

SĖJOS LAIKO IR SĖKLOS NORMOS TYRIMAS ŽIEMINIŲ ŽIRNIŲ VYSTYMUISI

Deimina PETRUSEVIČIŪTĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas: deimina.petruseviciute@vdu.lt

Lina Marija BUTKEVIČIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, agronomijos fakultetas, el. paštas: lina.butkeviciene@vdu.lt

Santrauka

Norint išlaikyti įvairią sėjomainą bei siekiant sumažinti didelį baltymų šaltinių trūkumą Europoje, patartina įtraukti žieminius žirnius (*Pisum sativum* L.), kurie yra puiki alternatyva pavasarinei žirnių sėjai. Trūksta mokslinių tyrimų, kurie nustatytų optimalius jų auginimo parametrus – sėklos normą ir sėjos laiką. Šis dviejų veiksnių lauko eksperimentas buvo atliekamas 2024 – 2025 m. Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės Ūkio Akademijos Bandymų stotyje žieminių žirnių veislės 'Arka' pasėlyje. Veiksny A – sėjos laikas: rugsėjo mėn. 7 d.; rugsėjo mėn. 14 d.; rugsėjo mėn. 21 d.; rugsėjo mėn. 28 d. Veiksny B – sėklos norma: 90 kg ha⁻¹; 120 kg. ha⁻¹; 150 kg ha⁻¹. Eksperimento metu buvo stebimas augalų peržiemojimas, atliktas augalų biometrinių rodiklių, šaknų vystymosi bei gumbelių bakterijų vertinimas. Gauti rezultatai rodo, kad sėklos normos didinimas lėmė didesnį augalų skaičių atsinaujinus vegetacijai, be to, daugeliu atveju, sėjos laiko vėlinimas taip pat lėmė geresnį peržiemojimą. Didinant sėklos normą žieminių žirnių antžeminė masė mažėjo. Sėjos laiko vėlinimas reikšmingai mažino žieminių žirnių ankščių skaičių, tačiau sėklos norma neturėjo reikšmingos įtakos. Žirnių sėjos laiko vėlinimas ir sėklos normos didinimas, daugeliu atveju, mažino žiedų skaičių ant augalo. Sėjos laiko vėlinimas esmingai mažino azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičių ant šaknų. Žieminių žirnių šaknų masė priklausė tik nuo sėjos laiko, sėjos termino vėlinimas lėmė šaknų masės mažėjimą.

Reikšminiai žodžiai: žieminiai žirniai, antžeminė masė, žiedai, ankštys, azotą fiksuojančių bakterijų gumbeliai.

Įvadas

Klimato kaitos poveikis, įskaitant vidutinės metinės oro temperatūros kilimą ir kritulių pasiskirstymo pokyčius, kelia rimtus iššūkius tradiciniam žemės ūkiui. Prognozuojama, kad dėl dažnėjančių pavasario ir vasaros sausrų, vasarinių javų derlingumas mažės, todėl kyla būtinybė ieškoti alternatyvų (Trnka et al., 2011). Viena iš perspektyvų – tradiciškai pavasarį sėjamų žemės ūkio augalų žieminė sėja (Neugschwandtner et al., 2019). Norint išlaikyti įvairią sėjomainą tvarioje žemės ūkio gamyboje bei siekiant sumažinti didelį baltymų šaltinių trūkumą Europoje, patartina įtraukti žieminius žirnius (*Pisum sativum* L.), kurie yra puiki alternatyva pavasarinei žirnių sėjai (Henseler et al., 2013; Klimek-Kopyra et al., 2023). Žirniai yra vieni svarbiausių pasaulyje auginamų ankštinių augalų dėl savo maistinės vertės ir cheminės sudėties. Žieminiai žirniai yra svarbūs žemės ūkiui, nes turi agronominių, ekonominių ir ekologinių pranašumų. Jie sėjami rudenį, todėl neužima pavasarinių sėjos plotų, o derlių subrandina anksčiau nei vasariniai žirniai (Watson et al., 2017), be to, kaip visi pupiniai augalai, jie turi unikalią savybę fiksuoti atmosferos azotą, todėl jų integravimas į pasėlių rotaciją galėtų sumažinti azoto trąšų poreikį ir tuo pačiu prisidėti prie ŠESD emisijų mažinimo (Jensen et al., 2020; Neugschwandtner et al., 2020). Svarbu ir tai, kad žieminiai žirniai per žiemą bent iš dalies padengia dirvos paviršių, o pavasarį jį užželdina daug greičiau palyginus su vasarajumi, taip apsaugodami dirvožemį nuo erozijos bei slopina piktžolių dygimą (Šarūnaitė ir kt., 2013). Palyginus su kitomis Europos Sąjungos šalimis, tokiomis kaip Prancūzija ir Vokietija, kur šių augalų auginimas plačiau integruotas į sėjomainą, o tai leidžia geriau valdyti trąšų naudojimą ir mažinti N₂O emisijas, Lietuva dar tik pradeda plėtoti tvarią žieminių pupinių augalų, tokių kaip žieminiai žirniai, auginimo praktiką (Voisin et al., 2014; Neugschwandtner et al., 2021). Todėl trūksta mokslinių tyrimų, kurie nustatytų optimalius jų auginimo parametrus, tokius kaip sėklos norma ir tinkamas sėjos laikas. Šių parametru nustatymas yra svarbus siekiant maksimizuoti derliaus potencialą ir užtikrinti efektyvų išteklių panaudojimą žemės ūkyje.

Hipotezė: nustačius tinkamą sėjos laiką ir suformavus optimalų pasėlio tankumą gerės žieminių žirnių augimas ir vystymasis.

Tyrimo tikslas – nustatyti sėjos laiko ir sėklos normos įtaką žieminių žirnių vystymosi būklei žydėjimo tarpsnyje (BBCH 64–66).

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti sėjos laiko ir sėklos normos įtaką žieminių žirnių peržiemojimui;
2. Nustatyti sėjos laiko ir sėklos normos poveikį žieminių žirnių biometriniais rodikliams (antžeminei masei, ankščių skaičiui bei žiedų skaičiui);
3. Įvertinti sėjos laiko ir sėklos normos įtaką šaknų masei ir azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičiui ant jų.

Tyrimų objektas ir metodai

Lauko eksperimentas įrengtas ir buvo atliekamas 2024–2025 m. Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės Ūkio Akademijos Bandymų stotyje žieminių žirnių pasėlyje.

Tyrimo objektas: žieminių žirnių (*Pisum sativum* L.) veislės 'Arkta' pasėliai, kurie sėti skirtingu laiku ir skirtingomis sėklos normomis.

Įrengtas dviejų veiksnių lauko eksperimentas žieminių žirnių pasėlyje. Žieminių žirnių sėjai pasirinkti keturi terminai (sėja vėlinama kas 7 dienos) ir trys skirtingos sėklos normos. Veiksny A – sėjos laikas: rugsėjo mėn. 7 d.; rugsėjo mėn. 14 d.; rugsėjo mėn. 21 d.; rugsėjo mėn. 28 d. Veiksny B – sėklos norma: 90 kg ha⁻¹; 120 kg. ha⁻¹; 150 kg ha⁻¹. Pradinis laukelis – 80 m², apskaitinis – 48 m². Pasėlis suskirstytas į keturis pakartojimus.

Bandymų stoties dirvožemis – lengvo priemolio ant vidutinio sunkumo bei sunkaus priemolio karbonatingasis sekliai glėjiškas išplautžemis (*Calc(ar)i-Epihypogleyic Luvisol*) (Buivydaite ir kt., 2001). Dirvožemio ariamasis sluoksnis – 20–25 cm storio (LAMMC, 2020). Dirvožemio terpė artima neutraliai – pH 6,0–6,7, didelio ir labai didelio fosforingumo vidutiniškai 285,8 mg kg⁻¹, bei didelio kalkingumo – 240,0 mg kg⁻¹, organinės anglies (C_{org}) kiekis 1,28–1,11 %, bendro azoto (N_{bendras}) – 0,110–0,009 proc.

Eksperimentui parinktoje vietoje 2023 m. žieminių žirnių priešsėlis buvo žieminiai miežiai. Po derliaus nuėmimo ražiena sulėkščiuta, sudaigintos piktžolės ir pabiros. Sudygy pabiroms ir piktžolėms lėkščiavimas pakartotas ir laukas suartas 14–16 cm gyliu, prieš dvi savaites iki žirnių sėjos. Prieš sėją laukas buvo kultivuotas ir pasėta I žirnių sėja, prieš kiekvieną vėlesnę sėją kultivavimas pakartotas dar kartą.

Tyrimų vykdymo metu meteorologinėms sąlygoms apibūdinti buvo naudoti Kauno hidrometeorologinės stoties 2024–2025 m. duomenys. Žieminių žirnių žiemojimą labai paveikė gruodžio, sausio bei vasario mėnesių atšilimai, kai daugiau nei dvi dekadas vyraavusios teigiamos temperatūros. Žieminiai žirniai pradėjo vegetuoti ir išeikvojo žiemojimui sukauptas maisto medžiagas, todėl vasario mėnesio antrąją dekadą prasidėjus didesniai šalčiui ir nesusiformavus sniego dangai dalis augalų žuvo.

Augalų peržiemojimas buvo įvertintas prasidėjus pavasario vegetacijai (BBCH 31–32). Stacionariose aikštelėse augalai buvo iškasami, nuplaunami ir išlikę gyvi suskaičiuojami, perskaičiuojami į augalų skaičių m⁻². Toliau buvo įvertintas augalų peržiemojimas procentais.

Šaknų vystymosi ir gumbelių bakterijų vertinimas buvo atliekamas žirnių visiško žydėjimo metu (BBCH 64–66). Atsitiktinai pasirinktose vietose buvo iškasta po 10 augalų, nepažeidžiant šaknų. Šaknys nuplaautos ir pasvertos. Suskaičiuotas azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičius.

Augalų biometrinį rodiklį nustatymas buvo atliekamas žirnių žydėjimo metu (BBCH 64–66). Kiekviename bandymo laukelyje buvo iškasta po 10 augalų. Kiekvieno laukelio pėdai buvo atnešti į laboratoriją ir įvertinti biometriniai rodikliai (antžeminė masė, ankščių skaičius, žiedų skaičius).

Tyrimų rezultatai buvo įvertinti dviejų veiksnių dispersinės analizės metodu, pagal Fišerio kriterijų ir mažiausią esminį skirtumą R_{0,05} 95 proc. su statistinio vertinimo programa ANOVA. Tyrimų statistiniam vertinimui buvo naudojamas kompiuterinių programų paketas „Selekcija“ (Raudonius, 2017).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Dispersinės analizės rezultatai parodė, kad abu veiksniai sąveikoje, sėjos laikas ir sėklos norma, turėjo įtakos peržiemojusį žieminių žirnių skaičiams m⁻² pavasario vegetacijos pradžioje, žiedų skaičiui bei azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičiui ant šaknų visiško žydėjimo metu (1 lentelė). Kitiems biometriniais žieminių žirnių rodikliams šių veiksnių sąveikos reikšminga įtaka nenustatyta, tiek sėjos laikas tiek ir sėklos norma žirnių vystymąsi veikė atskirai.

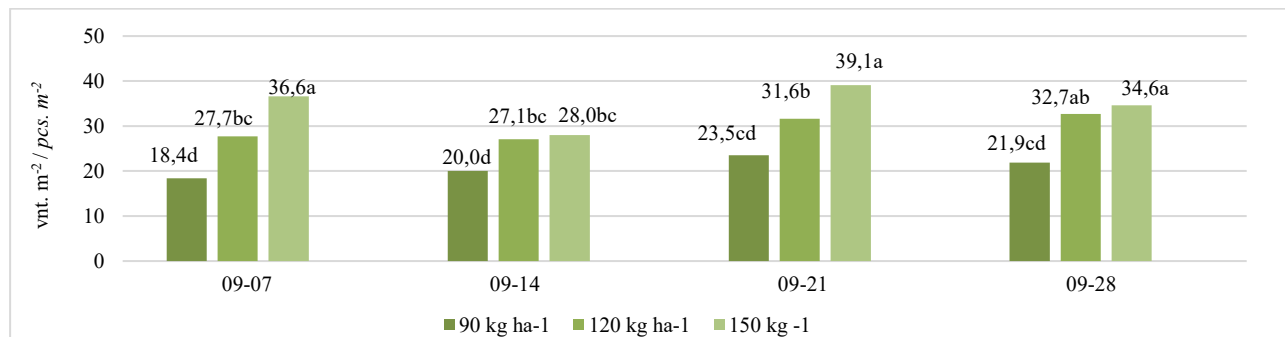
1 lentelė. Sėjos laiko ir sėklos normos įtakos žieminių žirnių biometrinį rodiklį dispersinės analizės rezultatai.

Table 1. Results of variance analysis of the influence of sowing time and seed rate on biometric indicators of winter peas

Žieminių žirnių biometriniai rodikliai <i>Biometric indicators of winter peas</i>	Tankumas (vnt.) <i>Density (pcs.)</i>	Antžeminė masė (g) <i>Above-ground mass (g)</i>	Ankščių skaičius (vnt.) <i>Number of pods (pcs.)</i>	Žiedų skaičius (vnt.) <i>Number of flowers (pcs.)</i>	Šaknų masė (g) <i>Root mass (g)</i>	Azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičius (vnt.) <i>Number of nitrogen-fixing bacterial nodules (pcs.)</i>
Veiksniai <i>Factors</i>	<i>P</i> < 0,05					
Sėjos laikas A <i>Sowing time A</i>	0,00346	0,00198	0,00000	0,16424	0,00016	0,00012
Sėklos norma B <i>Seed rate B</i>	0,25440	0,00074	0,19409	0,02191	0,12913	0,96968
AxB	0,00000	0,10547	0,14655	0,00153	0,92515	0,03442

'Arkta' veislės žirniai yra šalčiui atsparūs bei žiemoti tinkami augalai. Šie žirniai pasižymi ankstyva branda, gebėjimu greitai sulėtinti augimą bei fotosintezės procesus atšalus orams, o tai padeda apsaugoti nuo žiemos streso (Rudinskienė ir kt., 2025). 2024–2025 m. rudens ir žiemos laikotarpių meteorologinės sąlygos buvo palankios javų ir rapsų žiemojimui, tačiau žieminiai žirniai žiemojo neypatingai gerai ir reikšmingai priklausė tiek nuo sėklos normos, tiek ir nuo sėjos laiko (1 pav.). Mažiausias skaičius augalų m⁻² po žiemojimo išliko pasėjus 90 kg ha⁻¹ ankščiausiu terminu

(09 07) ir žirnių žiemojimas esmingai nesiskyrė suvėlinus sėjas iki rugsėjo mėn. 28 d. Daugiausiai augalų peržiemojo pasėjus didžiausią normą (150 kg ha^{-1}) ir suvėlinus sėją iki rugsėjo mėn. 21 d., tačiau esmingai nesiskyrė sėją suvėlinus dar savaite (09 28) ar paankstinus dviem savaitėmis (09 07). Pasėjus tą pačią normą (150 kg ha^{-1}) rugsėjo mėn. 14 d. augalų skaičius nustatytas esmingai, vidutiniškai 23,8 proc. mažesnis, palyginus su tos pačios normos sėjomis kitais terminais. Rugsėjo mėn. 14 d. sėjos augalų peržiemojimas buvo mažiausias nepriklausomai nuo sėklos normos. Visais atvejais sėklos normos didinimas lėmė didesnę augalų skaičių atsinaujinus vegetacijai, be to, daugeliu atveju, sėjos laiko vėlinimas taip pat lėmė geresnę peržiemojimą.



Pastaba: sėjos laiko ir sėklos normos vidurkių esminiai skirtumai pažymėti skirtingomis raidėmis (a,b...), $P < 0,05$

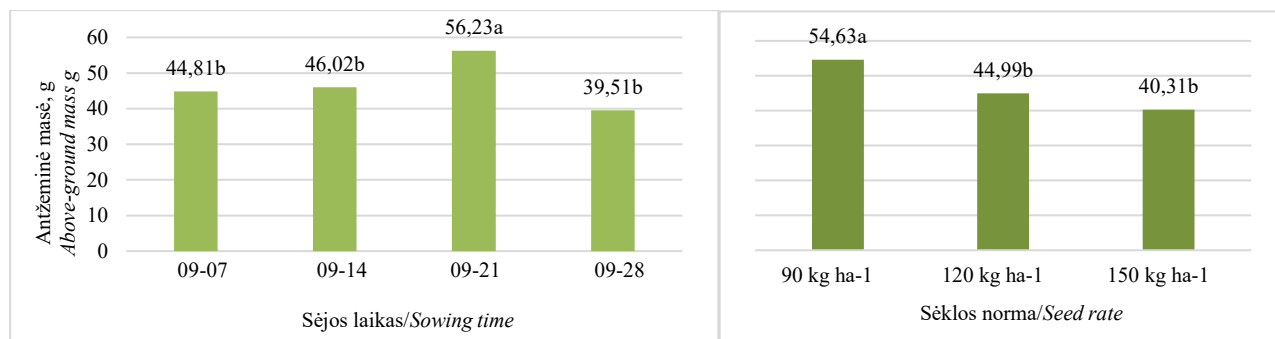
Note: significant differences between sowing time and seed rate averages are marked with different letters (a,b...), $P < 0,05$

1 pav. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka žieminių žirnių augalų skaičiui atsinaujinus vegetacijai pavasarį, vnt m^{-2}

Fig. 1. Influence of sowing time and seed rate on the number of winter pea plants after vegetation renewal in spring, pcs m^{-2}

Mokslininkai nurodo, kad užsitęsęs žieminių žirnių vystymasis esant nepalankioms oro sąlygoms gali neigiamai paveikti augalų morfologines savybes ir vystymąsi (Klimek-Kopyra et al., 2023). Žieminių žirnių žiemojimą galėjo nulemti ilgi ir šilti 2025 m. vasario ir sausio mėnesių atšilimai, kai apie dvi dekasdas vyraavo teigiamos temperatūros. Žieminiai žirniai pradėjo vegetuoti ir išeikvojo žiemojimui sukauptas maisto medžiagas, todėl vasario mėnesio pabaigoje prasidėjus speigams ir nesusiformavus sniego dangai dalis augalų žuvo. Kitų tyrimų duomenimis, esant geroms žiemojimo sąlygoms, pavasarį žirnių peržiemojimo procentas svyruoja nuo 55 proc. iki 75 proc. (Klimek-Kopyra et al., 2023), o vakarų Europoje, kur žiemojimo sąlygos palankesnės, net nuo 80 proc. iki 100 proc. (Neugschwandtner et al., 2019), tai tik įrodo nenuginčijamą priklausomybę nuo oro sąlygų žiemojimo metu.

Įvertinus žieminių žirnių vystymąsi pilno žydėjimo metu (BBCH 64–66), nustatyta, kad sėjos vėlinimas reikšmingos įtakos žieminių žirnių antžemeinei masei turėjo tik pasėtiems rugsėjo mėn. 21 d. Šiuo laikotarpiu pasėtų žirnių antžeminė masė buvo esmingai, vidutiniškai 26,5 proc. didesnė, lyginant ją su kitais terminais sėtais augalais. Tiek ankščiau, tiek vėliau pasėti žieminiai žirniai savo antžemine mase reikšmingai tarpusavyje nesiskyrė (2 pav.). Žieminių žirnių antžemeinei masei reikšmingos įtakos turėjo sėklos normos didinimas. Padidinus ją nuo 90 kg ha^{-1} iki 150 kg ha^{-1} , antžeminė žirnių masė reikšmingai sumažėjo, vidutiniškai 21,9 proc. Mažiausia antžeminė augalų masė nustatyta pasėjus didžiausią sėklos normą 150 kg ha^{-1} , bet reikšmingai nesiskyrė sumažinus normą ir iki 120 kg ha^{-1} . Vėliausiai sėtame didžiausia sėklos norma (150 kg ha^{-1}) pasėlyje augalai suformavo mažiausią antžeminę masę. Mokslininkai nurodo, kad didėjant ankštinių augalų žiemos atsparumui, biomasės gamyba paprastai didėja, jie nurodo stiprią koreliaciją tarp augalų žiemojimo ir antžeminės masės vystymosi (Dumont et al., 2009; McGee et al., 2013). Tačiau mūsų eksperimento metu priklausomybė tarp peržiemojusių augalų pasėlio tankumo ir augalų antžeminės masės nenustatyta.



Pastaba: sėjos laiko ir sėklos normos vidurkių esminiai skirtumai pažymėti skirtingomis raidėmis (a,b...), $P < 0,05$

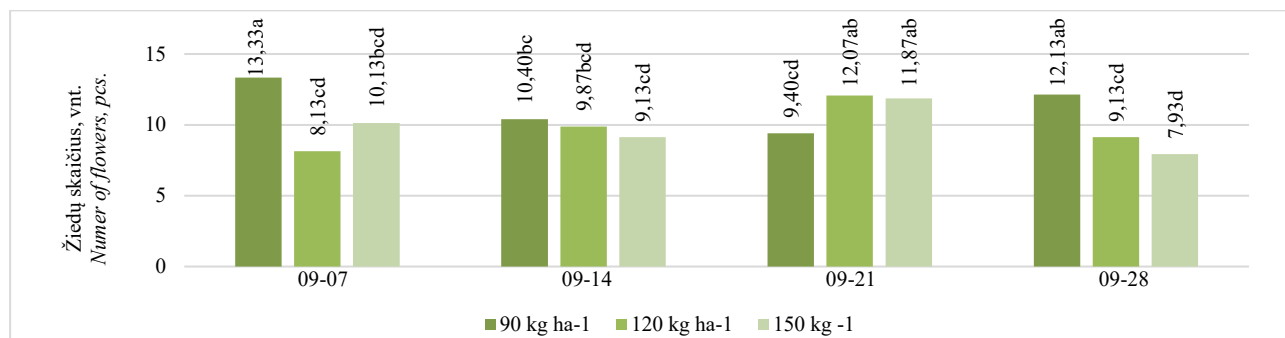
Note: significant differences between sowing time and seed rate averages are marked with different letters (a,b...), $P < 0,05$

2 pav. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka žieminių žirnių antžemeinei masei (BBCH 65 – 66)

Fig. 2. Influence of sowing time and seed rate on above-ground mass of winter peas

Žieminių žirnių žiedų skaičiui reikšmingos įtakos turėjo tiek sėjos laikas, tiek sėklos norma sąveikoje. Intensyviau žieminiai žirniai žydėjo pasėti mažiausia norma – 90 kg ha^{-1} rugsėjo 7 d. (3 pav.). Šios sėjos žirniai užmezgė reikšmingai

daugiau žiedų, nei tuo pačiu laikotarpiu, bet didesne norma pasėti žirniai (120 kg ha^{-1}), skirtumas esminis 39,1 %, taip pat reikšmingai daugiau nei rugsėjo 14 d. visomis sėklos normomis sėti augalai. Tačiau pavėlinus sėją iki rugsėjo 21 d., didesnė sėklos norma lėmė didesnį žiedų skaičių ir reikšmingai nesiskyrė nuo rugsėjo mėn. 7 d. rezultato. Vėliausiai pasėti žirniai taip pat reikšmingai nesiskyrė savo žiedų skaičiumi nuo ankščiau pasėtų (09 07), bet tik tuomet, kai sėklos norma buvo mažiausia (90 kg ha^{-1}). Šiuo laikotarpiu sėklos normos didinimas lėmė reikšmingą žiedų skaičiaus sumažėjimą – 34,7 % (pasėjus didžiausia norma). Atvirkščiai, didinant sėklos normą rugsėjo mėn. 21 d. žiedų skaičius reikšmingai padidėjo, lyginant su mažiausia sėklos norma – 90 kg ha^{-1} . Žirnių sėjos laiko vėlinimas ir sėklos normos didinimas daugeliu atvejų mažino žiedų skaičių ant augalo.



Pastaba: sėjos laiko ir sėklos normos vidurkių esminiai skirtumai pažymėti skirtingomis raidėmis (a,b...), $P < 0,05$

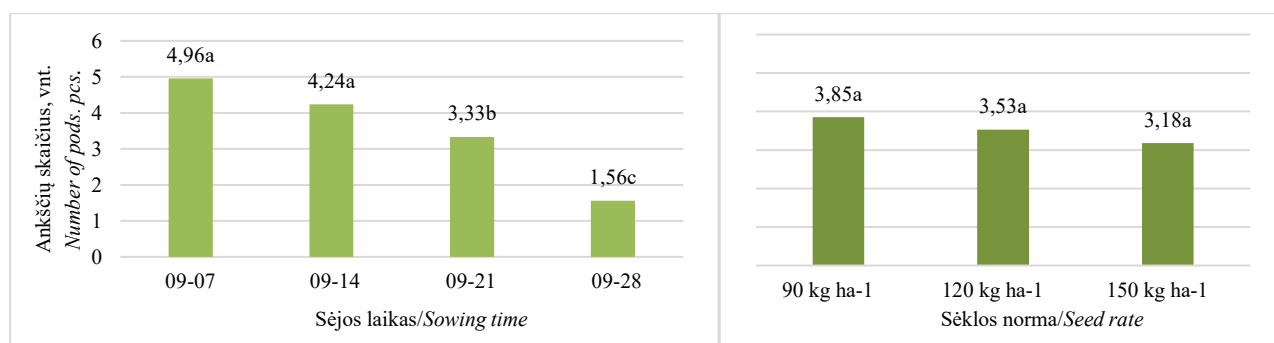
Note: significant differences between sowing time and seed rate averages are marked with different letters (a,b...), $P < 0,05$

3 pav. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka vidutiniam žieminių žirnių žiedų skaičiui ant augalo (BBCH 65–66)

Fig. 3. Influence of sowing time and seed rate on the average number of winter pea flowers per plant (BBCH 65–66)

Remiantis mokslininkų tyrimais, sėjos laiko vėlinimas lemia trumpesnę žirnių vegetacinę fazę, o tai reiškia pagreitintą augalo ciklo pabaigą bei priverstinę brandą, kurią gali sukelti ir vandens trūkumas bei aukšta temperatūra žydėjimo tarpsniu (Vályi-Nagy et al., 2023). Skirtingos sėjos datos rudenį gali turėti įtakos derliui ir derliaus komponentams, taip pat žirnių fenologijai. Žieminių veislių ankstyvesnė sėja lemia ankstyvesnę pasėlio vystymąsi, ankstyvesnį žiedų bei ankščių užmezgimą, ilgesnę žydėjimo ir sėklų brandimo trukmę, daugiau žiedų (Neugschwandtner et al., 2020).

Sėjos termino vėlinimas reikšmingesnę įtakos turėjo žieminių žirnių ankščių skaičiui ant augalo (4 pav.). Vėlinant sėją laipsniškai mažėjo ankščių skaičius ant augalo. Suvėlinus sėją nuo rugsėjo mėn. 7 d. iki 14 d. reikšmingų ankščių skaičiaus sumažėjimo skirtumų nenustatyta, tačiau sėją suvėlinus dar labiau – iki rugsėjo 21 d. ankščių skaičius reikšmingai sumažėjo, lyginant su ankstesnėmis sėjos datomis. Pavėlinus sėją iki rugsėjo 28 d., taip pat nustatyti reikšmingi skirtumai, lyginant tiek su ankstyvosiomis sėjos datomis (09 07, 09 14), tiek su rugsėjo 21 d. Ankščių skaičius ant augalo reikšmingai sumažėjo vidutiniškai 3,2 karto.



Pastaba: sėjos laiko ir sėklos normos vidurkių esminiai skirtumai pažymėti skirtingomis raidėmis (a,b...), $P < 0,05$

Note: significant differences between sowing time and seed rate averages are marked with different letters (a,b...), $P < 0,05$

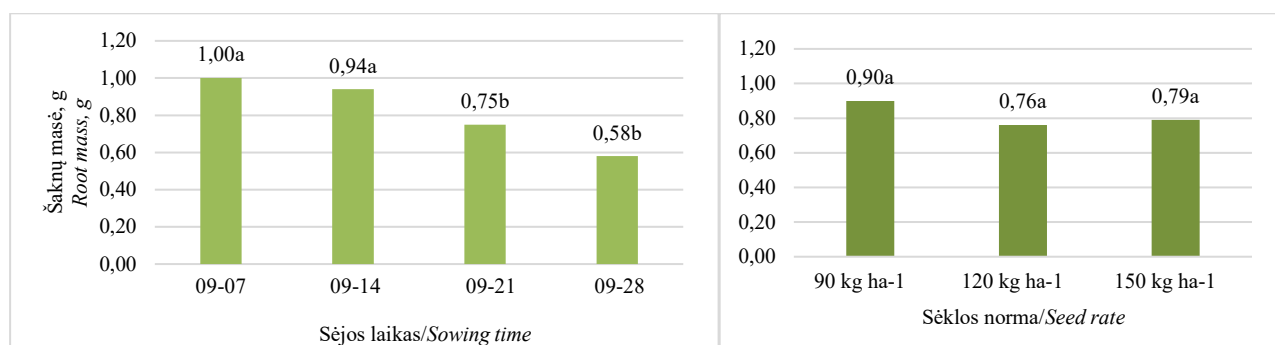
4 pav. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka vidutiniam žieminių žirnių ankščių skaičiui ant augalo (BBCH 65–66)

Fig. 4. Influence of sowing time and seed rate on the average number of pods per plant of winter peas (BBCH 65–66)

Sėklos norma, atvirkščiai, neturėjo reikšmingos įtakos žieminių žirnių ankščių skaičiui (4 pav.). Didinant sėklos normą žirnių sėjos metu, nors ir nustatyta ankščių skaičiaus mažėjimo tendencija, tačiau šie skirtumai yra nereikšmingi. Daugiausiai ankščių suformavo augalai pasėti 90 kg ha^{-1} sėklos norma, o didinant sėklos normą ankščių skaičius mažėjo, bet nereikšmingai.

Žieminių žirnių šaknų vystymasis, pilno žydėjimo metu priklausė nuo sėjos laiko. Sėjos termino vėlinimas lėmė šaknų masės mažėjimą (5 pav.). Didžiausia žirnių šaknų masė nustatyta juos pasėjus rugsėjo mėn. 7 d. Ji reikšmingai nesiskyrė nuo šaknų masės žirnių, kurie buvo pasėti savaite vėliau (09 14). Reikšmingi skirtumai nustatyti sėją suvėlinus iki rugsėjo mėn. 21 d. ir 28 d. dienų. Mažiausia šaknų masė nustatyta žirnių, kurie sėti vėliausiai – rugsėjo mėn. 28 d.,

tačiau ši masė reikšmingai nesiskyrė nuo savaite anksčiau pasėtų žirnių. Didžiausios vidutinės masės šaknys savo svoriu viršijo mažiausios masės šaknis beveik du kartus.

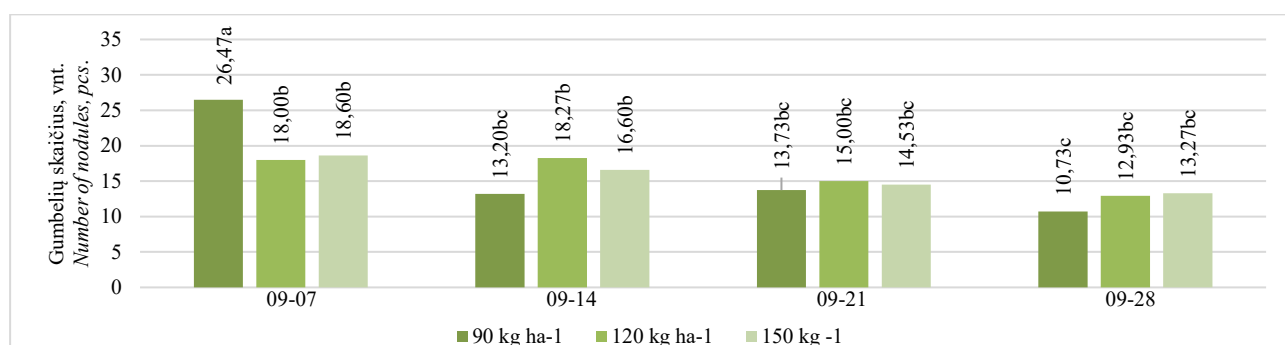


Pastaba: sėjos laiko ir sėklos normos vidurkių esminiai skirtumai pažymėti skirtingomis raidėmis (a,b...), $P < 0,05$
 Note: significant differences between sowing time and seed rate averages are marked with different letters (a,b...), $P < 0,05$

5 pav. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka vidutinei žieminių žirnių šaknų masei (BBCH 65–66)
Fig. 5. Influence of sowing time and seed rate on the average root mass of winter peas (BBCH 65–66)

Sėklos norma neturėjo jokios reikšmingos įtakos žieminių žirnių šaknų masei. Didžiausia šaknų masė nustatyta žirnius pasėjus mažiausia norma (90 kg ha^{-1}), tačiau ji reikšmingai nesiskyrė nuo kitomis sėklos normomis sėtų žirnių šaknų masės (5 pav.). Mokslininkų teigimu, oro sąlygos vegetacijos metu daro lemiamą įtaką antžeminių ir požeminių augalo savybių formavimuisi. Kitų mokslininkų tyrimo duomenys parodė, kad oro sąlygos, ypač kritulių kiekis žydėjimo metu, yra pagrindinis šaknų masės augimo bei pasiskirstymo dirvožemio profilyje elementas (Klimek-Kopyra, Rebilas, 2018).

Atvirkščiai nei šaknų masei, azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičiui ant šaknų įtakos turėjo tiek sėjos laikas, tiek sėklos norma. Daugiausiai gumbelių nustatyta ant žirnių šaknų, kurie buvo pasėti anksčiausiu terminu (09 07) ir mažiausia norma (90 kg ha^{-1}). Šis rezultatas reikšmingai skyrėsi ir nuo tuo pačiu laiku, bet didesnėmis normomis sėtų žirnių gumbelių skaičiaus, ir nuo vėlesnėmis datomis sėtų žirnių su bet kokia sėklos norma (6 pav.). Mažiausias azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičius nustatytas ant žieminių žirnių sėtų vėliausia data (09 28) ir mažiausia norma (90 kg ha^{-1}). Tačiau šis skaičius reikšmingai nesiskyrė nuo žirnių sėtų tuo pačiu laikotarpiu, bet didesnėmis sėklos normomis (tiek 120 kg ha^{-1} , tiek 150 kg ha^{-1}), bei nuo žirnių sėtų rugsėjo 21 d. visomis sėklos normomis ir nuo rugsėjo 4 d. sėtų žirnių mažiausia sėklos norma. Gumbelių skaičiumi aiškiai ir reikšmingai išsiskiria, minėtas, ankstyviausias sėjo laikas (09 07) su mažiausia norma bei vėlyviausias su mažiausia norma. Šiek tiek didesniu gumbelių skaičiumi išsiskiria rugsėjo 7 d. 120 kg ha^{-1} bei 150 kg ha^{-1} sėklos norma sėti žirniai, o nuo jų reikšmingai nesiskiria rugsėjo 14 dieną tomis pačiomis normomis sėtų žirnių gumbelių skaičius, visomis kitomis datomis ir sėklos normomis sėtų žirnių gumbelių skaičiaus skirtumai nėra statistiškai reikšmingi.



Pastaba: sėjos laiko ir sėklos normos vidurkių esminiai skirtumai pažymėti skirtingomis raidėmis (a,b...), $P < 0,05$
 Note: significant differences between sowing time and seed rate averages are marked with different letters (a,b...), $P < 0,05$

6 pav. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka vidutiniam azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičiui ant šaknų (BBCH 65–66)
Fig. 6. Influence of sowing time and seed rate on the average number of nitrogen-fixing bacterial nodules on the roots (BBCH 65–66)

Mokslininkų teigimu, oro sąlygos vegetacijos metu daro lemiamą įtaką ankštinių augalų šaknų gumbelių formavimuisi. Sausros stresas labai sumažina biologinį derlių ir azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičių, aktyvumą bei lemia simbiozės slopinimą (Klimek-Kopyra et al., 2025). Tyrimais įrodyta, kad mišrus pupinių augalų auginimas kartu su javais gali skatinti azotą fiksuojančių gumbelių susidarymą ir N_2 fiksaciją, dėl to, kad javai panaudoja mineralinį azotą rizosferoje. Lyginant su monokultūra, mišrus pasėlių auginimas skatina dirvožemio maistinių medžiagų įsisavinimą ir panaudojimą per šaknų sąveiką bei konkurenciją. Mišriame pupų ir kukurūzų pasėlyje, pastebėta, kad kukurūzai sumažino mineralinio azoto slopinamąjį poveikį azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių susidarymui ir N_2 fiksacijai pupose, o kartu ir padidino bakterijų gumbelių skaičių ant šaknų (Yu et al., 2010).

Išvados

1. Daugiausiai žieminių žirnių peržiemojo pasėjus didžiausią sėklos normą (150 kg ha^{-1}) visais sėjos laikais (rugsėjo 7 d., rugsėjo 21 d., rugsėjo 28 d.), išskyrus rugsėjo 14 d. Šios sėjos augalų peržiemojimas buvo mažiausias nepriklausomai nuo sėklos normos. Mažiausias skaičius augalų m^{-2} po žiemojimo išliko pasėjus mažiausią sėklos normą (90 kg ha^{-1}), nepriklausomai nuo sėjos laiko. Didžiausia norma (150 kg ha^{-1}) pasėti žirniai, daugeliu atveju, žiemojo patikimai geriau lyginant su mažesne sėklos norma sėtais žirniais.

2. Didžiausią antžeminę masę žirniai užaugino pasėti rugsėjo mėnesio 21 d. Didinant sėklos normą žieminių žirnių antžeminė masė mažėjo. Vėliausiai sėtame didžiausia sėklos norma (150 kg ha^{-1}) pasėlyje augalai suformavo mažiausią antžeminę masę. Sėjos laiko vėlinimas reikšmingai mažino žieminių žirnių anksčių skaičių, tačiau sėklos norma neturėjo reikšmingos įtakos, didžiausias anksčių skaičius nustatytas rugsėjo 7 d. bei rugsėjo 14 d. sėjos žirnių. Žiedų skaičius reikšmingai priklausė tiek nuo sėjos laiko, tiek nuo sėklos normos, intensyviausiai žieminiai žirniai žydėjo pasėti mažiausia norma – 90 kg ha^{-1} rugsėjo 7 d. bei rugsėjo 21 d. didesnėmis sėklos normomis (120 kg ha^{-1} bei 150 kg ha^{-1}). Žirnių sėjos laiko vėlinimas ir sėklos normos didinimas, daugeliu atveju, mažino žiedų skaičių ant augalo.

3. Sėjos laiko vėlinimas esmingai mažino, azotą fiksuojančių bakterijų gumbelių skaičių ant žieminių žirnių šaknų, palyginus su anksčiausia sėja (rugsėjo 7 d.). Didžiausias jų kiekis nustatytas tik anksčiausiai sėtame mažiausia sėklos norma 90 kg ha^{-1} pasėlyje, kitais atvejais sėklos normos didinimas esminės įtakos bakterijų gumbelių skaičiui neturėjo. Žieminių žirnių šaknų masė priklausė nuo sėjos laiko, sėjos termino vėlinimas lėmė šaknų masės mažėjimą. Sėklos norma neturėjo reikšmingos įtakos žieminių žirnių šaknų masei.

Literatūra

1. Buivydaite, V., Vaičys, M., Juodis, J., & Motuzas, A. (2001). *Lietuvos dirvožemių klasifikacija* (Lietuvos mokslas, Kn. 34). Lietuvos mokslas.
2. Dumont, E., Fontaine, V. C., Vuylsteker, H. S., Bodele, S., Voedts, N., Devaux, R., Frise, M., Avia, K., Hilbert, J. L., & Bahrman, N. (2009). Association of sugar content QTL and PQL with physiological traits relevant to frost damage resistance in pea under field and controlled conditions. *Theoretical and Applied Genetics*, 118, 1561–1571.
3. Henseler, M., Piot-Lepetit, I., Ferrari, E., Mellado, A. G., Banse, M., Grethe, H., Parisi, C., & Hélaine, S. (2013). On the asynchronous approvals of GM crops: Potential market impacts of a trade disruption of EU soy imports. *Food Policy*, 41, 166–176.
4. Yu, C. B., Li, Y. Y., Li, C. J., Sun, J. H., He, X. H., Zhang, F. S., & Li, L. (2010). An improved nitrogen difference method for estimating biological nitrogen fixation in legume-based intercropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 227–235.
5. Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(5), Article 5.
6. Klimek-Kopyra, A., & Rębilas, K. (2018). Dependence of pea root mass distribution on weather conditions under varying levels of phosphorus application. *International Agrophysics*, 32, 365–372.
7. Klimek-Kopyra, A., Dłuzniewska, J., & Sikora, A. (2023). Influence of biofungicides containing microorganisms such as *Pythium oligandrum* and *Bacillus subtilis* on yield, morphological parameters, and pathogen suppression in six winter pea cultivars. *Agriculture*, 13, Article 1500.
8. Klimek-Kopyra, A., Hanus-Fajerska, E., Kamińska, I., Głab, T., Neugschwandtner, R. W., & Chudzik, W. (2025). Verification of agricultural practices for winter pea–cereals intercropping. *Agronomy*, 15(9), Article 2017.
9. McGee, R. J., Eigenbrode, S., Nelson, H., & Schillinger, W. (2017). Reinventing Austrian winter pea: Towards developing food-quality winter peas. *Crops & Soils*, 50(4), 40–46.
10. Neugschwandtner, R. W., Bernhuber, A., Kammlander, S., Wagentritl, H., Klimek-Kopyra, A., & Kaul, H. P. (2019). Agronomic potential of winter grain legumes for Central Europe: Development, soil coverage and yields. *Field Crops Research*, 241, Article 107576.
11. Neugschwandtner, R. W., Bernhuber, A., Kammlander, S., Wagentritl, H., Klimek-Kopyra, A., & Kaul, H. P. (2020). Yield structure components of autumn- and spring-sown pea (*Pisum sativum* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 70(2), 109–116.
12. Neugschwandtner, R. W., Bernhuber, A., Kammlander, S., Wagentritl, H., Klimek-Kopyra, A., Lošák, T., Zholamanov, K. K., & Kaul, H. P. (2021). Nitrogen yields and biological nitrogen fixation of winter grain legumes. *Agronomy*, 11(4), Article 681. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040681>
13. Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: Important issues. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(4), 377–382. <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.048>
14. Rudinskienė, A., Butkevičienė, L. M., & Steponavičienė, V. (2025). Žieminiai žirniai: Moksliniai aspektai ir auginimo galimybės. *Mano ūkis*. <https://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2025/06/zieminiai-zirniai-moksliniai-aspektai-ir-auginimo-galimybės/>
15. Šarūnaitė, L., Deveikytė, I., Arlauskienė, A., Kadžiulienė, Ž., & Maikštėnienė, S. (2013). Žirnių ir vasarinių javų intercropping systems: Privalumai ir plačialapių piktžolių slopinimas. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22, 541–551.

16. Trnka, M., Eitzinger, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Balek, J., Dubrovský, M., Kubu, G., Štěpánek, P., Thaler, S., Možný, M., & Žalud, Z. (2011). Expected changes in agroclimatic conditions in Central Europe. *Climatic Change*, 108, 261–289.
17. Vályi-Nagy, M., Rácz, A., Irmes, K., Szentpéteri, L., Tár, M., Kassai, K. M., & Kristó, I. (2023). Evaluation of the development process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter pea (*Pisum sativum* L.) in intercropping by yield components. *Agronomy*, 13(5), Article 1323. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051323>
18. Voisin, A. S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, J. M., Mougé, C., Pellerin, S., & Pelzer, E. (2014). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 361–380.
19. Watson, C. A., Reckling, M., Preissel, S., Bachinger, J., Bergkvist, G., Kuhlman, T., Lindström, K., Nemeček, T., Topp, C. F. E., & Vanhatalo, A. (2017). Grain legume production and use in European agricultural systems. *Advances in Agronomy*, 144, 235–303.

STUDY OF SOWING TIME AND SEED RATE FOR WINTER PEAS DEVELOPMENT

Abstract

In order to maintain a diverse crop rotation and to increase the lack of protein sources in Europe, it is advisable to include winter peas (*Pisum sativum* L.), which are an excellent alternative to spring pea sowing. There is a lack of scientific research that would determine the optimal parameters for their cultivation – seed rate and sowing time. This two-factor field experiment was conducted in 2024–2025 at the Vytautas Magnus University Agricultural Academy Testing Station in a crop of the winter pea variety 'Arkta'. Factor A – sowing time: September 7; September 14; September 21; September 28. Factor B – seed rate: 90 kg ha⁻¹; 120 kg ha⁻¹; 150 kg ha⁻¹. During the experiment, plant overwintering was assessed, plant biometric indicators, root development and evaluation of nodular bacteria were assessed. The results obtained show that increasing the seed rate led to a higher number of plants after vegetation renewal, and in many cases, delaying the sowing time also led to better overwintering. As the seed rate increased, the above-ground mass of winter peas decreased. Delaying the sowing time significantly reduced the number of winter pea pods, but seed rate had no significant effect. Delaying the sowing time of peas and increasing the seed rate, in most cases, reduced the number of flowers per plant. Delaying the sowing time significantly reduced the number of nitrogen-fixing bacterial nodules on winter peas. The root mass of winter peas depended only on the sowing time, delaying the sowing date led to a decrease in root mass.

Keywords: winter peas, above-ground mass, flowers, pods, nodules of nitrogen-fixing bacteria.