

5 lapuočių medžių rūšių vegetacijos periodo pokyčiai bei jų kitimo greitis

Asta Malakauskienė

Vytauto Didžiojo universiteto Kauno botanikos sodas

Augalų fenologijos pokyčiai, vykstantys dėl vegetacijos periodo pradžios ir pabaigos datų pasislinkimo, kuriuos daugiausiai lemia kintančios aplinkos temperatūros sąlygos, yra daugelio mokslinių tyrimų objektai. Ilgalaikiai fenologiniai stebėjimai yra vertingi tuo, kad ilgose duomenų sekose galima fiksuoti atsaką į ne tik ekstremalius trumpalaikius (staigius temperatūros pokyčius), bet ir silpnesnius ilgalaikius (foninės antropogeninės taršos) aplinkos poveikius. Šio tyrimo tikslas buvo ištirti 5 lapuočių medžių rūšių: paprastojo ąžuolo (*Quercus robur* L.), paprastojo klevo (*Acer platanoides* L.), europinės liepos (*Tilia × europaea* L.), karpotojo beržo (*Betula pendula* Roth.) ir paprastojo uosio (*Fraxinus excelsior* L.), augančių Kauno botanikos sode, vegetacijos periodo trukmės pokyčius bei jų kitimo greitį 1956–2014 metų laikotarpiu, atsižvelgiant į padidėjusios antropogeninės taršos ir intensyvėjančio klimato šiltėjimo periodą (nuo 1980-ųjų m.). Kauno Botanikos sodo sumedėjusių augalų fenologiniai stebėjimai vykdomi nuo 1956 metų: šių ilgalaikių stebėjimų duomenų sekos ir buvo naudojamos vegetacijos periodo pokyčiams nustatyti. Vegetacijos periodo trukmė (dienų skaičius) buvo skaičiuojama tarp pumpurų brinkimo pradžios ir lapų kritimo pabaigos fenologinių fazių. Vidutinė vegetacijos periodo trukmė 1956–2014 m. laikotarpiu svyravo nuo 189 iki 205 dienų (ąžuolo $204,43 \pm 3,68$ d., liepos $204,57 \pm 2,78$ d., beržo $213,18 \pm 2,14$ d., klevo $198,70 \pm 2,17$ d. ir uosio $188,63 \pm 3,70$ d.). Klevo vegetacijos periodas 1956–2014 m. pailgėjo vidutiniškai 31 diena, beržo – 2 d., uosio – 39 d., ąžuolo – 14 d. ir liepos 32 d. Apskaičiuotas vegetacijos periodo trukmės kitimo greitis 1956–2014 m.: klevo 0,56 dienos/metus, beržo 0,04 d./m., uosio 0,71 d./m., ąžuolo 0,25 d./m. ir liepos 0,58 d./m. Trys iš 5 tirtų medžių rūšių (klevas, beržas ir ąžuolas) patvirtino hipotezę, kad vegetacijos periodo pokyčių kitimo greitis nuo 1980 m. turėtų būti didesnis, dėl intensyvėjančio klimato šilimo ir antropogeninės taršos (klevo vegetacijos periodo pokyčių greitis padidėjo nuo 0,56 iki 0,71 d./m., beržo – nuo 0,04 iki 0,11 d./m. ir ąžuolo nuo 0,25 iki 1,29 d./m.), kitų 2 rūšių (uosio ir liepos) kitimo greitis po 1980-ųjų sumažėjo.

Fenologinė fazė, vegetacijos periodas, vegetacijos periodo pokyčių greitis.

Įvadas

Augalų fenologija labai priklauso nuo metinių oro temperatūros svyravimų (Menzel 2002; Badeck et al. 2004; Cleland et al., 2007). Fenologinių stebėjimų analizė leidžia ne tik įvertinti klimato pokyčių įtaką aplinkai, bet ir prognozuoti tolimesnius pokyčius ateityje (Walkovszky 1998; Baronienė, Romanovskaja 2005). Vegetacijos periodo jautrumas šiltėjančiam klimatui labai priklauso nuo medžių rūšies, o tai labai svarbu adaptacijos procesams bei borealinių ekosistemų struktūros išlaikymui ateityje, kadangi ir toliau prognozuojamas klimato šiltėjimas (Šimatonytė, Žeimavičius, 2009). Borealinių miškų fenologijos pokyčius pagrindė lemia vegetacijos periodo pradžios bei pabaigos datų pasislinkimas (Kramer et al., 2000).

Vidutinė oro temperatūra yra tiesiogiai susijusi su augalų augimo sezonu, o tarp suminės temperatūros (laipsniais per tam tikrą dienų skaičių) ir augalų fenologijos yra tiesinė priklausomybė (Theurillat, Guisan, 2001). Kai kurioms fenologinėms fazėms, pavyzdžiui pavasarį pumpurų sprogo fazei, daugiausiai įtakos turi temperatūra naktį arba minimali temperatūra tuo laikotarpiu, kitoms, pavyzdžiui tolimesniam lapų formavimuisi po pumpurų sprogo, – dienos temperatūra arba maksimali temperatūra tuo laikotarpiu (Wielgolaski, 2003). Temperatūros pakilimas anksti pavasarį (vasarį-balandį) 1°C paankstina augalų augimo sezoną 7 dienomis, o tuo tarpu vidutinės metinės temperatūros pakilimas 1°C pailgino augalų augimo sezoną 5 dienomis (Chmielewski, Rotzer, 2001). Globalaus klimato kaitos modeliai prognozuoja, kad 1990–2100 m., priklausomai nuo emisijų scenarijaus, temperatūra pakils $1,4\text{--}5,8^{\circ}\text{C}$. Šis žymus klimato atšilimas lems augalų vegetacijos periodo trukmės pailgėjimą Baltijos regione nuo 20–50 dienų šiaurinėje dalyje iki 30–90 dienų pietinėje dalyje (Rimkus, 2007).

Tyrimų, atliktų 21 Europos šalyje (1971–2000 metais) bei apimančių 542 augalų rūšis, rezultatai parodė, kad paankstėjo 78 % (iš jų 30 % statistiškai patikimai) ir tik 3

% statistiškai patikimai vėlavo lapuočių augalų rūšių žydėjimas bei vaisių subrendimas, o tuo tarpu lapų geltimo ir kritimo datų pokyčiai buvo įvairialypiai (Menzel et al., 2006). Eglės ir beržo augimo laikotarpis nuo 1976–1980-ųjų iki 2006–2010-ųjų pailgėjo 0,3 ir 0,4 dienos per metus (Vitas, 2011). Miestų aplinkoje augančių augalų fenologinės fazės gali papildomai paankstėti dar 2-5 dienomis pavasarį bei vėluoti 3-4 dienas rudenį. Šis reiškinys vyksta dėl taip vadinamų miesto “šilumos salų” efekto (Min, 2000; Roetzer et al., 2000; Zhongkui, 2007).

Šio tyrimo tikslas buvo ištirti lapuočių medžių rūšių (paprastojo ąžuolo – *Quercus robur* L., paprastojo klevo – *Acer platanoides* L., europinės liepos – *Tilia × europaea* L., karpotojo beržo – *Betula pendula* Roth., paprastojo uosio – *Fraxinus excelsior* L.), augančių Kauno botanikos sode, vegetacijos periodo pokyčius 1956–2014 metais, atsižvelgiant į padidėjusios antropogeninės taršos ir intensyvėjančio klimato šiltėjimo periodą (nuo 1980-ųjų m.) bei įvertinti pokyčių greitį.

Tyrimų metodika

Lapuočių medžių (ąžuolo – *Quercus robur* L., klevo – *Acer platanoides* L., liepos – *Tilia × europaea* L., beržo – *Betula pendula* Roth., uosio – *Fraxinus excelsior* L.) fenologiniai stebėjimai Kauno botanikos sode vykdomi nuo 1956 metų. Šiam tyrimui paimtos šių stebėjimų sekos nuo 1956 iki 2014 m.

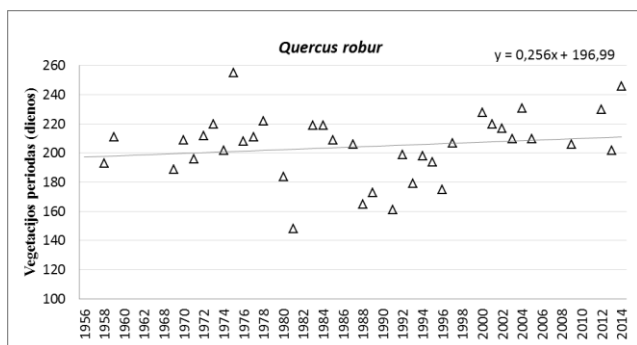
Fenologinių įvykių kasmetinė variacija yra didelė (įvykio, kurio trukmė siekia 1 mėnesį, standartinis nuokrypis dažnai yra siekia nuo 5 iki >10 dienų tarp ankstyviausios ir vėlyviausios datų) (Badeck et al., 2004). Kauno botanikos sodo sumedėjusių augalų fenologinių stebėjimų galima paklaida lygi ± 5 dienoms. Vegetacijos periodo trukmė (dienų skaičius) buvo skaičiuojama tarp pumpurų brinkimo fenologinės fazės pradžios ir lapų kritimo fenologinės fazės pabaigos datų. Remiantis metodinėmis rekomendacijomis (Gavenauskas, Lamsdienė, 2004), pumpurų brinkimo data buvo laikoma

data, kuomet ant pumpurų žvynelių atsiranda žalsvi dryželiai arba žvynelių viršūnėlės pažaliuoja iš vidinės pusės. Tuo tarpu lapų kritimo pabaiga buvo laikoma data, kai nukrenta beveik visi stebimo medžio lajos lapai.

Statistinei duomenų analizei apskaičiuoti šie parametrai: vidurkis, standartinė paklaida, tiesinė krypties funkcija. Pokyčiai 1956–2014 m. buvo aproksimuoti tiesinės krypties funkcijos metodu, apskaičiuojant skirtumą tarp krypties tiesės galutinės (2014 m.) ir pradinės (1956 m.) reikšmių. Taip pat apskaičiuota vegetacijos period teisinė krypties funkcija 1980–2014 m. laikotarpiu. Apskaičiuotas vegetacijos periodo pokyčių greitis – pokytis (skirtumas dienomis, gautas iš tiesinės krypties funkcijos galutinės bei pradinės reikšmių) padalintas iš tiriamojo laikotarpio metų skaičiaus.

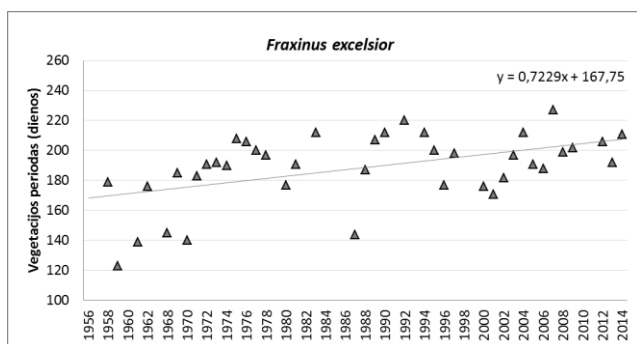
Rezultatai ir aptarimas

5 tirtų lapuočių medžių vegetacijos periodo (dienių skaičius tarp pumpurų brinkimo pradžios ir lapų kritimo pabaigos fenologinių fazių) rezultatai 1956–2014 metais pateikti 1–5 paveiksluose. Vidutinė vegetacijos periodo trukmė 1956–2014 m. laikotarpiu svyravo nuo 189 iki 205 dienų (ąžuolo $204,43 \pm 3,68$ d., liepos $204,57 \pm 2,78$ d., beržo $213,18 \pm 2,14$ d., klevo $198,70 \pm 2,17$ d. ir uosio $188,63 \pm 3,70$ d.).



1 pav. Paprastojo ąžuolo (*Quercus robur*) vegetacijos periodas (dienių skaičius) 1956–2014 metais

Fig. 1. Vegetative period (number of days) of oak (*Quercus robur*) in 1956–2014

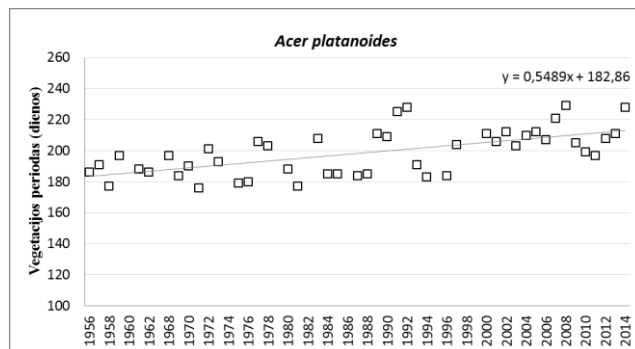


2 pav. Paprastojo uosio (*Fraxinus excelsior*) vegetacijos periodas (dienių skaičius) 1956–2014 metais

Fig. 2. Vegetative period (number of days) of ash (*Fraxinus excelsior*) in 1956–2014

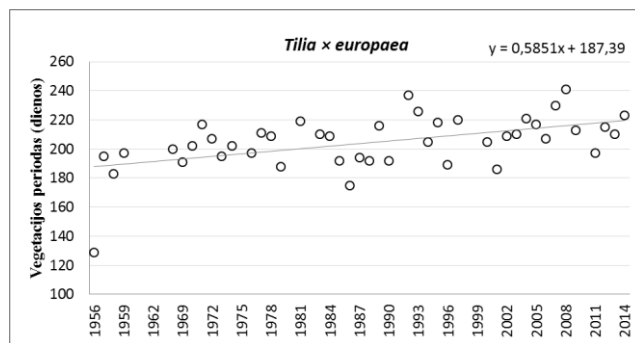
Didžiausi vegetacijos periodo svyravimai (112 dienų) buvo būdingi europinei liepai (nuo 129 dienos 1956 metais

iki 241 d. 2008 m.). Paprastojo ąžuolo ir paprastojo uosio vegetacijos periodo svyravimai taip pat dideli (ąžuolo nuo 148 d. 1981 m. iki 255 d. 1975 m., uosio nuo 123 d. 1959 m. iki 227 d. 2007 m.). Karpotojo beržo ir paprastojo klevo minėto rodiklio svyravimai (62 ir 53 dienos) mažesni (beržo nuo 185 d. 1980 m. iki 247 d. 1997 m., klevo nuo 176 d. 1971 m. iki 229 d. 2008 m.).



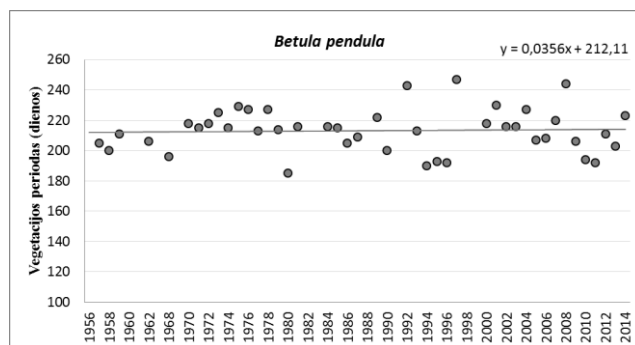
3 pav. Paprastojo klevo (*Acer platanoides*) vegetacijos periodas (dienių skaičius) 1956–2014 metais

Fig. 3. Vegetative period (number of days) of maple (*Acer platanoides*) in 1956–2014



4 pav. Europinės liepos (*Tilia x europaea*) vegetacijos periodas (dienių skaičius) 1956–2014 metais

Fig. 4. Vegetative period (number of days) of lime (*Tilia x europaea*) in 1956–2014



5 pav. Karpotojo beržo (*Betula pendula*) vegetacijos periodas (dienių skaičius) 1956–2014 metais

Fig. 5. Vegetative period (number of days) of birch (*Betula pendula*) in 1956–2014

Klevo vegetacijos periodo 1956–2014 m. laikotarpiu pailgėjo vidutiniškai 31 diena, beržo – 2 d., uosio – 39 d., ąžuolo – 14 d. ir liepos 32 d. Pagal vegetacijos periodo pokyčio dydį minėtu laikotarpiu galima pastebėti, kad paprastojo klevo, paprastojo uosio ir europinės liepos

fenologija jautri šiltėjanti klimatui, o karpotojo beržo – beveik inertiška.

Įdomu palyginti Kauno botanikos sode augančio karpotojo beržo vegetacijos periodo duomenis su Vaišnoriškėje augančių beržų prieaugio sezoniškumo (Vitas, 2011) rezultatais. Kauno botanikos sode tirtu karpotojo beržo vegetacijos periodo pokytis lyginant su kitomis tirtomis rūšimis buvo pats mažiausias (per 55 metus pailgėjo tik 2 dienomis). Nustatyta Vaišnoriškėje tirtų beržų nežymiai mažėjančio radialiojo prieaugio tendencija 1976–2010 metais (nors eglių ir pušų šiek tiek didėjanti). Anksčiausiai Vaišnoriškėje beržas sustojo augti 1980 ir 1990 m. (taip pat matomi ir KBS karpotojo beržo vegetacijos periodo sutrumpėjimai), o vėliausiai 1997 m. (vegetacijos periodo pailgėjimas atitinka ir KBS stebėjimų duomenis). Žymus vegetacijos beržo periodo pailgėjimas

2008 metais KBS teritorijoje neatitinka Vaišnoriškėje augančių beržų prieaugio sezoniškumo kreivės (čia tais metais nustatytas prieaugio sumažėjimas).

Prasidėjus didesnės antropogeninės taršos ir intensyvėjančio klimato šiltėjimo laikotarpiui (nuo 1980-ųjų m.) tirtų lapuočių medžių rūšių vegetacijos periodo vidutinė trukmė svyravo nuo 196 iki 210 d. (ąžuolo $201,44 \pm 4,84$ d., liepos $209,59 \pm 2,87$ d., beržo $212,45 \pm 2,98$ d., klevo $203,53 \pm 2,72$ d. ir uosio $195,64 \pm 3,63$ d.)

Iškelta hipotezė: suintensyvėjusio klimato šiltėjimo ir padidėjusios aplinkos taršos laikotarpiu vegetacijos periodas turėtų ilgėti greičiau ir intensyviau negu laikotarpiu nuo 1956-ųjų m. Apskaičiuotas vegetacijos periodo kitimo greitis 1956–2014 m. ir 1980–2014 m. (1 lentelė).

1 lentelė. Vegetacijos periodo trukmės pokyčių greitis (dienos/metus) ir krypties funkcija 1956–2014 ir 1980–2014 m.

Table 1. The pace of vegetation period changes (days/year) and trend function in 1956–2014 and 1980–2014

Medžių rūšis Tree species	Vegetacijos periodo trukmės pokyčių greitis (dienos per metus) ir krypties funkcija The pace of vegetation period changes (days per year) and trend function	
	1956–2014 m. laikotarpiu In the period of 1980–2014	1980–2014 m. laikotarpiu In the period of 1980–2014
<i>Acer platanoides</i>	0,56 $y = 0,5489x + 182,86$	0,71 $y = 0,7431x + 189,54$
<i>Betula pendula</i>	0,04 $y = 0,0356x + 212,11$	0,11 $y = 0,1353x + 209,82$
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,71 $y = 0,7229x + 167,75$	0,11 $y = 0,3943x + 188,05$
<i>Quercus robur</i>	0,25 $y = 0,256x + 196,99$	1,29 $y = 1,3343x + 178,86$
<i>Tilia × europaea</i>	0,58 $y = 0,5851x + 187,39$	0,49 $y = 0,4881x + 200,43$

Pastaba: storesniu šriftu pažymėti rezultatai, kurie patvirtino hipotezę, kad suintensyvėjusio klimato šiltėjimo ir padidėjusios aplinkos taršos laikotarpiu nuo 1980-ųjų vegetacijos periodas ilgėja greičiau.

Note: results in bold type are those, which approved the hypothesis that the pace of vegetation period prolongation since 1980-ies was higher due to more intense climate warming and anthropogenic pollution.

Trys medžių rūšys patvirtino iškeltą hipotezę: klevo vegetacijos periodo pokyčių greitis padidėjo 0,15 d./m. (nuo 0,56 iki 0,71 d./m.), beržo – 0,07 d./m. (nuo 0,04 iki 0,11 d./m.) ir ąžuolo – 1,04 d./m. (nuo 0,25 iki 1,29 d./m.). Kitų tirtų rūšių (uosio ir liepos) vegetacijos periodo pokyčių greitis nuo 1980-ųjų sumažėjo, t.y. vegetacijos periodo ilgėjimas sulėtėjo.

Išvados

1. Visų 5 lapuočių medžių rūšių vegetacijos periodas 1956–2014 metais pailgėjo (klevo vidutiniškai 31 diena, beržo – 2 d., uosio – 39 d., ąžuolo – 14 d. ir liepos – 32 d.). Pagal vegetacijos periodo pokyčio dydį paprastojo klevo, paprastojo uosio ir europinės liepos fenologija jautri šiltėjanti klimatui, o karpotojo beržo – beveik inertiška.

2. Didžiausi vegetacijos periodo svyravimai (112 dienų) 1956–2014 m. buvo būdingi europinei liepai, mažiausi (53 d.) – paprastajam klevui.

3. Kauno botanikos sode augančio karpotojo beržo vegetacijos periodo kitimas laike daugeliu atvejų sutampa su Vaišnoriškėje augančių beržų radialiojo prieaugio sezoniškumo kreivėmis.

4. Trys iš 5 tirtų medžių rūšių patvirtino iškeltą hipotezę, kad suintensyvėjusio klimato šiltėjimo ir padidėjusios aplinkos taršos laikotarpiu nuo 1980-ųjų vegetacijos periodas turėtų ilgėti greičiau ir intensyviau negu laikotarpiu nuo 1956-ųjų m.: klevo vegetacijos periodo pokyčių greitis padidėjo 0,15 dienos per metus, beržo – 0,07 d./m. ir ąžuolo – 1,04 d./m. Uosio ir liepos vegetacijos periodo pokyčių greitis sumažėjo – vegetacijos periodo ilgėjimas sulėtėjo.

Literatūra

- BADECK, F. W., BONDEAU, A., BÖTTCHER, K. et al. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*, 2004, Vol. 162, p. 295-309.
- BARONIENĖ, V., ROMANOVSKAJA, D. Klimato šiltėjimo įtaka augalų sezoniniam vystimuisi Lietuvoje 1961–2003 metais. *Vagos*, 2005, t. 66 (19), p. 24–32.
- CHMIELEWSKI, FM., ROTZER, T. 2001. Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 108, No. 2, p. 101-112.
- CLELAND, EE., CHUINE, I., MENZEL, A. et al. Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 2007, Vol. 22, No.7, p. 357–365.
- GAVENAUŠKAS, A., LAMSODIENĖ, I. Fenologinių stebėjimų metodiniai patarimai. Kaunas: LŽŪU, 2004, 25 p.

6. KRAMER, K., LEINONEN, I., LOUSTAU, D. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *International Journal of Biometeorology*, 2000, Vol. 44, p. 67–75.
7. MENZEL, A. Phenology, its importance to the Global Change Community. Editorial Comment. *Climatic Change*, 2002, Vol. 54, p. 379-385.
8. MENZEL, A., SPARKS, TH., ESTRELLA, N. et al. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 2006, Vol. 12, p. 1969-1976.
9. MIN, BM. Comparison of Phenological Characteristics for Several Woody Plants in Urban Climates. *Journal of Plant Biology*, 2000, Vol. 43, No. 1, p. 10-17.
10. RIMKUS, E. Klimato kaitos prognozės. Iš: *Globali aplinkos kaita*. Vilnius: Vilniaus universitetas, UAB „Petro ofsetas“, 2007, p. 107–132.
11. ROTZER, T., CHMIELEWSKI, FM. Phenological maps of Europe. *Climate Research*, 2001, Vol. 18, p. 249-257.
12. ŠIMATONYTĖ A., ŽEIMAVIČIUS K. Climate change impact on the duration of vegetative period of five deciduous tree species. *Environmental research, engineering and management*, 2009, No. 4 (50), p. 13-19.
13. THEURILLAT, JP., GUISSAN, A. Potential impact of climate change on vegetation in the European alps: a review. *Climatic change*, 2001, Vol. 50, p. 77-109.
14. VITAS A. Seasonal Growth Variations of Pine, Spruce, and Birch Recorded by Band Dendrometers in NE Lithuania. *Baltic Forestry*, 2011, Vol. 17, No. 2 (33), p. 197-204.
15. WALKOVSKY, A. Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 1998, Vol. 41, p. 155-160.
16. WIELGOLASKI, FE. Climatic factors governing plant phenological phases along a Norwegian fjord. *International Journal of Biometeorology*, 2003, Vol. 47, p. 213-220.
17. ZHONGKUI, L., OSBERT, J. S., QUANSHENG, G. et al. Phenological responses of plants to climate change in an urban environment. *Ecological Research*, 2007, Vol. 22, p. 507-514.

Asta Malakauskienė

Vegetation period variation and the pace of its changes of 5 deciduous tree species

Summary

Variation of plant phenology determined by the shift of vegetation period start and end dates, which are mainly caused by air temperature fluctuation, is the research object of many studies. Long-term monitoring of plant phenophases is valuable in the possibility to trace response not only to short-term extreme (sudden temperature changes), but also weaker chronic (background anthropogenic pollution) environmental effects in long data sequences. The aim of this study was to analyse changes of vegetation period and the pace of their variation of five deciduous tree species: oak (*Quercus robur* L.), maple (*Acer platanoides* L.), lime (*Tilia × europaea* L.), birch (*Betula pendula* Roth.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) growing in Kaunas Botanical Garden in 1956–2014, considering the period of increased anthropogenic pollution and more intense climate warming (since 1980). Phenological monitoring of woody plants in Kaunas Botanical Garden has been carried out since 1956: data sequences of these long-term observations were used to estimate vegetation period changes. The length of vegetation period (number of days) was calculated between the dates of beginning of bud swelling and the end of leaf fall phenophases. Mean length of vegetation period in 1956–2014 varied from 189 till 205 days (oak 204.43 ± 3.68 d, lime 204.57 ± 2.78 d, birch 213.18 ± 2.14 d, maple 198.70 ± 2.17 d and ash 188.63 ± 3.70 d). In 1956–2014 maple vegetation period lengthened at an average by 31 days, birch – 2 d, ash – 39 d, oak – 14 d and lime – 32 d. The pace of vegetation period changes in 1956–2014 for maple was 0.56 days/year, birch – 0.04 d/y, ash – 0.71 d/m, oak – 0.25 d/y and lime – 0.58 d/m. Three out of 5 studied tree species (maple, birch and oak) approved the hypothesis that the pace of vegetation period changes since 1980-ies should be higher due to more intense climate warming and anthropogenic pollution (the pace of vegetation period changes for maple increased from 0.56 till 0.71 d/y, birch – from 0.04 till 0.11 d/y and oak – from 0.25 till 1.29 d/y), the pace of changes of other 2 species (ash and lime) decreased.

Phenophase, vegetation period, the pace of vegetation period changes

Gauta 2015 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2015 m. balandžio mėn.

Asta MALAKAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Kauno botanikos sodo Dendrologijos kolekcijų sektoriaus vedėja ir jaunesnioji mokslo darbuotoja, biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Ž. E. Žilibero 6, LT-46324, Kaunas. Tel. (8 37) 29 53 00, el. paštas: a.malakauskiene@bs.vdu.lt

Asta MALAKAUSKIENE. Kaunas Botanical Garden of Vytautas Magnus University, Junior Scientist and Head of Sector of Dendrology Collections, Doctor of Biomedical Sciences. Address: Z. E. Zilibero 6, LT-46324, Kaunas. Tel. (+370 37) 29 53 00, e-mail: a.malakauskiene@bs.vdu.lt