

LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRAS

TVIRTINU:

Direktorius

Gintaras Brazauskas

2025 m. lapkričio mėn. 6 d.

**PROJEKTAS ĮGYVENDINTAS PAGAL ŽEMĖS ŪKIO, MAISTO ŪKIO IR
ŽUVININKYSTĖS 2023–2027 METŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR
EKSPERIMENTINĖS PLĖTROS FINANSAVIMO TAISYKLES**

Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai

2025 M. GALUTINĖ ATASKAITA

Tyrimo vadovas

Dr. Renaldas Žydelis

LAMMC, Akademija

2025

Tyrimų atlikimo vieta

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto tikslieji lauko eksperimentai.

Tyrimų laikotarpis

2023–2025 metai.

Pagrindiniai projekto vykdytojai

dr. Renaldas Žydelis, mob. tel. 8 698 84 417, el. paštas: renaldas.zydelis@lammc.lt, LAMMC ŽI Augalų mitybos ir agroekologijos skyriaus vyresnysis mokslo darbuotojas;

dr. Vida Danytė, mob. tel. 8 687 14 448, el. paštas: vida.danyte@lammc.lt, LAMMC ŽI Javų selekcijos skyriaus mokslo darbuotoja;

dr. Virmantas Povilaitis, mob. tel. 8 685 57 230, el. paštas: virmantas.povilaitis@lammc.lt, LAMMC ŽI Augalų mitybos ir agroekologijos skyriaus vyresnysis mokslo darbuotojas.

Temos aktualumas ir naujumas

Pagrindiniai Europos Sąjungos (ES) žemės ūkio politikos prioritetai – didinti žemės ūkio konkurencingumą, kartu užtikrinant tausų gamtos išteklių naudojimą ir įgyvendinant neutralaus klimato politiką. Vis griežtėjantys reglamentai, visų pirma, Europos žaliasis kursas (angl. *European Green Deal*), Bendroji žemės ūkio politika (angl. *Common Agricultural Policy (CAP)*), Europos dirvožemio teminė strategija ir kitos maisto saugos programos (angl. *EU Thematic Strategy, and Food Safety and Food Security (FAO) programs*), didesni klimato kaitos mažinimo tikslai skatina ir rekomenduoja efektyviai valdyti ūkį. Šių tikslų padeda siekti modernus žemės ūkio veiklos vykdymas, pasitelkiant mokslo žinias, informacines technologijas ir empirinius tyrimų duomenis. Šių laikų klimato kaitos kontekste tampa aktualu, kaip galima efektyviau valdyti ūkį, kartu užtikrinant aukštą žemės ūkio augalų derlingumą. Ūkiuose, mažinant žmonių laiko ir medžiagų sąnaudas, siekiama, kad agrotechninės ir agrocheminės priemonės būtų panaudotos tinkamu laiku ir augalams duotų maksimalią naudą. Labai svarbu esamu momentu kuo tiksliau nustatyti augalų augimo ir vystymosi tarpsnius, parengti prognozę, kuri 3–7 dienų laikotarpiu prognozuotų augalų vystymąsi ir taip leistų planuoti ūkio darbus, kartu didinant veiklos efektyvumą. Norint sukurti algoritmus, padedančius apskaičiuoti konkrečias oro ir dirvožemio temperatūrines sumas, reikalingas augalo vystymosi tarpsniui pasiekti, būtini išsamūs tikslieji lauko eksperimentai, kuriuose periodiškai vertinamas augalų vystymasis konkrečiomis agrometeorologinėmis sąlygomis. Tokie tyrimai Lietuvoje atlikti tik fragmentiškai, todėl šio projekto metu siekiama nustatyti pagrindinių žemės ūkio augalų (avižų, kukurūzų, vasarinių kviečių, vasarinių miežių, vasarinių rapsų, pupų, žirnių, žieminių kviečių, žieminių rapsų) augimo temperatūrų sumas, reikalingas pasiekti skirtingus vystymosi tarpsnius pagal BBCH skalę.

Turinys

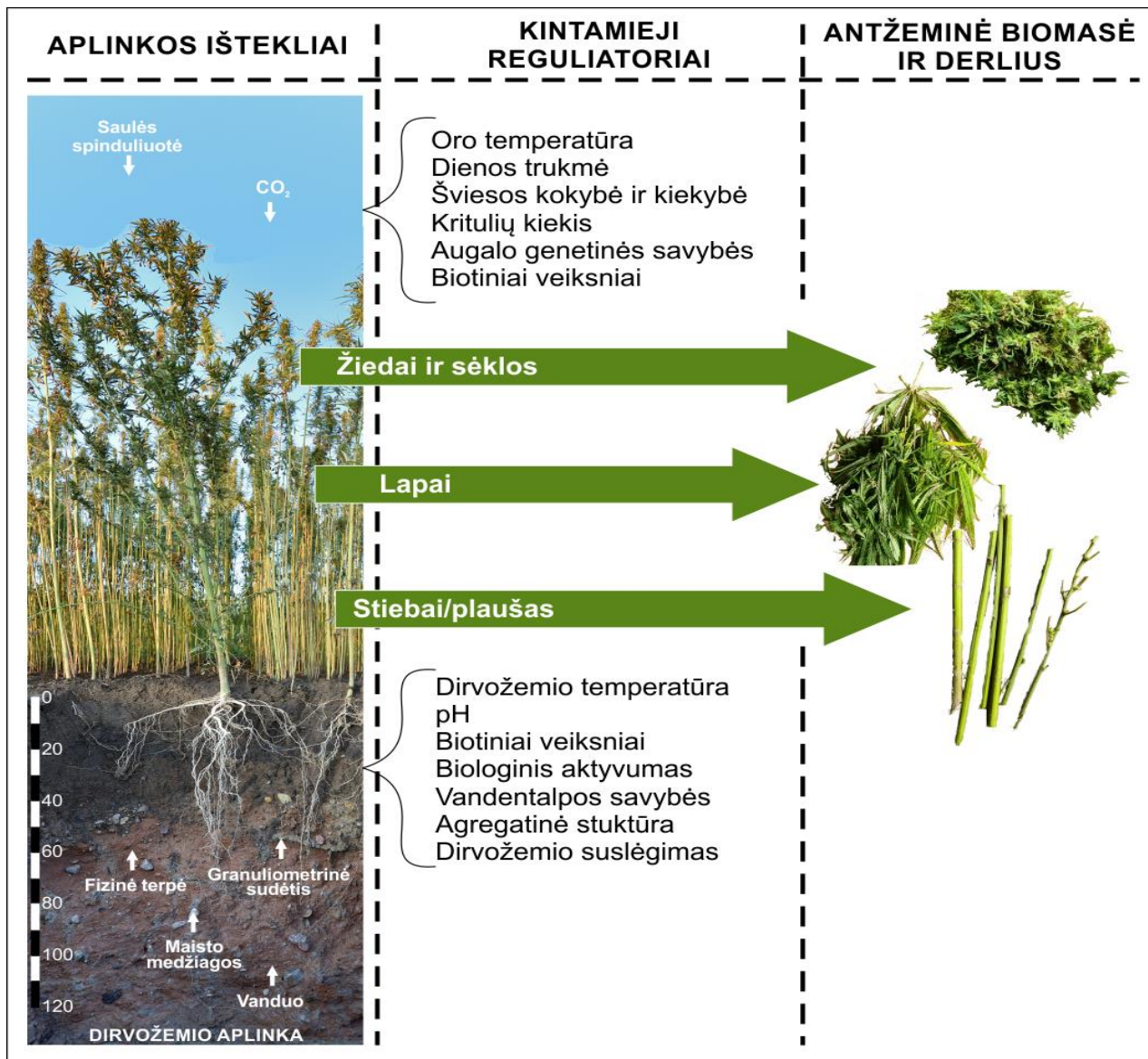
Temos aktualumas ir naujumas	2
1. Įvadas	4
1.1. Augalų augimas, vystymasis ir produktyvumas	4
1.2. Augalų stresai ir jų įtaka augimui ir vystymuisi	5
1.3. Žemės ūkio augalų vegetatyviniai ir reprodukciniai periodai, BBCH skalė.....	7
1.4. Augimo temperatūrų sumos skaičiavimai prognozuojant augalų vystymosi tarpsnius.....	8
1.5. Augalų augimo ir vystymosi tarpsnių prognozės praktinė reikšmė	9
1.6. Pagrindiniai žemės ūkio augalai ir jų pasiskirstymas 2019–2023 laikotarpiu	10
1.7. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	10
Projekto tikslas ir uždaviniai.....	12
2. Metodika	13
2.1. Tyrimo vietovė ir eksperimentų bendrosios sąlygos	13
2.2. Pasirinkti augalai, jų temperatūrinės ribos ir eksperimentų trukmė.....	14
2.3. Sėjos laikas ir eksperimentuose taikoma agrotechnika.....	15
2.4. Augalų augimo ir vystymosi periodiniai matavimai.....	19
2.5. Dirvožemio rodiklių matavimai.....	19
2.5.1. Dirvožemio drėgmės ir temperatūros matavimai	19
2.6. Meteorologinės sąlygos	20
2.7. Standartizuotas kritulių indeksas (SPI).....	20
2.8. Augimo temperatūrų sumos skaičiavimai	20
3. Rezultatai	21
3.1. Aplinkos sąlygos ir derlius	21
3.2. Dirvožemio temperatūros pokyčiai	24
3.3. Dirvožemio drėgmės pokyčiai.....	26
3.4. Avižų augimo ir vystymosi pokyčiai.....	28
3.5. Kukurūzų augimo ir vystymosi pokyčiai.....	33
3.6. Pupų augimo ir vystymosi pokyčiai	37
3.7. Vasarinių kviečių augimo ir vystymosi pokyčiai	41
3.8. Vasarinių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai	46
3.9. Vasarinių rapsų augimo ir vystymosi pokyčiai.....	50
3.10. Žirnių augimo ir vystymosi pokyčiai.....	53
3.11. Žieminių kviečių augimo ir vystymosi pokyčiai	57
3.12. Žieminių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai	61
3.13. Žieminių rapsų augimo ir vystymosi pokyčiai	64
3.14. Žieminių rugių augimo ir vystymosi pokyčiai.....	68
Išvados	72
Rekomendacija.....	73
Literatūros sąrašas	74
Projekto viešinimas ir planuojamų straipsnių sąrašas	76
Priedai	77

1. Įvadas

1.1. Augalų augimas, vystymasis ir produktyvumas

Augalų augimo ir vystymosi procesai yra pagrindiniai veiksniai, nulemiantys augalų produktyvumą/derlingumą. Augalų augimas gali būti apibūdinamas kaip augalo struktūrinių elementų, tokių kaip: lapų, stiebų, žiedyno, ar grūdų, masės tūrio didėjimas per vegetacijos laikotarpį, o vystymasis – tai naujų struktūrinių elementų atsiradimas ir sugebėjimas atlikti naujas funkcijas (Miliauskienė ir kt., 2016; Salazar-Gutierrez ir kt., 2013; Sirvydas ir kt., 2011; Šlapakauskas ir Duchovskis, 2007). Nors augalų augimas ir vystymasis yra glaudžiai susijusios sąvokos, tačiau labai svarbu suprasti ir šių procesų skirtumus ir tai padaryti svarbu dėl kelių priežasčių. Pirmiausia, svarbu suprasti, kad augalo augimas (masės didėjimas) yra susijęs su gamtinių išteklių paėmimu ir šių išteklių paskirstymu augimui, t. y. augimas ir jo greitis priklauso nuo augalo lapijos gebėjimo absorbuoti CO₂ ir saulės spinduliuotę, taip pat nuo šaknų sistemos gebėjimo dirvožemyje surinkti vandenį ir maisto medžiagas. Visa tai esmingai nulemia augalo efektyvumą transformuojant aplinkos išteklius į biomasę.

Augalo vystymasis daugiausia priklauso nuo kintamųjų aplinkos veiksnių, tokių kaip: oro temperatūra ir fotoperiodo trukmė, o kiti veiksniai, tokie kaip: maisto medžiagos, drėgmės kiekis ir kt., turi gerokai mažiau įtakos augalų vystymosi greičiui (žr. 1 paveikslą). Nors, agronomine prasme, minėti augalų fiziologiniai procesai yra skirtingi, tačiau, dažnu atveju, abu procesai vyksta tuo pačiu laiku, o ribos tarp augimo ir vystymosi yra labai nedidelės. Pavyzdžiui, augalams patiriant stresą ir esant nepalankioms oro temperatūroms ar trūkstant vandens, azoto, fosforo, kalio, sumažėja augimo greitis, bet kartu gali gerokai padidėti vystymosi greitis, todėl galima teigti, kad augalų vystymasis tiesiogiai nepriklauso nuo augimo greičio, t. y. greitas vystymosi tempas nereiškia didesnio augalų derlingumo, o, dažnu atveju, tik trumpesnę gyvavimo ciklą.

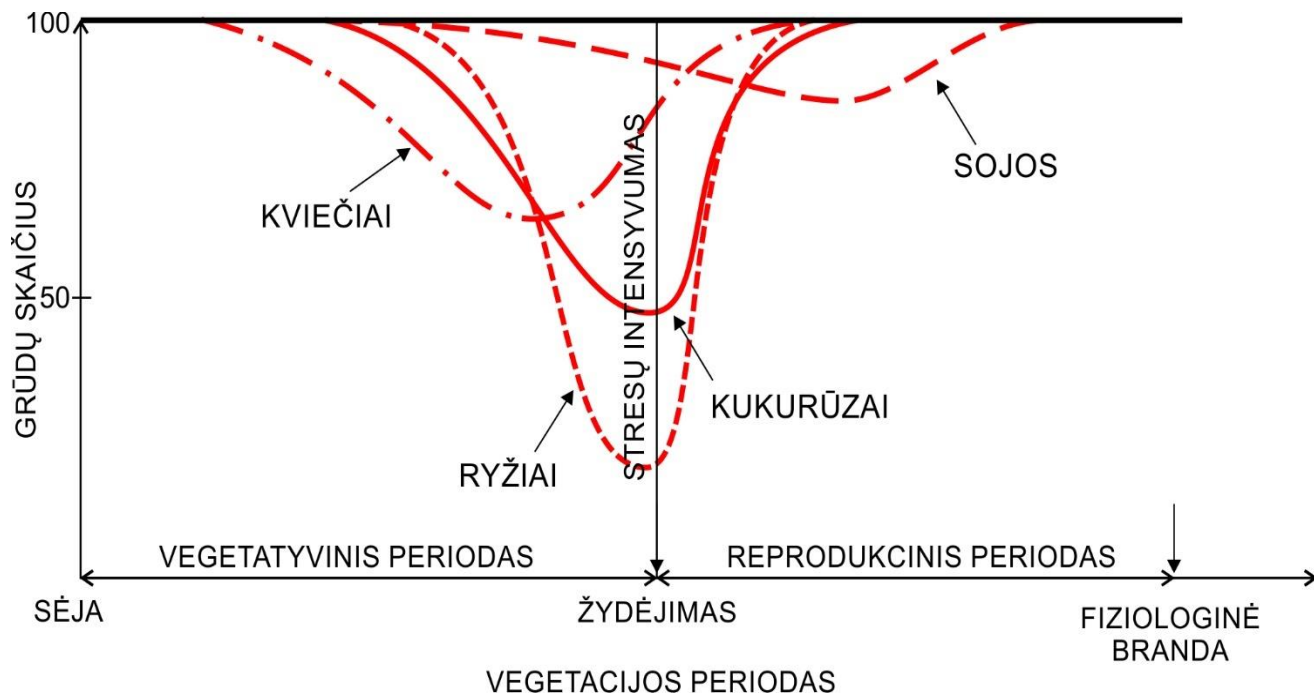


1 paveikslas. Augalo augimo ir vystymosi priklausomybė nuo aplinkos išteklių ir kintamųjų reguliatorių. Paveiksle pavaizduota pluoštinė kanapė.

1.2. Augalų stresai ir jų įtaka augimui ir vystymuisi

Augalų stresas yra suprantamas kaip neigiamas išorinių veiksnių poveikis augalų fiziologinėms funkcijoms atlikti ir tai tiesiogiai veikia augalų augimą ir vystymąsi. Augalų stresai gali būti biotiniai, kai yra įtraukiami kiti organizmai (pvz., vabzdžiai, patogenai ir kt.), arba abiotiniai, susiję su nepalankiomis dirvožemio, oro, vandens, spinduliuotės sąlygomis (pvz., sausra, šalčio ar karščio stresas, įvairi tarša ir t. t.). Minėti stresai skirtinguose augalų augimo ir vystymosi etapuose riboja genetiškai nulemtą augalų potencialų derlių. Vienmečiai žemės ūkio augalai turi specifinius vystymosi tarpsnius, kai yra jautriausi minėtiems stresams, tuomet augimas ir vystymasis yra labiausiai limituojami, todėl gaunamas ir esmingai mažesnis derlingumas. Nors šie kritiniai periodai kiekvienai augalo rūšiai yra skirtingi, tačiau dažniausiai tai yra žydėjimo periodas (žr. 2 paveikslą). Augalų vandens poreikiai vegetacijos eigoje taip pat skiriasi, dažniausiai augalai sunaudoja didžiausią vandens

kiekį žydėjimo metu, dėl drėgmės trūkumo augalai sparčiau vystosi, trumpėja jų vegetacijos periodas ir tai mažina augalų potencialų derlių (Aslam ir kt., 2017).

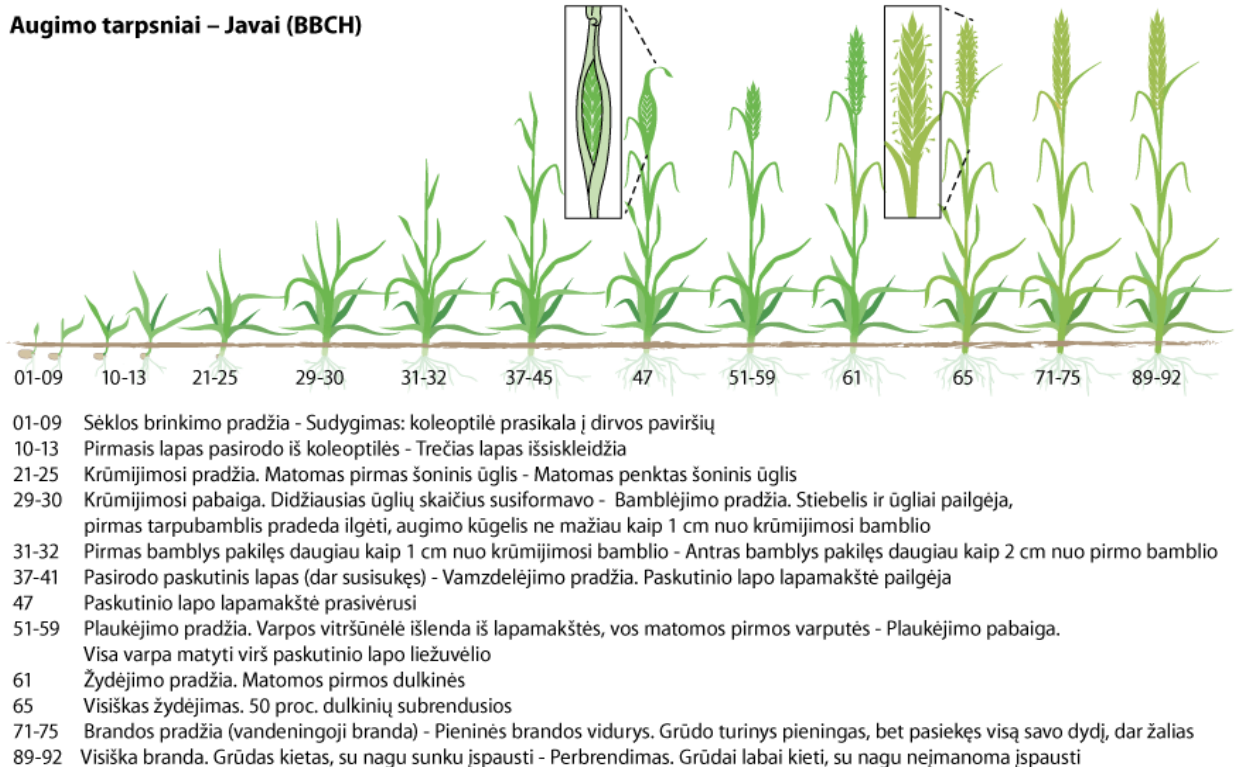


2 paveikslas. Kritiniai skirtingų augalų periodai aplinkos stresams (temperatūros ir drėgmės), kuomet formuojasi grūdų skaičius, t. y. pagrindinis derliaus komponentas. Paveikslas modifikuotas pagal Sadras ir kt., 2017.

Daugybėje mokslinių tyrimų įrodyta, kad iš šių minėtų stresų augalų augimui ir vystymuisi labiausiai turi įtakos abiotiniai veiksniai, o svarbiausi ir labiausiai kintantys iš jų yra oro temperatūra ir drėgmės prieinamumas sezono metu. Ray ir kt. (2015) nustatė, kad aplinkos sąlygos (temperatūra ir drėgmė) gali turėti įtakos 23–66 % kviečių derliaus svyravimo amplitudėms. Lietuvoje atlikti tyrimai parodė, kad kukurūzų derliaus sumažėjimas dėl žemos temperatūros gali siekti iki 25,2 %, o dėl drėgmės trūkumo – iki 17,2 % (Žydelis ir kt., 2018). Dar vieni Lietuvoje atlikti tyrimai parodė, kad pluoštinių kanapių derliaus sumažėjimas dėl temperatūros ir drėgmės trūkumo siekia vidutiniškai 43,3 % (Žydelis ir kt., 2022). Akivaizdu, kad abu minėti aplinkos veiksniai, t. y. oro temperatūra ir kritulių kiekis, sezono metu turi būti vertinami kuriant augalų vystymosi tarpsnių prognozavimo algoritmus, ir, esant nepalankioms augalams stresinėms situacijoms, šie prognozavimo algoritmai turi būti koreguojami panaudojus pataisos koeficientus. Šiuo metu prieinama daugybė tokių pataisos koeficientų, kurie galėtų būti pritaikyti prognozuojant augalų vystymąsi. Pavyzdžiui, vegetacijos sezono metu drėgmės sąlygas galėtų apibūdinti standartizuotas kritulių indeksas (SPI), kuris pasirinktą laiko intervalą (mėnesį, savaitę ir t. t.) gali suskirstyti į sausringą, optimalų ar drėgną periodą (McKee ir kt., 1993). Panašiu būdu galėtų būti naudojama ir standartinė klimato norma, kuri leistų tam tikrus pasirinktus laiko periodus suskirstyti į šiltus, vidutinius ar vėsius laikotarpius, ir gauti duomenys leistų pakoreguoti augalo vystymosi greitį.

1.3. Žemės ūkio augalų vegetatyviniai ir reprodukciniai periodai, BBCH skalė

Žemės ūkio augalų gyvavimo ciklas gali būti skirstomas į vegetatyvinį ir reprodukcinį periodą. Vegetatyvinio periodo metu didėja jo vegetatyvinių organų, t. y. lapų, stiebų, šaknų, masė ir kiekis, o reprodukcinio periodo metu didėja augalo žiedų ir vaisių (pvz., grūdų) masė ir kiekis. Augalų išoriniai vystymosi požymiai per jų gyvavimo ciklą gali būti detalčiai aprašomi ir periodiškai stebimi mokslo ar praktikos tikslais. Šiuo metu yra ne viena skalė, kuri gali detalčiai apibūdinti konkrečius augalo vegetatyvinius ir reprodukcinis vystymosi tarpsnius, tačiau plačiausiai naudojama išplėstinė BBCH skalė (vok. *Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry*). Naudojant šią skalę vienodais kodais galima apibūdinti panašius fenologinius vystymosi tarpsnius daugeliui žemės ūkio augalų rūšių. Ši skalė parengta Vokietijoje, kartu dirbant kelių institucijų darbuotojams, ir naudojama daugelyje pasaulio šalių (Meier, 2018). BBCH skalėje dešimtainis kodas paruoštas plačiai naudojamos *Zadokso* skalės pagrindu. Augalų vystymui apibūdinti BBCH skalėje naudojami du lygiai: pirmasis nurodo pagrindinio vystymosi tarpsnio lygį (angl. *principal growth stage*) ir antrinis vystymosi tarpsnis patikslina pirmąjį (angl. *secondary growth stage*). Augalų pirminiai ir antriniai vystymosi tarpsniai žymimi skaičiais nuo 0 iki 9, o šių skaičių kombinacija vadinama dviženkliais kodais. Šis dviženklis kodas gali labai tiksliai apibūdinti visus augalų vystymosi tarpsnius (R. Semaškienė, 2003). Detalūs javų vystymosi tarpsniai pagal BBCH skalę pavaizduoti 3 paveiksle.

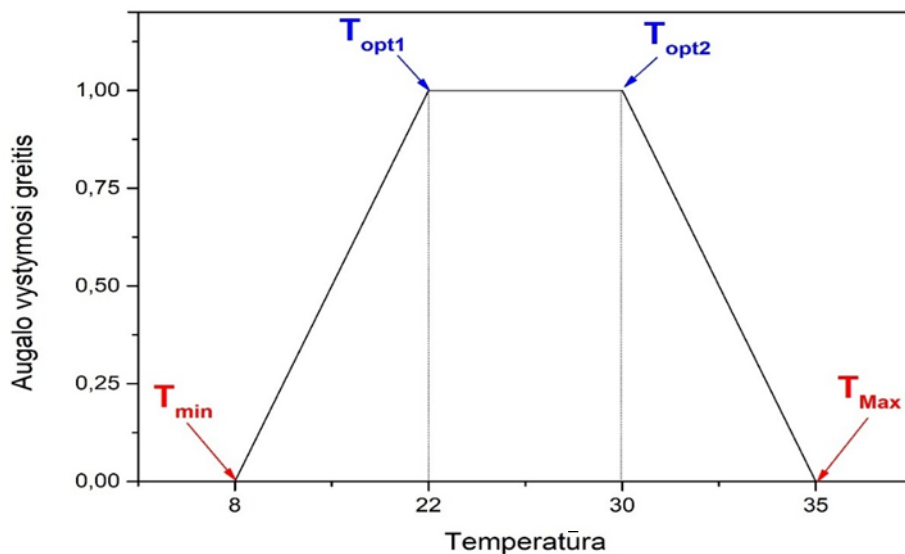


3 paveikslas. Detalūs javų vystymosi tarpsniai pagal BBCH skalę. Paveikslo šaltinis – <https://www.nordiskalkali.lt/javai/>

1.4. Augimo temperatūrų sumos skaičiavimai prognozuojant augalų vystymosi tarpsnius

Augalams vystytis reikalingas specifinis kiekis šilumos ir drėgmės, kad pereitų iš vieno gyvenimo ciklo į kitą, pavyzdžiui, iš bamlėjimo į plaukėjimą ir t. t. Žinoma, kad šilumos ir drėgmės kiekis, reikalingas specifiniam vystymosi tarpsniui pasiekti, yra nedaug kintantis ir dažniausiai nulemtas augalo genetinių savybių. Vis dėlto, norint patvirtinti šią prielaidą, reikalingi detalūs agronominiai tyrimai, kurie būtų vykdomi lauko sąlygomis.

Žemės ūkio specialistai, dažnu atveju planuodami ūkio darbus, vis dar naudoja kalendorinių dienų skaičių, tačiau pasikliauti vien tik dienų skaičiumi nevertėtų, nes jos gali būti labai klaidinančios, pavyzdžiui, vėsus ir sausas pavasaris gali labai pavėlinti lapų vystymosi periodą, ir tai tiesiogiai paveiks ir piktžolių kontrolės sprendimus. Moksliniai tyrimai parodė, kad augimo temperatūrų suma (angl. *Growing Degree Days (GDD)*) per vegetacijos laikotarpį, lyginant su kalendorinių dienų skaičiumi, yra daug tikslesnis metodas siekiant prognozuoti augalų vystymosi tarpsnius (Miller ir kt., 2001). GDD metodo principas remiasi tuo, kad kiekvienai dienai yra paskaičiuojamas šilumos kiekis, kuris sumuojamas visos vegetacijos metu. Norint apskaičiuoti kasdienes GDD reikšmes, reikalingos minimalios ir maksimalios tos dienos oro temperatūros ir konkretaus augalo minimalios (angl. *base temperature*), optimalios (angl. *optimal temperature*) ir maksimalios (angl. *upper temperature*) augimo ir vystymosi temperatūrų ribos (žr. 4 paveikslą).



4 paveikslas. 4 taškų kompleksinė kukurūzų vystymosi funkcija. T_{\min} – minimali temperatūra augalo vystymuisi, T_{opt1} ir T_{opt2} – optimalios temperatūros ribos maksimaliam kukurūzų vystymuisi, T_{\max} – maksimali temperatūra, viršijus šią ribą, vystymasis sparčiai mažėja ar net visai sustoja.

Augalų sėklų platintojai (ar net sėklininkystės įmonės) dažnu atveju nesuteikia informacijos apie šias augalų temperatūrines ribas, t. y. nuo kokios temperatūrinės ribos augalų augimas ir vystymasis yra limituojamas. Todėl, norint apskaičiuoti GDD, reikalingas konkrečiam augalo vystymosi tarpsniui pasiekti, būtina tirti ir skirtingo tipo veisles, kurios yra paplitusios ir adaptuotos Lietuvos agroklimatinėms sąlygoms. Gerai žinoma, kad skirtingos augalų rūšys (pvz., javai, pupiniai augalai ir kt.) nevienodai reaguoja į temperatūrinius svyravimus jų gyvavimo ciklo metu, ir kiekvienam augalui yra svarbios trys temperatūrinės ribos: 1 – žemutinė arba minimali

temperatūra yra tokia, kurią pasiekus augalas nustoja augti ir vystytis; 2 – optimalios temperatūros; dažniausiai yra išskiriamos dvi optimalios temperatūros ribos, kurioms esant augalo augimo ir vystymosi procesai vyksta intensyviausiai, t. y. temperatūrine prasme, augalo augimo ir vystymosi potencialas nėra ribojamas; 3 – viršutinė arba maksimali temperatūra, pasiekus šią ribą augimas ir vystymasis pradeda sparčiai mažėti ar net visai sustoja (Luoa, 2011).

Literatūroje nurodoma, kad pasaulyje atlikta daugybė augalų vystymosi tarpsnių ir GDD tarpusavio ryšio tyrimų. Daug tyrimų atliekama JAV (Breazeale ir kt., 1999; Coblenz ir kt., 2018; Worthington ir Hutchinson, 2005), Kanadoje (Miller, 2001), Afrikos (Salama ir Mostafa, 2013) ir Azijos šalyse (Zafarian ir kt. 2019). Minėtuose darbuose pristatomi ne tik praktiniai lauko tyrimai ar teikiamos rekomendacijos, bet ir atliekami augalų vystymosi prognozavimo darbai. Tokio pobūdžio tyrimuose svarbus vaidmuo tenka meteorologams, kurie analizuoja ekstremalių temperatūrų poveikį augalų augimui ir vystymuisi (Hatfield ir Prueger, 2015; Ray ir Mishra, 2017). Kituose darbuose atkreipiamas didelis dėmesys ne tik į nacionalinį, regioninį ar lauko lygmenį, bet ir į globalių klimatinių regionų vaidmenį, turintį įtakos augalų augimui ir vystymuisi (Hasanuzzaman, 2019). Nors tarptautinėje spaudoje nagrinėjama tematika publikuojama daug išsamių tyrimų, tačiau susidaro įspūdis, kad tokiais tyrimais galima remtis tik metodologiniame kontekste, ir jų rezultatus reikėtų vertinti labai atsargiai. Pastebėtina ir tai, kad gana mažai dėmesio yra skiriama dirvožemio temperatūrų įtakai augalų vystymuisi, nors yra gerai žinoma, kad jo fizikinės savybės atlieka didelį vaidmenį formuojant augalų šaknų sistemą, kartu lemiant ir augalo vystymosi ar augimo greitį, tačiau tokius tyrimus atlieka tik pavieniai autoriai (Arai-Sanoh ir kt., 2010). Vis dar yra neaišku, koks yra ryšys tarp Lietuvoje auginamų žemės ūkio augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatologinių rodiklių, nes mūsų šalyje tokie tyrimai atlikti tik fragmentiškai ir nepakankamai išsamiai. Taip pat Lietuvoje trūksta tyrimų, kuriuose būtų susieti augalų vystymosi tarpsniai su dirvožemio GDD reikšmėmis. Tokie tyrimai leistų atsakyti į klausimą, kas tiksliau, dirvožemio ar oro temperatūrų sumos, gali prognozuoti skirtingų augalų vystymąsi. Lietuva kartu su Latvija, Estija, Baltarusija ir Švedija (pietinė dalimi) patenka į nemoralinę klimato zoną, kurioje augalų vegetacijos sezonas gana trumpas (Metzger ir kt., 2012), o sausringi periodai, ankstyvos ir vėlyvos šalnos, drėgmės stygius augalų dygimo metu ir smarkiai kintantys žiemos orai yra laikomi pagrindiniais veiksniais, kurie stabdo žemės ūkio augalų augimą ir vystymąsi (Olesen ir kt., 2011).

1.5. Augalų augimo ir vystymosi tarpsnių prognozės praktinė reikšmė

Sezono metu, žinant tikslus augalų vystymosi tarpsnius, ūkininkai, agronomai gali tinkamai planuoti lauko darbus netolimoje ateityje (pavyzdžiui, 3–7 dienų laikotarpiu), ir tai padeda atsakyti į klausimus, kada tręšti, naudoti pesticidus, kada drėkinti. Kaip minėta ankstesniuose skyriuose, augalų vystymosi skaičiavimai, remiantis kalendorinėmis dienomis po augalo sėjos, dažniausiai yra klaidinantys, ypač ankstyvuojų vegetacijos laikotarpiu, kai augalai sparčiai auga, o jų vystymosi tarpsniai greitai peršoka nuo vieno prie kito (Miller ir kt., 2001). Dar svarbiau žinoti tikslus augalų vystymosi tarpsnius ir kartu planuoti ūkio darbus, kai ūkyje auginami skirtingi augalai ir kiekvienas iš jų turi skirtingą tręšimo ar pesticidų naudojimo planą. Todėl sezono metu, žinant tikslus vystymosi tarpsnius, galima optimizuoti agrotechnines priemones ir pasiekti didesnę derlingumą, kartu mažinant chemikalų naudojimą ir minimalizuojant jų poveikį aplinkai. Tai tampa dar aktualiau šylant klimatui, nes smarkiai

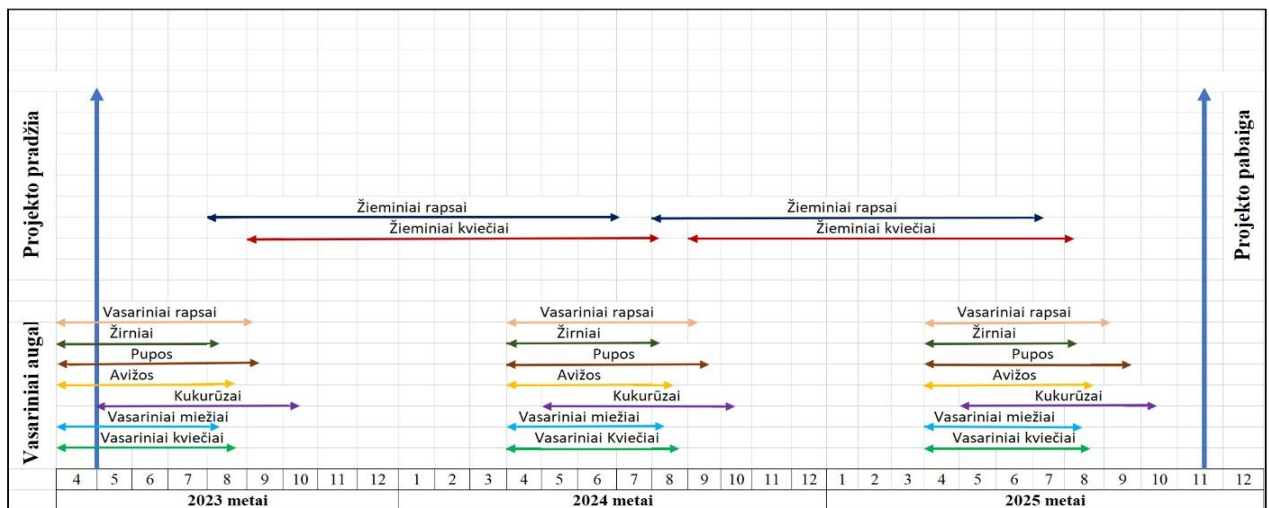
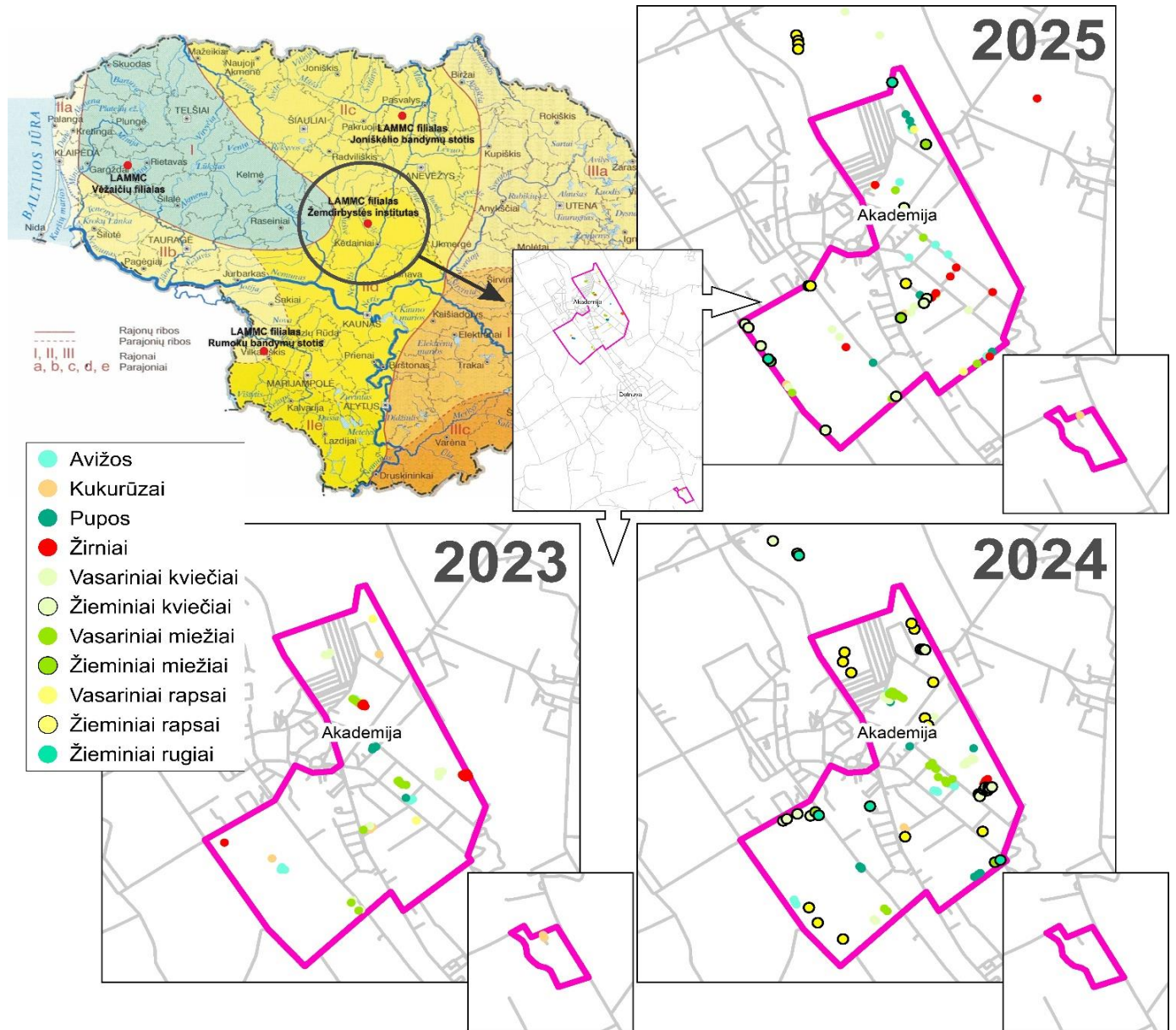
kinta kritulių pasiskirstymas vegetacijos laikotarpiu (Tacka ir kt., 2015). Šiuo metu 5, 7 ar 10 dienų orų prognozių tikslumas atitinkamai siekia 90 %, 80 % ir 50 %, todėl galima daryti prielaidą, kad augalų vystymosi tarpsnių prognozė iki 7 dienų, tikėtina, būtų pakankamai tiksli ir ūkininkai galėtų planuoti lauko darbus.

1.6. Pagrindiniai žemės ūkio augalai ir jų pasiskirstymas 2019–2023 laikotarpiu

Lietuvoje auginamų javų plotai per pastaruosius penkerius metus išliko pastovūs ir labai nežymiai svyravo 1345,3–1391,4 tūkst. ha ribose. Minėtu laikotarpiu daugiau negu pusė javų 743,2–845,0 tūkst. ha arba 54,3–54,6 % buvo žieminiai, kai tuo metu vasarinių javų kiekis buvo mažesnis: svyravo 382,6–469,6 tūkst. ha arba 37,2–45,7 % ribose (Oficialiosios statistikos portalas, 2023). 2019–2023 m. iš žieminių javų didžiausią plotą, t. y. 82–87,8 %, užėmė žieminiai kviečiai, kai tuo metu vasarinių javų didžiausią dalį sudarė kviečiai – 27,5–34,2 %, miežiai – 26,1–33,6 % ir avižos – 19,3–21,2 %. Gana dideli plotai buvo ir ankštinių javų (įskaitant pupas ir žirnius), kurie svyravo 134,4–157,4 tūkst. ha ribose. Taip pat populiarėja ir kukurūzų auginimas, kurie gali būti auginami tiek grūdų derliui, tiek silosui. Jų plotai per pastaruosius penkerius metus svyravo 46,2–56,0 tūkst. ha ribose. Rapsai auginami dėl gero pelningumo, lyginant su kitais žemės ūkio augalais, taip pat dėl patogaus darbų paskirstymo sezono metu. Be to, šis augalas yra geras prieššėlis daugumai augalų. 2019–2023 m. rapsų plotai svyravo 245,7–340,0 tūkst. ha ribose. Didžiąją rapsų plotų dalį Lietuvoje sudaro žieminiai. Vasarinių rapsų auginama mažai dėl mažesnio derliaus ir iš to gaunamo mažesnio pelno.

1.7. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Apžvelgta mokslinių tyrimų medžiaga rodo, kad, vykdant lauko eksperimentus su skirtingais augalais ir apskaičiavus augimo temperatūrų sumas, reikalingas pasiekti skirtingus vystymosi tarpsnius, galima šiuos duomenis pritaikyti prognozuojant augalų vystymąsi netolimoje ateityje ir taip palengvinti ūkio planavimo darbus. Tačiau, siekiant prognozuoti augalų vystymąsi, reikia suprasti funkcinį ryšį tarp paties augalo augimo, vystymosi ir jį lemiančių veiksnių, ir, norint atskleisti tokį ryšį, reikalingi išsamūs lauko eksperimentai. Lietuvoje tokių tyrimų vis dar trūksta, todėl reikalingi specialūs tyrimai, kurie leistų įvertinti konkrečių augalų vystymosi dinamikos pokyčius ir koregavimo priemonių (ar pataisos koeficientų) poreikį, siekiant padidinti jų taikymo (prognozavimo) tikslumą. Lauko eksperimentus su populiariausiais Lietuvoje auginamais žemės ūkio augalais, t. y. vasariniais augalais (avižomis, kukurūzais, pupomis, vasariniais kviečiais, vasariniais miežiais, žirniais, vasariniais rapsais), planuojama atlikti tris kartus per projekto vykdymo laikotarpį, su žieminiiais augalais (žieminiiais kviečiais ir rapsais) – du kartus (žr. 5 paveikslą). Kadangi augalų augimas ir vystymasis gali smarkiai varijuoti, kai naudojamos skirtingo tipo veislės, tręšimas ar kitos agronominės praktikos, todėl, kasmet planuojant lauko eksperimentus, stengiamasi parinkti kuo įvairesnes augimo ir vystymosi sąlygas.



5 paveikslas. Grafinė projekto koncepcija.

Projekto tikslas ir uždaviniai

Tikslas – sukurti algoritmą, leisiantį, remiantis agroklimatiniais rodikliais, prognozuoti tikslus žemės ūkio augalų vystymosi tarpsnius.

Uždaviniai

1. Suformuoti moksliskai pagrįstą lauko eksperimentą, parenkant reprezentatyvią tyrimų vietovę, skirtingus žemės ūkio augalus ir skirtingo ankstyvumo veisles;
2. Nustatyti augimo temperatūrų (oro ir dirvožemio) sumą, reikalingą pasiekti skirtingus augalų vystymosi tarpsnius pagal BBCH skalę;
3. Matematiškai apskaičiuoti augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajas ir pagal šias priklausomybes sukurti augalų vystymosi tarpsnių prognozavimo algoritmą.

Projekto vykdymo planas

1. Lauko eksperimentų planavimas, parenkant reprezentatyvias vietas, augalus, jų veisles ir auginimo technologijas.
2. Kasmetinis tikslųjų eksperimentų įrengimas, augalų ir dirvožemio matavimai.
3. Lauko eksperimentų vykdymas, periodiškai registruojant skirtingų augalų augimo ir vystymosi tarpsnius.
4. Kasdienių agroklimatinių rodiklių, tokių kaip: oro ir dirvožemio temperatūrų, kritulių ir dirvožemio drėgmės kiekio ir kt., fiksavimas eksperimento metu ir jų vertinimas daugiamečių klimato normų 1991–2020 m. kontekste.
5. Augalų vystymosi tarpsnių prognozavimo prototipinio algoritmo sukūrimas, remiantis daugiamečiais mokslinių tyrimų duomenimis, surinktais 2–4 projekto etapuose.
6. Gautų rezultatų apibendrinimas ir sklaida.

2. Metodika

2.1. Tyrimo vietovė ir eksperimentų bendrosios sąlygos

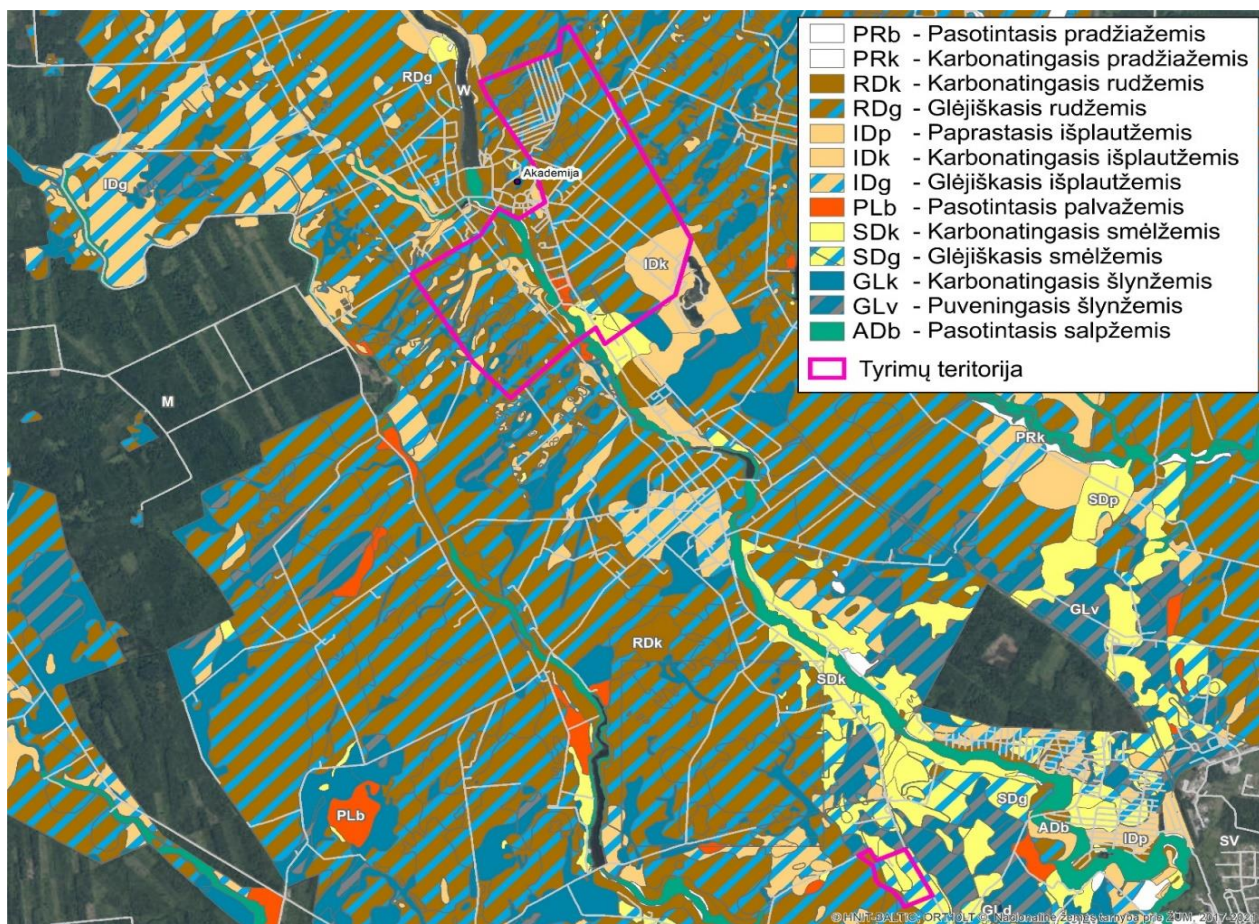
Analizuojant pagrindinių/populiariausių Lietuvoje auginamų žemės ūkio augalų (žr. 1.6. skyrių) augimo ir vystymosi dėsningumus ir siekiant sukurti algoritmo prototipą, leisiantį, remiantis agroklimate rodikliais, prognozuoti tikslus žemės ūkio augalų vystymosi tarpsnius, išsamūs lauko eksperimentai bus atliekami 2023–2025 metais. Lauko eksperimentai su skirtingais augalais (žr. 2.2 skyrių) atliekami LAMMC Žemdirbystės instituto tikslųjų lauko bandymų laukuose, laikantis LAMMC Žemdirbystės institute taikomų lauko eksperimentų atlikimo metodikų. Numatytų tyrimų vietovė, pagal Lietuvos agroklimate rodiklių suskirstymą (Bukantis, 2014), patenka į IID agroklimate zoną (žr. 6 paveikslą).



6 paveikslas. Lietuvos agroklimate rajonavimas. Šaltinis: Bukantis A., 2009. Lietuvos nacionalinis atlasas. Vilnius: Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos.

Ši zona yra Vidurio Lietuvoje ir pasižymi tuo, kad yra šilta ir santykinai sausa, lyginant su kitomis, t. y. I ir III, agroklimate zonomis. Vidutinė metinė oro temperatūra siekia 7,5 °C, o metinis kritulių kiekis – 566 mm (1991–2020 m. standartinė klimato norma). Šilčiausi mėnesiai: liepa (18,6 °C), rugpjūtis (17,8 °C) ir birželis (16,3 °C), šalčiausi: sausis (-3,0 °C), vasaris (-2,6 °C), gruodis (-1,2 °C). Daugiausiai kritulių iškrenta liepos (80 mm), rugpjūčio (66 mm) ir birželio (59 mm) mėnesiais, o mažiausiai – kovą (30 mm), balandį (31 mm) ir vasarį (32 mm). Šioje zonoje augimo temperatūrų suma (2190–2250 °C) viršija Lietuvos vidurkį, o dirvožemyje yra

viena aukščiausių Lietuvoje ir siekia 2400–2500 °C. Pagal drėgmės išteklius vegetacijos laikotarpiu ši zona yra pati sausiausia Lietuvoje. Numatytų tyrimų vietovėje daugiausiai vyrauja karbonatingieji ir glėjiškieji rudžemiai ir karbonatingieji ir glėjiškieji išplautžemiai, kai kur pasitaiko ir karbonatingųjų ir glėjiškųjų smėlžemių ir šlynžemių (žr. 7 paveikslą).



7 paveikslas. Tyrimų vietovėje vyraujantys skirtingi dirvožemio tipologiniai vienetai pagal LTKD-99 klasifikaciją.

2.2. Pasirinkti augalai, jų temperatūrinės ribos ir eksperimentų trukmė

Lauko eksperimentai su vasariniais augalais (avižomis, kukurūzais, pupomis, kviečiais, miežiais, rapsais, žirniais) atlikti 3 kartus, t. y. 2023, 2024 ir 2025 metais, o su žieminiais augalais (kviečiais, miežiais, rugiais ir rapsais) – du kartus, t. y. 2023–2024 metais ir 2024–2025 metais. Kaip yra žinoma, augalų augimui, vystymuisi ir galiausiai produktyvumui turi įtakos daugybė faktorių. Vieni iš jų turi daugiau įtakos, kiti mažiau, todėl, kasmet planuojant lauko eksperimentus, siekta parinkti kuo įvairesnes augalų auginimo sąlygas (agrotechnologijos, tręšimas, veislės ir t. t.). Atsižvelgiant į konkrečių metų LAMMC Žemdirbystės instituto augalų auginimo planus, siekta kiekvieno augalo rūšį nuolat stebėti bent 2 skirtinguose eksperimentuose.

Konkrečių augalo rūšių augimo temperatūrinės ribos, t. y. minimalios temperatūros, optimalios temperatūros ribos ir maksimalios temperatūros reikšmės, kurios naudojamos skaičiuojant augimo temperatūrų sumas, pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Augalų augimą ir vystymąsi lemiančios temperatūrinės ribos (°C).

Augalo pavadinimas	Lotyniškas pavadinimas	Minimali temperatūra	Optimalių temperatūrų ribos	Maksimali temperatūra	Šaltinis
avižos	<i>Avena sativa</i> L.	2	18–26	32	USDA, 1977
kukurūzai	<i>Zea mays</i> L.	8	22–30	35	USDA, 1977
pupos	<i>Vicia faba</i> L.	3–4	24–30	32	Būdvytienė, 1963, Lazauskas 1998
vasariniai kviečiai	<i>Triticum aestivum</i>	0–2	20–25	35	Ali ir kt, 1994
vasariniai miežiai	<i>Hordeum vulgare</i> L.	2	18–28	34	Weikay ir Hunt, 1999
vasariniai rapsai	<i>Brassica napus oleifera</i> L.	5	15–20	30	North Dakota Agricultural weather Network, 2016
žirniai	<i>Pisum sativum</i> L.	4	15–20	30	Schultink ir kt, 1987
žieminiai kviečiai	<i>Triticum aestivum</i>	0	15–21	30–35	USDA, 1977
žieminiai rapsai	<i>Brassica napus</i>	3–5	15–20	30–35	USDA, 1977
žieminiai miežiai	<i>Hordeum vulgare</i> L.	0	16–22	30	USDA, 1977
žieminiai rugiai	<i>Secale cereale</i> L.	0	15–20	30	USDA, 1977

Pastaba: šios temperatūrinės ribos yra tik sąlyginės ir gali svyruoti priklausomai nuo konkrečios augalo veislės ir specifinių aplinkos sąlygų.

2.3. Sėjos laikas ir eksperimentuose taikoma agrotechnika

Avižos – nereiklus nei dirvožemiui, nei prieššėliui augalas. Avižos pasižymi stipria šaknų sistema, ir tai leidžia geriau pasisavinti maisto medžiagas. Avižų sėkloms sudygti reikia daug drėgmės, todėl svarbu nesuvėlinti jų sėjos – sėjama kai tik galima įeiti į dirvą, nes avižos nebijo šalnų iki -5 °C. Rekomenduojama sėti apie 6,0 mln. daigų sėklų į ha., sėklas įterpiant kuo vienodžiau į 3–4 cm gylį. Piktžolių kontrolei pasitelkiami herbicidai, kurie parenkami pagal piktžolių rūšinę sudėtį ir jų dydį pasėlyje. Plintant ligoms ir kenkėjams, panaudojami fungicidai ir insekticidai. Tręšimo lygis parenkamas atsižvelgiant į dirvožemio agrochemines savybes ir planuojamą derlingumą. Derlius nuimamas javams pasiekus pilną brandą. 2023–2025 m. stebėtų avižų lauko eksperimentų detalės pateiktos 1–3 priede.

Kukurūzai sėjami dirvožemio temperatūrai pasiekus 8–10 °C (įprastai gegužės pradžioje), 6–7 cm gylyje įterpus 70 000 ha⁻¹ sėklų (atstumas tarp eilučių – 0,75 m, atstumas tarp augalų – 0,18 m). Trąšos išberiamos rankiniu būdu, po to įterpiamos į dirvožemį priešsėjimo dirvos dirbimo metu. Piktžolės naikinamos vegetacijos pradžioje, panaudojant herbicidą MAISTER OD (norma – 1,7 l ha⁻¹). Kukurūzų derlius nuimamas rankiniu būdu po pirmųjų rudens šalnų (rugsėjo pabaigoje, spalio pradžioje). 2023–2025 m. stebėtų kukurūzų lauko eksperimentų detalės pateiktos 4–6 priede.

Pupos yra vienmečiai augalai, ir sėklos gali pradėti dygti, kai dirvos temperatūra pasiekia 3–4 °C, tačiau, dirvos temperatūrai esant 10–12 °C, pupų sėklos sudygsta per 6–7 dienas. Sudygusios pupos gali pakęsti ir šalnas. Pupų sudygimui reikia daug drėgmės, kaip ir augimui iki žydėjimo pabaigos. Žydėjimo metu formuojasi pagrindinė vegetacinė masė. Bręstant pupų sėkloms, vyraujantis drėgmės stygius sumažina jų derlingumą. Pupos nėra reiklios prieššėliui, tačiau dirvožemis turi būti rišlus, sulaikantis drėgmę, bet pakankamai purus, o pH reakcija siekti 6,0–6,5. Sėklos norma parenkama tokia, kad pasėlyje būtų pasiektas 0,4–0,45 mln./ha augalų tankumas.

Piktžolės pupose naikinamos dirvinio veikimo (išpurškiami po sėjos) ir kontaktiniais (pupoms ir piktžolėms sudygs) herbicidais. Pasėlyje, ligoms ir kenkėjams peržengus žalingumo ribą, galima panaudoti fungicidus ir insekticidus, kurie registruoti naudojimui pupų pasėliuose. 2023–2025 m. stebėtų pupų lauko eksperimentų detalės pateiktos 7–9 priede.

Vasariniai kviečiai iš vasarinių javų yra patys reikliausi. Vasarinius kviečius reikia sėti anksti, kai tik galima pradėti dirbti dirvą pavasarį. Vėliau pasėti vasariniai kviečiai blogiau dygsta ir nesuformuoja tinkamo tankumo pasėlio. Sėjos gylis – 3–5 cm. Pagal pastarųjų metų patirtį, vasarinių kviečių sėją galima suskirstyti į: ankstyvąją sėją – nuo balandžio 1 d. iki balandžio 10 d., tradicinę sėją – nuo balandžio 10 d. iki balandžio 20 d., vėlyvąją sėją – nuo balandžio 20 d. iki balandžio 30 d. Rekomenduojama sėti apie 5,5 mln. daigių sėklų į ha, kad būtų suformuotas pasėlis, turintis apie 600 produktyvių stiebų 1 kv. m. Tręšimo lygis parenkamas atsižvelgiant į dirvožemio agrochemines savybes ir planuojamą derlingumą. Augalų apsaugos produktai – herbicidai, fungicidai ir insekticidai, naudojami pagal poreikį – piktžolėms/ligoms/kenkėjams peržengus žalingumo slenkstį. Vasariniai kviečiai pradedami kulti sulaukus visiškos javų brandos (grūdai tampant kietu). 2023–2025 m. stebėtų vasarinių kviečių lauko eksperimentų detalės pateiktos 10–12 priede.

Vasariniai miežiai yra jautrūs auginimo sąlygoms. Miežiai gerai auga nerūgščiose, geros struktūros nepiktžolėtose dirvose. Miežiai greitai sudygs, jei dirvos temperatūra siekia 3–4 °C. Sėti vasarinius miežius rekomenduojama anksti, geriausiai iki balandžio 25 d., bet negalima dirbti drėgnoje, ypač sunkesnėje dirvoje, kad nebūtų sugadinta dirvos struktūra. Sėjos gylis – 3–5 cm. Giliau pasėjus, miežiai dygsta sunkiai ir juos pralenkia piktžolės. Sėjant optimaliais terminais, sėklos norma – 4–4,5 mln. daigių sėklų į hektarą. Sėją vėlinant, prastėja miežių krūmijimasis, todėl sėklos normą reiktų padidinti. Piktžolių kontrolei, esant poreikiui, pasitelkiami herbicidai, kuriems vasariniai miežiai mažiausiai jautrūs iki krūmijimosi pabaigos. Plintant kenkėjams ir ligoms, naudojami insekticidai ir fungicidai. Derlius pradedamas kulti javams pasiekus visišką brandą. 2023–2025 m. stebėtų vasarinių miežių lauko eksperimentų detalės pateiktos 13–15 priede.

Vasarinių rapsų sėjos laikas priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir dirvožemio granulimetrinės sudėties, pasirinkto žemės dirbimo būdo. Per anksti į šaltą dirvą pasėtos rapsų sėklos gali supūti, o sėją suvėlinus – gali sunkiau dygti dėl drėgmės trūkumo. Lietuvoje vasariniai rapsai dažniausiai sėjami balandžio pabaigoje–gegužės pradžioje. Kad būtų suformuotas optimalus pasėlio tankumas, hibridinių veislių vasarinių rapsų rekomenduojama sėti apie 0,8 mln., linijinių – 1,2 mln. daigių sėklų į hektarą. Vasarinių rapsų sėklos guolis turi būti 2–3 cm gylio, nepriklausomai nuo pasirinkto žemės dirbimo būdo. Viena svarbiausių agrotechninių priemonių yra dirvos dirbimas prieš sėją, nes rapsų sėklos pradeda dygti tik tai sugėrusios 60 % vandens, lyginant su jų svoriu. Todėl rapsų sėklos turi patekti ant sutankinto, bet nesupuolusio, dirvožemio apatinio sluoksnio ir būti užžertos puriu viršutiniu sluoksniu, pro kurį galėtų lengvai prasiskverbti oras ir šiluma. Pagal jautrumą piktžolėms rapsai priskiriami jautriems augalams, ypač ankstyvaisiais vystymosi tarpsniais. Dėl šios priežasties gausiai išplitusias piktžolės labai svarbu kontroliuoti ankstyvaisiais vasarinių rapsų vystymosi tarpsniais – iki 4 lapelių (BBCH 14). Apsaugai nuo ligų ir kenkėjų augalų vegetacijos laikotarpiu naudojami registruoti fungicidai ir insekticidai. 2023 m. ir 2025 m. stebėtų vasarinių rapsų lauko eksperimentų detalės pateiktos 16–17 priede.

Žieminiai kviečiai yra reiklūs augalai. Sėja vykdoma į gerai paruoštą dirvą, o skirtinguose Lietuvos agroklimatiniuose rajonuose sėjos laikas gali skirtis: ankstyvoji sėja – nuo rugsėjo 1 d. iki rugsėjo 10 d., tradicinė sėja – nuo rugsėjo 10 d. iki rugsėjo 20 d., vėlyvoji sėja – nuo rugsėjo 20 d. iki rugsėjo 30 d. Optimaliausias sėjos laikas – rugsėjo 10–25 d. Esant labai palankioms meteorologinėms sąlygoms, sėją galima pavėlinti net iki spalio 10 d. Ankstyvos sėjos žieminis kviečius reikėtų sėti šiek tiek giliau, bet ne giliau nei 5 cm gylyje, o sėjant vėliau – šiek tiek sekliu, bet ne sekliu nei 3 cm. Rekomenduojama sėklos norma skiriasi atsižvelgiant į agroklimatinę šalies zoną: Lietuvos Vidurio zonoje sėti 4,0–4,5 mln. ha⁻¹, Vakarų – 4,5–5,0 mln. ha⁻¹, Rytų – 5,0–5,5 mln. ha⁻¹ daigų sėklų. Planuojant tręšimą, reikia atsižvelgti į dirvožemio agrocheminius rodiklius ir planuojamą derlingumą, nes užauginti vienai tonai kviečių grūdų reikia 23 kg azoto, 20 kg kalio ir 12 kg fosforo. Augalų apsaugos priemonės – herbicidai, augimo reguliatoriai, fungicidai, insekticidai, naudojami esant poreikiui, parenkat produktus iš Lietuvoje leidžiamų naudoti produktų sąrašo. Derliaus nuėmimas pradedamas javams pasiekus pilną brandą – kai grūdas tampa kietas (sunku su nagu įspausti). 2023–2025 m. stebėtų žiemiųjų kviečių lauko eksperimentų detalės pateiktos [21–22 priede](#).

Žieminiai miežiai technologiniu požiūriu yra ankstyviausios brandos migliniai javai Lietuvoje. Žieminiai miežiai dėl savo fiziologinių ypatumų, dėl šiaudo struktūros sugeba sukaupti daugiau maisto medžiagų ir yra atsparesni sausroms, todėl jie yra produktyvesni už vasarinius miežius. Žieminiai miežiai auginami našiuose, nerūgščiuose, gerai drenuotuose dirvožemiuose, nes nėra atsparūs pasėlių užmirkimui. Žieminiai miežiai iš žiemiųjų javų sėjami anksčiausiai – rugpjūčio pabaigoje–rugsėjo pradžioje. Sėklos sėjos norma parenkama tokia, kad pasėlyje sudytų bent 250 – 280 sėklų viename kvadratiname metre. Sėjos gylis – 3–5 cm. Žieminis miežius rekomenduojama tręšti N₁₅₀ P₈₀ K₁₂₀ trąšų norma, kad galima būtų išauginti 8 t ha⁻¹ derlių. Planuojant tręšimą, reikia atsižvelgti į dirvožemio agrocheminius rodiklius ir planuojamą derlingumą, nes užauginti vienai tonai žiemiųjų miežių grūdų reikia apie 22 kg azoto, 10 kg fosforo ir 18 kg kalio. Augalų apsaugos priemonės – herbicidai, augimo reguliatoriai, fungicidai, insekticidai, naudojami esant poreikiui, parenkat produktus iš Lietuvoje leidžiamų naudoti produktų sąrašo. Derliaus nuėmimas pradedamas javams pasiekus pilną brandą – kai grūdas tampa kietas (sunku su nagu įspausti). 2023–2025 m. stebėtų žiemiųjų miežių lauko eksperimentų detalės pateiktos [23–24 priede](#).

Žieminiai rapsai sėjami 2–3 cm gylyje, nepriklausomai nuo pasirinkto žemės dirbimo būdo. Viena svarbiausių agrotechnikos priemonių yra dirvos dirbimas prieš žiemiųjų rapsų sėją, nes rapsų sėklos pradeda dygti tik tai sugėrusios 60 % vandens, lyginant su jų svoriu. Kalbant apie sėjos laiką, dažnai išskiriami šie laikotarpiai: ankstyvoji sėja – nuo rugpjūčio 1 d. iki rugpjūčio 10 d., tradicinė sėja – nuo rugpjūčio 10 d. iki rugpjūčio 20 d., vėlyvoji sėja – nuo rugpjūčio 20 d. iki rugpjūčio 30 d. Optimaliam pasėlio tankumui pasiekti hibridinių veislių žiemiųjų rapsų rekomenduojama sėti apie 0,5 mln., linijinių – 0,7 mln. daigų sėklų. Trąšų norma parenkama pagal žemės našumą ir planuojamą gauti derlingumą, nes vienai tonai žiemiųjų rapsų užauginti reikia apie 60 kg azoto, 24 fosforo, 50 kg kalio, 10–15 kg magnio, 16–40 kg sieros į hektarą. Pagal jautrumą piktžolėms rapsai priskiriami jautriems augalams, ypač ankstyvaisiais jų vystymosi tarpsniais. Vėlesniais tarpsniais jų konkurencingumas didėja. Herbicidų parinkimas žiemiųjų rapsų pasėlyje priklauso nuo piktžolių rūšinės sudėties, priešsėlio, žemės

dirbimo technologijos, sėjos laiko, dirvožemio granulimetrinės sudėties, meteorologinių sąlygų ir piktžolių gausumo lygio. Herbicidai ir kiti augalų apsaugos produktai – insekticidai ir fungicidai, parenkami pagal poreikį iš leidžiamų naudoti Lietuvoje registruotų produktų sąrašo. 2023–2025 m. stebėtų žieminių rapsų lauko eksperimentų detalės pateiktos 25–26 priede.

Žieminiai rugiai lyginant su kitais žieminais javais, yra daug atsparesni šalnums ir sausroms. Jų šaknų sistema labai stipri, todėl šie augalai geba puikiai pasisavinti maisto medžiagas, jie geriausiai iš žieminių javų dera lengvuose, mažesnio našumo dirvožemiuose, nors dėl to būna prastesni jų kokybė ir derlingumas. Žieminiai rugiai yra atsparesni ligoms, o ir juos pažeidžiančių ligų spektras yra mažesnis, palyginus su kviečiais ir kvietrugiais. Šie javai gerai konkuruoja su piktžolėmis, todėl atsiranda galimybė riboti cheminę augalų apsaugą darant kuo mažesnę neigiamą poveikį aplinkai. Žieminiai rugiai yra mažiau reiklūs dirvai, pakenčia rūgštesnius dirvožemius, todėl dažniau sėjami lengvesniuose, smėlinguose dirvožemiuose. Tačiau derlingesniuose, labiau įtręstuose ir sukultūrintuose dirvožemiuose gaunamas didesnis derlius. Lengvuose dirvožemiuose geri žieminių rugių priešėliai yra pašarui auginami pupiniai augalai arba jų mišiniai su migliniais, o rugius sėjant priemoliuose – dobilai, pupinių augalų mišiniai, ankstyvosios bulvės. Žieminiai rugiai geriau auga ir gausiau dera taikant klasikinį žemės dirbimą. Optimalus žieminių rugių sėjos gylis yra 2–4 cm, sėjos norma – 4–5 mln/ha daigų sėklų. Žieminius rugius svarbu laiku pasėti, nes iki žiemojimo pradžios jie turi gerai išsisknyti, spėti išsikrūmyti ir suformuoti ūglius, iš kurių pavasarį išaugs produktyvūs stiebai. Kitaip nei žieminiai kviečiai, rugiai pavasarį nebetęsia krūmijimosi, todėl optimalus sėjos laikas yra pirmoji rugsėjo pusė. Žieminių rugių tręšimo planas sudaromas siekiamam derlingumui, atsižvelgiant į tai, kad vienai tonai grūdų užauginti reikia 21 kg azoto (N), 10 kg kalio (K_2O) ir 25 kg fosforo (P_2O_5). Fosforo ir kalio trąšos išberiamos prieš sėją ir įterpiamos paskutinio purenimo metu. Azoto trąšos išberiamos pavasarį, atsinaujinus vegetacijai, papildomų tręšimų metu – iki augalų vamzdelėjimo tarpsnio. Vėlesnis tręšimas derliui dažniausiai neturi įtakos. Augalų apsaugos priemonės – herbicidai, augimo reguliatoriai, fungicidai, insekticidai žieminių rugių pasėlyje naudojami esant poreikiui, parenkat produktus iš Lietuvoje leidžiamų naudoti produktų sąrašo. Derliaus nuėmimas pradedamas javams pasiekus pilnąją brandą. 2023–2025 m. stebėtų žieminių rugių lauko eksperimentų detalės pateiktos 27–28 priede.

Žirniai yra vienmečiai pupiniai augalai. Pagrindinė žirnių šaknis – liemeninė, tačiau gerai išvystytos ir šoninės šaknys, kurių didžioji dalis driekiasi 20–40 cm gylyje. Ant jų susiformuoja gumbelinės bakterijos, fiksuojančios azotą iš atmosferos, reikalingą augalų augimo procesams. Dirva pradedama ruošti sėjai, kai tik galima įvažiuoti į laukus. Ji išpurenama 5–8 cm gylyje, siekiant išlyginti žemės paviršių, sušildyti. Žirnių sėklų norma yra 1,0–1,2 mln./ha daigų sėklų. Žirnius galima pradėti sėti, kai žemė sėjos gylyje (4–6 cm) yra įšilusi iki +7–8 °C. Sudygę augalai yra atsparūs pavasarinėms šalnums iki -4–6 °C. Tręšimo intensyvumas parenkamas pagal planuojamą pasiekti derlingumą: tonai žirnių grūdų ir atitinkamam šiaudų derliui užauginti reikia 45–60 kg azoto, 17–20 kg fosforo ir 35–40 kg kalio. Beveik 65–80 % šio azoto gaunama iš gumbelinių bakterijų. Augalų apsaugos produktai naudojami pagal poreikį. Žirniai ankstyvuose augimo tarpsniuose pasižymi žemu konkurencingumu prieš piktžoles, todėl rekomenduojama naudoti dirvinius po sėjos, iki žirnių sudygimo. 2023–2025 m. stebėtų žirnių lauko eksperimentų detalės pateiktos 18–20 priede.

2.4. Augalų augimo ir vystymosi periodiniai matavimai

Šiame tyrime pasirinktų populiariausių/pagrindinių Lietuvos žemės ūkio augalų vystymosi tarpsniai nustatomi pagal *BBCH scale* metodiką (Meier, 2018), kurioje pagrindiniai vystymosi tarpsniai skirstomi į vegetatyvinius ir reprodukcinis periodus. Tarpsniai registruojami, kai daugiau nei 50 % augalų stebėjimo laukeliuose pasiekia konkretų vystymosi tarpsnį. Matavimų dažnumas – ne rečiau nei 2 kartus per savaitę. Augalams pasiekus fiziologinę brandą (97–99 BBCH tarpsnis), paimami ėminiai grūdų derliui nustatyti.

2.5. Dirvožemio rodiklių matavimai

2.5.1. Dirvožemio drėgmės ir temperatūros matavimai

Dirvožemio temperatūros ($^{\circ}\text{C}$) ir drėgmės (cm^3/cm^3) matavimai atliekami kas valandą, matavimams naudojant *SoilNet* nuotoliniu būdu valdomą įrangą. Siekiant suvienodinti surinktus duomenis su meteorologiniais duomenimis, vėlesniuose skaičiavimuose *SoilNet* temperatūros ir drėgmės duomenys perskaičiuoti į vidutinės konkrečios dienos reikšmes. Siekiant, kad dirvožemio temperatūriniai ir drėgmės pokyčiai atspindėtų realias tyrimų vietovės sąlygas, *SoilNet* įranga įdiegta 2 kontrastinguose savo granuliometrine sudėtimi dirvožemiuose, t. y. pasotintame paprastajame smėlžemyje (55.331035, 23.915939) ir stagniškame išplautžemyje (55.388802, 23.866201). Abiejuose dirvožemio profiluose *SoilNet* įranga įdiegta į 5 skirtingus dirvožemio genetinius horizontus, t. y. 15 cm, 30 cm, 40 cm, 60 cm ir 110 cm gylyje (žr. 8 paveikslą). Stagniškame išplautžemyje įranga numatyta naudoti nepertraukiamai viso projekto metu, o paprastajame smėlžemyje tik vasarinių augalų auginimo metu.



8 paveikslas. Stagniškame išplautžemyje įdiegta *SoilNet* temperatūros ir drėgmės įranga.

2.6. Meteorologinės sąlygos

Kasdieniniai meteorologiniai duomenys, t. y. maksimali, minimali ir vidutinė temperatūra, kritulių kiekis, santykinis drėgnumas, vėjo greitis, saulės spindėjimo laikas, gauti iš Dotnuvos meteorologijos stoties, kuri priklauso Lietuvos hidrometeorologijos tarnybai prie Aplinkos ministerijos. Tyrimų metu gauti meteorologiniai duomenys lyginami su 30-ies metų (1991–2020 m.) standartinės klimato normos vidurkiu (toliau – SKN). Palyginus šiuos duomenis, metai ar tam tikri periodai (svarbūs augalams) skirstomi į vėsius, normalius ar šiltus periodus.

2.7. Standartizuotas kritulių indeksas (SPI)

Augalų vegetacijos mėnesinių periodų drėgmės sąlygoms apibūdinti naudojamas standartizuotas kritulių indeksas (angl. *standardized precipitation index – SPI*). Norint apskaičiuoti šį indeksą, reikalingi daugiamečiai (mažiausiai 30-ies metų) kritulių mėnesiniai duomenys (McKee ir kt., 1993). Šie duomenys gauti iš Dotnuvos meteorologijos stoties (žr. 2.6 skyrių). Apskaičiavus SPI indeksą, augalų vegetacijos drėgmės sąlygos suskirstomos į: sausringą periodą ($SPI > -1$), optimalų periodą ($SPI = -0,99 - 0,99$) ir drėgną periodą ($SPI > 1$).

2.8. Augimo temperatūrų sumos skaičiavimai

Augimo temperatūrų suma (čia ir toliau – GDD), reikalinga skirtingų augalų (žr. 2.2 skyrių) konkrečiam vystymosi tarpsniui pasiekti, apskaičiuota dienos žingsniu, tam panaudojant gautus eksperimentinius (žr. 2.4 ir 2.5.1 skyrius) ir meteorologinius duomenis (žr. 2.6 skyrių) pagal metodiką, kurią pateikė Raes ir kt. (2018). Kadangi lauko eksperimentuose kasmet tiriami skirtingi augalai (kukurūzai, pupos, žirniai ir kt.) ir jų vegetacijos sezonas turi skirtingas sėjos ir derliaus nuėmimo datas, todėl GDD kiekvienai augalo rūšiai apskaičiuojama atskirai. Esant poreikiui, į skaičiavimus įtraukiami ir pataisos koeficientai (žr. 2.7 skyrių). Augimo temperatūrų suma apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$T_{vid} = \left(\frac{T_{maks} + T_{min}}{2} \right)$$

$$GDD = T_{vid} - T_{zem}$$

$$\text{Jeigu } T_{vid} < T_{zem}, \text{ tada } GDD = 0$$

$$\text{arba } T_{vid} > T_{max}, \text{ tada } GDD = 0$$

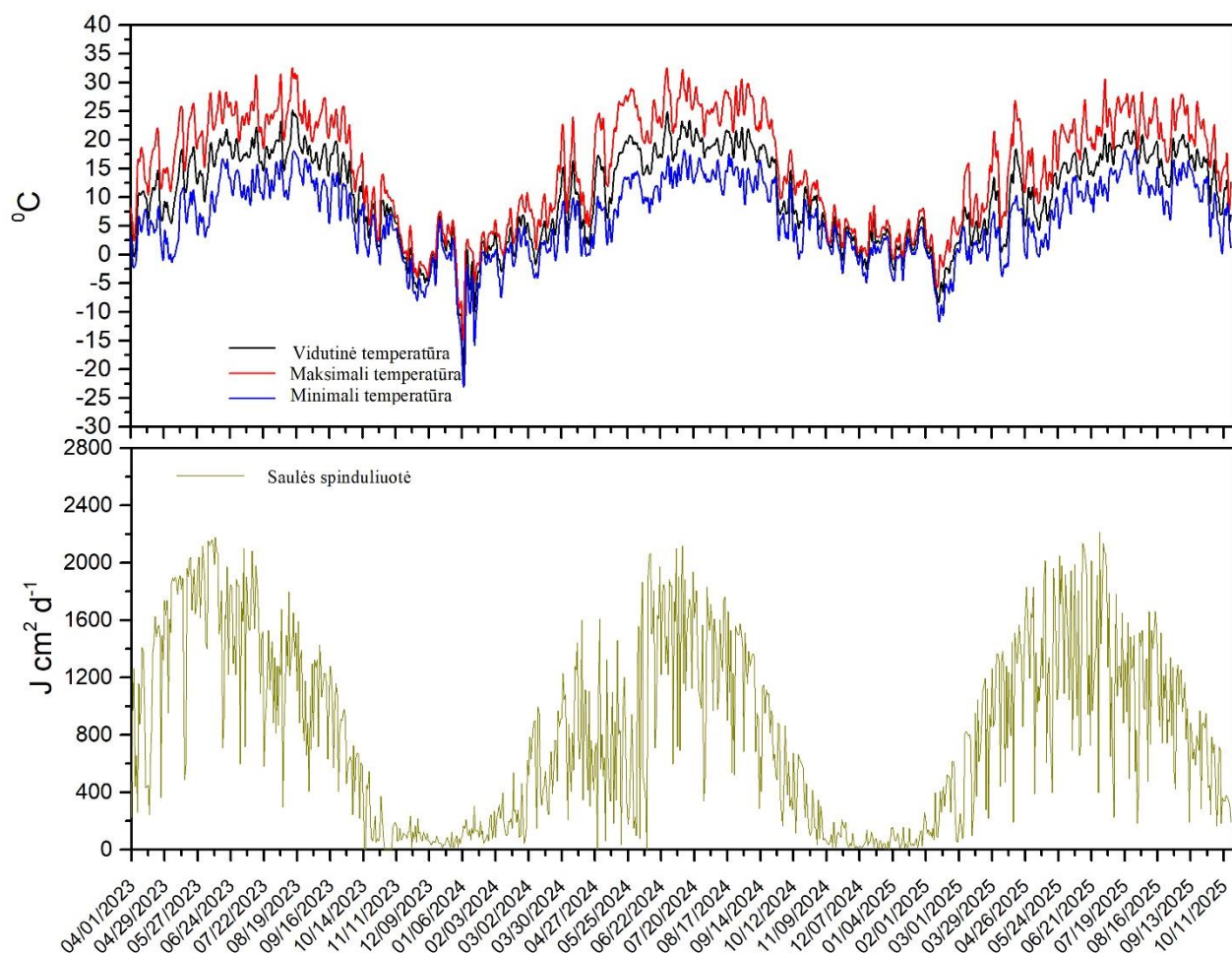
kai T_{vid} – vidutinė dienos oro temperatūra, kuri apskaičiuojama panaudojus T_{maks} – maksimalios temperatūros ir T_{min} – minimalios dienos temperatūrų reikšmes.

T_{zem} – žemutinė arba minimali augalo temperatūra, pasiekus šią ribą, augalas nustoja augti ir vystytis. T_{max} – maksimali temperatūra, viršijus šią ribą, vystymasis sparčiai mažėja ar net visai sustoja. Augimo temperatūrų suma apskaičiuota kiekvienai augalo rūšiai. Identiški skaičiavimai, t. y. pasitelkus tą pačią formulę, atliekami naudojant dirvožemio temperatūrų duomenis.

3. Rezultatai

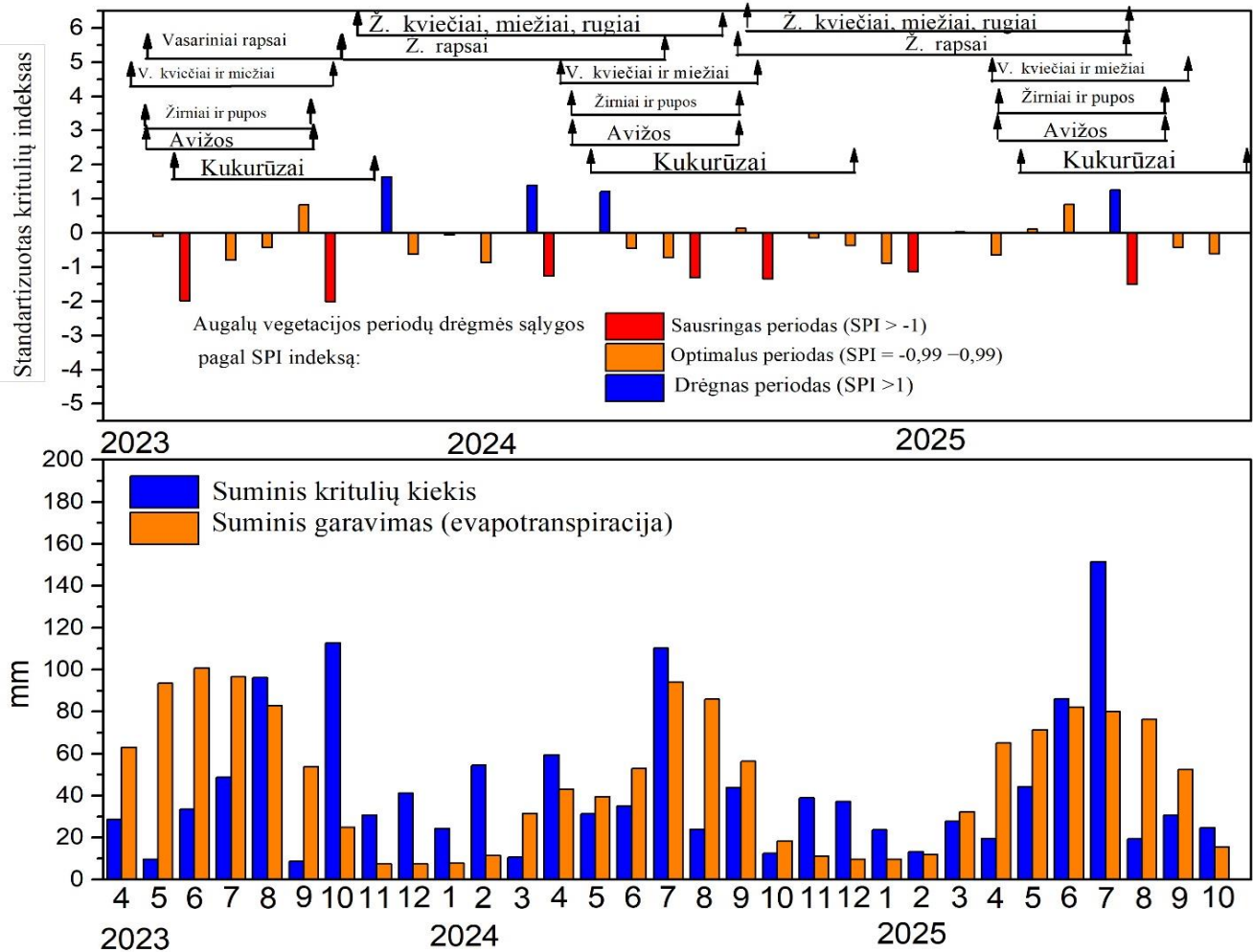
3.1. Aplinkos sąlygos ir derlius

2023 m. pavasaris buvo šiltas ir gana palankus daugelio augalų sėjai. Balandžio mėn. vidutinė oro temperatūra siekė 8,3 °C arba 0,8 °C aukščiau nei daugiametė (1991–2020 m.) klimato norma, gegužės mėn. oro temperatūra siekė 12,7 °C ir tai beveik atitiko daugiametę normą (žr. 9 paveikslą).



9 paveikslas. Vidutinė, maksimali, minimali oro temperatūra (°C) ir saulės spinduliuotė (J cm² d⁻¹), fiksuota 2023 04 01 – 2025 10 20 laikotarpiu.

Per balandžio mėn. iškrito tik 28,7 mm (suminis garavimas siekė 63,00 mm) kritulių, o per gegužės mėnesį – tik 9,6 mm (suminis garavimas – 93,50 mm), nors balandžio mėn. augalams drėgmės dar užteko, tačiau gegužę jau pradėjo jos stigti (žr. 10 paveikslą), todėl dalies augalų dygimo periodas (iki BBCH09) buvo lėtesnis nei įprastai. 2023 m. pavėluotai pasėti javai, pavyzdžiui, avižos, dygo ilgai, o sudygęs pasėlis buvo netolygus.



10 paveikslas. Standartizuoto kritulių indekso (SPI) reikšmių kaita tyrimų laikotarpiu (viršuje); iškritusių kritulių kiekis ir suminis garavimas kiekvieną tyrimų mėnesį (apačioje).

Birželis ir liepa, temperatūros ir drėgmės atžvilgiu, buvo panašūs, t. y. vidutinė oro temperatūra birželį siekė 17,4 °C (SKN – 16,3 °C), o liepą – 17,7 °C (SKN – 18,6 °C). Per birželį iškrito 33,6 mm kritulių (suminis garavimas siekė 100,7 mm), o per liepą šiek tiek daugiau – 48,7 mm (suminis garavimas – 96,6 mm). Galima teigti, kad šis sausringas periodas turėjo įtakos ir augalų augimui ir vystymuisi, nes eksperimentuose pastebėta, kad augalai augo netolygiai, t. y. kai buvo fiksuojamas tam tikras augimo tarpsnis (kuomet jį pasiekė 50 % augalų), kita dalis augalų buvo pasiekusi jau aukštesnę arba žemesnę BBCH tarpsnį, kas optimaliomis meteorologinėmis sąlygomis nėra būdinga. Taip pat pastebėta, kad kai kurių veislių javai vystėsi neįprastai, pvz., vasarinių miežių veislė Kirsna DS ekologinėje sėjomainoje vystėsi kaip vėlyva veislė, nors tai yra vidutinio ankstyvumo veislė. Vasaros pabaiga ir rudens pradžia buvo gerokai šiltesnė nei įprastai: rugpjūčio mėn. vidutinė oro temperatūra siekė 19,9 °C (SKN – 17,8 °C), rugsėjo mėn. – 16,7 °C, tai yra net 3,8 °C aukščiau už SKN, spalio mėn. vidutinė temperatūra siekė 8,0 °C (SKN – 7,2 °C). Rugsėjį gausiau palijo ir iškritusių kritulių kiekis (96,2 mm) viršijo suminį garavimą (82,7 mm). Rugsėję priešingai – iškrito tik 8,6 mm kritulių (suminis garavimas – 53,7 mm), tačiau augalams drėgmės netruko. Spalis buvo labai lietingas, nes iškrito net 112,8 mm kritulių – maždaug 4 kartus

daugiau nei SKN (24,8 mm). Galima teigti, kad antroji sezono pusė, kuri buvo šilta ir pakankamai drėgna, buvo palanki kai kuriems augalams, pvz., kukurūzams.

2023 m. stebėtuose lauko eksperimentuose su vasariniais augalais gautas derlius, t. y. tarp visų stebėtų sėjomainų (ekologinės, tradicinės) ir skirtingų veislių, svyravo šiose ribose: avižų – 0,68–1,92 t ha⁻¹, kukurūzų – 6,2–9,2 t ha⁻¹, pupų – 1,12–1,73 t ha⁻¹, vasarinių kviečių – 3,02–5,24 t ha⁻¹, vasarinių miežių – 2,61–3,62 t ha⁻¹, vasarinių rapsų – 1,05–1,38 t ha⁻¹, žirnių – 0,92–2,56 t ha⁻¹.

Žieminių augalų žiemojimo laikotarpis prasidėjo maždaug 2023 m. lapkričio 14 d., kai vidutinė oro temperatūra pasiekė 3 °C, o vėliau dar sumažėjo ir tapo neigiama. Žieminių augalų vegetacija atsinaujino maždaug 2024 m. kovo 15 d., kai vidutinė oro temperatūra pakilo iki ≈5 °C ir toliau didėjo. 2024 m. pavasaris buvo labai šiltas ir palankus augalų sėjai. Balandžio mėnesio vidutinė oro temperatūra siekė 8,6 °C, tai yra 1,1 °C daugiau nei daugiametė (1991–2020 m.) klimato norma, o gegužės mėnesio vidutinė oro temperatūra siekė 15,5 °C, tai buvo net 2,6 °C aukščiau nei daugiametė norma (žr. 5 paveikslą). 2024 m. balandžio mėnesį iškrito 59,4 mm kritulių, o suminis garavimas sudarė 72,4 % arba 43,0 mm, todėl augalams drėgmės pakako. Paskutinį pavasario mėnesį iškrito 31,2 mm kritulių, tai buvo trečdaliu mažiau nei daugiametis vidurkis (46 mm). Taip pat pažymėtina, kad gegužės mėnesį suminis garavimas jau viršijo iškritusių kritulių kiekį (žr. 10 paveikslą). 2024 m. vasara, temperatūros požiūriu, buvo šiltesnė nei 2023 m. Pavyzdžiui, 2024 m. vidutinė oro temperatūra birželį siekė 17,9 °C (SKN – 16,3 °C), liepą – 20,0 °C (SKN – 18,6 °C), o rugpjūtį – 19,5 °C (SKN – 17,8 °C). Kritulių kiekis 2024 m. vasarą buvo nevienodas: birželį iškrito tik 35,1 mm kritulių, sudarant 59 % daugiametės normos (SKN – 59 mm), o liepą kritulių kiekis padidėjo iki 110,2 mm, kas sudarė net 137 % daugiametės normos (SKN – 80 mm). Svarbu pabrėžti, kad net 55,7 mm kritulių iškrito per vieną dieną – liepos 29 d., todėl daugumai vasarinių augalų tai neturėjo teigiamos įtakos, nes kai kurių augalų derlius jau buvo nuimtas (pavyzdžiui, žirnių) arba netrukus turėjo būti nuimtas (pavyzdžiui, pupų). Rugpjūtį iškrito tik 23,8 mm kritulių, sudarančių 36,6 % daugiametės normos. Be to, rugpjūtį suminis garavimas siekė 86,0 mm, todėl kai kuriems ilgesnės vegetacijos augalams, tokiems kaip kukurūzai, pradėjo trūkti drėgmės. 2024 m. rudens pradžia buvo šiltesnė nei 2023 m. Rugsėjo mėnesį vidutinė oro temperatūra siekė 17,2 °C, tai buvo net 4,3 °C aukščiau nei daugiametis vidurkis. Rugsėjo mėnesį iškrito 43,9 mm kritulių, atitinkančių daugiametį vidurkį.

2023–2024 m. stebėtuose lauko eksperimentuose su žieminiiais augalais gautas derlius, atsižvelgiant į skirtingas sėjomainas (ekologines ir tradicines) bei veisles, svyravo šiose ribose: žieminių kviečių – 3,3–9,1 t ha⁻¹, žieminių miežių – 6,5–9,3 t ha⁻¹, žieminių rapsų – 3,1–3,9 t ha⁻¹, žieminių rugių – 5,9–7,5 t ha⁻¹. 2024 m. vasarinių augalų derlius buvo toks: avižų – 0,78–2,11 t ha⁻¹, kukurūzų – 7,1–9,4 t ha⁻¹, pupų – 1,07–1,89 t ha⁻¹, vasarinių kviečių – 3,1–4,9 t ha⁻¹, vasarinių miežių – 2,2–4,9 t ha⁻¹, žirnių – 2,0–3,3 t ha⁻¹.

Žieminiai augalai sėti 2024 m. rugpjūčio–rugsėjo mėnesiais, kai šiltas ruduo sudarė palankias sąlygas sėklų sudygimui ir augalų įsitvirtinimui dirvoje. Spalis taip pat buvo šiltas – vidutinė oro temperatūra siekė 8,5 °C, t. y. 1,3 °C aukščiau už SKN, tačiau mėnuo pasižymėjo sausomis sąlygomis – iškrito vos 21,8 mm kritulių. Žiemojimo laikotarpis prasidėjo maždaug 2024 m. lapkričio 20 d., kai vidutinė oro temperatūra nukrito iki 4 °C ir

toliau kasdien mažėjo. Žieminių augalų vegetacija atsinaujino 2025 m. kovo viduryje (apie kovo 16 d.), kai vidutinė oro temperatūra pakilo iki maždaug 6 °C ir toliau nuosekliai didėjo. 2025 m. balandis buvo šiltas – vidutinė mėnesio oro temperatūra siekė 9,1 °C (tai 1,6 °C daugiau nei SKN), tačiau mėnuo buvo sausas – iškrito iki 20 mm kritulių. Pavasario pabaigoje ir didžiąją vasaros dalį oro temperatūra buvo žemesnė už daugiamečių vidurkį. Gegužę vidutinė oro temperatūra siekė 10,3 °C (tai 2,6 °C žemiau SKN), birželį – 15,5 °C (0,8 °C žemiau SKN), liepą – 19,0 °C (atitiko SKN), o rugpjūtį vėl fiksuota 1,3 °C žemesnė nei įprasta temperatūra, siekusi vidutiniškai 16,5 °C. Rugsėjis išsiskyrė šiltesnėmis sąlygomis – vidutinė temperatūra siekė 15,5 °C, t. y. viršijo daugiamečių vidurkį. Kritulių kiekis tarp mėnesių buvo nevienodas, tačiau bendrai 2025 m. sezonas buvo drėgnesnis nei 2023 ir 2024 m. Gegužės mėnesį iškrito 44,1 mm kritulių, kas beveik atitiko SKN, tačiau birželį kritulių kiekis padidėjo iki 86,1 mm (145 % SKN), o liepą iškrito net 151,5 mm kritulių, t. y. 189 % daugiamečių normos, bet didžioji dalis kritulių iškrito per kelias dienas. Rugpjūtis buvo gerokai sausesnis – tik 19,3 mm, o rugsėji iškrito 30,7 mm kritulių. Apibendrinant galima teigti, kad 2024/2025 metų vegetacijos sezonas buvo šiltas rudens pradžioje, su švelnia žiema, vėsesne vasara ir pertekliniu drėgmės kiekiu vasaros viduryje, kas turėjo įtakos tiek augalų augimo dinamikai, tiek derliaus formavimuisi.

2024–2025 m. vegetacijos sezono metu lauko eksperimentuose, kuriuose auginti žieminiai ir vasariniai augalai, derlingumas kito priklausomai nuo sėjomainos tipo (ekologinės ar tradicinės sistemos) ir pasirinktų auginti veislių. Žieminių augalų derlius variavo priklausomai nuo auginimo intensyvumo šiose ribose: žieminių kviečių – 3,2–8,0 t ha⁻¹, žieminių miežių – 7,0–8,6 t ha⁻¹, žieminių rapsų – 2,7–3,1 t ha⁻¹, žieminių rugių – 4,0–5,0 t ha⁻¹. 2025 m. vasarinių augalų derlius taip pat pasižymėjo didele variacija, priklausomai nuo meteorologinių sąlygų, dirvožemio savybių ir tręšimo strategijų. Avižų derlius siekė 1,8–3,9 t ha⁻¹, kukurūzų – 8,0–9,7 t ha⁻¹, pupų – 1,0–2,1 t ha⁻¹, vasarinių kviečių – 3,3–4,5 t ha⁻¹, vasarinių miežių – 1,0–4,6 t ha⁻¹, o žirnių – 2,2–4,1 t ha⁻¹.

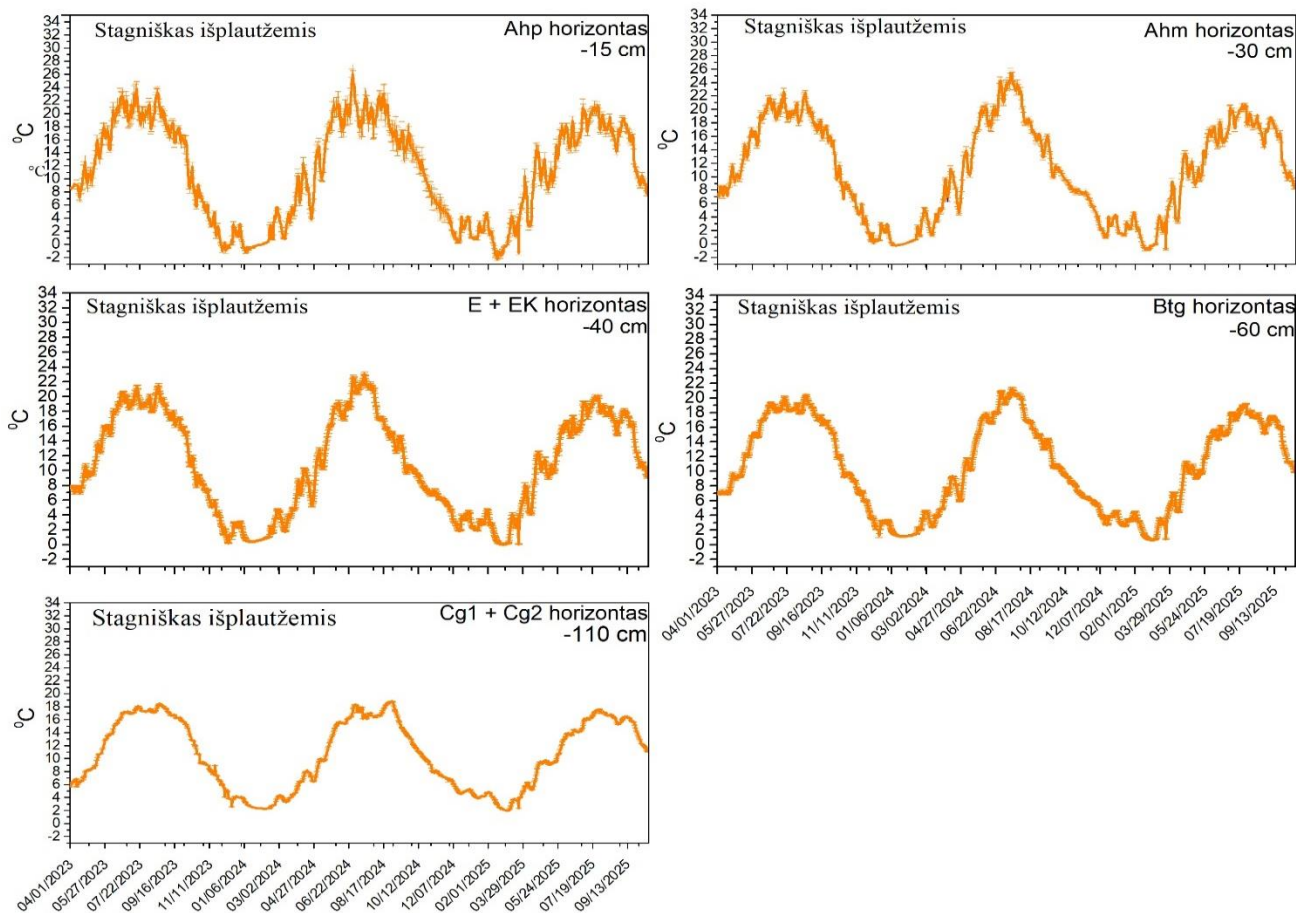
3.2. Dirvožemio temperatūros pokyčiai

2023 m. vasarinių augalų vegetacijos metu, t. y. nuo balandžio iki spalio mėn., stagniškame išplautžemyje dirvožemio temperatūra viršutiniame Ahp horizonte svyravo 7,2–23,8 °C, Ahm horizonte – 7,1–22,6 °C, E + EK horizonte – 6,9–21,5 °C, Btg horizonte – 6,8–20,4 °C ir Cg1 + Cg2 horizonte – 5,7–18,5 °C (žr. 11 paveikslą).

Žieminių augalų žiemojimo laikotarpiu (2023 m. lapkričio 14 d. – 2024 m. kovo 14 d.) vidutinė dienos dirvožemio temperatūra 15 cm gylyje svyravo nuo -1,2 iki 4,6 °C, 30 cm gylyje – nuo 0,3 iki 6,9 °C, 40 cm gylyje – nuo 0,2 iki 6,1 °C, 60 cm gylyje – nuo 1,1 iki 7,3 °C, o 110 cm gylyje – nuo 2,3 iki 8,9 °C.

2024 m. nuo augalų sėjos balandžio mėnesį vidutinė dirvožemio temperatūra pradėjo kilti. Ahp horizonte balandį vidutinė temperatūra siekė 8,6 °C, gegužę – 15,7 °C, birželį – 20,7 °C, liepą – 20,1 °C, rugpjūtį – 20 °C, rugsėji – 15,9 °C. Ahm horizonte balandį – 8,3 °C, gegužę – 14,8 °C, birželį – 19,8 °C, liepą – 23,4 °C, rugpjūtį – 17,8 °C, rugsėji – 13,1 °C. E + EK horizonte balandį – 8,0 °C, gegužę – 13,9 °C, birželį – 18,9 °C, liepą – 21,5 °C, rugpjūtį – 16,7 °C, rugsėji – 12,3 °C. Btg horizonte balandį – 7,7 °C, gegužę – 12,8 °C, birželį – 17,8 °C, liepą – 20,3 °C, rugpjūtį – 16,6 °C, rugsėji – 12,6 °C. Cg1 + Cg2 horizonte balandį – 7,1 °C, gegužę – 11,0 °C, birželį – 15,9 °C, liepą – 17,1 °C, rugpjūtį – 17,5 °C, rugsėji – 15,2 °C.

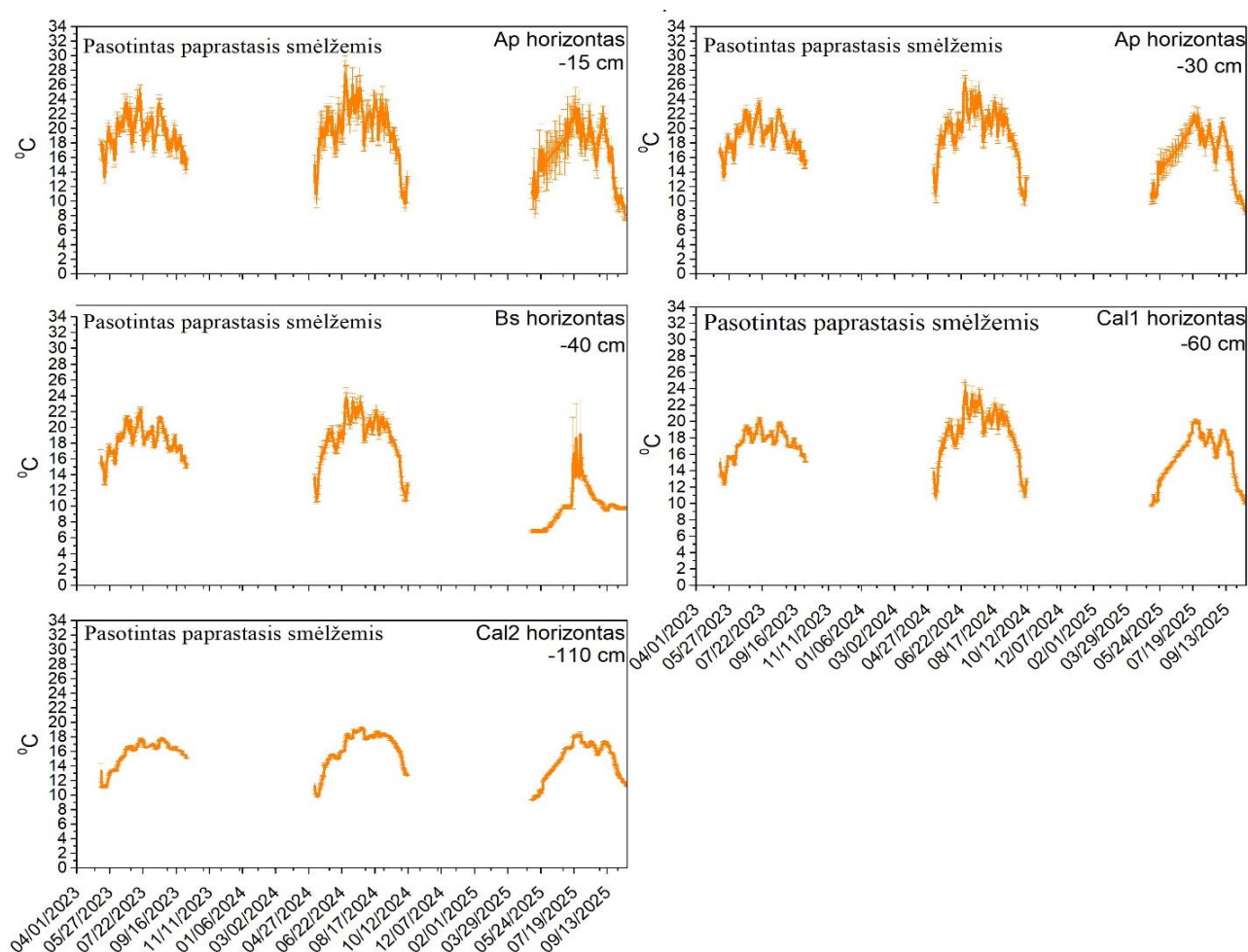
2024 m. spalio – 2025 m. spalio laikotarpiu, apimančių tiek žieminių, tiek vasarinių augalų vegetaciją, dirvožemio temperatūra skirtinguose horizontuose kito taip: Ahp horizonte 2024 m. spalį buvo 11,80 °C, lapkritį – 5,83 °C, gruodį – 2,20 °C, 2025 m. sausį – 2,25 °C, vasarį – -0,23 °C, kovą – 3,08 °C, balandį – 9,10 °C, gegužę – 12,17 °C, birželį – 16,45 °C, liepą – 19,70 °C, rugpjūtį – 17,38 °C, rugsėjį – 15,95 °C, o spalį – 9,28 °C. Ahm horizonte spalį temperatūra siekė 9,16 °C, lapkritį – 6,75 °C, gruodį – 2,69 °C, sausį – 2,56 °C, vasarį – 0,47 °C, kovą – 2,88 °C, balandį – 8,77 °C, gegužę – 11,83 °C, birželį – 16,17 °C, liepą – 19,31 °C, rugpjūtį – 17,36 °C, rugsėjį – 16,02 °C, o spalį – 9,71 °C. E+EK horizonte 2024 m. spalį temperatūra buvo 8,52 °C, lapkritį – 6,31 °C, gruodį – 3,34 °C, sausį – 3,02 °C, vasarį – 1,23 °C, kovą – 2,93 °C, balandį – 8,36 °C, gegužę – 11,38 °C, birželį – 15,74 °C, liepą – 18,77 °C, rugpjūtį – 17,27 °C, rugsėjį – 16,06 °C, o spalį – 10,32 °C. Btg horizonte spalį temperatūra siekė 9,04 °C, lapkritį – 6,34 °C, gruodį – 3,95 °C, sausį – 3,40 °C, vasarį – 1,92 °C, kovą – 2,92 °C, balandį – 7,80 °C, gegužę – 10,80 °C, birželį – 15,08 °C, liepą – 17,95 °C, rugpjūtį – 17,03 °C, rugsėjį – 15,98 °C, o spalį – 10,99 °C. Cg1+Cg2 horizonte 2024 m. spalį buvo 10,78 °C, lapkritį – 7,60 °C, gruodį – 5,42 °C, sausį – 4,41 °C, vasarį – 3,31 °C, kovą – 3,33 °C, balandį – 7,03 °C, gegužę – 9,90 °C, birželį – 13,79 °C, liepą – 16,37 °C, rugpjūtį – 16,49 °C, rugsėjį – 15,70 °C, o spalį – 12,13 °C.



11 paveikslas. Dirvožemio temperatūros variacija stagniško išplautžemio pagrindiniuose genetiniuose horizontuose 2023–2025 metais.

Dirvožemio temperatūros variacija pasotintame paprastame smėlžemyje buvo ganėtinai panaši kaip ir stagniškame išplautžemyje, tačiau svarbu paminėti, kad 2023 m. SoitNet šiame dirvožemyje instaliuota 1 mėn. vėliau. Be to, įranga naudota tik vasarinių augalų auginimo sezono metu, t. y. 2023–2025 m.

Gauti rezultatai parodė, kad 2023 m. ariamajame Ap horizonte dirvožemio temperatūra svyravo nuo 13,2 iki 24,8 °C, Ap horizonte – nuo 13,2 iki 23,5 °C, o gilesniuose sluoksniuose: Bs horizonte – nuo 12,9 iki 22,2 °C, Cal1 horizonte – nuo 12,3 iki 20,4 °C ir Cal2 horizonte – nuo 11 iki 17,8 °C (žr. 12 paveikslą). 2024 m. Ap horizonte (15 cm gylyje) dirvožemio temperatūra svyravo nuo 10,2 iki 27,5 °C, Ap horizonte (30 cm gylyje) – nuo 10,2 iki 26,3 °C, Bs horizonte – nuo 10,8 iki 23,8 °C, Cal1 horizonte – nuo 10,8 iki 23,7 °C, o Cal2 horizonte – nuo 11 iki 17,8 °C. 2025m. Ap horizonte (15 cm gylyje) dirvožemio temperatūra svyravo nuo 8,1 iki 23 °C, Ap horizonte (30 cm gylyje) – nuo 8,55 iki 21,84 °C, Bs horizonte – nuo 6,72 iki 19,14 °C, Cal1 horizonte – nuo 9,67 iki 20,21 °C, o Cal2 horizonte – nuo 9,28 iki 18,39 °C.

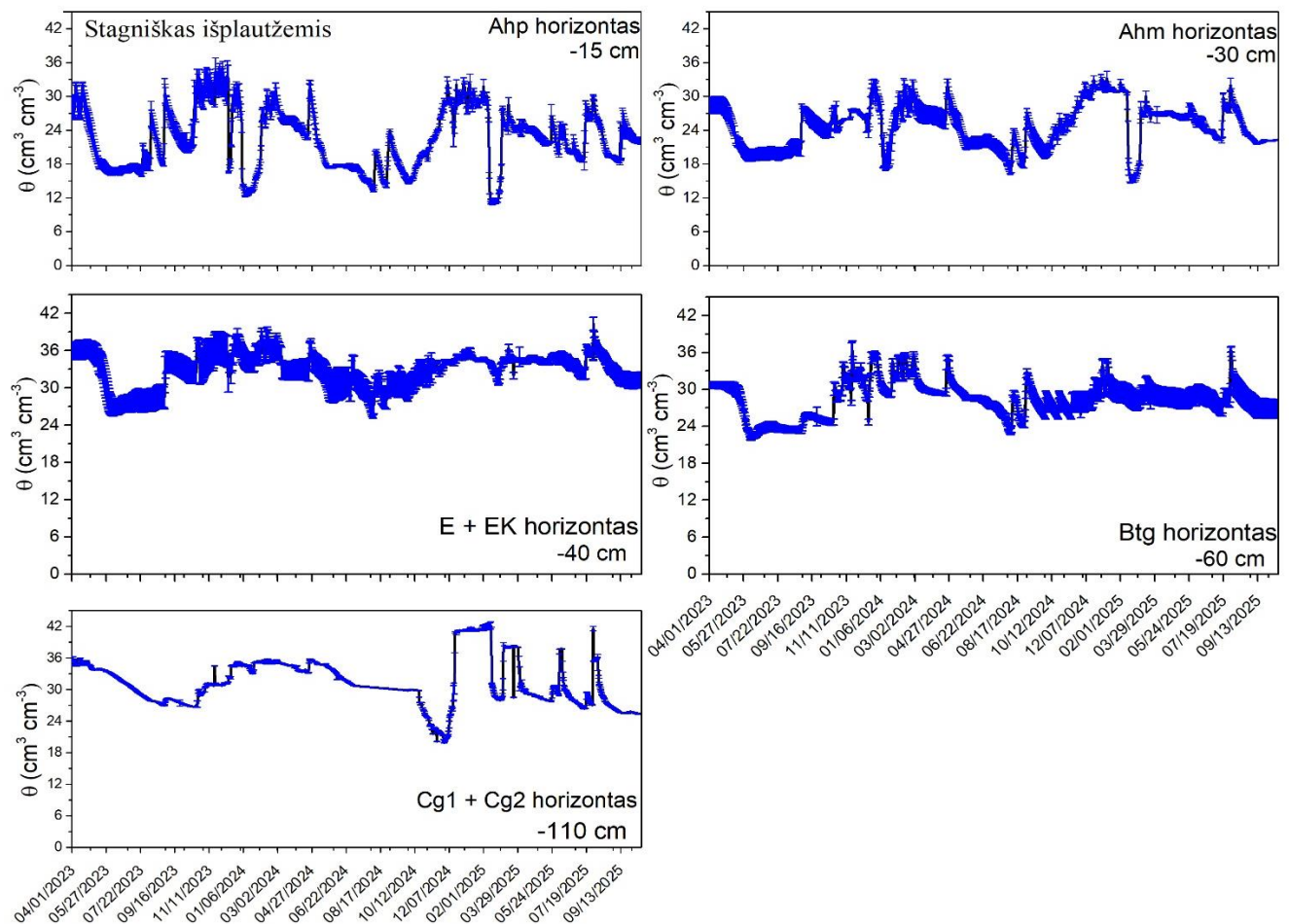


12 paveikslas. Dirvožemio temperatūros variacija pasotinto paprastojo smėlžemio pagrindiniuose genetiniuose horizontuose 2023–2025 metais.

3.3. Dirvožemio drėgmės pokyčiai

2023 m. vasarinių augalų vegetacijos metu stagniškame išplautžemyje dirvožemio drėgmė viršutiniame Ahp horizonte vidutiniškai svyravo 16,58–30,82 cm/cm³, Ahm horizonte – 19,45–28,67 cm/cm³, E + EK

horizonte – 26,63– 36,41 cm^3/cm^3 , Btg horizonte – 21,88– 30,68 cm^3/cm^3 ir Cg1 + Cg2 horizonte – 26,94– 35,84 cm^3/cm^3 (žr. 13 paveikslą). 2024 m. dirvožemio drėgmė svyravo šiek tiek labiau: Ahp horizonte – nuo 13,46 iki 31,33 cm^3/cm^3 , Ahm horizonte – nuo 17,13 iki 31,66 cm^3/cm^3 , E + EK horizonte – nuo 29,91 iki 36,73 cm^3/cm^3 , Btg horizonte – nuo 23,12 iki 35,15 cm^3/cm^3 , o Cg1 + Cg2 horizonte – nuo 29,80 iki 35,71 cm^3/cm^3 .

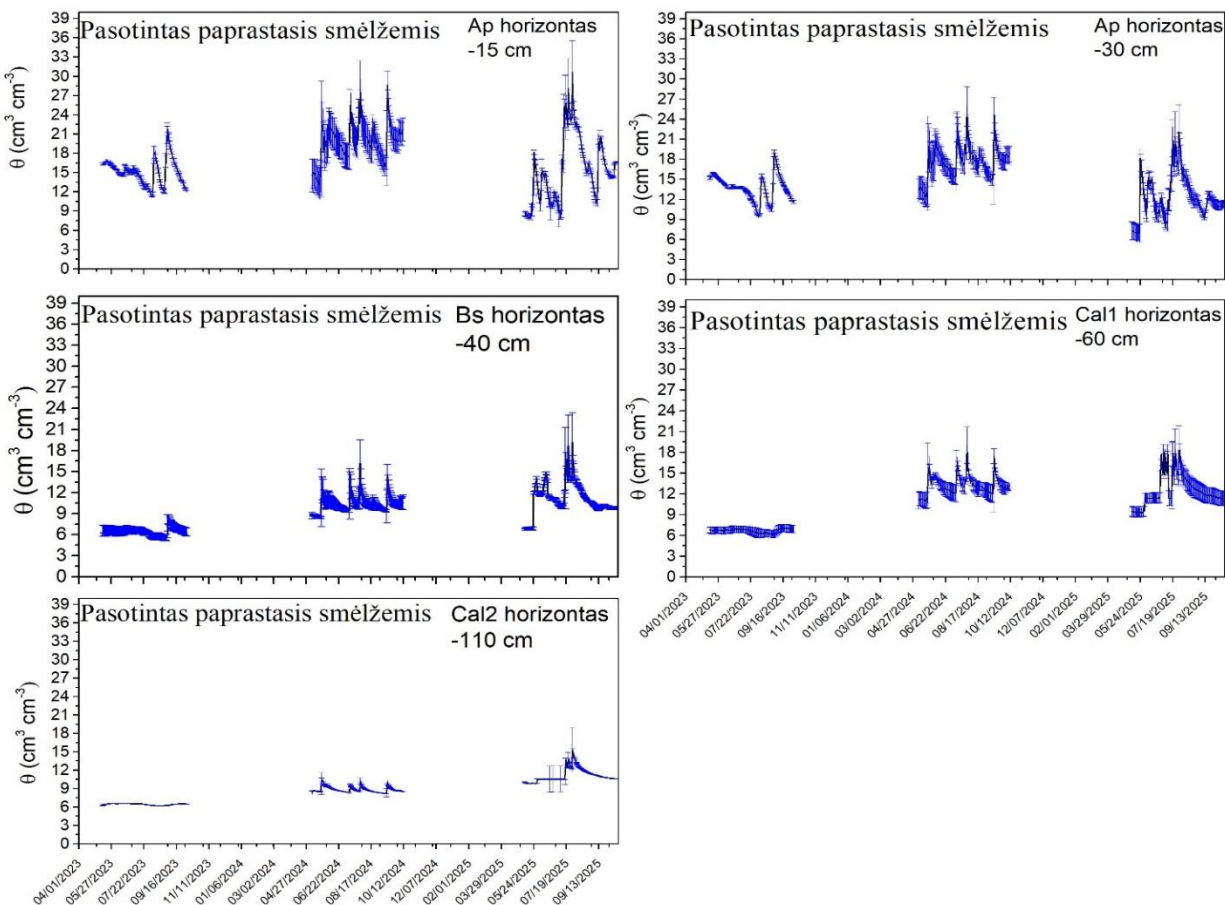


13 paveikslas. Dirvožemio drėgmės (θ) variacija 2023–2025 metais stagniškame išplautžemyje ir jo pagrindiniuose genetiniuose horizontuose. Juoda linija parodo dienos vidurkį, mėlyna – standartinį nuokrypį nuo vidurkio.

Nors meteorologinės sąlygos 2023–2024 m. abiejose tyrimų vietovėse buvo labai panašios, tačiau dirvožemio drėgmės kiekis pasotintame paprastajame smėlžemyje buvo gerokai mažesnis (lyginant su išplautžemiu), ypač 2023 m., kuriame drėgmės kiekis viršutiniame Ap horizonte svyravo 11,25–20,73 cm^3/cm^3 ribose, žemesniame Ap horizonte (-30 cm) drėgmės kiekis dar buvo panašus ir svyravo 9,37–19,12 cm^3/cm^3 (žr. 14 paveikslą). Tačiau apatiniuose horizontuose drėgmės kiekis labai sumažėjo ir Bs horizonte svyravo 5,5–8,2 cm^3/cm^3 , Cal1 horizonte – 6,1– 7,1 cm^3/cm^3 , Cal2 horizonte – 6,2– 6,5 cm^3/cm^3 .

2024 m., ypač dėl drėgno pavasario ir didesnio kritulių kiekio nei 2023 m., dirvožemio drėgmės kiekis buvo didesnis ir labiau svyravo. Pavyzdžiui, drėgmės kiekis viršutiniame Ap horizonte svyravo nuo 13,1 iki 29,45 cm^3/cm^3 , žemesniame Ap horizonte (30 cm gylyje) – nuo 12,34 iki 25,9 cm^3/cm^3 , Bs horizonte – nuo 8,41 iki 16,2 cm^3/cm^3 , Cal1 horizonte – nuo 11,01 iki 19,1 cm^3/cm^3 , Cal2 horizonte – nuo 8,17 iki 10,11 cm^3/cm^3 .

2025 m. vasarinių augalų augimo laikotarpiu dirvožemio drėgmės kiekis skirtinguose horizontuose kito priklausomai nuo dirvožemio tipo. Stagniškame išplautžemyje drėgmės kiekis Ahp horizonte svyravo nuo 18,38 iki 29,87 cm^3/cm^3 , Ahm – nuo 21,57 iki 32,01 cm^3/cm^3 , E+EK – nuo 31,10 iki 40,31 cm^3/cm^3 , Btg – nuo 26,79 iki 36,44 cm^3/cm^3 , o Cg1+Cg2 horizonte – nuo 25,35 iki 41,58 cm^3/cm^3 . Paprastajame smėlžemyje drėgmės kiekis Ap horizonte svyravo 7,98–30,64 cm^3/cm^3 , gilesniame Ap horizonte – 6,88–22,10 cm^3/cm^3 , Bs horizonte – 6,72–19,15 cm^3/cm^3 , Cal1 horizonte – 9,29–18,33 cm^3/cm^3 , o Cal2 horizonte – 9,84–15,36 cm^3/cm^3 .



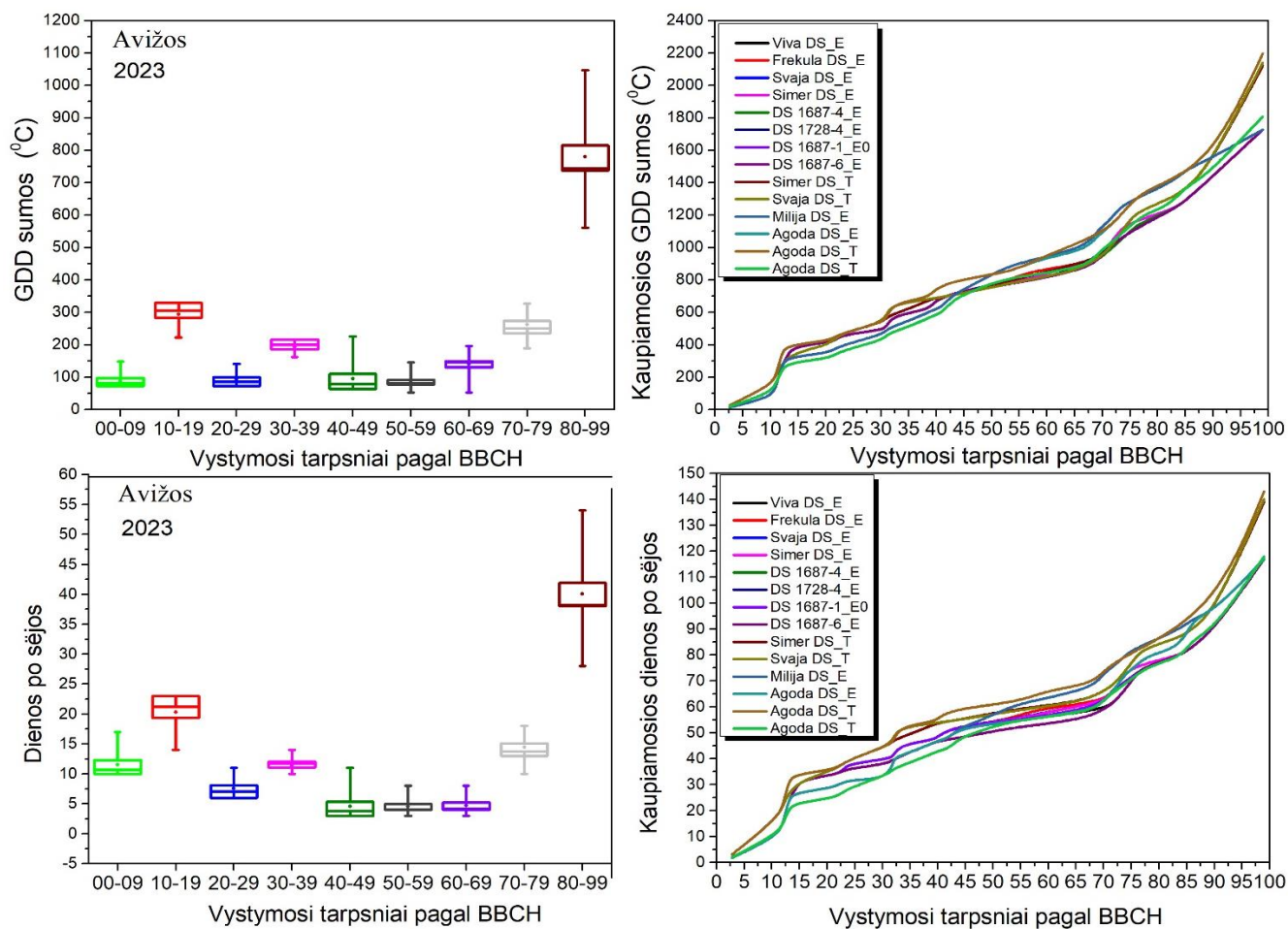
14 paveikslas. Dirvožemio drėgmės (θ) variacija 2023–2025 metais pasotintame paprastajame smėlžemyje ir jo pagrindiniuose genetiniuose horizontuose. Juoda linija parodo dienos vidurkį, mėlyna – standartinę nuokrypį nuo vidurkio.

3.4. Avižų augimo ir vystymosi pokyčiai

2023 m. avižų augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 14 skirtingų eksperimentų, kuriuose pasirinkta 10 avižų veislių ir 4 selekcinės linijos. Šiuose eksperimentuose dalis avižų augintos ekologinėje sėjomainoje, kita dalis – tradicinėje. Avižos sėtos nuo 2023 04 22 iki 2023 05 03, o derlius nuimtas nuo 2023 08 23 iki 2023 09 11. Stebėtuose eksperimentuose vidutinė visų avižų auginimo trukmė buvo $119,1 \pm 9,8$ dienų (žr. 15 paveikslą). Kaupiamoji avižų augimo temperatūrų suma, t. y. nuo sėjos iki derliaus nuėmimo, vidutiniškai siekė $2029,7 \pm 159,8$ $^{\circ}\text{C}$. Avižų augimo sezonu vidutinė oro temperatūra siekė $16,7 \pm 0,2$ $^{\circ}\text{C}$, arba $0,9$ $^{\circ}\text{C}$ daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Vidutinis kritulių kiekis per avižų auginimo sezoną svyravo 132–194 mm ribose, ir tai

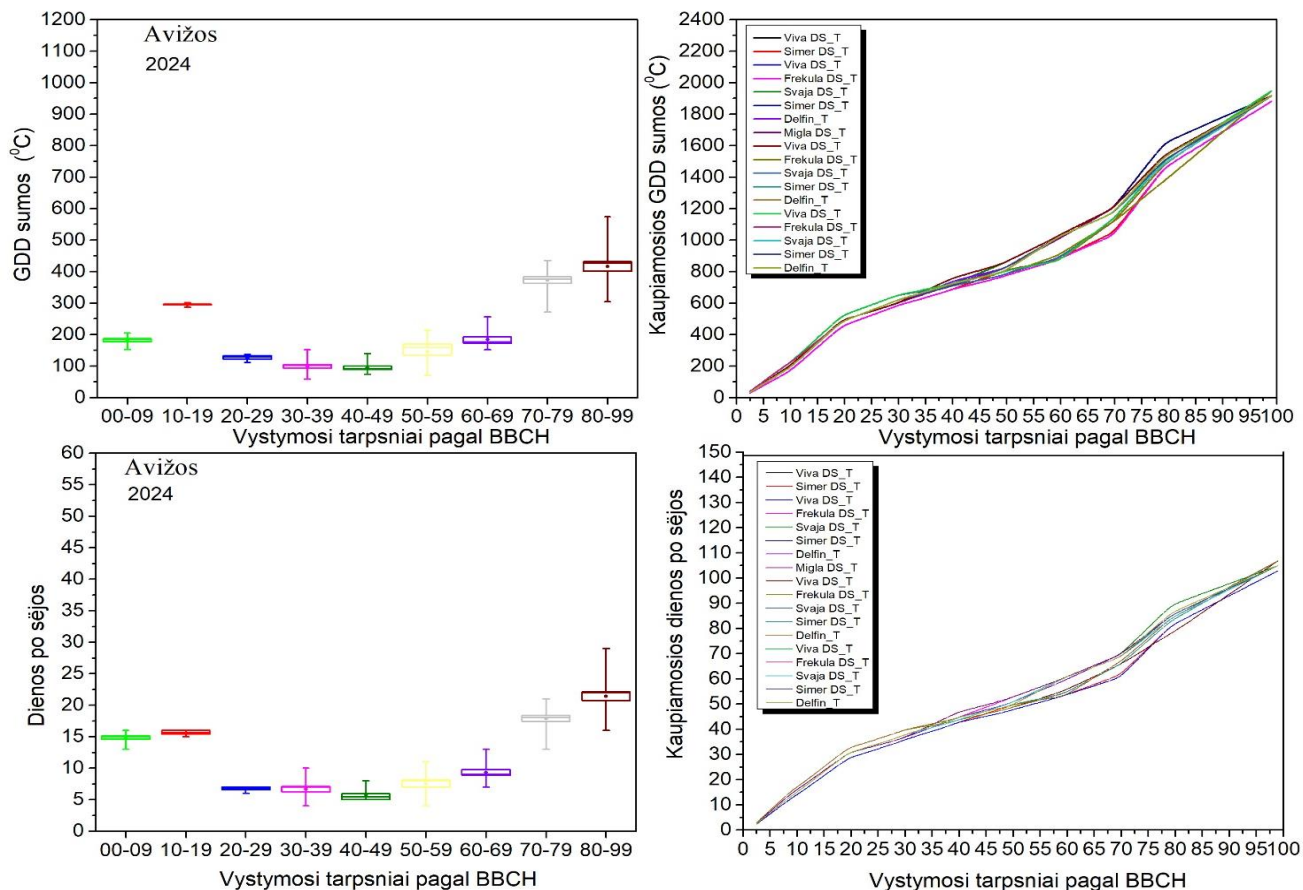
sudarė $\approx 62\text{--}94\%$ daugiamečių normos per tą patį laikotarpį. Apibendrinus meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2023 m. avių auginimui buvo vidutinio šilumo ir sausringi.

Apibendrinus visus 14 stebėtų avių eksperimentus, nustatyta, kad avižoms sudygti vidutiniškai reikia $11,5\approx 2,9$ dienų ir $89,5\approx 31,5\text{ }^\circ\text{C}$ augimo temperatūros sumos. Dygimo periodu iškrito tik 1,4 mm kritulių, todėl tai smarkiai sulėtino avių dygimą. Lapų vystymosi periodas vidutiniškai truko $20,3\approx 3,4$ dienų ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma svyravo $222\text{--}329\text{ }^\circ\text{C}$ ribose. Avių krūmijimosi periodas vidutiniškai truko $7,6\approx 1,9$ dienas (GDD – $92,6\pm 26,1\text{ }^\circ\text{C}$). Avių bambėjimo periodas buvo šiek tiek ilgesnis ir truko $11,4\pm 1,2$ dienų (GDD – $192,6\pm 27,8\text{ }^\circ\text{C}$). Avių vamzdelėjimo, plaukėjimo ir žydėjimo periodai truko panašiai ir siekė atitinkamai $4,6\pm 2,9$ dienas (GDD – $94,7\pm 59,4\text{ }^\circ\text{C}$), $4,5\pm 1,6$ dienas (GDD – $84,6\pm 25\text{ }^\circ\text{C}$) ir $4,7\pm 1,9$ dienas (GDD – $139,5\pm 35,5\text{ }^\circ\text{C}$). Ankstyvoji branda, t. y. nuo BBCH71 iki BBCH79 tarpsnio, vidutiniškai truko $14,4\pm 2,5$ dienų (GDD – $262,2\pm 44,9\text{ }^\circ\text{C}$). Vėlyvoji branda užsitęsė, t. y. nuo BBCH80 iki BBCH99 periodas truko $40,1\pm 6,9$ dienų ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma svyravo $560\text{--}1046,9\text{ }^\circ\text{C}$ ribose. Svarbu paminėti, kad, nepaisant skirtingų veislių ir agrotechnologijų, skirtumai tarp avių augimo ir vystymosi buvo labai nedideli beveik visos vegetacijos metu, t. y. iki BBCH 79.



15 paveikslas. Avių augimo tarpniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

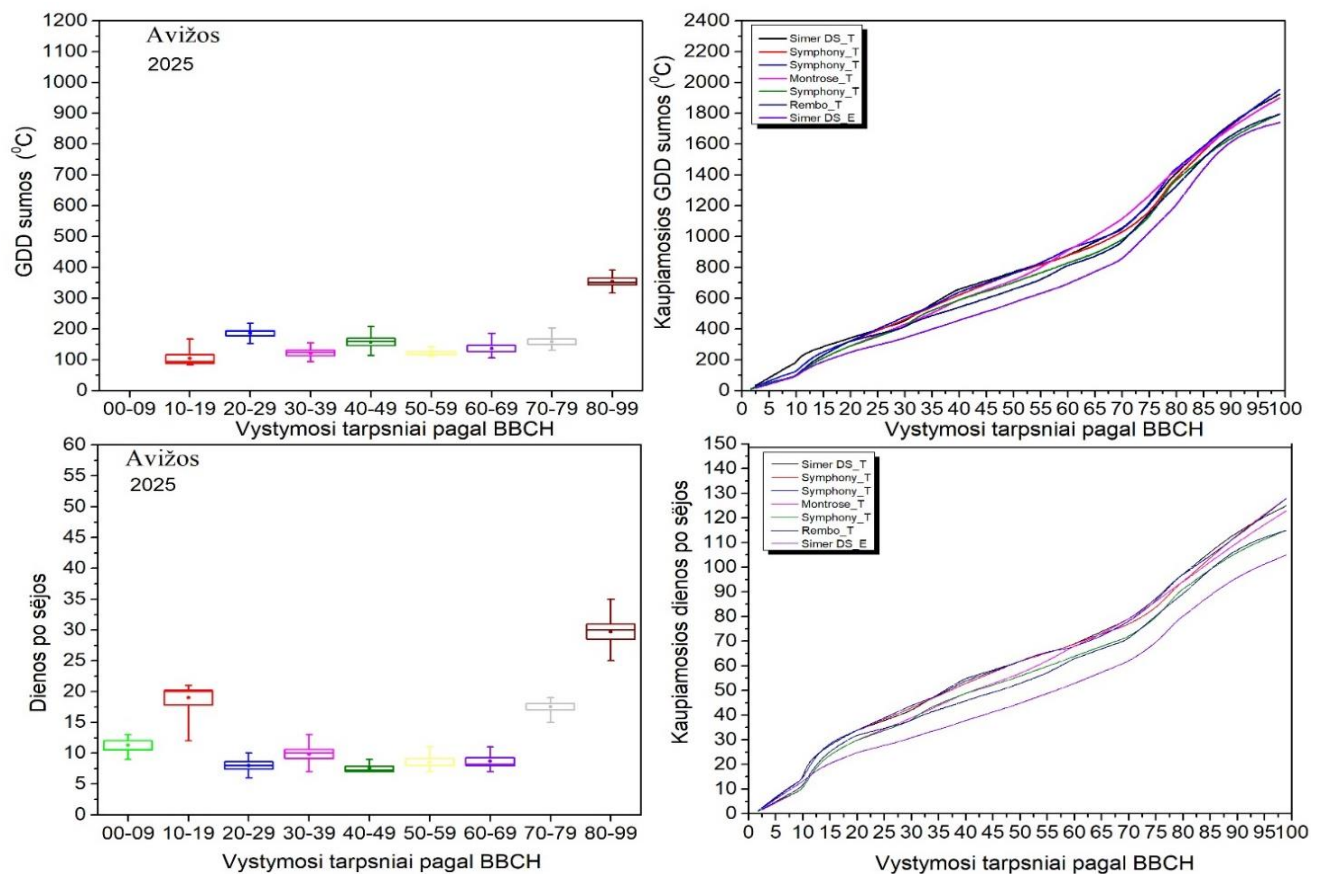
2024 m. avių augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 18 skirtingų eksperimentų, kuriuose augintos 6 avių veislės. Šiuose eksperimentuose dalis avių augintos ekologinėje sėjomainoje (6 eksperimentuose), o kita dalis – tradicinėje (12 eksperimentų). Avių sėtos panašiu laiku – nuo 2024 04 30 iki 2024 05 03, o derlius nuimtas nuo 2024 08 12 iki 2024 08 14. Stebėtuose eksperimentuose vidutinė avių augimo trukmė siekė $105,4 \pm 2,6$ dienos (žr. 16 paveikslą). Vidutinė avių augimo temperatūrų suma (GDD) buvo $1915,3 \pm 18,6$ °C. Avių augimo sezono metu vidutinė oro temperatūra siekė $17,93 \pm 0,02$ °C, t. y. $1,69$ °C daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Vidutinis kritulių kiekis per avių augimo sezoną buvo $187,5$ mm, kas sudarė 90 % daugiamečių normos per tą patį laikotarpį. Apibendrinus meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2024 m. avių auginimui buvo šilti, tačiau trūko drėgmės. Apžvelgiant skirtingų avių veislių auginimo tendencijas, pastebėta, kad 2024 m. avižoms sudygti vidutiniškai reikėjo $14,9 \pm 1,1$ dienų ir $181,9 \pm 18$ °C augimo temperatūrų sumos. Dygimo periodu trūko drėgmės, ir tai turėjo įtakos lėtesniam augalų sudygimui. Avių lapų vystymosi periodas vidutiniškai truko $15,6 \pm 0,5$ dienų, ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma svyravo 153 – 205 °C ribose. Avių krūmijimosi periodas vidutiniškai truko $6,7 \pm 0,5$ dienas (GDD – $124,6 \pm 12$ °C). Bamblėjimo periodas truko tiek pat – $6,7 \pm 1,7$ dienas (GDD – $98,6 \pm 25,3$ °C). Avių vamzdelėjimo, plaukėjimo ir žydėjimo periodai po truputį ilgėjo ir siekė atitinkamai $5,7 \pm 1,1$ dienas (GDD – $95,2 \pm 19,7$ °C), $7,6 \pm 2,5$ dienas (GDD – $145,9 \pm 53,4$ °C) ir $9,3 \pm 1,8$ dienų (GDD – $184,8 \pm 35,2$ °C). Avių ankstyvoji branda vidutiniškai truko $17,8 \pm 2,1$ dienų (GDD – $372,8$ °C). Vėlyvoji branda truko vidutiniškai $21,4 \pm 3,01$ dienas (GDD – $416,1 \pm 62,6$ °C).



16 paveikslas. Avižų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

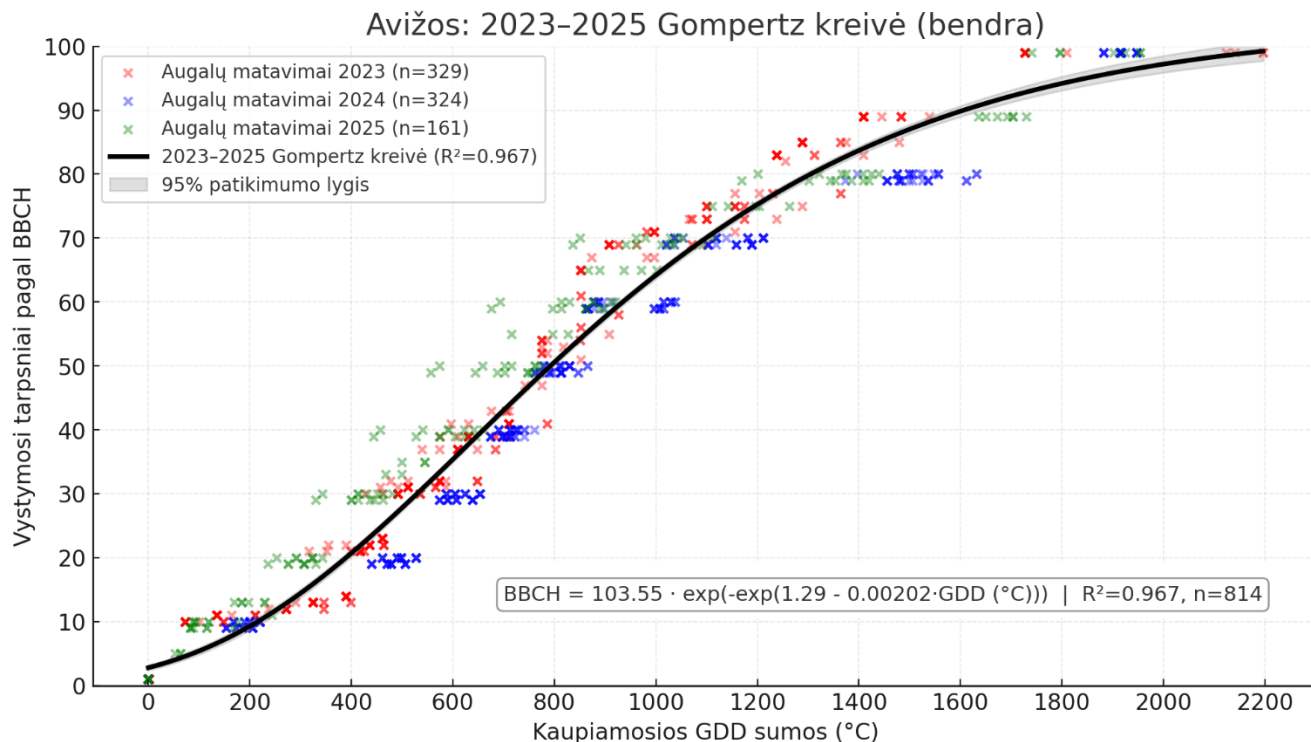
2025 m. avižų augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 7 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose augintos 4 avižų veislės: Simer DS, Symphony, Montrose ir Rembo. Šeši eksperimentai vykdyti tradicinėje, o vienas – ekologinėje sėjomainoje. Avižos buvo sėtos nuo 2025 04 17 iki 2025 05 06, o derlius nuimtas nuo 2025 08 19 iki 2025 08 29. Vidutinė avižų auginimo trukmė visų eksperimentų metu siekė $120,3 \pm 1,9$ dienos (žr. 17 paveikslą). Vidutinė kaupiamoji avižų augimo temperatūrų suma (GDD) nuo sėjos iki derliaus nuėmimo sudarė $1855,4 \pm 30,8$ °C, t. y. buvo mažesnė nei 2023 m. ($2029,7 \pm 159,8$ °C), tačiau artima 2024 m. reikšmei ($1915,3$ °C). Avižų augimo sezono metu vidutinė oro temperatūra siekė $15,2 \pm 0,26$ °C, t. y. $0,9$ °C mažiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Vidutinis kritulių kiekis per avižų vegetacijos laikotarpį siekė $295,1 \pm 9,6$ mm, arba vidutiniškai 117 % daugiamečių normos per tą patį laikotarpį. Apibendrinus meteorologinius duomenis galima teigti, kad 2025 m. buvo vėsūs ir drėgni, o perteklinė drėgmė, ypač antroje vegetacijos pusėje, turėjo įtakos ilgesnei kai kurių augimo tarpsnių trukmei. Analizuojant augimo tarpsnius nustatyta, kad avižoms sudygti (BBCH 00–09) vidutiniškai prirėikė $11,3 \pm 1,9$ dienos, o augimo temperatūrų suma per šį laikotarpį siekė $104,9 \pm 30,8$ °C. Lapų vystymosi laikotarpis (BBCH 10–19) truko $19,0 \pm 3,1$ dienos (GDD – $186,1 \pm 21,9$ °C). Krūmijimosi periodas (BBCH 20–29) truko $8,0 \pm 1,5$ dienos (GDD – $121,3 \pm 23,7$ °C), o bamblėjimo tarpsnis (BBCH 30–39) – $9,9 \pm 2,0$ dienos (GDD – $157,5 \pm 30,7$ °C). Vamzdelėjimo, plaukėjimo ir žydėjimo tarpsniai truko atitinkamai $7,6 \pm 0,8$ dienos

(GDD – $121,5 \pm 11,4$ °C), $8,6 \pm 1,5$ dienos (GDD – $136,4 \pm 28,2$ °C) ir $8,7 \pm 1,4$ dienos (GDD – $158,2 \pm 24,1$ °C). Avižų ankstyvoji branda (BBCH 70–79) vidutiniškai truko $17,6 \pm 1,4$ dienos, per kurią susidarė $353,9 \pm 26,6$ °C šilumos suma. Vėlyvoji branda (BBCH 80–99) truko $29,7 \pm 3,3$ dienas, o per šį laikotarpį sukaupta $515,6 \pm 48,1$ °C temperatūrų suma.



17 paveikslas. Avižų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2023–2025 metų apibendrinimas. Apibendrinus trejų metų (2023–2025 m.) avižų augimo ir vystymosi stebėjimus, kuriuose iš viso analizuoti 42 eksperimentai, o konkretūs augimo ir vystymosi tarpsniai buvo užfiksuoti 814 kartų (žr. 18 paveikslą), nustatyta, kad avižų augimo ir vystymosi eiga glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD). Nepaisant meteorologinių sąlygų skirtumų tarp metų, bendrosios avižų vystymosi tendencijos išliko panašios. Sudarytas Gompertz modelis parodė, kad vien tik GDD sumos geba paaiškinti apie 97 % ($R^2 = 0,967$) avižų vystymosi variacijos. Remiantis šiuo modeliu, intensyviausias avižų vystymasis vyko esant 400–1800 °C temperatūrų sumai. Skirtingos meteorologinės sąlygos turėjo įtakos atskirų tarpsnių trukmei – drėgnesniais metais augalai vystėsi lėčiau, o šiltesniais metais greičiau pasiekė generatyvinius vystymosi tarpsnius. Vis dėlto visų metų duomenys rodo, kad avižų augimo trukmė ir vystymosi eiga buvo gana pastovios ir labiausiai priklausė nuo GDD sumos, patvirtinant šio rodiklio tinkamumą fenologinių pokyčių vertinimui ir prognozavimui.

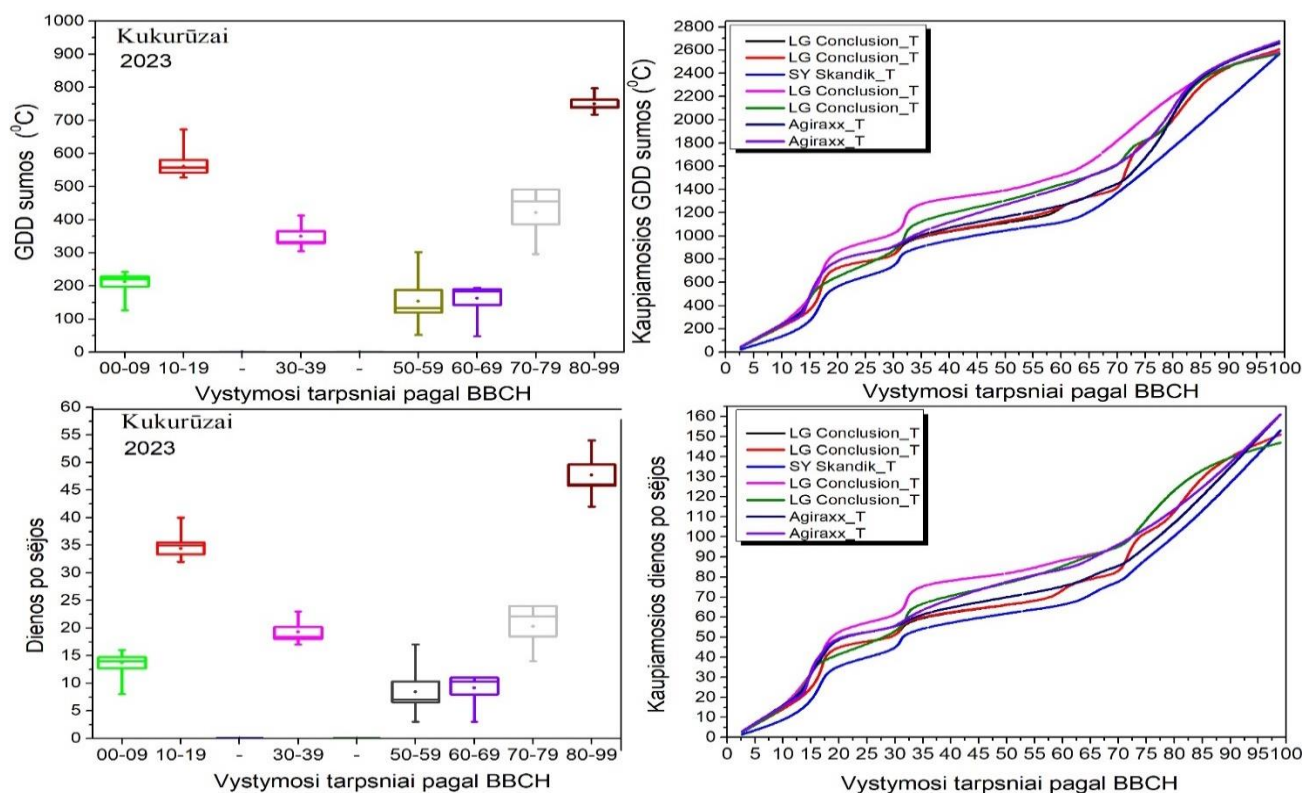


18 paveikslas. Avižų vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti visų trijų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti avižų augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę. $BBCH = 103,55 \cdot \exp(-\exp(1,29 - 0,00202 \cdot GDD (^{\circ}C)))$

3.5. Kukurūzų augimo ir vystymosi pokyčiai

2023 m. kukurūzų augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 7 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose pasirinktos 3 veislės, visi eksperimentai vykdyti tradicinėje sėjomainoje, tačiau dalis kukurūzų eksperimentų vykdyti mažiau derlinguose smėlžemio tipo dirvožemiuose, kurie nėra tipiniai šiam regionui. Kukurūzai sėti nuo gegužės pradžios, t. y. nuo 10 iki 18 d., o derlius nuimtas spalio 4–17 dienomis. Vidutinė visų kukurūzų auginimo trukmė siekė $153 \pm 5,6$ dienas, o kaupiamoji augimo temperatūrų suma per šį laikotarpį siekė $2610,6 \pm 41$ °C (žr. 19 paveikslą). Kukurūzų auginimo metu vidutinė oro temperatūra siekė $17,0 \pm 0,3$ °C, arba net $1,5$ °C daugiau nei SKN. Vidutinis kritulių kiekis per kukurūzų auginimo sezoną svyravo 209–228, ir tai sudarė ≈ 68 –74 % daugiametės normos. Apibendrinus šiuos meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2023 m. kukurūzų auginimui buvo šilti ir sausringi. Išanalizavus 2023 m. duomenis, nustatyta, kad kukurūzai sudygo per $13,7 \pm 2,7$ dienų (GDD – $212,9 \pm 39,5$ °C). Lapų vystymasis buvo gerokai ilgesnis ir truko $34,4 \pm 2,9$ dienas, per jas augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $560,8 \pm 51,3$ °C. Kukurūzų stiebo ilgėjimo periodas truko $19,3 \pm 2,4$ dienų (GDD – $349,5 \pm 43,1$ °C). Žiedyno formavimosi periodas ir žydėjimas truko panašiai, t. y. atitinkamai $8,4 \pm 4,0$ ir $9,1 \pm 3,1$ dienas. Per minėtus periodus augimo temperatūrų suma taip pat buvo panaši, žiedyno formavimosi metu ji siekė $153,9 \pm 90,4$ °C, o per žydėjimą – $162,2 \pm 54,9$ °C. Grūdų formavimosi pradžia, t. y. BBCH70–79 periodas, truko $20,3 \pm 4,8$ dienų ir per jas augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $421,1 \pm 92,4$ °C. Paskutinis periodas iki

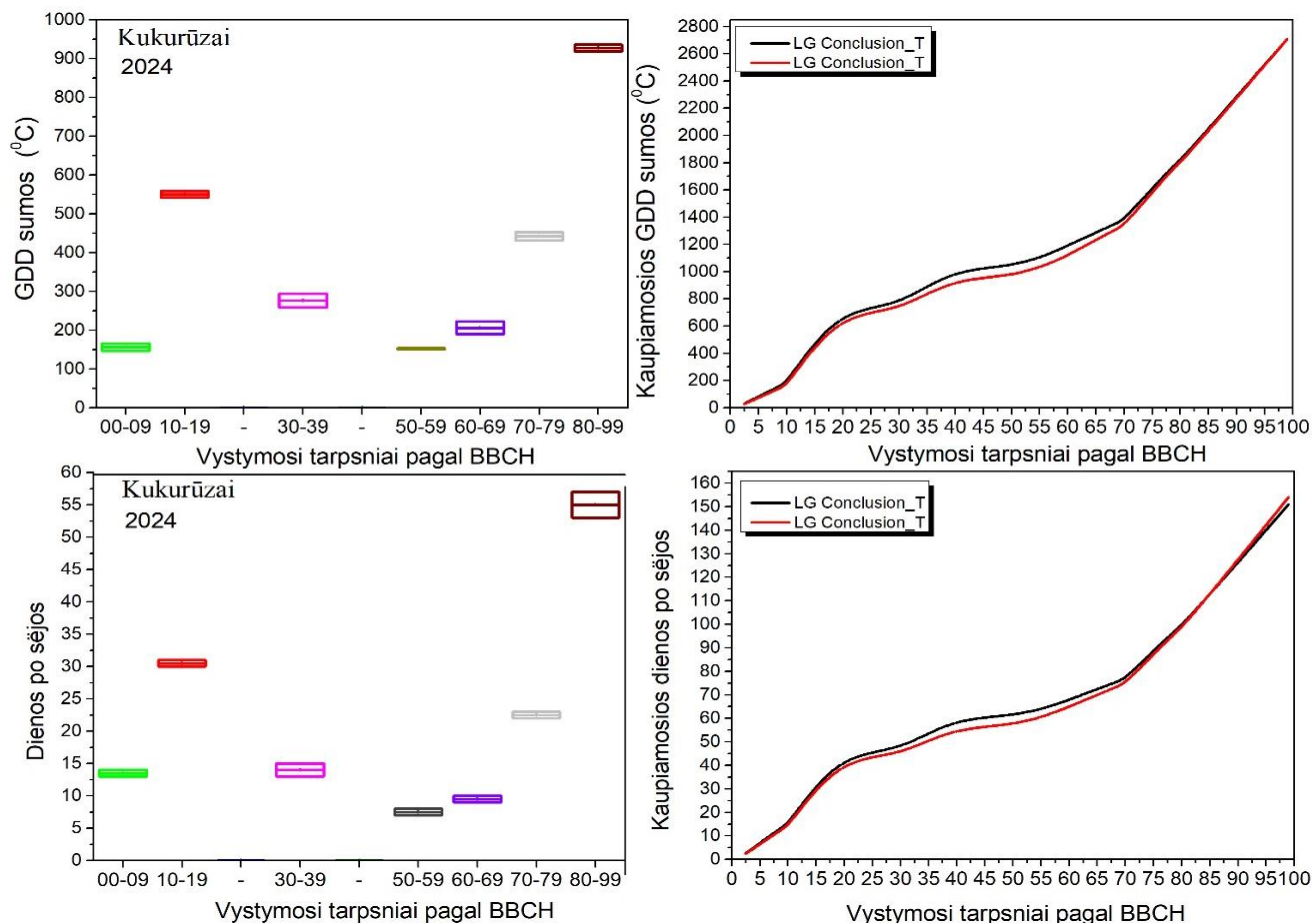
derliaus nuėmimo, t. y. BBCH80–99, truko $47,7 \pm 5,1$ dienas ir per jas augimo temperatūrų suma svyravo $730\text{--}796,7$ °C ribose.



19 paveikslas. Kukurūzų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024 m. kukurūzų augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 2 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose auginta ta pati veislė – LG Conclusion. Abu eksperimentai vykdyti tradicinėje sėjomainoje, tačiau vienas iš jų atliktas mažiau derlinguose smėlžemio tipo dirvožemiuose, kurie nėra būdingi Vidurio Lietuvai. Kukurūzai sėti gegužės 7–8 dienomis, o derlius nuimtas spalio 4–7 dienomis. Vidutinė kukurūzų auginimo trukmė siekė apie 153 dienas, o per šį laikotarpį sukaupta augimo temperatūrų suma buvo 2710 °C (žr. 20 paveikslą). Kukurūzų auginimo metu vidutinė oro temperatūra siekė $18,2$ °C, tai yra $2,3$ °C daugiau nei daugiametė klimato norma (SKN). Vidutinis kritulių kiekis per kukurūzų auginimo sezoną siekė 240 mm, kas sudarė apie 84 % daugiametės normos. Apibendrinus šiuos meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2024 m. kukurūzų auginimui buvo šilti ir vidutinio drėgnumo. 2024 m. kukurūzai sudygo per 13–14 dienų (GDD – $147\text{--}165$ °C). Lapų vystymosi periodas buvo dvigubai ilgesnis ir truko 30–31 dieną, per kurias sukaupta augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $541\text{--}558$ °C. Kukurūzų stiebo ilgėjimo periodas truko 13–15 dienų (GDD – $258\text{--}293$ °C). Žiedyno formavimosi periodas ir žydėjimas truko panašiai – atitinkamai 7–8 ir 9–10 dienų. Per šiuos periodus augimo temperatūrų suma taip pat buvo panaši: žiedyno formavimosi metu ji siekė $151\text{--}153$ °C, o per žydėjimą – $189\text{--}222$ °C. Grūdų formavimosi pradžia truko 22–23 dienas, per kurias sukaupta augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė 431--

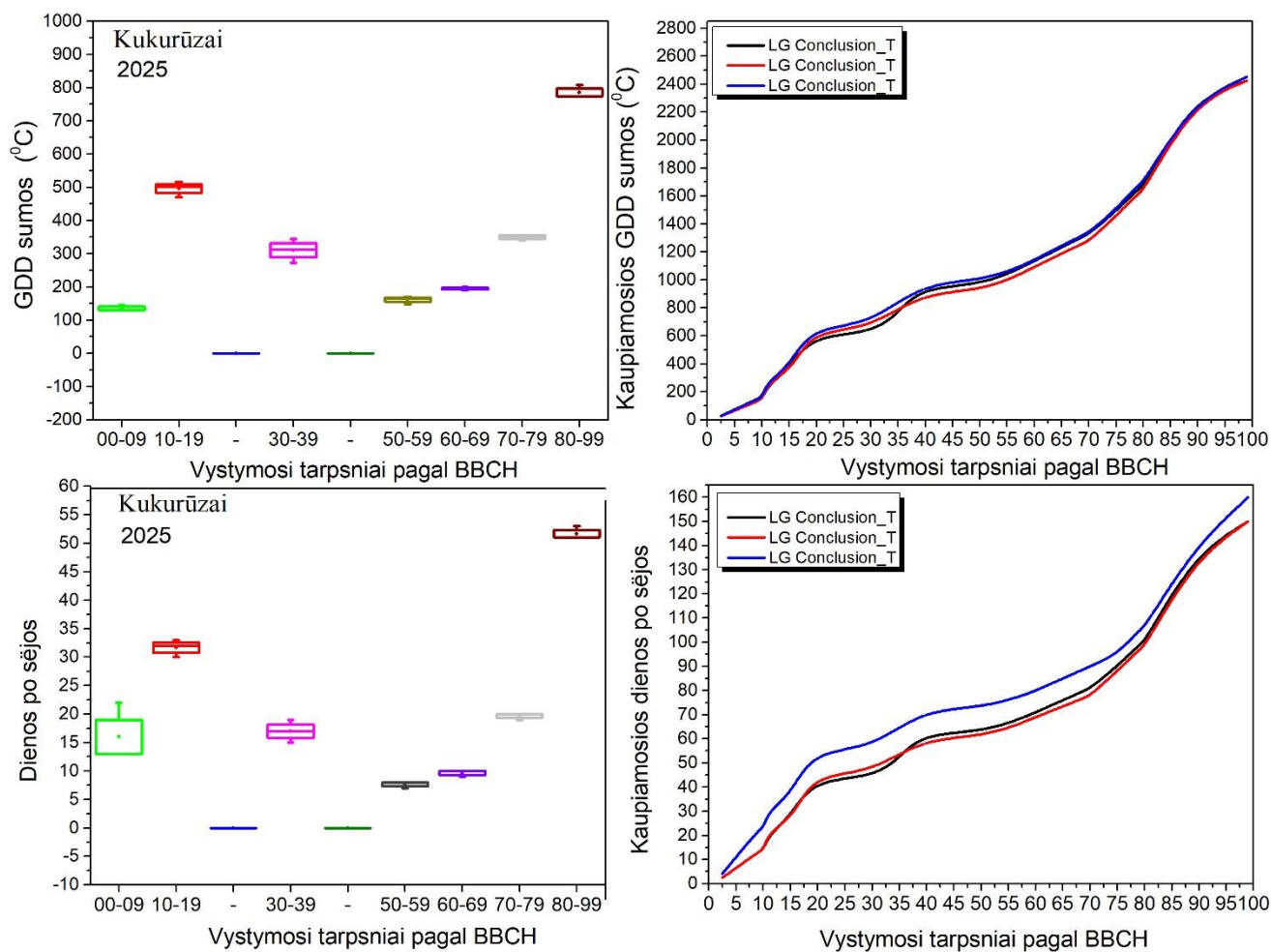
452 °C. Paskutinis periodas iki derliaus nuėmimo truko 53–57 dienas, per kurias augimo temperatūrų suma svyravo nuo 918 iki 935 °C.



20 paveikslas. Kukurūzų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2025 m. kukurūzų augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 3 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose auginta ta pati veislė – LG Conclusion. Visi eksperimentai vykdyti tradicinėje sėjomainoje, tačiau skirtingose vietovėse. Kukurūzai sėti gegužės 5–14 dienomis, o derlius nuimtas rugsėjo 30 – spalio 10 dienomis. Vidutinė kukurūzų auginimo trukmė siekė $153,3 \pm 5,8$ dienos, o per šį laikotarpį sukaupta $2434,2 \pm 16,5$ °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 21 paveikslą). Kukurūzų auginimo sezono metu vidutinė oro temperatūra siekė $16,0 \pm 0,1$ °C, t. y. artima daugiametei klimato normai (1991–2020 m.). Vidutinis kritulių kiekis per vegetacijos sezoną buvo $352,3 \pm 3,0$ mm, arba vidutiniškai 114 % daugiametės normos per tą patį laikotarpį. Remiantis meteorologiniais duomenimis, 2025 m. buvo vėsesni, bet gerokai drėgnesni nei 2023 ir 2024 m. Analizuojant atskirus augimo tarpsnius nustatyta, kad kukurūzams sudygti (BBCH 00–09) vidutiniškai prireikė $16,0 \pm 5,2$ dienų, o per šį laikotarpį sukaupta $135,8 \pm 8,8$ °C augimo temperatūrų suma. Lapų vystymosi tarpsnis (BBCH 10–19) truko $31,7 \pm 1,5$ dienos (GDD – $496,2 \pm 23,2$ °C). Stiebo ilgėjimo laikotarpis (BBCH 30–39) vidutiniškai truko $17,0 \pm 2,0$ dienų, o per jį sukaupta $310,3 \pm 36,0$ °C augimo temperatūrų suma. Žiedyno formavimosi tarpsnis (BBCH 50–59)

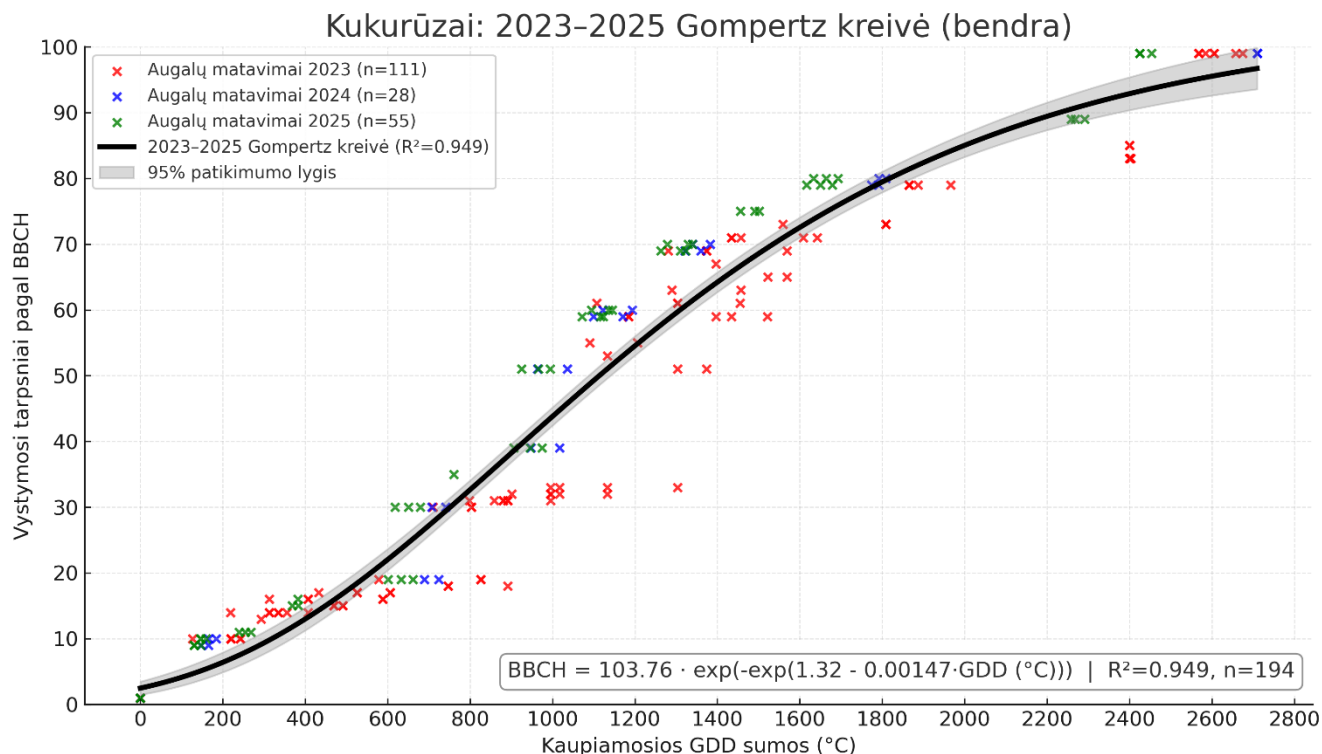
truko $7,7 \pm 0,6$ dienos (GDD – $161,4 \pm 11,8$ °C), o žydėjimo laikotarpis (BBCH 60–69) – $9,7 \pm 0,6$ dienos (GDD – $195,0 \pm 4,7$ °C). Grūdų formavimosi pradžia (BBCH 70–79) truko vidutiniškai $19,7 \pm 0,6$ dienos, per kurias sukaupta $350,0 \pm 8,9$ °C šilumos suma. Paskutinis, brendimo laikotarpis (BBCH 80–99), buvo ilgiausias – $51,7 \pm 1,2$ dienos, o per jį sukaupta $785,5 \pm 19,7$ °C temperatūrų suma.



21 paveikslas. Kukurūzų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2023–2025 metų apibendrinimas. Apibendrinus trejų metų (2023–2025 m.) kukurūzų augimo ir vystymosi duomenis, kuriuose iš viso stebėta 12 eksperimentų ir fiksuota 194 matavimai (žr. 22 paveikslą), nustatyta, kad kukurūzų vystymosi eiga glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD). Nepaisant meteorologinių sąlygų skirtumų tarp metų, bendrosios kukurūzų vystymosi tendencijos išliko labai panašios beveik visuose augimo tarpsniuose. Sudarytas Gompertz modelis parodė, kad GDD sumos gali paaiškinti apie 95 % ($R^2 = 0,949$) kukurūzų vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Remiantis bendra kreive, intensyviausias kukurūzų vystymasis vyko, kai kaupiamoji temperatūrų suma siekė 600–1900 °C, o žydėjimas ir grūdų formavimasis pasiekti esant maždaug 1400–1800 °C. Nors meteorologinės sąlygos tarp metų skyrėsi, kukurūzų augimo trukmė ir vystymosi eiga išliko gana pastovios. Šis bendras modelis leidžia tiksliai prognozuoti

kukurūzų vystymosi tarpsnius pagal sukauptą šilumos sumą, todėl gali būti sėkmingai taikomas agronominiame planavime – optimizuojant sėjos laiką, tręšimo strategijas ir derliaus nuėmimo prognozes.

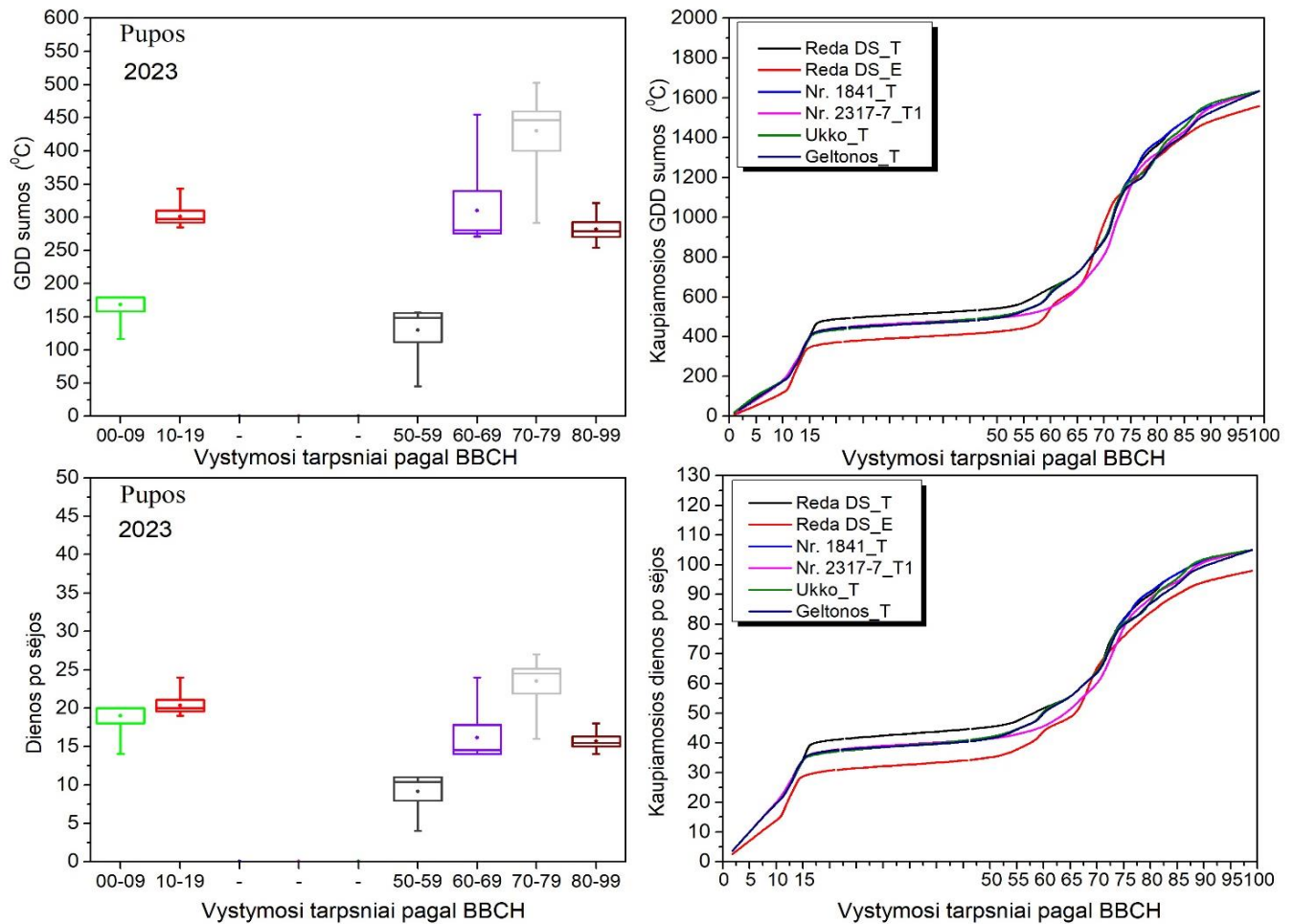


22 paveikslas. Kukurūzų vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti visų trijų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė apibūdinanti kukurūzų augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę

3.6. Pupų augimo ir vystymosi pokyčiai

2023 m. pupų augimas ir vystymasis stebėti 6 eksperimentuose, kuriuose pasirinktos 3 veislės ir 2 selekcinės linijos. Veislė Reda DS stebėta skirtingose sėjomainose, t. y. ekologinėje ir tradicinėje. Pupos pasėtos 2023 04 22 – 2023 04 29 laikotarpiu ir nukultos tą pačią dieną – 2023 08 04. Pupų vegetacijos periodas truko $103,8 \pm 2,9$ dienas, ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $1621,1 \pm 30,5^{\circ}C$ (žr. 23 paveikslą). Pupų auginimo metu vidutinė oro temperatūra siekė $15,83 \pm 0,3^{\circ}C$, ir tai beveik atitiko SKN, kuri šiame laikotarpyje buvo $15,7^{\circ}C$. Per visą pupų auginimo sezoną kritulių iškrito tik $99,1 \pm 1,4$ mm, ir tai sudarė tik $\approx 46\%$ daugiametės normos. Apibendrinus 2023 m. meteorologines sąlygas, galima teigti, kad jos pupų auginimui ir vystymuisi buvo vidutinio šilumo ir labai sausos. Pupų dygimo periodas truko $19,0 \pm 2,45$ dienas, per jas augimo temperatūrų suma siekė $168 \pm 25,31^{\circ}C$, o kritulių kiekis per beveik 3 savaites buvo tik $3,5 \pm 1,4$ mm. Lapų vystymosi – stiebo ilgėjimo tarpsnis truko panašiai kaip ir dygimo – $20,3 \pm 1,89$ dienų, o augimo temperatūrų suma buvo $301,0 \pm 21,5^{\circ}C$, ir toliau tęsėsi sausringas periodas. Pupų stiebo šakojimosi tarpsnio (BBCH 21–29) stebėtuose eksperimentuose užfiksuoti nepavyko, nes dėl itin sausringų sąlygų pupos visai nesišakojo, todėl po lapų formavimosi – stiebo ilgėjimo tarpsnio iš karto sekė butonizacijos tarpsnis (BBCH 50–59). Jis truko $9,2 \pm 3,0$ dienas ir šiuo tarpsniu sukaupia $130,1 \pm 45,22^{\circ}C$ augimo temperatūrų suma. Žydėjimo tarpsnis tęsėsi $16,2 \pm 4,0$ dienų ir šiuo laikotarpiu augimo temperatūrų suma buvo $309,8 \pm 72,2^{\circ}C$. Ankstyvosios ir pilnos brandos laikotarpiai tęsėsi

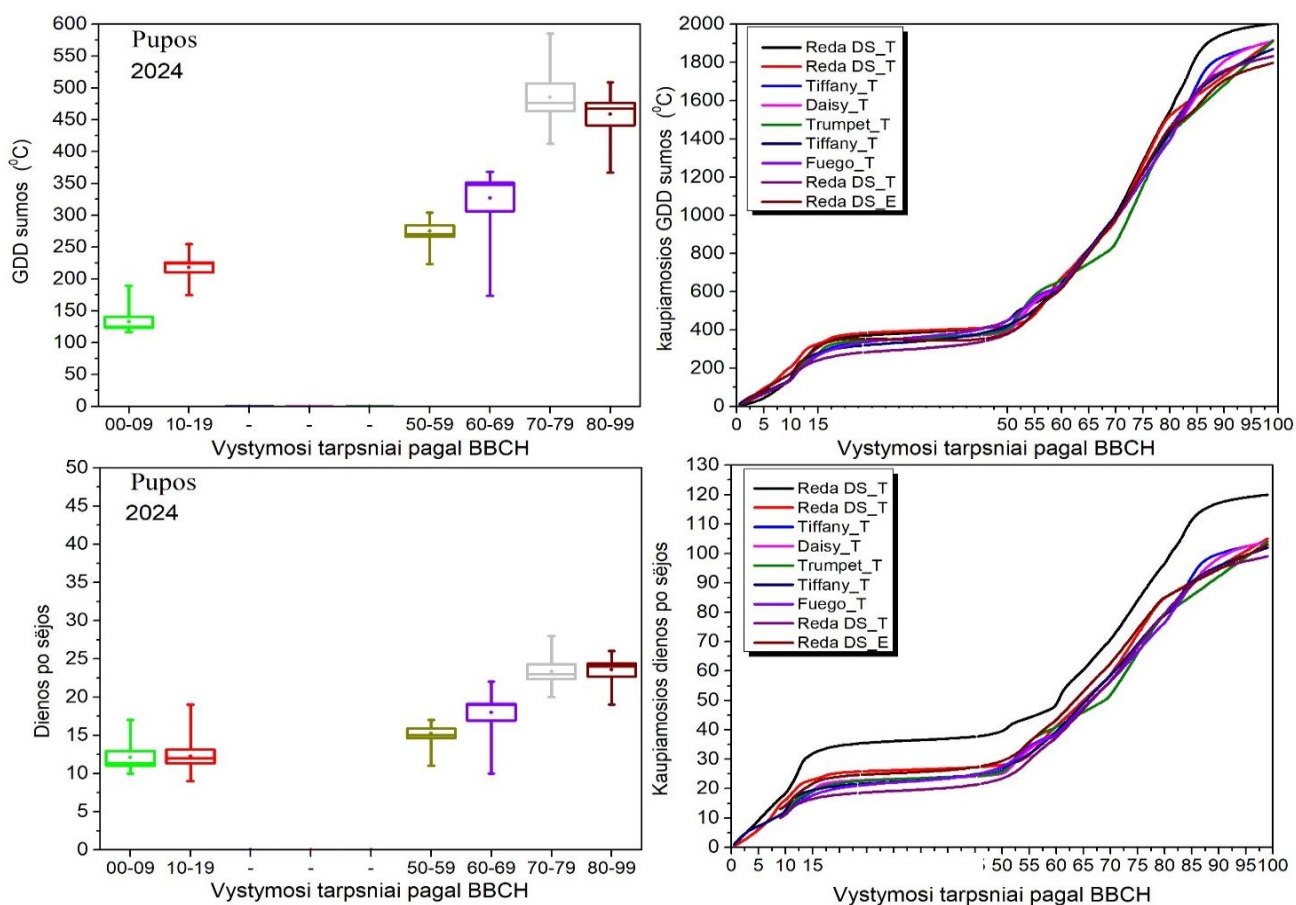
atitinkamai $23,5 \pm 3,9$ (GDD – $430 \pm 23,5^\circ\text{C}$) ir $15,7 \pm 1,6$ (GDD – $281,6^\circ\text{C}$) dienas. Iš visų stebėtų veislių ir genotipų išsiskyrė pupos Reda DS, augintos pagal ekologinę technologiją. Jos sudygo anksčiau, lapų vystymosi – stiebo ilgėjimo tarpsnis panašaus ilgumo kaip kitų veislių ir genotipų. Butonizacijos tarpsnio ilgis taip pat buvo panašus kaip daugumos veislių ir genotipų, tačiau žydėjimo tarpsnis buvo ženkliai ilgesnis už kitų. Šio tarpsnio metu dauguma žiedų nubyrėjo, o labai mažas užsimezgusių anksčių kiekis subrendo labai greitai. Apibendrinus, galima teigti, kad pupoms, kaip ir kitiems vasariniams javams, 2023 m. meteorologinės sąlygos buvo nepalankios dėl itin mažo kritulių kiekio.



23 paveikslas. Pupų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024 m. pupų augimas ir vystymasis stebėtas 9 eksperimentuose, kuriuose tirtos 5 skirtingos veislės. Veislė Reda DS auginta skirtingose sėjomainose – tiek ekologinėje, tiek tradicinėje. Pupų sėjos laikas buvo įvairus: jos sėtos nuo 2024 04 15 iki 2024 05 08, o derlius nuimtas tuo pačiu metu – rugpjūčio 12–16 dienomis. Pupų vegetacijos periodas truko vidutiniškai $104,4 \pm 6,2$ dienas (panašiai kaip ir 2023 m.), ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma siekė vidutiniškai $1896,7 \pm 51,5^\circ\text{C}$ (žr. 24 paveikslą). Pupų auginimo sezono metu vidutinė oro temperatūra buvo $17,91 \pm 0,6^\circ\text{C}$, t. y. $1,5^\circ\text{C}$ aukštesnė už SKN. Per pupų auginimo sezoną kritulių kiekis siekė

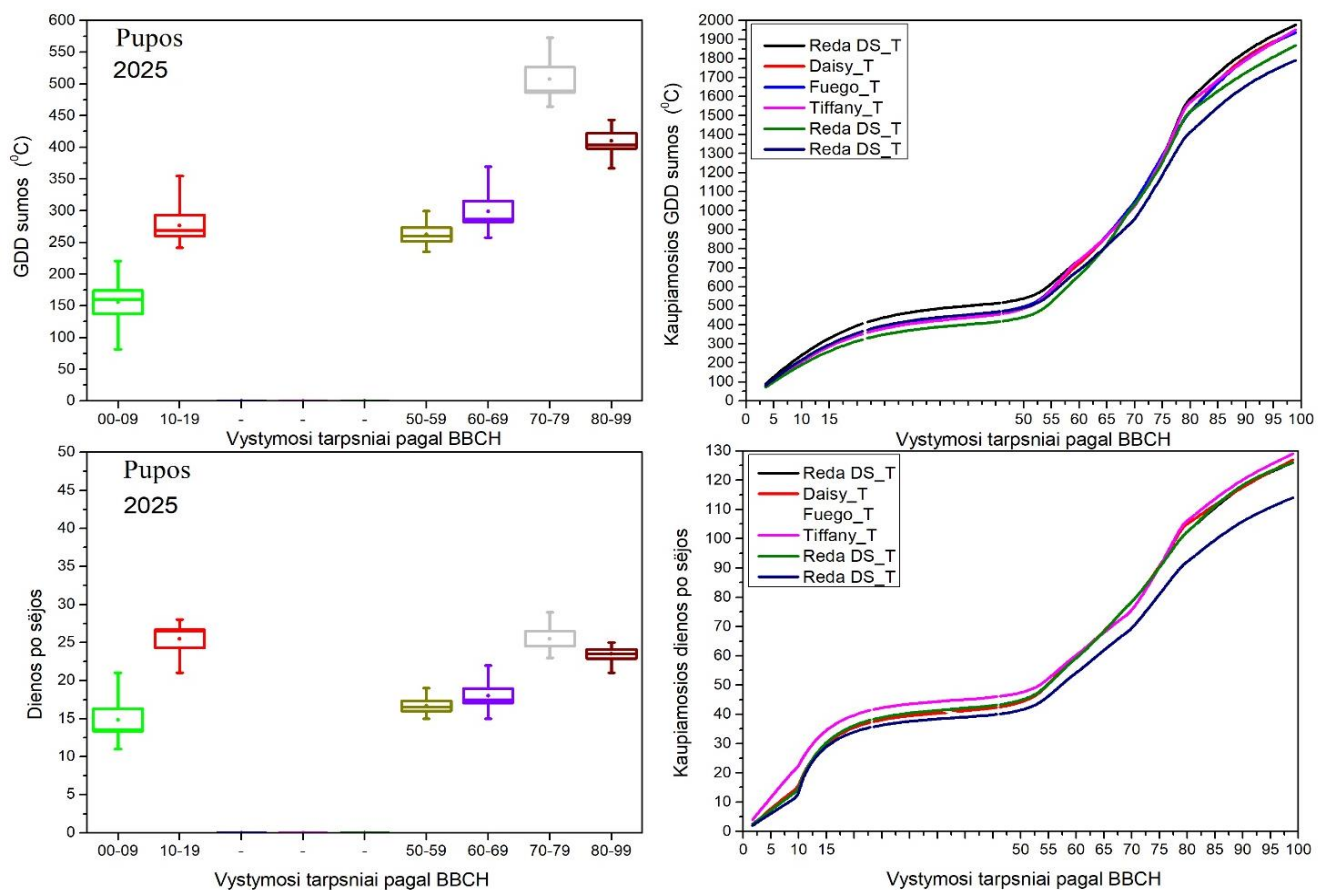
191,3±17,4 mm, arba 86,6 % daugiamečių normos. Apibendrinus 2024 m. meteorologines sąlygas, galima teigti, kad pupų auginimo ir vystymosi sezonas buvo šiltas ir beveik vidutinio drėgnumo. Pupų dygimo periodas truko vidutiniškai 12,1±2,42 dienų, per kurias augimo temperatūrų suma siekė 132±24,3 °C, o kritulių kiekis – apie 15 mm, todėl 2024 m. pupos sudygo greičiau, palyginti su 2023 m. Lapų vystymosi ir stiebo ilgėjimo tarpsnis truko panašiai kaip dygimo – 12,2±2,73 dienų, o augimo temperatūrų suma buvo 218,01±23,07 °C. Pupų stiebo šakojimosi tarpsnio (BBCH 21–29) stebimuose eksperimentuose, kaip ir 2023 m., nepavyko užfiksuoti, nes pupos visiškai nesišakojo. Todėl po lapų formavimosi ir stiebo ilgėjimo tarpsnio iš karto prasidėjo butonizacijos tarpsnis (BBCH 50–59), kuris truko 15,22±1,92 dienų, ir per kurį buvo sukaupta 275,12±26,42 °C augimo temperatūrų suma. Žydėjimo tarpsnis truko 18±3,3 dienų, per kurias augimo temperatūrų suma siekė 326,97±62,42 °C. Ankstyvosios ir pilnos brandos laikotarpiai buvo panašios trukmės, atitinkamai 23,33±2,96 dienos (GDD – 485,16±64,86 °C) ir 23,56±2,6 dienos (GDD – 458,9 °C).



24 paveikslas. Pupų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2025 m. pupų augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 6 eksperimentuose, kuriuose auginamos 4 veislės – Reda DS, Daisy, Fuego ir Tiffany. Visi eksperimentai vykdyti tradicinėje sėjomainoje. Pupų sėjos laikas buvo balandžio 18 – gegužės 1 dienomis, o derlius nuimtas rugsėjo 9–12 dienomis. Vidutinė pupų vegetacijos trukmė siekė 124,0

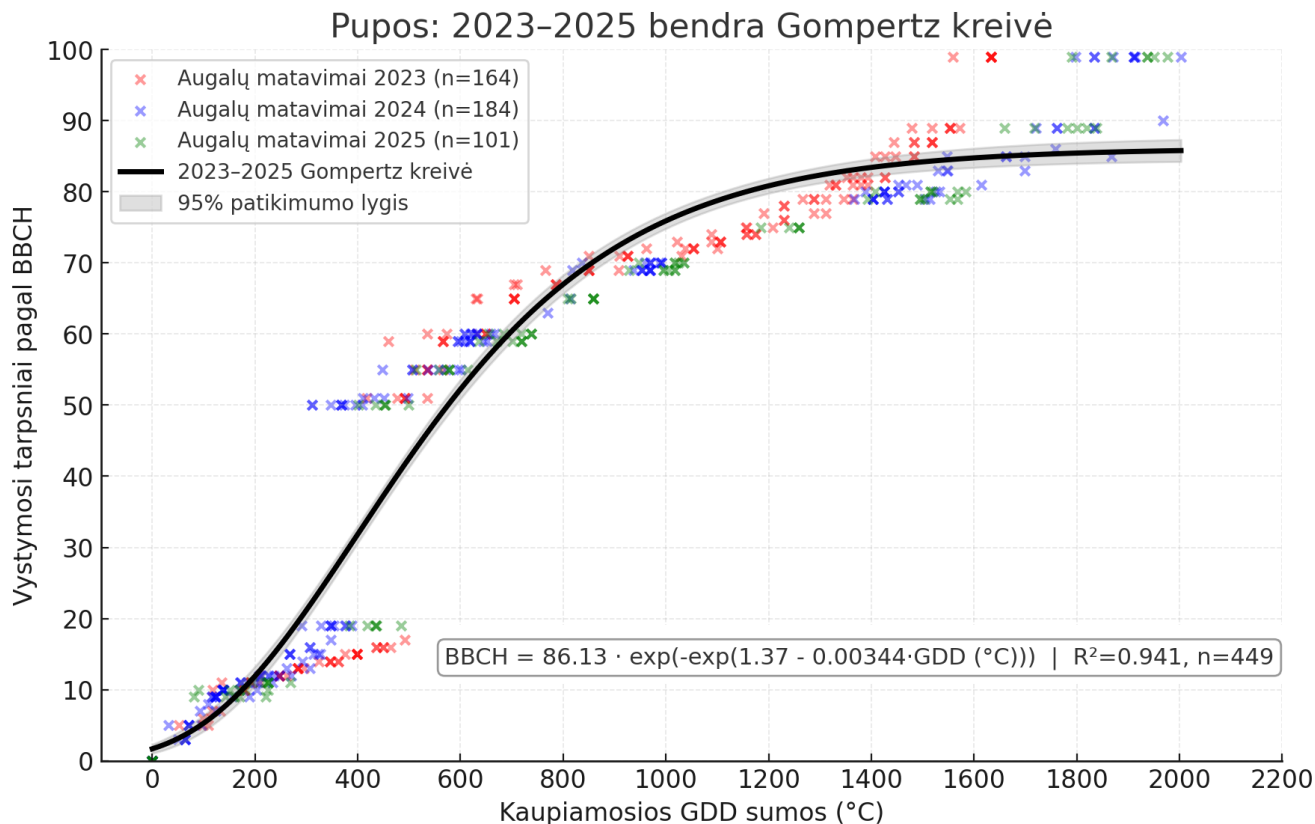
$\pm 5,4$ dienos ir per šį laikotarpį sukaupta $1910,3 \pm 68,7$ °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 25 paveikslą). Pupų auginimo sezono metu vidutinė oro temperatūra siekė $15,3 \pm 0,1$ °C, t. y. $0,6$ °C žemiau už daugiametę klimato normą. Kritulių kiekis per vegetacijos laikotarpį buvo $297,8 \pm 3,1$ mm, arba apie 109 % daugiametės normos, todėl 2025 m. pupų auginimui buvo vėsoki ir vidutinio drėgnumo. Tokios sąlygos lėmė tolygų pupų augimą ir mažesnę vystymosi tarpsnių variaciją, lyginant su ankstesniais metais. Analizuojant atskirus augimo tarpsnius nustatyta, kad pupoms sudygti (BBCH 00–09) vidutiniškai prirėikė $14,8 \pm 3,6$ dienų, ir per šį laikotarpį sukaupta $155,6 \pm 45,1$ °C augimo temperatūrų suma. Lapų vystymosi tarpsnis (BBCH 10–19) truko $25,5 \pm 2,9$ dienas (GDD – $276,4 \pm 40,6$ °C). Butonizacijos laikotarpis (BBCH 50–59) tęsėsi $16,7 \pm 1,6$ dienos (GDD – $262,3 \pm 26,4$ °C), o žydėjimo tarpsnis (BBCH 60–69) – $18,0 \pm 2,4$ dienos (GDD – $298,7 \pm 40,0$ °C). Grūdų formavimosi ir brendimo laikotarpiai (BBCH 70–99) kartu truko apie 49 dienas, per kurias sukaupta $917,2 \pm 46,1$ °C augimo temperatūrų suma.



25 paveikslas. Pupų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2023–2025 metų apibendrinimas. Apibendrinus trijų metų (2023–2025 m.) pupų augimo ir vystymosi duomenis, kuriuose iš viso stebėtas 21 eksperimentas ir atlikti 449 matavimai (žr. 26 paveikslą), nustatyta, kad pupų vystymosi eiga, kaip ir kitų augalų, glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD).

Nepaisant meteorologinių sąlygų skirtumų tarp metų, bendrosios pupų vystymosi tendencijos išliko panašios, o atskirų augimo tarpsnių trukmė glaudžiai siejosi su sukaupta šilumos suma. Gompertz modelis parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos geba paaiškinti apie 94 % ($R^2 = 0,941$) pupų vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Remiantis bendra kreive, intensyviausias pupų vystymasis vyko, kai kaupiamoji temperatūrų suma siekė 400–1400 °C. Nors Gompertz modelis gana tiksliai ir reprezentatyviai apibūdina pagrindinius pupų vystymosi etapus, kai kurie tarpsniai, tokie kaip lapų vystymosi pabaiga (BBCH 16–19) ir butonizacijos pradžia, modeliu atvaizduoti mažiau tiksliai. Todėl ateityje būtų tikslinga atlikti papildomus stebėjimus šių tarpsnių metu, siekiant dar labiau patikslinti modelio parametrus ir pagerinti jo prognozinį tikslumą.

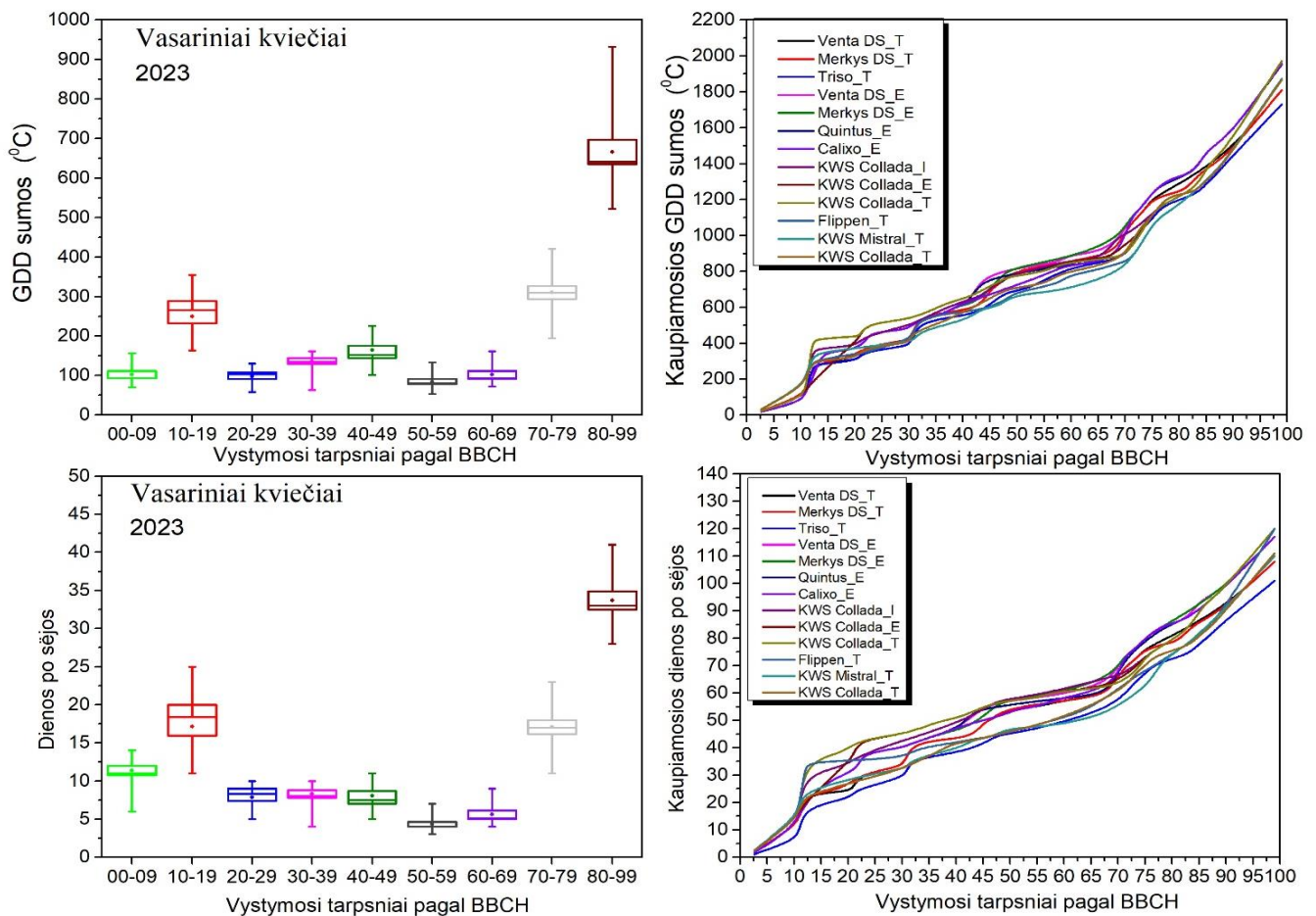


26 paveikslas. Pupų vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti visų trijų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti pupų augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.7. Vasarinių kviečių augimo ir vystymosi pokyčiai

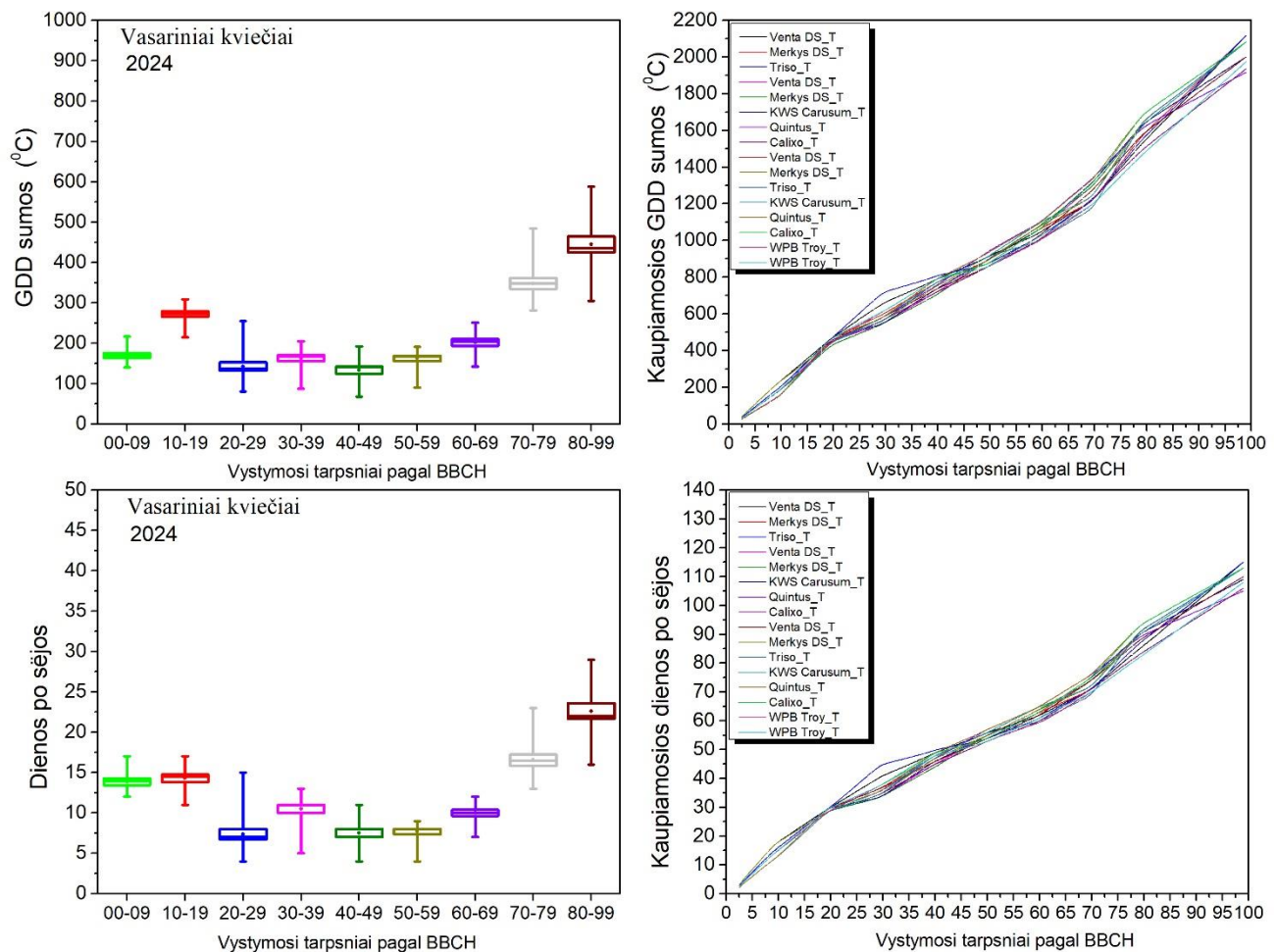
2023 m. vasarinių kviečių augimas ir vystymasis stebėti 13 skirtingų eksperimentų, kuriuose pasirinktos 8 kviečių veislės, o augalai auginti pagal skirtingas agrotechnologijas (pvz., tradicinę ir ekologinę). Tyrimo metais vasarinių kviečių sėjos laikas šiek tiek svyravo (nuo 2023 04 26 iki 2023 05 10), o derlius nuimtas 2023 08 16–23, todėl vasarinių kviečių augimo ir vystymosi sąlygos buvo šiek tiek nevienodos temperatūros ir drėgmės atžvilgiu. Visgi, nepaisant skirtingų sėjos laikų, agrotechnologijų ir veislių, vidutinis vasarinių kviečių auginimo laikotarpis buvo gana panašus ir siekė $113,8 \pm 6,1$ dienų, o per šį laikotarpį kaupiamoji augimo temperatūrų suma

vidutiniškai siekė $1912,8 \pm 98,2$ °C (žr. 27 paveikslą). Minėtu laikotarpiu vidutinė oro temperatūra siekė $16,9 \pm 0,3$ °C, arba $0,3$ °C aukščiau negu daugiamečiai (1991–2020 m.) vidurkis, o kritulių kiekis siekė tik $137,3 \pm 16,6$ mm (59 % daugiamečių normos). Apibendrinant galima teigti, kad 2023 m. vyravusios aplinkos sąlygos vasarinių kviečių augimui ir vystymuisi buvo vidutinio šilumo ir sausringos. Stebint visus eksperimentus, gauta išvada, kad augalai vidutiniškai sudygo per $11,4 \pm 2,3$ dienų (GDD – $102,3 \pm 31,3$ °C), lapų vystymasis truko $17,2 \pm 4,4$ dienų (GDD – $249,0 \pm 61,03$ °C). Vasarinių kviečių krūmijimosi, bambklėjimo ir vamzdelėjimo periodai (t. y. BBCH 20–29, 30–39 ir 40–49 atitinkamai) buvo labai panašūs ir kiekvienas iš minėtų periodų vidutiniškai truko $\approx 7,8$ – $8,3$ dienas, tačiau krūmijimosi metu augimo temperatūrų suma buvo mažesnė ir siekė $97,8 \pm 21,5$ °C, kuomet bambklėjimo ir vamzdelėjimo metu šios sumos buvo didesnės ir vidutiniškai siekė $136,8 \pm 27,7$ °C ir $164,1 \pm 40,8$ °C. Vasarinių kviečių plaukėjimo ir žydėjimo periodai truko vidutiniškai $4,3 \approx 1,1$ ir $5,6 \pm 1,9$ dienas, o augimo temperatūrų suma taip pat buvo panaši ir siekė atitinkamai $84,5 \pm 23,3$ °C ir $102,5 \pm 33,4$ °C. Grūdų vystymosi pradžia (BBCH 70–79) truko vidutiniškai $17,1 \pm 3,3$ dienų ir augimo temperatūrų suma siekė $310,1 \pm 60,9$ °C. Sekantis grūdų formavimosi periodas, t. y. nuo grūdo brandos iki derliaus nuėmimo (BBCH 80–99), vidutiniškai truko $33,7 \pm 4,3$ dienas, ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma siekė $665,7 \pm 112,6$ °C.



27 paveikslas. Vasarinių kviečių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

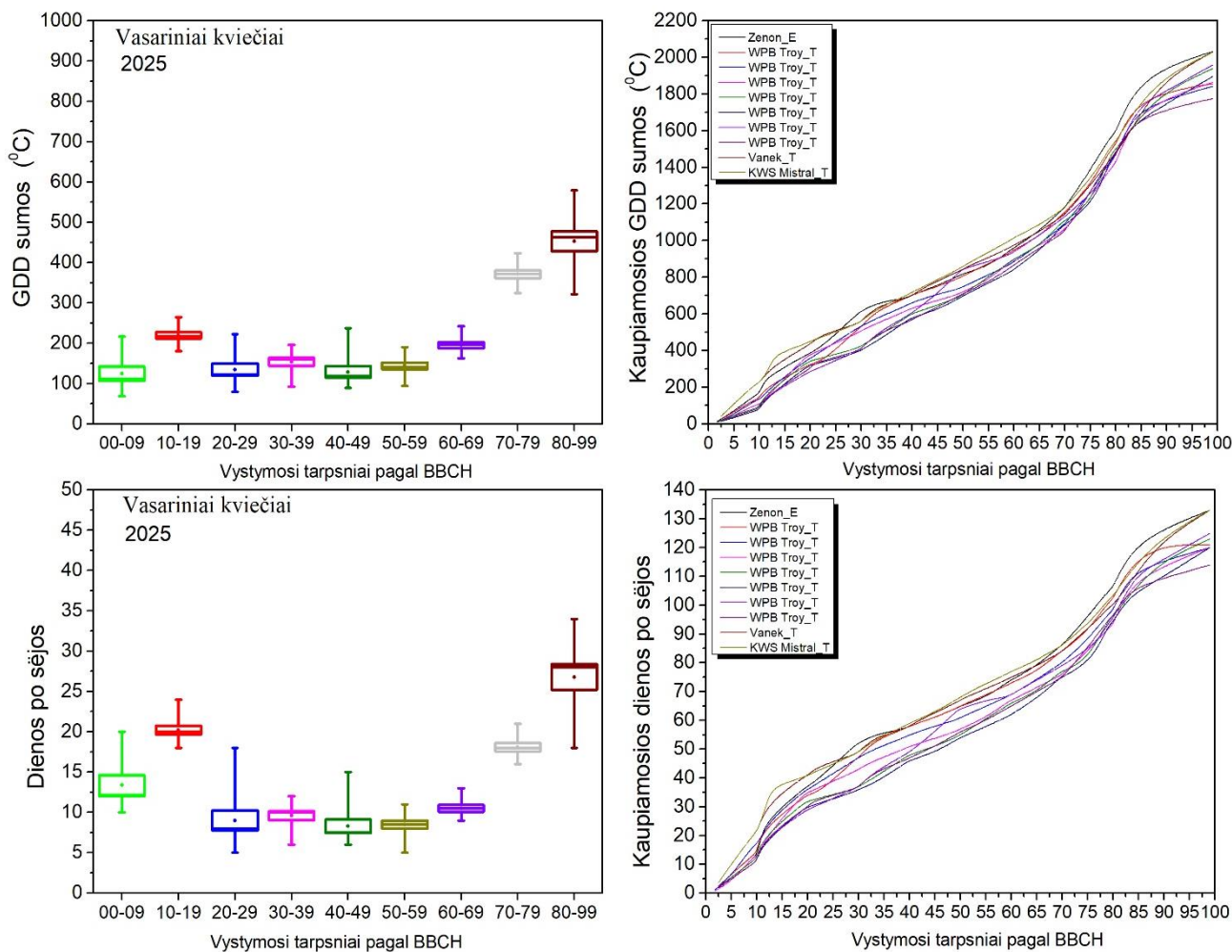
2024 m. vasarinių kviečių augimas ir vystymasis stebėti 16 skirtingų eksperimentų, kuriuose augintos 7 kviečių veislės, taikant skirtingas agrotechnologijas. Kai kurios veislės, tokios kaip „Venta DS“, „Merkys DS“, „KWS Carusum“, „Quintus“ ir „Calixo“, augintos tiek pagal tradicinę, tiek pagal ekologinę sėjomainą. Vasarinių kviečių sėja 2024 m. vykdyta beveik vienu metu – 2024 05 01 arba 2024 05 02, o derlius nuimtas 2024 08 14–23. Vidutinis auginimo laikotarpis buvo panašus – $110,4 \pm 2,9$ dienų, o per šį laikotarpį sukaupta augimo temperatūrų suma siekė vidutiniškai $2036,6 \pm 66,5$ °C (žr. 28 paveikslą). Šiuo laikotarpiu vidutinė oro temperatūra buvo $18,06 \pm 0,3$ °C, t. y. $1,7$ °C aukštesnė nei daugiametis (1991–2020 m.) vidurkis, o kritulių kiekis siekė $192,4 \pm 5,8$ mm (92,5 % daugiametės normos). Apibendrinant, 2024 m. aplinkos sąlygos vasarinių kviečių augimui ir vystymuisi buvo šiltos ir vidutinio drėgnumo. Visuose eksperimentuose pastebėta, kad augalai sudygo per vidutiniškai 12 dienų (GDD – $169,5 \pm 23,9$ °C), o lapų vystymasis truko $14,3 \pm 1,9$ dienų (GDD – $272,4 \pm 26,1$ °C). Vasarinių kviečių krūmijimosi, bambėjimo ir vamzdelėjimo periodai buvo panašios trukmės, kiekvienas jų truko vidutiniškai 7,4–10,5 dienų, o vidutinė GDD suma per šiuos periodus svyravo $133,1$ – $162,8$ °C ribose. Vasarinių kviečių plaukėjimo ir žydėjimo periodai truko vidutiniškai atitinkamai $7,7 \pm 1,3$ ir $10 \pm 1,5$ dienų, o augimo temperatūrų suma buvo panaši – atitinkamai $162,1 \pm 25,6$ °C ir $201,8 \pm 36,6$ °C. Ankstyvasis grūdų vystymasis (BBCH 70–79) vidutiniškai truko $16,6 \pm 2,8$ dienų, per kurias augimo temperatūrų suma siekė $347,9 \pm 56,1$ °C. Grūdų formavimosi periodas (BBCH 80–99) vidutiniškai truko $22,6 \pm 3,8$ dienas, o per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma siekė $444,9 \pm 79,5$ °C.



28 paveikslas. Vasarinių kviečių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

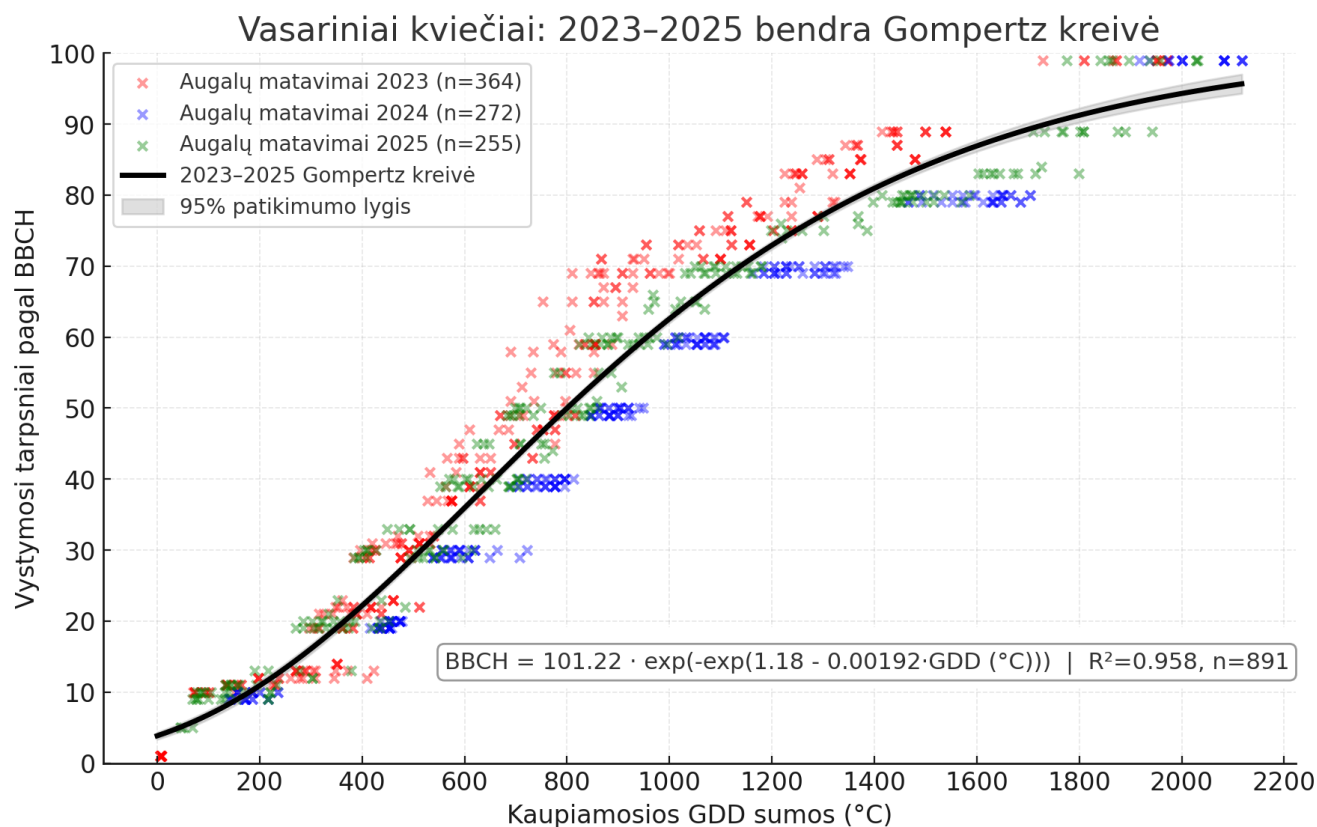
2025 m. vasarinių kviečių augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 10 eksperimentų, kuriuose augintos 4 veislės – Zenon, WPB Troy, Vanek ir KWS Mistral. Dauguma eksperimentų vykdyta tradicinėje sėjomainoje, o veislė Zenon auginta ekologinėje sėjomainoje. Kviečiai sėti balandžio 17 – gegužės 6 d., o derlius nuimtas rugpjūčio 18–rugsėjo 1 d. Vidutinė vasarinių kviečių vegetacijos trukmė siekė $124,4 \pm 3,9$ dienos, o per šį laikotarpį sukaupta $1912,8 \pm 90,1$ °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 29 paveikslą). Vidutinė oro temperatūra vegetacijos metu siekė $15,2 \pm 0,2$ °C, t. y. 1,0 °C žemiau nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.). Vidutinis kritulių kiekis sudarė $307,7 \pm 2,1$ mm, arba apie 127 % daugiamečių normos. Todėl 2025 m. vasarinių kviečių augimo sezonas buvo vėsus ir drėgnas. Analizuojant atskirus augimo tarpsnius nustatyta, kad kviečiams sudyti vidutiniškai prirėkė $13,4 \pm 3,9$ dienų, per kurias sukaupta $124,3 \pm 25,2$ °C augimo temperatūrų suma. Lapų vystymosi tarpsnis truko $20,2 \pm 1,8$ dienos (GDD – $219,2 \pm 48,9$ °C). Krūmijimosi laikotarpis truko $9,0 \pm 4,0$ dienas (GDD – $134,5 \pm 31,7$ °C), o bambėjimo tarpsnis – $9,6 \pm 1,8$ dienas (GDD – $153,5 \pm 43,5$ °C). Vamzdelėjimo ir plaukėjimo tarpsniai truko atitinkamai $8,3 \pm 2,6$ ir $8,5 \pm 1,6$ dienas, per kuriuos sukaupta 128,7

$\pm 26,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir $143,4 \pm 26,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ augimo temperatūrų suma. Žydėjimo tarpsnis truko $10,5 \pm 1,4$ dienos (GDD – $194,7 \pm 25,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Grūdų formavimosi pradžia vidutiniškai truko $18,1 \pm 1,7$ dienos (GDD – $370,9 \pm 32,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), o brendimo laikotarpis – $26,8 \pm 5,1$ dienos, per kurias sukaupta $452,8 \pm 78,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ augimo temperatūrų suma.



29 paveikslas. Vasarinių kviečių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2023–2025 metų apibendrinimas. Apibendrinus trijų metų (2023–2025 m.) vasarinių kviečių augimo ir vystymosi duomenis, kuriuose iš viso stebėti 39 eksperimentai ir atlikti 891 matavimai (žr. 30 paveikslą), nustatyta, kad vasarinių kviečių vystymosi eiga glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD). Sudarytas Gompertz modelis parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos geba paaiškinti apie 96 % ($R^2 = 0,958$) vasarinių kviečių vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Remiantis bendra kreive, intensyviausias kviečių vystymasis vyko, kai kaupiamoji temperatūrų suma siekė 400–1300 $^{\circ}\text{C}$, t. y. nuo bamlėjimo iki žydėjimo tarpsnių. Vystymosi tempas palaipsniui mažėjo, augalams pereinant į vėlyvuosius reprodukcinis tarpsnius (BBCH 70–99). Bendra Gompertz kreivė tiksliai apibūdina pagrindinius kviečių vystymosi etapus skirtingomis meteorologinėmis sąlygomis ir gali būti sėkmingai taikoma prognozuojant augimo dinamiką ir planuojant agronominis darbus – sėjos, tręšimo ir derliaus nuėmimo laikotarpius.

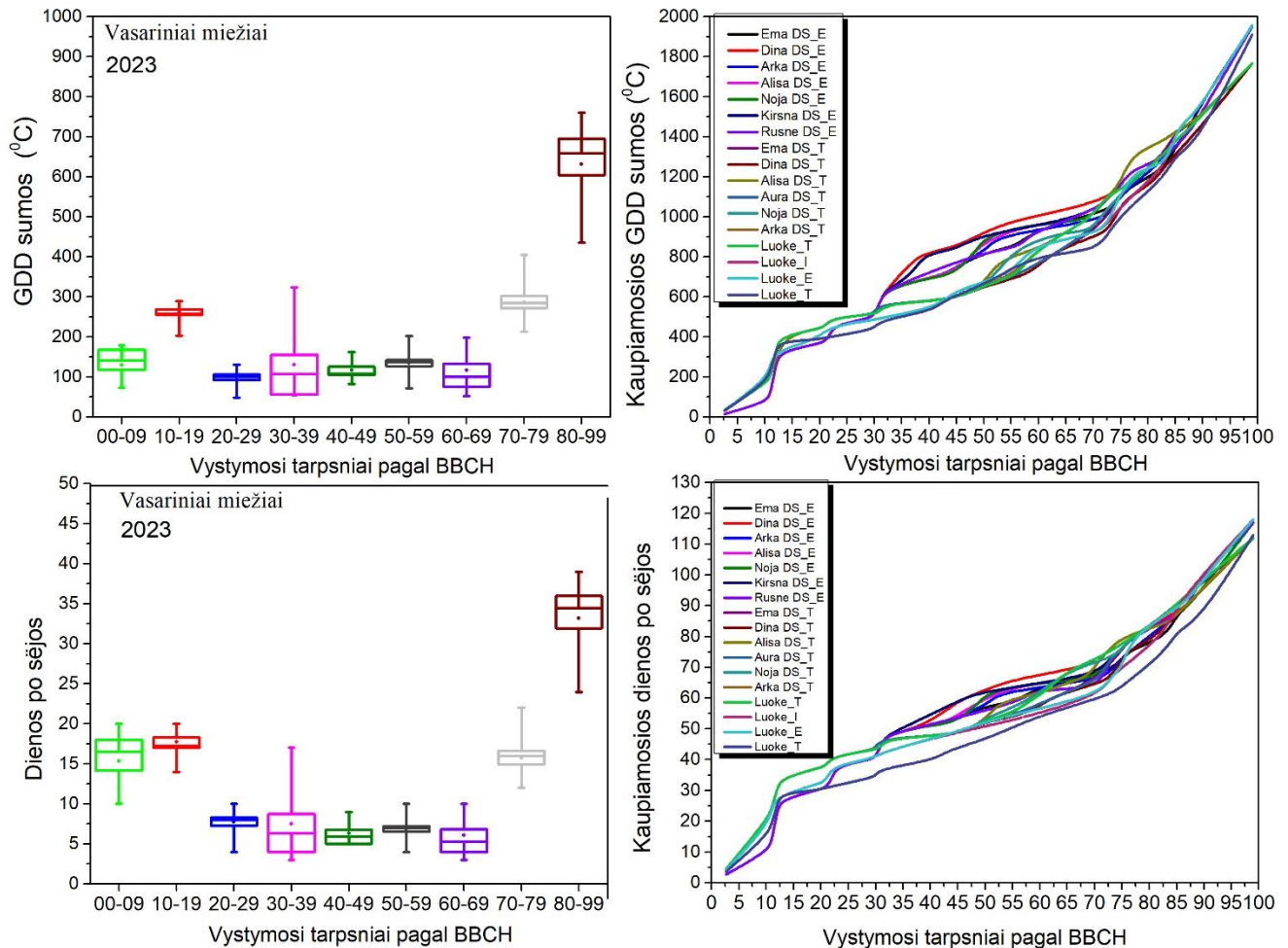


30 paveikslas. Vasarinių kviečių vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti visų trijų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti kviečių augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.8. Vasarinių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai

2023 m. vasarinių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 17 skirtingų eksperimentų, kuriuose auginti 8 veislių miežiai, taip pat įskaitant ir skirtingas pasirinktas agrotechnologijas. Vasariniai miežiai sėti 2023 04 22 iki 2023 05 04, ir derlius nuimtas 2023 08 11–23. Stebėtuose eksperimentuose trumpiausia miežių vegetacija truko 112 d., o ilgiausia – 118 d. (žr. 31 paveikslą). Minėtu laikotarpiu kaupiamoji augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $1868,9 \pm 100,2$ °C. Miežių vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė $16,6 \pm 0,6$ °C, arba 0,7 °C daugiau negu standartinė klimato norma (1991–2020 m.), kritulių kiekis buvo nedidelis ir per visą vegetacijos sezoną svyravo tik 122,8–142,6 mm ribose, arba ≈ 52 % nuo daugiamečių normos. Apibendrinus meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2023 m. miežių auginimui buvo vidutinio šilumo ir sausringi. Išanalizavus visus stebėtus eksperimentus, nustatyta, kad vasariniai miežiai vidutiniškai sudygo per $15,3 \pm 2,7$ dienų, ir per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma siekė $129,5 \pm 49$ °C. Vasarinių miežių lapų vystymosi periodas vidutiniškai truko $17,8 \pm 2,1$ dienų, o per šį laikotarpį augimo temperatūrų suma svyravo 202–288 °C ribose. Miežių krūmijimosi periodu nežymiai pasimatė augalų vystymosi skirtumai, kai naudotos skirtingos agrotechnologijos. Miežius auginant ekologinėje sėjomainoje, krūmijimosi periodas truko apie 10 d. (GDD ≈ 130 °C), kai tradicinėje sėjomainoje šis periodas buvo trumpesnis ir truko tik 4 d. (GDD ≈ 70 °C). Miežių bamblėjimo metu minėti skirtumai dar šiek tiek padidėjo, t. y. ekologinėje sėjomainoje bamblėjimo periodas truko 11–17 d. (GDD 190–

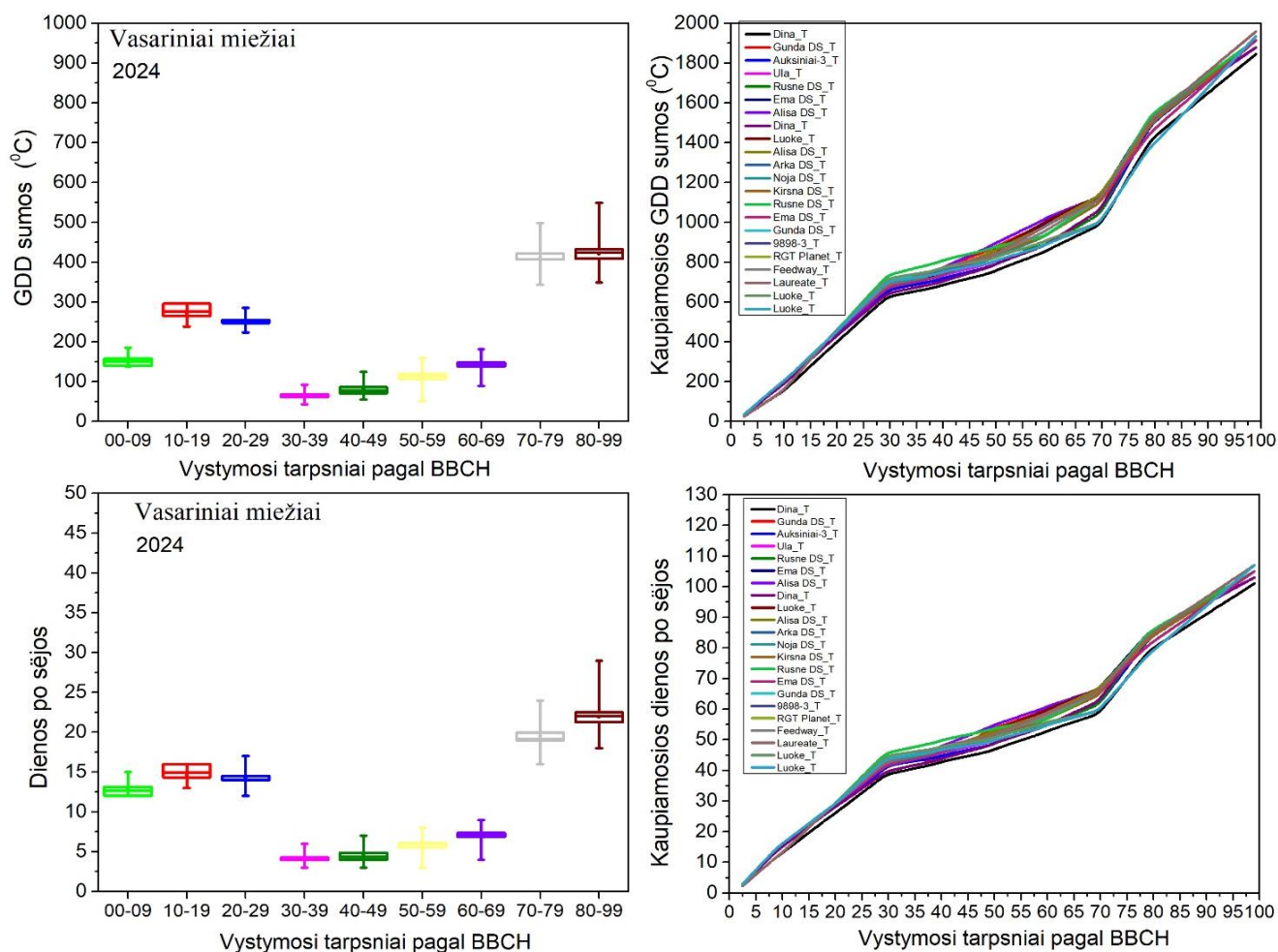
320 °C), kai tuo metu tradicinėje sėjomainoje šis periodas truko tik apie 5 d. (GDD \approx 56 °C). Vėlyvesniu miežių augimo ir vystymosi metu šie skirtumai tarp skirtingų agrotechnologijų nebuvo tokie pastebimi. Pavyzdžiui, vasarinių miežių bambklėjimo, vamzdelėjimo ir žydėjimo periodai truko panašiai, t. y. vidutiniškai apie 6,1–6,8 dienas ir jų metu vidutinės kiekvieno periodo GDD siekė \approx 116–134 °C. Grūdų formavimosi pradžia, t. y. BBCH 70–79, vidutiniškai tęsėsi 15,8 \approx 3,5 dienų ir per šį laikotarpį GDD svyravo 212–404 °C ribose. Sekantis periodas nuo BBCH 80 iki BBCH 99 vidutiniškai truko 33,2 \pm 5 dienas ir per šį laikotarpį GDD svyravo 499–759 °C ribose.



31 paveikslas. Vasarinių miežių augimo tarpnsiams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024 m. vasarinių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 22 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose auginta 15 miežių veislių. 8 eksperimentuose miežiai auginti taikant tradicines agrotechnologijas, o likusiuose 14 eksperimentų – ekologinėje sėjomainoje. Vasariniai miežiai sėti gegužės pradžioje, 2024 05 01–03, o derlius nuimtas 2024 08 11–14. Stebėtuose eksperimentuose miežių vegetacijos trukmė svyravo nuo 101 iki 107 dienų (žr. 32 paveikslą). Nurodytu laikotarpiu kaupiamoji augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $2036,6 \pm 66,5$ °C. Miežių vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra buvo $17,9 \pm 0,1$ °C, tai yra 1,7 °C daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis išliko stabilus per visą vegetacijos sezoną ir siekė $187,2 \pm 1,1$ mm,

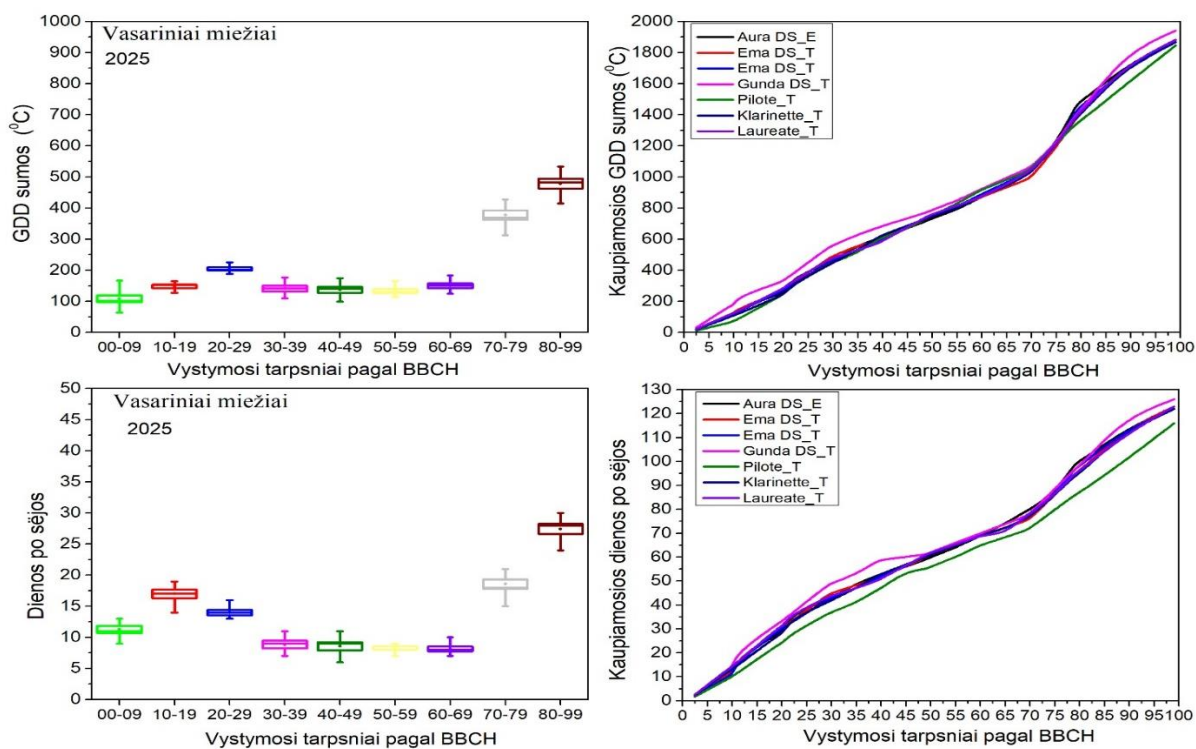
arba 90 % daugiamečių normos. Apibendrinus meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2024 m., kaip ir daugumai kitų vasarinių augalų, buvo šilti ir vidutinio drėgnumo. Apibendrinus visus 22 stebėtus eksperimentus, nustatyta, kad vasariniai miežiai vidutiniškai sudygo per $12,9 \pm 1,1$ dienų, per kurias augimo temperatūrų suma siekė $154,2 \pm 17,9$ °C. Vasarinių miežių lapų vystymosi periodas (BBCH 10–19) truko vidutiniškai $14,6 \pm 1,5$ dienų, o šiuo laikotarpiu augimo temperatūrų suma svyravo tarp 238 ir 296 °C. Miežių krūmijimosi periodas taip pat truko panašiai – $14,3 \pm 1,2$ dienų (GDD suma – $251,3 \pm 18$ °C). Miežių bambklėjimo, vamzdelėjimo ir plaukėjimo periodai buvo panašios trukmės, vidutiniškai siekdami atitinkamai $4,1 \pm 0,8$ dienas (GDD – $64,7 \pm 13,4$ °C), $4,6 \pm 1,1$ dienas (GDD – $81,9 \pm 20,1$ °C) ir $5,8 \pm 1,2$ dienas (GDD – $113,3 \pm 28,8$ °C). Vėlesni augimo tarpsniai buvo vis ilgesni. Pavyzdžiui, žydėjimas truko $7,1 \pm 1,1$ dienas (GDD suma – $143,6 \pm 22,9$ °C), grūdų formavimosi pradžia truko $19,6 \pm 1,8$ dienų (GDD – $414,2 \pm 33,9$ °C), o paskutinis tarpsnis nuo BBCH 80 iki BBCH 99 vidutiniškai truko $21,9 \pm 2,9$ dienas, per kurį GDD svyravo nuo 350 iki 550 °C.



32 paveikslas. Vasarinių miežių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2025 m. vasarinių miežių augimo ir vystymosi eiga stebėta 7 eksperimentuose, kuriuose augintos 6 veislės – *Aura DS*, *Ema DS*, *Gunda DS*, *Pilote*, *Klarinette* ir *Laureate*. Dauguma bandymų vykdyti tradicinės sėjomainos

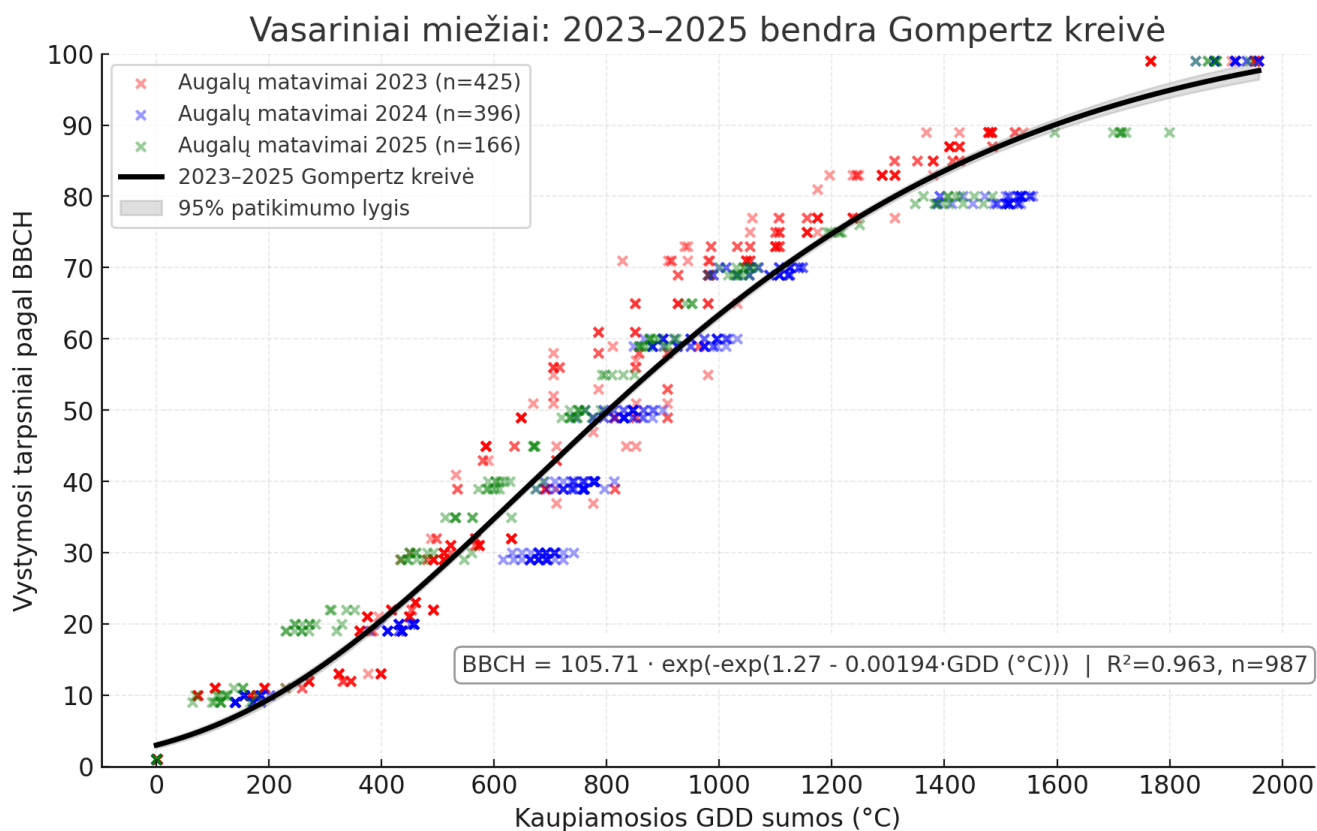
sistemose, išskyrus *Aura DS* veislę, augintą ekologinėmis sąlygomis. Sėja atlikta balandžio 17–gegužės 6 d., o derlius nuimtas rugpjūčio 18–27 d. Vidutinė vasarinių miežių vegetacijos trukmė siekė $122,1 \pm 3,6$ dienos, ir per šiuo laikotarpiu sukaupta $1879,6 \pm 53,3$ °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 33 paveikslą). Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra buvo $15,1 \pm 0,2$ °C, t. y. 1,0 °C žemesnė nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.), o kritulių kiekis siekė $296,7 \pm 9,6$ mm, arba apie 123 % daugiamečių normos. Aplinkos sąlygos 2025 m. buvo vėsokos ir drėgnos, tačiau pakankamai tolygios, kad užtikrintų vienodą ir darnų miežių augimą viso sezono metu. Analizuojant atskirus augimo tarpsnius nustatyta, kad sudygimui reikėjo vidutiniškai $11,3 \pm 1,5$ dienų, per kurias sukaupta $108,7 \pm 30,6$ °C šilumos. Lapų vystymosi laikotarpis truko $17,0 \pm 1,9$ dienos (GDD – $148,1 \pm 14,2$ °C), o krūmijimosi fazė – $14,0 \pm 1,2$ dienos (GDD – $204,6 \pm 13,2$ °C). Tolesni vystymosi etapai vyko gana dinamiškai. Bamlėjimo tarpsnis truko $8,9 \pm 1,6$ dienos (GDD – $141,0 \pm 24,9$ °C), o vamzdelėjimo periodas – $8,6 \pm 1,7$ dienos (GDD – $137,6 \pm 26,0$ °C). Plaukėjimas vyko per $8,3 \pm 0,8$ dienos, ir per šį laiką augalai sukaupė $133,4 \pm 16,4$ °C šilumos. Žydėjimo fazė truko $8,1 \pm 1,1$ dienos, o jos metu GDD siekė $150,0 \pm 20,3$ °C. Grūdų formavimosi pradžia tęsėsi $18,6 \pm 2,0$ dienos, per kurias sukaupta $377,7 \pm 38,3$ °C augimo temperatūrų suma. Paskutinė brandimo fazė truko vidutiniškai $27,4 \pm 2,1$ dienos, per kurią sukaupta $478,5 \pm 40,7$ °C šilumos.



33 paveikslas. Vasarinių miežių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus trijų metų (2023–2025 m.) vasarinių miežių augimo ir vystymosi duomenis, gautus iš 46 eksperimentų, kuriuose atlikta 987 matavimai (žr. 34 paveikslą), nustatyta, kad miežių vystymosi eiga buvo glaudžiai susijusi su temperatūros režimo kaita.

Nepaisant to, kad tarp metų vyravo skirtingos meteorologinės sąlygos, bendrosios vasarinių miežių augimo tendencijos išliko labai panašios – nepriklausomai nuo veislės, dirvožemio savybių ar taikytos sėjomainos. Skirtingų metų duomenys gerai sutapo su bendra Gompertz kreive, apibūdinančia miežių vystymosi eigą pagal BBCH skalę. Sukurtas Gompertz modelis parodė, kad kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) paaiškina apie 96 % ($R^2 = 0,963$) vasarinių miežių vystymosi variacijos. Remiantis modeliu, intensyviausias augalų vystymasis vyko, kai kaupiamoji temperatūrų suma siekė 400–1200 °C, t. y. maždaug nuo krūmijimosi iki žydėjimo tarpsnių. Vėlesniais etapais (BBCH 70–99) vystymosi tempas tolygiai mažėjo, o kreivė išsilygino, atspindėdama grūdų formavimosi ir brandimo procesus. Bendra Gompertz kreivė patikimai atspindi pagrindinius vasarinių miežių vystymosi dėsningumus ir gali būti taikoma augimo dinamikos prognozėms ir agronominiam planavimui, padedant tiksliau numatyti sėjos, tręšimo ir derliaus nuėmimo laikotarpius įvairiomis meteorologinėmis sąlygomis.

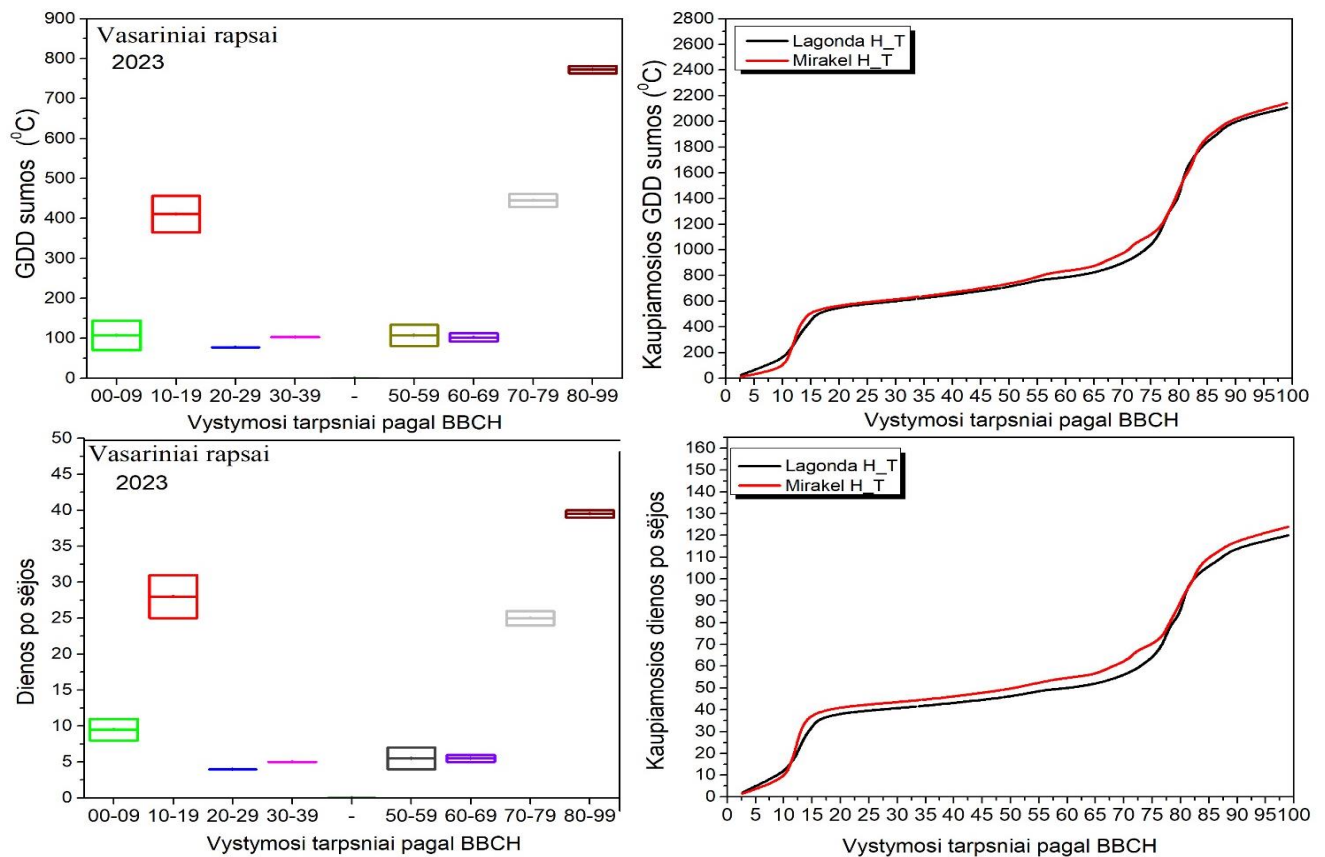


34 paveikslas. Vasarinių miežių vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti visų trijų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti miežių augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.9. Vasarinių rapsų augimo ir vystymosi pokyčiai

2023 m. vasarinių rapsų augimas ir vystymasis stebėtas 2 skirtinguose eksperimentuose, kiekviename iš jų pasirinktos skirtingos veislės, tačiau abejais atvejais rapsai auginti naudojant tradicines agrotechnologijas. Vasarinių rapsų vegetacijos laikotarpis svyravo 120–124 dienų ribose, o per jas augimo temperatūrų suma siekė

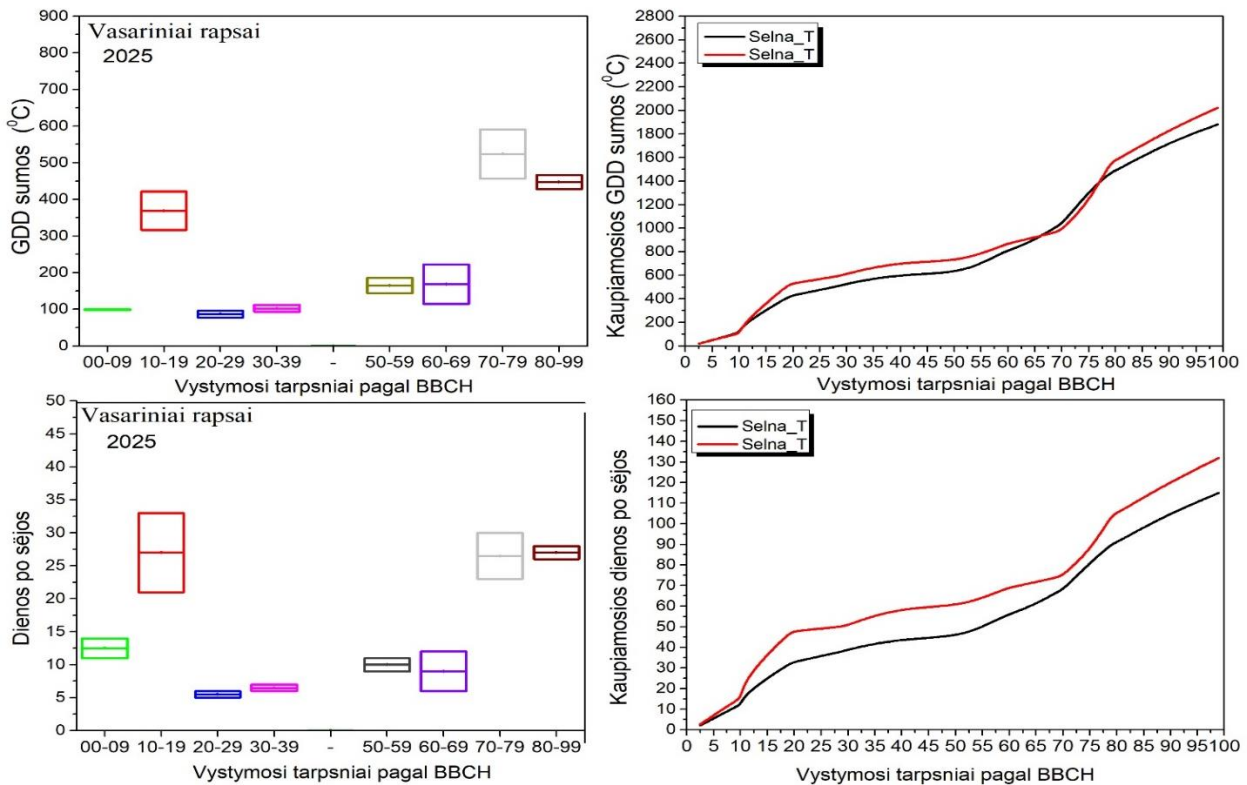
2106–2143 °C (žr. 35 paveikslą). Vasariniai rapsai sėti panašiu metu, t. y. 2023 05 05 ir 2023 05 08, derlius nuimtas 2023 09 04–05. Vasarinių rapsų vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė 17,4 °C, arba net 1,2 °C daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per vasarinių rapsų auginimo sezoną siekė 190,0 mm, tai sudarė 70 % daugiamečių normos. Apibendrinus 2023 m. meteorologinius duomenis, galima teigti, kad metai vasarinių rapsui augimui ir vystymuisi buvo šilti ir sausringi. Apibendrinus eksperimentus, nustatyta, kad rapsai sudygo per 8–11 dienų ir per jas augimo temperatūrų suma siekė 70–144 °C. Lapų vystymosi periodas truko 25–31 dienas ir per jas augimo temperatūrų suma svyravo 364–456 °C ribose. BBCH20–29 periodas truko tik 4 dienas (GDD – 77,2 °C), stiebo ilgėjimo periodas buvo panašios trukmės ir truko 5 dienas (GDD – 102,6 °C). Sekantys periodai, t. y. žiedo formavimasis ir žydėjimas, truko panašiai – vidutiniškai po 5,5 dienos ir per jas augimo temperatūrų suma svyravo 80,7–133 °C ribose. Ankštaros formavimosi periodas truko 24–26 dienas (GDD – 428,9–461,5 °C), periodas nuo brandos iki derliaus nuėmimo buvo ilgesnis ir truko 39–40 dienų ir per jas augimo temperatūrų suma svyravo 762,9–781 °C ribose.



35 paveikslas. Vasarinių rapsų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024 m. vasariniai rapsai nebuvo auginami LAMMC Žemdirbystės instituto tiksluose lauko eksperimentuose, todėl jų augimas nestebėtas.

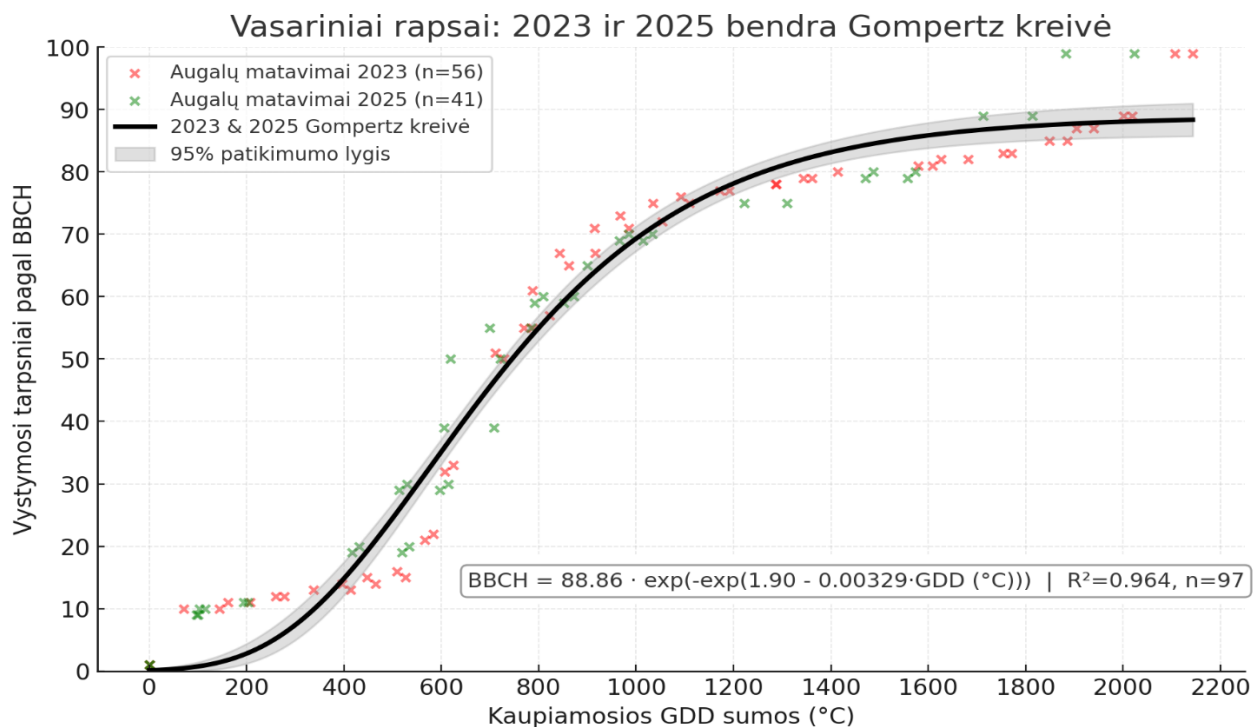
2025 m. vasarinių rapsų augimo ir vystymosi eiga stebėta 2 lauko eksperimentuose, kuriuose auginta ta pati Selna veislė, taikant tradicinę sėjomainą. Rapsai sėti balandžio 25 d. ir gegužės 10 d., o derlius nuimtas rugpjūčio 30 – rugsėjo 3 d. Vidutinė vegetacijos trukmė siekė $124,0 \pm 11,3$ dienos, o per šį laikotarpį sukaupta $1960,7 \pm 88,0$ °C kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) (žr. 36 paveikslą). Vasarinių rapsų vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė $15,5 \pm 0,6$ °C, t. y. apie 0,9 °C žemiau nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per visą vegetacijos sezoną sudarė $295,6 \pm 0,6$ mm, arba apie 118 % daugiamečių normos. Tokios sąlygos buvo vėsesnės ir drėgnesnės, nei įprasta, tačiau palankios rapsų augimui ir ilgesnei vegetacijai. Rapsams sudygti vidutiniškai prirėikė $12,5 \pm 2,1$ dienos, per kurias sukaupta $98,8 \pm 1,9$ °C šilumos suma. Lapų vystymosi tarpsnis truko $27,0 \pm 8,5$ dienos (GDD – $368,8 \pm 74,4$ °C). Krūmijimosi ir stiebo augimo laikotarpiai (BBCH 20–39) kartu sudarė apie 12 dienų, o per šį laikotarpį sukaupta $189,1 \pm 26,4$ °C šilumos suma. Žiedynų formavimosi ir žydėjimo tarpsniai (BBCH 50–69) truko vidutiniškai $19,0 \pm 1,4$ dienos, per kurias GDD suma siekė $333,1 \pm 106,7$ °C. Vėlyvieji vystymosi etapai – ankštųjų formavimasis (BBCH 70–79) ir sėklų brendimas (BBCH 80–99) – buvo ilgiausi. Jie truko atitinkamai $26,5 \pm 4,9$ ir $27,0 \pm 1,4$ dienas, per kurias sukaupta atitinkamai $524,0 \pm 95,1$ °C ir $447,0 \pm 27,1$ °C šilumos suma.



36 paveikslas. Vasarinių rapsų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus dviejų metų (2023 ir 2025 m.) vasarinių rapsų augimo ir vystymosi duomenis, kuriuose iš viso stebėti 4 eksperimentai ir atlikti 97 stebėjimai (žr. 37 paveikslą), nustatyta, kad vasarinių rapsų vystymosi

eiga glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD). Nepaisant to, kad meteorologinės sąlygos skyrėsi, 2023 m. buvo šilti ir sausringi, o 2025 m. vėsesni ir drėgnesni, bendros vystymosi tendencijos išliko panašios. Stebėti BBCH tarpsniai gerai sutapo su bendra Gompertz kreive, apibūdinančia vasarinių rapsų augimo dinamiką. Sukurtas Gompertz modelis parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos paaiškina apie 96 % ($R^2 = 0,964$) vasarinių rapsų vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Remiantis bendra kreive, intensyviausias augimas ir vystymasis vyko, kai GDD siekė 400–1000 °C, t. y. nuo stiebo augimo iki ankštųjų formavimosi tarpsnių. Vėlesniuose vystymosi etapuose (BBCH 70–99) augimo tempas palaipsniui mažėjo, o kreivė išsilygino, atspindėdama lėtesnį ir ilgesnį sėklų brandimo procesą. Apibendrinant galima teigti, kad Gompertz modelis patikimai apibūdina vasarinių rapsų vystymosi dėsningumus įvairiomis aplinkos sąlygomis ir gali būti naudingas prognozuojant augimo eigą ir planuojant agronominius darbus.

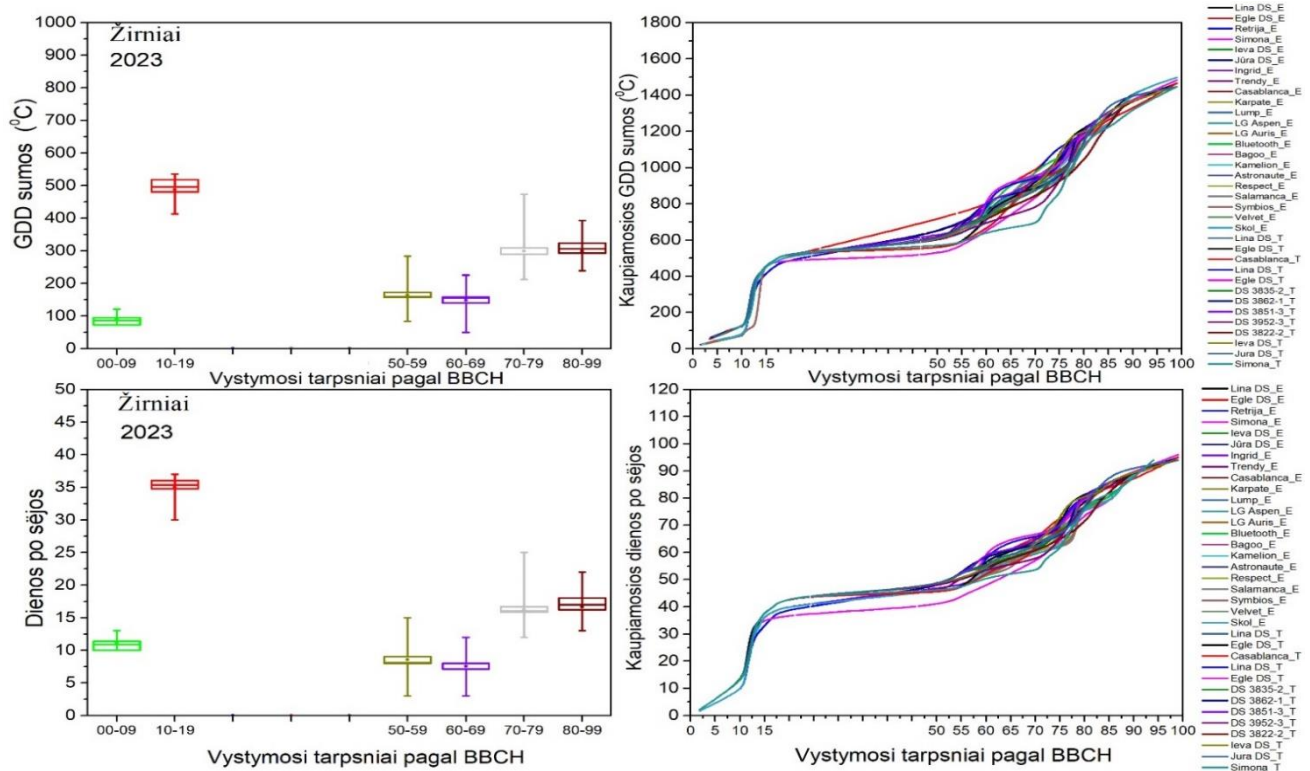


37 paveikslas. Vasarinių rapsų vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023 ir 2025 metais. Grafike pateikti abiejų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti rapsų augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.10. Žirnių augimo ir vystymosi pokyčiai

2023 m. žirnių lauko eksperimentų stebėta gausiausiai: 30 skirtingų veislių ir 5 selekciniai numeriai. Lauko eksperimentuose, kuriuose taikytos tradicinės/intensyvios agrotechnologijos, daugiausiai stebėta lietuviškos žirnių veislės ir selekciniai hibridai, o ekologiniuose eksperimentuose – dauguma veislių, esančių Nacionaliniame augalų veislių sąrašė (žr. 38 paveikslą). Palyginimui, veislės Lina DS, Eglė DS, Simona ir Casablanca stebėtos eksperimentuose, kuriuose taikytos skirtingos agrotechnologijos. 2023 m. žirnių vegetacija vidutiniškai truko $95,2 \pm 0,56$ dienas, o augimo temperatūrų suma šiuo laikotarpiu siekė $1493,8 \pm 42,12^\circ C$, kai suminis kritulių kiekis buvo tik $94,3 \pm 2,2$ mm. Žirnių vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė $15,5 \pm 0,4^\circ C$,

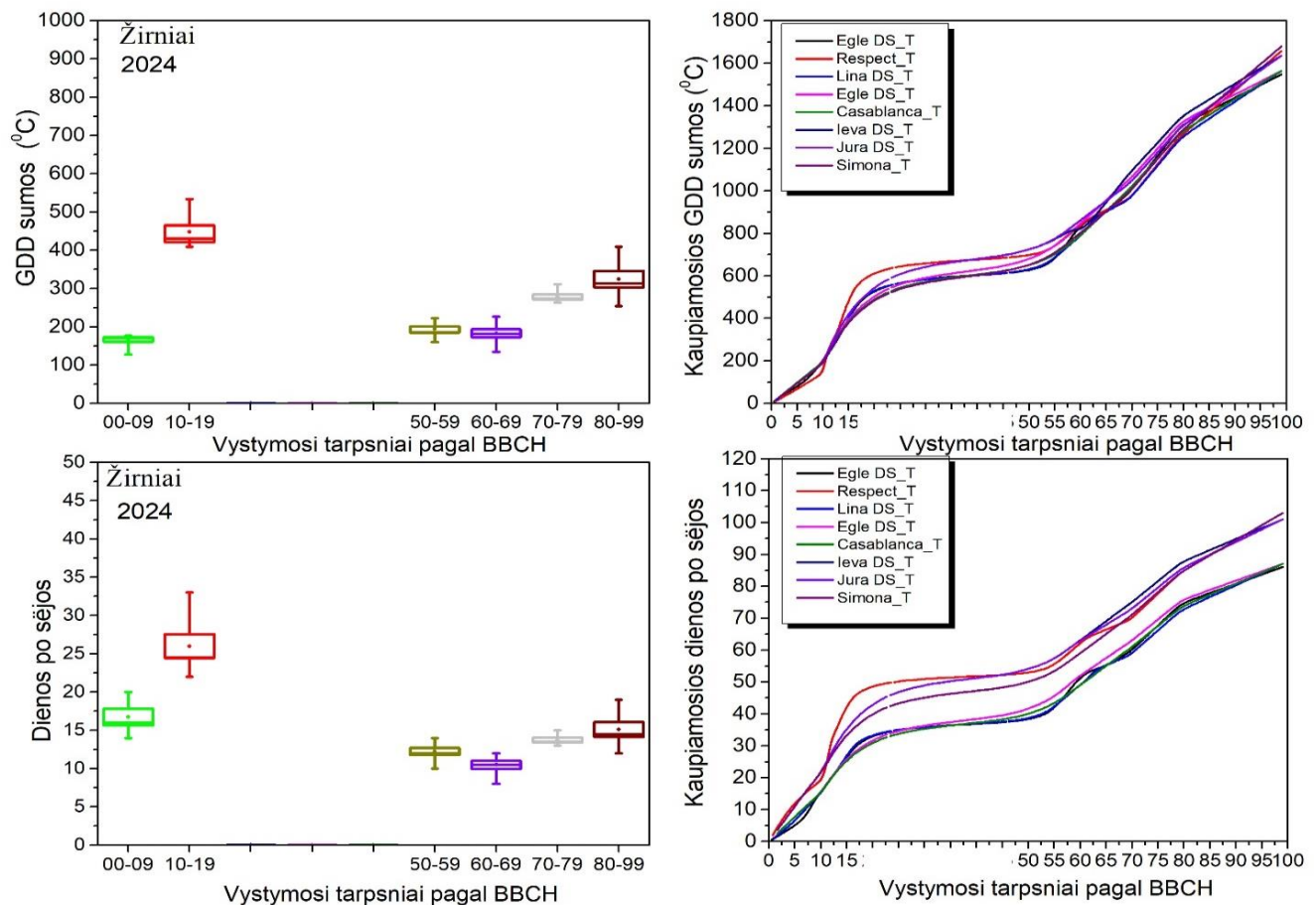
ir tai beveik identiškai atitiko daugiamečių normą. Kritulių kiekis per žirnių auginimo sezoną siekė ≈ 94 mm, ir tai sudarė tik pusę (48,9 %) daugiamečių normos. Apibendrinus 2023 m. meteorologinius duomenis, galima teigti, kad metai žirnių augimui ir vystymuisi buvo šilti ir sausringi. Žirniai vidutiniškai sudygo per $11,1 \pm 1,5$ dienų (BBCH 00–09). Dygimo periodo metu augimo temperatūrų suma buvo $89,0 \pm 23,3$ °C, o kritulių iškrito tik $1,8 \pm 1,6$ mm. Žirniai, auginami ekologiniuose eksperimentuose, pasėti vėliau, tačiau dygimo tarpsnis truko 3 dienomis trumpiau negu eksperimentuose, kuriuose naudotos tradicinės technologijos, nepaisant to, kad augimo temperatūrų suma ir kritulių kiekis ekologinėje sėjomainoje buvo mažesnis. Galima daryti prielaidą, kad ekologiniuose eksperimentuose dėl gausnesnio organinės anglies kiekio ir palankesnio drėgmės režimo, sudygimo periodas buvo palankesnis. Lapų vystymosi – stiebo ilgėjimo tarpsnis (BBCH 10–19, BBCH 30–39) truko gana ilgai, t. y. $35,1 \pm 1,8$ dienas, o augimo temperatūrų suma siekė $491,4 \pm 44,8$ °C. Butonizacijos ir žydėjimo tarpsniai (BBCH 50–59 ir BBCH 60–69) truko panašų laiko tarpą, atitinkamai $8,6 \pm 2,8$ ir $7,5 \pm 2,3$ dienas, per jas augimo temperatūrų suma taip pat buvo panaši – $165,0 \pm 47,5$ °C ir $147,9 \pm 45,9$ °C. Ankstyvosios ir pilnos brandos tarpsniai (BBCH 70–79 ir BBCH 80–89) buvo beveik identiški ir truko atitinkamai $16,3 \pm 2,5$ ir $16,6 \pm 2,3$ dienų, augimo temperatūrų suma siekė $299,6 \pm 55,1$ °C ir $301,1 \pm 40,7$ °C.



38 paveikslas. Žirnių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024 m. 8 lauko eksperimentuose stebėtos 7 žirnių veislės, visuose eksperimentuose taikant tradicines agrotechnologijas. 2024 m. žirnių vegetacija vidutiniškai truko $94,4 \pm 8,2$ dienas, ir šiuo laikotarpiu sukaupta augimo temperatūrų suma siekė $1596,3 \pm 51,9$ °C (žr. 39 paveikslą). Suminiam kritulių kiekiui per vegetaciją esant

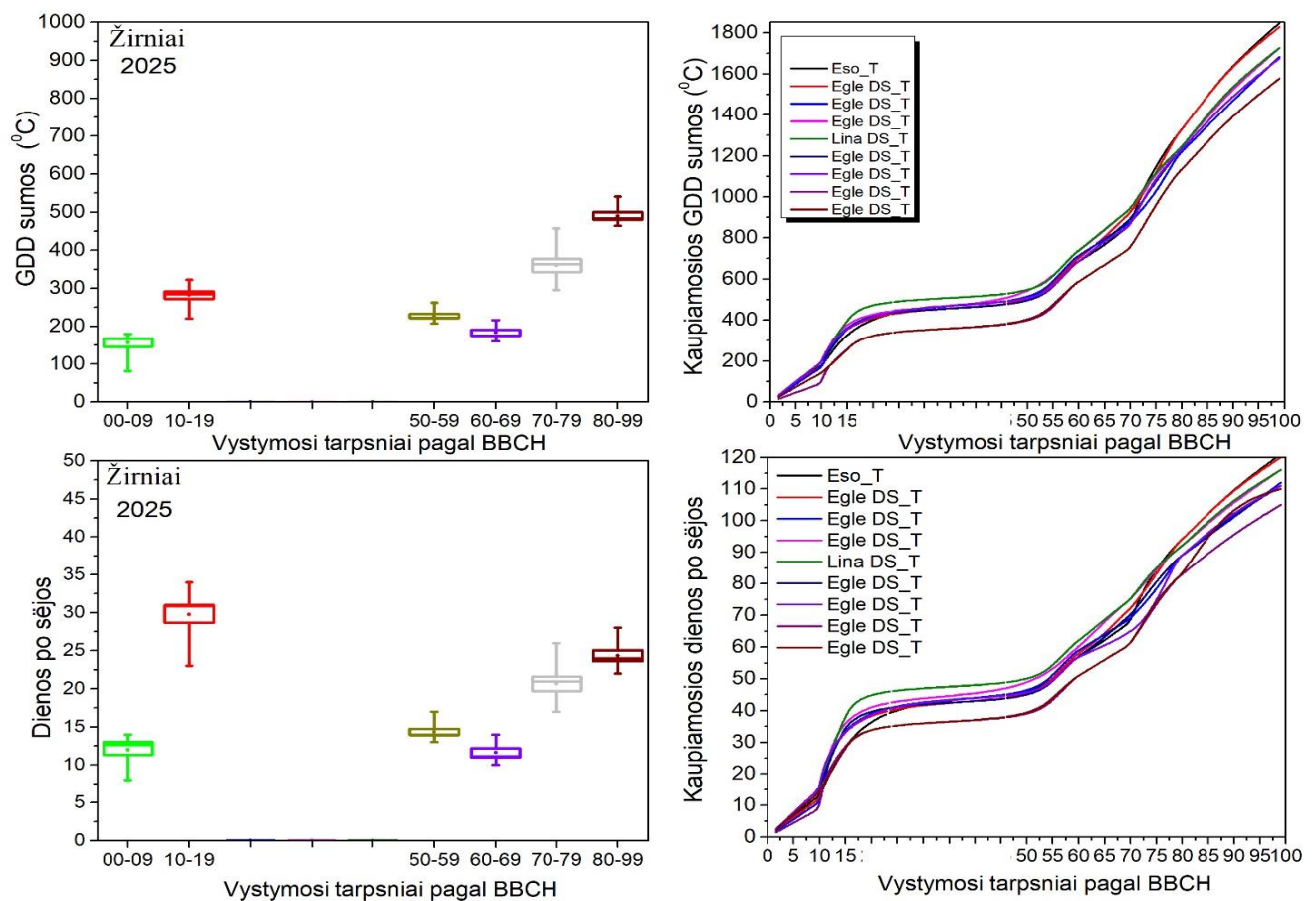
130,2 ± 28,4 mm, vidutinė oro temperatūra žirnių augimo metu buvo 16,8 ± 0,9 °C, tai yra 1,6 °C daugiau nei daugiametė norma. Kritulių kiekis sudarė 78,9 % daugiametės normos. Apibendrinus 2024 m. meteorologinius duomenis, galima teigti, kad metai žirnių augimui ir vystymuisi buvo šilti ir sausringi. Žirniai vidutiniškai sudygo per 16,8 ± 3,1 dienos (BBCH 00–09). Dygimo periodo metu sukaupta augimo temperatūrų suma siekė 167,2 ± 16,5 °C, o kritulių kiekis buvo 30,8 ± 20,3 mm. Lapų vystymosi ir stiebo ilgėjimo tarpsnis (BBCH 10–19, BBCH 30–39) truko 26 ± 4,4 dienas, per kurias augimo temperatūrų suma siekė 448,4 ± 49,1 °C. Butonizacijos ir žydėjimo tarpsniai buvo panašios trukmės, atitinkamai 12,3 ± 1,3 ir 10,5 ± 1,5 dienų, su panašia augimo temperatūrų suma – 194,1 ± 21,8 °C ir 183,3 ± 31,1 °C. Ankstyvosios ir pilnos brandos tarpsniai (BBCH 70–79 ir BBCH 80–89) taip pat buvo panašūs ir truko atitinkamai 13,8 ± 0,9 ir 15,1 ± 2,8 dienų, o sukaupta augimo temperatūrų suma buvo 278,4 ± 17,9 °C ir 324,9 ± 60,2 °C.



39 paveikslas. Žirnių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2025 m. žirnių augimo ir vystymosi dinamika stebėta 9 lauko eksperimentuose, kuriuose augintos 3 veislės – Eglė DS, Lina DS ir Eso, taikant tradicines agrotechnologijas. Žirniai sėti balandžio 11–22 dienomis, o derlius nuimtas rugpjūčio 4–14 dienomis, priklausomai nuo veislės ir bandymo vietos. Vidutinė vegetacijos trukmė siekė

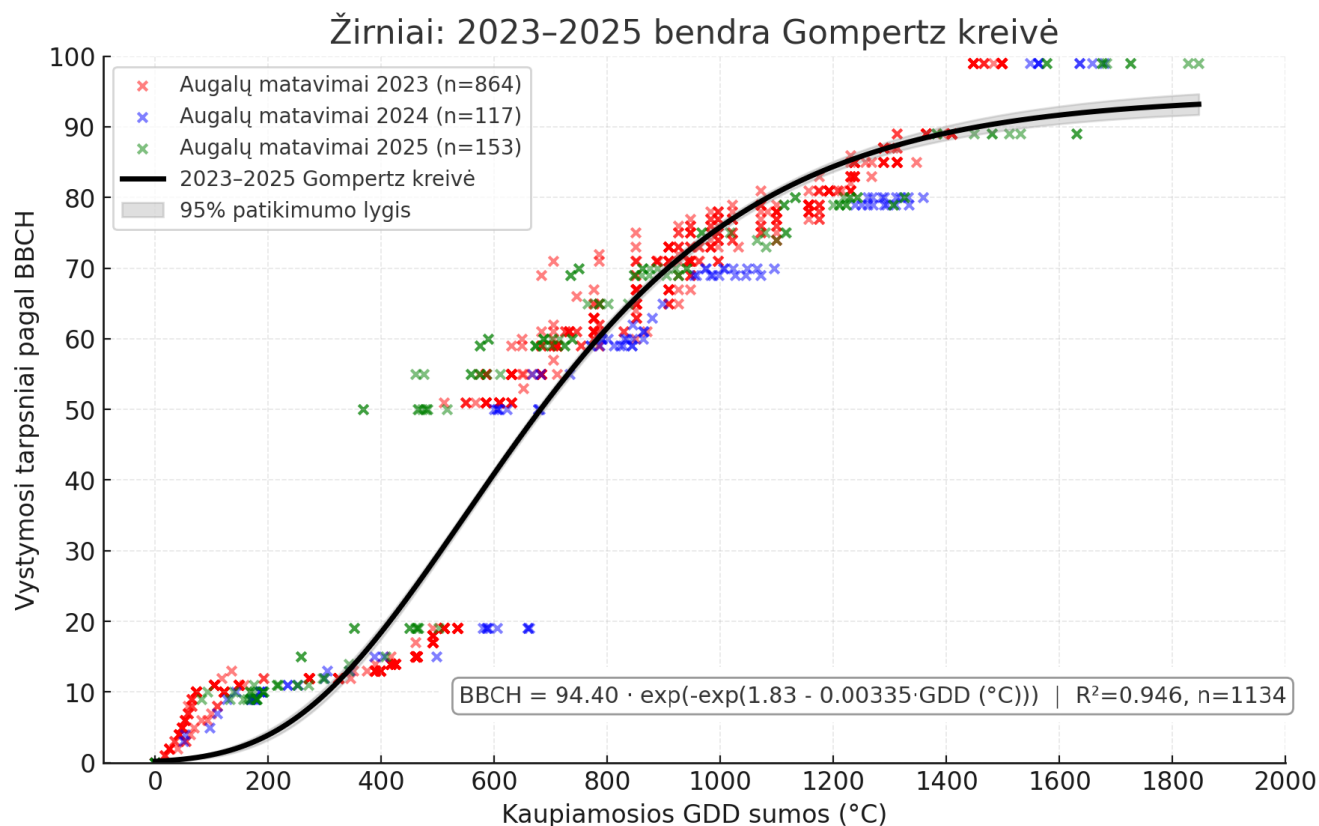
112,8 ± 6,1 dienos, ir šiuo laikotarpiu sukaupta 1701,2 ± 94,2 °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 40 paveikslą). Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė 14,8 ± 0,2 °C, t. y. apie 0,5 °C žemiau nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per žirnių auginimo sezoną sudarė 268,3 ± 50,3 mm, arba apie 124 % daugiamečių normos, todėl 2025 m. žirnių vegetacijos sąlygos buvo vėsesnės ir drėgnesnės nei ankstesniais metais. Tokios meteorologinės sąlygos šiek tiek prailgino vegetacijos trukmę, tačiau užtikrino tolygų augalų augimą ir vystymąsi viso sezono metu. Analizuojant atskirus augimo tarpsnius nustatyta, kad žirniams sudygti vidutiniškai prirėikė 12,0 ± 2,0 dienų, per kurias sukaupta 157,3 ± 32,4 °C augimo temperatūrų suma. Lapų vystymosi tarpsnis truko 29,8 ± 3,3 dienas (GDD – 282,6 ± 28,7 °C). Butonizacijos periodas tęsėsi apie 14 dienų, o šiuo metu sukaupta vidutiniškai 226,9 ± 17,0 °C šilumos suma. Žydėjimo pradžia ir pilnas žydėjimas truko 11,7 ± 1,6 dienos, ir šiuo laikotarpiu sukaupta 183,6 ± 22,1 °C šilumos suma. Vėlesni vystymosi tarpsniai – ankštarių formavimasis ir sėklų brendimas – truko atitinkamai 20,7 ± 2,8 ir 24,3 ± 2,1 dienas, o šių etapų metu sukauptos šilumos sumos siekė 360,4 ± 51,0 °C ir 490,4 ± 29,0 °C.



40 paveikslas. Žirnių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus trejų metų (2023–2025 m.) žirnių augimo ir vystymosi duomenis, kuriuose iš viso stebėti 52 eksperimentai ir atlikta 1134 matavimai (žr. 41 paveikslą), nustatyta, kad žirnių vystymosi eiga labiausiai

priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD). Nepaisant skirtingų meteorologinių sąlygų tarp metų, bendra žirnių augimo dinamika išliko panaši visais atvejais. Didžioji dalis skirtingų metų matavimų gerai sutapo su bendra Gompertz kreive, apibūdinančia žirnių vystymosi eigą pagal BBCH skalę. Vis dėlto pastebėta, kad ši kreivė nevysiškai tiksliai atspindi lapų vystymosi periodą (BBCH 10–19), todėl ateityje tikslinga įtraukti daugiau duomenų būtent iš šio tarpsnio, siekiant modelį patobulinti. Sukurtas Gompertz modelis parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos paaiškina apie 95 % ($R^2 = 0,946$) žirnių vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Remiantis bendra Gompertz kreive, intensyviausias žirnių augimas ir vystymasis vyko, kai kaupiamoji temperatūrų suma siekė 400–1100 °C. Vėlesniuose vystymosi etapuose (BBCH 80–99) augimo tempas palaipsniui mažėjo, o kreivė išsilygino, atspindėdama sėklų brandimo procesą. Apibendrinant galima teigti, kad Gompertz modelis patikimai apibūdina žirnių vystymosi dėsningumus įvairiomis aplinkos sąlygomis, todėl gali būti naudojamas prognozuojant augimo eigą ir planuojant agronominius darbus. Tačiau, siekiant dar didesnio modelio tikslumo, ateityje turėtų būti papildytas duomenimis iš ankstyvųjų augimo tarpsnių.

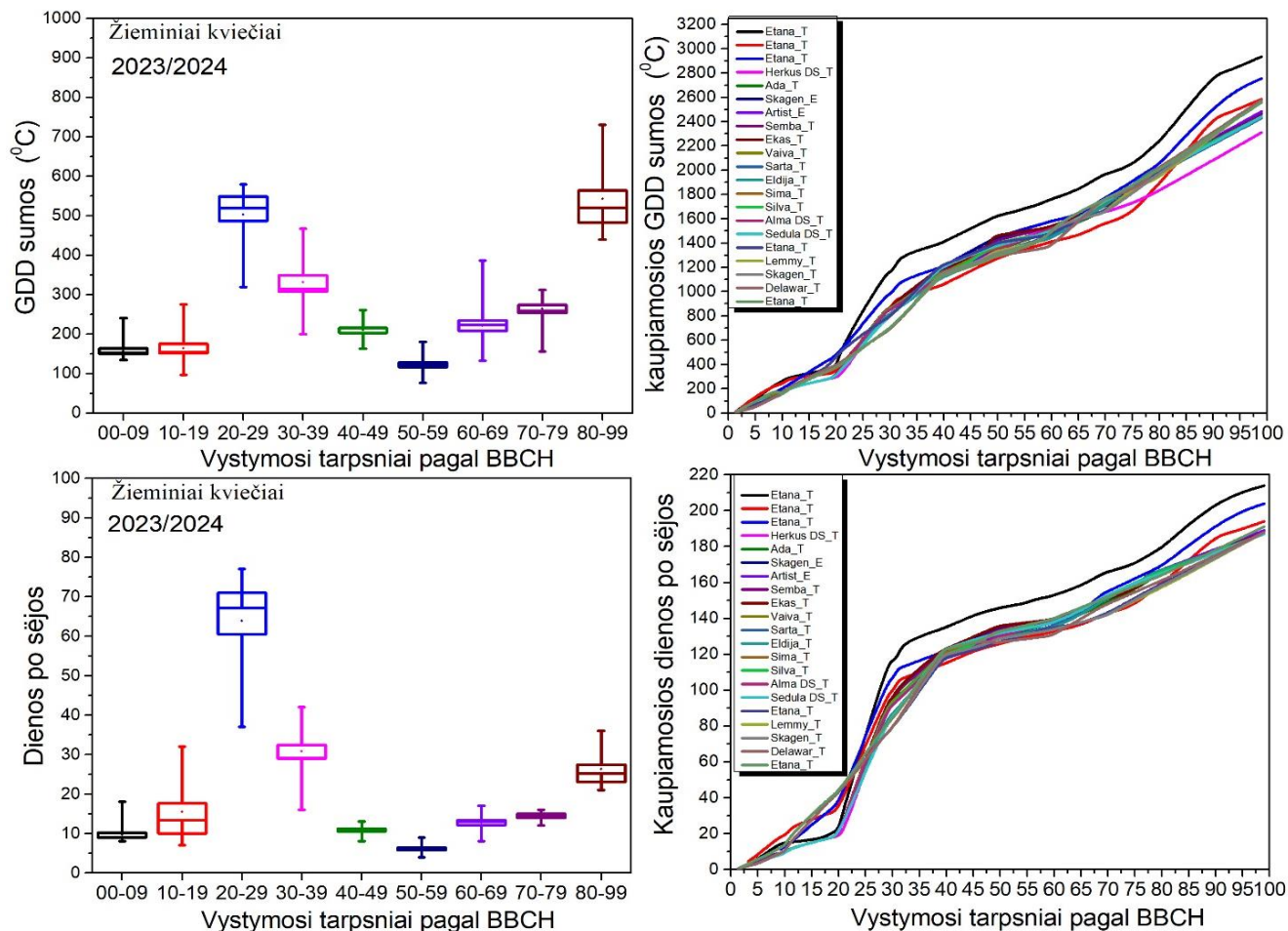


41 paveikslas. Žirnių vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti visų trijų metų matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti žirnių augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.11 Žieminių kviečių augimo ir vystymosi pokyčiai

2023–2024 m. Žieminių kviečių augimas ir vystymasis stebėti 21 skirtingame eksperimente, kuriuose tirta 16 kviečių veislių, auginamų pagal įvairias agrotechnologijas (pvz., tradicinę ir ekologinę). Svarbu pažymėti, kad,

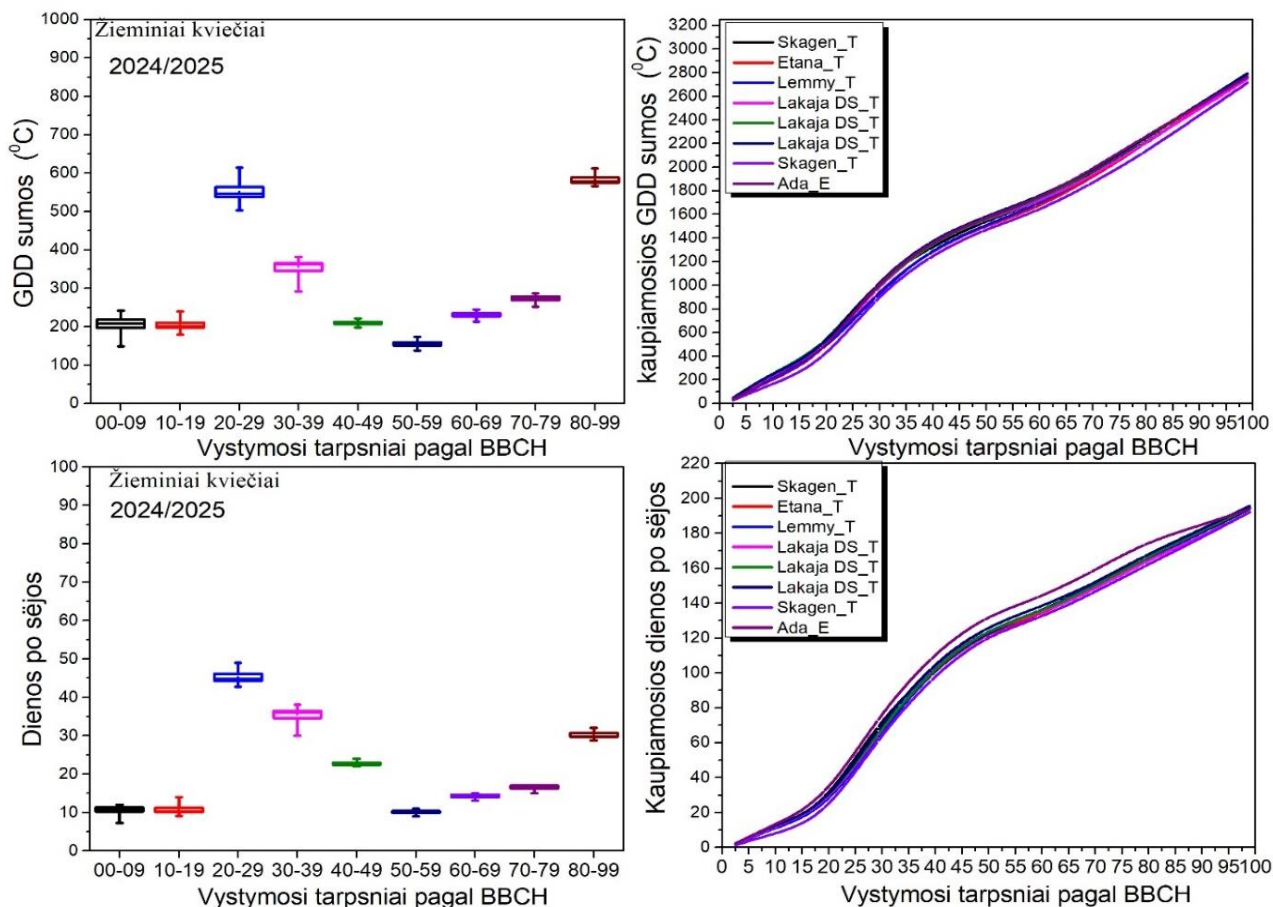
apibendrinant tyrimo rezultatus, žiemojimo laikotarpis, kai augalai pereina į ramybės būseną, nebuvo įtrauktas į skaičiavimus. Šiuo atveju, žiemojimo laikotarpis 2023/2024 metais laikytas nuo 2023 11 14 iki 2024 03 14. Tyrimo metais žieminių kviečių sėjos laikas šiek tiek svyravo nuo 2023 09 05 iki 2023 09 25, o derlius buvo nuimtas laikotarpiu nuo 2024 07 24 iki 2024 08 05. Dėl to žieminių kviečių augimo ir vystymosi sąlygos kiekviename eksperimente buvo šiek tiek nevienodos temperatūros ir drėgmės atžvilgiu. Vidutinis žieminių kviečių auginimo laikotarpis truko $191,1 \pm 6,7$ dienos, ir šiuo laikotarpiu sukaupta augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $2523,8 \pm 154,2$ °C (žr. 42 paveikslą). Minėtu laikotarpiu vidutinė oro temperatūra siekė $12,8 \pm 0,2$ °C, tai yra $1,5$ °C aukščiau nei daugiametis (1991–2020 m.) vidurkis, o kritulių kiekis buvo $322,2 \pm 34,6$ mm, sudarantis 95 % daugiametės normos. Apibendrinant galima teigti, kad 2023–2024 m. žieminių kviečių augimui ir vystymuisi vyravo šiltos ir vidutinio drėgnumo sąlygos. Stebint 21 eksperimentą, nustatyta, kad augalai vidutiniškai sudygo per $9,6 \pm 2,4$ dienų (kaupiamoji augimo temperatūrų suma – $156,9 \pm 30,7$ °C), o lapų vystymasis truko ilgiau – $15,5 \pm 9,8$ dienų (GDD suma – $164,3 \pm 49,7$ °C). Vasarinių kviečių krūmijimosi periodas buvo ilgas ir truko $65 \pm 16,7$ dienas (GDD suma – $512,5 \pm 95,6$ °C). Kiti 3 augimo ir vystymosi periodai nuosekliai trumpėjo: bambėjimo periodas truko $30,8 \pm 7,7$ dieną (GDD suma – $331,2 \pm 78,3$ °C), vamzdelėjimo periodas buvo trumpesnis – $10,8 \pm 1,7$ dienų (GDD suma – $209,5 \pm 30,7$ °C), o plaukėjimo periodas truko tik $6,1 \pm 1,4$ dienas (GDD suma – $121,9 \pm 27,6$ °C). Paskutiniai 3 augimo ir vystymosi tarpsniai, tiksliau: BBCH 60–69, BBCH 70–79 ir BBCH 80–99, priešingai – nuosekliai ilgėjo pagal dienų skaičių. Žieminių kviečių žydėjimas truko $12,7 \pm 2,7$ dienų (kaupiamoji augimo temperatūrų suma – $220,8 \pm 60,5$ °C), kviečių grūdų vystymosi pradžia – $14,3 \pm 1,7$ dienų (GDD suma – $264,4 \pm 46,6$ °C), o vėlyvoji branda iki pat derliaus nuėmimo vidutiniškai truko $26,3 \pm 5,2$ dienas (GDD suma – $542,3$ °C).



42 paveikslas. Žiemiųjų kviečių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024–2025 m. žiemiųjų kviečių augimo ir vystymosi stebėjimai atlikti 8 lauko eksperimentuose, kuriuose augintos veislės Skagen, Etana, Lemmy, Lakaja DS ir Ada, taikant tradicines ir ekologines agrotechnologijas. Kviečiai sėti 2024 m. rugsėjo 18–19 d., o derlius nuimtas 2025 m. rugpjūčio 5–13 d., priklausomai nuo veislės ir bandymo vietos. Vidutinė žiemiųjų kviečių vegetacijos trukmė siekė $194,2 \pm 1,4$ dienos, o ir šiuo laikotarpiu sukaupta $2764,1 \pm 26,2$ °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 43 paveikslą). Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra buvo $12,7 \pm 0,1$ °C, t. y. apie 0,5 °C aukštesnė nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per visą vegetacijos sezoną sudarė $394,6 \pm 5,5$ mm, arba apie 123 % daugiamečių normos. Tokios meteorologinės sąlygos buvo šiltesnės ir drėgnesnės nei įprasta, todėl sudarė palankias sąlygas tolygiam augalų augimui ir vystymuisi. Analizuojant atskirus augimo tarpsnius, nustatyta, kad sudygimui žiemiems kviečiams vidutiniškai prirėkė $10,7 \pm 1,6$ dienų, per kurias sukaupta $207,8 \pm 30,2$ °C augimo temperatūrų suma. Lapų vystymosi tarpsnis truko panašiai – $10,7 \pm 1,6$ dienos (GDD – $204,3 \pm 17,3$ °C). Krūmijimosi laikotarpis buvo ilgesnis – $45,2 \pm 2,5$ dienos, per kurias sukaupta $550,5 \pm 37,0$ °C šilumos suma. Bamlėjimo laikotarpis truko $35,5 \pm 2,5$ dienos (GDD – $355,6 \pm 28,1$ °C), o vamzdelėjimo tarpsnis – $22,6 \pm 0,7$ dienos (GDD – $209,5 \pm 8,0$ °C).

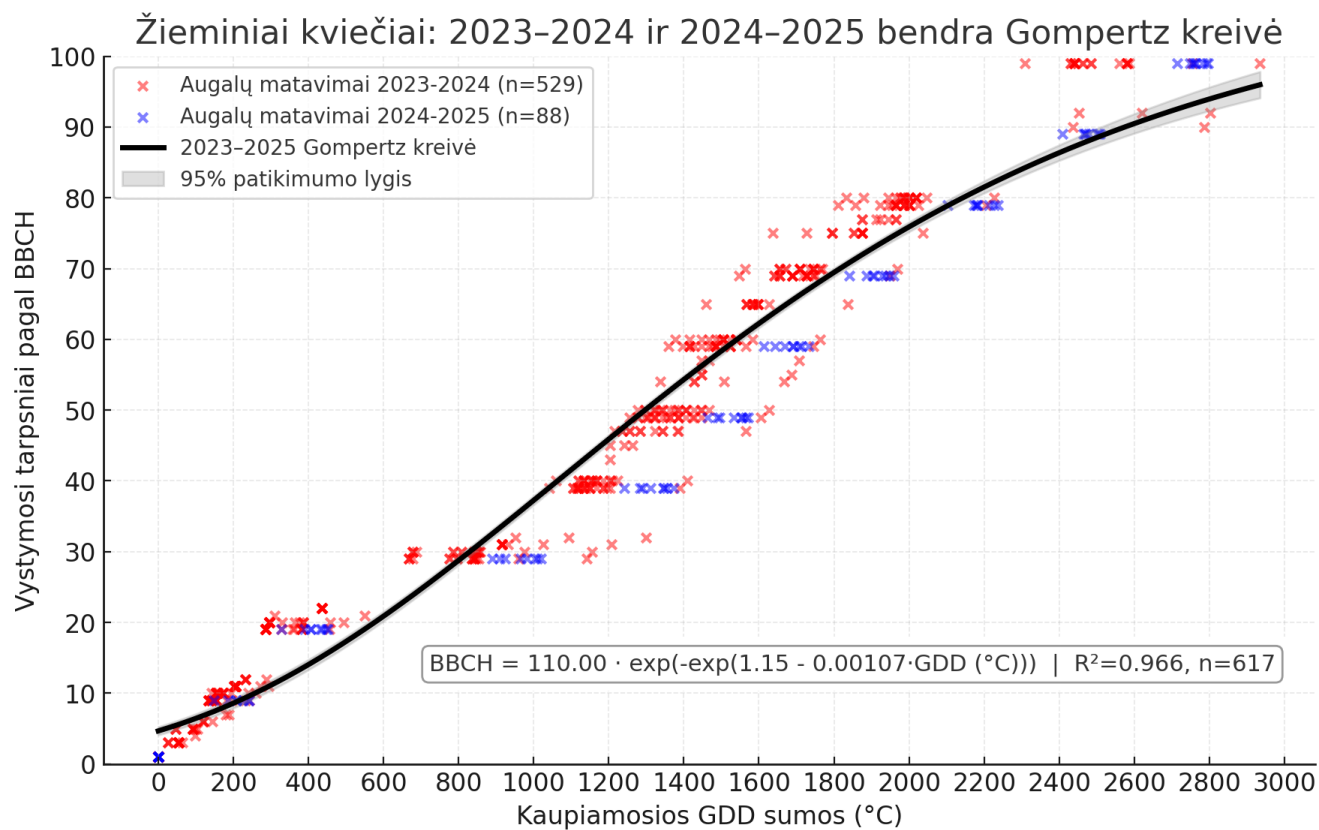
Plaukėjimo tarpsnis buvo trumpiausias – tik $10,1 \pm 0,7$ dienos, per kurias sukaupta $154,7 \pm 10,5$ °C šilumos suma. Vėlesniuose vystymosi etapuose augalų augimas išliko tolygus, tačiau perėjimas tarp tarpsnių tapo greitesnis. Žydėjimo tarpsnis truko vidutiniškai $13,9 \pm 0,9$ dienos, o per šį laikotarpį sukaupta $231,1 \pm 12,6$ °C augimo temperatūrų suma. Grūdų formavimosi laikotarpis truko $16,5 \pm 0,8$ dienos (GDD – $273,3 \pm 11,1$ °C), o brendimo tarpsnis – $30,2 \pm 1,3$ dienos, per kurias sukaupta $582,0 \pm 18,7$ °C šilumos suma.



43 paveikslas. Žieminių kviečių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus per 2 sezonus (2023/2024 m. ir 2024/2025 m.) surinktus žieminių kviečių augimo ir vystymosi duomenis iš 29 eksperimentų (iš viso 617 matavimų), nustatyta, kad žieminių kviečių vystymosi eiga glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) (žr. 44 paveikslą). Nepaisant meteorologinių skirtumų tarp metų: 2023–2024 m. sezonas buvo šiltas ir vidutinio drėgnumo, o 2024–2025 m. – šiek tiek vėsesnis, bet vis tiek šiltas ir drėgnesnis – bendra žieminių kviečių vystymosi dinamika išliko panaši. Užfiksuoti BBCH tarpsniai gerai sutapo su bendra Gompertz modelio tendencija, patvirtinančia, kad temperatūra išlieka pagrindiniu žieminių kviečių fenologinės raidos veiksniu, nepaisant kitų aplinkos veiksnių svyravimų. Sukurtas Gompertz modelis ($BBCH = 110.00 \cdot \exp(-\exp(1.15 - 0.00107 \cdot GDD))$) parodė, kad kaupiamosios

temperatūrų sumos paaiškina apie 96,6 % ($R^2 = 0,966$) žieminių kviečių vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Remiantis šiuo modeliu, intensyviausias augimas ir vystymasis vyko, kai kaupiamoji GDD suma siekė 600–1800 °C, t. y. nuo krūmijimosi iki plaukėjimo tarpsnių. Vėlesniuose vystymosi etapuose augimo tempas palapsniui mažėjo, o kreivė išsilygino, atspindėdama grūdų formavimosi ir brendimo procesą. Apibendrinant galima teigti, kad Gompertz modelis patikimai apibūdina žieminių kviečių vystymosi dinamiką įvairiomis aplinkos sąlygomis ir gali būti naudingas prognozuojant augimo eigą ir planuojant agronominius darbus.

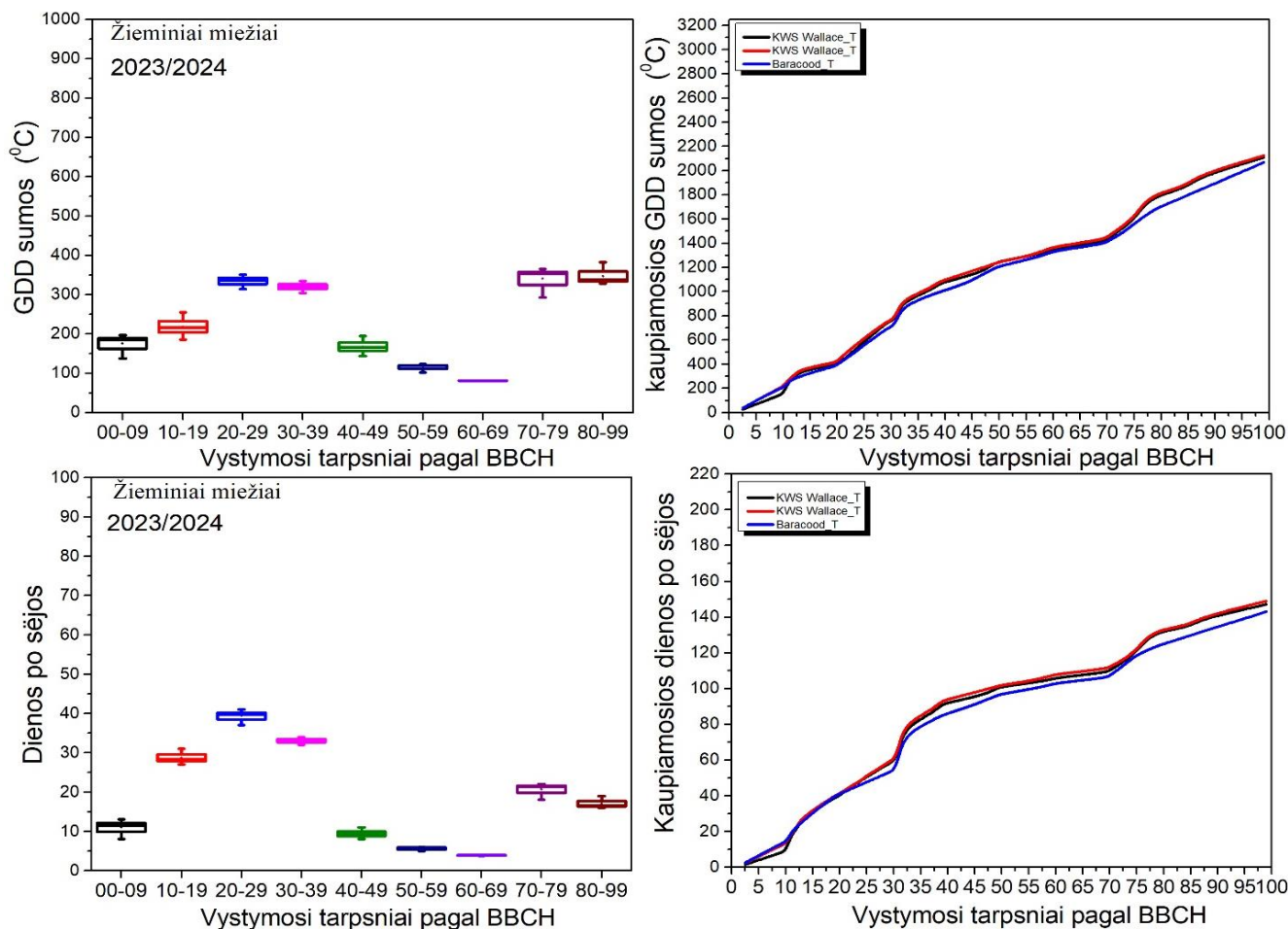


44 paveikslas. Žieminių kviečių vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti abiejų sezonų (2023–2024 ir 2024–2025) matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti žieminių kviečių augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.12 Žieminių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai

2023–2024 m. metais žieminių miežių augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 3 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose augintos 2 miežių veislės. Visuose šiuose eksperimentuose taikytos tradicinės agrotechnologijos. Žieminiai miežiai sėti 2023 09 21–24, o derlius nuimtas tą pačią dieną – 2024 07 10. Stebėtuose eksperimentuose trumpiausia miežių vegetacija truko 167 dienas, o ilgiausia – 170 dienų (žr. 45 paveikslą). Minėtu laikotarpiu sukaupta augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $2099,9 \pm 28,8$ °C. Miežių vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra buvo $12,04 \pm 0,06$ °C, tai yra $1,4$ °C daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per visą vegetacijos sezoną siekė 98,7 % daugiametės normos. Apibendrinus meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2023–2024 m. sąlygos žieminių miežių auginimui buvo šiltos ir vidutinio drėgnumo. Žieminiai miežiai vidutiniškai sudygo per $11 \pm 2,6$ dienų, per kurias sukaupta augimo temperatūrų suma siekė $175,8 \pm 33,2$ °C. Miežių lapų vystymosi periodas vidutiniškai truko $28,7 \pm 2,1$ dienas, ir šiuo laikotarpiu augimo

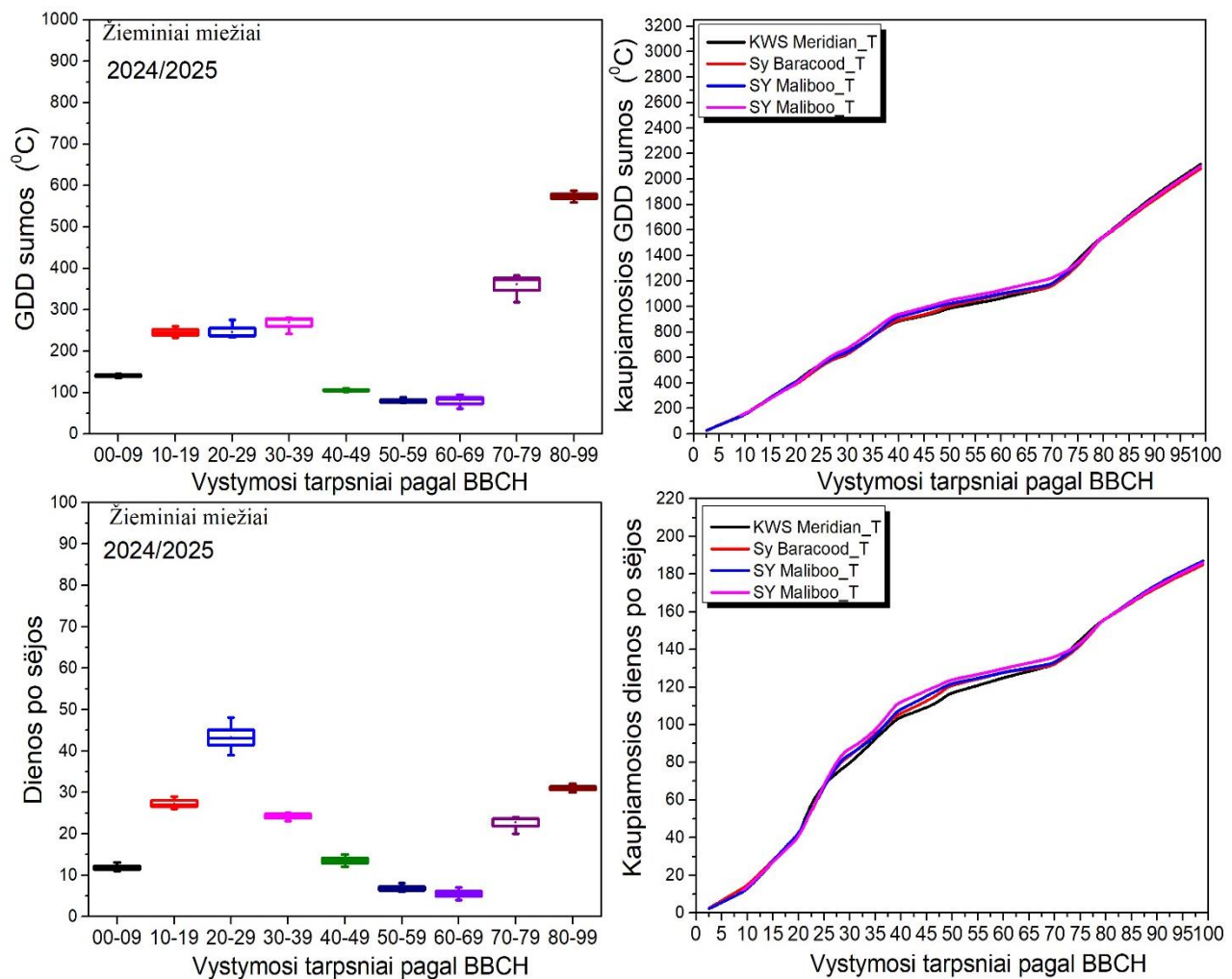
temperatūrų suma svyravo tarp 185 ir 254 °C. Auginant miežius tradicinėje sėjomainoje, krūmijimosi periodas truko apie 39 dienas (GDD ≈ 334 °C). Miežių bambklėjimo periodas buvo šiek tiek trumpesnis – 32–34 dienos (GDD 304–334 °C). Vėlesni 3 miežių augimo ir vystymosi tarpsniai nuosekliai trumpėjo: vamzdelėjimas truko $9,3 \pm 1,5$ dienų, plaukėjimas – $5,7 \pm 0,6$ dienas, o žydėjimas vidutiniškai truko tik 4 dienas. Grūdų formavimosi pradžia, t. y. BBCH 70–79, vidutiniškai truko $20,7 \pm 2,3$ dienas, per kurias GDD svyravo tarp 292 ir 365 °C. Sekantis periodas, nuo BBCH 80 iki BBCH 99, vidutiniškai truko $17 \pm 1,7$ dienų, ir šiuo laikotarpiu GDD svyravo tarp 328 ir 381 °C.



45 paveikslas. Žieminių miežių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotų ar nustatytų reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

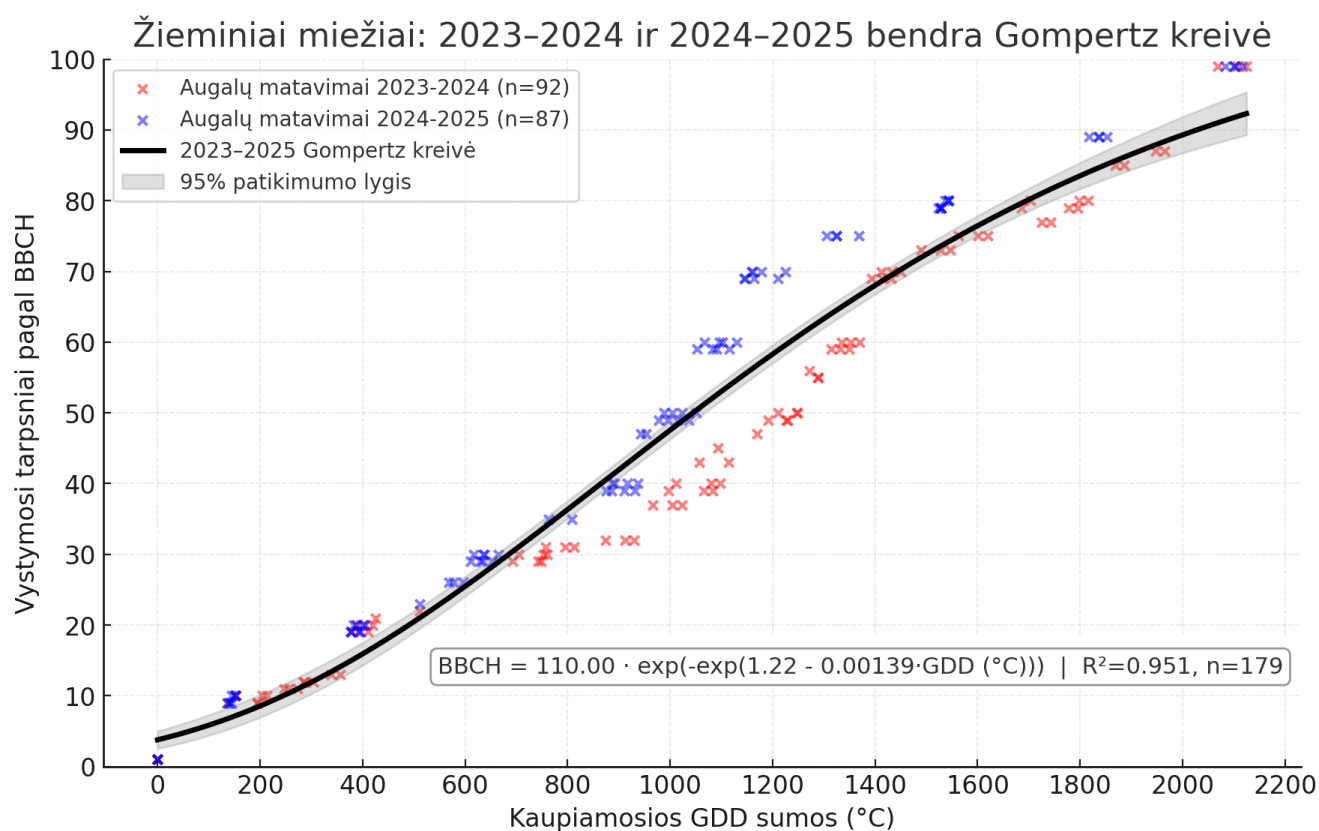
2024–2025 m. žieminių miežių augimo ir vystymosi stebėjimai atlikti 4 eksperimentuose, kuriuose augintos 3 veislės – KWS Meridian, SY Baracood ir SY Maliboo, taikant tradicines agrotechnologijas. Žieminiai miežiai sėti 2024 m. rugsėjo 23–25 d., o derlius visuose bandymuose nuimtas 2025 m. liepos 22 d. Vidutinė žieminių miežių vegetacijos trukmė siekė $186,0 \pm 0,8$ dienos, ir šiuo laikotarpiu sukaupta $2100,5 \pm 13,9$ °C kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) (žr. 46 paveikslą). Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra sudarė $10,9 \pm 0,1$ °C, t. y. maždaug $0,5$ °C žemesnė už daugiametę klimato normą (1991–2020 m.), o kritulių

kiekis siekė $260,3 \pm 0,0$ mm, arba apie 97 % daugiamečių normos. Tokios sąlygos buvo šiek tiek vėsesnės nei įprastai ir vidutinio drėgnumo, tačiau palankios žieminių miežių augimui ir vystymuisi. Analizuojant atskirus vystymosi tarpsnius, nustatyta, kad žieminiams miežiams sudyti prirėkė vidutiniškai $11,8 \pm 1,0$ dienos, per kurias sukaupta $140,8 \pm 3,8$ °C šilumos suma. Lapų vystymosi laikotarpis truko $27,3 \pm 1,5$ dienos (GDD – $244,9 \pm 13,4$ °C), o krūmijimosi tarpsnis – $43,3 \pm 3,7$ dienas, per kurias sukaupta $246,1 \pm 20,1$ °C šilumos suma. Vėlesni tarpsniai buvo trumpesni: bamblėjimo laikotarpis truko $24,3 \pm 1,0$ dienos (GDD – $269,0 \pm 18,2$ °C), o vamzdelėjimo tarpsnis – $13,5 \pm 1,3$ dienos (GDD – $105,2 \pm 3,6$ °C). Plaukėjimo tarpsnis buvo trumpas – $6,8 \pm 1,0$ dienos, per kurias sukaupta $79,6 \pm 5,9$ °C šilumos suma. Žydėjimo periodas truko vidutiniškai $5,5 \pm 1,3$ dienos (GDD – $80,4 \pm 16,5$ °C), grūdų formavimosi laikotarpis – $22,8 \pm 1,9$ dienas (GDD – $361,1 \pm 29,8$ °C), o paskutinytis – brendimo tarpsnis – $31,0 \pm 0,8$ dienos, per kurias sukaupta $573,5 \pm 11,8$ °C šilumos suma.



46 paveikslas. Žieminių miežių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus 2023–2024 ir 2024–2025 m. žieminių miežių augimo ir vystymosi duomenis, surinktus 7 eksperimentuose ir pagrįstus 179 stebėjimais, nustatyta, kad žieminių miežių vystymosi eiga, kaip ir kitų tirtų augalų, glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) (žr. 47 paveikslą). Nepaisant meteorologinių skirtumų tarp metų (2023–2024 m. sezonas buvo šiltesnis ir vidutinio drėgnumo, o 2024–2025 m. – šiek tiek vėsesnis, bet taip pat vidutinio drėgnumo), bendra žieminių miežių vystymosi dinamika išliko panaši. Stebėti BBCH tarpsniai gerai atitiko bendrą Gompertz modelio kreivę, apibūdinančią žieminių miežių fenologinę raidą, išskyrus kelis nedidelius nukrypimus, kurie gali būti susiję su mikroklimato ar veislių ypatumais. Sukurtas Gompertz modelis ($BBCH = 110.00 \cdot \exp(-\exp(1.22 - 0.00139 \cdot GDD))$) parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos paaiškina apie 95 % ($R^2 = 0,951$) žieminių miežių vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Tai rodo labai stiprų ryšį tarp sukauptos šilumos ir augalų fenologinės raidos. Remiantis modelio kreive, intensyviausias žieminių miežių augimas ir vystymasis vyko, kai kaupiamoji GDD suma siekė 400–1400 °C, t. y. nuo krūmijimosi iki plaukėjimo tarpsnių. Vėlesniuose vystymosi etapuose (BBCH 70–99) augimo tempas palaipsniui mažėjo, o kreivė išsilygino, atspindėdama grūdų formavimosi ir brendimo procesus.

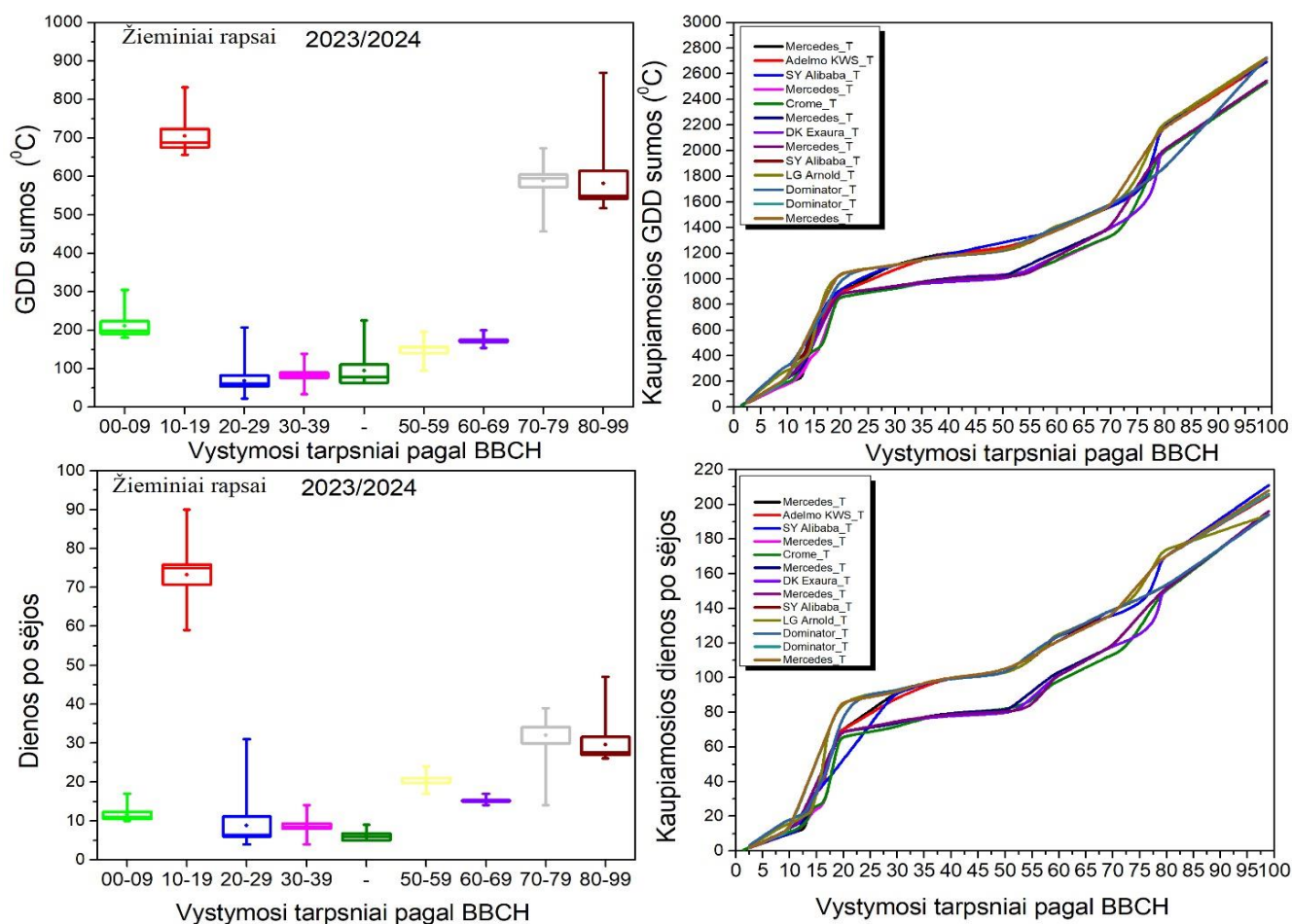


47 paveikslas. Žieminių miežių vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti abiejų sezonų (2023–2024 ir 2024–2025 m.) matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti žieminių miežių augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.13. Žieminių rapsų augimo ir vystymosi pokyčiai

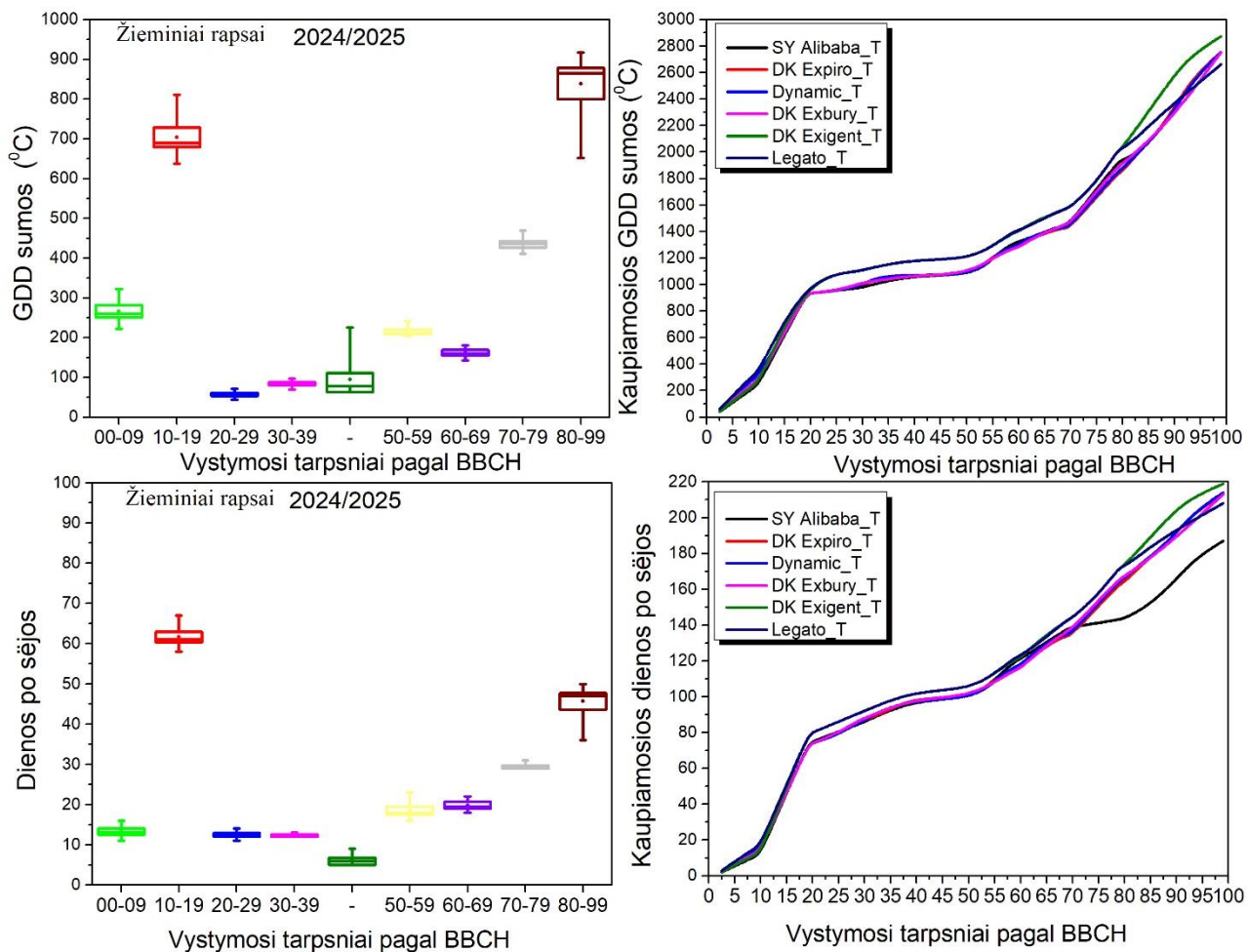
2023–2024 m. žieminių rapsų augimas ir vystymasis stebėti 13 skirtingų eksperimentų metu, kuriuose augintos 7 skirtingos veislės, taikant tradicines agrotechnologijas. Žieminių rapsų vegetacijos laikotarpis 2023–

2024 m. svyravo nuo 194 iki 211 dienų, per kurias sukaupta augimo temperatūrų suma siekė 2443–2628 °C (žr. 48 paveikslą). Žieminiai rapsai sėti vasaros pabaigoje ir rudens pradžioje, t. y. nuo 2023 08 24 iki 2023 09 05, o derlius nuimtas 2024 07 16–17. Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė 12,9 °C, tai yra 1,4 °C daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per žieminių rapsų auginimo sezoną siekė $382,7 \pm 40,7$ mm, sudarantis 122 % daugiamečių normos. Apibendrinus 2023–2024 m. meteorologinius duomenis, galima teigti, kad sąlygos žieminių rapsų augimui ir vystymuisi buvo šiltos ir drėgnos. Apibendrinus visus stebėtus eksperimentus, nustatyta, kad rapsai sudygo per 10–17 dienų, per kurias augimo temperatūrų suma siekė 180–304 °C. Lapų vystymosi periodas buvo gana ilgas – apie $73,3 \pm 9,5$ dienas, su kaupiamąja augimo temperatūrų suma, svyruojančia tarp 656 ir 814 °C. BBCH 20–29 ir BBCH 30–39 tarpsniai truko panašiai – atitinkamai apie 8,8 ir 8,6 dienas, o GDD sumos siekė atitinkamai 67,9 ir 82,8 °C. Kiti du tarpsniai, žiedo formavimasis ir žydėjimas, truko atitinkamai $20,4 \pm 2,3$ dienos (GDD suma – $148,4 \pm 30,8$ °C) ir $15,1 \pm 0,9$ dienų (GDD suma – $172,2 \pm 12,7$ °C). Ankštųjų formavimosi periodas vidutiniškai truko $32 \pm 7,8$ dienas (GDD suma – 560 ± 130 °C), o brandos tarpsnis iki derliaus nuėmimo buvo šiek tiek trumpesnis ir vidutiniškai truko apie 30 dienų, per kurias augimo temperatūrų suma svyravo nuo 514 iki 869 °C.



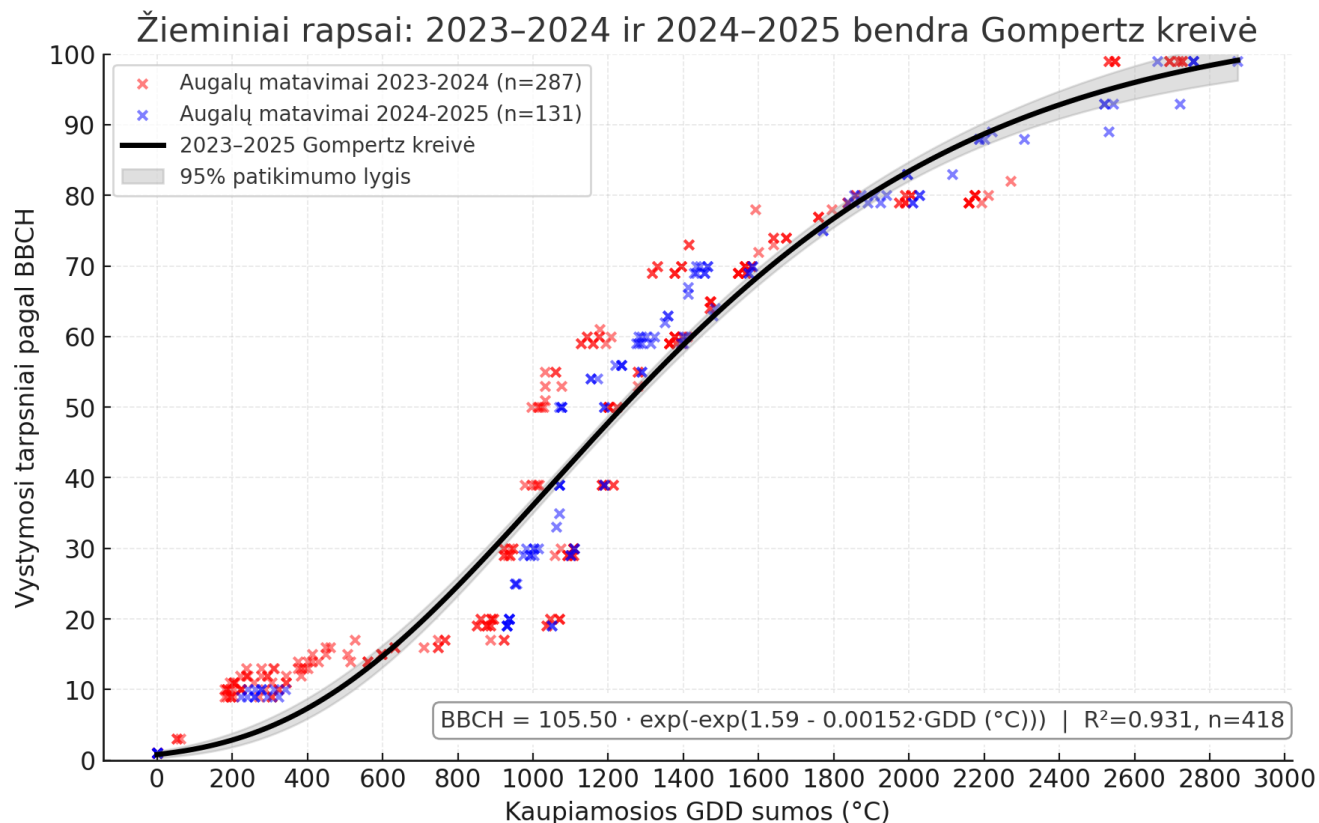
48 paveikslas. Žieminių rapsų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024–2025 m. žieminių rapsų augimo ir vystymosi stebėjimai atlikti 6 eksperimentuose, kuriuose augintos 6 veislės: *SY Alibaba*, *DK Expiro*, *Dynamic*, *DK Exbury*, *DK Exigent* ir *Legato* – taikant tradicines agrotechnologijas. Rapsai sėti 2024 m. rugpjūčio 22–29 dienomis, o derlius nuimtas 2025 m. liepos 22 – rugpjūčio 2 d., priklausomai nuo veislės ir bandymo vietos. Vidutinė žieminių rapsų vegetacijos trukmė siekė $213,2 \pm 3,5$ dienos, ir šiuo laikotarpiu sukaupta $2759,6 \pm 67,7$ °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 49 paveikslą). Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra siekė $12,6$ °C, t. y. apie $0,5$ °C aukštesnė nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.), o kritulių kiekis sudarė $368,2 \pm 36,9$ mm, arba apie 111 % daugiamečių normos. Tokios šiltos ir drėgnos sąlygos buvo palankios augalų vystymuisi, užtikrino tolygų augimą ir išvengta ryškių streso periodų. Analizuojant fenologinius duomenis, nustatyta, kad dygimo tarpsnis truko vidutiniškai $13,3 \pm 1,9$ dienos, per kurias sukaupta $266,1 \pm 36,5$ °C šilumos suma. Lapų vystymosi tarpsnis truko $61,7 \pm 3,1$ dienos, o GDD siekė $703,8 \pm 61,1$ °C. Krūmijimosi laikotarpis buvo santykinai trumpas – $12,5 \pm 1,0$ dienos (GDD – $56,5 \pm 9,9$ °C), o stiebo augimo periodas truko $12,3 \pm 0,5$ dienos (GDD – $83,9 \pm 9,9$ °C). Žiedynų formavimosi ir žydėjimo laikotarpis (BBCH 50–69) kartu truko apie 38 ± 3 dienas, per kurias sukaupta vidutiniškai 376 ± 33 °C šilumos suma. Ankštarų formavimosi tarpsnis (BBCH 70–79) truko $29,3 \pm 0,8$ dienos (GDD – $434,1 \pm 19,9$ °C), o brendimo tarpsnis (BBCH 80–99) buvo ilgiausias – $45,7 \pm 5,0$ dienos, per kurias sukaupta $838,8 \pm 96,3$ °C šilumos suma.



49 paveikslas. Žieminių rapsų augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus 2023–2024 ir 2024–2025 m. žieminių rapsų augimo ir vystymosi duomenis, surinktus iš 19 eksperimentų ir pagrįstus 418 matavimais, nustatyta, kad žieminių rapsų fenologinė raida glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) (žr. 50 paveikslą). Nepaisant meteorologinių skirtumų tarp metų, bendra žieminių rapsų vystymosi dinamika abiem sezonais išliko panaši ir stabili. Užfiksuoti BBCH tarpsniai gerai atitiko bendrą Gompertz modelio kreivę, apibūdinančią rapsų vystymosi eigą nuo sudygimo iki brandos, o tarp sezonų nustatyti tik nedideli fenologiniai nuokrypiai, susiję su meteorologinėmis sąlygomis ir veislių ypatumais. Sukurtas Gompertz modelis: $BBCH = 105.50 \cdot \exp(-\exp(1.59 - 0.00152 \cdot GDD (\text{°C})))$ parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos paaiškina apie 93,1 % ($R^2 = 0,931$) žieminių rapsų vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Tai rodo labai stiprų ryšį tarp sukaupto šilumos kiekio ir augalų fenologinės raidos, patvirtinant, kad temperatūra yra pagrindinis žieminių rapsų vystymosi veiksnys, o kiti aplinkos parametrai (pvz., krituliai, dirvožemio drėgmė, šviesos trukmė) turi papildomą, bet mažiau reikšmingą poveikį. Pagal šį modelį, intensyviausias žieminių rapsų augimas ir vystymasis vyko, kai kaupiamoji GDD suma siekė 600–1800 °C, t. y. nuo lapų vystymosi iki žydėjimo tarpsnių (BBCH 10–69). Vėlesniuose etapuose (BBCH 70–99) augimo tempas palaipsniui mažėjo, o modelio kreivė išsilygino, atspindėdama ankštųjų formavimosi ir sėklų brendimo procesus. Apibendrinant galima teigti, kad Gompertz modelis patikimai apibūdina žieminių rapsų vystymosi dinamiką įvairiomis meteorologinėmis sąlygomis ir gali būti sėkmingai taikomas prognozuojant fenologinius tarpsnius ir planuojant agronominius darbus, tokius kaip tręšimo, augalų apsaugos ar derliaus nuėmimo laikų optimizavimas.

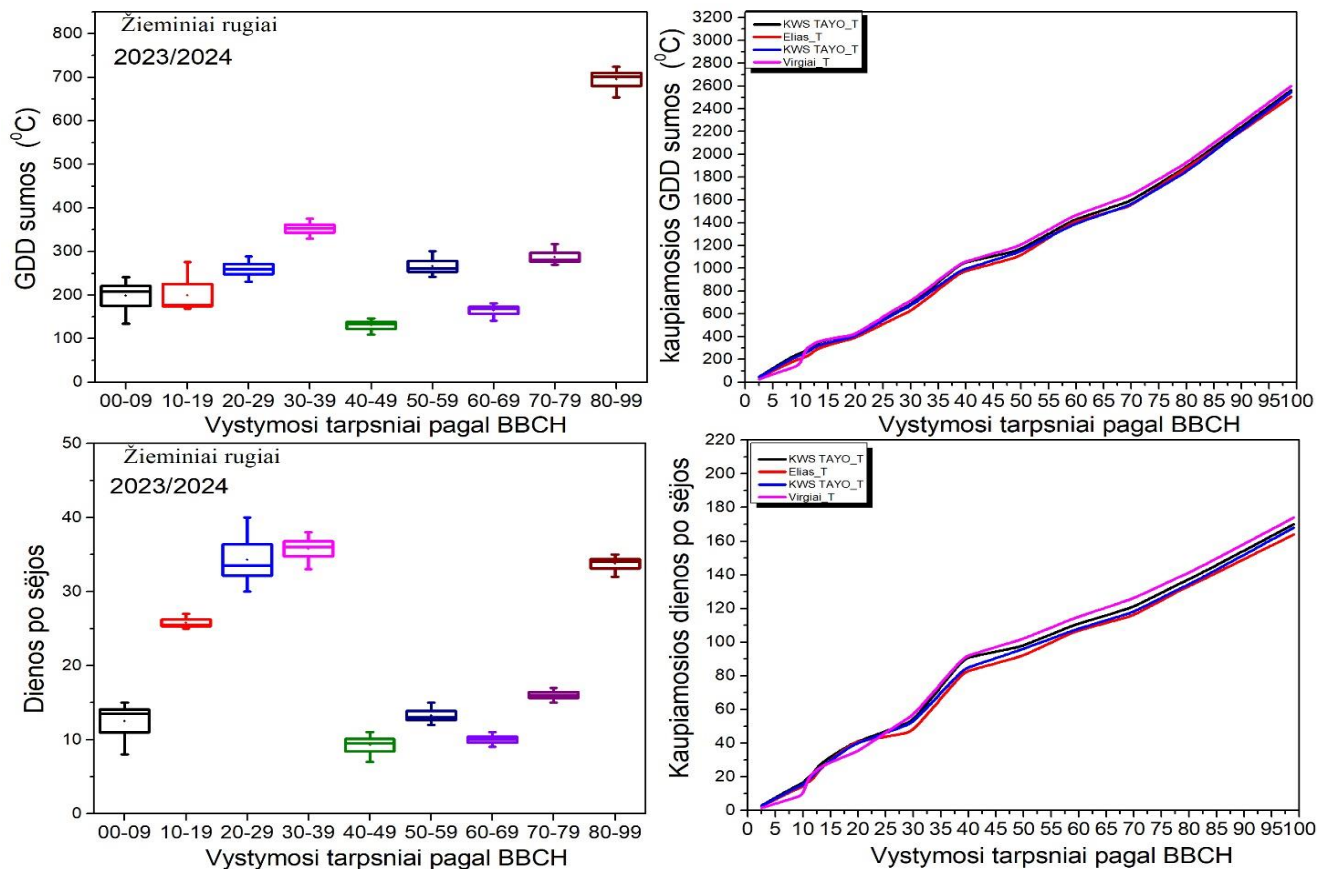


1. **50 paveikslas.** Žieminių rapsų vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti abiejų sezonų (2023–2024 ir 2024–2025 m.) matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti žieminių rapsų augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

3.14. Žieminių rugių augimo ir vystymosi pokyčiai

2023–2024 m. žieminių rugių augimo ir vystymosi pokyčiai stebėti 4 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose augintos 3 rugių veislės. Visuose šiuose eksperimentuose taikytos tradicinės agrotechnologijos. Žieminiai rugiai sėti 2023 09 19–24, o derlius nuimtas tą pačią dieną – 2024 07 31. Stebėtuose eksperimentuose trumpiausia rugių vegetacija truko 188 dienas, o ilgiausia – 191 dieną (žr. 51 paveikslą). Minėtu laikotarpiu sukaupta augimo temperatūrų suma vidutiniškai siekė $2552,9 \pm 38,4$ $^\circ C$. Rugių vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra buvo $13,1 \pm 0,05$ $^\circ C$, tai yra $1,6$ $^\circ C$ daugiau nei standartinė klimato norma (1991–2020 m.). Kritulių kiekis per visą vegetacijos sezoną siekė apie 367 mm, arba 91 % daugiamečių normos. Apibendrinus meteorologinius duomenis, galima teigti, kad 2023–2024 m. sąlygos žieminių rugių auginimui buvo šiltos ir vidutinio drėgnumo. Žieminiai rugiai vidutiniškai sudygo per $12,5 \pm 3,1$ dienų, per kurias sukaupta augimo temperatūrų suma siekė $197,9 \pm 46,7$ $^\circ C$. Rugių lapų vystymosi periodas truko vidutiniškai $25,6 \pm 0,9$ dienas, ir šiuo laikotarpiu augimo temperatūrų suma svyravo nuo 134 iki 240 $^\circ C$. Auginant rugius tradicinėje sėjomainoje, krūmijimosi periodas truko apie 30–40 dienų (GDD – 230–289 $^\circ C$). Žieminių rugių bambėjimo periodas buvo panašios trukmės ir truko 33–38 dienas (GDD – 329–375 $^\circ C$). Vamzdelėjimas truko $9,3 \pm 1,7$ dienas, plaukėjimas – $13,3 \pm 0,6$ dienų, o žydėjimas vidutiniškai truko $10 \pm 0,8$ dienas. Grūdų formavimosi pradžia, t. y. BBCH 70–79, truko vidutiniškai $16 \pm 0,8$

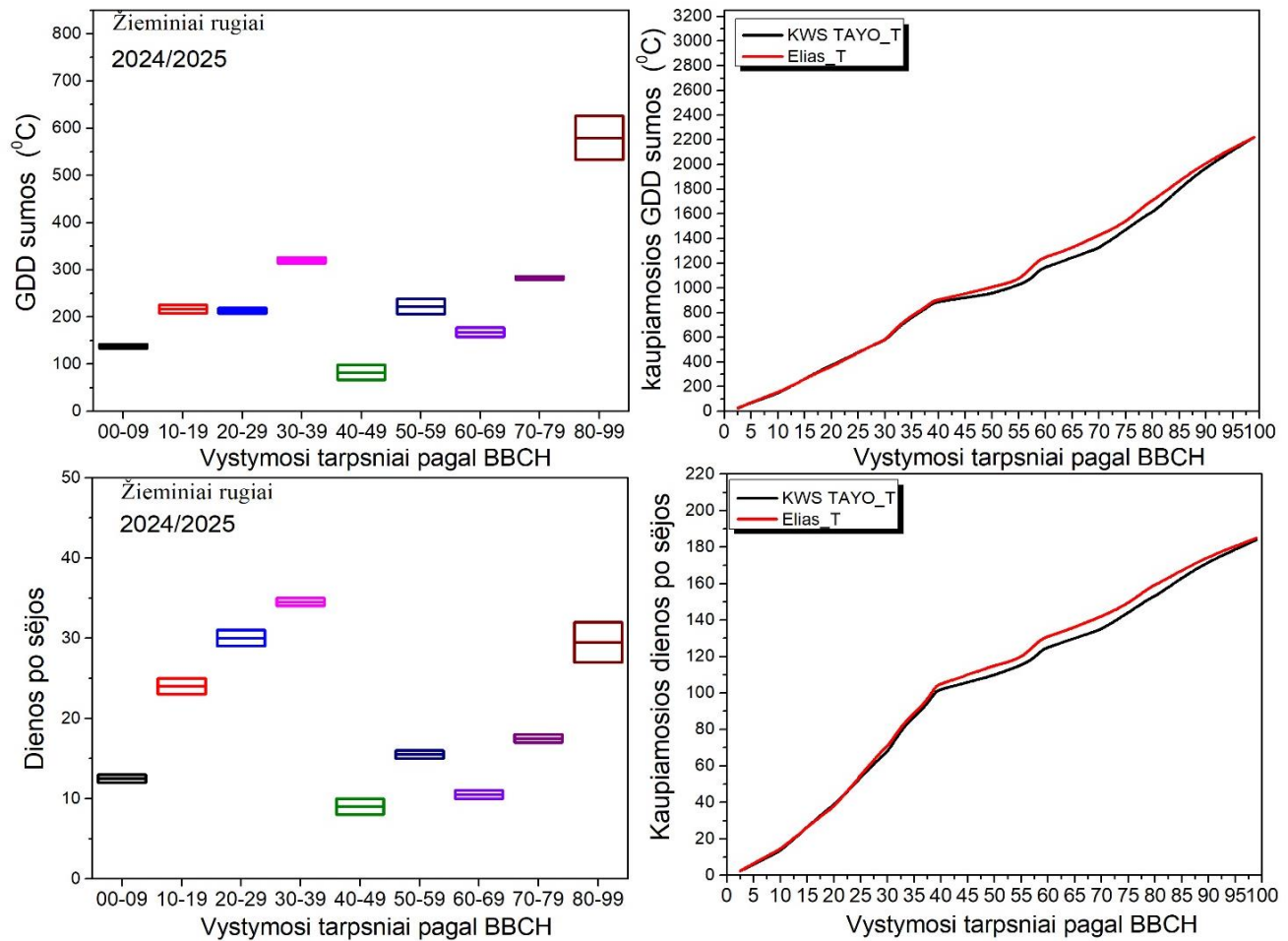
dienų, per kurias GDD svyravo tarp 269 ir 317 °C. Kitas periodas, nuo BBCH 80 iki BBCH 99, buvo gerokai ilgesnis ir vidutiniškai truko $33,8 \pm 1,3$ dienas, ir šiuo laikotarpiu GDD svyravo tarp 653 ir 724 °C.



51 paveikslas. Žieminių ragių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

2024–2025 m. žieminių ragių augimo ir vystymosi stebėjimai atlikti 2 eksperimentuose, kuriuose augintos 2 veislės – *KWS Tayo* ir *Elias*, taikant tradicines agrotechnologijas. Rugiai sėti 2024 m. rugsėjo 20–25 dienomis, o derlius nuimtas 2025 m. rugpjūčio 18 d. Vidutinė žieminių ragių vegetacijos trukmė siekė 183 dienas, ir šiuo laikotarpiu sukaupta 2221,8 °C kaupiamoji augimo temperatūrų suma (GDD) (žr. 52 paveikslą). Vegetacijos metu vidutinė oro temperatūra buvo apie 12,3 °C, t. y. 0,5 °C žemesnė nei daugiamečių klimato norma (1991–2020 m.), o kritulių kiekis siekė $343,4 \pm 0,0$ mm, arba apie 104 % daugiamečių normos. Tokios sąlygos buvo šiek tiek vėsesnės nei įprasta, tačiau vidutinio drėgnumo ir palankios žieminių ragių vystymuisi be ryškių stresinių periodų. Pagal fenologinius stebėjimus, dygimo tarpsnis truko vidutiniškai $12,5 \pm 0,7$ dienas, per kurias sukaupta $137,9 \pm 6,0$ °C šilumos suma. Lapų vystymosi laikotarpis truko $24 \pm 1,0$ dienas (GDD – $216,3 \pm 8,0$ °C), o krūmijimosi tarpsnis – $30 \pm 1,0$ dienų, per kurias sukaupta $213,2 \pm 6,0$ °C šilumos suma. Bamlėjimo periodas truko vidutiniškai $34,5 \pm 0,7$ dienas, o GDD suma siekė $319,8 \pm 6,0$ °C. Vamzdelėjimo tarpsnis truko $9,0 \pm 0,0$ dienas (GDD – $82,6 \pm 11,0$ °C), plaukėjimo tarpsnis – $15,5 \pm 0,5$ dienas (GDD – $222,3 \pm 15,0$ °C), žydėjimo tarpsnis –

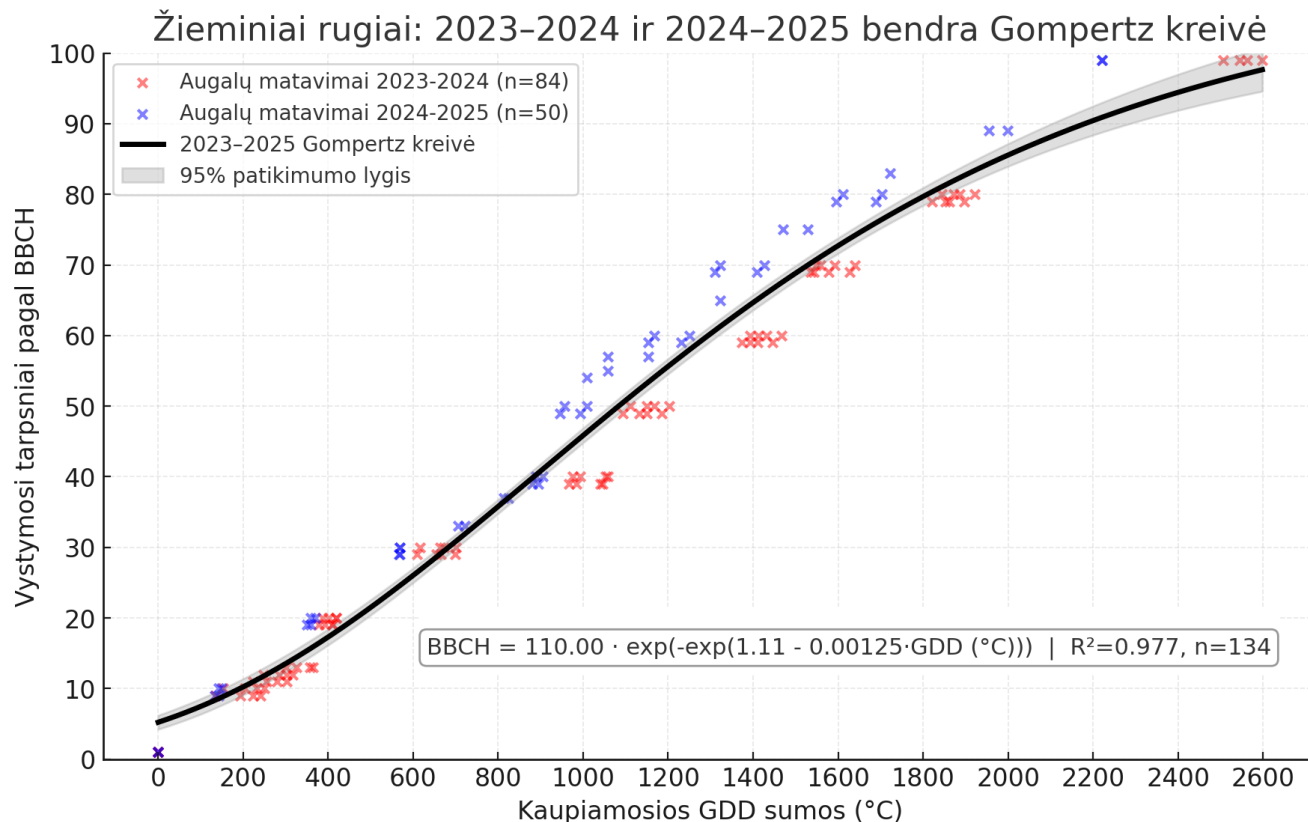
10,5 ± 0,7 dienos (GDD – 167,6 ± 10,0 °C). Grūdų formavimosi laikotarpis truko vidutiniškai 17,5 ± 0,7 dienos, per kurias sukaupta 282,5 ± 7,0 °C šilumos suma, o brendimo tarpsnis buvo ilgesnis – 29,5 ± 1,0 dienos, per kurias sukaupta 579,6 ± 46,0 °C šilumos suma.



52 paveikslas. Žieminių rugių augimo tarpsniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičius (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). *Box plot* grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ar nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.

Apibendrinus 2023–2024 ir 2024–2025 m. žieminių rugių augimo ir vystymosi duomenis, surinktus iš 6 eksperimentų ir pagrįstus 134 stebėjimais, nustatyta, kad žieminių rugių fenologinė raida glaudžiai priklausė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) (žr. 53 paveikslą). Nepaisant meteorologinių skirtumų tarp metų bendra žieminių rugių vystymosi dinamika išliko panaši ir stabili. Stebėti BBCH tarpsniai abiejuose sezonuose gerai atitiko bendrą Gompertz modelio kreivę, apibūdinančią rugių augimo eigą nuo dygimo iki brandos, o tarp metų užfiksuoti tik nedideli fenologiniai nuokrypiai, susiję su meteorologinėmis sąlygomis ir veislių biologiniais ypatumais. Sukurtas Gompertz modelis parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos paaiškina apie net 97,7 % žieminių rugių vystymosi variacijos pagal BBCH skalę, kas rodo itin glaudų ryšį tarp šilumos kiekio ir augalų fenologinės raidos. Remiantis šiuo modeliu, intensyviausias žieminių rugių augimas ir vystymasis vyko, kai kaupiamoji GDD suma siekė 500–1600 °C, t. y. nuo krūmijimosi iki plaukėjimo tarpsnių.

Vėlesniuose vystymosi etapuose augimo tempas palaipsniui mažėjo, o modelio kreivė išsilygino, atspindėdama grūdų formavimosi ir brendimo procesus. Apibendrinant galima teigti, kad Gompertz modelis patikimai apibūdina žieminių rugių vystymosi eigą įvairiomis meteorologinėmis sąlygomis ir gali būti taikomas prognozuojant fenologinius tarpsnius, taip pat optimizuojant agronominių darbų planavimą (pvz., tręšimą, augalų apsaugą ir derliaus nuėmimo laiką).



53 paveikslas. Žieminių rugių vystymosi priklausomybė nuo kaupiamosios augimo temperatūrų sumos (GDD) 2023–2025 metais. Grafike pateikti abiejų sezonų (2023–2024 ir 2024–2025 m.) matavimai ir bendra Gompertz kreivė, apibūdinanti žieminių rugių augimo ir vystymosi pokyčius pagal BBCH skalę.

Išvados

1. Tyrimų laikotarpiu (2023–2025 m.) augalų augimas ir vystymasis stebėtas 274 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose naudotos skirtingos agrotechnologijos ir augintos skirtingos veislės. Vasariniai javai stebėti 213 eksperimentų, iš kurių žirniai stebėti 52 eksperimentuose, vasariniai miežiai – 46 eksperimentuose, avižos – 39 eksperimentuose, vasariniai kviečiai – 39 eksperimentuose. Pupos stebėtos 21 eksperimente, kukurūzai – 12 eksperimentų, vasariniai rapsai – 4 eksperimentuose. 2023–2025 m. laikotarpiu žieminių augalų augimas ir vystymasis stebėti 61 eksperimente: žieminiai kviečiai – 29 eksperimentuose, žieminiai rapsai – 19 eksperimentų, žieminiai rugiai – 6 eksperimentuose ir žieminiai miežiai – 7 eksperimentuose. Remiantis šių tyrimų duomenimis nustatyta, kad didžiausia augalų kaupiamoji augimo temperatūrų suma nuo sėjos iki fiziologinės brandos reikalinga kukurūzams (2434 – 2710 °C) ir žieminiams javams (žieminiams rapsams – 2443–2759°C, žieminiams kviečiams – 2523–2764°C, rugiams 2221–2552°C).
2. Įvertinus žieminių javų ir žieminių rapsų skirtingų veislių augimo ir vystymosi tarpsnius per du vegetacijos sezonus, siūloma šių augalų vystymosi prognozavimo algoritmui naudoti Gompertz kreivę, žieminių kviečių vystymosi ir augimo pokyčiams prognozuoti taikant lygtį: $BBCH = 110,00 \times \exp(-\exp(1,15 - 0,00107 \times GDD (\text{°C})))$; žieminių miežių: $BBCH = 110,00 \times \exp(-\exp(1,22 - 0,00139 \times GDD (\text{°C})))$, žieminių rapsų: $BBCH = 105,50 \times \exp(-\exp(1,59 - 0,00152 \times GDD (\text{°C})))$; žieminių rugių: $BBCH = 110,00 \times \exp(-\exp(1,11 - 0,00125 \times GDD (\text{°C})))$.
3. Vasariniams javams (vasariniams miežiams, vasariniams kviečiams, avižoms) augalų kaupiamoji augimo temperatūrų suma nuo sėjos iki fiziologinės brandos varijuoja tarp 1855 °C ir 2036 °C. Įvertinus skirtingų augalų skirtingų veislių augimo ir vystymosi tarpsnius vegetacijos metu, siūloma vasarinių augalų vystymosi prognozavimo algoritmui naudoti Gompertz kreivę, avižų augimo vystymosi ir augimo pokyčiams prognozuoti taikant lygtį: $BBCH = 103,55 \times \exp(-\exp(1,29 - 0,00202 \times GDD (\text{°C})))$; vasarinių kviečių: $BBCH = 101,22 \times \exp(-\exp(1,18 - 0,00192 \times GDD (\text{°C})))$; vasarinių miežių: $BBCH = 105,71 \times \exp(-\exp(1,27 - 0,00194 \times GDD (\text{°C})))$; vasarinių rapsų: $BBCH = 88,86 \times \exp(-\exp(1,90 - 0,00329 \times GDD (\text{°C})))$; kukurūzų: $BBCH = 103,76 \times \exp(-\exp(1,32 - 0,00147 \times GDD (\text{°C})))$.
4. Mažiausia kaupiamoji augimo temperatūrų suma reikalinga pupiniams augalams – žirniams ir pupoms, atitinkamai 1493–1701 ir 1621–1910°C. Pupinių augalų augimo ir vystymosi tarpsnius galima prognozuoti naudojant Gompertz kreivę – pupų: $BBCH = 86,13 \times \exp(-\exp(1,37 - 0,00344 \times GDD (\text{°C})))$; žirnių – $BBCH = 94,40 \times \exp(-\exp(1,83 - 0,00335 \times GDD (\text{°C})))$.
5. Augalų augimo ir vystymosi tarpsniams prognozuoti siūlomas Gompertz kreivės modelis parodė, kad kaupiamosios temperatūrų sumos paaiškina nuo 93,1 iki 97,7 % tirtų augalų vystymosi variacijos pagal BBCH skalę, kas rodo itin glaudų ryšį tarp šilumos kiekio ir augalų fenologinės raidos.
6. Vegetacijos metu pasitaikantys drėgmės stygiaus periodai, karščio bangos gali paspartinti augalų vystymosi procesus, ir kartu turėti įtakos augalų produktyvumo potencialo realizavimui. Kuriant augalų vystymosi prognozavimo algoritmą, reikia atsižvelgti į tai, kad dėl nepalankių aplinkos sąlygų, dažniausiai

drėgmės stygiaus dygimo metu ir lietaus derliaus nuėmimo metu, galimi tam tikri nuokrypiai prognozuojant augalų sudygimo ir fiziologinės brandos tarpsnius.

Rekomendacija

Siekiant užtikrinti efektyvų ūkio darbų planavimą, racionalų išteklių panaudojimą ir laiko bei medžiagų sąnaudų mažinimą, būtina optimizuoti agrotechninių ir agrocheminių priemonių taikymo laiką. Tinkamas šių priemonių panaudojimas užtikrina augalų produktyvumo potencialo išnaudojimą ir padeda siekti aukštų bei stabilių derlingumo rodiklių. Vienas iš svarbiausių veiksnių planuojant ūkio darbus yra augalų augimo ir vystymosi tarpsnių nustatymas bei jų prognozavimas artimiausiu laikotarpiu (3–7 dienoms). Tai leidžia tiksliai suplanuoti darbus, atsižvelgiant į augalų fenologinę raidą ir meteorologines sąlygas. Rekomenduojame augalų augimo ir vystymosi prognozėms taikyti Gompertz kreivės modelį, kuris, remiantis atliktais tyrimais, patikimai aprašo įvairių žemės ūkio augalų fenologinius pokyčius pagal kaupiamąją augimo temperatūrų sumą (GDD, °C). Gompertz kreivės modelis paaiškina 93,1–97,7 % augalų vystymosi variacijos pagal BBCH skalę. Tai rodo labai glaudų ryšį tarp sukauptos šilumos kiekio ir augalų fenologinės raidos, todėl modelį galima laikyti patikimu praktinio taikymo įrankiu.

Prognozuojant augalų vystymąsi, būtina atsižvelgti į nepalankius aplinkos veiksnius – drėgmės stygių, karščio bangas ar lietingus laikotarpius, kurie gali paspartinti arba sulėtinti augimo procesus ir lemti nuokrypius nuo prognozuojamų tarpsnių.

Literatūros sąrašas

1. Ali, Z.I., Mahalakshmi, V., Singh, M., Ortiz-Ferrara, G., Peacock, J.M. 1994. Variation in cardinal temperatures for germination among wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. *Annals of Applied Biology*, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1994.tb04977.x>
2. Arai-Sanoh Y., Ishimaru T., Ohsumi A., Kondo M. 2010. Effect of Soil Temperature on Growth and Root Function in Rice. *Plant Production Science*, 13 (3), 235–242. <https://doi.org/10.1626/pp.s.13.235>
3. Aslam M.A., Ahmed M., Stöckle C.O., Higgins S.S., Hassan F., Hayat R. 2017. Can Growing Degree Days and Photoperiod Predict Spring Wheat Phenology? *Frontiers in Environmental Science*, 5:57. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00057>
4. Būdvytienė V., 1963. Lauko pupų auginimas. Valstybinė politinė ir mokslinė literatūros leidykla, Vilnius, 1963. p. 96
5. Breazeale D., Kettle R., Munk G. 1999. Using Growing degree days for Alfalfa production. Cooperative Extension University of Nevada.
6. Bukantis A. 2014. Lietuvos agroklimatinis rajonavimas. Lietuvos nacionalinis atlasas. I tomas.
7. Coblenz W.K., Akins M.S., Kalscheur K.F., Brink G.E., Cavadini J.S. 2018. Effects of growth stage and growing degree day accumulations on triticale forages: 2. In vitro disappearance of neutral detergent fiber. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8986–9003. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14867>
8. Hasanuzzaman M. 2019. Agrometeorology. e-Book
9. Hatfield J.L., Prueger J.H. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10: 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
10. Lazauskas J., 1998. Augalininkystė Lietuvoje. Pašarinės pupos. P. 145–151.
11. Luau Q. 2011. Temperature thresholds and crop production: A review. *Climatic Change*, 109: 583–598. DOI 10.1007/s10584-011-0028-6
12. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993. The relationships of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eight Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, 179–184.
13. Meier U. 2018. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. Julius Kühn-Institut (JKI) Quedlinburg. <https://www.julius-kuehn.de/media/Veroeffentlichungen/bbch%20epaper%20en/page.pdf>
14. Metzger M.J., Shkaruba A.D., Jongman R.H.G., Bunce R.G.H. 2012. Description of the European environmental zones and strata. *Alterra Report 2281*. Wageningen, 154 pp.
15. Miller P., Lanier W., Brandt S. 2001. Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. Ah/Extension Communication Coordinator, Communications Services, Montana State University-Bozeman, Bozeman, MO.
16. Miliauskienė S., Lazauskas S., Povilaitis V., Brazaitytė., Duchovskis P. 2016. The competition between winter rape (C3) and maize (C4) plants in response to elevated carbon dioxide and temperature, and drought stress. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103 (1), 21–28 doi 10.13080/z-a.2016.103.003

17. North Dakota Agricultural Weather Network. Sunflower Development and Growing Degree Days (GDD); Crop and Pest Report 2016; North Dakota State University: Fargo, ND, USA; Available online: <https://ndawn.ndsu.nodak.edu/help-sunflower-growing-degree-days.html> (2023-07-18).
18. Oficialiosios statistikos portalas. 2023. Žemės ūkio augalų nuimtas plotas. [https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=336c2c35-08f2-4125-b252-1f717d05b41f#/#/](https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=336c2c35-08f2-4125-b252-1f717d05b41f#/)
19. Olesen J.E., Trnka M., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rossi F., Kozyra J., Micale F. 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34 (2), 96–112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.003>
20. Raes D., Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E. 2018. AquaCrop 6.1. Calculation procedures. Food and Agriculture Organization of the United nations.
21. Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West P.C. 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*, 6:5989. <https://doi.org/10.1038/ncomms6989>
22. Ray M., Mishra N. 2017. Effect of weather parameters on the growth and yield of Cauliflower. *Environment Conservation Journal*, 18(3), 9–19.
23. Sadras V.O., Villalobos, F.J., Fereres, E. 2016. Crop development and Growth. In: Villalobos, F., Fereres, E. (Eds). *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46116-8_11
24. Salama M.A., Mostafa A.Z. 2013. Estimation of Growing Degree Days and Actual Evapotranspiration for Squash Crop Using Heat Units and Neutron Scattering Method. *Journal of American Science*. 9 (10), 302–307.
25. Salazar-Gutierrez M.R., Johnson J., Chaves-Cordoba B., G. Hoogenboom G. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production*. 7 (4), 741-762.
26. Semaškienė R. 2003. Augalų vystymosi tarpsniai pagal BBCH skalę. *Mano ūkis*. <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2003/05/augalu-vystymosi-tarpsniai-pagal-bbch-skale/>
27. Sirvydas A., Kerpauskas P., Kučinskis V. 2011 Augalų energinė apykaita. *Monografija. Akademijs*, 225.
28. Tacka J., Barkley A., Nalley L.L. 2015. Effect of warming temperatures on US wheat yields. *Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America*, 112, 6931–6936. <https://doi.org/10.1073/pnas.1415181112>
29. USDA (United States Department of Agriculture). *Technical Bulletin*; USDA: Washington, DC, USA, 1977; pp. 1516–1525.
30. Šlapakauskas V., Duchovskis P. 2007. Augalų produktyvumas, 279. <https://hdl.handle.net/20.500.12259/80935>
31. Zafarian E., Ebrahimi A., Boroujeni E.A., Surki A.A. 2019. Required Growign Degree-Days (GDDs) fore ach Phenological Stage of *Fritillaria imperialis*. *Journal of Rangeland Science*, 9 (1), 62–73.

32. Žydelis R., Weihermüller L., Herbst M., Klosterhalfen A., Lazauskas S. 2018. A model study on the effect of water and cold stress on maize development under nemoral climate. *Agricultural and forest meteorology*, 263, 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.08.011>
33. Žydelis R., Herbst M., Weihermüller L., Ruzgas R., Volungevičius J., Barčauskaitė K., Tilvikienė V. 2022. Yield potential and factor influencing yield gap in industrial hemp cultivation under nemoral climate conditions. *European Journal of Agronomy*, 139, 126576. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126576>
34. Weikay, Y.; Hunt, L.A. An Equation for Modelling the Temperature Response of Plants using only the Cardinal Temperatures. *Ann. Bot.* 1999, 84, 607–614.
35. Worthington C.M., Hutchinson C.M. 2005. Accumulated growing degree days as a model to determine key developmental stages and evaluate yield and quality of potato in northeast Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 118: 98–101.

Projekto viešinimas ir planuojamų straipsnių sąrašas

Pirmųjų ir antrųjų projekto metų rezultatai pristatyti 2023 m. lapkričio 13 d. ir 2024 m. lapkričio 13 d. nuotoliniuose seminaruose, skirtuose Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro darbuotojams. Projekto veiklų ir tyrimų rezultatai taip pat pristatyti dviejose lauko dienose: 2024 m. birželio 19 d. žemės ūkio technologijų parodoje „Agrovizija“, kur pristatytas stendinis pranešimas (pridedamas pranešimas), ir 2025 m. liepos 3 d. EKO Agritech parodoje (Akademija, Kėdainių r.), kur pristatytas žodinis pranešimas „Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai“. Be to, 2024 m. rugsėjo mėn. žurnale „Mano ūkis“ publikuotas mokslo populiarinimo straipsnis „Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsaja“, o 2025 m. lapkričio mėn. tame pačiame žurnale paskelbta rekomendacija „Kad augalų augimo prognozės būtų patikimos“. Taip pat projekto pagrindu parengtas ir publikuotas atviros prieigos straipsnis „Estimation of Plant Development Stages for 11 Crops under Lithuanian Conditions Based on the Sum of Growing Degree Days (GDD)“ platformoje *Zenodo*.

SUDERINTA:

(Tyrimų priežiūros komisijos pirmininkas)

(Vardas, Pavardė)

(Data)

Priedai

1 priedas. 2023 m. stebėtų avižų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Lauko koordinatės
Viva DS	Ekologinė*	2023-04-29	2023-08-23	55.400538, 23.864728
Frenular DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4006734, 23.8646412
Svaja DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4007246, 23.8645292
Simer DS (1663-20)	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4007796, 23.8644230
DS 1687-4	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4008249, 23.8642805
DS 1728-4	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4008678, 23.8641628
DS 1687-10	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.400922, 23.863966
DS 1687-6	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.400956, 23.863772
Simer DS (1663-20)	Tradicinė**	2023-04-22	2023-09-07	55.384835, 23.852458
Svaja DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-09-08	55.385068, 23.852640
Milija DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.391543, 23.872777
Agoda DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4008688, 23.8641640
Agoda DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-09-11	55.384855, 23.853046
Agoda DS	Tradicinė	2023-05-03	2023-08-28	55.391405, 23.872456

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

2 priedas. 2024 m. stebėtų avižų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Viva DS	Tradicinė	2024-05-03	2024-08-13	55.382036, 23.848995
Simer DS	Tradicinė	2024-05-03	2024-08-13	55.381768, 23.849166
Viva DS	Tradicinė	2024-05-03	2024-08-13	55.381585, 23.849359
Frekula DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401567, 23.863437
Svaja DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401506, 23.863608
Simer DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401372, 23.863877
Delfin	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401289, 23.864066
Migla DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401252, 23.863734
Viva DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401143, 23.863916
Frekula DS	Tradicinė	2024-04-29	2024-08-13	55.392349, 23.870550
Svaja DS	Tradicinė	2024-04-29	2024-08-13	55.392324, 23.870765
Simer DS	Tradicinė	2024-04-29	2024-08-13	55.392330, 23.870947
Delfin	Tradicinė	2024-04-29	2024-08-13	55.392263, 23.871012
Viva DS	Tradicinė	2024-04-29	2024-08-13	55.392208, 23.871205
Frekula DS	Tradicinė	2024-04-30	2024-08-12	55.394383, 23.870958

Svaja DS	Tradicinė	2024-04-30	2024-08-12	55.392983, 23.8728969
Simer DS	Tradicinė	2024-04-30	2024-08-12	55.39275, 23.873766
Delfin	Tradicinė	2024-04-30	2024-08-12	55.393270, 23.873252

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

3 priedas. 2025 m. stebėtų avižių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Simer DS	Tradicinė	2025-04-17	2025-08-19	55.393784, 23.866744
Symphony	Tradicinė	2025-04-24	2025-08-29	55.395008, 23.870822
Symphony	Tradicinė	2025-04-24	2025-08-29	55.394084, 23.872763
Montrose	Tradicinė	2025-04-28	2025-08-28	55.405822, 23.867160
Symphony	Tradicinė	2025-04-28	2025-08-28	55.406080, 23.866994
Rembo	Tradicinė	2025-04-28	2025-08-27	55.384499, 23.878794
Simer DS	Ekologinė	2025-05-06	2025-08-19	55.400901, 23.865281

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

4 priedas. 2023 m. stebėtų kukurūzų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
LG Conclusion	Tradicinė	2023-05-12	2023-10-09	55.388672, 23.866223
LG Conclusion	Tradicinė	2023-05-12	2023-10-09	55.388865, 23.865979
SY Skandik	Tradicinė	2023 05 18	2023-10-17	55.388867, 23.866583
LG Conclusion	Tradicinė	2023-05-12	2023-10-05	55.331206, 23.915660
LG Conclusion	Tradicinė	2023-05-12	2023-10-05	55.330919, 23.915865
Agiraxx	Tradicinė	2023-05-10	2023-10-17	55.385913, 23.851116
Agiraxx	Tradicinė	2023-05-10	2023-10-17	55.405197, 23.867568

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

5 priedas. 2024 m. stebėtų kukurūzų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
LG Conclusion	Tradicinė	2023-05-07	2023-10-04	55.388672, 23.866223
LG Conclusion	Tradicinė	2023-05-08	2023-10-07	55.388865, 23.865979

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

6 priedas. 2025 m. stebėtų kukurūzų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
LG Conclusion	Tradicinė	2025-05-14	2025-10-10	55.388505,23.866089
LG Conclusion	Tradicinė	2025-05-14	2025-10-10	55.331395,23.9159014
LG Conclusion	Tradicinė	2025-05-05	2025-09-30	55.381803,23.847851

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

7 priedas. 2023 m. stebėtų pupų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Reda DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-04	55.391649, 23.871763
Reda DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-04	55.400458, 23.864786
Nr. 1841	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-04	55.396425, 23.866893
Nr. 2317-71	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-04	55.39622, 23.86656
Ukko	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-04	55.39642, 23.86666
Geltonos	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-04	55.39647, 23.86712

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

8 priedas. 2024 m. stebėtų pupų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Reda DS	Tradicinė	2024-04-15	2024-08-12	55.396523, 23.866849
Reda DS	Tradicinė	2024-04-30	2024-08-12	55.396354, 23.876724
Tiffany	Tradicinė	2024-05-05	2024-08-16	55.384569, 23.877775
Daisy	Tradicinė	2024-05-05	2024-08-16	55.384453, 23.877421
Trumpet	Tradicinė	2024-05-05	2024-08-16	55.384209, 23.876874
Tiffany	Tradicinė	2024-05-08	2024-08-14	55.385071, 23.859395
Fuego	Tradicinė	2024-05-08	2024-08-14	55.385181, 23.859170
Reda DS	Tradicinė	2024-05-08	2024-08-14	55.384964, 23.859425
Reda DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-12	55.400691, 23.863824

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

9 priedas. 2025 m. stebėtų pupų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Reda DS	Tradicinė	2025-04-18	2025-09-09	55.383864,23.861240
Daisy	Tradicinė	2025-04-18	2025-09-09	55.407302,23.866213
Fuego	Tradicinė	2025-04-18	2025-09-09	55.406694,23.866847
Tiffany	Tradicinė	2025-04-18	2025-09-09	55.406112,23.867204
Reda DS	Tradicinė	2025-04-23	2025-09-10	55.384914,23.879603
Reda DS	Tradicinė	2025-05-01	2025-09-12	55.390257,23.868456

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

10 priedas. 2023 m. stebėtų vasarinių kviečių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Venta DS	Tradicinė	2023-05-03	2023-08-18	55.400603, 23.864811
Merkys DS	Tradicinė	2023-05-03	2023-08-17	55.400638, 23.864851
Triso	Tradicinė	2023-05-10	2023-08-16	55.394108, 23.876858
Venta DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.393666, 23.876851
Merkys DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.394153, 23.877408
Quintus	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4007453, 23.8647666
Calixo	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.400827, 23.864641
KWS Collada	Tradicinė	2023-04-26	2023-08-23	55.381980, 23.863572
KWS Collada	Tradicinė	2023-04-26	2023-08-23	55.381088, 23.864872
KWS Collada	Tradicinė	2023-04-26	2023-08-23	55.388980, 23.866246
Flippen	Tradicinė	2023-05-04	2023-08-21	55.405355, 23.860018
KWS Mistral	Tradicinė	2023-05-04	2023-08-21	55.405128, 23.859724
KWS Collada	Tradicinė	2023-05-05	2023-08-21	55.405151, 23.859231

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

11 priedas. 2024 m. stebėtų vasarinių kviečių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Venta DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-23	55.399316, 23.870638
Merkys DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-23	55.399243, 23.870166
Triso	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-23	55.399268, 23.869468
Venta DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401222, 23.862854
Merkys DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401112, 23.863036
KWS Carusum	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401015, 23.863251
Quintus	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.400942, 23.863498
Calixo	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.400856, 23.863659
Venta DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-21	55.394830, 23.875242
Merkys DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-21	55.394848, 23.875565
Triso	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-21	55.395119, 23.875781
KWS Carusum	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-21	55.395163, 23.876258
Quintus	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-21	55.395381, 23.876489
Calixo	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-21	55.395294, 23.876797
WPB Troy	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-16	55.380049, 23.861665
WPB Troy	Ekologinė	2024-05-01	2024-08-16	55.380177, 23.861408

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

12 priedas. 2025 m. stebėtų vasarinių kviečių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Zenon	Ekologinė	2025-04-17	2025-08-27	55.400527,23.861345
WPB Troy	Tradicinė	2025-04-22	2025-08-20	55.380529,23.864429
WPB Troy	Tradicinė	2025-04-25	2025-08-22	55.389162,23.867563
WPB Troy	Tradicinė	2025-04-29	2025-08-18	55.388630,23.867069
WPB Troy	Tradicinė	2025-05-02	2025-09-01	55.388837,23.875970
WPB Troy	Tradicinė	2025-05-06	2025-08-29	55.381534,23.848186
WPB Troy	Tradicinė	2025-04-30	2025-09-01	55.416983,23.856825
WPB Troy	Tradicinė	2025-04-30	2025-08-20	55.414749,23.862161
Vanek	Tradicinė	2025-04-18	2025-08-28	55.386267,23.8560431
KWS Mistral	Tradicinė	2025-04-18	2025-08-28	55.387006,23.854900

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

13 priedas. 2023 m. stebėtų vasarinių miežių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Ema DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.400538, 23.864535
Dina DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4006239, 23.8643670
Arka DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.400624, 23.864367
Alisa DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4008066, 23.8639717
Noja DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4008657, 23.8638151
Kirsna DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4009207, 23.8636615
Rusnė DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-23	55.4009835, 23.8634983
Ema DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.392901, 23.871239
Dina DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.392876, 23.871788
Alisa DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.393015, 23.870946
Aura DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.393111, 23.870749
Noja DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.393171, 23.870639
Arka DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.393270, 23.870683
Luokė	Tradicinė	2023-04-22	2023-08-11	55.393234, 23.870525
Luokė	Tradicinė	2023-04-28	2023-08-23	55.381755, 23.863361
Luokė	Tradicinė	2023-04-28	2023-08-23	55.380999, 23.864485
Luokė	Tradicinė	2023-05-04	2023-08-23	55.388628, 23.865188

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

14 priedas. 2024 m. stebėtų vasarinių miežių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Lauko koordinatės
Dina	Tradicinė	2024-05-03	2024-08-11	55.394958, 23.870364
Gunda DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.394441, 23.870810
Auksiniai-3	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.394383, 23.870958
Ūla	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.393050, 23.872544
Rusnė DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.394696, 23.8699126
Ema DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.393446, 23.873455
Alisa DS	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.393616, 23.871287
Dina	Tradicinė	2024-05-01	2024-08-11	55.393299, 23.872359
Luokė	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401671, 23.864059
Alisa DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401592, 23.864309

Arka DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401658, 23.864287
Noja DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401585, 23.864448
Kirsna DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401457, 23.864791
Rusnė DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401408, 23.864963
Ema DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401286, 23.865167
Gunda DS	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401180, 23.865381
9898-3	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401049, 23.865815
RGT Planet	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401265, 23.864437
Feedway	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401375, 23.864051
Laureate	Ekologinė	2024-05-02	2024-08-14	55.401460, 23.863664
Luokė	Ekologinė	2024-05-01	2024-08-14	55.380950, 23.863435
Luokė	Ekologinė	2024-05-01	2024-08-14	55.381219, 23.863006

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

15 priedas. 2025 m. stebėtų vasarinių miežių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Aura DS	Ekologinė	2025-04-22	2025-08-19	55.400141,23.864647
Ema DS	Tradicinė	2025-04-22	2025-08-20	55.380461,23.864152
Ema DS	Tradicinė	2025-04-23	2025-08-20	55.388328,23.865494
Gunda DS	Tradicinė	2025-04-17	2025-08-18	55.395677,23.868955
Pilote	Tradicinė	2025-05-06	2025-08-27	55.381010,23.848736
Klarinette	Tradicinė	2025-04-25	2025-08-22	55.383780,23.877330
Laureate	Tradicinė	2025-04-24	2025-08-23	55.390322,23.870952

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

16 priedas. 2023 m. stebėtų vasarinių rapsų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Lagonda H	Tradicinė	2023-05-08	2023-09-04	55.408521, 23.866609
Mirakel H	Tradicinė	2023-05-05	2023-09-05	55.389522, 23.873378

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

17 priedas. 2025 m. stebėtų vasarinių rapsų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Selna	Tradicinė	2025-05-10	2025-09-01	55.405888,23.867504
Selna	Tradicinė	2025-04-25	2025-09-03	55.383032,23.875204

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

18 priedas. 2023 m. stebėtų žirnių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Lina DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.400415, 23.864917
Eglė DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004622, 23.8649993
Retrija	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4005085, 23.8650704
Simona	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4005565, 23.8651421
Ieva DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003823, 23.8648598
Jūra DS	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003653, 23.8649118
Ingrid	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003994, 23.8649607
Trendy	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004398, 23.8650231
Casablanca	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004859, 23.8650945
Karpate	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4005373, 23.8651780
Lump	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003478, 23.8649748
LG Aspen	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003817, 23.8650104
LG Auris	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004228, 23.8650654
Bluetooth	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004702, 23.8651264
Badoo	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003236, 23.8650338
Kamelion	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003566, 23.8650935
Astronaute	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004059, 23.8651505
Respect	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004510, 23.8652075
Salamanca	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4004980, 23.8652769
Symbios	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4002934, 23.8651213
Velvet	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4003334, 23.8651827
Skol	Ekologinė	2023-04-29	2023-08-01	55.4002658, 23.8654308
Lina DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-07-26	55.393649, 23.880697
Eglė DS	Tradicinė	2023-04-22	2023-07-26	55.3938511, 23.8814040
Casablanca	Tradicinė	2023-04-22	2023-07-26	55.393649, 23.881521
Lina DS	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.393978, 23.880860
Eglė DS	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-27	55.393831, 23.881025
DS 3835-2	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.393728, 23.881201
DS 3862-1	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.393617, 23.881292
DS 3851-3	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.393888, 23.880639

DS 3952-3	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.393785, 23.880904
DS 3822-2	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.393649, 23.880697
Ieva DS	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.3935847, 23.8809534
Jūra DS	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.3938227, 23.8804331
Simona	Tradicinė	2023-04-21	2023-07-25	55.394019, 23.881196

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

19 priedas. 2024 m. stebėtų žirnių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Egle DS	Tradicinė	2024-04-30	2024-07-24	55.387388, 23.843731
Respect	Tradicinė	2024-04-13	2024-07-24	55.392876, 23.878426
Lina DS	Tradicinė	2024-04-29	2024-07-24	55.393455, 23.878898
Egle DS	Tradicinė	2024-04-29	2024-07-24	55.393382, 23.878748
Casablanca	Tradicinė	2024-04-29	2024-07-24	55.393278, 23.878566
Ieva DS	Tradicinė	2024-04-15	2024-07-24	55.393150, 23.878469
Jūra DS	Tradicinė	2024-04-15	2024-07-24	55.393041, 23.878362
Simona	Tradicinė	2024-04-15	2024-07-24	55.392943, 23.878287

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

20 priedas. 2025 m. stebėtų žirnių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Eso	Tradicinė	2025-04-15	2025-08-13	55.400645, 23.861485
Egle DS	Tradicinė	2025-04-15	2025-08-12	55.390454, 23.870920
Egle DS	Tradicinė	2025-04-14	2025-08-04	55.390546, 23.879688
Egle DS	Tradicinė	2025-04-11	2025-08-04	55.392848, 23.874067
Lina DS	Tradicinė	2025-04-11	2025-08-04	55.392009, 23.873128
Egle DS	Tradicinė	2025-04-16	2025-08-13	55.408814, 23.8865128
Egle DS	Tradicinė	2025-04-16	2025-08-13	55.384457, 23.879252
Egle DS	Tradicinė	2025-04-22	2025-08-14	55.385338, 23.857043
Egle DS	Tradicinė	2025-04-22	2025-08-12	55.390006, 23.870279

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

21 priedas. 2023/2024 m. stebėtų žieminių kviečių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Etana	Tradicinė	2023-09 -05	2024-08-05	55.405682, 23.868525
Etana	Tradicinė	2023-09-15	2024-08-05	55.405664, 23.868876
Etana	Tradicinė	2023-09-25	2024-08-05	55.405636, 23.869211
Herkus DS	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392029, 23.877525
Ada	Tradicinė	2023-09 -19	2024-07-24	55.391913, 23.877611
Skagen	Ekologinė	2023-09-19	2024-07-25	55.391816, 23.877675
Artist	Ekologinė	2023-09-19	2024-07-25	55.391816, 23.877675
Semba	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392431, 23.878347
Ekas	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392437, 23.878349
Vaiva	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392431, 23.878341
Sarta	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-25	55.392346, 23.878897
Eldija	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392541, 23.878586
Sima	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392669, 23.878565
Silva	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392633, 23.878983
Alma DS	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392565, 23.879251
Sedula DS	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-24	55.392693, 23.879573
Etana	Tradicinė	2023-09-25	2024-07-31	55.389952, 23.851546
Lemmy	Tradicinė	2023-09-25	2024-07-31	55.390134, 23.849486
Skagen	Tradicinė	2023-09-25	2024-07-31	55.389465, 23.847308
Delawar	Tradicinė	2023-09-25	2024-07-31	55.389635, 23.847876
Etana	Tradicinė	2023-09-21	2024-07-30	55.415878, 23.845623

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

22 priedas. 2024/2025 m. stebėtų žieminių kviečių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Skagen	Tradicinė	2024-09-19	2025-08-08	55.387509,23.841384
Etana	Tradicinė	2024-09-19	2025-08-12	55.387144,23.841953
Lemmy	Tradicinė	2024-09-19	2025-08-12	55.385414,23.843868
Lakaja DS	Tradicinė	2024-09-19	2025-08-08	55.377473,23.853868

Lakaja DS	Tradicinė	2024-09-18	2025-08-07	55.380694,23.864782
Lakaja DS	Tradicinė	2024-09-18	2025-08-05	55.389920,23.869478
Skagen	Tradicinė	2024-09-19	2025-08-13	55.389494,23.869070
Ada	Ekologinė	2024-09-19	2025-08-05	55.398494,23.865964

Pastaba: Ekologinė augimo technologija – tai tokia technologija, kurioje laikomasi „Ekologinio ūkininkavimo taisyklių“, kurių principas – nenaudoti mineralinių trąšų ir cheminių pesticidų. Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

23 priedas. 2023/2024 m. stebėtų žieminių miežių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Lauko koordinatės
KWS Wallace	Tradicinė	2023-09-22	2024-07-10	55.390314, 23.852280
KWS Wallace	Tradicinė	2023-09-21	2024-07-10	55.414693, 23.849397
Baracooda	Tradicinė	2023-09-24	2024-07-10	55.385611, 23.880058

24 priedas. 2024/2025 m. stebėtų žieminių miežių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
KWS Meridian	Tradicinė	2024-09-23	2025-07-22	55.391107,23.851211
Sy Baracood	Tradicinė	2024-09-25	2025-07-22	55.383977,23.845393
SY Maliboo	Tradicinė	2024-09-23	2025-07-22	55.388099,23.865519
SY Maliboo	Tradicinė	2024-09-24	2025-07-22	55.404468,23.869320

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

25 priedas. 2023/2024 m. stebėtų žieminių rapsų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
Mercedes	Tradicinė	2023-08-26	2024-07-16	55.403463, 23.857777
Adelmo KWS	Tradicinė	2023-08-26	2024-07-16	55.404474, 23.856511
SY Alibaba	Tradicinė	2023-08-26	2024-07-16	55.405388, 23.856747
Mercedes	Tradicinė	2023-09-05	2024-07-17	55.407587, 23.867529
Crome	Tradicinė	2023-09-05	2024-07-17	55.408117, 23.867079
Mercedes	Tradicinė	2023-09-04	2024-07-17	55.402573, 23.870426
DK Exaura	Tradicinė	2023-09-04	2024-07-17	55.387980, 23.866167
Mercedes	Tradicinė	2023-09-04	2024-07-17	55.388505, 23.878119
SY Alibaba	Tradicinė	2023-08-24	2024-07-16	55.381285, 23.851322
LG Arnold	Tradicinė	2023-08-24	2024-07-16	55.379847, 23.852695
Dominator	Tradicinė	2023-08-24	2024-07-16	55.378317, 23.856590
Dominator	Tradicinė	2023-08-26	2024-07-17	55.399202, 23.869197
Mercedes	Tradicinė	2023-08-26	2024-07-17	55.398519, 23.869647

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

26 priedas. 2024/2025 m. stebėtų žieminių rapsų lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
SY Alibaba	Tradicinė	2024-08-29	2025-08-02	55.414772,23.849254
DK Expiro	Tradicinė	2024-08-29	2025-08-02	55.414246,23.849521
Dynamic	Tradicinė	2024-08-29	2025-08-02	55.413912,23.849568
DK Exbury	Tradicinė	2024-08-29	2025-08-02	55.413436,23.849513
DK Exigent	Tradicinė	2024-08-22	2025-08-02	55.391341,23.866243
Legato	Tradicinė	2024-08-23	2025-07-22	55.391097,23.851517

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

27 priedas. 2023/2024 m. stebėtų žieminių rugių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Lauko koordinatės
KWS TAYO	Tradicinė	2023-09-21	2024-07-31	55.414504, 23.849633
Elias	Tradicinė	2023-09-24	2024-07-31	55.385806, 23.880878
KWS TAYO	Tradicinė	2023-09-22	2024-07-31	55.389984, 23.852809
Virgiai	Tradicinė	2023-09-19	2024-07-31	55.390870, 23.860730

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

28 priedas. 2024/2025 m. stebėtų žieminių rugių lauko eksperimentų detalės.

Veislė/selekcinė linija (selekcinis numeris)	Augimo technologija	Sėjos laikas	Derliaus nuėmimo laikas	Koordinatės
KWS Tayo	Tradicinė	2024-09-25	2025-08-18	55.384204,23.845013
Elias	Tradicinė	2024-09-20	2025-08-18	55.410311,23.864098

Pastaba: Tradicinė augimo technologija – tai tokia technologija, kai augalai auginami pagal įprastą, konkrečiam augalui efektyviausią ir ekonomiškai pagrįstą technologiją.

Projekto viešinimas

Pirmųjų projekto metų rezultatai pristatyti 2023 m. lapkričio 13 d. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro darbuotojams nuotoliniame seminare. Žemiau pateikta seminaro programa.

LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRAS
Seminaras
**ŽŪM FINANSUOJAMI MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR TAIKOMOSIOS VEIKLOS
PROJEKTAI – 2023 M. REZULTATAI**
2023 m. lapkričio 13 d. 13 val.

13 ⁰⁰ -13 ¹⁵	Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai. <i>Renaldas Žydelis</i>
13 ¹⁵ -13 ³⁰	Netradicinių aukštos mitybinės vertės augalų - lęšių (<i>Lens culinaris</i>) ir sorų (<i>Panicum miliaceum</i>) auginimo Lietuvoje technologinės galimybės bei genotipų atranka. <i>Monika Toleikienė</i>
13 ³⁰ -13 ⁴⁵	Obelių veislių, tinkamų auginti su mažesnėmis pesticidų sąnaudomis, paieška. <i>Juozas Lanauskas</i>
13 ⁴⁵ -14 ⁰⁰	Augalų apsaugos produktų veiksmingumas mažinant jų normas. <i>Roma Semaškienė</i>
14 ⁰⁰ -14 ¹⁵	Tvaraus ūkininkavimo praktikos taikymas žemės ūkio augaluose pasitelkiant IKOK priemones. <i>Roma Semaškienė</i>
14 ¹⁵ -14 ³⁰	IKOK gairių parengimas sodo ir daržo augalams. <i>Neringa Rasiukevičiūtė</i>
14 ³⁰ -14 ⁴⁵	Integruotos kenksmingųjų organizmų kontrolės gairių parengimas šiuolaikiniuose šiltnamiuose auginamuose pagrindiniuose augaluose. <i>Neringa Rasiukevičiūtė</i>
14 ⁴⁵ -15 ¹⁵	Diskusija

Antrųjų projekto metų rezultatai pristatyti 2024 m. lapkričio 13 d. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro darbuotojams nuotoliniame seminare.
 Žemiau pateikiama seminaro programa.

„Microsoft Teams“ susitikimas

Labą diena,

2024 m. lapkričio 13 d. 9 val. maloniai kviečiame prisijungti į nuotolinį seminarą „Žemės ūkio, maisto ūkio mokslinių tyrimų ir taikomoji veikla – LAMMC tyrimų rezultatai“.

9 ⁰⁰ _9 ¹⁰	Atidarymas
9 ¹⁰ _9 ²⁵	<i>Birutė Frercks.</i> Lietuvos agroklimato sąlygomis perspektyvių vynuodžių veislių kilmės identifikavimas ir sveikosios dauginamosios medžiagos įdiegimas
9 ²⁵ _9 ⁴⁰	<i>Danas Baniulis, Skaidrė Supronienė.</i> Dirvožemio mikrobiotos funkcinis potencialas augalininkystės ūkių našumo didinimui
9 ⁴⁰ _9 ⁵⁵	<i>Regina Repšienė.</i> Naujų ar tobulintinių klimatui ir aplinkai palankių priemonių, kurios padėtų spręsti dirvožemio rūgštėjimo problemas, identifikavimas ir ekonominės naudos įvertinimas
9 ⁵⁵ _10 ¹⁰	<i>Irena Deveikytė.</i> Augalų apsaugos produktais apdorojamuose pasėliuose žydinčių piktžolių apskaitos metodika
10 ¹⁰ _10 ²⁵	<i>Žydrė Kadžiulienė.</i> Studija „Ekologiniai augalininkystės ūkiai: inovacijos ir patirtys“
10 ²⁵ _10 ⁴⁰	<i>Juozas Lanauskas.</i> Obelių veislių, tinkamų auginti su mažesnėmis pesticidų sąnaudomis, paieška
10 ⁵⁵ _11 ¹⁰	<i>Monika Toleikienė.</i> Netradicinių aukštos mitybinės vertės augalų – lęšių (<i>Lens culinaris</i>) ir sorų (<i>Panicum miliaceum</i>), auginimo Lietuvoje technologinės galimybės bei genotipų atranka
11 ¹⁰ _11 ²⁵	<i>Renaldas Žydelis.</i> Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai
11 ²⁵ _11 ⁴⁰	<i>Roma Semaškienė.</i> Augalų apsaugos produktų veiksmingumas mažinant jų normas, tvaraus ūkininkavimo praktikos taikymas žemės ūkio augaluose pasitelkiant IKOK priemones
11 ⁴⁰ _11 ⁵⁵	<i>Žydrė Kadžiulienė.</i> Organinė anglis šalies regionų dirvožemiuose duomenų skaitmenizavimas ir modeliavimas, situacijos vertinimas, išsaugojimo dirvožemyje priemonės
11 ⁵⁵ _12 ⁰⁰	Uždarymas



Augalų vystymosi tarpinių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai

Renaldas Žydelis¹, Vida Danytė¹, Virmantas Povilaitis¹

1 – Žemdirbystės institutas, Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras (LAMMC)
E. paštas: renaldas.zydelis@lammc.lt

Įvadas

Ūkiuose, siekiant mažinti laiko ir medžiagų sąnaudas, svarbu agrotechnines ir agrochemines priemones panaudoti tinkamu metu, kad augalai gautų maksimalią naudą. Svarbu tiksliai nustatyti augalų augimo ir vystymosi tarpnius, parengti bent trumpojo laikotarpio 3–7 dienų augalų vystymosi prognozes, leidžiančias planuoti ūkio darbus ir didinti veiklos efektyvumą. Norint sukurti algoritmus, padedančius apskaičiuoti konkrečias oro ir dirvožemio temperatūras sumas, reikalingas augalo vystymosi tarpniui pasiekti, būtini išsamūs tikslesni lauko eksperimentai, kuriuose periodiškai vertinamas augalų vystymasis konkrečiomis agrometeorologinėmis sąlygomis. Lietuvoje tokie tyrimai atlikti tik fragmentiškai.

Tikslas – sukurti algoritmą, leisiantį, remiantis agroklimatiniais rodikliais, prognozuoti tikslus žemės ūkio augalų vystymosi tarpnius.

Tyrimų metodika

Eksperimentų planavimas, parenkant reprezentatyvias vietas, augalus, jų veisles ir auginimo technologijas.

Kasmetinis tikslųjų eksperimentų įrengimas, augalų ir dirvožemio matavimai.

Lauko eksperimentų vykdymas, periodiškai registruojant skirtingų augalų augimo ir vystymosi tarpnius.

Kasdienių agroklimatinių rodiklių, tokių kaip: oro ir dirvožemio temperatūrų, kritulių ir dirvožemio drėgmės kiekio ir kt., fiksavimas eksperimento metu ir jų vertinimas daugiamečių klimato normų 1991–2020 m. kontekste.

Augalų vystymosi tarpnių prognozavimo prototipinio algoritmo sukūrimas, remiantis daugiamečiais mokslinių tyrimų duomenimis, surinktais 2–4 projekto etapuose.

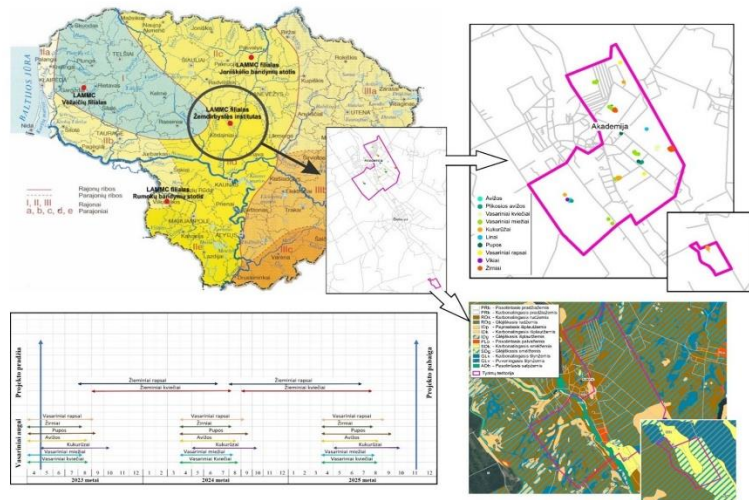
Gautų rezultatų apibendrinimas ir sklaida.

Apibendrinimas

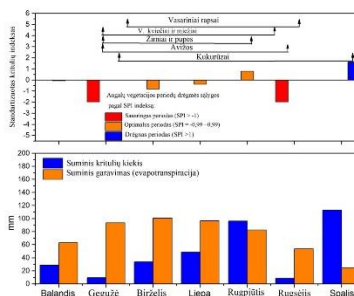
2023 m. vasarinių augalų augimas ir vystymasis stebėti 94 skirtinguose eksperimentuose, naudojant įvairias agrotechnologijas ir veisles. Žirniai stebėti 35 eksperimentuose, vasariniai miežiai – 17, avižos – 14, vasariniai kviečiai – 13, kukurūzai – 7, pupos – 6, o vasariniai rapsai – 2 eksperimentuose.

Apskaičiavus augimo temperatūrų sumą nuo sėjos iki fiziologinės brandos, paaiškėjo, kad daugiausiai šilumos reikėjo kukurūzams (2610,6±41 °C), šiek tiek mažiau – vasariniams rapsams (2124,8±25,9 °C) ir avižoms (2029,7±159,8 °C). Vasarinių kviečių ir miežių augimo temperatūrų sumos buvo panašios (1912±98,5 °C ir 1868,9±100,2 °C atitinkamai), o pupų ir žirnių – mažiausios (1621,1±30,5 °C ir 1493,8±42,2 °C).

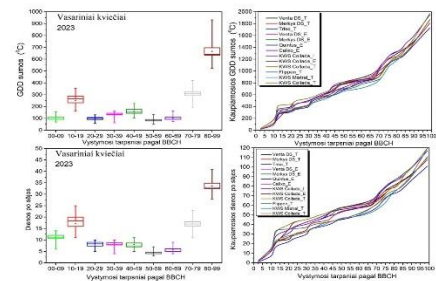
2023 m. meteorologinės sąlygos daugumai augalų buvo vidutinio šilumos, bet metai buvo sausringi, ypač pirmojoje vegetacijos pusėje, todėl augalų vystymosi tendencijos turėtų būti vertinamos atsižvelgiant į vidutinio šilumos ir sausringo sezono sąlygas.



1 paveikslas. Grafinė projekto koncepcija.



2 paveikslas. Standartizuoto kritulių indekso (SPI) reikšmių kaita tyrimų laikotarpiu (vasara). Šikretusių kritulių kiekis ir suminis garavimas kiekvieną tyrimų mėnesį (apačioje).



2 paveikslas. Vasarinių kviečių augimo tarpniams pasiekti reikalingų temperatūrų sumos ir dienų skaičių (kairėje) ir šių rodiklių kaupiamosios reikšmės per visą vegetacijos sezoną (dešinėje). Box plot grafikai kairėje parodo apskaičiuotą ir nustatytą reikšmių variaciją, t. y. viršutinė linija žymi didžiausią reikšmę, o apatinė – mažiausią, linija per vidurį žymi medianą, o vidurinis taškas parodo reikšmių vidurkį.



Mokslo populiarinimo straipsnis „Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai“, publikuotas žurnale „Mano ūkis“, 2024 m. rugsėjo mėn.

Straipsnio nuoroda: <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2024/09/augalu-vystymosi-tarpsniu-ir-agroklimatiniu-rodikliu-sasaja/>

AUGALININKYSTĖ

Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsaja

Svarbu iširti augalų vystymosi konkrečiomis agrometeorologinėmis sąlygomis dėsningumus. Tai padeda parengti pasėlių būklės prognozes ir leidžia geriau planuoti priežiūros darbus.

Ukiuose, mažinant darbuotojų laiko ir medžiagų sąnaudas, siekiama, kad agrotechninės ir agrocheminės priemonės būtų panaudotos tinkamu laiku ir augalams duotų maksimalią naudą. Todėl šiame kontekste svarbu tiksliai nustatyti augalų augimo ir vystymosi tarpsnius, kad būtų galima parengti bent trumpalaikes pasėlių vystymosi prognozes (bent iki 10 d.). Tokia informacija ūkininkams leistų efektyviau planuoti lauko darbus, ypač kai ūkyje yra auginami skirtingi augalai.

Žinoma, kad augalų augimo ir vystymosi procesai yra pagreidiniai veiksniai, mosi procesai pasėlių produktyvumą / derlingumą. Augalų augimas gali būti apibūdinamas kaip struktūrinių elementų, tokių kaip lapų, stiebų, žiedyno ar grūdų, masės, didėjimas per vegetacijos laikotarpio vystymasis – tai naujų struktūrinių elementų atsiradimas ir sugebėjimas atlikti funkcijas.

Pirmiausia svarbu suprasti, kad augalo augimas (masės didėjimas) yra sudėtingas gautinųjų išteklių pasisavinimo ir jų greičio priklausau nuo augalo lapų sąveikos, didėjimas per vegetacijos laikotarpio vystymasis – tai naujų struktūrinių elementų atsiradimas ir sugebėjimas atlikti funkcijas.

Pirmiausia svarbu suprasti, kad augalo augimas (masės didėjimas) yra sudėtingas gautinųjų išteklių pasisavinimo ir jų greičio priklausau nuo augalo lapų sąveikos, didėjimas per vegetacijos laikotarpio vystymasis – tai naujų struktūrinių elementų atsiradimas ir sugebėjimas atlikti funkcijas.

Viršuje iš kairės: tyrimų vietovė; tikslus geografinis laukų koordinatės, kur vykdyti stebėjimai 2023 metais. Apačioje iš kairės: pasirinktų augalų stebėjimo planas; tyrimų vietovėje vyraujantys skirtingi dirvožemio tipologiniai vienetai pagal LTK-99 klasifikaciją



Stagnikame liplautžemyje įdiegta SoilNet (ranga, kuri kas valandą matuoja dirvožemio temperatūrą ir drėgmę skirtinguose dirvožemio horizontuose (iki 1,2 metro gylio))

jimo absorbuoti CO₂ ir saulės spinduliuotę, taip pat nuo šaknų sistemos gebėjimo dirvožemyje surinkti vandens ir maisto medžiagas. Visa tai esmingai lemia augalo efektyvumą transformuojant aplinkos išteklius į biomasę.

Augalų vystymasis daugiausia priklauso nuo kintamų aplinkos veiksnių, tokių kaip oro temperatūra ir fotoperiodo trukmė. O kiti veiksniai, tokie kaip maisto medžiagos, drėgmės kiekis ir kt., turi mažiau įtakos vystymosi greičiui.

Kiekvienas augalas tam, kad pereitų iš vieno augimo ir vystymosi tarpsnio į kitą,

turi sukaupti tam tikrą aktyvių temperatūrų sumą, kuri skirtingiems augalams ir veislėms yra skirtinga. Aktyvių temperatūrų suma skaičiuojama sumuojant minimalios ir maksimalios temperatūrų santykį ir atsižvelgiant į konkretaus augalo temperatūrų ribas.

Vis dėlto norint sukurti matematinės skaičiuokles (algoritmus), padedančias automatiškai apskaičiuoti konkrečias oro ir dirvožemio temperatūrų sumas, reikalingas augalo vystymosi tarpsnii pasiekti, būtina ir išsamus tikslieji lauko eksperimentai, per kuriuos periodiškai vertinamas augalų vystymasis konkrečiomis agrometeorologinėmis sąlygomis.

Europos Sąjungos (ES) žemės ūkio politika orientuojasi į konkurencingumo didinimą ir tausų gamtos išteklių panaudojimą, atsižvelgiant į klimato kaitos iššūkius. Kaskart vis griežtėjantys reglamentai, visų pirma, Europos žaliasis kursas, Bendorių žemės ūkio politika, Europos dirvožemio teminė strategija ir kitos maisto saugos programos, taip pat ir ambicingesnė klimato kaitos mažinimo tikslai skatina ir kartu rekomenduoją efektyviai valdyti ūki, tam pasitelkiant mokslo žinias, informacines technologijas ir empirinius tyrimų duomenis.

Tiriami pagrindiniai Lietuvos žemės ūkio augalai

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAIMC) Žemdirbystės instituto mokslininkai vykdo lauko eksperimentus, kuriuose analizuojami 7 rūšių vasariniai augalai (avizos, kukurūzai, pupos, kviečiai, miežiai, rapsai, žirniai) ir 3 rūšių žieminiai augalai (kviečiai, rapsai, miežiai). Lauko eksperimentai vykdomi Žemdirbystės instituto tikslųjų eksperimentų bazėje, Vidurio Lietuvoje.

LAIMC mokslininkai 2023 metais skirtingų augalų auginimą ir vystymąsi iš viso stebėjo net 94 eksperimentuose, 2024–2025 metais numatyta tirti taip pat panašų kiekį laukelių. Tyrinėjami augalų vystymąsi, mokslininkai atsižvelgia ir į dirvožemio tipus, nes bandymų vietovėje vyrauja įvairūs dirvožemiai. Pavyzdžiui, čia randama karbonatingųjų ir glejiskųjų rudžemių, karbonatingųjų ir glejiskųjų

ŽIEMINIA KVICIA

ARTIST

- Gerai žiemoja
- Labai didelis potencialas
- Atspari išgula
- Tolerantiški

Dėl produkto UAB „Aar“ regioniniame www.aar.lt



REKOMENDUOJA

Kad augalų augimo prognozės būtų patikimos

Itin svarbu tiksliai nustatyti, kuriame vystymosi tarpsnyje yra augalai pagal BBCH skalę, ir prognozuoti artimiausius jų augimo pokyčius.

Tai tampa vis aktualiau, nes klimato kaita ir griežtėjantys Europos Sąjungos reikalavimai skatina žemės ūkį siekti didesnio efektyvumo ir tvariau naudoti išteklius. Ūkininkams tai reiškia būtinybę laiku ir tiksliai atlikti agrotechninius darbus, kad būtų gautas didelis derlius ir sunaudota mažiau laiko, degalų ir kitų išteklių. Šių tikslų padeda

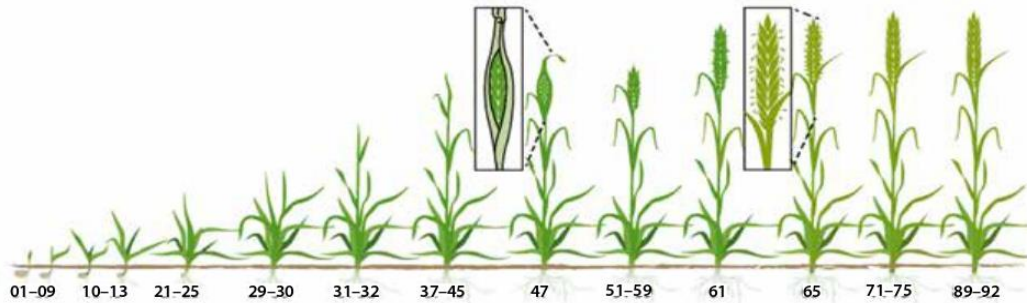
siekti moderniai vykdoma žemės ūkio veikla, pasitelkiant mokslo žinias, informacines technologijas ir empirinius tyrimų duomenis.

Nors pasaulinėse duomenų bazėse gausu literatūros apie augalų augimo ir vystymosi tarpsnius bei jų dėsningumus, dauguma šių duomenų surinkti seniai ir skirti daugiausia augalų modeliams

arba ūkio valdymo sistemoms kurti. Problema, kad šie duomenys neatitinka dabartinių sąlygų, o Lietuvoje tokie tyrimai iki šiol atlikti tik fragmentiškai. Atsižvelgus į kasmet sukuriamas naujas augalų veisles ir šiltėjantį klimatą, šiuos tyrimus reikėtų atlikti periodiškai, siekiant užtikrinti jų aktualumą šiuolaikiniam žemės ūkio mokslui.



Javų vystymosi tarpsniai pagal BBCH skalę



01–09	Sėklos brinkimo pradžia–sudygimas: koleoptilė prasikala į dirvos paviršių	47	Paskutinio lapo lapamakštė prasiveria
10–13	Pirmasis lapelis pasirodo iš koleoptilės–trečiasis lapelis išsiskleidžia	51–59	Plaukėjimo pradžia. Varpos viršūnėlė išlenda iš lapamakštės, vos matyti pirmoji varpa–plaukėjimo pabaiga. Visa varpa matyti virš paskutinio lapo liežuvelio
21–25	Krūmijimosi pradžia. Matyti pirmasis šoninis ūglis–matyti penktasis šoninis ūglis	61	Žydėjimo pradžia. Matyti pirmosios dulkinės
29–30	Krūmijimosi pabaiga. Didžiausias ūglių skaičius susiformavo–bamblių pradžia. Stiebas ir ūgliai pailgėja	65	Visiškas žydėjimas. 50 proc. dulkinių subręsta
31–32	Pirmasis bamblys pakyla daugiau nei 1 cm nuo krūmijimosi bamblio–antrasis bamblys pakyla daugiau nei 2 cm nuo pirmojo bamblio	71–75	Brandos pradžia (vandeningoji branda)–pieninės brandos vidurys. Grūdai pieningi, bet pasiekia visą savo dydį, dar žali
37–41	Pasirodo paskutinis lapas (dar susisukęs)–vamzdelėjimo pradžia. Paskutinio lapo lapamakštė pailgėja	89–92	Visiška branda. Grūdai kieti, juos su nagu įspausti sunku–perbrendimas. Grūdai labai kieti, jų su nagu įspausti neįmanoma

Šaltinis – nordiskalkali.lt

Turint išsamią augalų augimo ir vystymosi tarpsnių duomenų bazę, sukurtą remiantis realiomis Lietuvos lauko sąlygomis, ir šiuos duomenis derinant su klimatiniais rodikliais, galima sudaryti patikimas artimiausio (iki 10 dienų) laikotarpio augalų augimo prognozes. Ilgesnio laikotarpio prognozių patikimumas mažėja. Tokios prognozės padėtų ūkiams iš anksto suplanuoti darbus ir padidinti veiklos efektyvumą. Šie duomenys gali būti lengvai integruojami į specialius algoritmus ir skaitmeninius įrankius, gebančius kaupti oro ir dirvožemio temperatūrų sumas, stebėti kritulių pokyčius ir pagal tai prognozuoti įvairių augalų vystymąsi. Tačiau tam būtini tikslūs moksliniai duomenys apie agroklimatinių sąlygų įtaką augalų vystymuisi. Siekiant prognozuoti augalų vystymąsi, reikia suprasti funkcinę ryšį tarp augalo augimo, vystymosi ir jį lemiančių veiksnių. Norint atskleisti tokių ryšių, reikalingi išsamūs lauko eksperimentai.

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto lauko eksperimentuose 2023–2025 m. atliktas tyrimas, per kurį stebėta 11 svarbiausių rūšių žemės ūkio augalų: vasariniai ir

žieminiai kviečiai, vasariniai ir žieminiai miežiai, avižos, pupos, žirniai, kukurūzai, vasariniai ir žieminiai rapsai, žieminiai rugiai. Tyrimo tikslas – nustatyti pagrindinių žemės ūkio augalų vystymosi tarpsnių sąsajas su klimato veiksniais. Įgyvendinant tyrimus, pirmiausia suplanuotos eksperimentų vietos ir parinktos reprezentatyvios teritorijos, augalų rūšys, jų veislės ir auginimo technologijos pagal dirvožemio savybes, klimatinės sąlygas ir tyrimo tikslus.

Kasmet planuojant lauko eksperimentų stebėseną, tikslingai siekta apimti kuo įvairesnes augalų auginimo sąlygas, įskaitant skirtingas agrotechnologijas, tręšimo schemas, veisles ir kitus veiksnius. Augalų augimas fiksuotas periodiškai – ne rečiau kaip du kartus per savaitę, vystymosi tarpsnį registruojant pagal BBCH skalę. Tarpsnis užrašytas tada, kai daugiau nei 50 proc. augalų pasiekdavo atitinkamą vystymosi stadiją.

Siekiant susieti augalų vystymąsi su klimatinėmis sąlygomis, per vegetacijos sezoną rinkta agroklimatinė informacija apie oro temperatūrą (paros minimalią, maksimalią ir vidutinę), kritulių kiekį, dirvožemio temperatūrą ir drėgmę, ki-

tus reikšmingus rodiklius. Oro duomenys kaupiami Dotnuvos meteorologijos stotyje. Dirvožemio temperatūra ir drėgmė matuota kas valandą specialiais jutikliais iki 110 cm gylio („SoilNet“ sistema), o gauti duomenys vėliau įtraukti į paros vidurkius. Jie leido apskaičiuoti augimo temperatūrų sumas (angl. *growing degree days*, GDD) – šilumos kiekį (°C), kurio augalams reikia, kol po sėjos pasiekia konkretų vystymosi tarpsnį. GDD skaičiuota kasdien, pasitelkiant paros vidutinę oro temperatūrą (gautą iš maksimalių ir minimalių reikšmių) atėmus augalo bazinę (žemutinę) temperatūros ribą.

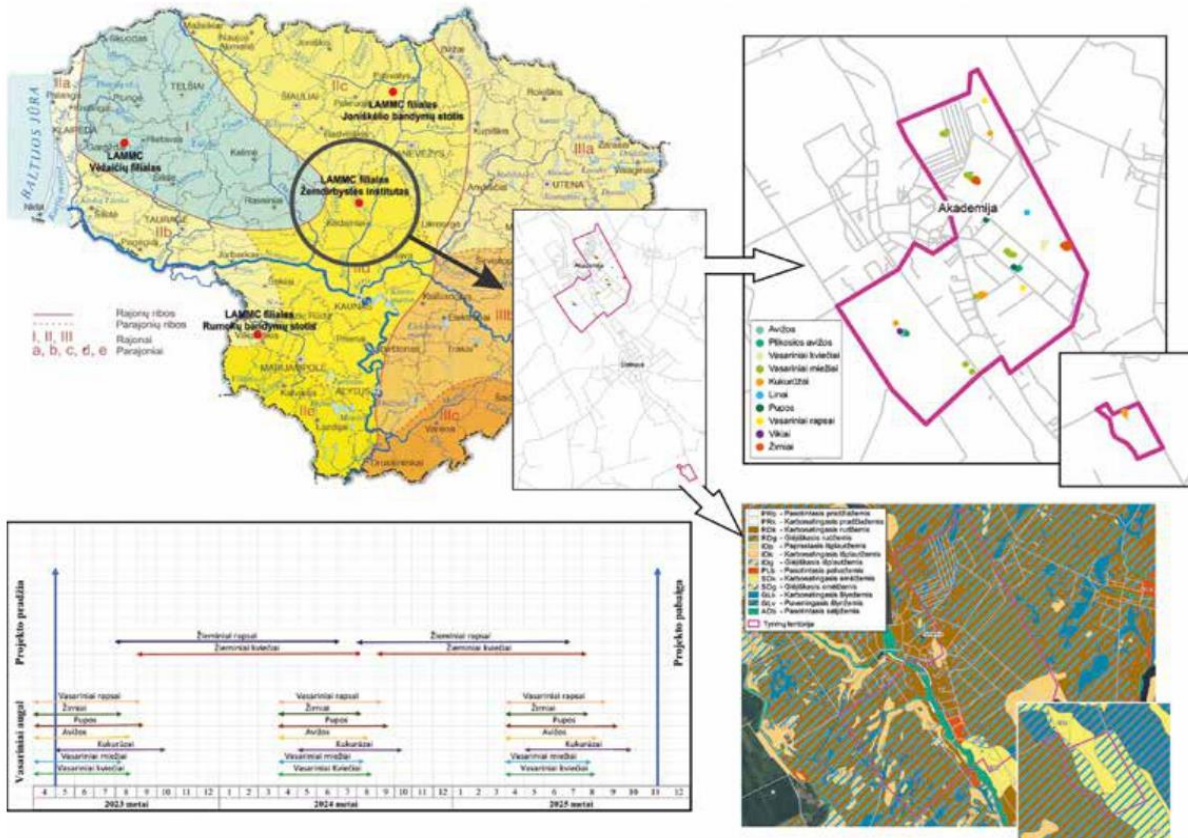
Augimo temperatūrų suma

$$T_{vid} = \left(\frac{T_{maks} + T_{min}}{2} \right)$$

$$GDD = T_{vid} - T_{žem}$$

jeigu $T_{vid} < T_{žem}$, tada $GDD = 0$
arba $T_{vid} > T_{maks}$, tada $GDD = 0$

Vidutinė dienos oro temperatūra (T_{vid}) apskaičiuojama panaudojus maksimalios (T_{maks}) ir minimalios (T_{min}) dienos temperatūrų reikšmes



Viršuje kairėje – tyrimo vietovė ir tikslios laukų koordinatės (2023 m. stebėjimai). Apačioje kairėje – stebėtų augalų planas ir viraulyntys dirvožemio tipai pagal LDK-99 klasifikaciją

Per 2023–2025 m. laikotarpį atlikti 277 lauko eksperimentai, per kuriuos stebėtas vasarinių ir žieminių augalų augimas, taip pat vystymasis taikant įvairias agrotechnologijas ir auginant skirtingų veislių augalus. Per tris sezonus (2023–2025 m.) iš viso stebėta 216 eksperimentų su vasariniais augalais: žirniai stebėti 52, miežiai – 46, avižos – 42, kviečiai – 39 eksperimentuose, pupos – 21 eksperimente, kukurūzai – 12, rapsai – 4 eksperimentuose. Per kitus du sezonus (2023–2024 ir 2024–2025 m.) analizuotas 61 eksperimentas su žieminiiais augalais: kviečiai stebėti 29, rapsai – 19, rugiai – 6, miežiai – 7 eksperimentuose.

Tyrimo rezultatai parodė, kad augalų vystymuisi didžiausią įtaką daro sukauptos šilumos kiekis, t. y. temperatūros sumų kiekis per tam tikrą laikotarpį. Augalų raidą taip pat veikia kritulių trūkumas (drėgmės stresas) – kai stinga drėgmės, augalai vystosi šiek tiek greičiau. Nustatyta, kad skirtingos augalų

veislės arba dirvožemio tipai turi kur kas mažesnės įtakos jų augimui ir vystymuisi.

Apskaičiavus vasarinių augalų kaupiamąją augimo temperatūrų sumą, t. y. nuo sėjos iki fiziologinės brandos, nustatyta, kad daugiausia šilumos reikia kukurūzams – 2 434,2–2 709,9 °C, šiek tiek mažiau vasariniams rapsams – 1 960,7–2 124,8 °C, vasariniams kviečiams – 1 912,9–2 036,6 °C, avižoms – 1 855,4–2 029,7 °C ir miežiams – 1 868,9–1 914,5 °C. Pupų ir žirnių augimo temperatūrų suma buvo mažiausia – siekė atitinkamai 1 868,9–1 910,3 ir 1 493,8–1 596,3 °C. Žieminiams augalams (rugiams, kviečiams ir rapsams) reikia panašaus kiekio šilumos – apie 2 530–2 764,1 °C, miežiams mažiau – 2 100 °C.

Kuriant augalų vystymosi prognozavimo algoritmą būtina atsižvelgti į tai, kad dėl nepalankių aplinkos sąlygų (dažniausiai dėl lietaus) derlius dažnai nuimamas

vėliau, nei augalai pasiekia fiziologinę brandą. Be to, svarbu į algoritmą įtraukti korekcinis koeficientus, leidžiančius įvertinti drėgmės poveikį, veislių savitumus, taikomas agrotechnologijas, tręšimo intensyvumą ir kitus veiksnius, darančius įtaką augalų vystymuisi.

Prognozuoti augalų augimą ir vystymąsi pagal kalendorines datas sunku, nes kiekvienais metais ir temperatūra, ir kritulių kiekis gali gerokai kisti. Dėl šios priežasties rekomenduojama naudoti augimo temperatūrų sumas. Tai leidžia tiksliau prognozuoti artimiausius augalų vystymosi pokyčius.

Parengta trejų metų duomenų bazė gali būti įtraukta į įvairias matematinės skaičiuokles arba skaitmeninius įrankius, gebančius automatiškai modeliuoti ir prognozuoti augalų vystymąsi.

Dr. Renaldas ŽYDELIS,
dr. Virmantas POVILAITIS,
dr. Vida DANYTĖ
LAMMC Žemdirbiystės institutas

Žodinis pranešimas „Augalų vystymosi tarpsnių ir agro klimatinių rodiklių sąsajos tyrimai“ pristatytas, EKO Agritech parodoje (Akademija, Kėdainių r.) 2025 m. liepos 3 d.
Apačioje pateikta nuotrauka iš seminaro.



Straipsnis „*Estimation of Plant Development Stages for 11 Crops under Lithuanian Conditions Based on the Sum of Growing Degree Days (GDD)*”, publikuotas atviros prieigos platformoje Zenodo. Publikacijoje pateikti 2023–2025 m. LAMMC Žemdirbystės institute atliktų lauko eksperimentų rezultatai, kuriuose nagrinėtas 11 pagrindinių Lietuvoje auginamų augalų vystymasis pagal sukauptas efektyvių temperatūrų (GDD) sumas.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17376315>

zenodo Search records... Communities My dashboard

Published October 17, 2025 | Version v1

Data paper Open

Estimation of Plant Development Stages for 11 Crops under Lithuanian Conditions Based on the Sum of Growing Degree Days (GDD)

Žydelis, Renaldas¹; Povilaitis, Virmantas¹; Danytė, Vida¹

Show affiliations

This dataset and accompanying report present the results of a three-year study (2023–2025) conducted at the LAMMC Institute of Agriculture, Lithuania, on the use of Growing Degree Days (GDD) to characterise crop development stages for 11 major Lithuanian crops under local climatic conditions. Field experiments were carried out under diverse agronomic practices to monitor crop phenology from germination to physiological maturity. The study provides GDD-based thresholds for each phenological stage of key crops including cereals, legumes, and oilseed rape. These results demonstrate that GDD accumulation is a reliable predictor of crop development under Lithuanian conditions and offer a practical framework for improving crop management timing, variety selection, and adaptation to climate variability.

Files

Name	Size	
Growing Degree Days and Plant Development Stages under Lithuanian Conditions.docx md5:bad2be4ccab5c72c71c3138d15cc8978	643.0 kB	Download

Additional details

Funding

Ministry of Agriculture of the Republic of Lithuania

Augalų vystymosi tarpinių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai MTE-23-2

Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministerijos finansuojamo MTEP projekto

„Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklmatinių rodiklių sąsajos tyrimai“

Galutinės ataskaitos recenzija

2025 11 04

MTEP projektas „Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklmatinių rodiklių sąsajos tyrimai“ atliktas Lietuvos agrarinių ir mišku mokslų centro Žemdirbystės institute 2023–2025 metais. Projekto vykdytojai turėjo tikslą sukurti algoritmą, leisiantį, remiantis agroklmatiniais rodikliais, prognozuoti tikslius žemės ūkio augalų vystymosi tarpsnius. Šiam tikslui įgyvendinti buvo parengti uždaviniai, kuriais siekta atlikti tikslius lauko eksperimentus skirtingų augalų ir veislių pasėliuose, stebint oro ir dirvožemio temperatūrų sumas, būtinas pasiekti atskirus augalų vystymosi tarpsnius pagal BBCH skalę. Surinkti duomenys panaudoti matematinėms priklausomybėms tarp augalų vystymosi tarpsnių ir agroklmatinių rodiklių apskaičiuoti. Remiantis šiais ryšiais, sukurtas prognozavimo algoritmas, leidžiantis tiksliau numatyti augalų vystymosi eigą skirtingomis klimato sąlygomis.

LAMMC mokslininkai tikslius mokslinius tyrimus vykdė avižų, vasarinių miežių, vasarinių kviečių, vasarinių rapsų, kukurūzų, pupų, žirnių, žieminių kviečių, žieminių rapsų pasėliuose. Tyrimuose augintos skirtingos augalų veislės, skirtinguose lauko eksperimentuose įvairiose sėjomainose ir skirtingo intensyvumo agroekosistemose.

Projekto ataskaitoje yra įvadas – literatūros apžvalga projekto tematika, pateikta metodika, kurioje aprašytos tyrimų vietovės sąlygos, svarbiausi tirtų augalų agrotechniniai aspektai, aplinkos sąlygos vyravusios tyrimų laikotarpiu, temperatūrų sumos skaičiavimo metodika.

Rezultatų dalis ataskaitoje užima didžiąją dalį, kurioje tyrimų duomenys pateikti 1 lentelėje ir 53 paveiksluose. Kiekvienas žemės ūkio augalas – avižos, vasariniai miežiai, vasariniai kviečiai, vasariniai rapsai, kukurūzai, pupos, žirniai, žieminiai kviečiai, žieminiai rapsai ir žieminiai rugiai detalizuoti atskiruose poskyriuose, kuriose išsamiai pateikti duomenys apie šių augalų augimo ir vystymosi tarpsnių pokyčius priklausomai nuo temperatūrų sumos. Iš viso per tyrimų laikotarpį (2023 – 2025 m.) augalų augimas ir vystymasis stebėtas 274 skirtinguose eksperimentuose, kuriuose naudotos skirtingos agrotechnologijos ir augintos skirtingos veislės. Vasariniai javai stebėti 213, o žieminiai javai 61 eksperimente. Kiekvienam projekto tyrimuose stebėtam augalui, remiantis gautais tyrimų rezultatais, pritaikyta augalų vystymosi prognozavimo algoritmui naudoti Gompertz kreivė. Projekto vykdytojai atkreipė dėmesį į tai, kad meteorologinių sąlygų nukrypimai nuo normos (ypač sausringi periodai, karščio bangos arba lietingi periodai) gali paveikti modelio tikslumą, tačiau remiantis pateiktais skaičiavimais modelio patikimumas yra pakankamas didelis prognozuojant augalų tarpsnius.

Projekto vykdytojai suformulavo darbą apibendrinančias išvadas ir rekomendacija, atspindinčias tyrimuose gautus rezultatus, kurios leidžia pasinaudojant projekto vykdytojų pateiktais algoritmais apskaičiuoti ir prognozuoti galimą augalų augimo ir vystymosi tarpsnį, o tai galėtų turėti plačias galimybes planuojant agrotechninių priemonių panaudojimo pasėliuose planavimą.

Ataskaitą siūlau vertinti teigiamai.

LAMMC Žemdirbystės instituto
Augalų mitybos ir agroekologijos skyriaus
vyriausioji mokslo darbuotoja
Dr. Dalia Feizienė

DETALŪS METADUOMENYS

Dokumento sudarytojas (-ai)	Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras 302471203, Instituto al. 1, Akademija, 58344 Kėdainių r. sav.
Dokumento pavadinimas (antraštė)	"Augalų vystymosi tarpsnių ir agroklimatinių rodiklių sąsajos tyrimai" 2025 m. galutinė ataskaita LAMMC R. Žydelis
Dokumento registracijos data ir numeris	2025-11-07 Nr. CD-4-1010
Dokumento gavimo data ir dokumento gavimo registracijos numeris	–
Dokumento specifikacijos identifikavimo žymuo	ADOC-V1.0
Parašo paskirtis	Pasirašymas
Parašą sukūrusio asmens vardas, pavardė ir pareigos	Renaldas Žydelis, Vyresnysis mokslo darbuotojas, Augalų mitybos ir agroekologijos skyrius
Sertifikatas išduotas	RENALDAS ŽYDELIS LT
Parašo sukūrimo data ir laikas	2025-11-06 15:30:29 (GMT+02:00)
Parašo formatas	XAdES-T
Laiko žymoje nurodytas laikas	2025-11-06 15:30:45 (GMT+02:00)
Informacija apie sertifikavimo paslaugų teikėją	SK ID Solutions EID-Q 2021E, SK ID Solutions AS EE
Sertifikato galiojimo laikas	2024-10-30 17:48:28 – 2029-10-30 23:59:59
Parašo paskirtis	Tvirtinimas
Parašą sukūrusio asmens vardas, pavardė ir pareigos	Gintaras Brazauskas, Direktorius
Sertifikatas išduotas	GINTARAS BRAZAUSKAS LT
Parašo sukūrimo data ir laikas	2025-11-06 17:42:08 (GMT+02:00)
Parašo formatas	XAdES-T
Laiko žymoje nurodytas laikas	2025-11-06 17:42:30 (GMT+02:00)
Informacija apie sertifikavimo paslaugų teikėją	SK ID Solutions EID-Q 2021E, SK ID Solutions AS EE
Sertifikato galiojimo laikas	2025-11-05 18:50:11 – 2030-11-05 23:59:59
Informacija apie būdus, naudotus metaduomenų vientisumui užtikrinti	"Registravimas" paskirties metaduomenų vientisumas užtikrintas naudojant "RCSC IssuingCA-2, VI Registru Centras - i.k. 124110246 LT" išduotą sertifikatą "DBSIS, Informatikos ir ryšių departamentas prie Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerijos, į.k.188774822 LT", sertifikatas galioja nuo 2025-05-16 11:31:08 iki 2028-05-15 11:31:08
Pagrindinio dokumento priedų skaičius	1
Pagrindinio dokumento pridedamų dokumentų skaičius	–
Priedamo dokumento sudarytojas (-ai)	–
Priedamo dokumento pavadinimas (antraštė)	–
Priedamo dokumento registracijos data ir numeris	–
Programinės įrangos, kuria naudojantis sudarytas elektroninis dokumentas, pavadinimas	DBSIS, versija 3.5.85.4
Informacija apie elektroninio dokumento ir elektroninio (-ių) parašo (-ų) tikrinimą (tikrinimo data)	Atitinka specifikacijos keliamus reikalavimus. Visi dokumente esantys elektroniniai parašai galioja (2025-11-07 08:33:42)
Paieškos nuoroda	–
Papildomi metaduomenys	Nuorašą suformavo 2025-11-07 08:33:42 DBSIS