

Klimato šiltėjimo įtaka fenologinių sezonų trukmės pokyčiams Lietuvoje ir Latvijoje

Danuta ROMANOVSKAJA¹, Gunta KALVANE², Agrita BRIEDE²,
Eugenija BAKŠIENĖ¹

¹Lietuvos žemdirbystės institutas
Žalioji a. 2, Vilnius, Lietuva
El. paštas: danuta.romanovskaja@voke.lzi.lt

²Latvijos universitetas
Raina bld. 19, Riga, Latvija

Santrauka

Straipsnyje apibendrinti dviejose Baltijos regiono šalyse – Lietuvoje ir Latvijoje – atliktų fenologinių tyrimų rezultatai. Tyrimų tikslas – nustatyti klimato šiltėjimo įtaką augalų fenofazėms ir fenologinių sezonų trukmei 1971–2000 m. Lietuvoje bei Latvijoje. Išanalizuota 2 100 vnt. augalų – fenologinių sezonų indikatorių – fenofazių pradžios datų: baltalksnio (*Alnus incana* Moench), paprastojo lazdyno (*Corylus avellana* L.), darželinio jazmino (*Philadelphus coronarius* L.), paprastosios alyvos (*Syringa vulgaris* L.), karpotojo beržo (*Betula pendula* Roth.) ir paprastojo klevo (*Acer platanoides* L.).

Tyrimų metu nustatyta, kad visų augalų – fenologinių sezonų indikatorių – fenofazės Lietuvoje prasidėjo 1–11 dienų anksčiau nei Latvijoje. Abiejose Baltijos šalyse kasmetis fenologinio pavasario sezono trukmės svyravimas buvo didesnis ($V = 21,3\text{--}27,4\%$) nei fenologinės vasaros ($V = 6,4\text{--}15,5\%$), kurios trukmė ilgesnė vidutiniškai 39 d. Dėl klimato šiltėjimo per 30 m. laikotarpį gerokai pailgėjo fenologinio pavasario ir augimo sezonų trukmė. Nustatyta, kad fenologinio pavasario sezono trukmė pailgėjo vidutiniškai 9, augimo sezono – 6 dienomis. Itin dideli augalų fenofazių datų ir fenologinių sezonų trukmės nuokrypiai nuo vidurkio nustatyti 1991–2000 m.

Reikšminiai žodžiai: fenologiniai sezonai, augalai indikatoriai, klimatas.

Įvadas

Globali klimato kaita daro įtaką daugeliui ekosistemų, bet būtent sausumos ekosistema suteikia duomenų apie nuoseklią klimato kaitą /Menzel et al., 2006/. Klimatas yra svarbus ir lemiamas augalų paplitimo, fiziologinių ir fenologinių procesų veiksnys. Pastaruoju metu pasaulio klimatas šilteja, o dėl esminio vidutinės temperatūros padidėjimo pastebimai kinta augalų fenofazių datos, ilgėja vegetacijos laikotarpis /Ahas, 1999; Walther, 2003/.

Lietuvos bei Latvijos teritorijos yra panašaus dydžio (Lietuvos – 65 300 km², Latvijos – 65 000 km²) ir yra vėsiojo vidutinio klimato zonoje. Dėl Baltijos jūros įtakos šiltasis metų laikotarpis būna vidutiniškai šiltas, o šaltasis – vidutiniškai šaltas. Tačiau XX a. paskutiniais dešimtmečiais metų sezonų hidroterminis režimas pradėjo kisti.

Dažniau pasitaikė metų, kai vidutinė sausio bei vasario mėnesių temperatūra buvo aukštesnė už daugiametę ir net teigiama (1989, 1990, 1995 bei 1998 m.). Dėl klimato šiltėjimo dažnėja vėsiojo vidutinio klimato zonai nebūdingos labai šiltos žiemos. Klimatologų duomenimis, 1991–2003 m. vidutinė metinė oro temperatūra Lietuvoje buvo +7,0 °C, t. y. 0,8 °C aukštesnė nei daugiametė /Lietuvos klimatas, 2007/. Tačiau per tą patį laikotarpį žiemos mėnesių vidutinė oro temperatūra pakilo net keliais laipsniais. Pavyzdžiui, sausio mėnesio vidutinė temperatūra pakilo 2,9 °C, vasario – 2,3 °C. Žiemos laikotarpio terminų sąlygų pakitimas sutrikdo sezoninį gamtos ritmą, todėl daugiamečių augalų vegetacijos atsinaujinimas tapo gerokai ankstyvesnis. Kauno botanikos sode atlikus 8 skirtingų šeimų augalų fenologinius tyrimus nustatyta, kad 1974–2003 m. laikotarpio pradžioje daugumos augalų pumpurai skleisdavosi balandžio mėnesio viduryje arba antroje pusėje, augalai pražydavo nuo balandžio vidurio iki liepos vidurio. Nuo 1989 m. daugumos augalų pumpurai išsprogsta anksčiau – nuo kovo pabaigos iki balandžio antrosios pusės, o pražysta nuo balandžio pradžios iki liepos pradžios /Baronienė, Romanovskaja, 2005/. Įvairiose Europos šalyse, esančiose nuo vidurio iki šiaurės platumos, atlikus tyrimus nustatyti labai žymūs ir esminiai fenofazių datų pokyčiai, įvykę 1971–2000 m. Tyrimai buvo atlikti 21 Europos šalyje, išanalizuota 542 augalų ir 19 gyvūnų rūšių fenologiniai duomenys (125 000 fenologinių stebėjimų duomenų). Šių tyrimų rezultatai parodė, kad 78 % atvejų lapų išsiskleidimas, žydėjimas ir vaisių nokimas prasideda anksčiau /Menzel et al., 2006/. Įvairiems fenologiniams reiškiniams turi įtakos ankstesnių mėnesių temperatūra, kuri pavasario–vasaros laikotarpiu 2,5 dienos °C⁻¹ paankstina fenofazes ir 1,0 diena °C⁻¹ nutolina lapų geltimą /Menzel et al., 2006/. Be abejo, klimato šiltėjimas turi įtakos sezoniniams gamtos reiškiniams, augalų fenofazių pradžia ir fenologinių sezonų trukmei Lietuvoje ir kitose Vakarų bei Šiaurės Europos šalyse.

Tyrimų tikslas – nustatyti klimato šiltėjimo įtaką augalų fenofazėms ir fenologinių sezonų trukmei 1971–2000 m. dviejose Baltijos regiono šalyse – Lietuvoje ir Latvijoje.

Sąlygos ir metodai

Tyrimams naudoti fenologinių stebėjimų, 1971–2000 m. atliktų Lietuvoje ir Latvijoje, archyviniai duomenys. Fenologiniai reiškiniai buvo registruoti 10 vietovių, kurios reprezentuoja Europos teritorijos dalį nuo 54°40' iki 57°23' šiaurės platumos ir nuo 21°10' iki 27°31' rytų ilgumos (1 lentelė).

Pagal augalų vystymosi priklausomybę nuo klimato sąlygų Lietuvos teritorija suskirstyta į tris fenoklimato rajonus: I – Vakarų Žemaičių lygumos bei Vidurio Lietuvos žemumos, II – Žemaičių aukštumos ir III – Aukštaičių /Bendroji fenologija, 1990/. Didžiausias ir klimato atžvilgiu nevienalytis yra Vakarų Žemaičių lygumos ir Vidurio Lietuvos žemumos regionas. Pastarasis skirstomas į tris parajonus: 1) Vakarų Žemaičių ir Nemuno žemupio, 2) Pietų Lietuvos, 3) Mūšos–Nemunėlio. Lietuvos fenologinės stotys pasirinktos atsižvelgus į tai, kad jose atliktų fenologinių stebėjimų duomenys reprezentuotų visus fenoklimato rajonus.

Latvijos teritorija į fenoklimato rajonus nesuskirstyta. Šalis labiau nusidriekusi iš vakarų į rytus nei iš pietų į šiaurę, todėl dauguma stočių (išskyrus Popės) rytų ilgumos atžvilgiu yra skirtinguose regionuose.

1 lentelė. Vietovių, kuriose buvo atliekami fenologiniai stebėjimai Latvijoje ir Lietuvoje, koordinatės

Table 1. Coordinates of the the localities where phenological observations were carried out in Latvia and Lithuania

Stotys Stations	Koordinatės / <i>Coordinate</i>		Aukštis virš jūros lygio <i>Height above sea level</i>	Atstumas iki jūros <i>Distance to the sea</i>
	geografinė rytų ilguma <i>longitude</i>	geografinė šiaurės platumą <i>latitude</i>	m	km
<i>Lietuvos fenologinės stotys / Phenological stations in Lithuania</i>				
Trakų Vokė	25°10' E	54°63' N	142	295
Akademija	23°87' E	55°40' N	82	162
Šilutė	21°48' E	55°35' N	11	14
Papilė	22°80' E	56°15' N	93	106
Keturvalakiai	23°15' E	54°55' N	110	189
<i>Latvijos fenologinės stotys / Phenological stations in Latvia</i>				
Atasienė-Barkava	26°24' E	56°32' N	103	330
Dagda	27°31' E	56°60' N	170	404
Duobelė	23°18' E	56°37' N	51	138
Liepoja-Nica	21°10' E	56°30' N	0,2	0
Popė	21°51' E	57°23' N	47	19

Fenologinių stebėjimų programa Lietuvoje ir Latvijoje apima žinomiausius bei pastebimiausius reiškinius, atskleidžiančius gyvosios gamtos sezoniškumą. Pasirenkant augalus – sezonų indikatorius, remtasi skirstymu, sudarytu išanalizavus, kokie augalai indikatoriai dažniausiai naudojami Europoje, yra tinkami vėsiojo vidutinio klimato zonai ir naudojami Lietuvoje /Bendroji fenologija, 1990/. Pagal V. Keppeno (W. Köppen) klasifikaciją /McKnight, Hess, 2007/, Lietuva ir Latvija yra toje pačioje klimato juostoje, todėl fenoklimato sezonų pradžia apibrėžti buvo pasirinkti abiem šalims bendri augalai indikatoriai. Augalų fenofazės nurodytos pagal BBCH skalę, kuri vienodais kodais apibūdina daugelio augalų rūšių vystymosi tarpsnius /Growth stages..., 1997/. Fenologinių sezonų pradžios ir pabaigos ribos pagal augalų indikatorių fenofazės nurodytos 2 lentelėje.

Fenologiniai stebėjimai kiekvienoje vietovėje buvo atliekami pagal jos reljefą, dirvožemį ir augaliją tipingame, maždaug 3–4 km skersmens plote (parke, miške arba netoli sodybos, kur augalai auga natūraliomis sąlygomis). Stebėjimai anksti pavasarį buvo atliekami kasdien, vėliau – kas antrą dieną. Fenofazės pradžia fiksuota, kai aprašytą vystymosi tarpsnį pasiekė 10 % augalo žiedų arba lapų.

Tyrimams naudota 1971–2000 m. laikotarpio 2 100 vnt. augalų fenofazių datų, kurios buvo transformuotos į dienų skaičių nuo metų pradžios. Fenofazių datų kokybinio įvertinimo metu atliktas kiekvienių stebėjimų metų duomenų sinchroniškumo palyginimas. Taigi į skaičiavimus neįtraukti fenologiniai duomenys, kurie nuo artimiausių stočių duomenų skyrėsi dydžiu, didesniu nei 1 mėnesio trukmė. Apskaičiuojant fenologinių sezonų trukmę tų metų, kuriais nebuvo užregistruotų fenologinių sezonų pradžią arba pabaigą nusakančių fenofazių datų, duomenys buvo atmesti ir neįtraukti į skaičiavimus.

2 lentelė. Fenologinių sezonų ir augimo sezono indikatoriai
Table 2. Indicators of the phenological and growing seasons

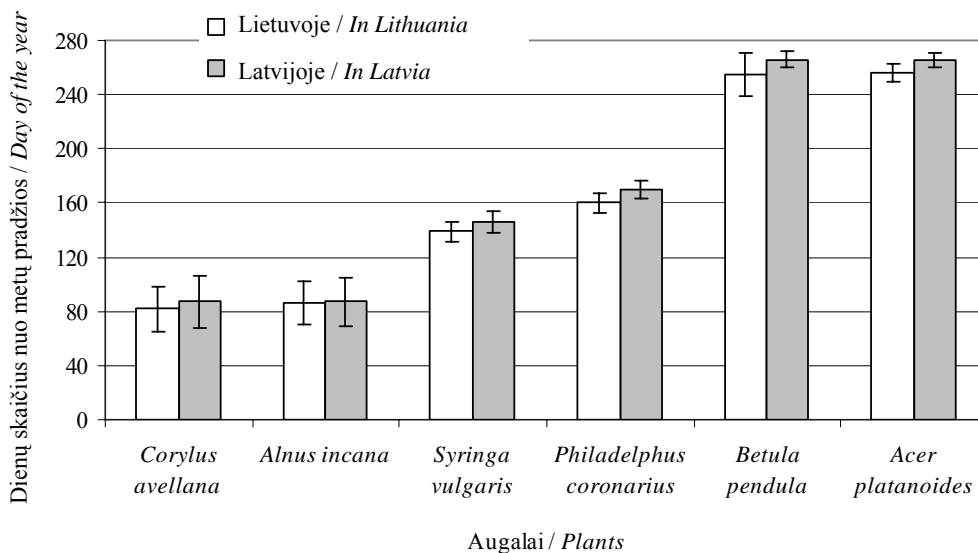
Fenologiniai sezonai <i>Phenological season</i>	Sezono pradžia (augalas ir fazė) <i>Start of the season (plant and stage)</i>	Sezono pabaiga (augalas ir fazė) <i>End of the season (plant and stage)</i>
Pavasaris <i>Spring</i>	Baltalksnio (<i>Alnus incana</i> Moench) žydėjimo pradžia (BBCH 61) <i>Beginning of flowering (BBCH 61) of grey alder (Alnus incana Moench)</i> Paprasčio lazdyno (<i>Corylus avellana</i> L.) žydėjimo pradžia (BBCH 61) <i>Beginning of flowering (BBCH 61) of European hazel (Corylus avellana L.)</i>	Darželinio jazmino (<i>Philadelphus coronarius</i> L.) žydėjimo pradžia (BBCH 61) <i>Beginning of flowering (BBCH 61) of sweet mockorange (Philadelphus coronarius L.)</i> Paprasčio alyvos (<i>Syringa vulgaris</i> L.) žydėjimo pradžia (BBCH 61) <i>Beginning of flowering (BBCH 61) of common lilac (Syringa vulgaris L.)</i>
Vasara <i>Summer</i>	Darželinio jazmino (<i>Philadelphus coronarius</i> L.) žydėjimo pradžia (BBCH 61) <i>Beginning of flowering (BBCH 61) of sweet mockorange (Philadelphus coronarius L.)</i> Paprasčio alyvos (<i>Syringa vulgaris</i> L.) žydėjimo pradžia (BBCH 61) <i>Beginning of flowering (BBCH 61) of lilac (Syringa vulgaris L.)</i>	Karpotojo beržo (<i>Betula pendula</i> Roth.) lapų geltimo pradžia (BBCH 92) <i>Beginning of leaf colouring (BBCH 92) of European white birch (Betula pendula Roth.)</i> Paprasčio klevo (<i>Acer platanoides</i> L.) lapų geltimo pradžia (BBCH 92) <i>Beginning of leaf colouring (BBCH 92) of Norway maple (Acer platanoides L.)</i>
Augimo sezonas <i>Growing season</i>	Karpotojo beržo (<i>Betula pendula</i> Roth.) sužaliavimas (BBCH 11) <i>Beginning of leafing (BBCH 11) of European white birch (Betula pendula Roth.)</i>	Karpotojo beržo (<i>Betula pendula</i> Roth.) lapų geltimo pradžia (BBCH 92) <i>Beginning of leaf colouring (BBCH 92) of European white birch (Betula pendula Roth.)</i>

Fenofazių datų ir fenologinių sezonų trukmės daugiamečiai vidurkiai apskaičiuoti fenologiniams tyrimams rekomenduojamais metodais /Шнелле, 1961; Шульц, 1981; Bendroji fenologija, 1990/. Fenologiniai duomenys statistškai įvertinti apskaičiuotais vidutinį standartinį nuokrypį ($\pm S$) ir variacijos koeficientą (V , %), fenologinių sezonų trukmės kasmečiai pokyčiai (dienomis per metus) apskaičiuoti regresijos metodu. Skirtumai tarp fenologinių sezonų trukmės įvairiais tyrimų dešimtmečiais statistškai įvertinti pagal skirtumo patikimumo kriterijų (t) /Доспехов, 1973/.

Rezultatai ir jų aptarimas

Vėsiojo vidutinio klimato zonoje anksčiausiai pradeda žydėti paprastasis lazdynas ir baltalksnis. Paprasčio lazdyno žydėjimo iniciacijai pakanka, kad vidutinė paros oro temperatūra būtų aukštesnė nei 0 °C. Lietuvoje paros vidutinės oro temperatūros pereiga per 0 °C būna kovo 18 d. /Lietuvos klimatas, 2007/. Nustatyta, kad daugelyje Lietuvos vietovių paprastasis lazdynas pražysta praėjus vidutiniškai 4–6 dienoms po to, kai paros vidutinė oro temperatūra pasiekia 0 °C /Baronienė, Romanovskaja, 2005/.

Dviejose Baltijos šalyse atliktų tyrimų duomenimis, pavasario sezono augalai indikatoriai pradeda žydėti beveik tuo pačiu metu – kovo III dešimtadienį, t. y. vidutiniškai kovo 23–28 d., arba 82–87 d. nuo metų pradžios (1 pav.).



1 paveikslas. Augalų indikatorių fenofazių pradžios vidutinės datos Lietuvoje ir Latvijoje (10 stočių vidurkiai)

Figure 1. Average dates of the beginning of phenophases of plants-indicators in Lithuania and Latvia (averaged data from 10 stations)

Lietuvos teritorijoje paprastas lazdynas pradeda žydėti vidutiniškai 5 dienomis anksčiau nei Latvijoje. Dėl nepastovaus terminio režimo žiemos laikotarpiu paprastojo lazdyno ir baltalksnio žydėjimo pradžios datų kasmetis svyravimas abiejose Baltijos šalyse yra labai didelis – $S = 15,7\text{--}18,8$. Jautriai reaguodami į šilumos kiekio pokyčius žiemą, paprastas lazdynas ir baltalksnis kai kuriais metais pražydo sausio–vasario mėnesiais. Pažymėtina, kad abiejų šalių teritorijoje žiemos sezonas pašiltėjo labiau nei pavasario ir vasaros. Palyginti su daugiamečiu vidurkiu, Lietuvos teritorijoje 1991–2003 m. žiemos sezono vidutinė oro temperatūra padidėjo $1,3\text{--}1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ /Lietuvos klimatas, 2007/. Latvijoje atliktų tyrimų duomenimis, metinė minimali temperatūra padidėjo daugiau nei maksimali. Pavyzdžiui, 1913–2006 m. metinė minimali temperatūra padidėjo $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, maksimali – $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Be to, nustatyta, kad minimalių temperatūrų padidėjimas būdingas žiemos laikotarpiui, o maksimalių – antrajai pavasario pusei (balandžio ir gegužės mėnesiams). Dėl klimato šiltėjimo Latvijos teritorijoje per praėjusį šimtmetį metinė vidutinė oro temperatūra padidėjo $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, tačiau didesnis padidėjimas buvo nustatytas pastaraisiais dešimtmečiais /Lizuma et al., 2007/. Vienas iš svarbių klimato kaitos rodiklių yra metinės vidutinės oro temperatūros padidėjimas. Terminis režimas ir žiemos laikotarpiu, ir pavasarį bei vasarą turi labai didelės įtakos daugiamečių augalų fenofazėms. Įvairiose šalyse atlikus tyrimus nustatyta, kad augalų žydėjimo pradžios datos stipriai koreliuoja su kelių mėnesių laikotarpio, trunkančio iki žydėjimo pradžios, temperatūra. Vokiečių mokslininkės A. Menzel duomenimis, įvairių rūšių

augalų lapų išsiskleidimas ir žydėjimas pavasarį bei vasarą stipriai koreliuoja su ankstesnio mėnesio temperatūra – $R^2 = 0,65-0,85$ /Menzel et al., 2003/. Lietuvoje ir Latvijoje atlikti tyrimai taip pat parodė, kad pavasario bei vasaros sezonų pradžios augalų indikatorių žydėjimo pradžios datos stipriai koreliuoja su ankstesnių mėnesių vidutine oro temperatūra. Pavyzdžiui, kovo mėnesį pasireiškiančių augalų fenofazių datos stipriai koreliuoja su vasario mėnesio vidutine temperatūra, gegužės mėnesį žydinčių augalų – su balandžio mėnesio vidutine temperatūra /Kalvane et al., 2009/. Lietuvoje paprastojo lazdyno žydėjimo (pradedama žydėti kovo pabaigoje) fenofazės pradžia turi įtakos net vasario mėnesio vidutinė temperatūra ($r = -0,76-0,84$) /Romanovskaja, Baksiene, 2007/. Šiltėjant žiemos ir ankstyvojo pavasario laikotarpiams, ankstėja daugiamečių augalų (medžių, krūmų) vegetacijos atsinaujinimas. Tarptautiniuose fenologiniuose soduose atliktų tyrimų duomenimis, pastaruoju metu Europoje medžių lapai išsiskleidžia 6,3 d. anksčiau, o šios fenofazės pradžios datų pokytis 1959–1996 m. parodė, kad ankstėjimas siekia 0,21 d. per metus /Menzel, 2000/. Augalų fenofazių ankstėjimas itin išryškėjo XX a. paskutinį dešimtmetį. Lietuvoje atliktų tyrimų duomenimis, paprastas lazdynas 1991–2000 m. anksčiau nei vidutiniškai pražydo 8 kartus. O 1961–1990 m. kai kuriais dešimtmečiais paprastas lazdynas anksčiau pražydo 1–3 kartus per dešimtmetį /Romanovskaja, 2003/.

Vasaros sezono pradžios augalų indikatorių (paprastosios alyvos bei darželinio jazmino) žydėjimo pradžios datos Lietuvoje ir Latvijoje nesutampa taip, kaip pavasario sezono augalų indikatorių. Abiejose Baltijos šalyse paprastoji alyva pražydo vidutiniškai trimis savaitėmis anksčiau nei darželinis jazminas. Tačiau, nepaisant šių skirtumų, literatūroje nurodoma, kad paprastoji alyva gana dažnai pasirenkama ankstyvosios vasaros indikatoriumi /Bendroji fenologija, 1990/. Vasaros sezono augalai indikatoriai anksčiau pražydo Lietuvoje nei Latvijoje: paprastoji alyva – 7 d., darželinis jazminas – 10 d. (1 pav.). Prasidėjus šiltajam vasaros sezonui, augalų žydėjimo pradžios datų kasmetis svyravimas sumažėjo. Be to, mažesniu svyravimu pasižymėjo ir rudens sezono augalų indikatorių fenofazių pradžios datos.

Fenologinių sezonų trukmę atskleidžia laikotarpis tarp gretimų fenologinių sezonų pradžios datų, t. y. tarp fenologinių sezonų augalų indikatorių fenofazių pradžios datų. Tyrimų duomenimis, vėsiojo vidutinio klimato zonoje fenologinio pavasario sezonas yra trumpesnis nei vasaros. Pavyzdžiui, šis sezonas Lietuvoje trunka 64–69 d., Latvijoje – 58–80 d., o vasaros sezonas – atitinkamai 82–126 d. ir 99–124 d. (3 ir 4 lentelės).

Pavasario bei vasaros sezonų trukmės skirtumai Lietuvoje ir Latvijoje yra panašūs (Lietuvoje – 39,2 d., Latvijoje – 39,6 d.). Tačiau pastebėta, kad ne visais atvejais fenologinių sezonų trukmė tendencinga abiem šalims geografiniu atžvilgiu. Lietuvoje fenologinio pavasario ir fenologinės vasaros sezonai ilgesni šalies pietuose (Keturvalakiuose) ir vietovėse arčiau Baltijos jūros (Šilutėje). Tos pačios tendencijos, kad fenologinio pavasario sezonas ilgiau trunka vietovėse, esančiose arčiau Baltijos jūros, pastebėtos ir Latvijoje, pavyzdžiui, Liepojos–Nicos bei Popės vietovėse. Tačiau, kitaip nei Lietuvoje, Latvijoje vasaros sezonas ilgiau trunka šalies Vidurio ir Rytų regionuose (Atasienė-Barkava, Dagda, Duobelė). Šios vietovės, ypač Atasienė-Barkava ir Dagda, yra toliau nuo jūros, be to, Latvijoje tai aukštumų rajonai, kuriuose fenologinis pavasaris prasideda vėliau, bet fenologinės vasaros sezono reiškiniai nevēluoja arba prasideda kiek anksčiau. Pavasario sezono trukmės variacija per 30 metų laikotarpį buvo labai didelė: Lietuvoje siekė 21,3–26,7 %, Latvijoje – 23,1–27,4 % (3 ir 4 lentelės). Fenologinės

vasaros sezono trukmės pokyčiai buvo mažesni, t. y. pagal statistinį įvertinimą vasaros sezono trukmės variacija buvo maža (iki 10 %) arba vidutinė (10–20 %). Šie duomenys parodė, kad fenologinių sezonų trukmės pokyčiai, ypač pavasario sezono, yra labai panašūs, kaip ir fenologinių sezonų augalų indikatorių fenofazių datų pokyčiai. Taigi ilgiausiai trunkantis fenologinio pavasario sezonas Lietuvoje bei Latvijoje buvo 1989 ir 1990 m., būtent tada, kai fenologinio pavasario augalai indikatoriai pradėjo žydėti anksčiausiai. Trumpiausiai trunkantys fenologinio pavasario ir fenologinės vasaros sezonai dažniau pasitaikė iki 1990 m.

3 lentelė. Fenologinių sezonų trukmė Lietuvoje

Table 3. The length of the phenological seasons in Lithuania 1971–2000 m.

Stotis <i>Station</i>	Metai* <i>Year</i>	Trukmė dienomis / <i>Length (in days)</i>			Vidutinis standartinis nuokrypis <i>Standard deviation S</i>	Variacijos koeficientas <i>Coefficient of variation V, %</i>
		ilgiausia <i>longest</i>	trumpiausia <i>shortest</i>	vidutinė <i>average</i>		
<i>Pavasario sezonas / Spring season</i>						
Trakų Vokė	27	99 (1989)	50 (1984)	66	14,1	21,3
Akademija	28	92 (1990;1995)	41 (1993)	64	16,3	25,7
Šilutė	29	111 (1989)	45 (1985)	69	18,4	26,7
Papilė	30	109 (1989)	41 (2000)	65	16,6	25,4
Keturvalakiai	28	103 (1990)	43 (1986)	69	15,6	22,7
<i>Vasaros sezonas / Summer season</i>						
Trakų Vokė	24	122 (1990)	97 (1974)	106	6,8	6,4
Akademija	25	147 (1998)	85 (1992)	106	13,5	12,8
Šilutė	18	123 (1990)	95 (1983)	109	8,2	7,5
Papilė	30	105 (1971)	63 (1992)	82	12,7	15,5
Keturvalakiai	28	141 (2000)	112 (1979)	126	8,5	6,8
<i>Augimo sezonas / Growing season</i>						
Trakų Vokė	22	158 (1990)	119 (1980)	132	10,2	7,7
Akademija	24	154 (1975)	96 (1992)	126	13,0	10,3
Šilutė	18	141 (1990)	109 (1992)	128	10,4	8,1
Papilė	29	158 (1976)	115 (1981)	134	8,9	6,6
Keturvalakiai	28	170 (1990)	113 (1980)	136	14,9	10,9

Pastaba / *Note.* * – fenologinių stebėjimų metų kiekis tyrimų laikotarpiu / *number of years of phenological observations during the research period.*

Fenologinių sezonų trukmės nuokrypiai nuo vidutinės daugiametės abiejose Baltijos šalyse buvo iš esmės sinchroniški (2 pav.). Tik kai kuriais atvejais fenologinių sezonų trukmės nuokrypiai, palyginti su vidutine daugiamete trukme, buvo priešingi ir pasireiškė 1974–1978 m. bei 1991–1994 m. Didesnis sezonų trukmės kasmetis svyravimas nustatytas fenologinio pavasario sezono. Pavyzdžiui, didžiausias fenologinės vasaros sezono trukmės nuokrypis nuo daugiamečio vidurkio siekė ± 20 d., o fenologinio pavasario sezono trukmės nuokrypis buvo didesnis nei ± 30 d. Tyrimų duomenys parodė, kad ilgiau trunkantis fenologinio pavasario sezonas ir Latvijoje, ir Lietuvoje

dažniau pasitaikė 1990–2000 m. Fenologinės vasaros sezono trukmės nuokrypis nuo vidutinės, palyginti su fenologinio pavasario sezono nuokrypiu, buvo nedidelis. Tai patvirtina ir fenologinės vasaros sezono trukmės nuokrypių kitimo kryptis, kuri rodo tik nežymų fenologinės vasaros sezono trukmės pailgėjimą abiejose kaimyninėse šalyse. Fenologinio pavasario ir augimo sezono trukmės nuokrypių kitimo kryptis rodo šių sezonų trukmės ilgėjimo tendenciją.

4 lentelė. Fenologinių sezonų trukmė Latvijoje

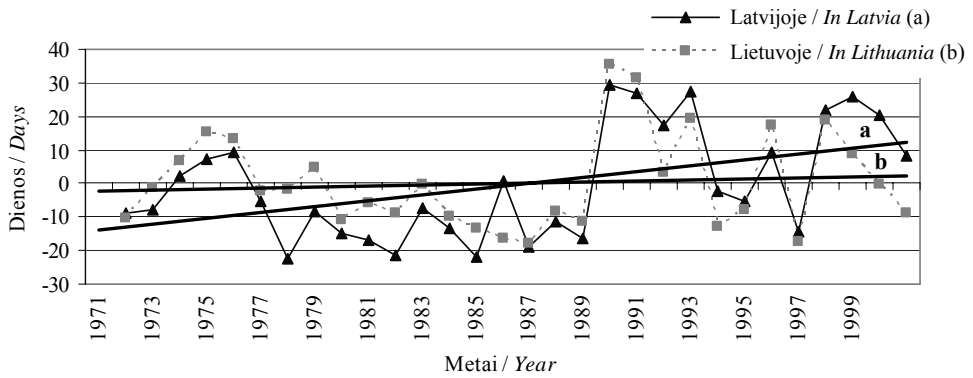
Table 4. The length of the phenological seasons in Latvia
1971–2000 m.

Stotis <i>Station</i>	Metai* <i>Year</i>	Trukmė dienomis / <i>Length (in days)</i>			Vidutinis standartinis nuokrypis <i>Standard deviation</i> S	Variacijos koeficientas <i>Coefficient</i> of variation V, %
		ilgiausia <i>longest</i>	trumpiausia <i>shortest</i>	vidutinė <i>average</i>		
<i>Pavasario sezonas / Spring season</i>						
Atasiene- Barkava	22	113 (1990)	45 (1984)	69	17,9	25,9
Dagda	20	86 (1990)	30 (1977)	58	15,2	26,2
Duobelė	28	101 (1989)	38 (1986)	65	17,8	27,4
Liepoja-Nica	25	115 (1991)	52 (1996)	80	20,0	25,0
Popė	27	124 (1989)	57 (1980)	79	18,2	23,1
<i>Vasaros sezonas / Summer season</i>						
Atasiene- Barkava	30	122 (1984)	90 (1974)	106	9,0	8,5
Dagda	21	133 (1972, 1977)	99 (1987)	119	8,4	7,0
Duobelė	24	151 (1993)	83 (1987)	124	14,9	12,0
Liepoja-Nica	25	115 (1983)	70 (1998)	99	12,6	12,7
Popė	27	114 (1981)	75 (1976)	101	10,4	10,3
<i>Augimo sezonas / Growing season</i>						
Atasiene- Barkava	27	170 (1992)	114 (1976)	146	15,2	10,4
Dagda	23	161 (1992)	139 (1981)	151	5,9	3,9
Duobelė	23	183 (1990)	119 (1981)	157	13,6	8,6
Liepoja-Nica	27	154 (1994)	109 (1980)	132	11,7	8,8
Popė	26	156 (1995)	107 (1976)	134	10,6	7,9

Pastaba / Note. * – fenologinių stebėjimų metų kiekis tyrimų laikotarpiu / number of years of phenological observations during the research period.

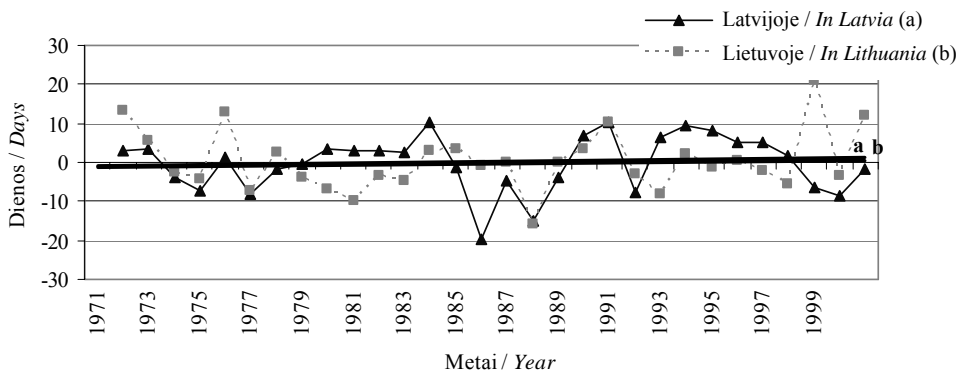
Per 30 metų laikotarpį Lietuvos ir Latvijos teritorijose įvyko fenologinių sezonų trukmės pokyčiai. Fenologinio pavasario sezono trukmė XX a. paskutinį dešimtmetį, palyginti su 1971–1980 m. vidurkiu, pailgėjo daugiausia – vidutiniškai 9 d. (Sd = ±5,02, t = 1,79), vasaros sezono trukmė – vidutiniškai 2 d. (Sd = ±2,27, t = 0,88) (3 pav.). Didesni fenologinio pavasario sezono trukmės pokyčiai sietini su pavasario sezono pradžios augalų indikatorių fenofazių datų kaita ir jų ankstėjimu.

Pavasario sezono trukmės nuokrypis / Deviation of spring season duration



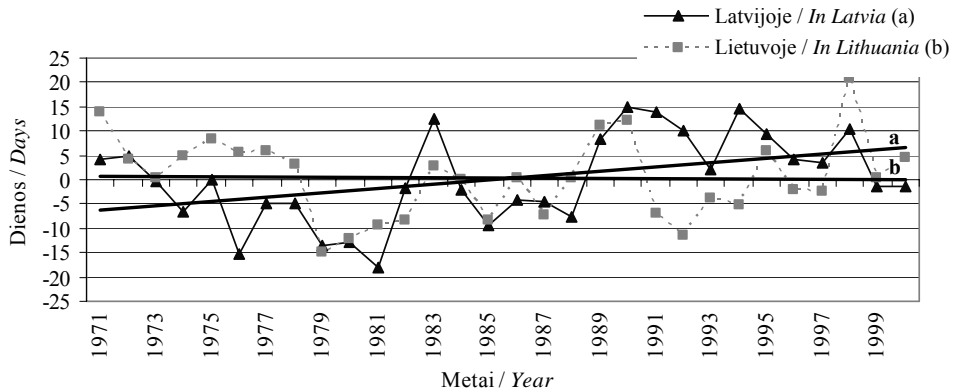
(a) $y = 0,8838x - 14,956$; $R^2 = 0,2215$, (b) $y = 0,1502x - 2,2555$; $R^2 = 0,0087$

Vasaros sezono trukmės nuokrypis / Deviation of summer season duration



(a) $y = 0,0564x - 1,1547$; $R^2 = 0,0046$, (b) $y = 0,067x - 0,8676$; $R^2 = 0,0058$

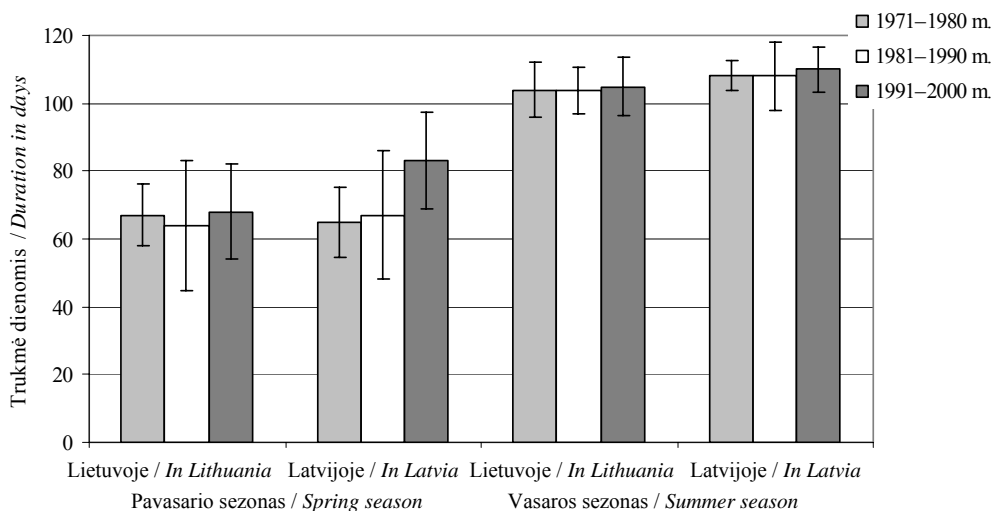
Augimo sezono trukmės nuokrypis / Deviation of growing season duration



(a) $y = 0,4512x - 6,8739$; $R^2 = 0,189$, (b) $y = -0,0306x - 0,8639$; $R^2 = 0,0011$

2 paveikslas. Fenologinių sezonų trukmės nuokrypiai nuo daugiametės Lietuvoje ir Latvijoje
Figure 2. Deviations of the length of phenological seasons from the long-term average values in Lithuania and Latvia

1971–2000 m.



3 paveikslas. Fenologinių sezonų trukmės kaita įvairiais dešimtmečiais Lietuvoje ir Latvijoje

Figure 3. The variation of the length of phenological seasons over 10-year periods in Lithuania and Latvia

Lietuvoje atlikus tyrimus nustatyta, kad fenologinio pavasario sezono trukmė priklauso nuo jo pradžios pavasarį, t. y. pavasario sezono trukmė stipriai koreliuoja su paprastojo lazdyno pražydimo datomis, koreliacijos koeficientas $r = -0,88$ – $-0,94$ /Romanovskaja, 2004/. Tyrimų metu nustatyta, kad pavasario ir vasaros sezonų trukmė labiausiai pakito XX a. paskutinį dešimtmetį. Pažymėtina, kad pavasario sezono trukmė buvo nepastoviausia antrąjį tyrimų dešimtmetį (1981–1990 m.), tai rodo ir didelės paklaidos.

Laikotarpis nuo daugumos augalų vegetacijos atsinaujinimo pavasarį iki vegetacijos pabaigos rudenį parodo augimo sezono trukmę. Paprastai augimo sezono pradžia sutampa su vidutinės paros oro temperatūros pereiga į aukštesnę nei $+5$ °C, kuri Lietuvoje būna balandžio viduryje (vidutiniškai – balandžio 13 d.) /Bendroji fenologija, 1990; Lietuvos klimatas, 2007/. Remiantis Lietuvoje sudarytais gamtos kalendoriais, esant tokiai temperatūrai prasideda žieminių rugių (*Secale cereale* L.) vegetacija, sužaliuoja pievos, išbrinksta daugelio medžių bei krūmų pumpurai, sužaliuoja paprastoji ieva (*Padus avium* Mill.) ir paprastasis beržas (*Betula pendula* Roth.), pradeda žydėti blindė (*Salix caprea* L.) /Bendroji fenologija, 1990/. Nustatyta, kad tarp augalų fenofazių datų ir aukštesnės nei $+5$ °C temperatūros yra koreliacinis ryšys. Pavyzdžiui, tarp žieminių rugių vegetacijos pradžios ir oro temperatūros pereigos į nuolat aukštesnę nei $+5$ °C datų koreliacijos koeficientas lygus 0,60, blindės žydėjimo – 0,65 /Nacevičius, 1975/. Vokiečių mokslininkė A. Menzel tyrimų metu nustatė, kad diena, kai vidutinė paros oro temperatūra 1951–2000 m. laikotarpiu Vokietijoje tapo nuolat aukštesnė nei $+5$ °C, kasmet ankstėjo po 0,13 dienos per metus /Menzel et al., 2003/. Atitinkamai rudens laikotarpiu pereiga per $+5$ °C vėlavo po 0,25 dienos per metus. Šie duomenys rodo terminio sezono, nustatyto remiantis meteorologiniais duomenimis, ilgėjimą. Pavyzdžiui,

per 50 metų laikotarpį Vokietijoje šiltasis sezonas ilgėjo nuo 0,11 iki 0,49, Austrijoje ir Šveicarijoje – po 0,50, Estijoje – po 0,34 dienos per metus /Menzel et al., 2003/. Terminų sezonų trukmės kaita turi įtakos ir fenologinių sezonų trukmei, nes jų trukmę apibrėžia augalų vystymosi fazės, priklausomos nuo temperatūros pokyčių.

Šių tyrimų metu fenologinio augimo sezono trukmei nustatyti panaudotos karpotojo beržo (*Betula pendula* Roth.) sužaliavimo ir lapų geltimo fenofazių datos. Nustatyta, kad augimo sezonas Lietuvoje ir Latvijoje ilgiau trunka abiejų šalių pietvakariniuose rajonuose (Lietuvoje – Keturvalakiuose, Latvijoje – Duobelėje). Augimo sezono trukmės pokyčių tendencijos yra tos pačios, kaip ir kitų fenologinių sezonų (pavasario bei vasaros). Pažymėtina, kad augimo sezono trukmė Lietuvos ir Latvijos teritorijoje ilgėjo tolygiai – vidutiniškai po 3 d. per dešimtmetį, todėl per 30 metų laikotarpį augimo sezonas tapo 6 dienomis ($Sd = \pm 2,44$, $t = 2,46$) ilgesnis (5 lentelė).

5 lentelė. Augimo sezono trukmės kaita įvairiais dešimtmečiais Latvijos ir Lietuvos teritorijoje

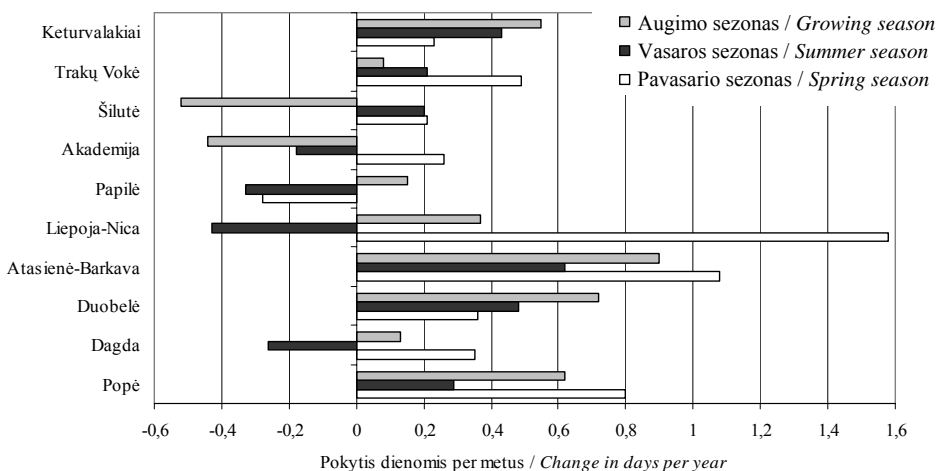
Table 5. The variation of the length of the growing season over 10-year periods in Lithuania and Latvia

Laikotarpis <i>Period</i>	Augimo sezonas / <i>Growing season</i>		
	vidutinė trukmė dienomis <i>average length in days</i>	vidutinis standartinis nuokrypis <i>standard deviation S</i>	variacijos koeficientas <i>coefficient of variation V, %</i>
1971–1980	135	6,4	6,1
1981–1990	138	8,7	8,3
1991–2000	141	4,4	4,2

Fenologinių fazių kaita per daugelį metų yra jautrus ir lengvai pastebimas klimato pokyčių indikatorius. Per 30 m. Europoje pavasario bei rudens fenologiniai reiškiniai, pavyzdžiui, lapų išsiskleidimas (sužaliavimas) bei geltimas rudeni, įvyksta atitinkamai anksčiau arba vėliau. Pavyzdžiui, medžių lapai išsiskleidė 6 d. anksčiau, o jų geltimo pradžia vėlavo 4,8 d. Tai reiškia, kad augimo sezono trukmė, palyginti su 1960 m., pailgėjo 10,8 d. /Menzel, Fabian, 1999/. Kitų Vokietijoje atliktų tyrimų duomenimis, augimo sezonas per 46 m. ilgėjo po 0,2 d. per metus, bet tam tikrais laikotarpiais skyrėsi augimo sezonų trukmė. Pavyzdžiui, augimo sezono trukmė Vokietijoje 1974–1996 m. buvo 5 d. ilgesnė nei 1951–1973 m. /Menzel et al., 2001/. Naujausių tyrimų duomenimis, 1982–2006 m. augimo sezono pradžia Skandinavijos šalyse kasmet prasidėjo po 0,27 d. anksčiau, o augimo sezono pabaiga vėlavo po 0,37 d. per metus /Karlsen et al., 2009/.

Lietuvoje ir Latvijoje atlikti tyrimai parodė, kad per 30 m. laikotarpį Baltijos regione įvykę fenologinių sezonų trukmės pokyčiai atitinka ir kitose Europos šalyse nustatytas pokyčių tendencijas. Nustatyta, kad daugelyje tirtų vietovių fenologinių sezonų trukmė pailgėjo 0,08–1,58 d. per metus (4 pav.).

Fenologinių sezonų trukmės trumpėjimas nustatytas ne visose vietovėse ir buvo būdingesnis fenologinės vasaros sezonui. Ryškesni fenologinių sezonų trukmės ilgėjimo pokyčiai buvo Latvijoje. Pavyzdžiui, fenologinio pavasario sezono trukmė Latvijoje per 30 m. laikotarpį ilgėjo vidutiniškai 0,83, o Lietuvoje – vidutiniškai 0,18 d. per metus.



4 paveikslas. Fenologinių sezonų trukmės kasmetis pokytis

Figure 4. Annual change in the length of the phenological seasons during 1971–2000 m.

Lietuvos klimatologai, remdamiesi dabartiniais pokyčiais ir įvairių modelių skaičiavimo rezultatais, prognozuoja, kad šiltėjant klimatui ateityje turėtų ilgėti vegetacijos laikotarpis, kuris dėl pasikeitusių terminų sąlygų bus palankesnis šilumamėgiams žemės ūkio augalams /Lietuvos klimatas, 2007/. Dėl besikeičiančių šaltojo metų laikotarpio hidroterminių sąlygų neišvengiamai kils dvimečių ir daugiamečių augalų žiemojimas. Pagal šias klimatologų prognozes ir fenologinių tyrimų metu nustatytą augalų priklausomumą nuo temperatūros galima numatyti, kad turėtų keistis ir fenologinių reiškinių pradžios laikas. Šių tyrimų rezultatai parodė, kad per kelis pastaruosius dešimtmečius pavasario ir vasaros sezono augalų indikatorių fenofazės anksčiau prasideda, o fenologinių sezonų trukmė ilgėja. Kiek ateityje pakis augalų augimo sezonų trukmė, bus galima atsakyti tik įvertinus daugiamečių fenologinių tyrimų rezultatus.

Išvados

1. Nustatyta, kad fenologinių sezonų augalų indikatorių paprastojo lazdyno (*Corylus avellana* L.), baltalksnio (*Alnus incana* Moench), paprastosios alyvos (*Syringa vulgaris* L.), darželinio jazmino (*Philadelphus coronarius* L.), karpotojo beržo (*Betula pendula* Roth.) ir paprastojo klevo (*Acer platanoides* L.) fenofazės anksčiau prasideda Lietuvoje nei Latvijoje, t. y. pavasario sezono augalų – 1–5 d., vasaros sezono augalų – 7–10 d., rudens sezono augalų – 9–11 d.

2. Lietuvos ir Latvijos teritorijose fenologinio pavasario sezonas trunka 58–80 d. ir yra vidutiniškai 39 d. trumpesnis nei fenologinės vasaros sezonas, trunkantis 82–126 d.

3. Abiejose Baltijos šalyse fenologinio pavasario sezono trukmės kasmetis svyravimas buvo didesnis ($V = 21,3\text{--}27,4\%$) nei fenologinės vasaros sezono trukmės ($V = 6,4\text{--}15,5\%$). Fenologinio pavasario sezono trukmė 1991–2000 m. dėl klimato šiltėjimo buvo ilgesnė ir pasireiškė dideliais (>30 d.) teigiamais nukrypimais nuo daugiamečio vidurkio. Fenologinio pavasario trukmė per 30 m. laikotarpį pailgėjo vidutiniškai 9 d.

4. 1971–2000 m. Lietuvos ir Latvijos teritorijose augimo sezono trukmė pailgėjo vidutiniškai 6 d. Augimo sezono trukmės kasmetis svyravimas nebuvo didelis ($V =$ iki 10,9 %), bet XX a. paskutinį dešimtmetį augimo sezono trukmės didesnis pailgėjimas nustatytas Latvijos teritorijoje (+0,13–+0,9 d. per metus) nei Lietuvoje (–0,52–+0,55 d. per metus).

Padėka

Tyrimus parėmė Lietuvos tarptautinių mokslo ir technologijų plėtros programų agentūra ir Europos socialinis fondas (projekto Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004).

Gauta 2009 10 12

Pasirašyta spaudai 2009 11 30

LITERATŪRA

1. Ahas R. Long-term phyto-, ornito- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia // *International Journal of Biometeorology*. – 1999, vol. 42, iss. 3, p. 119–123
2. Baronienė V., Romanovskaja D. Klimato šiltėjimo įtaka augalų sezonimiam vystymuisi Lietuvoje 1961–2003 metais // *Vagos*. – 2005, t. 66, Nr. 19, p. 24–32
3. Bendroji fenologija: monografija / sudaryt. L. Kulienė, J. Tomkus. – Vilnius, 1990. – 160 p.
4. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH-Monograph // Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. – Berlin, 1997. – 622 p.
5. Kalvane G., Romanovskaja D., Briede A., Bakšienė E. Influence of climate change on phenological phases in Latvia and Lithuania // *Climate Research*. – 2009, vol. 39, iss. 3, p. 209–219
6. Karlsen S. R., Högdal K. A., Wiegolaski F. E. et al. Growing-season trends in Fennoscandia 1982–2006, determined from satellite and phenology data // *Climate Research*. – 2009, vol. 39, iss. 3, p. 275–286
7. Lietuvos klimatas: monografija / sudaryt. A. Galvonaitė, M. Misiūnienė, D. Valiukas, M. S. Butkuvienė. – Vilnius, 2007. – 207 p.
8. Lizuma L., Klavinš M., Briede A., Rodinovs V. Long-term changes of air temperatures in Latvia // *Climate Change in Latvia*. – 2007, p. 11–20
9. McKnight T.L., Hess D. *Physical geography: a landscape appreciation*. – New Jersey, USA, 2007. – 720 p.
10. Menzel A., Estrella N., Fabian P. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996 // *Global Change Biology*. – 2001, vol. 7, iss. 6, p. 657–666
11. Menzel A., Fabian P. Growing season extended in Europe // *Nature*. – 1999, vol. 397, p. 659
12. Menzel A., Jakobi G., Ahas R. et al. Variations of the climatological growing season (1951–2000) in Germany compared with other countries // *International Journal of Climatology*. – 2003, vol. 23, iss. 7, p. 793–812
13. Menzel A., Sparks T., Estrella N. et al. European phenological response to climate change matches the warming pattern // *Global Change Biology*. – 2006, vol. 12, iss. 10, p. 1969–1976
14. Menzel A. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996 // *International Journal of Biometeorology*. – 2000, vol. 44, iss. 2, p. 76–81
15. Nacevičius S. *Taikomoji fenologija*. – Vilnius, 1975. – 183 p.

16. Romanovskaja D. Fenologinių sezonų pradžios augalų indikatorių vystymosi dėsningumai Lietuvoje 1961–2000 m. laikotarpiu // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2003, t. 84, Nr. 4, p. 150–164
17. Romanovskaja D. Klimato šiltėjimo įtaka fenologinių sezonų trukmei Lietuvos teritorijoje // *Žemės ūkio mokslai*. – 2004, Nr. 1, p. 28–35
18. Romanovskaya D., Baksienė E. Influence of a thermal mode on the seasonal phenological phenomena in Lithuania // *Ekologija*. – 2007, Nr. 1, p. 15–20
19. Walther G. R. Plants in a warmer world // *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. – 2003, vol. 6, iss. 3, p. 169–185
20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – Москва, 1973. – 336 с.
21. Шнелле Ф. Фенология растений. – Ленинград, 1961. – 260 с.
22. Шульц Г. Е. Общая фенология. – Ленинград, 1981. – 182 с.

ISSN 1392-3196

Zemdirbyste-Agriculture, vol. 96, No. 4 (2009), p. 218–231

UDK 63:581.543(474.4)(474.3)

The influence of climate warming on the changes of the length of phenological seasons in Lithuania and Latvia

D. Romanovskaja¹, G. Kalvane², A. Briede², E. Bakšienė¹

¹ Lithuanian Institute of Agriculture

² University of Latvia

Summary

The present paper summarises and compares the data of phenological observations carried out in the two countries of the Baltic region – Lithuania and Latvia. The study was aimed to establish the influence of climate warming on plant phenophases and the length of phenological seasons in Lithuania and Latvia for the period 1971–2000.

For 10 stations we analysed 2 100 time series of the dates of the beginning of phenological seasons of the following phenoinicators: grey alder (*Alnus incana* Moench), European hazel (*Corylus avellana* L.), sweet mockorange (*Philadelphus coronarius* L.), common lilac (*Syringa vulgaris* L.), European white birch (*Betula pendula* Roth.), Norway maple (*Acer platanoides* L.).

The research findings indicated that in Lithuania all phenophases of the phenological seasons started from 1–11 days earlier than in Latvia. In both countries of the Baltic region the annual fluctuation of the length of the phenological spring season was higher ($V = 21.3\text{--}27.4\%$) than that of the duration of phenological summer season ($V = 6.4\text{--}15.5\%$), which is longer by on average 39 days.

Due to the climate warming, the duration of phenological spring and growing seasons significantly increased during a 30-year period. It was found that the length of the phenological spring season increased by on average 9 days, and growing season by 6 days. Especially marked and significant deviations from the long-term average date and length of the phenological seasons were found for the period 1991–2000.

Key words: phenological seasons, phenoinicators, climate.