

Rauktalapės rūgštyinės (*Rumex crispus*) vaisių alelopatinis poveikis vasarinių miežių daigumui

Regina Malinauskaitė

Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas regina.malinauskaite@asu.lt

Siekiant nustatyti *Rumex crispus* vaisių (nebrinkintų ir 168 val. brinkintų) bei jonizuoto (pH 8,6) vandens alelopatinę sąveiką ir įtaką vasarinių miežių grūdų daigumui 2015 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Biologijos ir augalų biotechnologijos instituto laboratorijoje buvo atliktas eksperimentas. Diegiant skirtingais santykiais (miežiai – 30 grūdų; 20 miežių grūdų : 10 *R. crispus* vaisių; santykiai 15:15 ir 10:20) buvo įvertintas poveikis paprastojo miežio grūdų daigumui.

Nustatyta, kad daiginant distiliuotame vandenyje nebrinkinti *R. crispus* vaisiai slopino miežių grūdų daigumo galią ir daigumą, o brinkinti – skatino daigumą, išskyrus padiegus santykiu 10:20. Dėl šarminio jonizuoto vandens poveikio nebrinkinti vaisiai neturėjo įtakos miežių grūdų daigumo galiai ir daigumui (nepriklausomai nuo padiegimo santykio, siekė 100 %). Po brinkinimo suintensyvėjo miežių vidurūšinė konkurencija, mažiausia daigumo galia (83 %) ir daigumas (92 %) nustatyti padiegus santykiu 20:10. Dėl distiliuoto vandens poveikio nebrinkinti vaisiai skatino miežių šaknelių ir koleoptilių tįsimą. Ilgiausios šaknelės ir koleoptilės buvo padiegus santykiu 15:15. Brinkinti *R. crispus* vaisiai skatino miežių šaknelių tįsimą, bet neturėjo įtakos koleoptilių ilgiui. Jonizuotame vandenyje *R. crispus* nebrinkinti vaisiai, padiegus santykiu 20:10 ir 15:15, slopino miežių šaknelių ir koleoptilių tįsimą. Padiegus santykiu 10:20, miežiai suformavo ilgiausias šakneles ir koleoptiles. Brinkinti *R. crispus* vaisiai skatino miežių šaknelių ilgėjimą, ypač padiegus santykiu 10:20, bei koleoptilių ilgėjimą. *R. crispus* vaisiai (nebrinkinti ir brinkinti) esminės įtakos suformuotų šaknelių skaičiui neturėjo.

Raktažodžiai: *Rumex crispus*, miežiai, jonizuotas ir distiliuotas vanduo, brinkinimas, daigumo rodikliai

ĮVADAS

Invazinės augalų rūšys ir segetaliniai augalai (piktžolės) pasižymi plačiu fenotipo plastiškumu, santykinai greitu augimo tempu, didele sėklų gausa ir geru jų daigumu įvairiomis ekologinėmis sąlygomis, yra derlingi. Su vietinėmis, iš jų ir pasėlio augalų rūšimis, konkuruoja dėl maisto medžiagų, vandens ir apšvietos intensyvumo (Moravcová et al., 2006).

Skirtingą augalų sąveiką agrocenozeje lemia ir augalų į aplinką išskiriamos medžiagos – alelochemikalai. Alelochemikalai, kaip antriniai metabolitai, kaupiasi įvairiose augalo dalyse (Gill et al., 2009). Alelochemikalai veikia sėklų daigumą, daigų augimą. Stipresnis alelopatinis poveikis pasireiškia, kai augalai dalijasi ta pačia augimo aplinka ir jos resursais. Tokiomis sąlygomis svarbus veiksnys yra augalų akceptorijų tankumas, nes didesnė išskiriamų medžiagų koncentracija tenka vienam

augalui (Weidenhamer, 2006). Dažniausiai esant didesnėms alelochemikalų koncentracijoms poveikis šalia augančių augalų fiziologiniams procesams būna neigiamas, mažos koncentracijos gali veikti teigiamai (Baležentienė, Sampietro, 2009; Velička ir kt., 2012). Literatūros šaltiniuose (Li et al., 2016) teigiama, kad pašarui auginamos tikrosios knisažolės, arba bermudų žolės, liekanos išskiria heterotoksiškus alelochemikalus, ypač slopinančius pievinės miglės ir daugiametės svidrės augalų augimą. Todėl joms skirta dirva turi būti rūpestingai išvalyta nuo knisažolės liekanų. Nustatyta, kad aukštesnė temperatūra (klimato kaitos rezultatas) lemia augalų alelopatinį aktyvumą ir sutrumpina alelochemikalų išsiskyrimo laiką (Barkatullah et al., 2010; Zhang et al., 2014).

Rūgtinių (*Polygonaceae*) šeimos *Rumex* genties augalai, kurių pasaulyje žinoma beveik 200 rūšių, yra daugiamečiai, auga įvairaus tipo dirvožemiuose. Dažniausiai jie sutinkami rūgštesnėse, maisto medžiagomis neturtingose dirvose (Yazdi et al., 2013). Ilgalaikiai šios genties augalų tyrimai rodo, kad įvairių rūšių sėkloms sudygti reikalingos skirtingos temperatūros ir apšvietos sąlygos. Rauktalapis rūgštyinės (*R. crispus*) sėklos gausiau sudygsta šviesoje (Totterdells, Roberts, 1980; Thompson, Grime, 1983). Joms, kaip ir kai kurių kitų rūšių (*R. obtusifolius*, *R. conglomeratus*, *R. palustris* ir kai kurios kitos) augalų sėkloms, sudygti reikalingas ramybės laikotarpis, sėklos, išbyrėjusios rudenį, sudygsta pavasarį (Van Assche et al., 2002; Kołodziejek, Patykowski, 2015). J. Kołodziejekas ir J. Patykowski (2015) nurodo, kad giliau (daugiau nei 0,5 cm) padiegtų *R. crispus* sėklų daigumas mažėja, tikėtina, dėl šviesos trūkumo.

R. crispus augalai auga drėgnuose, niekada neperdžiūstančiuose, periodiškai permirkstančiuose, vidutiniškai maisto medžiagomis turtinguose dirvožemiuose. *R. crispus* turi nemažai porūšių, besiskiriančių savo buveinėmis. Viena iš jų – *R. crispus* ssp. *crispus* – auga dirvonuose, todėl gali konkuruoti su žemės ūkio augalais, o *R. crispus* ssp. *littoreus* – pakrantėse. *R. crispus* turi stiprią ir plačią lengvai regeneruojančią šaknų sistemą, todėl šiuos augalus jų augavietėse yra sunku išnaikinti. *R. confertus* sėklos dygsta plataus spektro (5–8) pH, tačiau, kaip teigiama literatūros šaltiniuose (Yilmaz, Aksoy, 2007), sėklų daigumą lemia jas veikiančių ekologinių veiksnių visuma.

Rumex genties augaluose kaip antriniai metabolitai gausiausiai sutinkami antrachinonai ir jų glikozidiniai dariniai, taninai. Antrachinonai pasižymi antioksidaciniu poveikiu, turi įtakos ląstelės mitochondrijų veiklai. Nustatyta, kad *R. crispus*, *R. verticillatus* ir *Spirea tomentosa* pasižymi aukštu antioksidaciniu ir antimikrobiniu poveikiu, pavyzdžiui, *Candida albicans*, *Escherichia coli* ir kitiems patogenams (Borchard et al., 2009).

Vieni iš dažniausiai auginamų žemės ūkio augalų yra javai. V. Seibutis ir A. Magyla (2004) teigia, kad javų biologinės savybės lemia piktžolių populiacijos pasiskirstymo ir paplitimo ypatumus sėjomainose, o miežiai yra silpniau piktžolės stebiantys augalai, palyginti su kitais javais. Literatūros šaltiniuose (Bhadoria, 2011; De Beltoldi et al., 2012) nurodoma, kad svarbu ne tik įvertinti natūralių alelochemikalų sąveiką su dirvožemio fizikinėmis, cheminėmis, biologinėmis savybėmis, bet ir žemės ūkio augalų bei segetalinės floros tarpusavio alelopatinę sąveiką.

Elektrolizės būdu gauto šarminio jonizuoto vandens kompleksas, patenkantis pro membraną į ląstelę ir judantis vandens indais, yra sudarytas iš mažesnio kiekio molekulių, nei, pavyzdžiui, vamzdynais tekantis vanduo. Dėl šios savybės jam būdinga didesnė skvarba, greitesnė sąveikia su tirpinį sudarančiais junginiais. Lietuvoje alelopatijos reiškiniai dėl jonizuoto vandens poveikio yra mažai ištirti (Malinauskaitė, 2016). Tyrimais nustatyta, kad didesnės koncentracijos Sosnovskio barščio lapų ištrauka, skiesta šarminiu (pH 9,66) ir rūgštiniu (pH 5,07) jonizuotu vandeniui, esmingai mažino sėjamosios pipirinės sėklų daigumo galią ir daigumą, palyginti su distiliuoto vandens pagrindu pagaminta lapų ištrauka. Mokslininkai (Bhadoria, 2011; Farooq et al., 2011; De Beltoldi et al., 2012) teigia, kad panaudojus natūralius alelochemikalus, išsiaiškinus šių junginių biocheminę sudėtį ir veikimo principus, galima sumažinti sintetinių herbicidų ir kitų augalų apsaugos priemonių panaudojimą. Didėjant natūralių priemonių panaudojimo galimybėms, svarbu išsiaiškinti ir šarminio jonizuoto vandens poveikį pagal augalų alelopatinį santykį.

Tyrimų tikslas – nustatyti *Rumex crispus* vaisių su sėklomis (nebrinkintų ir 168 val. brinkintų) bei jonizuoto (pH 8,6) vandens alelopatinę sąveiką ir įtaką vasarinių miežių grūdų daigumui.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Eksperimentas atliktas 2015 m. Aleksandro Stulginskio universiteto Biologijos ir augalų biotechnologijos instituto laboratorijoje. Tirta rauktalapės rūgštyinės (*Rumex crispus* L.) vaisių (riešutėlių su sėklomis) alelopatinis poveikis paprastojo miežio (*Hordeum vulgare* L.) vasarinės formos grūdvaisių (toliau – grūdų) daigumui (daigumo galia, daigumas, koleoptilės ir šaknelių ilgis bei jų skaičius). Pasirinktas skirtingas paprastojo miežio ir rauktalapės rūgštyinės vaisių santykis (A veiksnys): a) 30 paprastojo miežio grūdų, b) 20:10 (20 miežio ir 10 rauktalapės rūgštyinės vaisių), c) 15:15 ir d) 10:20.

Miežiai ir rauktalapės rūgštyinės vaisiai daiginti (B veiksnys): distiliuotame vandenyje (H_2O k); distiliuotame vandenyje, prieš tai jame 168 val. brinkinus rauktalapės rūgštyinės vaisius (H_2O+168); jonizuotame šarminiame (pH 8,6) vandenyje (Jš H_2O); jonizuotame šarminiame (pH 8,6) vandenyje, prieš tai jame 168 val. brinkinus rauktalapės rūgštyinės vaisius (Jš+ H_2O).

Grūdai su rauktalapės rūgštyinės riešutėliais pagal Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos „Dėl sėklų daigumo metodikos patvirtinimo“ (2003) rekomendacijas daiginti Petri lėkštelėse ant filtrinio popieriaus, reguliuojamo klimato kameroje Ecocell MMM (22 ± 24) °C temperatūroje. Kiekvieno eksperimento variantas pakartotas keturis kartus. Šarminis jonizuotas vanduo (pH 8,6) buvo gaminamas jonizatoriumi PTV-KL (jonizatoriaus skalėje nustatoma pageidaujama pH vertė) 0,5 val. iki jo panaudojimo. Grūdų gyvybingumas pagal daigumo galią buvo nustatytas po 96 val. (4 paros) (pagal Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos rekomendacijas). Po 168 val. (7 paros) įvertintas grūdų daigumas, išmatuoti šaknelės ir koleoptilės ilgiai (mm), suskaičiuotas susiformavusių šaknelių skaičius (vnt.). Dėl rūgštyinėms (*Rumex acetosella* L.) rekomenduojamo vaisių atvėsinimo (stratifikacijos) nebuvo atliktas rauktalapės rūgštyinės sėklų daigumo įvertinimas. Eksperimentas nebuvo pakartotas, nes pasikeistų *R. crispus* vaisių su sėklomis ramybės laikotarpis.

Tyrimų duomenys įvertinti pagal mažiausią esminio skirtumo ribą, naudojantis kompiuterinėmis EXEL STATISTIKA ir PAST programomis.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Rauktalapės rūgštyinės vaisių alelopatinis poveikis miežių grūdų daigumo galiai ir daigumui. Analizuojant distiliuotame vandenyje padiegtų vaisių santykio įtaką miežių grūdų daigumo galiai (1 lentelė) nustatyta, kad nebrinkinti *R. crispus* vaisiai ją slopino. Mažiausia daigumo galia nustatyta padieigus miežius ir *R. crispus* vaisius santykiu 15:15 ir 10:20. Didėjant rauktalapės rūgštyinės vaisių kiekiui, miežių daigumo galia, palyginti su be rūgštyinės daigintais miežių grūdais, buvo esmingai – 1,11 ir 1,06 karto – mažesnė. Pabrinkinus *R. crispus* vaisius (H_2O+168), jų slopinantis miežių daigumo galią poveikis sumažėjo, išskyrus atvejus, kai buvo padieigus santykiu 10:20. Dėl mažiausio miežių grūdų kiekio ir atitinkamai sumažėjusios konkurencijos daigumo galia siekė 93 % ir buvo esmingai mažiausia, palyginti su B veiksnio H_2O+168 varianto grūdų daigumo galia. Palyginus nebrinkintų ir brinkintų *R. crispus* riešutėlių poveikį miežių grūdų daigumo galiai daiginant distiliuotame vandenyje matyti, kad jų alelochemikalų slopinantis poveikis sumažėjo, o miežių grūdų daigumo galia padidėjo. Esmingai didžiausias daigumo galios padidėjimas (1,16 karto) nustatytas padieigus miežių grūdus ir *R. crispus* vaisius vienodu santykiu (15:15).

Nustatyta, kad daiginant šarminiame jonizuotame vandenyje nebrinkinti *R. crispus* riešutėliai neslopino miežių grūdų daigumo galios. Skirtumai, palyginti su be rūgštyinių padiegtų miežių grūdų daigumo galia ir padiegimo distiliuotame vandenyje santykiais 20:10, 15:15 ir 10:20, esminiai. Jonizuotame vandenyje pabrinkinti riešutėliai (Jš+168) slopino grūdų daigumo galią. Esmingai mažiausia – 83 % – daigumo galia nustatyta padieigus santykiu 20:10. Tokį ženklų daigumo galios sumažėjimą galėjo lemti ir pačių dygstančių miežių vidurūšinė konkurencija. Miežių grūdų daigumo galios skirtumai, palyginti su rezultatais, gautais nebrinkinus *R. crispus* riešutėlių, esminiai. Lyginant šarminiame jonizuotame ir distiliuotame vandenyje brinkintų riešutėlių poveikį grūdų daigumo galiai esminiai skirtumai nustatyti padieigus miežių grūdus ir rauktalapės rūgštyinės vaisius santykiu 20:10 ir 15:15.

Atvirkštinės tendencijos nustatytos įvertinus miežių grūdų daigumą (2 lentelė). Distiliuotame vandenyje miežių grūdų daigumas dėl *R. crispus*

1 lentelė. *Rumex crispus* vaisių alelopatinis poveikis vasarinių miežių grūdų daigumo galiai %Table 1. Allelopathic influence of *Rumex crispus* on spring barley germination energy, %

Vaisių santykis (A veiksnys) Seeds proportion (Factor A)	Brinkinimo terpės (B veiksnys) / Soaking medium (Factor B)			
	H ₂ O k H ₂ O c	H ₂ O+168 H ₂ O+168	Jš H ₂ O AJ H ₂ O	Jš H ₂ O+168 AJ H ₂ O+168
30:00	96 ± 2,7 ^a	96 ± 2,7 ^a	96 ± 2,0 ^b	96 ± 2,0 ^a
20:10	93 ± 2,0 ^{aA*}	100 ± 0,0 ^{bA**}	100 ± 0,0 ^{aB*}	83 ± 2,5 ^{bB**}
15:15	86 ± 2,5 ^{bA*}	100 ± 0,0 ^{bA**}	100 ± 0,0 ^{aB*}	97 ± 1,3 ^{aB**}
10:20	90 ± 1,5 ^{b*}	93 ± 1,5 ^c	100 ± 0,0 ^{aB*}	93 ± 1,2 ^{aB}

Pastaba: (H₂O k) – distiliuotas vanduo; (H₂O+168) – distiliuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; (Jš H₂O) – šarminis jonizuotas vanduo; (Jš H₂O+168) – šarminis jonizuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; ne ta pačia raide (a, b) – skirtumai esminiai tarp A veiksnio vidurkių B veiksnio variantuose (palyginti su sėklų santykiu 30:00); A – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (H₂O+168) veiksnų variantų vidurkių; B – esminiai skirtumai tarp (Jš H₂O) ir (Jš H₂O+168) veiksnų variantų vidurkių; pažymėti žvaigždute * – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (Jš H₂O) veiksnų, žvaigždutėmis ** – (H₂O+168) ir (Jš H₂O+168) veiksnų variantų vidurkių; patikimumo lygmuo $P < 0,05$.

Note: (H₂O c) is distilled water; (H₂O+168) is distilled water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; (AJ H₂O) is alkaline ionized water; (AJ H₂O+168) is alkaline ionized water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; not with the same letter (a, b): essential differences between factor A averages in the factor B variants (vs seeds proportion 30:00); A: fundamental differences between factors (H₂O k) and (H₂O+168); B: fundamental differences between (AJ H₂O) and (AJ H₂O+168); *: fundamental differences between (H₂O c) and (AJ H₂O); **: fundamental differences between (H₂O+168) and (AJ H₂O+168); confidence level of $P < 0.05$.

2 lentelė. *Rumex crispus* vaisių alelopatinis poveikis vasarinių miežių grūdų daigumui %Table 2. Allelopathic influence of *Rumex crispus* on spring barley germination, %

Vaisių santykis (A veiksnys) Seeds proportion (Factor A)	Brinkinimo terpės (B veiksnys) / Soaking medium (Factor B)			
	H ₂ O k H ₂ O c	H ₂ O+168 H ₂ O+168	Jš H ₂ O AJ H ₂ O	Jš H ₂ O+168 AJ H ₂ O+168
30:00	100 ± 0,0 ^a	100 ± 0,0 ^a	98 ± 1,2 ^a	98 ± 1,2 ^a
20:10	98 ± 1,3 ^{bA*}	100 ± 0,0 ^{aA**}	100 ± 0,0 ^{b*}	92 ± 1,0 ^{bB**}
15:15	91 ± 1,3 ^{cA*}	100 ± 0,0 ^{aA**}	100 ± 0,0 ^{b*}	97 ± 1,3 ^{aB**}
10:20	92 ± 2,5 ^{cA*}	100 ± 0,0 ^{aA**}	100 ± 0,0 ^{b*}	93 ± 1,2 ^{cB**}

Pastaba: (H₂O k) – distiliuotas vanduo; (H₂O+168) – distiliuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; (Jš H₂O) – šarminis jonizuotas vanduo; (Jš H₂O+168) – šarminis jonizuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; ne ta pačia raide (a, b) – skirtumai esminiai tarp A veiksnio vidurkių B veiksnio variantuose (palyginti su sėklų santykiu 30:00); A – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (H₂O+168) veiksnų variantų vidurkių; B – esminiai skirtumai tarp (Jš H₂O) ir (Jš H₂O+168) veiksnų variantų vidurkių; pažymėti žvaigždute * – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (Jš H₂O) veiksnų, žvaigždutėmis ** – (H₂O+168) ir (Jš H₂O+168) veiksnų variantų vidurkių; patikimumo lygmuo $P < 0,05$.

Note: (H₂O c) is distilled water; (H₂O+168) is distilled water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; (AJ H₂O) is alkaline ionized water; (AJ H₂O+168) is alkaline ionized water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; not with the same letter (a, b): essential differences between factor A averages in the factor B variants (vs seeds proportion 30:00); A: fundamental differences between factors (H₂O k) and (H₂O+168); B: fundamental differences between (AJ H₂O) and (AJ H₂O+168); *: fundamental differences between (H₂O c) and (AJ H₂O); **: fundamental differences between (H₂O+168) and (AJ H₂O+168); confidence level of $P < 0.05$.

poveikio buvo esmingai mažesnis, nepriklausomai nuo jų padiegimo santykio, o brinkintų miežių grūdų daigumas visais atvejais siekė 100 %. Kaip minėta, daiginant jonizuotame vandenyje (Jš H_2O) jau po 4 parų (daigumo galios nustatymo terminas) grūdų daigumas buvo šimtaprocentinis. Lyginant su daiginimu distiliuotame vandenyje (H_2O k), skirtumai esminiai. Tačiau jonizuotame vandenyje brinkinti riešutėliai (Jš H_2O+168) slopino grūdų daigumą. Padiegus santykiu 15:15 ir 10:20, daigumas buvo lygus daigumo galiai. Daiginant miežius ir *R. crispus* vaisius santykiu 20:10, grūdų daigumas buvo mažiausias ir, palyginti su daigumo galia, esmingai padidėjo 1,1 karto. Skirtumas su be rūgštynių diegtų miežių grūdais – esminis.

Įvertinus alelopatinį *R. crispus* poveikį miežių grūdų daigumo galiai ir daigumui galima teigti, kad daiginant distiliuotame vandenyje daigumo galia buvo slopinama padiegus santykiu 10:20, t. y. esant didesniai rūgštyinės vaisių kiekiui. Nebrinkinti *R. crispus* vaisiai slopino daigumą, o brinkinti poveikio daigumui neturėjo. Galima daryti prielaidą, kad nebrinkinti *R. crispus* vaisiai į aplinką išskyrė alelochemikalus, kurie slopino miežių daigumą. Brinkinti vaisiai šio proceso metu jau buvo išskyrę į aplinką dalį alelochemikalų, todėl ir nebuvo nustatytas poveikis daigumui. Dėl jonizuoto vandens poveikio pabrėžtinai riešutėlius tiek grūdų daigumo galia, tiek daigumas buvo slopinami. Tokį atvirkštinį alelopatinio poveikio pasireiškimą galima paaiškinti didesne ir greitesne jonizuoto vandens skvarba į riešutėlius ir grūdus. Antrinių metabolitų sąveika su jonizuotu vandeniu suaktyvėjo ne tik brinkintuose riešutėliuose, bet ir dygstančiuose grūduose, todėl suintensyvėjo ne tik tarprūšinė, bet ir vidurūšinė konkurencija, turėjusi neigiamos įtakos grūdų daigumui, ypač padiegus santykiu 20:10. V. Šežienė (2015) nurodo, kad alelopatijos reiškinį lemia ne tik augalo donoro agresyvumas, bet ir augalo akceptorius atsparumas poveikiui. Ji teigia, kad smulkialapės rūgštyinės ekstrakto esančios trans-kumarino, ypač agresyvi trans-sinapo, kavos ir hodroksicinamono rūgštys yra pagrindinis veiksnys, inhibuojantis pušų sėklų daigumą bei daigų morfofiziologinius rodiklius.

Literatūros šaltiniuose (Yazdi et al., 2013) nurodoma, kad *R. acetosella* geriausiai dygsta esant 6–7 pH. Mūsų tyrimuose jonizuoto vandens pH siekė 8,6. Tai taip pat galėjo turėti įtakos brin-

kintų *R. crispus* riešutėlių alelopatinio poveikio intensyvumui. Tačiau neslopinantis alelopatinis poveikis dėl sąveikos su jonizuotu vandeniu prieštarauja literatūros šaltinio duomenims (Malinauskaitė, 2016), kur teigiama, kad prie didesnių Sosnovskio barščio vandeninių ištraukų koncentracijų, skiestų jonizuotu vandeniu, buvo nustatytas esmingai slopinamas *Lactuca sativa* daigumas.

Rauktalapės rūgštyinės alelopatinis poveikis miežių grūdų šaknelių ir koleoptilių susiformavimui. Įvertinus miežių šaknelių išsivystymą nustatyta, kad padiegus distiliuotame vandenyje (variantai (H_2O k) ir (H_2O+168)) *R. crispus* vaisiai skatino miežių šaknelių tįsimą (3 lentelė). Esmingai ilgiausios, palyginti su padiegtų be rūgštyinės miežių daigų šaknelėmis, buvo padiegus miežius ir rauktalapę rūgštynę santykiu 15:15 ir siekė atitinkamai 140,0 bei 159,9 mm. Skirtumai tarp miežių šaknelių ilgių šio brinkintų ir nebrinkintų vaisių padiegimo santykio taip pat esminiai.

Dėl jonizuoto vandens poveikio (Jš H_2O) padiegus santykiu 20:10 miežių šaknelės buvo neesmingai mažiau ištįsusios, palyginti su be rūgštyinės padiegtų miežių daigų. Padiegus santykiu 10:20, t. y. padidinus *R. crispus* riešutėlių išskiriamų alelochemikalų kiekį, miežių šaknelės buvo esmingai 1,35 karto ilgesnės nei be rūgštyinės daigintų miežių ir 1,35–1,48 karto, kai buvo padiegta santykiu 10:20 ir 15:15. Šių padiegimo santykių miežių šaknelės taip pat buvo esmingai trumpesnės, palyginti su daigintų distiliuotame vandenyje (H_2O k) miežių. Brinkinti *R. crispus* riešutėliai (Jš H_2O+168) esmingai skatino šaknelių tįsimą. Lyginant su be rūgštyinės padiegtų miežių, jų šaknelės buvo 1,24–1,41 karto ilgesnės. Šaknelių tįsimą taip pat aktyviai inicijavo didžiausias padiegtų rūgštynių kiekis, t. y. santykis 10:20. Tai patvirtina literatūros šaltinių (Velička ir kt., 2012; Marcinkevičienė ir kt., 2016) duomenis, kad didesnės ištraukų koncentracijos stimuliuoja šaknelių ilgėjimą, tačiau prieštarauja kai kurių literatūros šaltinių (Baležentienė, Sampietro, 2009) teiginiams, kad mažos ištraukų koncentracijos gali turėti ir stimuliuojantį poveikį.

L. S. Gillas ir kiti (2009) nurodo, kad alelochemikalai susikaupia skirtingose augalo dalyse. Didžiausi jų kiekiai randami lapuose. Mūsų tyrimuose naudoti *R. crispus* riešutėliai (vaisiai) galėjo turėti mažesnius aktyvių junginių kiekius, todėl pasireiškė ne toks intensyvus antrinių metabolitų alelopatinis poveikis.

3 lentelė. *Rumex crispus* vaisių alelopatinis poveikis vasarinių miežių daigų šaknelių ilgiui mmTable 3. Allelopathic influence of *Rumex crispus* on spring barley seedling root length, mm

Vaisių santykis (A veiksnys) Seeds proportion (Factor A)	Brinkinimo terpės (B veiksnys) / Soaking medium (Factor B)			
	H ₂ O k H ₂ O c	H ₂ O+168 H ₂ O+168	Jš H ₂ O AJ H ₂ O	Jš H ₂ O+168 AJ H ₂ O+168
30:00	102,30 ± 14,4 ^a	102,30 ± 14,4 ^a	111,29 ± 7,6 ^a	111,29 ± 7,6 ^a
20:10	134,00 ± 13,4 ^{b*}	154,68 ± 12,3 ^{b**}	101,92 ± 15,9 ^{aB*}	138,95 ± 10,8 ^{bB**}
15:15	140,00 ± 5,9 ^{cA*}	159,87 ± 13,2 ^{bA}	110,83 ± 12,1 ^{aB*}	141,52 ± 12,2 ^{bB}
10:20	125,47 ± 11,4 ^{abA*}	156,10 ± 13,0 ^{bA}	150,39 ± 10,8 ^{b*}	157,61 ± 16,1 ^b

Pastaba: (H₂O k) – distiliuotas vanduo; (H₂O+168) – distiliuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; (Jš H₂O) – šarminis jonizuotas vanduo; (Jš H₂O+168) – šarminis jonizuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; ne ta pačia raide (a, b) – skirtumai esminiai tarp A veiksnio vidurkių B veiksnio variantuose (palyginti su sėklų santykiu 30:00); A – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (H₂O+168) veiksmų variantų vidurkių; B – esminiai skirtumai tarp (Jš H₂O) ir (Jš H₂O+168) veiksmų variantų vidurkių; pažymėti žvaigždute * – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (Jš H₂O) veiksmų, žvaigždutėmis ** – (H₂O+168) ir (Jš H₂O+168) veiksmų variantų vidurkių; patikimumo lygmuo $P < 0,05$.

Note: (H₂O c) is distilled water; (H₂O+168) is distilled water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; (AJ H₂O) is alkaline ionized water; (AJ H₂O+168) is alkaline ionized water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; not with the same letter (a, b): essential differences between factor A averages in the factor B variants (vs seeds proportion 30:00); A: fundamental differences between factors (H₂O k) and (H₂O+168); B: fundamental differences between (AJ H₂O) and (AJ H₂O+168); *: fundamental differences between (H₂O c) and (AJ H₂O); **: fundamental differences between (H₂O+168) and (AJ H₂O+168); confidence level of $P < 0.05$.

4 lentelė. *Rumex crispus* vaisių alelopatinis poveikis vasarinių miežių koleoptilės ilgiui mmTable 4. Allelopathic influence of *Rumex crispus* on spring barley coleoptile length, mm

Vaisių santykis (A veiksnys) Seeds proportion (Factor A)	Brinkinimo terpės (B veiksnys) / Soaking medium (Factor B)			
	H ₂ O k H ₂ O c	H ₂ O+168 H ₂ O+168	Jš H ₂ O AJ H ₂ O	Jš H ₂ O+168 AJ H ₂ O+168
30:00 (k/c)	86,52 ± 14,8 ^a	86,52 ± 14,8 ^a	81,95 ± 6,8 ^a	81,95 ± 6,5 ^a
20:10	97,80 ± 12,1 ^{a*}	85,52 ± 9,3 ^a	55,57 ± 12,1 ^{bB*}	97,57 ± 8,2 ^{bB}
15:15	108,26 ± 9,6 ^{aA*}	86,72 ± 6,1 ^{aA}	76,91 ± 6,9 ^{a*}	89,00 ± 7,4 ^{ab}
10:20	90,30 ± 11,7 ^a	102,86 ± 7,8 ^a	99,77 ± 10,7 ^{ac}	95,40 ± 7,9 ^{ab}

Pastaba: (H₂O k) – distiliuotas vanduo; (H₂O+168) – distiliuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; (Jš H₂O) – šarminis jonizuotas vanduo; (Jš H₂O+168) – šarminis jonizuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; ne ta pačia raide (a, b) – skirtumai esminiai tarp A veiksnio vidurkių B veiksnio variantuose (palyginti su sėklų santykiu 30:00); A – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (H₂O+168) veiksmų variantų vidurkių; B – esminiai skirtumai tarp (Jš H₂O) ir (Jš H₂O+168) veiksmų variantų vidurkių; pažymėti žvaigždute * – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (Jš H₂O) veiksmų; patikimumo lygmuo $P < 0,05$.

Note: (H₂O c) is distilled water; (H₂O+168) is distilled water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; (AJ H₂O) is alkaline ionized water; (AJ H₂O+168) is alkaline ionized water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; not with the same letter (a, b): essential differences between factor A averages in the factor B variants (vs seeds proportion 30:00); A: fundamental differences between factors (H₂O k) and (H₂O+168); B: fundamental differences between (AJ H₂O) and (AJ H₂O+168); *: fundamental differences between (H₂O c) and (AJ H₂O); confidence level of $P < 0.05$.

5 lentelė. *Rumex crispus* vaisių alelopatinis poveikis vasarinių miežių susiformavusių šaknelių skaičiui vnt.
 Table 5. Allelopathic influence of *Rumex crispus* on spring barley root number, unit

Vaisių santykis (A veiksnys) <i>Seeds proportion (Factor A)</i>	Brinkinimo terpės (B veiksnys) / <i>Soaking medium (Factor B)</i>			
	H ₂ O k H ₂ O c	H ₂ O+168 H ₂ O+168	Jš H ₂ O AJ H ₂ O	Jš H ₂ O+168 AJ H ₂ O+168
30:00 (k/c)	6,03 ± 0,6 ^a	6,03 ± 0,6 ^a	6,00 ± 0,2 ^a	6,00 ± 0,2 ^a
20:10	5,93 ± 0,3 ^a	6,00 ± 0,0 ^a	6,21 ± 0,2 ^{ab}	6,21 ± 0,5 ^a
15:15	6,08 ± 0,6 ^a	6,09 ± 0,3 ^a	6,30 ± 0,1 ^b	5,92 ± 0,3 ^{ab}
10:20	5,84 ± 0,2 ^{a*}	5,85 ± 0,3 ^a	6,33 ± 0,2 ^{ab*}	6,05 ± 0,2 ^a

Pastaba: (H₂O k) – distiliuotas vanduo; (H₂O+168) – distiliuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; (Jš H₂O) – šarminis jonizuotas vanduo; (Jš H₂O+168) – šarminis jonizuotas vanduo + 168 val. brinkinti *R. crispus* vaisiai; ne ta pačia raide (a, b) – skirtumai esminiai tarp A veiksnio vidurkių B veiksnio variantuose (palyginti su sėklų santykiu 30:00); B – esminiai skirtumai tarp (Jš H₂O) ir (Jš H₂O+168) veiksmų variantų vidurkių; pažymėti žvaigždute * – esminiai skirtumai tarp (H₂O k) ir (Jš H₂O) veiksmų; patikimumo lygmuo $P < 0,05$.

Note: (H₂O c) is distilled water; (H₂O+168) is distilled water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; (AJ H₂O) is alkaline ionized water; (AJ H₂O+168) is alkaline ionized water + *R. crispus* seeds soaked for 168 hours; not with the same letter (a, b): essential differences between factor A averages in factor B variants (vs seeds proportion 30:00); A: fundamental differences between factors (H₂O k) and (H₂O+168); B: fundamental differences between (AJ H₂O) and (AJ H₂O+168); *: fundamental differences between (H₂O c) and (AJ H₂O); confidence level of $P < 0.05$.

Panašios tendencijos nustatytos įvertinus miežių koleoptilių ilgį, daiginimui naudojant nebrinkintus *R. crispus* vaisius distiliuotame vandenyje (H₂O k) (4 lentelė). Daiginant brinkintus (H₂O+168) vaisius, *R. crispus* alelopatinis poveikis miežių koleoptilių išsivystymui distiliuotame vandenyje, palyginti su be rūgštyinės daigintų, buvo neesminis, nors prie didžiausio santykio (10:20) jos buvo 1,19 karto ilgesnės. Daiginant jonizuotame vandenyje miežių koleoptilių ištiesimą slopino mažesnis *R. crispus* vaisių kiekis (santykis 20:10 ir 15:15), o skatino – didesnis (santykis 10:20). Esmingai trumpiausios, palyginti su be rūgštyinės daigintų miežių koleoptilėmis (1,48 karto trumpesnės), jos buvo padiegius santykiu 20:10, o neesmingai ilgiausios (1,22 karto) – padiegius santykiu 10:20. Brinkintų *R. crispus* vaisių (Jš H₂O+168) skatinantis ar slopinantis poveikis nenustatytas, nors koleoptilės buvo neesmingai ilgesnės nei be rūgštyinės daigintų miežių.

Esminis skatinantis arba slopinantis *R. crispus* alelopatinis poveikis miežių suformuotų šaknelių skaičiui nebuvo nustatytas, išskyrus padiegius santykiu 15:15 (Jš H₂O) (5 lentelė). Lyginant su be rūgštyinės daigintais miežiais, jų susiformavo 1,05 karto daugiau. Padiegius nebrinkintus

R. crispus vaisius šarminiame jonizuotame vandenyje, nepriklausomai nuo jų ir grūdų santykio, nustatytas intensyvesnis miežių šaknelių formavimasis. Daiginant distiliuotame vandenyje (variantai (H₂O k) ir (H₂O+168)), didesnis padiegtų *R. crispus* vaisių kiekis (santykis 20:10) neesmingai slopino šaknelių formavimąsi.

IŠVADOS

1. Daiginant distiliuotame vandenyje nebrinkinti *R. crispus* riešutėliai slopino miežių grūdų daigumo galią ir daigumą, o brinkinti – neturėjo įtakos. Dėl šarminio jonizuoto vandens ir nebrinkintų vaisių sąveikos miežių grūdų daigumas siekė 100 %, o brinkintų daigumo galia ir daigumas buvo slopinami.

2. Distiliuotame vandenyje nebrinkinti ir brinkinti *R. crispus* riešutėliai skatino miežių šaknelių tiesimą, o koleoptilių ilgiui esminės įtakos neturėjo. Padiegius šarminiame jonizuotame vandenyje, mažesni nebrinkintų riešutėlių kiekiai neturėjo įtakos miežių šaknelių ilgiui, bet skatino koleoptilių ilgėjimą, o didesni (santykis 10:20) skatino ir šaknelių, ir koleoptilių tiesimą. Dėl brinkintų riešutėlių poveikio miežių šaknelės esmingai pailgėjo.

3. *R. crispus* vaisiai neturėjo esminio poveikio miežių šaknelių susiformavimo intensyvumui.

4. Miežių grūdų daigumą veikė ne tik pačių pa-
diegimui naudotų grūdų ir *R. crispus* santykis, bet
ir brankinimui, ir daiginimui panaudotas šarminis
jonizuotas vanduo.

Gauta 2016 09 28

Priimta 2017 03 20

LITERATŪRA

- Baležentienė L., Sampietro D. A. 2009. Assessment of the allelopathic potential of fodder galega at different growth stages. *Allelopathy Journal*. Vol. 23(1). P. 229–236.
- Bhadoria P. B. S. 2011. Allelopathy: A natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*. Vol. 1(1). P. 7–20.
- Borchard J. R., Wyse D. L., Sheaffer C. C., Kaupi K. L., Fulcher R. H., Ehlke N. J., Biesboer D. D., Bey R. F. 2009. Antioxidant and antimicrobial activity of seed from plants of the Mississippi river basin. *Journal of Medicinal Plants Research*. Vol. 3(10). P. 707–718.
- De Beltoldi C., De Leo M., Braca A., Ercoli L. 2012. Chemical profile of *Festuca arundinacea* extract showing allelochemical activity. *Chemoecology*. No. 22. P. 13–21.
- Faraooq M., Jabran K., Cheema Z., Wahid A., Siddique H. M. K. 2011. The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*. Vol. 67. P. 493–506.
- Gill L. S., Anoliefo G. O., Iduoze U. V. 2009. *Allelopathic Effects of Aqueous Extract from Siam Weed on the Growth of Cowpea*. Nigeria: University of Benin. P. 3–20.
- Yazdi S. A. F., Rezvani M., Mohassel M. H. R., Ghanizadeh H. 2013. Factors affecting seed germination and seedling emergence of sheep sorrel (*Rumex acetosella*). *Romanian Agricultural Research*. No. 30. P. 373–380 [žiūrėta 2016-06-06]. Prieiga per internetą: <http://www.incdfundulea.ro/rar/nr30/rar30.46.pdf>
- Yilmaz D. D., Aksoy A. 2007. Physiological effects of different environmental conditions on the seed germination of *Rumex scutatus* L. (*Polygonaceae*). *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. Vol. 23(1–2). P. 24–29 [žiūrėta 2016-06-06]. Prieiga per internetą: https://scholar.google.fr/citations?view_op=view_citation&hl=de&user=fGye
- Kołodziejek J., Patykowski J. 2015. Effect of environmental factors on germination and emergence of invasive *Rumex confertus* in Central Europe. *Scientific World Journal*. Vol. 2015(2015), Article ID 170176. 10 p. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/170176>
- Li C. L., Hang C. M., Ye S. P., Ou J., Zhang X. Q., Pan K. W. 2016. Phytotoxicity of bermudagrass extracts on germination and seedling growth of its over-seeded turf grass. *Allelopathy Journal*. Vol. 39(2). Abstract.
- Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro įsakymas „Dėl sėklų daigumo tyrimo metodikos patvirtinimo“. 2003 m. spalio 17 d. Nr. 3D-436 [žiūrėta 2016-06-08]. Prieiga per internetą: <https://e-tar.lt/acc/legalAct.html?documentId=TAR.A856BE2CC4C8&lang=lt>
- Malinauskaitė R. 2016. Jonizuoto vandens įtaka Sosnovskio barščio (*Heracleum sosnovskyi* Mandel.) lapų ištraukos alelopatinėms savybėms. Iš: *Žmogaus ir gamtos sauga*. P. 160–162.
- Marcinkevičienė A., Eimutyte E., Šaučiūnas E., Kosteckienė S. 2016. Bastutinių šeimos piktžolių rūšių alelopatinė įtaka vasarinių rapsų ir vasarinių miežių dygimui ir augimui. *Žemės ūkio mokslai*. T. 23. Nr. 1. P. 20–27.
- Moravcová L., Pyšek P., Pergl J., Perglová I., Jarošík V. 2006. Seasonal pattern of germination and seed longevity in the invasive species *Heracleum mantegazzianum*. *Preslia*. No. 78(3). P. 287–301 [žiūrėta 2016-06-06]. Prieiga per internetą: <http://www.preslia.cz/P063CMor.pdf>
- Seibutis V., Magyla A. 2004. Žieminių kviečių ir vasarinių miežių pasėlių agrofytocenozės pokyčiai trumpų rotacijų sėjomainose. *Žemdirbystė*. T. 8. Nr. 88. P. 130–144.
- Šežienė V. 2015. *Plynų kirtaviečių dominantių alelopatinis poveikis brukninių pušynų atkūrimui kintant klimato sąlygoms*: daktaro disertacija. 125 p.
- Thompson K., Grime J. P. A. 1983. Comparative study of germination responses to diurnally fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology*. No. 20(1). P. 141–156.
- Totterdells S., Roberts E. H. 1980. Characteristics of alternating temperatures which stimulate

- loss of dormancy in seeds of *Rumex obtusifolius* L. and *Rumex crispus* L. *Plant, Cell and Environment*. No. 3(1): P. 3–12 [žiūrėta 2016-06-06]. Prieiga per internetą: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.1981.tb01044.x/full>
19. Ullah B., Hussain F., Ibrar M. 2010. Allelopathic potential of *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 42(4). P. 2383–2390.
 20. Van Assche J., Van Nerum D., Darius P. 2002. The comparative germination ecology of nine *Rumex* species. *Plant Ecology*. Vol. 159(2). P. 131–142 [žiūrėta 2016-06-06]. Prieiga per internetą: <https://www.tib.eu/.../springer%3Adoi~10.1023%252FA%253A1015>
 21. Velička R., Čepulienė R., Marcinkevičienė A., Pupalienė R., Kriaučiūnienė Z., Kosteckas R., Čekenauskas S., Bieliukaitė R. 2012. Rapsų liekanų vandeninių ištraukų alelopatinė įtaka vasarinių miežių dygimui bei augimui. *Žemės ūkio mokslai*. T. 19. Nr. 1. P. 36–44.
 22. Weidenhamer J. D. 2006. Distinguishing allelopathy from resource competition: the role of density. In: *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Eds. M. J. Eigosa, N. Pedrol, L. Gonzalez. Dordrecht, The Netherlands: Springer Academic Publishers. P. 85–103.
 23. Zhang Q., Zhang Y., Peng S., Zobel K. 2014. Climate warming may facilitate invasion of the exotic shrub *Lantana camara*. *PLoS ONE*. Vol. 9(9), e105500. DOI: 10.1371/journal.pone.0105500.

Regina Malinauskaitė

ALLELOPATHIC EFFECTS OF CURLY DOCK (*RUMEX CRISPUS*) ON SPRING BARLEY SEED GERMINATION AND EARLY GROWTH

Summary

The experiment was carried out at Aleksandras Stulginskis University in 2015. The goal of the experiment was to set the allelopathic interaction and influence of *Rumex crispus* seeds (unsoaked and soaked for 168 hours) and ionized water on spring barley grain germination. The following experiment variants with different proportions of barley grains and *R. crispus* fruits were used: a) control – 30 barley grains; other variants: b) 20 barley grains and 10 *R. crispus* fruits, c) 15:15 and d) 10:20. During the germination in distilled water, unsoaked *R. crispus* fruits inhibited the barley grain germination. In alkaline ionized water, unsoaked fruits did not affect the barley grain germination, which amounted to 100%. Soaked *Rumex crispus* fruits stimulated the germination. The lowest germination energy (83%) and viability (92%) were determined in the case of ratio 20:10. In distilled water, unsoaked fruits increased barley root and coleoptile elongation. The longest roots (140.00 mm) and coleoptiles (108.26 mm) were in the variant 15:15. Soaked fruits increased barley root elongation, but did not have any effect on the coleoptile length. In ionized alkaline water, in the experiment variants 20:10 and 15:15, *R. crispus* fruits suppressed barley root and coleoptile elongation. In the case of ratio 10:20 barley formed the longest roots and coleoptiles. Soaked fruits increased barley root elongation, especially in the case of ratio 10:20, and coleoptile elongation. *R. crispus* fruits had no significant effect on the number of roots.

Keywords: *Rumex crispus*, barley, ionized and distilled water, soaking, germination rates