

Pseudomonas syringae įtaka žieminių kviečių derlingumui

Jurgita Kelpšienė,

Skaidrė Supronienė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras,
Instituto al. 1,
58344 Akademija, Kėdainių r., Lietuva
El. paštas jurgita.kelpsiene@lammc.lt

Pastarųjų metų tyrimai rodo, kad Lietuvoje auginamuose kviečiuose plinta patogeninės *Pseudomonas syringae* bakterijos, sukeliančios lapų dėmėtligę ir bazalinę bakteriozę. Grūdų derlingumo praradimas dėl *P. syringae* sukeltamų ligų gali siekti nuo 5 iki 50 %. Derliaus mažėjimas priklauso nuo daugelio veiksnių, įskaitant aplinkos sąlygas (ypač temperatūrą ir drėgmę).

Tyrimo tikslas – nustatyti skirtingų *Pseudomonas syringae* kamienų ir užkrėtimo laiko įtaką Lietuvoje auginamų paprastųjų kviečių (*Triticum aestivum*) žieminės formos grūdų derlingumui.

Lauko sąlygomis penkių paprastųjų kviečių (*Triticum aestivum*) žieminės formos (toliau tekste – žieminių kviečių) veislių ('Dagmar', 'Janne', 'Edvins', 'Skagen' ir 'Artist') varpos užkrėstos aštuonių skirtingų *P. syringae* kamienų ląstelių suspensija ($1,0 \times 10^6$ KSV ml⁻¹) žydėjimo pradžioje (BBCH 61), viduryje (BBCH 63-65) bei pieninės brandos pradžioje (BBCH 70-71) ir viduryje (BBCH 75). Kontroliniame variante varpos apipurkštos steriliu distiliuotu vandeniu. Grūdų svorio skirtumai tarp tyrimo variantų vertinti kviečiams pasiekus pilnąją brandą (BBCH 89).

Remiantis vidutiniais trijų veiksnių statistinės analizės duomenimis, galima teigti, kad *P. syringae* krėtimo laikas neturėjo reikšmingos įtakos grūdų svoriui ($P = 0,1970$), tačiau veislės ir *P. syringae* kamienai turėjo statistiškai reikšmingą įtaką ($P = 0,0000$). Sąveikos tarp skirtingų veiksnių – krėtimo laiko ir veislių, krėtimo laiko ir *P. syringae* kamienų bei veislių ir *P. syringae* kamienų – taip pat buvo statistiškai reikšmingos. Referentinės kultūros *P. syringae* pv. *syringae* (kamieno Nr. CFBP 4108 Van Hall 1902) ir *P. syringae* pv. *atrofaciens* (kamieno Nr. CFBP 3587 (Mac Culloch 1920) labiausiai mažino grūdų svorį ($P = 0,0000$), atitinkamai 10,2 % ir 9,1 %, palyginti su kontroliniu variantu.

Raktažodžiai: derliaus nuostoliai, patogenai, bakterinės ligos, lapų dėmėtligė, bazalinė bakteriozė

ĮVADAS

Įvairių tyrimų duomenys rodo, kad miglinių javų bakterinės ligos, kurios pasaulyje ir kai kuriose Europos šalyse jau senokai išplitusios, pamažu plinta ir Lietuvoje (Kelpšienė et al., 2021; Schaad, 2008; Vasinauskienė et al., 2008). Iki šiol informacijos apie patogeninių *Pseudomonas* bakterijų paplitimą Lietuvoje auginamuose javuose nėra daug.

Yra ištirta daugiau nei 15 rūšių ir 60 *Pseudomonas* spp. bakterijų patovary, aprašyti ligų simptomai, nustatyta, kad ligos pažeidžia įvairius sodo, daržo, žemės ūkio augalus, žoles (Butsenko et al., 2021; Giovanardi et al., 2018; Vinatzer et al., 2017). *P. syringae* pv. *syringae* yra polifagiškiausia bakterija *P. syringae* komplekse, remiantis plačia šeiminingų grupe (Iličić et al., 2016; Morris et al., 2013; Toben et al., 1991; Khezri et al., 2018).

O *P. syringae* pv. *atrofaciens* daugiausia užkrečia vienaskilčius augalus ir yra laikomas vienu pagrindinių miglinių javų bakterinių patogenų Europoje (Pasichnyk, Butsenko, 2018). Nors pastarųjų metų tyrimai rodo, kad dėl *P. syringae* pv. *atrofaciens* lapų dėmės gali atsirasti ir ant dviskilčių augalų, tokių kaip *Sonchus arvensis* ir *Papaver argemone* (Butsenko ir kt., 2021).

Javuose bakterijų sukeltamų ligų požymiai labai panašūs į grybų sukeltas ligas, neatmetina mišrių su grybais infekcijų tikimybė. Trūksta duomenų apie tikslių išplitimo mastą ir Lietuvoje aptinkamų bakterijų kamienų patogeniškumą, atsižvelgiant į augalo rūšį ir genotipą. Žinoma, kad pagrindinės bakterinės ligos yra lapų dėmėtligė (sukėlėjas *P. syringae* pv. *syringae* – pažeidžia visus javus ir kitus augalus), bazalinė bakteriozė (sukėlėjas *P. syringae* pv. *atrofaciens* – pažeidžia kviečius) (Tambong et al., 2022; Patyka, 2016). Užkrėsti grūdai būna susiraukšlėję, netaisyklingos formos, būdingas patamsėjimas (nuo rudos iki praktiškai juodos spalvos) galuose, kur, pasak autorių, yra didžiausia ligos koncentracija (1 pav.) (Duveiller et al., 1997; Schaad, 2008).

Javų bakteriniai patogenai mažais atstumais plinta su sėkla, per aerolius (lietų, rasą) ir tiesioginio kontakto vektorius (vabzdžius, žmones), didesniais atstumais – tik per užkrėstą sėklą. Kontroluojamo užkrėtimo eksperimentų duomenys rodo, kad ligų požymiai sparčiausiai vystosi esant didelei drėgmei (gausiems krituliams arba drė-



1 pav. Bazalinės bakteriozės pažeisti grūdai
Fig. 1. Grains damaged by basal glume blotch

kinant purkštuvais) ir ne itin aukštai (20–24 °C) temperatūrai (Tambong et al., 2022).

Pseudomonas spp. sukeltas grūdų derlingumo sumažėjimas lauke priklauso nuo daugelio veiksnių, įskaitant ligos išplitimą ir intensyvumą, patogeno agresyvumą, aplinkos sąlygas (ypač temperatūrą ir drėgmę), šeiminingo atsparumą ar jautrumą ir fenologinį tarpsnį, per kurį pasireiškia infekcija (Fatemifard, 2022). *P. syringae* pv. *syringae* populiacijos beveik visada yra epifitiškai ant kviečių augalų ir kitų šeiminingų paviršių, o tai rodo, kad oro sąlygos yra labai svarbus reiškinys ligos protrūkiams (Matveeva et al., 1997; Toben et al., 1991). Tarptautiniu mastu derlingumo praradimas svyruoja nuo 5 iki 50 % (Duveiller et al., 1997; Valencia-Botín et al., 2012). Be to, buvo įrodyta, kad užkrėtimas sėklomis yra labai svarbus ligos epidemiologijoje (Kazempour, 2010; Tambong et al., 2022; Tripathi, 2017; Vasinauskienė et al., 2008). Žinoma, kad bakterijos plinta per sėklas, todėl užterštos sėklos išlieka svarbiausias infekcijos šaltinis. Nėra veiksmingo sėklų apdorojimo apsaugant sėklas nuo *P. syringae* pv. *atrofaciens*. Remiantis literatūra, kviečių augintojams rekomenduojama vengti naudoti sėklas iš to lauko, kuriame pastebėta ligos požymių (Tambong et al., 2022).

Statistikos departamento duomenimis, Lietuvos ūkininkai augina per 620 tūkst. ha žieminių kviečių. Tai vienas pagrindinių žemės ūkio augalų tiek mūsų, tiek kitose pasaulio šalyse. Šiuolaikinėje žemdirbystėje itin didelis dėmesys skiriamas grūdų derliaus nuostoliui nustatyti bei jam mažinti. Taip pat svarbu ne tik pasiekti, kad derliaus nuostoliai būtų kuo mažesni, tačiau ir kad grūdai būtų kuo sveikesni ir neprarastų kokybės. Įvairių šaltinių duomenimis, *Pseudomonas* spp. yra bene geriausiai ištirta bakterija (Xin, 2018), tačiau mūsų krašte javuose ji atsirado visai neseniai, todėl labai trūksta duomenų, kokių galima tikėtis derliaus nuostolių dėl bakterinių ligų pasireiškimo. Atsižvelgiant į tirtų bakterijų sukeltus ligos požymius ir pasireiškimą Lietuvoje auginamuose kviečiuose, tyrimo tikslas buvo nustatyti skirtingų *Pseudomonas syringae* kamienų bei užkrėtimo laiko įtaką Lietuvoje auginamų žieminių kviečių grūdų derlingumui.

TYRIMO METODAI IR SĄLYGOS

Eksperimentas buvo atliekamas 2014–2017 m. LAMMC Mikrobiologijos laboratorijoje. Augalų

užkrėtimas vykdytas Babtų seniūnijoje ūkinininkui priklausančiuose žieminių kviečių laukuose 55°07'21.7"N 23°45'17.1"E. Tyrimui pasirinktos penkios žieminių kviečių veislės ('Dagmar', 'Janne', 'Edvins', 'Skagen' ir 'Artist') ir keturi krėtimo laikai – žydėjimo pradžia ir vidurys bei pieninės brandos pradžia ir vidurys (BBCH 61, BBCH 63-65, BBCH 70-71, BBCH 75). *Pseudomonas syringae* poveikiui kviečiams *in vivo* nustatyti pasirinktos šešios *in vitro* metu nustatytos patogeniškos bakterijos (kamienų Nr. SWG32, SWG11, WWG74, WWG2, WWG10, WWG11). Šios bakterijos buvo išskirtos iš Lietuvoje auginamų vasarinių ir žieminių kviečių lapų ir grūdų bei identifikuotos 16S rRNR genų sekos analizės metodu (Kelpšienė et al., 2021). Teigiamai kontrolei buvo naudotos dvi referentinės *Pseudomonas syringae* kultūros: *P. syringae* pv. *syringae* (kamieno Nr. CFBP 4108 Van Hall 1902, kolekcijos Nr. ICMP 6386, geografinė kilmė – Japonija, augalas šeimininkas – *Hordeum vulgare*) (SYR4108) ir *P. syringae* pv. *atrofaciens* (kamieno Nr. CFBP 3587 (Mac Culloch, 1920) Young, Dye & Wilkie 1978 kolekcijos Nr. IMV 2399, geografinė kilmė – Ukraina, Kyjivas, augalas šeimininkas – *Triticum durum* L.) (ATR3587). Kviečių varpos pirmiau minėtais augimo tarpsniais buvo apipurkštos bakterijų ląstelių suspensija po 10 ml/10 varpų 10⁶ KSV/ml. Neigiamai kontrolei buvo naudotas sterilus distiliuotas vanduo (SDV).

Siekiant užtikrinti optimalias sąlygas bakteriozei pasireikšti, buvo naudotas drėgnų kamerų metodas, kurio metu augalai yra apgaubiami polietilenu maišeliu, kad sulaukėtų drėgmę ir palaikytų tinkamas sąlygas patogeniui plisti (2 pav.). Ligos simptomai ir jos išplitimas (pažeistų varpų skaičius) buvo stebimas po 7 dienų. Kviečiams patogeniški *Pseudomonas* kamienai buvo laikomi tie, kurie sukėlė varpos apatinėje dalyje dryžuotumą nuo violetinės iki tamsiai rudos spalvos.

Po 7 dienų maišeliai nuimti, varpos paliktos subręsti. Varpų ėminiai surinkti kviečiams pasiekus pilną brandą (BBCH 89), norint įvertinti grūdų derlingumo nuostolius. Varpos iškultos naudojant laboratorinį vienos varpos kūlimo aparatą WHTA010002 (Precision Machine Co., Inc.). Įvertintas kiekvienos varpos grūdų skaičius ir svoris bei apskaičiuotas 1 000 grūdų svoris.

Tyrimų duomenys buvo apdoroti dispersinės analizės metodu. Statistinei analizei apskaičiuoti vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai buvo skai-



2 pav. Drėgnų kamerų metodas, kurio metu augalai yra apgaubiami polietilenu maišeliu, kad sulaukėtų drėgmę ir palaikytų tinkamas sąlygas patogeniui plisti
Fig. 2. A wet chamber method where the plants are wrapped in a polythene bag to retain moisture and maintain suitable conditions for the spread of the pathogen

čiuojami „MS Excel“ programa. Mažiausias esminis skirtumas R_{05} buvo apskaičiuotas naudojant programą ANOVA (Raudonius, 2017). Statistinių duomenų vertinimas buvo atliekamas naudojant Fisherio ir Tukey'jaus testus.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Atlikus trijų veiksnių dispersinę analizę nustatyta, kad *P. syringae* užkrėtimo laikas neturėjo reikšmingos įtakos grūdų svoriui ($P = 0,1970$), tačiau veislės ir *P. syringae* kamienai turėjo statistiškai reikšmingą įtaką ($P = 0,0000$), taip pat kaip krėtimo laiko ir veislių, krėtimo laiko ir *P. syringae* kamienų bei veislių ir *P. syringae* kamienų sąveikos ($P \leq 0,05$) (1 lentelė). Vidutiniais tyrimų duomenimis, veislių 'Edvins' ir 'Dagmar' 1 000 grūdų svoris buvo statistiškai patikimai didžiausias (atitinkamai 47,8 g ir 47,9 g), o 'Janne' ir 'Skagen' – mažiausias (atitinkamai 41,1 g ir 43,0 g) ($P = 0,0000$). Tačiau iš šių grūdų svorio duomenų negalime spręsti apie veislių jautrumą *P. syringae* infekcijai, nes grūdo stambumas / svoris gali būti nulemtas genotipo savybių. Referentinės kultūros *P. syringae* pv. *syringae* (SYR4108) ir *P. syringae* pv. *atrofaciens* (ATR3587) labiausiai mažino grūdų svorį ($P = 0,0000$), atitinkamai 10,3 % ir 9,2 %, palyginti su kontroliniu variantu. Vertinant krėtimo laiko ir veislių sąveiką išryškėjo, kad veislė 'Artist' buvo jautriausia *P. syringae* infekcijai augalų žydėjimo pradžioje (BBCH 61), o atspariausia pieninės brandos viduryje (BBCH 75). Vertinant krėtimo laiko ir *P. syringae* kamienų sąveiką nustatyta, kad

kamienai SYR4108 ir ATR3587 labiausiai mažino grūdų svorį, kai kviečių varpos buvo užkrėtos pieninės brandos pabaigoje. Grūdų svorio sumažėjimas labai priklausė nuo kviečių veislių ir bakterijų kamienų sąveikos. Kad aiškiau atskleistume *P. syringae* kamienų įtaką, toliau pateikiame kiekvienos veislės analizės duomenis.

Vertinant Lietuvoje aptiktų *P. syringae* kamienų įtaką veislės 'Skagen' grūdų derlingumui paste-

bėta, kad grūdų svorio sumažėjimas (8,8–12,2 %) buvo statistiškai reikšmingas ($P \leq 0,05$) tik javus apkretus SWG32, SWG11, WWG11 bakterijomis kviečių žydėjimo viduryje (BBCH 63-65), SWG32 bakterijų kamieniu – pieninės brandos pradžioje (BBCH 70-71) ir SWG11, WWG74 bakterijomis pieninės brandos pabaigoje (BBCH 75), kitais atvejais grūdų svoris sumažėjo statistiškai nereikšmingai ($P \leq 0,05$) (2 lentelė). Referentinės

1 lentelė. Varpų užkrėtimo laiko (A veiksnys), žieminių kviečių veislės (B veiksnys) ir *P. syringae* kamieno (C veiksnys) poveikio 1 000 grūdų svoriui dispersinės analizės (ANOVA) rezultatai

Table 1. ANOVA analysis of variance results of the effect of ear inoculation time (Factor A), winter wheat cultivar (Factor B) and *P. syringae* strain (Factor C) on the 1 000 grain weight

Dispersijos / Dispersion	SS	DF	MS	Fakt.	p
Bendroji / General	6453,021	539			
Pakartojimų / Repetitions	21,217	2			
Variantų / Variants	5894,089	179	32,928	21,92**	0,000000
A veiksnys / Factor A	7,062	3	2,354	1,57	0,196980
B veiksnys / Factor B	3845,309	4	961,327	640,03**	0,000000
C veiksnys / Factor C	1243,832	8	153,479	103,51**	0,000000
A, B sąveika / Interaction A, B	43,128	12	3,594	2,39**	0,005528
A, C sąveika / Interaction A, C	56,593	24	2,358	1,57*	0,044676
B, C sąveika / Interaction B, C	548,198	32	17,131	11,41**	0,000000
A, B, C sąveika / Interaction A, B, C	149,967	96	1,562	1,04	0,392233
Liekanos / Remains	537,717	358	1,502		

2 lentelė. *Pseudomonas syringae* kamienų ir varpų užkrėtimo laiko įtaka žieminių kviečių veislės 'Skagen' 1 000 grūdų svoriui

Table 2. The effect of *Pseudomonas syringae* stem and ear infection time on the 1 000 grain weight of winter wheat variety Skagen

<i>P. syringae</i> kamieno Nr. <i>P. syringae</i> stem No.	1 000 grūdų svoris (g) skirtingais augimo tarpsniais užkrėtus varpas 1 000 grain weight (g) in different growth stages after ear infection			
	BBCH 61	BBCH 63-65	BBCH 70-71	BBCH 75
SWG32	43,1abc	42,1bc	41,1ab	43,9cde
SWG11	42,4abc	41,9bc	43,6bcd	42,4bcd
WWG74	42,5abc	42,5bcde	43,8bcd	41,9bc
WWG2	45,2bc	45,9cde	44,6cd	45,7efg
WWG10	45,2bc	45,6cde	45,1cd	46,9g
WWG11	43,8abc	42,2bc	43,3bcd	45,1defg
ATR3587	39,7a	41,5b	38,8a	39,8ab
SYR4108	39,0a	36,7a	39,2a	37,8a
Kontrolė / Control	46,3c	46,3e	46,8d	46,5efg

Skirtingos raidės žymi esminius skirtumus tarp variantų ($P \leq 0,05$).

Different letters indicate significant differences between variants ($P \leq 0.05$).

bakterijos ATR3587 ir SYR4108 veislės 'Ska-gen' grūdų svorį mažino statistiškai reikšmingai ($P \leq 0,05$) visais krėtimo laikais, atitinkamai 10,4–17,0 % ir 16,2–21,0 %. WWG2 ir WWG10 kamienų poveikis visais krėtimo tarpsniais buvo statistiškai nereikšmingas (0,9–4,7 %).

3 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad referentinės bakterijos ATR3587 ir SYR4108 visais atvejais, palyginti su kontrole, statistiškai reikšmingai ($P \leq 0,05$) mažino veislės 'Artist' grūdų svorį, atitinkamai 12,4–19,9 % ir 14,3–16,8 %. Užkrėtus varpas SWG11 bakterija ir lyginant ją su kontrole visais augimo tarpsniais pastebėtas statistiškai reikšmingas ($P \leq 0,05$) grūdų svorio mažėjimas. Žydėjimo metu užkrėtus kviečių varpas šiuo kamieniu gauti didesni grūdų svorio nuostoliai (12,2 %; 9,3 %) nei užkrėtų pieninės brandos metu (5,4 %; 5,8 %). Kamienai SWG32 WWG74 ir WWG11 taip pat statistiškai reikšmingai (nuo 5,4 % iki 10,2 %) mažino grūdų svorį pirmais trimis krėtimo tarpsniais (BBCH 61-71). Kamienas WWG10 patikimai mažino grūdų svorį (6,4 ir 6,8 %) tik panaudojus užkrėtimui žydėjimo metu (BBCH 61-65). Javų varpas užkrėtus BBCH 75 augimo tarpsniu, tik referentinės bakterijos ir SWG 11 grūdų svorį mažino statistiškai patikimai ($P \leq 0,05$), kiti kamienai grūdų svorį mažino nereikšmingai. Kamienas WWG2 visais

krėtimo laikais veislės 'Artist' grūdų svorį mažino nereikšmingai, nuo 0,6 % (BBCH 75) iki 4,5 % (BBCH 63-65).

Pseudomonas syringae kamienai WWG11, WWG10 ir SWG11 veislės 'Edvins' 1 000 grūdų svorį statistiškai reikšmingai sumažino ($P \leq 0,05$) trimis krėtimais iš keturių, SWG32, WWG74 ir WWG2 – dviem. Pažeidžiamiausia veislė buvo BBCH 70-71 tarpsniu, kai visi Lietuvoje rasti bakterijų kamienai, išskyrus WWG11, grūdų svorį sumažino statistiškai reikšmingai ($P \leq 0,05$). Palyginus visus bakterijų kamienus, rastus Lietuvoje, ir visus krėtimo laikus pastebėta, kad vidutiniškai 1 000 grūdų svoris sumažėjo tik apie 2 %, o referentinės bakterijos, nors ir visais krėtimo laikais, šios veislės grūdų svorį sumažino tik apie 4 %. Galima matyti, kad pagal grūdų svorio sumažėjimą ši veislė buvo atspariausia *P. syringae* infekcijai, palyginti su kitomis veislėmis (4 lentelė).

5 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad *P. syringae* kamienų įtaka veislės 'Janne' grūdams įtakos neturėjo arba ji buvo labai maža (iki 3,1 %). Visais augimo tarpsniais, palyginti su kontrole, grūdų masės statistiškai reikšmingas ($P \leq 0,05$) sumažėjimas (8,5–14,3 %) pastebėtas tik apkrėtus kviečių varpas referentinėmis bakterijomis ATR3587 ir SYR4108. Kitais atvejais esminių skirtumų nepastebėta.

3 lentelė. *Pseudomonas syringae* kamienų ir varpų užkrėtimo laiko įtaka žieminių kviečių veislės 'Artist' 1 000 grūdų svoriui

Table 3. The effect of *Pseudomonas syringae* stem and ear infection time on the 1 000 grain weight of winter wheat variety Artist

<i>P. syringae</i> kamieno Nr. <i>P. syringae</i> stem No.	1 000 grūdų svoris (g) skirtingais augimo tarpsniais užkrėtus varpas 1 000 grain weight (g) in different growth stages after ear infection			
	BBCH 61	BBCH 63-65	BBCH 70-71	BBCH 75
SWG32	45,0cd	44,4bc	44,3b	47,8cd
SWG11	42,3ab	44,0bc	45,6bc	45,5b
WWG74	43,3bc	45,9c	44,6b	47,0bcd
WWG2	46,4def	46,3cde	47,2cde	48,0cd
WWG10	45,1cd	45,2c	46,2bcde	48,1cd
WWG11	44,8cd	44,1bc	45,4bc	46,9bcd
ATR3587	40,5a	42,6ab	41,9a	38,7a
SYR4108	40,2a	40,8a	41,3a	40,2a
Kontrolė / Control	48,2f	48,5e	48,2e	48,3d

Skirtingos raidės žymi esminius skirtumus tarp variantų ($P \leq 0,05$).

Different letters indicate significant differences between variants ($P \leq 0.05$).

4 lentelė. *Pseudomonas syringae* kamienų ir varpų užkrėtimo laiko įtaka žieminių kviečių veislės 'Edvins' 1 000 grūdų svoriui

Table 4. The effect of *Pseudomonas syringae* stem and ear infection time on the 1 000 grain weight of winter wheat variety Edvins

<i>P. syringae</i> kamieno Nr. <i>P. syringae</i> stem No.	1 000 grūdų svoris (g) skirtingais augimo tarpsniais užkrėtus varpas 1 000 grain weight (g) in different growth stages after ear infection			
	BBCH 61	BBCH 63-65	BBCH 70-71	BBCH 75
SWG32	47,9bcde	47,7b	47,9cd	48,2cde
SWG11	47,4b	48,1bcd	48,2d	47,7ab
WWG74	48,3cde	48,1bcd	47,9cd	47,8abc
WWG2	48,3de	48,0b	48,1d	48,3cde
WWG10	47,9bcde	47,8b	47,7bc	47,7ab
WWG11	47,6bc	47,9b	48,2def	47,8abc
ATR3587	46,5a	47,0a	47,4b	47,8abc
SYR4108	46,7a	46,8a	46,8a	47,6a
Kontrolė / Control	48,5e	48,7d	48,8e	48,7e

Skirtingos raidės žymi esminius skirtumus tarp variantų ($P \leq 0,05$).

Different letters indicate significant differences between variants ($P \leq 0.05$).

5 lentelė. *Pseudomonas syringae* kamienų ir varpų užkrėtimo laiko įtaka žieminių kviečių veislės 'Janne' 1 000 grūdų svoriui

Table 5. The effect of *Pseudomonas syringae* stem and ear infection time on the 1 000 grain weight of winter wheat variety Janne

<i>P. syringae</i> kamieno Nr. <i>P. syringae</i> stem No.	1 000 grūdų svoris (g) skirtingais augimo tarpsniais užkrėtus varpas 1 000 grain weight (g) in different growth stages after ear infection			
	BBCH 61	BBCH 63-65	BBCH 70-71	BBCH 75
SWG32	40,9b	41,5bc	41,9bc	42,7d
SWG11	42,6cd	42,3bc	42,3bc	42,5cd
WWG74	42,7d	42,6c	42,6bc	42,2bcd
WWG2	41,5bcd	42,5bc	42,5bc	42,3bcd
WWG10	41,8bcd	42,2bc	42,7bc	42,3bcd
WWG11	42,4bcd	41,8bc	42,8bc	41,1b
ATR3587	38,6e	37,5a	36,9a	37,5e
SYR4108	36,9a	38,3a	37,8a	35,9a
Kontrolė / Control	42,2bcd	41,5bc	41,8bc	41,9bcd

Skirtingos raidės žymi esminius skirtumus tarp variantų ($P \leq 0,05$).

Different letters indicate significant differences between variants ($P \leq 0.05$).

Veislėje 'Dagmar', kaip ir veislėse 'Edvins', 'Artist', 'Janne' ir 'Skagen' pastebėtas grūdų svorio sumažėjimas nuo 1 iki 4 %. 6 lentelėje matome, kad agresyviausias šiai veislei iš Lietuvoje rastų *P. syringae* kamienų buvo SWG32, SWG11, WWG11 bakterijos. Jos grūdų svorį sumažino iki 4 %. Pažeidžiamiausia veislė 'Dagmar' buvo BBCH 63-65 ir BBCH 70-71 augimo tarpsniais. BBCH 61 augimo tarpsniu kontrolinį variantą

palyginus su visomis Lietuvoje rastomis *P. syringae* kamienų bakterijomis statistiškai reikšmingo ($P \leq 0,05$) grūdų derliaus svorio sumažėjimo nebuvo. Kaip ir visose veislėse, veislėje 'Dagmar' referentinės bakterijos ATR3587 ir SYR4108 grūdų svorį mažino statistiškai reikšmingai ($P \leq 0,05$) visais krėtimo laikais.

Javams bakterinių patogenų daroma žala kol kas nėra didelė ir neprilygsta grybinių patogenų

6 lentelė. *Pseudomonas syringae* kamienų ir varpų užkrėtimo laiko įtaka žieminių kviečių veislės 'Dagmar' 1 000 grūdų svoriui

Table 6. The effect of *Pseudomonas syringae* stem and ear infection time on the 1 000 grain weight of winter wheat variety Dagmar

<i>P. syringae</i> kamieno Nr. <i>P. syringae</i> stem No.	1 000 grūdų svoris (g) skirtingais augimo tarpsniais užkrėtus varpas 1 000 grain weight (g) in different growth stages after ear infection			
	BBCH 61	BBCH 63-65	BBCH 70-71	BBCH 75
SWG32	48,2b	47,1a	48,1cde	48,2cde
SWG11	48,4b	48,3abc	47,2abc	47,2abc
WWG74	48,4b	48,0abc	47,8cde	48,1cde
WWG2	48,3b	48,2abc	48,1c	47,8c
WWG10	48,1b	48,2abc	48,1cde	47,9cde
WWG11	48,2b	48,0abc	47,9abc	47,7bc
ATR3587	47,2a	47,7abc	46,5a	46,4a
SYR4108	47,5a	47,8abc	46,8ab	46,6ab
Kontrolė / Control	49,0c	49,1c	49,1e	49,1e

Skirtingos raidės žymi esminius skirtumus tarp variantų ($P \leq 0,05$).

Different letters indicate significant differences between variants ($P \leq 0.05$).

sukeliamiems nuostoliams. Kaip teigia J. Tambong ir daugelis kitų mokslininkų, įvairiais skaičiavimais dėl bakterijų gali būti prarandama 5–20 % (itin palankiomis sąlygomis – iki 50 %) grūdų derliaus, prastėja grūdų kokybė. Ligų sukėlėjas *P. syringae* pv. *syringae* pažeidžia visus javus ir kitus augalus, bazalinė bakteriozė (sukėlėjas *P. syringae* pv. *atrofaciens*) pažeidžia kviečius.

Atlikus *P. syringae* bakterijų patogeniškumo testus augalams šeimininkams nustatyta, kad javų varpas užkrėtus lauko sąlygomis bazalinės bakteriozės požymiai pasireiškė ne visada. Ligos išplitimas ir intensyvumas įvairavo priklausomai nuo užkrėtimo laiko, bakterijų kamieno ir kviečių genotipo. Ligos požymiai intensyviausiai pasireiškė augalus užkrėtus pieninės brandos viduryje (BBCH 75). Atsižvelgiant į užkrėtimo laiką, kviečių genotipą ir bakterijų kamieną, 1 000 grūdų svoris sumažėjo nuo 1 iki 21 %.

Tyrimo duomenys patvirtina, kad Lietuvoje auginamuose javuose plinta *Pseudomonas* bakterijų sukeliama ligos, į kurias verta atkreipti dėmesį. Žala, kurią natūralios infekcijos sąlygomis daro šių patogenų sukeliama ligos, dar nėra žymi, tačiau dirbtinės infekcijos sąlygomis, esant palankioms bakterinių patogenų plitimo aplinkybėms, žala buvo reikšminga. Daugėjant importuojamų sėklų kiekiui ir javų augimo sezono metu gausėjant krituliams ligos gali plisti sparčiau.

IŠVADOS

1. Tirtos veislės yra jautriausios ir ligos požymiai intensyviausiai pasireiškė augalus užkrėtus pieninės brandos viduryje.

2. Grūdų masės mažėjimas priklausė nuo veislės atsparumo ligai. Tyrimai parodė, kad atspariausias iš tirtų veislių buvo 'Dagmar' ir 'Edvins', kur 1 000 grūdų svoris sumažėjo nuo 2 % apkrėtus Lietuvoje rastomis bakterijomis ir iki 5 % apkrėtus referentinėmis. Jautresnės varpų ligoms buvo veislės 'Skagen' ir 'Artist', jų grūdų svoris sumažėjo atitinkamai iki 12 % ir 21 %.

3. Priklausomai nuo kviečių genotipo ir Lietuvoje rastų bakterijų kamieno 1 000 grūdų svoris tiriamosiose žieminių kviečių veislėse sumažėjo nuo 1 iki 12 %. Agresyviau varpas pažeidė ir 1 000 grūdų svorį, palyginti su kontroliniu variantu, iki 21 % sumažino referentinės bakterijos.

Gauta 2022 06 15
Priimta 2022 07 01

Literatūra

1. Butsenko L., Pasichnyk L., Kolomiets Y., Kalinchenko A., Suszanowicz D., Sporek M., Patyka V. 2021. Characteristic of *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* isolated from weeds of wheat field. *Applied Sciences*. Vol. 11(1). P. 286. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/app11010286>

2. Duveiller E., Fucikovskiy L., Rudolph K. 1997. *The Bacterial Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, Mexico D. F. 78 p.
3. Fatemifard S. Z., Masoumiasl A., Rezaei R. 2022. The evaluation of antioxidant defense system in some wheat varieties inoculated by *Pseudomonas Syringae* pv. *syringae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. Vol. 92. P. 431–439.
4. Giovanardi D., Ferrante P., Scortichini M., Stefani E. 2018. Characterisation of *Pseudomonas syringae* isolates from apricot orchards in north-eastern Italy. *European Journal of Plant Pathology*. Vol. 51. P. 901–917. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1424-9>
5. Iličić R., Balaž J., Stojšin V., Bagi F., Pivić R., Stanojković-Sebić A., Jošić D. 2016. Molecular characterization of *Pseudomonas syringae* pvs. from different host plants by repetitive sequence-based PCR and multiplex-PCR. *Žemdirbystė–Agriculture*. Vol. 103(2). P. 199–206. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.026>
6. Kazempour M. N., Kheyrgoo M., Pedramfar H., Rahimian H. 2010. Isolation and identification of bacterial glum blotch and leaf blight on wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 9. No. 20. P. 2860–2865.
7. Kelpšienė J., Šneideris D., Burokienė D., Supronienė S. 2021. The presence of pathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* in cereals in Lithuania. *Žemdirbystė–Agriculture*. Vol. 108. No. 4. P. 291–296.
8. Khezri M., Mohammadi M. 2018. Identification and characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains from various plants and geographical regions. *Journal of Plant Protection Research*. Vol. 58. No. 4. P. 354–361. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.24425/jppr.2018.124647>
9. Matveeva E. V., Ignatov A. N., Bobrova V. K., Milyutina L. A., Troitsky A. V., Polityko V. A., Kietzell J., Rudolph K. 1997. Wheat diseases caused by *Pseudomonas syringae* pathovars. In: *The Bacterial Diseases of Wheat. Concepts and Methods of Disease Management*. El Batán, Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. P. 49–57.
10. Matveeva E. V., Ignatov A. N., Bobrova V. K., Milyutina I. A., Troitsky A. V., Polityko V. A., Schaad N. W. 2008. Genetic diversity among pseudomonas strains associated with cereals diseases in Russian Federation. In: *Pseudomonas syringae Pathovars and Related Pathogens*. Springer. P. 337–345.
11. Morris C. E., Monteil C. L., Berge O. 2013. The life history of *Pseudomonas syringae*: linking agriculture to earth system processes. *Annual Review of Phytopathology*. Vol. 51. P. 85–104. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102402>
12. Pasichnyk L. A., Butsenko L. M. 2018. Serological features of bacteria *Pseudomonas syringae* agroecosystems of cereal. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*. Vol. 80(4). P. 41–54. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.04.041>
13. Patyka V. P. 2016. Phytopathogenic bacteria in contemporary agriculture. *Microbiologichnyi Zhurnal*. Vol. 78. P. 71–83.
14. Raudonius S. 2017. Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Žemdirbystė–Agriculture*. Vol. 104(4). P. 377–382. Prieiga per internetą: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wp-content/uploads/2017/11/104_4_str48.pdf
15. Tambong J. 2022. *Bacterial Pathogens of Wheat: Symptoms, Distribution, Identification, and Taxonomy*. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.5772/intechopen.102855>
16. Toben H., Mavridis A., Rudolph K. W. E. 1991. On the occurrence of basal glume rot of wheat and barley caused by *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* in West Germany. *Journal of Plant Disease and Protection*. Vol. 98. No. 3. P. 225–235.
17. Tripathi D. 2017. Bacterial pathogens in plants. *Journal of Bacteriology and Mycology*. Vol. 4. P. 8–39.
18. Valencia-Botín A. J., Cisneros-López M. E. 2012. A review of the studies and interactions of *Pseudomonas syringae* pathovars on wheat. *International Journal of Agronomy*. Vol. 2012. Article ID 692350, 5. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1155/2012/692350>
19. Valencia-Botín A. J., Mendoza-Onofre L. E., Silva-Rojas H. V., Valadez-Moctezuma E., Cordova-Tellez L., Villaseñor-Mir H. E. 2011. Effect of *Pseudomonas syringae* subsp. *Syringae* on yield and biomass distribution in wheat. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol. 9. No. 4. P. 1287–1297. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.5424/sjar/20110904-460-10>
20. Vasinauskienė M., Baranauskaitė L., Burokienė D. 2008. Search for *Pseudomonas syringae* on stone fruits in Lithuania. *Proceedings of the Annual Meeting of COST Action 873. STF Meeting Within WG1. Determination of the Incidence of the Different Pathovars of Pseudomonas syringae in Stone Fruits*. Skierniewice, Poland. 11 p.
21. Vinatzer B. A., Weisberg A. J., Monteil C. L., Elmarakeby H. A., Sheppard S. K., Heath L. S. 2017. A proposal for a genome similarity-based taxonomy for plant-pathogenic bacteria that is sufficiently precise to reflect phylogeny, host range, and outbreak affiliation applied to *Pseudomonas syringae sensu lato* as a proof of concept. *Phytopathology*. Vol. 107. P. 18–28. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-16-0252-R>

22. Xin X. F., Kvitko B., He S. Y. 2018. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen. *Nature Reviews Microbiology*. Vol. 16. P. 316–328. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1038/nrmi-cro.2018.17>

Jurgita Kelpšienė, Skaidrė Supronienė

PSEUDOMONAS SYRINGAE INFLUENCE ON WINTER WHEAT YIELD

Summary

The last year research shows that pathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* which cause leaf blight and basal glume blotch are spreading in Lithuania. The loss of grain yield because of *P. syringae* caused diseases might be from 5 to 50%. The decrease of grain yield depends on many factors, including environment conditions (especially temperature and humidity).

The aim of the study is to identify how different strains and infection of *Pseudomonas syringae* influence winter wheat (*Triticum aestivum*) yield in Lithuania.

In vitro five varieties of winter wheat (Dagmar, Janne, Edvins, Skagen and Artist) have been infected by cell suspensions of eight different *P. syringae* strains (1.0×10^6 KSVml⁻¹) in different growth stages (BBCH 61, BBCH 63-65, BBCH 70-71 and BBCH 75). The wheat has been sprayed by sterile distilled water in the control variant. Grain weight differences between the investigation variants have been estimated after wheat achieved full maturity (BBCH89).

With reference to the analysis data of three statistical factors we can say that the *P. syringae* infection time did not have a significant influence on the grain weight ($P = 0.1970$), but the influence of the varieties and *P. syringae* strains was statistically significant ($P = 0.0000$).

The interaction between different factors such as the infection time and varieties, the infection time and *P. syringae* strains as well as *P. syringae* strains has been statistically significant. The referential bacteria *P. syringae* pv. *syringae* (strain No. CFBP 4108 Van Hall 1902) and *P. syringae* pv. *Atrofaciens* (strain No. CFBP 3587 Mac Culloch 1920) reduced the grain weight mostly ($P = 0.0000$), respectively, 10.2 and 9.1% compared to the control.

Keywords: yield losses, pathogens, bacterial diseases, leaf blight, basal glume blotch