nupurškimo, sumažėjo vidutiniškai 2,4 kartus (60 pav.), lyginant su chlorofilo santykiu rapsų lapuose, paimtuose po dviejų savaičių nuo nupurškimo. Palyginti su kontroliniu variantu, chlorofilo santykis bandiniuose antraisiais tyrimų metais kito nežymiai, trečiaisiais tyrimų metais mažėjo 9 % ir didėjo iki 36 %, prikausomai nuo purškimui naudotos koncentracijos. Nors **9** junginys išlaiko didesnę Chl *b* koncentraciją rapsų lapuose, kaip ir **1** junginys, tačiau chlorofilo santykis po keturių savaičių nuo nupurškimo išlieka 6 % didesnis kontroliniame bandinyje. Lyginant

rapsus, paveiktus **1** ir **9** junginiais, didesnis chlorofilo santykis (13 %) praėjus keturioms savaitėms po nupurškimo išlieka rapsuose, paveiktuose **9** junginiu.



60 pav. Įvairių koncentracijų **9** junginio poveikis chlorofilo *a / b* santykiui rapsų lapuose praėjus keturioms savaitėms po purškimo

Mokslininkai F. Ullah, A. Bano ir A. Nosheen (2012) tyrė dviejų rapsų veislių „Rainbow“ ir „Dunkeld“ fotosintezės pigmentų susidarymą esant sausros stresui ir rapsus paveikus augimo reguliatoriais salicilo rūgštimi ir pitrescinu. Nustatyta, kad tiek *Chl a,* tiek *Chl b* koncentracijos didėjimą skatina salicilo rūgštis. „Dunkeld“ veislės rapsuose *Chl a* ir *Chl b* koncentracija siekia 0,13 mg/g ir 0,035 mg/g, kai kontroliniame variante atitinkamai buvo 0,1 mg/g ir 0,02 mg/g. Pastebėta ir tai, kad abu augimo reguliatoriai esant sausros stresui padeda išlaikyti chlorofilų koncentraciją artimą kontroliniam variantui, o „Rainbow“ veislės rapsuose netgi padidina *Chl b* koncentraciją. Nustatyta ir tai, kad abu augimo reguliatoriai nežymiai padidina karotinoidų koncentraciją rapsų lapuose, o esant sausros stresui išlaiko tokią pačią kaip kontroliniame variante.

3.5. Rapsų DNR tyrimas

Atsitiktinai amplifikuotos polimorfinės DNR (AAPD) metodas pradėtas taikyti 1990 metais. Skirtingai nei įprasti PGR pradmenys, kurie yra komplementarūs konkrečioms matricinėms DNR sekoms, AAPD metode naudojami komplemetariai jungiasi su atsitiktinėmis genominės DNR sekomis, kurių genome gali būti iki kelių šimtų. Yra tikimybė, kad atsitiktiniai pradmenys hibridizuosis su bet kuriuo genomu. Paprastai AAPD metodu gaunama nuo 1 iki 20 fragmentų. Atsitiktiniai pradmenys gali būti 8–50 nukleotidų ilgio. Dažniausiai AAPD naudojami 10 nukleotidų pradmenys (I. Miceikienė, A. Paulauskas, I. Grigaliūnaitė, J. Malevičiūtė ir V. Tubelytė-Kirdienė, 2002).

AAPD metodas gali identifikuoti pokyčius augaluose, kurie atsiranda dėl tam tikrų stresų poveikio. Šis metodas naudojamas augalų genomo stabilumui įvertinti (Nathalie Isabel ir kt., 1996; Gyana R. Rout, P. Das, Shailendra Goes ir Soom N. Raina, 1998). AAPD metodas taikomas net morfologiškai nesiskiriančioms genetinėms linijoms ar kamienams diferencijuoti, taip pat DNR pokyčiams, atsiradusiems dėl mutagenų poveikio, identifikuoti (Donatas Žvingila ir kt., 2008).

AAPD metodas sėkmingai naudojamas rapsų genetinei veislių įvairovei nustatyti (Nisar Ahmad ir kt., 2007; Hu Shengwu, J. Ovesan, L. Kučera, M. Vyvadilova, 2003). Įvairūs molekuliniai žymenys naudojami genetinei įvairovei ištirti tarp įvairių *Brassica* rūšies grupių kultūrų. *Brassica napus* L. genetinei įvairovei ištirti naudojami SSR (Sheng Chen, Jun Zou, Wallace Cowling ir J. Meng, 2010; Maen Hasan ir kt., 2006; Cunmin Qu ir kt., 2012), AAPD žymenys (N. Ahmad ir kt., 2007; E. Fazeli, F. Shahriari, H. Samizadeh, A. Bagheri ir M. Farsi, 2008; Loreta Gečaitė, Algimatas Palauskas, Milda Jodinskienė ir Jana Radzijevskaja, 2009; Jeromela Ana Marjanovic, Anica S.Kondic, Dejana P. Saftic, Radovan Marinkovic ir Nikola Hristov, 2009; Mohammad Moghaddam ir kt., 2009; Özlem Özbek ir Betul U. Gidik, 2013). Naudojant molekulinius žymenis buvo apibūdinta *Brassica napus* genetinė medžiaga (Ali Shahid ir kt., 2011), o genetinė įvairovė tarp veislių apskaičiuota pagal morfologinius ir molekulinius žymenis (A. I. Fahmi, O. M. Assal, A. A. Nawar, A. A. El-Hossary ir M. M. Mohammed, 2012).

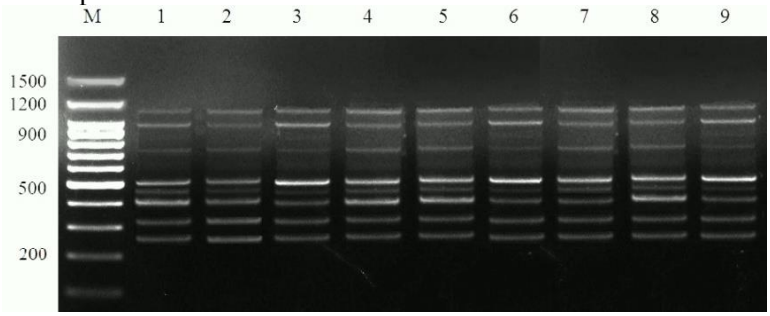
Nors AAPD metodu tiriama DNR dažnai parodo mažai pasikartojimų, tačiau šis metodas dėl savo paprastumo ir greito rezultato plačiai naudojamas veislėms, genetiniam kintamumui, santykiams tarp kultūrų genotipų nustatyti, sudarant susiejamuosius žemėlapius (Nevin Dale Young, 2000; Jaroslava Ovesna, Katerina Polakova ir Leona Leisova, 2002). Chaozhi Ma ir kt. (2000) analizavo 50 *Brassica napus* veislių genetinę įvairovę iš Kinijos, Japonijos, Korėjos, Kanados ir Europos šalių, naudodami AAPD žymenis. Taip jie dėl gautų panašumų ir skirtumų Japonijos ir Kinijos veisles atskyrė nuo Europos genotipų. Naudojant šį metodą tarp Europos genotipų buvo atskirtos žieminės ir vasarinės veislės. Pagal M. Yuan, Y. Zhou ir D. Liu (2004) AAPD žymenys yra pakankamai jautrūs atskleisti palaipsniui mažėjančią *Brassica napus* genetinę variaciją ir pasikartojimus atrankos cikluose.

Lietuvoje AAPD metodas naudojamas nustatant žieminių rapsų genetinį pasiskirstymą (A. Paulauskas ir kt., 2013). 2009 metais L. Gečaitė ir kt., naudodami AAPD metodą, nustatė genetinę įvairovę tarp vasarinių rapsų veislių „Maskot“, „Savana“, „Heros“, „Ural“ ir „Land Mark“ Lietuvoje. Šis metodas taip pat naudotas laukinių spanguolių (*Vaccinium oxycoccos*) (J. Areškevičiūtė, A. Paulauskas, Laima Česonienė ir Remigijus Daubaras, 2006) klonų genetinei įvairovei nustatyti.

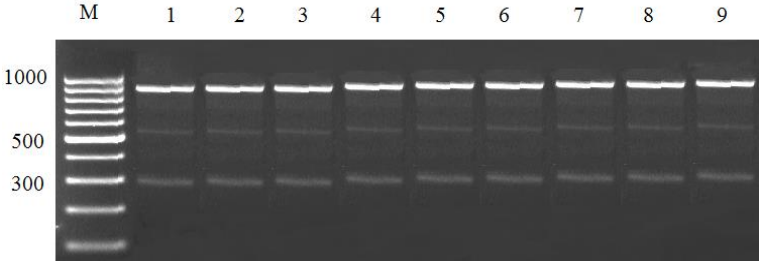
Vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.) DNR analizei buvo panaudoti trys skirtingi pradmenys, pasirinkti pagal literatūros šaltinius (L. Gečaitė ir kt. 2009; K. K. Ghosh, M. E. Haque, S. Parvin, F. Akhter ir M. M. Rahim, 2009; E. Maltas ir H. C. Vural, 2013; A. Paulauskas ir kt. 2013).

Azolai naudojami kaip stiprūs fungicidai prieš augalų grybelinius patogenus. Jie turi stiprų toksišką popveikį. Nors nėra rasta tiesioginių duomenų, kad azolai ar jų dariniai turėtų įtakos augalų DNR kitimui, tačiau literatūros šaltiniuose aptikta abejonė, kad tokie azolų dariniai kaip *epronaz* (N-etil-N-propil-3-propilsulfonil-1,2,4-tiazol-1-karboksiamidas) ir *cafestrole* (N,N-dietil-3-mesitilsulfonil-1H-1,2,4-tiazol-1-karboksiamide) turi mutageninių požymių. Esant tokioms abejonėms, ar visi azolo fragmentą turintys junginiai yra nemutageniniai, buvo atlikta pirminė rapsų DNR analizė.

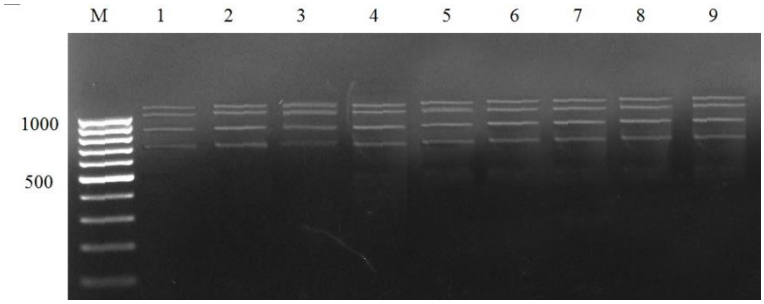
Bandymui naudoti rapsų lapai paimti nuo augalų nupurkštų 125 mg/l koncentracijos tiriamųjų junginių tirpalais. Rapsų lapų DNR analizės metu gauta 16 amplifikuotų polimorfinių produktų. Amplifikuotų produktų dydis kinta nuo 250 bp iki 1200 bp. Elektroforezės gelių nuotraukos su gautais amplifikacijos produktais pateiktos 61–63 paveiksluose.



61 pav. Rapsų DNR analizė su pradmeniu P-01. 1–3 linija kontrolinis variantas, 4–6 linija apipurškimas **1** junginiu, 7–9 linija apipurškimas **9** junginiu



62 pav. Rapsų DNR analizė su pradmeniu P-02. 1–3 linija kontrolinis variantas, 4–6 linija apipurškimas **1** junginiu, 7–9 linija apipurškimas **9** junginiu



63 pav. Rapsų DNR analizė su pradmeniu P-03. 1–3 linija kontrolinis variantas, 4–6 linija apipurškimas **1** junginiu, 7–9 linija apipurškimas **9** junginiu

Po amplifikacijos su kiekvienu pradmeniu gautas skirtingas kiekis produktų, kurių dydžiai tap pat skirtingi. Informatyviausias pradmuo buvo P-01 – amplifikacijos metu susidarė 9 APPD atkarpos. Pradmenys P-02 ir P-03 buvo mažiau informatyvūs ir amplifikacijos metu susidarė tik po 4 APPD atkarpas. Iš elektroforezės metu gautų gelių nuotraukų galima daryti išvadą, kad **1** ir **9** junginių 125 mg/l koncentracijos tirpalai, kuriais vasariniai rapsai nupurkšti prieš žydėjimą, augalo DNR kitimui poveikio neturėjo.

4. APIBENDRINIMAS

N-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos *in vivo* padidino augalo šakų, vidutinį šoninių šakelių, ankštarų kiekį, vidutinį sėklų skaičių ankštaroje, sėklų derlių ir 1 000 sėklų svorį. Gautose rapsų sėklose buvo dideni fenolinių junginių, riebalų, baltymų ir aliejaus kiekiai bei mažesni pelenų ir gliukozinolatų kiekiai. Tiek *in vitro*, tiek *in vivo* sąlygomis šie junginiai didino fotosintezės pigmentų susidarymą. Šiuos junginius galima naudoti kaip efektyviai skatinančius vasarinių rapsų augimą ir derliaus padidėjimą.

Remiantis gautais tyrimų duomenimis galima tokia rekomendacija junginių panaudojimui:

Pasirinkus purkšti ***N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino natrio druskos** tirpalu rekomenduojama naudoti jų norma būtų 25,2 g/ha. Galima nauda vidutiniškai 17 % didesnis aliejaus kiekis iš hektaro ir 31 % didesnis baltymų kiekis rapsų sėklose.

Pasirinkus purkšti **3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos** tirpalu rekomenduojama naudoti jų norma būtų 42 g/ha. Galima nauda vidutiniškai 18 % didesnis aliejaus kiekis iš hektaro ir 27 % didesnis baltymų kiekis rapsų sėklose.

Norint išgauti tik didesnį rapsų sėklų derlių rekomenduojama purkšti **3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos** tirpalu, kurio rekomenduojamos sąnaudos būtų 33,6 g/ha. Galima nauda vidutiniškai 9 % rapsų sėklų derliaus padidėjimas.

Purškimo tirpalo paruošimas

Rekomenduojami naudoti junginiai gerai tirpūs vandenyje. Į purkštuvą reikia pripilti 2/3 purkštuvo naudojamo vandens kiekio. Supilti pasirinktą junginį ir gerai išmaišyti. Supilti likusį vandens kiekį ir dar kartą gerai išmaišyti.

IŠVADOS

1. *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgštis teigiamai veikė rapsų hipokotilių ir šaknų vystymąsi ir skatino fotosintezės pigmentų susidarymą *in vitro*.
2. *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos *in vivo* padidino augalo šakų, vidutinį šoninių šakelių, ankštarų kiekį, vidutinį sėklų skaičių ankštaroje, sėklų derlių ir 1 000 sėklų svorį, taip pat padidino baltymų kiekį rapsų sėklose atitinkamai 31 % ir 27 %, o išgaunamo aliejaus kiekį – 4 % ir 9 %. Aliejaus cheminiai sudėčiai tiriamieji junginiai poveikio neturėjo. Tyrimai parodė, kad 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska efektyviai skatina vasarinių rapsų augimą ir ją galima naudoti rapsų derliaus didinimui.
3. Rapsus prieš žydėjimą nupurškus *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos tirpalais ir atlikus rapsų sėklų cheminius tyrimus nustatyta, kad:
   3.1. padidėjo bendra fenolinių junginių koncentracija;
   3.2. gliukozinolatų kaupimuisi rapsų sėklose junginiai poveikio neturėjo;
   3.3. rapsus paveikus tirtaisiais junginiais jų sėklų peleningumas sumažėjo. Labiausiai peleningumą sumažino 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska;
   3.4. padidėjo antioksidacinis rapsų sėklų ekstrakto efektyvumas, parodęs, kad rapsų sėklose esantis aliejus yra atsparesnis oksidacijai.
4. Fotosintezės pigmentų kaupimasis rapsų lapuose parodė, kad:
   4.1. *in vitro* sąlygomis, didesniu chlorofilo *a* ir *b* santykiu po 2 ir 4 savaičių pasižymėjo rapsai, auginant juos ant MS terpės, papildytos 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgštimi;
   4.2. 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druska intensyviau veikia fotosintezės pigmentų pasiskirstymą.
5. DNR tyrimai su pasirinktais pradmenimis parodė, kad *N*-fenil-*N*-(5-okso-4,5-dihidro-1,3-tiazolil-2il)-*β*-alanino ir 3-(1*H*-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos nesukelia vasarinių rapsų DNR pakitimų.

5. LITERATŪRA

1. „Dotnuva Baltic“. *SW Landmark veislės rapsų duomenys*. [žiūrėta 2013-05-02] Prieiga internete: http://www.dotnuvosprojektai.lt/kategorija/seklos/vasariniai-rapsai/sw-landmark
2. ABDUL QADOS, AMIRA M. S. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* [interaktyvus]. 2011, 10(1), 7–15[žiūrėta 2012-10-15]. ISSN 1658-077X.
3. AHMAD, N., MUNIR, I., KHAN, I. A., ALI, W., MUHAMMAD, W., HABIB, R., KHAN, R. S., SWATI, Z. A. PCR-Based Genetic Diversity of Rapeseed germplasm Using RAPD Markers. *Biotechnology*. 2007, 6(3), 334–338. ISSN 1682-296X.
4. ALI, B., HASAN, S. A., HAYAT, Q., YADAV, S., FARIDUDDIN, Q., AHMAD, A. A role of brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress trough antioxidant system in mung bean (*Vigna radiate* L. Eilczek). *Enviromental and Experimental Botany*. 2008, 62, 153–159 [žiūrėta 2011-10-15]. ISSN 0098-8472.
5. AMALESH, S., GOUNRANGA, D., SANJOY, K. D. Roles of flavonoids in plants. *Int J Pharm Sci Tech.* 2011, 6, 12–35. ISSN 0975-0525.
6. ANGUS, J. F., GARDNER, P. A., KIRKEGAARD, J. A., DESMARCHELIER, J. M. Biofumigation – isothiocyanates released from *Brassica* roots inhibit growth of the take-all fungus. *Plant and Soil*. 1994, 162, 107–112 [žiūrėta 2011-12-20] ISSN 1573-5036. Prieiga per doi: 10.1007/BF01416095
7. AREŠKEVIČIŪTĖ, J., PAULAUSKAS, A., ČESONIENĖ, L., DAUBARAS, R. Genetic characterisation of wild cranberry (*Vaccinium oxycoccos*) from Čepkeliai reserve by the RAPS method. *Biologija*. 2006, 1, 5–7. ISSN 1392-0146.
8. ARORA, A., BYREM, T. M., NAIR, M. G., STRASBURG, G. M. Modulation of liposomal membrane fluidity by flavonoids and isoflavonoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2000, 373, 102–109 [žiūrėta 2012-03-14] ISSN 0003-9861. Prieiga per doi: 10.1006/abbi.1999.1525
9. ASTOT, C., DOLEZAL, K., MORDSTROM, A., WANG, Q., KUNKEL, T., MORITZ, T., CHUA, N. H., SANDBERG, G. An alternative cytokinin biosynthesis pathway. *Proc Natl Acad Sci*. 2000, 97(26), 14778–14783 [žiūrėta 2013-07-05]. ISSN 1091-6490. Prieiga per doi: 10.1073/pnas.260504097
10. AUŠKALNIENĖ, O. Augimo reguliatoriaus Modus mišinių įtaka žieminių kviečių derliui ir jo struktūros elementams. *Agriculture*. 2005, 90, 48–60. ISSN 1392-3196.
11. BAILEY, C.D., KOCH, M.A., MAYER, M., MUMMENHOFF, K., O’KANE, S., WARWICK, S. I., WINDHAM, M. D., AL-SHEHBAZ, I. A. Toward a global phylogeny of the *Brassicaceae*. *Molecular Biology and Evolution*. 2006, 23(11), 2142–2160 [žiūrėta 2012-07-06] ISSN 1537-1719. Prieiga per doi: 10.1093/molbev/msl087
12. BAJGUZ, A., HAYAT, S. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2009, 47(1), 1–8 [žiūrėta 2011-10-18] ISSN: 0981-9428. Prieiga per doi: 10.1016/j.plaphy.2008.10.002
13. BARANAUSKAITĖ, D., REMEIKIENĖ, I. *Farmakognozija: vadovėlis.* Vilnius: Mokslas, 1983.

14. BAUX, A., HEBEISEN, T., PELLET, D. Effects of minimal temperatures on low-linolenic rapeseed oil fatty-acid composition. *European Journal of Agronomy*. 2008, 29, 102–107 [žiūrėta 2014-06-18] ISSN 1161-0301. Prieiga per doi: 10.1016/j.eja.2008.04.005
15. BENMALEK, Y., AIT YAHIA, O., BELKEBIR, A., FARDEAU, M.L. Anti-microbial and anti-oxidant activities of *Illicium vertum, Crataegus oxyacantha ssp monogyna* and *Allium cepa* red and white varieties. *Bioengineered*. 2013, 4(4), 244–248 [žiūrėta 2015-03-16]. ISSN: 2165-5979. Prieiga per doi: 10.4161/bioe.24435
16. BENSMIHEN, S.. Hormonal control of lateral root and nodule development in legumes. *Plants*. 2015, 4, 523–547 žiūrėta 2016-08-10]. ISSN 2223-7747 .Prieiga per doi: 10.3390/plants4030523
17. BONES, A. M., ROSSITER, J. T. The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates. *Phytochemistry*. 2006, 67, 1053–1067 [žiūrėta 2011-12-14] ISSN: 0031-9422. Prieiga per doi: 10.1016/j.phytochem.2006.02.024
18. BRADFORD K. J. Shang Fa Yang: Pioneer in plant ethylene biochemistry. *Plant Science*. 2008, 175, 2–7 [žiūrėta 2016-05-24] ISSN: 0168-9452. Prieiga per doi: 10.1016/j.plantsci.2008.01.005
19. BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*. 1976, 72, 248–254 [žiūrėta 2016-08-24] ISSN: 0003-2697. Prieiga per doi: 10.1016/0003-2697(76)90527-3
20. BUER, C. S., IMIN, N., DJORDJEVIC, M. A. Flavonoids: New roles for old molecules. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2010, 52(1), 98–111 [žiūrėta 2013-04-22]. ISSN 1744-7909.Prieiga per doi: 10.1111/j.1744-7909.2010.00905.x
21. BUTKUTĖ, B., DABKEVIČIUS, Z. Agropriemonių bei genotipo įtaka gliukozinolatų kaupimuisi rapsų sėklose ir jų kiekio įvairavimas išspaudose. *Gyvulininkystė*. Mokslo darbai. 2007, 49, 40–55. ISBN 1392-6144.
22. BUZAU, G. Canola. *New Crops: Agronomy and Potential of Alternative Crop Species*, R. S. Jessop, RL Wright, eds. Inkata Press, Sydney. 1991, p. 19
23. CALLAHAN, D. L., BAKER, A. J. M., KOLEV, S. D., WEDD, A. G. Metal ion ligands in hyperaccumulating plants. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. 2006, 11, 2–12. [žiūrėta 2012-06-17]. ISSN 1432-1327. Prieiga per doi: 10.1007/s00775-005-0056-7
24. CAPITANI, C. D., CARVALHO, A. C. L., RIVELLI, D. P., BARROS, S. B. M., CASTRO, I. A. Evaluation of natural and synthetic compounds according to their antioxidant activity using a multivariate approach. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2009, 111(11),1090–1099 [žiūrėta 2011-10-28]. ISSN 1438-9312. Prieiga per doi: 10.1002/ejlt.200800215
25. CEGIELSKA-TARAS, T., PNIEWSKI, T. The use of herbicides in biotech oilseed rape cultivation and in generation of transgenic homozygous plant of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). In: *Herbicides-Mechanisms and More of Action*. 2011, pp. 125–136. [žiūrėta 2013-08-26]. ISBN 978-953-307-744-4.Prieiga per doi: 10.5772/32601
26. ČETKAUSKAITĖ, A., ZIMKUS, A. *Mokomoji knyga: Ekologinė biochemija*. Kaunas: Technologija, 2008.

27. CHAVES, M. M., MAROCO, J. P., PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*. 2003, 30, 239–264 [žiūrėta 2013-04-26]. ISSN 1445-4416. Priega per Reseaech Gate. Prieiga per doi: 10.1071/FP02076

28. CHAVES, M. M., PEREIRA, J. S., MAROCO, J., RODRIGUES, M. L., RICARDO, C. P. P., OSÓRIO, M. L., CARVALHO, I., FARIA, T., PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*. 2002, 89, 907–916 [žiūrėta 2011-12-15]. ISSN 1095-8290. Prieiga per doi: 10.1093/aob/mcf105

29. CHEN, S., ZOU, J., COWLING, W. A., MENG, J. Allelic diversity in novel gene pool of canola-quality *Brassica napus* enriched with alleles fron *B. Rapa* and *B. Carinata.*. *Australian Journal of Agricultural Research.* . 2010. 61 (6): 483-492 ISSN: 1836-0947

30. CRAMER, G. R., URANO, K., DELROT, S., PEZZOTTI, M., SHINOZAKI, K. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biology*. 2011, 11, 163. [žiūrėta 2013-04-19]. ISSN 1471-2229. Prieiga per doi: 10.1186/1471-2229-11-163

31. CROUCH, M. L., SUSSEX, I. M. Development and storage-protein synthesis in Brassica napus L. embryos *in vivo* and *in vitro*. *Planta*. 1981, 153. pp. 64–74. [žiūrėta 2011-12-05]. ISSN 0032-0935. Prieiga per doi: 10.1007/BF00385319

32. DARCIN, E. S., KOLSARICI, O., YILDIZ, M. Establishment of efficient regeneration protocol for three rapeseed cultivars. *Biotechnology, Biotechnological Equipment.* 2014, 28(1), 21–26 [žiūrėta 2016-05-14]. ISSN 1314-3530. Prieiga per doi: 10.1080/13102818.2014.901668

33. DAUNORAS, G. *Farmakopėjos straipsnių rinkinys*. Kaunas: Kauno medicinos universitetas, 2001.

34. DE BOUILLE, P., SOTTA, B., MIGINIAC, E., MERRIEN, A. Hormones and pod development in oilseed rape (Brassica napus). *Plant Physiology*. 1989, 90(3), 876–880. ISSN 0032-0889.

35. DELLAPENNA, D. Carotenoid synthesis and function in plants: Insights from mutant studies in *Arabidopsis thaliana*. *Pure and Applied Chemistry*. 1999, 71 (12): 2205–2212 [žiūrėta 2016-08-23]. ISSN 1572-0233. Prieiga per doi: 10.1007/0-306-48209-6_2

36. DEMMIG-ADAMS, B., GLIMORE, A. M., ADAMS, W. W. Carotenoids 3: in vivo function of carotenoids in higher plants. *The FASEB Journal*. 1996, 10(4), 403–412. ISSN 0892-6638.

37. DODGE, A. D. The mode of action of the bipyridylium herbicides, paraquat and diquat. *Endeavour*. 1971, 30 (111), 140–135 [žiūrėta 2015-10-20]. ISSN 0160-9327. Prieiga per doi: 10.1016/0160-9327(71)90039-1

38. DORANTAS-ACOSTA, A. E., SANCHEZ-HERNANDEZ, C. V, ARTEAGA-VAZQUEZ, M. A. Biotic stress in plants: life lessons from your parents and grandparents. *Frontiers in Genetics*. 2012, 3, 256 [žiūrėta 2015-09-14]. ISSN 1664-8021. Prieiga per doi: 10.3389/fgene.2012.00256

39. EDWARDS, K., JOHNSTONE, C., THOMPSON, C. A simple and rapid method for the preparation of plant genomic DNA for PCR analysis. *Nuclier Acids Research*. 1991, 19(6), 1349. ISSN 0305-1048.

40. EMAMVERDIAN, A., DING, Y., MOKHBERDORAN, F., Xie Y. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defence response. *The Scientific World Journal*. 2015, Article ID 756120, p. 18. [žiūrėta 2016-05-02]. ISSN 1537-744X. Prieiga per doi: 10.1155/2015/756120

41. ENGEUS, H., HEBER, U., MATHIESEN, U., KIRK, M. Reduction of oxygen by electon transport chain of chloroplasts during assimilation of carbon dioxide. *Biochem Biophys Acta*. 1975, 408(3), 252–268 [žiūrėta 2011-11-25]. ISSN 0005-2728. Prieiga per Science Direct. Prieiga per doi: 10.1016/0005-2728(75)90128-0

42. FAHMI, A.I., ASSAL, O. M., NAWAR, A. A., EL-HOSSARY, A. A., MOHAMMED, M. M. Genetic diversity of *Brassica napus* L. varieties estimated by morphological and molecular markers. *Internations Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2012, 6(2), 83–93. [žiūrėta 2015-03-05]. ISSN 1819-3595. Prieiga per doi: 10.3923/ijpbg.2012.83.93

43. FARIDUDDIN, Q., YUSUF, M., BEGUM, M., AHMAD, A. 28-homobrassinolide protects photosynthetic machinery in Indian nustard under hight temperature stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2014, 10(1), 181–194. ISSN 1997-0838.

44. FASANO, R., GONZALEZ, N., TOSCO, A., DAL PIAZ, F., DOCIMO, T., SERRANO, R., GRILLO, S., LEONE, A., INZE, D. Role of *Arabidopsis* UV RESISTANCE LOCUS 8 in plant growth reduction under osmotic stress and low levels of UV-B. *Molecular Plant*. 2014, 7(5), 773–791 [žiūrėta 2015-04-15]. ISSN 1752-9867. Prieiga per Science Direct. Prieiga per doi: 10.1093/mp/ssu002

45. FAZELI, E., SHAHRIARI, F., SAMIZADEH, H., BAGHERI, A., FARSI, M. Evaluation of genetic diversity among different genotypes of *Brassica napus* using random amplified polymorphic DNA markers. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2008, 11(23), 2629–2633. [žiūrėta 2014-03-09]. ISSN 1028-8880. Prieiga per doi: 10.3923/pjbs.2008.2629.2633

46. FEIDOR, J., BURDA, K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*. 2014., 6(2), 466–488 [žiūrėta 2016-01-25]. ISSN 2072-6643. Prieiga per doi: 10.3390/nu6020466

47. FINKELSTEIN, R. R., TENBARGE, K. M., SHUMWAY, J. E., CROUCH, M. L. Role of ABA in maturation of rapeseed embryos. *Plant Physiology*. 1985, 78(3), 630–636. ISSN 1532-2548.

48. FONT, R., CELESTINO, M. D. R., ROSA, E., AIRES, A., BAILÓN, A. D. H. Glucosinolate assessment in *Brassica oleracea* leaves by near-infrared spectroscopy. *The Journal of Agriculture Science*. 2005, 143, 65–73 [žiūrėta 2012-04-26]. ISSN 1469-5146. Prieiga per doi: 10.1017/S0021859605004806

49. FOUAD, W. M., ALTPETER, F. Transplastomic expression of bacterial L-aspartate-α-decarboxylase enhances photosynthesis and biomass production in response to high temperature stress. *Transgenic Research*. 2009, 18(5), 707–718 [žiūrėta 2013-10-15]. ISSN 0962-8819. Prieiga per doi: 10.1007/s11248-009-9258-z

50. FOUAD, W. M., RATHINASABAPATHI, B. Expression of bacterial L-aspartate-α-decarboxylase in tobacco increases β-alanine and pantothenate levels and improves thermotolerance. *Plant Molecular Biology*. 2006, 60 (4), 495–505 [žiūrėta 2012-09-12]. ISSN 0167-4412. Prieiga per doi: 10.1007/s11103-005-4844-9

51. FRANCOIS, L. E. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronony Journal*. 1994, 86 (2), 233–237. [žiūrėta 2014-03-12]. ISSN 0002-1962. Prieiga per doi: 10.2134/agronj1994.00021962008600020004x

52. FROHNMEYER, H., and STAIGER, D. Ultraviolet-B radiation-mediated responses in plants. Balancing damage and protection. *Plant Physiology*. 2003, 133(4), 1420–1428 [žiūrėta 2013-01-15]. ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.1104/pp.103.030049

53. FUJITA, M., FUJITA, Y., NOUTOSHI, Y., TAKAHASHI, F., NARUSAKA, Y., YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K., SHINOZAKI, K. Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signalling networks. *Current Opinion in Plant Biology*. 2006, 9 (4), 436–442 [žiūrėta 2012-02-06]. ISSN 1369-5266. Prieiga per Science Direct. Prieiga per doi: 10.1016/j.pbi.2006.05.014

54. GALLEGO-BARTOLOME, J., ARANA, M. V., VANDENBUSSCHE, F., ŽADNIKOVA, P., MINGUET, E. G., GUARDIOLA, V., VAN DER STRAETEN, D., BENKOVA, E., ALABADI, D., BLAZQUEZ, M.A. Hierarchy of hormone action controlling apical hook development in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*. 2011, 67(4), 622–634. [žiūrėta 2013-01-05]. ISSN 4698-646X. Prieiga per doi: 10.1111/j.1365-313X.2011.04621.x

55. GAVELIENĖ, V., NOVICKIENĖ, L., MILIUVIENĖ, L., BRAZAUSKIENĖ, I., KAZLAUSKIENĖ, D. Possibilities to use growth regulators in winter oilseed raoe growing technology 2. Effects of auxin analogues on the formation of oilseed rape generative organs and plant winter hardiness. *Agronomy Research*. 2005, 3 (1), 9–19. ISSN 1406-894X.

56. GAVELIENĖ, V., NOVICKIENĖ, L., PAKALNIŠKYTĖ, L. Effect of auxin physiological analogues on rapeseed (*Brassica bapus*) cold hardening, seed yield and quality. *Journal of Plant Research*. 2012, 126(2), 283–292 [žiūrėta 2014-06-09]. ISSN 0918-9440. Prieiga per doi: 10.1007/s10265-012-0525-3

57. GEČAITĖ, L., PAULAUSKAS, A., JODINSKIENĖ, M., RADZIJEVSKAJA, J. Genetic diversity of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2009, 9 (1), 13–18. ISSN 1407-8953.

58. GEORGE, E. F., HALL, M. A., DE KLERK, G. J. *Plant Propagation by Tissue Culture* 3rd Edition. Springer, 2008. [žiūrėta 2014-08-19]. ISBN 978-1-4020-5005-3 Prieiga per doi: 10.1007/978-1-4020-5005-3

59. GERSZBERG, A., HNATUSZKO-KONKA, K., KOWALCZYK, T. *In vito* regeneration of eight cultivars of *Brassica oliracea* var. *capitata*. *In Vitro Cellular and Developmental Biology*. 2015, 51(1), 80–87. [žiūrėta 2017-03-08] ISSN 1054-5476. Prieiga per doi: 10.1007/s11627-014-9648-7

60. GHOSH, K. K., HAQUE, M. E., PARVIN, S., AKHTER, F., RAHIM, M. M. Genetic diversity analysis in *Brassica* varieties through RAPD markers. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 2009, 34(3), 493–503. [žiūrėta 2012-06-09] ISSN 0258-7122. Prieiga per doi: 10.3329/bjar.v34i3.3976

61. GILL, S. S., ANJUM, N. S., GILL, R., JHN, M., TUTEJA, N. DNA damage and repair in plants under ultraviolet and ionizing radiations. *The Scientific World Journal*. 2015, (2015). Article ID: 250158, p. 11. [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per doi: 10.1155/2015/250158

62. GONZALEZ, A. A., AGBEVENOU, K., HERRBACH, V., GOUGH, C., BENSMIHEN, A. Abscisic acid promotes pre-emergence stages of lateral root development in *Medicago truncatula*. *Plant Signaling and Behavior*. 2015, 10(1), e977741. [žiūrėta 2017-01-06]. ISSN 1559-2324. Prieiga per doi: 10.4161/15592324.2014.977741

63. GRACE, S. C., and LOGAN, B. A. Energy dissipation and radical scavenging by the plant phenylpropanoid pathway. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London B*. 2000, 355, 149–1510. [žiūrėta 2013-07-08]. Prieiga per doi: 10.1098/rstb.2000.0710

64. GRALA, W., VERSTEGEN, M. W. A., JANSMAN, A. J. M., HUISMAN, J., WASILEWKO, J. Nitrogen utilization in pigs fed diets with soybean and rapeseed products leading to different ilea endogenous nitrogen losses. *Journal of Animal Science*. 1998, 76, 569–577. [žiūrėta 2012-08-06] ISSN 1525-3163. Prieiga per doi: 10.2527/1998.762569x

65. GRASER, G., SCHNEIDER, B., OLDHAM, N.J., GERSHENZON, J. The methionine chain elongation pathway in the biosynthesis of glucosinolates in *Eruca sativa (Brassicaceae). Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2000, 378 (2), 411–419. Prieiga per Science Direct. [žiūrėta 2014-03-18] ISSN 0003-9861. Prieiga per doi: 10.1006/abbi.2000.1812

66. GRIESBACH, R. J. Biochemistry and genetic of floer color. In: *Plant Breeding Reviews*. (ed. J. Janick), John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK. 2005, 25, 89–114. [žiūrėta 2014-03-18]. Prieiga per doi: 10.1002/9780470650301.ch4

67. GRIGORE, M. N., BOSCAIU, M., VICENTE, O. Assessment of the relevance of osmolyte biosynthesis for salt tolerance of halophytes under natural conditions. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*. 2011, 5(2), 12–19. [žiūrėta2013-07-16]. ISSN 1752-3842.

68. GUPTA, D. K., and SANDALIO, L. M. *Metal Toxicity in Plants: Perception, Singnaling and Remediation*. 2012. [žiūrėta 2014-05-19]. Prieiga per doi: 10.1007/978-3-642-22081-4_2

69. HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES, F. T. Anatomical and physiological basis of propagation by cuttings. In *Plant Propagation: Principles and Practices*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1990, p. 647.

70. HASAN, M., SEYIS, F., BADANI, A. G., PONS-KÜHNEMANN, J., FRIEDT, W., LÜHS, W., SNOWDON, R. J. Analysis of genetic diversity in the *Brassica napus* L. gene pool using SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2006, 53 (4), 793–802. [žiūrėta 2013-06-25]. ISSN 0925-9864. Prieiga per doi: 10.1007/s10722-004-5541-2

71. HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., ALAM, M., ROYCHOWDHURY, R., FUJITA, M. Physiological, biochemical and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013, 14: 9643–9684. [žiūrėta 2014-06-09] ISSN 1422-0067. Prieiga per doi: 10.3390/ijms14059643

72. HELDT, H. W., and Piechulla, B. *Plant biochemistry*. Burlington, MA: Elsevier Academic Press, 2011. Prieiga per Science Direct. ISBN: 978-0-12-384986-1.

73. HERNANDEZ, I., ALEGRE, L., MUNNE-BOSCH, S. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under

Mediterranean field conditions. *Tree Physiology*. 2004, 24 (11), 1303–1311. [žiūrėta 2011-09-29] ISSN 1758-4469. Prieiga per doi: 10.1093/treephys/24.11.1303

74. HOLLAND, M. A. Occam‘s razor applied to hormonology (Are cytokinins produced by plants?). *Plant Physiology*. 1997, 115 (3), 865–868. ISSN 1532-2548.

75. HONG-BO, S., ZONG-SUO, L., MING-AN, S. LEA protein in higher plants: structure, function, gene expression and regulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2005, 45(3–4), 131–135. [žiūrėta 2015-03-09] ISSN 0927-7765. Prieiga per Science Direct. Prieiga per doi: 10.1016/j.colsurfb.2005.07.017

76. HU, Z. Y., HUA, W., ZHANG, L., DENG, L. B., WANG, X. F., LIU, G.H., HAO, W. J., WANG, H. Z. Seed structure characteristics to from ultrahigh oil content in rapeseed. *PLoS ONE*. 2013, 8(4): e62099. [žiūrėta 2014-01-18]. Prieiga per doi: 10.1371/journal.pone.0062099

77. IJAZ, M., MAHMOOD, K., HONERMEIER, B. Interactive Role of Fungicides and Plant Growth Regulator (Trinexapac) on Seed Yield and Oil Quality of Winter Rapeseed. *Agronomy*. 2015, 5 (3), 435-446. [žiūrėta 2016-07-19]. ISSN 2073-4395. Prieiga per doi: 10.3390/agronomy5030435

78. ISABEL, N., TREMBLAY, L., MICHAND, M., TREMBLAY, F.M., BOUSQUET, J. Ocurrence of somaclonal variation among somatic embryo – derived white spruces (*Picae glauca, Pinaceae*). *American Journal of Botany*. 1996, 83 (9), 1121–1130. [žiūrėta 2013-16-25] ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.2307/2446195

79. IWASHINA, T. Flavonoid function and activity to plants and other organisms. *Biological Scences in Space*. 2003, 17(1), 24–44. [žiūrėta 2015-06-19] ISSN: 1349-967X. Prieiga per doi: 10.2187/bss.17.24

80. JAKAB, G., TON, J., FLORS, V., ZIMMERLI, L., MÉTRAUX, J.P., MAUCH-MANI, B. Enhancing *Arabidopsis* salt and drought stress tolerance by chemical priming for its abscisic acid responses. *Plant Physiology*. 2005, 139 (1), 267–274. [žiūrėta 2014-10-15] ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.1104/pp.105.065698

81. JAKIENĖ, E. The effect of the microelement fertilizers and biological preparation Terra Sorb Foliar on spring rape crop. *Žemės Ūkio Mokslai*. 2013, 20(2), 75–83. [žiūrėta 2016-06-12]. ISSN 1392-0200. Prieiga per doi: 10.6001/zemesukiomokslai.v20i2.2687

82. JAKIENĖ, E., ŠLAPAKAUSKAS, V., MICKEVIČIUS, V., SAPIJANSKAITĖ, B. Stilitų įtaka cukrinių runkelių šviesos absorbcijai, chlorofilų kaupimuisi ir produktyvumui. *Žemės Ūkio Mokslai*. 2008, 15(2), 32–40, ISSN 1392-0200.

83. JAKIENĖ, E., VENSKUTONIS, V. *Augimo reguliatoriai augalininkystėje*. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universiteto Leidybos centras,. 2008.

84. OVESNA J., POLAKOVA, K., LEISOVA, L. DNA analysis and their application in plant breeding. *Czech J. Genet. Plant Breed*. 2002, 38 (1), 29–40. ISSN 1212-1975.

85. JAVNI, I., PETROVIC, Z.S., GOU, A., FULLER, R. Thermal stability of polyurethanes based on vegetable oils. *Journal of Applied Polymer Science*. 2000, 77 (8), 1723–1734. [žiūrėta 2014-09-15] ISSN: 1097-4628. Prieiga per doi: 10.1002/1097-4628(20000822)77:8<1723::AID-APP9>3.0.CO;2-K

86. JEONG, S. M., KIM, S. Y., KIM, D. R., JO S. C., NAM, K. C., AHN, D. U., LEE, S. C. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels.

Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004, 52, 3389–3393. [žiūrėta 2013-06-19]. ISSN: 1520-5118. Prieiga per doi: 10.1021/jf049899k

87. JEROCH, H. Rapsų sėklų ir jų produktų reikšmė gyvūnų mitybai ir gyvūninių maisto produktų kokybei. *Žemės ūkio mokslai*. 2008, 15(4), 40–52. ISSN 1392-0200.

88. JODINSKIENĖ, M., PAULAUSKAS, A., ŽUKAUSKIENĖ, J. Investigations of oilseed rape (*Brassica napus* L.) genetic diversity by molecular methods. *Biologija*. 2008, 54(4), 238–241. [žiūrėta 2015-12-16]. ISSN 1392-0146. Prieiga per doi: 10.2478/v10054-008-0049-x

89. JONES, B., GUNNERAS, S. A., PETERSSON, S. V., TARKOWSKI, P., GRAHAM, N., MAY, S., DOLEZAL, K., SANDBERG, G., LJUNG, K. Cytokinin regulation to auxin synthesis in *Arabidopsis* involves a homeostatic feedback loop regulated via auxin and cytokinin signal transduction. *The Plant Cell*. 2010, 22, 2956–2969. [žiūrėta 2013-05-26]. ISSN 1531-298X. Prieiga per doi: 10.1105/tpc.110.074856

90. JOSEPH, E. A., RADHAKRISHNAN, V. V., MOHANAN, K. V. A study on the accumulation of proline- an osmoprotectant amino acid under salt stress in some native rice cultivars on North Kerala, India. *Universal Journal of Agricultural Research*. 2015, 3(1), 15–22. [žiūrėta 2016-03-15]. ISSN 2332-2284. Prieiga per doi: 10.13189/ujar.2015.030104

91. JUARISTI, E. *Structural types of relevant β-amino acid targets*. *Charpter 1*. In: Juaristi E., Soloshonok V. (eds.) Enantioselective synthesis of β-amino acids. Second edition. 2005, p. 1–18. [žiūrėta 2013-05-18]. ISSN: 1522-2667. Prieiga per doi: 10.1002/0471698482.ch1

92. KAKIMOTO, T. Biosynthesis of cytokinins. *J Plant Res*. 2003, 116, 233–239. ISSN 1618-0860. [žiūrėta 2013-06-18]. Prieiga per doi: 10.1007/s10265-003-0095-5

93. KAVEH, M., NOORI, M. Fruit flavonoids of some species of subgenera esula nd chamaesyce (Euphorbia) in Iran. *International Journal Of Modern Botany*. 2014, 4(1), 1–7. [žiūrėta 2017-01-06]. ISSN 2166-5206. Prieiga per doi: 10.5923/j.ijmb.20140401.01

94. KAZLAUSKIENĖ, D., GAVELIENĖ, V., NOVICKIENĖ, L. Control of anthesis and formation of reproductive organs in spring rape (*Brassica napus* L.). *Biologija*. 2008, 54 (4), 279–282. [žiūrėta2013-11-09]. ISSN 1392-0146. Prieiga per doi: 10.2478/v10054-008-0057-x

95. KHAN, M. S., AHMAD, D., KHAN, M. A. Utilization of genes encording osmoprotectants in transgenic plants for enhanced abiotic stress tolerance. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2015, 18(4), 257–266. [žiūrėta 2016-09-24]. ISSN 0717-3458. Prieiga per Science Direct. Prieiga per doi: 10.1016/j.ejbt.2015.04.002

96. KHAN, S. A, AKHTAR, S., WAHEED, I., KHAN, A. H. Development of erucic acid and glucosinolatefree rapeseed (crucifers) in Pakistan. 6. Fatty acid composition of the introduced Candle cultivar. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*. 1985, 28 (4), 279–280. ISSN 2221-6413

97. KHATTAB, R., ESKIN, M., ALIANI, M., THIYAM, U. Determination of sinapic acid derivatives in vanola extracts using high-performance liquid chromatography. *Journal of the Amecian Oil Chemists' Society.* 2010, 87(2), 147–155. [žiūrėta 2016-09-18] ISSN: 1558-9331. Prieiga per doi: 10.1007/s11746-009-1486-0

98. KIM, C. Y., KIM, Y. H., LEE, Y. H., LEE, S. W., CHAE ,Y. S., KANG, H. K., YUN, B. W., HONG, J.K. β-Amino-*n*-butyric acid regulates seedling growth and disease resistance of kimchi cabbage. *The Plant Pathology Journal*. 2013, 29(3), 305–316. [žiūrėta 2015-06-17] ISSN 1598-2254. Prieiga per doi: 10.5423/PPJ.OA.12.2012.0191

99. MA, C. Z., KIMURA, Y., FUJIMOTO, H., SAKAI, T., IMAMURA, J., FU, T. D. Genetic diversity of Chinese and Japanese rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties detected by RAPD markers. Breed. Sci. 2000, 50 (4), 257–265. [žiūrėta 2012-06-15]. ISSN: 1347-3735 Prieiga per doi: 10.1270/jsbbs.50.257

100. KIRKEGAARD, J. A., GARDNER, P. A., ANGUS, J. F., KOETZ, E. Effect of *Brassica* breaks crops on the growth and yield of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1994, 45, 529–545. [žiūrėta 2014-05-18]. ISSN 0004-9409. Prieiga per doi: 10.1071/AR9940529

101. KOPSELL, D., KOPSELL, D. E., LEFSRUD, M. G., CURRAN-CELENTANO, J., DUKACH, L. E. Variation in lutein, β-carotene and chlorophyll concentrations among *Brassica oleracea* cultigens and seasons. *Scientia Horticulturae*. 2004, 39(2), 361–364. ISSN 0018-5345

102. KOSKI, A., PSOMIADOU, E., TSIMIDOU, M., HOPIA, A., KEFALAS, P., WÄHÄLÄ, K., HEINONEN, M. Oxidative stability and minor constituents of virgin olive oil and coldpressed rapeseed oil. *European Food Research and Technology*. 2002, 214 (4), 294–298. [žiūrėta 2013-05-18]. ISSN 1438-2377. Prieiga per doi: 10.1007/s00217-001-0479-5

103. KOSKI, A., PEKKARINEN, S., HOPIA, A., WÄHÄLÄ, K., HEINONEN, M. Processing of rapeseed oil: Effects on sinapic acid derivates content and oxidative stability. *European Food Research and Technology*. 2003, 217 (2), 110–114. [žiūrėta 2011-12-06]. ISSN 1438-2377. Prieiga per doi: 10.1007/s00217-003-0721-4

104. KOZLOWSKA, H., NACZK, M., SHAHIDI, F., ZADERNOWSI, R. Phenolic acids and tannins in rapeseed and canola. In: Shahidi F(Ed.). *Canola and Rapeseed. Production, chemistry, nutrition and processing technology*. Charpter 11. Van Nostrad Reinhold, Unites States of America. 1990, pp. 193–210. [žiūrėta 2014-05-11]. Prieiga per doi: 10.1007/978-1-4615-3912-4_11

105. KRISHNA, P. Brassinosteroid-mediated stress resistance. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2003, 22, 265–275. [žiūrėta 2013-11-09]. ISSN 1435-8107. Prieiga per doi: 10.1007/s00344-003-0058-z

106. KUBASEK, W. L., SHIRLEY, B. W., MCKILLOP, A., GOODMAN, H. M., BRIGGS, W., AUSUBEL, F. M. Regulation of Flavonoid Biosynthetic Gene ir Germinating Arabidopsis Seedlings. *The Plant Cell*. 1992, 4, 1229–1236. [žiūrėta2011-10-09]. ISSN 1531-298X. Prieiga per doi: 10.1105/tpc.4.10.1229

107. KUCK, K. H., SAHEINPFLUG, H., PONTZEN, R. DMI fungicides. In: Lyr H. (ed.), *Modern Selective Fungicides Properties, Applications, Mechanisms of Action*. New York: Gustav Fischer Verlag, 1995. pp. 259–290.

108. KUNERT, K. J., HOMRIGHAUSEN, C., BOHME, H., BOGER, P. Oxyflourfen and lipid peroxidation: Protein damage as a phototoxic consequence. *Weed Sci*. 1985, 33, 766–779. ISSN 0043-1745

109. KUWAHARA, H., KANAZAVA, A., WAKAMATSU, D., MORIMURA, S., KIDA, K., AKAIKE, T. Antioxidative and antimutagenic activities of 4-vinyl-2,6-

dimetoxyphenol (canolol) isolated from canola oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004, 52, 4380–4387. [žiūrėta 2015-03-15]. ISSN: 1520-5118 Prieiga per doi: 10.1021/jf040045+

110. LAPIŅA, L., GRAUDA, D., JANSONE, B., JANSONS, A., RASHAL, I. Restoration of Latvian alfalfa (*Medicago sativa*) genetic resources perspective for breeding. *Environment. Technology. Resources*. *Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference.* 2009, 1, 166–168. ISSN 1691-5402.

111. LARKINADALE, J., KNIGHT, M. R. Protection against heat stress-induced oxidative damage in Arabidopsis involves calcium, abscisic adis, ethylene, and salicylic acid. *Plant Physiology.* 2002, 128(2), 682-695. [žiūrėta 2012-09-24]. ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.1104/pp.010320

112. LATXAQUE, L., GARDRAT, C. Les glucosinolates des cruciferes Eftude d'un modele de degradation par l' air de la 4-hydroxyglucobrassicine: le 4-hydroxy indole. *Revue Française des Corps Gras*. 1992, 1–2, 9–13. ISSN 0035-3000.

113. LE GALL, H., PHILIPPE, F., DOMON, J. M., GILLET, F., PELLOUX, J., RAYON, C. Cell wall metabolism in response to abiotic stress. *Plants*. 2015, 4, 122–166. [žiūrėta 2016-09-15]. ISSN 2223-7747. Prieiga per doi: 10.3390/plants4010112

114. LEE-HILZ, Y. Y., BOERBOOM, A. M. J. F., WESTPHAL, A. H., VAN BERKEL, W. J. H, AARTS, J. M. M. J. G., RIETJENS, I. M. C. M. Pro-oxidant activity of flavonoids induces EpRE-mediated gene expression. *Chemical Research in Toxicology*. 2006, 19 (11), 1499–1505. [žiūrėta 2013-09-28]. ISSN 1520-5010. Prieiga per doi: 10.1021/tx060157q

115. LEIKUS, R. Rapsų išspaudos veislinėms kiaulėms šerti. *Veterinarija ir zootechnika*. 2001, 15 (37), 67–71. ISSN 1392-2130

116. LI, D. E., TIAN, J. H, CHEN, W. J., ZHANG, W. X. Breeding technologies and germplasm innovation on extra-high-oil content in *Brassica napus*. *Acta Agricultural Boreali-accidentalis Sinica*. 2011, 20, 83–87. ISSN 1004-1389.

117. LIANG, C., ZHAO, F., WEI, W., WEN, Z., QIN, S. Carotenoid Biosynthesis in Cyanobacteria: Structural and Evolutionary Scenarios Based on Comparative Genomics. *International Journal of Biological Sciences*. 2006, 2(4), 197–207. ISSN 1449-2288.

118. LISAR, S. Y. S., MOTAFAKKERAZAD, R., HOSSAIN, M. M., RAHMAN, I. M. M. Water stress in plants: causes, effects and responses. In. Rahman I.M., Hasegawa H. (eds.) *Water Stress*. 2012, 1–14. [žiūrėta 2014-05-17]. Prieiga per doi: 10.5772/39363

119. LOTFI, R., PASSARAKLI, M., GHARAVI-KOUCHBEGH, P., KHOSHVAGHTI, H. Physiological responses of *Brassica napus* to fulvic acid under water stress: Chlorophyll a fluorescence and antioxisant enzymes activity. *The Crop Journal*. 2015, 3(5), 434–439. [žiūrėta 2017-02-16]. ISSN 2214-5141. Prieiga per Science Direct. Prieiga per doi: 10.1016/j.cj.2015.05.006

120. LU, Shan, and LI, Li. Carotenoid Metabolism: Biosynthesis, Regulation, and Beyond. *Journal of Intergrative Plant Biology*. 2008, 50(7), 778–785. [žiūrėta 2011-12-09]. ISSN 1477-7909. Prieiga per doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00708.x.

121. MAKKAR, H. P. S., SIDDHURAJU, P., BECKER, K. *Plant secondary metabolites*. Totowa: Humana press, 2007.

122. MALTAS, E., VURAL, H. C. Comparison of winter and summer canola (*Brassica napus* L.) genotyper in Turkey. *Genetics and Molecular Research*. 2013, 12 (1), 408–415. [žiūrėta 2015-03-09]. ISSN 1676-5680. Prieiga per doi: 10.4238/2013.February.8.5

123. MARJANOVIC, J.A., KONDIC, S.A., SAFTIC, P.D., MARINKOVIC, R., HRISTOV, N. Phenotypic and molecular evaluation of genetic diversity of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *African Journal of Biotechnology*. 2009, 8(19), 4835–4844. [žiūrėta 2014-03-26]. ISSN 1684-5315. Prieiga per doi: 10.4314/ajb.v8i19.65176

124. MATYSIAS, K., KACZMAREK, S. Effect of chlorocholine chloride and triazoles – tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *Oleifera* L.) in response to the application term and sowing density. *Journal of Plant Protection Research*. 2013, 53(1), 79–88. [žiūrėta 2015-10-18]. ISSN 1899-007X. Prieiga per doi: 10.2478/jppr-2013-0012

125. MAYENGBAM, S., AACHARY, A., THIYAM-HOLLANDER, U. Endogenous phenolics in hulls and cotyledons of mustard and canola: a comparative study on its sinapates and antioxidant capacity. *Antioxidants*. 2014 3(3), 544–558. [žiūrėta 2015-11-25]. ISSN 2076-3921. Prieiga per doi: 10.3390/antiox3030544

126. MAWLONG, I., SUJITH KUMAR, M. S., GURUNG, B., SINGH, K. H., SINGH, D. A simple spectrophotometric method for estimating total glucosinolates in mustard de-oiled cake. *International Journal of Food Properties*. 2017. [žiūrėta 2017-06-18]. ISSN: 1532-2386. Prieiga per doi: http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2017.1286353

127. MENDES, A. F. D. S., SOARES, V. L. F., COSTA, M. G. C. Carotenoid Biosynthesis Genomics. In Chen C. (eds.): *Pigments in Fruits and Vegetables*. 2015, 9–29. ISBN 978-1-4939-2356-4.

128. MICEIKIENĖ, I., PAULAUSKAS, A., GRIGALIŪNAITĖ, I., MALEVIČIŪTĖ, J., TUBELYTĖ–KIRDIENĖ, V. *Genetikos praktikumas, DNR polimorfizmo tyrimai*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, 2002.

129. MICKEVIČIUS, M., MICKEVIČIUS, V., BERESNEVIČIUS, Z. J., JAKIENĖ, E. 3-(1H-benzimidarol-2-il)-4-(pekeistų fenilamino)butano rūgščių sintezė ir biologinis aktyvumas. *Cheminė Technologija*. 2005, 3(37), 50–53. ISSN 1392-1231

130. MIKULIONIENĖ, S., PAULAUSKAS, E., GRUZDIENĖ, D. Ankštinių ir aliejinių augalų panaudojimo gyvūnų šėrimui patirtis Lietuvoje. Rapsai – augalas maistui, pašarui, technikai. *Tarptautinė mokslinė-gamybinė konferencija: straipsnių rinkinys*. Kaunas: Akademija, 2005, 114–121.

131. MIKULIONIENĖ, S., SCHÖNE, F., JEROCH, H., KUSAITĖ, B. Rapsų sėklų ir kai kurių jų produktų cheminiai tyrimai. *Veterinarija ir zootechnika*. 2006, 36(58), 60–63. ISSN 1392-2130

132. MILIUVIENĖ, L. Fiziologiya i Biokhimiya Kul‘turnykh Rastenii. 2000, 32, 288–296. ISSN 0522-9310

133. MILIUVIENĖ, L., GAVELIENĖ, V., PAKALNIŠKYTĖ, L., BRAZAUSKIENĖ, I. The use of novel retardants for rape growth and productivity. *Sodininkystė ir Dražininkystė.* 2000, 19(3), 341–351. ISSN 0208-4212.

134. MILIUVIENĖ, L., NOVICKIENĖ, L. Peculiarities of the effect of dimethylmorpholinium chloride derivative. *Biologija*. 2004, 50, 45–47. ISSN 1392-0146.

135. MILIUVIENĖ, L., NOVICKIENĖ, L., GAVELIENĖ, V. Effect of 17-DMC on Phytohormone Level and Growth of Rapeseed Plants (*Brassica napus*). *Russian Journal of Plant Physiology*. 2003, 50(5), 656–660. [žiūrėta 2015-06-29]. ISSN 1608-3407. Prieiga per doi: 10.1023/A:1025644308841

136. MOGHADDAM, M., MOHAMMMADI, S. A., MOHEBALIPOUR, N., TOORCHI, M., AHARIZAD, S., JAVIDFAR, F. Assessment of genetic diversity in rapeseed cultivars as revealed by RAPD and microsatellite markers. *African Journal of Biotechnology*. 2009, 8(14), 3160–3167. [žiūrėta 2011-11-09]. ISSN 1684-5315. Prieiga per doi: 10.5897/AJB09.244

137. MOHDALY, A. A. A., SARHAN, M. A., SMETANSKA, I., MAHMOUD, A. Antioxidant properties of various solvent extracts of potato peel, sugar beet pulp and cesame cake. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010, 90, 218–226. [žiūrėta 2014-03-11]. ISSN: 1097-0010. Prieiga per doi: 10.1002/jsfa.3796.

138. MOK, D. W. S., MOK, M. C. Cytokinin metabolism and action. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 2001, 52, 89–188. [žiūrėta2011-12-05]. ISSN 1040-2519. Prieiga per doi: 10.1146/annurev.arplant.52.1.89

139. MORAN, J. A., MITCHELL, A. K., GOODMANSON, G., STOCKBURGER, K. A. Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: a comparison of methods. *Tree Physiology*. 2000, 20(16),1113–1120. ISSN 0829-318X

140. MURAI, N. Review: Plant growth hormone cytokinins control the crop seed yield. *American Journal of Olant Sciences*. 2014, 5, 2178–2187. [žiūrėta 2015-03-18]. ISSN 2158-2750. Prieiga per doi: 10.4236/ajps.2014.514231

141. MURASHIGE, T., SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Planttarium*. 1962, 15 (3), 473–497. [žiūrėta 2012-03-19]. ISSN 1399-3054. Prieiga per doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

142. MURPHY, D. J. Engineering oil production in rapeseed and other oil crops. *Trends in Biotechnology*. 1996, 14 (6), 206–213. [žiūrėta 2011-12-08]. ISSN 0167-7799. Prieiga per Scienc Direct. Prieiga per doi: 10.1016/0167-7799(96)10028-7

143. MUSNICKI, C, TOBULA, P., MUSNICKA, B. Produkcyjnosc alternatywnych roslin oleistych w warunkach Wielkopolski oraz zmiennosc ich plonovvania. *Rosliny Oleiste*. 1997, 118, 269–278. ISSN 1233-8273

144. NASRI, N., SAIDI, I., KADDOUR, R., LACHAAL, M. Effect of salinity on germination, seedling growth and acid phosphatase activity in lettuce. *American Journal of Plant Science*. 2015, 6 (1), 57–63. [žiūrėta 2016-09-25]. ISSN 2158-2750 Prieiga per doi: 10.4236/ajps.2015.61007

145. NEWKIRK, R. *Canola meal*. Feed Industries Giude, 4th edition. Canadian International Grains Institute, Winnipeg, Manitoba, 2009.

146. NOVICKIENĖ, L., GAVELIENĖ, V. Modification of spring rape growth and morphogenesis by physiological analogues of auxin. *Sodininkystė ir daržininkystė*. 2000, 19(3–1), 180–192. ISSN 0208-2519

147. NOVICKIENĖ, L., GAVELIENĖ, V., MERKYS, A., BRAZAUSKIENĖ, I. Augimo reguliatorių panaudojimo galimybės vasarinių rapsų auginimo technologijoje. 1. Auksino analogų poveikis rapsų augimui, generatyvinių organų ir derliaus komponentų formavimuisi. *Žemės ūkio mokslai*. 1999, 4, 33–40. ISSN 1392-0200

148. NOVICKIENĖ, L., MERKYS, A. Augimo reguliatorių panaudojimo galimybės kultūrinių augalų auginimo technologijose. The present and future crop science and bee keeping. *Mokslo straipsnių rinkinys. Augalininkystės ir bitininkystės dabartis ir ateitis*. 1998, 334–344. ISSN 9986-545-75-7

149. NOVICKIENĖ, L., MILUVIENĖ, L., GAVELIENĖ, V. Dimethylmorpholinium chloride analogs and their effect on plants. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2003, 50 (4), 547–552. [žiūrėta 2013-09-12]. ISSN 1021-4437. Prieiga per doi: 10.1023/A:1024737210675

150. NOWAK, H., KUJAVA, R., ZADERNOWSKI, R., ROCZNIAK, B., KOZLOWSKA, H. Antioxidative and bactericidal properties of phenolic compounds in rapeseeds. *Europian Jornal of Lipid Science and Technology*. 1992, 94 (4), 149–152. [žiūrėta 2011-09-29]. ISSN 1438-9312. Prieiga per doi: 10.1002/lipi.19920940406

151. OLSZEWSKI, N., SUN, T., GUBLER, F. Gebberellin signalling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. *Plant Cell*. 2002, 14, 61–80. ISSN 1531-298X

152. ÖZBEK, Ö., GIDIK, B. U. Genetic diversity in commercial rapeseed (*Brassica napus*L.) varieties from Turkey as revealed by RAPD. *Notulae Scientia Biologicae.* 2013, 5(1), 114–119. ISSN 2067-3205.

153. PACIFICI, E., POLVERARI, L., SABATINI, S. Plant hormone cross-talk: the pivot of root growth. *Journal of Experimental Botany*. 2015, 66 (4), 1113–1121. [žiūrėta 2016-11-09]. ISSN 1460-2431. Prieiga per doi: 10.1093/jxb/eru534

154. PAULAUSKAS, A., JODINSKIENĖ, M., GRICIUVIENĖ, L., ŽUKAUSKIENĖ, J., PETRAITIENĖ, E., BRAZAUSKIENĖ, I. Morphological traits and genetic diversity of differently overwintered oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. *Žemdirbystė-Agriculture*. 2013, 100 (4), 409–416. [žiūrėta2014-09-25]. ISSN 1392-3196. Prieiga per doi: 10.13080/z-a.2013.100.052

155. PELEG, L., ZER, H., CHEVION, M. Paraquat toxicity in *Pisum sativum*. Effects on soluble and membrane bound proteins. *Physiologia Plantarum*. 1992, 86, 131–135. [žiūrėta 2015-033-18]. ISSN 1399-3054. Prieiga per doi: 10.1111/j.1399-3054.1992.tb01321.x

156. PIETERSE, C. M. J., VAN DER DOES, D., ZAMIOUDIS, C., LEON-REYES, A., VAN WEES, S. C. M. Hormonal modulation of plant immunity. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*. 2012, 28, 489–521. [žiūrėta 2014-10-29]. Prieiga per doi: 10.1146/annurev-cellbio-092910-154055

157. PIETTA, P. G. Flavanoids as antioksidants. *Journal of Natural Products*. 2000, 63 (7), 2774–2779. [žiūrėta 2015-03-28]. ISSN 1520-6025. Prieiga per doi: 10.1021/np9904509

158. PITS, N., KUBACKI, K., TYS, J. Influence of application of plant growth regulators and desiccants on a yield and quality of winter oilseed rape. *Int. Agrophysics.* 2008, 22, 67–70. ISSN 2300-8725.

159. POURCEL, L., GROTEWOLD, E. *Participation of Phytochemicals in Plant Development and Growth*. In Osbourn A. E, Lanzotti V. (eds.). Plant-derived Natural Produc. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York. 2009, 269–282.

160. QU, C., HASAN, M., LU, K., LIU, L., LIU, X., XIE, J., WANG, M., LU, J., ODAT, N., WANG, R., CHEN, L., TANG, Z., LI, J. Genetic diversity and relationship analysis

of the *Brassica napus* germplasm using simple sequence repeat (SSR) markers. *African Journal of Biotechnology*. 2012, 11(27), 6923–6933. [žiūrėta 2014-01-29]. ISSN 1684-5315. Prieiga per doi: 10.5897/AJB11.3475

161. RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiol Biology*. 2000, 51, 501–531. [žiūrėta 2013-06-18]. ISSN 2156-8561. Prieiga per doi: 10.1146/annurev.arplant.51.1.501

162. RATHINASABAPATHI, B. Metabolic Engineering for Stress Tolerance: Installing Osmoprotectant Synthesis Pathways. *Annals of Botany*. 2000, 86 (4), 709–716. [žiūrėta 2014-09-25]. ISSN 1095-8290. Prieiga per doi: https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1254

163. RATHINASABAPATHI, B., FOUAD, W. M., SIGUA, C. A. β-Alanine Betaine Synthesis in the Plumbaginaceae. Purification and Characterization of a Trifunctional, *S*-Adenosyl-L-Methionine-Dependent *N*-Methyltransferase from *Limonium latifolium* Leaves. *Plant Physiology*. 2001, 126(3), 1241–1249. ISNN 1532-2548

164. RAYCHAUDHURI, A. *Alanine aminotransferase: amino acid metabolism in higher palnts*. In: D'Mello J.P.F. (ed.) Amino acids in higher plants. Wallingford, Oxfordshire, UK, 2015.

165. REDOVNIKOVIC, I. R., GLIVETIC, T., DELINGA, K., VORKAPIC-FURAČ, J. Glucosinolates and their potential role in plant. *Periodicum Biologorum*. 2008, 110(4), 297–309. ISSN 0031-5362.

166. RICE-EVANS, C. A., MILLER, N.J., PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sciences*. 1997, 2 (4), 152–159. [žiūrėta 2014-01-15]. ISSN: 1360-1385. Prieiga per doi: 10.1016/S1360-1385(97)01018-2

167. RICHARDS, D. E, KING, K. E., AIT-ALI, T., HARBERD, N. P. How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 2001, 52, 67–88. [žiūrėta 2011-12-19]. ISSN 1545-2123. Prieiga per doi: 10.1146/annurev.arplant.52.1.67

168. RIEFLER, M., NOVAK, O., STRNAD, M., SCHMÜLLING, T. H. *Arabidopsis* cytokinin receptor mutamts reveal functions in shoot growth, leaf senescence, seed size, germination, root development and cytokinin metabolism. *The Plant Cell*. 2006, 18 (1), 40–54. [žiūrėta 2015-06-28]. ISSN 1531-298X. Prieiga per doi: 10.1105/tpc.105.037796

169. ROBERT-SEILANIANTZ, A., GRANT, M., JONES, J. D. G. Hormone crosstalk in plant disease and defense: more than just JASMONATE-SALICYLATE antagonism. *Annual Review of Phytopathology*. 2011, 49, 317–343. [žiūrėta 2013-06-25]. Prieiga per doi: 10.1146/annurev-phyto-073009-114447

170. ROUT, G. R., DAS, P., GOEL, S., RAINA, S. N. Determination of genetic stability of micropropsgsted plants of ginger using Random Amplified Polimorphic DNA (RAPD) markers. *Bulletin- Academia Sinica Taipei* 1998, 39, 23–27. ISSN 0006-8063

171. RUIZ-SOLA, M. A., RODRIGUEZ-CONCEPCION, M. Carotenoid Biosynthesis in Arabidopsis: A Colorful Pathway. *The Arabidopsis Book*. 2012, 10, e01580. [žiūrėta 2015-06-23]. Prieiga per doi: 10.1199/tab.0158

172. RYU, H., CHO, Y. G. Plant hormones in salt stress tolerance. *Journal of Plant Biology*. 2015, 58(3), 147–155. [žiūrėta 2016-09-25]. ISSN 1867-0725. Prieiga per doi: 10.1007/s12374-015-0103-z

173. SADAVA, D., HILLIS, D. M, HELLER, H. C., BERENBAUM, M. R. *Life: The Science of Biology*. 10th edition, 2014.

174. SAKTHIVEL, P., SRIDHARA, R. Influence of indole-3-butyric acid and triazole compounds on the photosynthetic pigments and biochemical constituents of *Wathania somnifera* (L.) dunal. *Journal of Plant Stress Physiology*. 2015, 1, 49–57. [žiūrėta 2017-01-19]. Prieiga per doi: 10.5455/jpsp.2015-08-029

175. SCHALLER, G. E., BISHOPP, A., KIEBER, J. J. The Yin-Yang of hormones: cytokinin and auxin interactions in plant development. *The Plant Cell*. 2015, 27, 44–63. [žiūrėta 2016-03-15]. ISSN 1531-298X, Prieiga per doi: 10.1105/tpc.114.133595

176. SCHEER, H. The Pigments. In: Green B.R., Parson W.W., editors. *Light-Harvesting Antennas in Photosynthesis.* Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, the Netherlands. 2003, 29–81.

177. SERRAJ, R., SINCLAIR, T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell Environment*. 2002, 25(2), 333–341. [žiūrėta 2014-03-25]. ISSN 1356-3040. Prieiga per doi: 10.1046/j.1365-3040.2002.00754.x

178. ŠEŠKEVIČIENĖ J., JEROCH, H. Išlukštentų rapsų sėklų išspaudų cheminė sudėtis ir pašarinė vertė paukščiams. I Dalis: cheminė sudėtis. *Veterinarija ir zootechnika*. 2003, 22(44), 93–94.

179. SHAHID, A., IQBAL, M., INAMULLAH, M. A., FARHATULLAH IJAZ, A., IQBAL, A., MUSHTAQ, A., KHAN, M. W., ABBAS, S. J., SWATI, Z. A. Characterization of *Brassica napus* germplasm based on molecular markers. *African Journal of Biotechnology*. 2011, 10(6), 3035–3030. [žiūrėta 2013-12-06]. ISSN 01684-5315. Prieiga per doi: 10.5897/AJB10.487

180. SHAHIDI, F. *Canola and Rapeseed*. AVI, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.

181. SHAHIDI, F., NACZK, M. *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D. C. 2003, 576.

182. SHARP R. E., LENOBEL M. E. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. *Journal of Experimental Biology*. 2002, 53, 33–37. ISSN 1460-2431

183. SHENGWU, H., OVESAN, J., KUČERA, L., KUČERA, V., VYVADILOVA, M. Evaluation of genetic diversity of Brassica napus germplasm from China and Europe assessed by RAPD markers. *Plant Soil Environment*. 2003, 49(3), 106–113. ISSN 1214-1178

184. SHINOZAKI, K., YAMAGACHI-SHINOZAKI, K. Gene expresion and signal transduction in water-stress response. *Plant Physiology*. 1997, 115 (2), 327–334. ISSN 1532-2548

185. SHIRANI RAD, A. H., ZANDI, P. The effect of drought stress on qualitative and quantitative traits of spring rapeseed (Brassica napus L.) cultivars. *Žemdirbystė-Agriculture*. 2012, 99(1), 47–54. ISSN 1392-3196.

186. SILVA, A. L. C., CARUSO, C. S., MOREIRA, R. A., HORTA, A. C. G. Growth characteristics and dynamics of protein synthesis in callus cultures from Glycine

wightii (Wight & Arn.) Verdc. *Ciência e Agrotecnologia*. 2005, 29(6), 1161–1166. [žiūrėta 2013-10-26]. ISSN 1981-1829. Prieiga per doi: 10.1590/S1413-70542005000600009

187. SLAPŠYTĖ, G., PAULAUSKAS, A., MORKŪNAS, V. *Genetikos praktikumas*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, 2000. P

188. SLOVIN, J., BANDURSKI, R., COHEN, J. Auxin. In: Hooykaas P., Hall M., Libbenga K. (eds.). *Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones*. Amsterdam: Elsevier Science. 1999. 33, 115–140. ISBN 9780080860947

189. SMIRNOFF, N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol*ogist. 1993, 125 (1), 27–58. [žiūrėta 2011-09-28]. ISSN 0028-646X. Prieiga per doi: 10.1111/j.1469-8137.1993.tb03863.x

190. SONDERBY, I. E., GEU-FLORES, F., HALKIER, B. A. Biosynthesis of glucosinolates-gene discovery and beyond. *Trends in Plant Science*. 2010, 15 (5), 283–290. [žiūrėta 2015-06-25]. ISSN 1360-1385. Prieiga per doi: 10.1016/j.tplants.2010.02.005

191. SPITELLER, P. β-amino acids in natural products. In: Juaristi E., Soloshonok V. (eds.) *Enantioselective synthesis of β-amino acids*. Second edition. 2005, 19–91. [žiūrėta 2014-04-18]. Prieiga per doi: 10.1002/0471698482.ch2

192. SRIVASTAVA, L. M. General features of plant hormones, their analysis, and quantitation. In: *Plant Growth and Development. Hormones and Environment*. Academic Press. 2002, 141–153. ISBN: 978-0-12-660570-9

193. ŠTAJNER, D., POPOVIC, M., ŠTAJNER, M. Herbicide induced oxidative stress in lettuce, beand, pea seed and leaves. *Biologia Plantarum*. 2003, 47(4), 575–579. [žiūrėta 2015-09-25]. ISSN 0006-3134. Prieiga per doi: 10.1023/B:BIOP.0000041064.04385.c7

194. STAUGAITIS, G., LAURĖ, R. Lapų trąšų įtaka vasarinių rapsų sėklų derliui, kokybei ir peliningumui. *Žemdirbystė*. 2007, 94(3), 60–72. ISSN 1392-3196

195. SZYDLOWSKA-CZERNIAK, A., TULODZIECKA, A. Antioxidant capacity of rapeseed extracts obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2014, 91(12), 2011–2019. [žiūrėta 2016-05-29]. ISSN 1558-9331. Prieiga per doi: 10.1007/s11746-014-2557-4

196. TARVYDIENĖ, A., DUCHOVSKIS, P., ŠIULIAUSKAS, A. Skirtingų raudonųjų burokėlių (*Beta vulgaris* L. *var. conditiva*) morfotipų fotosintetinių rodiklių formavimosi dinamika įvairaus tankumo pasėlyje. *LŽŪU mokslo darbai*. 2004, 62(15), 44–52. ISSN 1648-116X.

197. TAYO, T. O., MORGAN, D. G. Factors influencing flower and pod development in oilseed rape (Brassica napus L.). *The Journal of Agricultural Science*. 1978, 92, 363–373. [žiūrėta 2011-12-09]. ISSN 1469-5146. Prieiga per doi: 10.1017/S0021859600062894

198. TON, J., MAUCH-MANI, B. β-amino-butyric acid-induced resistance against necrotrophic pathogens is based on ABA-dependent priming for callose. *The Plant Journal*. 2004, 38, 119–130. [žiūrėta 2012-09-15]. ISSN 1365-313X. Prieiga per doi: 10.1111/j.1365-313X.2004.02028.x

199. TRIPATHI, M. K., and MISHRA, A. S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2007, 132(1), 1–27. [žiūrėta 2011-11-19]. ISSN: 0377-8401. Prieiga per doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.03.003

200. TRIVEDI, A. K. Adaptations and mechanisms of heat stress tolerance of plants. *Academic Rsearch Journal of Agricultural Science and Research*. 2015, 3(7), 151–160. ISSN 2360-7874.

201. TUTEJA, N., GILL, S. S., KUMAR TRIVEDI, P., ASIF, M. H., NATH, P. Plant growth regulators and their role in stress tolerance. *Plant Stress.* 2010, 4(1), 1–18 [žiūrėta 2016-09-02]. ISSN 1749-0359. Prieiga internete: https://www.researchgate.net/publication/286359865

202. ULLAH, F., BANO, A., NOSHEEN, A. Effect of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Pak. J. Bot.* 2012, 44(6), 1873–1880. ISSN 0556-3321

203. UMEZAWA, T., FUJITA, M., FUJITA, Y., YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K., SHINOZAKI, K. Engineering drought tolerance in plants: Discovering and tailoring genes to unlock the future. *Current Opinion in Biotechnology*. 2006, 17 (2), 113–122. [žiūrėta 2014-04-15]. ISSN 0958-1669. Prieiga per doi: 10.1016/j.copbio.2006.02.002

204. UPPSTROM, B. Seed chemistry. In: Kimber D., McGregor D. I. (Eds) *Barssica Oilseeds production and utilization*. Cambridge, UK: University Press, 1995, 217–247.

205. VANDENBUSSCHE, F., VAN DER STRATEN, D. The role of ethylene in plant growth and dvelopment. In: *Annual Plant Reviews*. Volume 44: The Plant Hormone Ethylene. Eds. McManus M. T. 2012, 219–241.

206. VANDENBUSSCHE, F., VRIEZEN, W. H., SMALLE, J., LAARHOVEN, L. J. J., HARREN, F. J. M., VAN DER STRAETEN, D. Ethylene ans auxin control the Arabidopsis response to decreased light intensity. *Plant Physiology*. 2003, 133(2), 517–527. [žiūrėta 2016-09-14]. ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.1104/pp.103.022665

207. VELIČKA, R. Sėkloms auginamų rapsų agrotechnikos moksliniai pagrindai. *Žemės ūkio mokslai*. 2002, 1, 27–40. ISSN 2424-4120.

208. VERGAS, F. D., LOPEZ, O. P. Natural colourants for food and nutraceutical uses. USA: CRC press, 2003, 93–109. ISBN 9781587160769.

209. VOLKER, M., ANTJE, S., CHRISTIAN, M., HEIKO, B.C. Genotype x Environment Interactions and Heritability of Tocopherol Contents in Canola. *Crop Science*. 2004, 44(3), 728–731. ISSN 0011-183X.

210. VOS, I. A., MORITZ, L., PIETERSE, C. M. J., VAN WESS, S. C. M. Impact of hormonal crosstalk on plant resistance and fitness under multi-attacker conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2015, 6, 639. [žiūrėta 2016-03-18]. ISSN 1664-462X. Prieiga per doi: 10.3389/fpls.2015.00639

211. VOS, I. A., PIETERSE, C. M. J., VAN WEES, S. C. M. Costs and benefits of hormone-regulated plant defences. *Plant Pathology*. 2013, 62, 43–55. [žiūrėta 2015-11-19]. ISSN 1365-3059. Prieiga per doi: 10.1111/ppa.12105

212. WAKAMATSU, D., MORIMURA, S., SAWA, T., KIDA, K., NAKAI, C., MAEDA, H. Isolation, identification, and structure of a potent alkyl-peroxyl radical scavenger in crude canola oil, canolol. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 2005, 69(8), 1568–1574. ISSN 1347-6947. Prieiga per doi: 10.1271/bbb.69.1568

213. WALSH, T. A., GREEN, S. B., LARRINUA, I. M., SCHMITZER, P. R. Characterization of plant β-ureidopropionase and functional overexpression in Escherichia coli. *Plant Physiologists*. 2001, 125, 1001–1011. [žiūrėta 2012-03-15]. ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.1104/pp.125.2.1001

214. WANG, H. Z. Review and future development of rapseed industry in China. *Chinese journal of oil crop sciences*. 2010, 32, 200–302. ISSN 1007-9084

215. WERNER, T., NEHNEVAJOVA, E., KOLLMER, I., NOVAK, O., STRND, M., KRAMER, U., SCHMULLING, T. Root-Specific Reduction of Cytokinin Causes Enhanced Root Growth, Drought Tolerance, and Leaf Mineral Enrichment in *Arabidopsis* and Tobacco. *The Plant Cell*. 2010, 22, 3905–3920. [žiūrėta 2013-12-15]. ISSN 1531-298X. Prieiga per doi: 10.1105/tpc.109.072694

216. WILSON, M. E., BASU, M. R., BHASKARA, G. B., VERSLUES, P. E., HASWELL, E. S. Plastid osmotic stress activates cellular stress responses in Arabidopsis. *Plant Physiology*. 2014, 165, 119–128. [žiūrėta 2015-03-17]. ISSN 1532-2548. Prieiga per doi: 10.1104/pp.114.236620

217. WOODWARD, A. W., and BARTEL, B. Auxin: regulation, action and interaction. *Annals of Botany*. 2005, 95 (5), 707–735. [žiūrėta 2012-01-18]. ISSN 1095-8290 Prieiga per doi: https://doi.org/10.1093/aob/mci083

218. XIE, X., YONEYAMA, K., YONEYAMA, K. The strigolactone story. *Annual Review of Phytopathology*. 2010, 48, 93–117. [žiūrėta 2013-05-19]. ISSN 1365-3040. Prieiga per doi: 10.1146/annurev-phyto-073009-114453

219. XIONG, L., and ZHU, J. K. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant, Cell & Environment*. 2002, 25(2), 131–139. [žiūrėta 2014-09-25]. Prieiga per doi: 10.1046/j.1365-3040.2002.00782.x

220. YAMAGUCHI, Shinjiro. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annual Review of Plant Biology*. 2008, 59, 225–251. [žiūrėta 2011-12-29]. Prieiga per doi: 0.1146/annurev.arplant.59.032607.092804

221. YASUMOTO, S., MATSUZUKI, M., HIROKAN, H., OKADA, K. Glucosinolate content in rapeseed in relation to suppression of subsequent crop. *Plant Production Science*. 2010,13(2), 150–155. [žiūrėta 2013-11-28]. ISSN 1349-1008. Prieiga per doi: http://dx.doi.org/10.1626/pps.13.150

222. YI, G. E., ROBIN, A. H. K., YANG, K., PARK, J. I., KANG, J. G., YANG, T. J., NOU, I. S. Identification and expression analysis of glucosinolate biosynthetic genes and estimation of glucosinolate contents in edible organs of *Brassica oleracea* subspecies. *Molecules*. 2015, 20, 13089–13111. [žiūrėta 2016-05-29]. ISSN 1420-3049. Prieiga per doi: 10.3390/molecules200713089

223. YOUNG, N.D. Constructing a plant genetic map with DNA markers. In: Phillips RL, Vasil JK (Eds). *DNA-based markers in plants*. Kluwer Academic Publishers. 2000, 39-57 psl.

224. YUAN, M., ZHOU, Y., LIU, D. Genetic diversity among populations and breeding lines from recurrent selection in Brassica napus as revealed by RAPD markers. *Plant Breeding*. 2004, 123, 9–12. [žiūrėta 2014-12-15]. ISSN 1439-0523. Prieiga per doi: 10.1046/j.0179-9541.2003.00903.x

225. ŽADNIKOVA, P., PETRASEK, J., MARHAVY, P. et al. Role of PIN-mediated auxin efflux in apical hook development of *Arabidopsis thaliana*. *Development*. 2010, 137, 607–617. [žiūrėta 2013-02-26]. ISSN 1477-9139. Prieiga per doi: 10.1242/dev.041277

226. ŽIAUKIENĖ, D., MICKEVIČIUS V., BRAZIENĖ, Z., JAKIENĖ, E. Kai kurių β-alanino darinių poveikis vasarinių rapsų (*Brassiac napus* L.) augimui ir sėklų derliui. *Cheminė technologija*. 2010, 3–4(56), 11–18. ISSN 1392-1231.

227. ZHAO, Y. Auxin Biosynthesis: a simple two-steps pathway converts tryphtophan to indole-3-acetic acid in plants. *Molecular Plant*. 2012, 5(2), 334–338. [žiūrėta 2015-06-28]. ISSN 1752-9867. Prieiga per doi: /10.1093/mp/ssr104

228. ZHU, Jian-Kang. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2002, 53, 247–273. [žiūrėta 2013-05-26]. Prieiga per doi: 10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329

229. ŽVINGILA, D., VAITKŪNIENĖ, V., BALČIŪNIENĖ, L., ČĖSNIENĖ, T., KLEIZAITĖ, V., NAUGŽEMYS, D., RANČELIS, V. Biologinės ir genetinės įvairovės miežių mutantų kolekcijoje įvertinimas. *Jaunųjų mokslininkų darbai*. 2008, 3(19), 163–166. ISSN 1648-8776.

230. БЕЧЮС, П. П. Интенсификация полевого кормопроизводства. Москва.: Колос, 1989.

231. ГАВРИЛЕНКО, В. Ф., ЖИГАЛОВА, Т. В. Большой практикум по фотосинтезу. Москва: Академия, 2003.

6. KONFERENCIJŲ IR PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

Mokslinės informacijos instituto duomenų bazės „Claritave Analytics“ leidiniuose, turinčiuose citavimo indeksą:

1. Mickevičius, Vytautas; Voskienė, Aušra; Jonuškienė, Ilona; **Kolosej, Ramūnė**; Šiugždaitė, Jūratė; Venskutonis, Petras Rimatas; Kazernavičiūtė, Rita; Brazienė, Zita; Jakienė, Elena. Synthesis and biological activity of 3-[phenyl(1,3-thiazol-2-yl)-amino]propanoic acids and their derivatives // Molecules. Basel : *Molecular Diversity Preservation International*, 2013, vol. 18, p. 15000–15018. ISSN 1420-3049. (Claritave Analytics Web of Science, I. F. 2.465 (2015)).
2. **Kolosej, Ramūnė**; Jonuškienė, Ilona; Venskutonis, Petras Rimantas; Kazernavičiūtė, Rita; Brazienė, Zita; Jakienė, Elena; Kvederavičiūtė, Kotryna; Kanopka, Arvydas; Vilys, Laurynas; Mickevičius, Vytautas. The influence of *β*-alanine derivative products on spring oilseed rape yield and oil quality // *Žemdirbystė-Agriculture*, 2017, vol. 104 (2), p. 139–146. ISSN 1392-3196. (Claritave Analytics Web of Science, I.F. 0.579 (2015)).

Kitų tarptautinių duomenų bazių leidiniuose:

1. **Kolosej, Ramūnė**; Mickevičius, Vytautas; Jonuškienė, Ilona; Brazienė, Zita; Jakienė, Elena. 3-(1H-Benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgšties natrio druskos paveikis vasarinių rapsį (Brassica napus L.) derliui ir kokybei // *Cheminė technologija*. 2013, vol. 1, no. 63, p. 42–48. ISSN 1392-1231.

Lietuvos ir tarptautinių mokslinių konferencijų pranešimų medžiagoje:

1. **Gustevičiūtė, Ramūnė**; Jonuškienė, Ilona; Mickevičius, Vytautas. N-Fenil-N-tiazolil-β-alaninų poveikio vasarinių rapsų (Brassica napus L.) kultūrai tyrimas // *Organinė chemija: mokslinė konferencijos pranešimų medžiaga*. 2012, p. 23–25. ISSN 2029-6401.
2. **Kolosej, Ramūnė**; Jonuškienė, Iona; Mickevičius, Vytautas. 3-(1H-benzimidazol-2-il)-4-fenilaminobutano rūgščių poveikis vasarinių rapsų (Brassica napus L.) vystymuisi *in vitro // Organinė chemija: mokslinė konferencijos pranešimų medžiaga*. 2013, p. 78–80. ISSN 2029-6401.
3. **Kolosej, Ramūnė**; Mickevičius, Vytautas; Jonuškienė, Ilona. The influence of 3-(1H-benzimidazol-2-yl)-4-phenylaminobutanoic sodium salt on spring rapeseed (Brassica napus L.) growth ant yield // *9-toji tarptautinė konferencija daRostim „Phytohormones, humic substances and other biologically active compounds for agriculture, human health and environmental protection“*. 2013, p. 61–62. ISBN 978-617-607-488-5
4. **Kolosej, Ramūnė**; Mickevičius, Vytautas; Jonuškienė, Ilona. The influence of biological activity of 3-(1H-benzimidazol-2-yl)-4-phenylaminobutanoic sodium salt on summer rapeseed (*Brassica napus* L.) yield and seed quality // *International Conference of Lithuanian Chemical Society “Chemistry and Chemical Technology 2014”: mokslinė konferencijos pranešimų medžiaga*. 2014, p. 238–240. ISSN 2351-5643.

5. **Kolosej, Ramūnė**; Mickevičius, Vytautas; Jonuškienė, Ilona; Brazienė, Zita. The influence of 3-(*1H*-benzimidazol-2-yl)-4-phenylaminobutanoic acid sodium salt on summer rapeseed (Brassica napus L.) growth and yield // *8-oji tarptautinė mokslinė konferencija „The Vital Nature Sign“: mokslinė konferencijos pranešimų medžiaga*. 2014 m. kovo 15–17, Kaunas, Lietuva. Abstraktų knyga. 2014, p. 60. ISSN 2335-8653.
6. Jurgaitytė, Donata; **Kolosej, Ramūnė**; Žiauka, Jonas; Kuusienė, Sigutė. Growth of different aspen genotypes *in vitro* under water deficit stress // *Internationat conference „Smart Bio“: mokslinė konferencijos pranešimų medžiaga*. 2017, p. 84. ISBN 978-609-8104-42-4.

PADĖKA

- Dėkoju savo darbo vadovui prof. habil. dr. Vytautui Mickevičiui už kantrybę ir vertingus patarimus visų studijų metu.
- Dėkoju Kauno technologijos universiteto Cheminės technologijos fakulteto Organinės chemijos katedros darbuotojai doc. dr. Ilonai Jonuškienei už pagalbą atliekant *in vitro* tyrimus ir patarimus metodiniais klausimais.
- Dėkoju Aleksandro Stulginskio universiteto Augalininkystės ir gyvulininkystės katedros doc. dr. Elenai Jakienei ir Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro LŽI filialo Rumokų bandymo stoties darbuotojams, ypač dr. Zitai Brazienei, už pagalbą ir galimybę atlikti bandymus lauko sąlygomis Rumokų bandymų stotyje.
- Dėkoju Kauno technologijos universiteto Cheminės technologijos fakulteto Maisto chemijos ir technologijos katedros darbuotojams prof. dr. Rimantui Petrui Venskutoniui už galimybę atlikti rapsų sėklų aliejaus analizę ir jaunesniajai mokslo darbuotojai Ritai Kazernavičiūtei už vertingus patarimus šių tyrimų metu.
- Dėkoju Vilniaus universiteto Biotechnologijos instituto vyresniajam mokslo darbuotojui dr. Arvydui Kanopkai ir doktorantams Laurynui Viliui ir Kotrynai Kvedaravičiūtei už pagalbą atliekant rapsų DNR tyrimus ir vertingus patarimus.
- Nuoširdžiausia padėka savo šeimai už kantrybę, tikėjimą ir skatinimą rengiant disertaciją.