

PAPRASRŲJŲ PUŠŲ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) BŪKLĖS ATSIKŪRIMO DĖSNINGUMAI PASIBAIGUS SPYGLIUS GRAUŽIANČIŲ VABZDŽIŲ IR INTENSYVAUS ORO UŽTERŠTUMO POVEIKIUI

Algirdas Augustaitis¹, Romualdas Juknys², Adomas Vitas²

¹ Lietuvos žemės ūkio universitetas

Studentų 13, LT-53362, Akademija, Kauno r.

² Vytauto Didžiojo universitetas

Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas

Santrauka

Augustaitis A., Juknys R., Vitas A. Paprastųjų pušų (*Pinus sylvestris* L.) būklės atsikūrimo dėsningumai pasibaigus spyglius graužiančių vabzdžių ir intensyvaus oro užterštumo poveikiui. – Miškininkystė, 2005, Nr. 2 (58), 5–18.

Medžių lajų būklės bei stiebo radialiojo prieaugio pokyčius gali sukelti ir oro užterštumas, ir nepalankūs meteorologiniai veiksniai bei jų sąlygojami vabzdžių pažeidimai. Tačiau šiame darbe nagrinėjama ar skirtingos pakenkimo priežastys iš esmės sąlygoja pažeistų medynų atsikūrimo ypatumus, pasibaigus jų neigiamo poveikio laikotarpiui. Tyrimai atlikti spyglius graužiančių kenkėjų pažeistuose Dzūkijos NP pušynuose, kuriuose 1996 m. pradėjus naudoti biologinį insekticidą Foray-48B prasidėjo pušų būklės atsikūrimas. Šio proceso bendriesiems dėsningumams nustatyti, pušų būklės atsikūrimo duomenys spyglius graužiančių vabzdžių pažeistuose medynuose palyginti su analogiškais duomenimis, gautais AB „Achema“ poveikio zonoje augančiuose pušynuose, iš esmės sumažėjus jų užterštumo laipsniui. Nustatyta, kad nepriklausomai nuo medynų pažeidimo pobūdžio medžių lajų būklės ir radialiojo prieaugio atsikūrimo intensyvumas priklausė nuo medyno pažeidimo laipsnio. Kuo tirtas pušynas buvo labiau pažeistas, tuo medžių lajų būklė ir stiebų radialusis prieaugis atsikūrė intensyviau. Atsikūrimo laikotarpiu, net kai lajos defoliacija viršijo 90%, o stiebo apatinėje dalyje nesiformavo metinė rievė, prasidėdavo medžių lajų ir stiebo prieaugio intensyvus atsikūrimas. Tai patvirtino mūsų išvadą gautą užterštoje teritorijoje, kad faktiškai nei defoliacijos, nei stiebo radialiojo prieaugio ribinio slenksčio nėra, o egzistuoja tik didesnė ar mažesnė skirtingai pakenktų medžių atsikūrimo tikimybė.

Raktažodžiai: atsikūrimas, lajos defoliacija, stiebo radialusis prieaugis, spyglius graužiantys vabzdžiai, oro užterštumas.

Summary

Augustaitis A., Juknys R., Vitas A. Main peculiarities of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) tree condition recovery after the period of needle devouring pests and high air pollution is over. – Miškininkystė, 2005, Nr. 2 (58), 5–18.

Air pollution as well as pest damage resulting from unfavourable temperatures and lack of humidity may contribute to essential changes in crown condition and stem radial increment. However, this study focuses on analysis whether these reasons of tree damage contribute to the recovery peculiarities of the damaged stands when the period of the influence of unfavourable factors is over. The study was performed in Scots pine stands damaged by needle devouring pests of Dzūkija NP when after application of the biological insecticide Foray-48B against forest pests recovery of pine condition started. To identify tree recovery peculiarities the obtained data were compared with the analogous data obtained in pine stands growing in zone under JC „Achema” impact when degree of pollution was essentially reduced. The obtained results indicated that the intensity of the recovery of tree crown and radial increment depends on stand damage degree. The higher degree of damage resulted in the more intensive recovery of tree crown and radial increment. Over the period of recovery even when tree crown defoliation exceeded 90%, and at the lower part of stem annual ring was not formed, intensive crown condition and stem increment recovery started. The results of this study have clearly indicated that actually there is no threshold for defoliation or stem radial increment and there only exists the higher or lower recovery probability of severely damaged trees.

Key words: recovery, crown defoliation, stem radial increment, needle devouring pests, air pollution.

Резюме

Аугустайтис А. Юкнис Р., Витас А. Закономерности восстановления состояния деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в период окончания воздействия хвоегрызущих энтофитовредителей и интенсивного загрязнения воздуха. – Miškininkystė, 2005, Nr. 2 (58), 5–18.

Причиной серьезных изменений состояния крон деревьев и радиального прироста стволов, может стать как высокий уровень загрязнения воздуха, так и в результате неблагоприятных метеорологических условий возникшие

повреждения хвоегрызущих насекомых. Однако в представленной работе изучалось – имеет ли характер повреждения деревьев влияние на восстановление таких поврежденных деревьев в период окончания их негативного воздействия. Исследования проводились в поврежденных хвоегрызущими энтофиторами сосняках произрастающих в Национальном парке Дзукья, в которых с использованием биологического инсектицида Foray-48B началось интенсивное восстановление состояния крон и прироста стволов. Для выявления закономерностей восстановления поврежденных сосняков, полученные данные были сравнены с данными – в сосняках произрастающих в зоне действия АО “Асхета” в период существенного уменьшения уровня загрязнения. Установлено, что независимо от характера повреждения древостоев, интенсивность восстановления состояния крон и радиального прироста стволов зависит от уровня повреждения древостоев. Чем исследованные древостои были повреждены сильнее, тем интенсивнее происходило их восстановление. В период восстановления, даже когда дефолиация крон превышала 90%, а в нижней части ствола несформировался годовой прирост, с окончанием негативного воздействия исследованных факторов, начиналось интенсивное восстановление состояния деревьев. Это подтверждает, что фактический несуществует летального уровня дефолиации и прироста ствола при достижении которого дерево неизбежно погибает, а можно говорить только об уровне вероятности восстановления таких поврежденных деревьев.

Ключевые слова: восстановление, дефолиация крон, радиальный прирост ствола, хвоегрызущие энтофиторы, загрязнение воздуха.

Išvadas

Tiriant medžių lajų būklę bei stiebo radialųjį prieaugį sąlygojančius aplinkos veiksnius, vis dažniau apsisistojama ties kompleksiško poveikio hipoteze, kuri grindžiama teiginiais, kad miškų būklę sąlygoja ne vienas, bet kompleksas veiksnių, kurie gali sustiprinti vienas kito poveikį (Schulze, 1989; Manion, Lachance, 1992; De Vries et al., 2000a; De Vries et al., 2000b; Klap et al., 2000). Dažniausiai tokių veiksnių tarpe minimas lokalus oro užterštumas (Wentzel, 1985; Fuhrer, 1985; Landman, Boneau, 1995; McLaughlin, Downing, 1996), žemos temperatūros bei drėgmės trūkumas (Kramer, 1983; Kozlovski et al., 1991; Auclair et al., 1992; Chappelka, Freer-Smith, 1995) bei jų sąlygojami vabzdžių pažeidimai (Speigēt, Wainhouse, 1989; Houston, 1992).

Konkurencija yra vienas iš pagrindinių biotinių veiksnių turinčių ilgalaikę neigiamą įtaką medžio augimo intensyvumui (Peet, Christensen, 1987; Biging, Dobbertin, 1992) bei sustiprinanti poveikį kitų aplinkos veiksnių, tokių kaip užterštumas ar santykinės drėgmės bei maistinių medžiagų trūkumas (Bigler, Bugmann, 2003). Šių veiksnių paveiktų medžių atsikūrimo galimybės yra žymiai mažesnės negu veiksnių, kurių poveikis turi aiškia pradžią ir pabaigą. Todėl tirdami pažeistų medynų būklės ir prieaugio atsikūrimo ypatumus orientavomės į užterštumo ir spyglius graužiančių vabzdžių pakenktų medynų tolimesnį vystymąsi, pasibaigus šių veiksnių neigiamam poveikiui. Būtent šių dviejų veiksnių poveikio rezultate (vabzdžiai spyglius tiesiogiai nugraūžia, o oro užterštumas tiesioginiu būdu spyglius nudegina ir netiesioginiu būdu per dirvožemį sukelia morfologinius pakitimus) medis netenka dalies savo lapijos. Kadangi šie medžių lajų defoliatoriai skiriasi ir savo prigimtimi, ir poveikio būdu, pamėginome palyginti medžio būklės atsikūrimo ypatumus pasibaigus šių veiksnių nepalankaus poveikio laikotarpiui bei atskleisti bendrus dėsningumus bei skirtumus.

Darbo tikslas: išanalizuoti medžių lajų būklės bei stiebo radialaus prieaugio atsikūrimo ypatumus buvusiuose spyglius graužiančių vabzdžių išplitimo židiniuose bei palyginus juos su nustatytais ypatumais iš esmės sumažėjusio užterštumo teritorijoje, nustatyti bendrus dėsningumus ir skirtumus.

Tiksliui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

- nustatyti medžių lajų būklės atsikūrimo ypatumus pasibaigus vabzdžių poveikiui;
- nustatyti medžių stiebų radialaus prieaugio formavimosi ypatumus pasibaigus vabzdžių poveikiui;
- palyginti tarpusavyje medžių lajų būklės atsikūrimo bei stiebų radialaus prieaugio formavimosi ypatumus teršiamose ir lapus graužiančių vabzdžių išplitimo teritorijose;
- nustatyti atsikūrimo bendrus dėsningumus ir skirtumus.

Darbo objektas, metodai ir apimtis

Pietrytinėje Lietuvos dalyje – Dzūkijos NP susiformavęs spyglius graužiančių entokenkėjų židiny tapo tinkamu objektu medžių būklei, jų gyvybingumo bei atsikūrimo ypatumams tirti. Medynų būklės ir produktyvumo tyrimai šiame parke pradėti dar 1991 m., tačiau spyglius graužiančių vabzdžių pažeistų pušų lajų būklės ir stiebo prieaugio atsikūrimo ypatumai tirti tik 1995–1999 m. laikotarpiu, kai prieš spyglius graužiančius entokenkėjus buvo pradėtas naudoti biologinis insekticidas Foray-48B. Tyrimams buvo atrinkti 8 pusamžiai ir bręstantys pušynai, augantys šiame parke paplitusiuose *Pinetum cladoniosum* ir *Pinetum vacciniosum* miško tipuose. Tirtų medynų pagrindinės taksacinės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje. Tirti medynai suskirstyti į 3 pagrindines grupes, pagal jų pažeidimo laipsnį 1995 m. Pirmą grupę sudarė silpnai pažeisti pušynai, kurių vidutinė defoliacija padidėjo nuo 21,1% iki 36,0%, antrą vidutiniškai – nuo 23,9% iki 43,4%, trečią stipriai pažeisti pušynai – nuo 25,9% iki 64,7%.

1 lentelė. Dzūkijos NP tirtų medynų pagrindiniai taksaciniai parametrai

Table 1. Main parameters of Scots pine stands under investigation in Dzūkija NP

Pastovių tyrimų medynas <i>Permanent observation stand</i>	Medyno taksaciniai parametrai <i>Stand dendrometric parameters</i>						Vidutinė defoliacija <i>Mean defoliation</i>		
	Amžius	Skersmuo	Aukštis	Skerspločio suma	Tūris	Medžių tankumas	1991	1995	1999
	<i>Age</i>	<i>Diameter</i>	<i>Height</i>	<i>Basal area</i>	<i>Volume</i>	<i>Tree density</i>			
	m. year	cm	m	m ² /ha	m ³ /ha	vnt./ha unit/ha	%	%	%
Silpnai pažeisti medynai – <i>Slightly damaged stands</i>									
1–02	70	29,9	20,9	31,0	307,8	442	20,8±0,9	35,8±1,3	25,8±1,3
2–07	60	27,5	18,2	23,2	209,4	392	21,1±1,2	37,8±1,1	23,2±1,0
3–15	80	30,4	21,0	30,4	312,9	418	21,6±1,3	34,2±1,3	27,4±1,7
Vidutiniškai pažeisti medynai – <i>Moderately damaged stands</i>									
4–01	60	23,0	18,5	23,2	211,9	560	25,9±1,5	43,8±1,4	29,4±1,6
5–08	70	29,8	20,5	24,8	245,7	355	21,2±1,2	42,5±1,2	24,4±1,1
6–14	70	26,7	19,4	25,8	255,6	461	23,6±1,1	44,0±1,0	25,9±1,1
Stipriai pažeisti medynai – <i>Severely damaged stands</i>									
7–03	50	17,3	17,4	27,2	246,4	1156	23,0±1,1	67,6±1,2	34,9±1,7
7–05	70	26,1	17,3	22,2	200,8	413	28,8±1,7	62,8±1,4	31,7±1,9

Medžių lajų būklės bei stiebo radialaus prieaugio atsikūrimo bendriems dėsningumams ir skirtumams nustatyti, pasibaigus spyglius graužiančių vabzdžių ir lokalus oro užterštumo poveikiui, panaudoti anksčiau skelbti mūsų rezultatai gauti Jonavos AB „Achema“ poveikio zonoje, skirtingu atstumu nuo gamyklos augančiuose 8 skirtingos būklės *Pinetum vacciniosum* ir *Pinetum vacciniosum-myrtilosum* miško tipų bręstančiuose pušynuose (Augustaitis et al., 2003; Juknys et al., 2003).

Medynams tirti panaudotas metodas, kurio esmė – matuoti bei vertinti tam tikrą generalinės aibės dalį – atrankinę imtį (Juknys ir kt., 1981). Naudojama trijų pakopų atsitiktinė atrankos schema: pirmoji pakopa – tyrimo medynų atranka įvairiame atstume nuo gamyklos (tik lokalaus užterštumo teritorijoje), antroji pakopa – skritulinių apskaitos plotelių atranka tiriamuose medynuose ir trečioji pakopa – tiriamų medžių atranka apskaitos ploteliuose. Tyrimo plotelių dydis bei atstumai tarp jų medyne priklauso nuo medyno ploto ir medžių amžiaus. Apskaitos medžiams išmatuojamas kamieno skersmuo 1,3 m aukštyje bei įvertinama lajos defoliacija. 3 artimiausiai centrui augantiems medžiams išmatuojamas aukštis, aukščio kreivei bei medyno tūriui nustatyti bei amžiaus grąžto pagalba imami gręžiniai, stiebo radialiniam prieaugiui išmatuoti. Vieno tiriamo medyno apie 150–200 medžių imtis ne tik užtikrina patikimą medyno vidutinės defoliacijos (iki 5% tikslumu), bet ir tam tikrą būklės medžių pasiskirstymo pagal skersmenį nustatymą. Tai įgalina vertinti medžio santykinio skersmens įtaką pažeidimo intensyvumui, medžio mirtingumui bei atsikūrimo ypatumams.

Medžių lajų defoliacijos laipsnis įvertintas pagal Tarptautinės miškų monitoringo programos metodikos reikalavimus (UN-ECE, 1994). Išskirtos 4 medžių lajų būklės klasės: 0 klasė – sąlyginai sveiki medžiai, lajų defoliacija 0–10%; 1 – silpnai pažeisti medžiai, lajų defoliacija 15–25%; 2 – vidutiniškai pažeisti, 30–60%; 3 – stipriai pažeisti, 65–99% ir 4 klasė – žuvę medžiai, lajų defoliacija 100%. Modeliuojant medžių lajų būklės ir stiebų radialaus prieaugio atsikūrimo greitį priklausomai nuo medžio santykinio skersmens ir lajos būklės klasės, pastaroji buvo padidinta vienetu, dėl sąlyginai sveikų medžių klasės nulinės vertės.

Klimatinių veiksnių poveikiui medžių radialiajam prieaugiui tirti panaudotos Dzūkijos NP ir Jonavos AB „Achema“ poveikio zonos medžių radialiojo prieaugio sekos, laikotarpiu iki pažeidimo, t.y. kai šie medžiai dar nebuvo pažeisti spyglius graužiančių vabzdžių (1991 m. Dzūkijos NP) bei užterštumo (1965 m. AB „Achema“) ir pažeidimo metu. Kadangi pušų spyglių amžius viršijo 2 metus visuose tyrimo objektuose, buvo nustatyta praėjusių ir einamųjų metų meteorologinių veiksnių poveikis prieaugiui. Tokiu būdu buvo išaiškinta ar skirtingų veiksnių pažeistuose pušynuose keičiasi klimatinių veiksnių poveikis radialiajam stiebų prieaugiui.

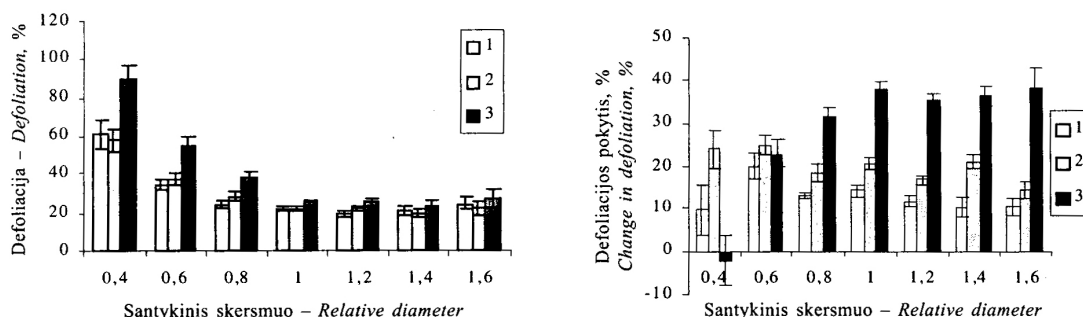
Darbo rezultatai

Medžių lajų būklės atsikūrimas pasibaigus nepalankių veiksnių poveikiui

Dzūkijos NP paprastųjų pušinių pjūklelių (*Diprion pini* L.) ir verpikų vienuolių (*Ocneria monacha* L.) invazija, kuri prasidėjo 1993 m., turėjo lemiamą įtaką pušynų būklės dinamikai. Per šį laikotarpį 8 tirtų pušynų vidutinė defoliacija padidėjo nuo 23,2 iki 46,0%. 1996 m. pradėjus šiuos spyglius graužiančius kenkėjus naikinti biologiniu insekticidu Foray-48B, pušynų būklė ne tik stabilizavosi, bet ir kiekvienais metais akivaizdžiai gerėjo. 1999 m. pušynų vidutinė defoliacija buvo sumažėjusi iki 27,8%.

Įvairaus stambumo medžių, augančių skirtingai pažeistuose pušynuose, atsikūrusi būklė 1999 m. pateikta 1 pav. Iš pateiktų duomenų matyti, kad blogiausios būklės išliko 1995 m. stipriai pažeisti pušynai. Šiuose medynuose medžių būklės

atsikūrimo tempai statistikai reikšmingai priklausė nuo medžių parametrų. Medžių parametrams didėjant, jų lajų būklės atsikūrimo tempai didėjo. Tuo tarpu mažiau pažeistuose pušynuose medžių lajų atsikūrimo intensyvumo priklausomybė nuo medžių parametrų nebuvo tokia reikšminga.

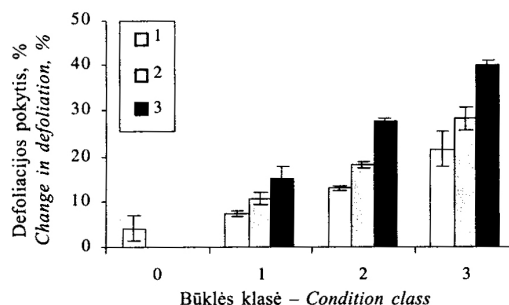


1 pav. Skirtingo skersmens medžių defoliacija (1999 m.) ir jos sumažėjimo intensyvumas per 4 m. laikotarpį

Fig. 1. Defoliation of trees with different diameter (1999) and intensity of its decrease over 4 year period

(Pažeisti medynai: 1 – silpnai; 2 – vidutiniškai; 3 – stipriai. Damaged stands: 1 – slightly; 2 – moderately; 3 – severely)

Tiriant įvairios būklės medžių lajų atsikūrimą, nustatyta (2 pav.), kad labiausiai pagerėjo stipriai pažeistų medžių būklė visuose tirtose medynų grupėse. Stipriai spyglius graužiančių entokenkėjų pažeistuose medynuose tokių medžių vidutinė defoliacija sumažėjo daugiau negu 40%, o vidutiniškai ir silpnai pažeistuose medynuose, defoliacijos sumažėjimas nebuvo toks intensyvus ir siekė 28 ir 21% atitinkamai.



2 pav. Skirtingos būklės pušų lajų defoliacijos sumažėjimas tirtuose medynuose per 4 m. atsikūrimo laikotarpį

Fig. 2. Defoliation changes in different tree condition classes in damaged Pine stands over 4 year period of recovery

(Būklės klasė: 0 – sveiki; 1 – silpnai pažeisti; 2 – vidutiniškai; 3 – stipriai pažeisti. Condition classes: 0 – not damaged; 1 – slightly; 2 – moderately; 3 – severely damaged)

Vidutiniškai ir silpnai pažeistų pušų lajų atsikūrimo intensyvumas buvo mažesnis, tačiau tiesiogiai proporcingas buvusiam bendram medyno pažeidimo laipsniui: kuo medynas buvo stipriau pažeistas, tuo jo būklės atsikūrimo intensyvumas buvo didesnis.

Atskirų medžių defoliacijos pokyčiai jos mažėjimo (1996–1999) periodu išanalizuoti nustatant skirtingu laipsniu pakenktų medžių perėjimo iš vienos defoliacijos klasės į kitą tikimybes. Tokio medžių perėjimo tikimybių įverčiai apskaičiuoti pagal formulę:

$$P_{ij} = \frac{\exp(3,388 + 2,992 \times i \times j - 0,997 \times i \times i - 2,06 \times j \times j)}{\sum_{j=1}^4 [\exp(3,388 + 2,992 \times i \times j - 0,997 \times i \times i - 2,06 \times j \times j)]}; \quad r^2=0,697 \quad (1)$$

čia: i – buvusi medžio būklės klasė pažeidimo laikotarpiu (1996 m.) + 1;

j – esama medžio būklės klasė atsikūrimo laikotarpiu (1999 m.) + 1.

Kaip matyti iš 2 lentelėje pateiktų duomenų, stipriai pakenktų medžių būklės klasėje (3) po 4 m. laikotarpio 1999 m. liko tik 6,8% stipriai pažeistų medžių (3 klasė), 2-oje klasėje – 20,1% vidutiniškai (2 klasė) ir 1-oje klasėje 44,9% silpnai pažeistų medžių (1 klasė). Šiuo periodu stabiliausi išliko keli pirmos klasės, sveiki medžiai.

2 lentelė. Medžių perėjimo iš vienos defoliacijos klasės į kitą tikimybės (%), gerėjant bendrai medynų būklei 1996–1999 m. laikotarpiu

Table 2. Probability (%) of tree transition from one defoliation class to others over recovery period (1996–1999)

Pradinė defoliacijos klasė, (i) <i>Initial defoliation class, (i)</i>	Galutinė defoliacijos klasė, (j) – Final defoliation class, (j)			
	0	1	2	3
0	96,0	4,0	0,0	0,0
1	54,5	44,9	0,6	0,0
2	4,6	75,3	20,1	0,1
3	0,0	14,8	78,4	6,8

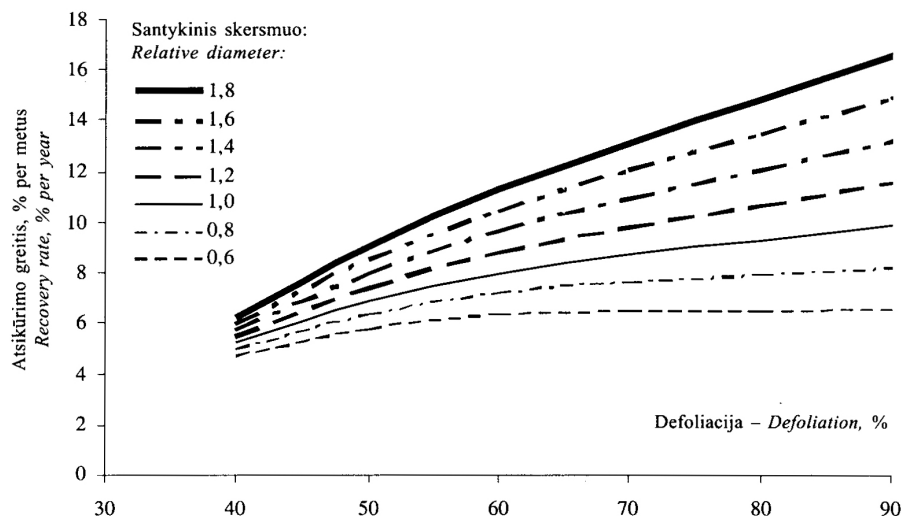
Tolimesnėje tyrimų eigoje pabandėme detaliau paanalizuoti nuo kokių parametrų labiausiai priklauso medžių lajų atsikūrimo greitis, pasibaigus spyglius graužiančių kenkėjų pažeidimams. Tyrimams panaudoti visų medynų tirti medžiai, kurie buvo suskirstyti pagal medžių lajų defoliacijos laipsnį intensyvaus pažeidimo laikotarpiu bei jų santykinį skersmenį. Remiantis šios analizės duomenimis buvo sudarytas medžių lajų atsikūrimo greičio priklausomybės nuo medžių parametrų daugiamatis netiesinis regresinis modelis:

$$R = -1,31 + 0,19 \times F - 4,38 \times Ds + 0,14 \times Ds \times F - 0,18 \times \frac{F}{1 + 16 \times \exp(-0,05 \times F)}; \quad (2)$$

kai: $F(4,943)=207,21$; $r^2=0,467$ prie $p<0,000$; standartinė paklaida $\pm 2,913$.

čia: R – lajos atsikūrimo greitis (% per metus); F – lajos defoliacija 1995 m. (%); Ds – stiebo santykinis skersmuo.

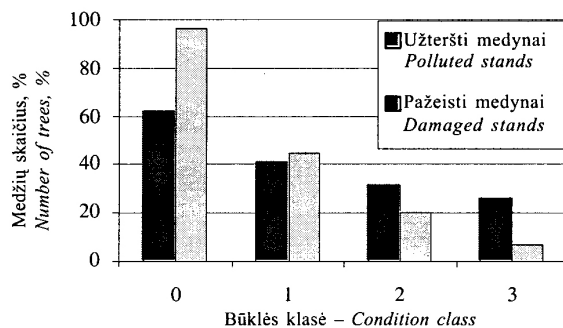
Iš pateiktų 3 pav. duomenų matyti, kad stambesnių medžių atsikūrimo tempai buvo didesni negu smulkių, stelbiamų medžių, o kuo medžio būklė buvo blogesnė, tuo šis skirtumas buvo didesnis.



3 pav. Skirtingų medžių lajų atsikūrimo greitis priklausomai nuo medžio pažeidimo laipsnio
Fig. 3. Dependence of annual recovery rate on crown defoliation and stem diameter

Medžių lajų būklės pasibaigus entokenkėjų įtakai bei sumažėjus aplinkos užterštumui palyginamosios analizės metu nustatyta, kad sumažėjus oro užterštumui, pakenktų medynų būklė kurį laiką dar blogėjo, kai tuo tarpu vabzdžių išplitimo židiniuose, panaudojus biologinius insekticidus ir sunaikinus vabzdžių populiaciją, medžių būklė pradėjo atsikurti jau sekančiais metais.

Lokalio užterštumo pušynuose atsikūrimo laikotarpiu (ženkliai sumažėjus taršai) nepakitusios būklės vidutiniškai ir stipriai pažeistų medžių liko 32 ir 26% atitinkamai (Juknys et al., 2003), t.y. 12 ir 19% daugiau negu buvusiuose entokenkėjų židiniuose (4 pav.).



4 pav. Nepakitusios būklės medžių skaičius skirtingose būklės klasėse kenkėjų ir užterštumo pažeistuose pušynuose atsikūrimo laikotarpiu

Fig. 4. Number of not changed condition trees from different condition classes in Pine stands damaged by pests and pollution over the periods of their recovery

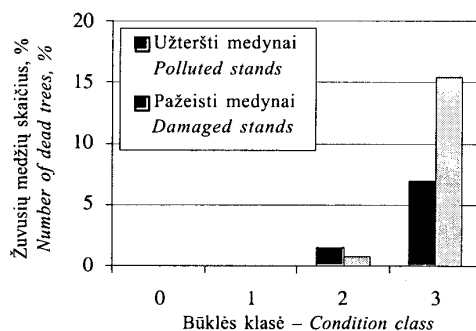
Palyginus skirtingos būklės bei išsivystymo rango medžių būklės atsikūrimo tempus nustatyta, kad buvusiuose spyglius graužiančių vabzdžių židiniuose vidutiniškai ir stipriai pažeisti medžiai atsikūrė intensyviau nei užterštose teritorijose. Jei sumažėjusio užterštumo teritorijose vidutiniškai pažeistų medžių (defoliacija 40%) lajos defoliacija priklausomai nuo medžio parametrų mažėjo nuo 0,75 (smulkiausių) iki 1,05% (stambiausių) per metus (Juknys et al., 2003), tai buvusiuose spyglius graužiančių vabzdžių židiniuose – nuo 4 iki 6% per metus. Stipriai pažeistų medžių (defoliacija 70%) lajos defoliacija mažėjo nuo 1,35 (smulkiausių) iki 1,8% per metus (stambiausių) sumažėjusio užterštumo teritorijose, o buvusiuose spyglius graužiančių vabzdžių židiniuose – jau nuo 6 iki 13,5% per metus.

Tokių būdų nustatyta, kad spyglius graužiančių vabzdžių buvusiuose židiniuose medžių lajų būklė atsikūrė nuo 3 iki 9 kartų intensyviau negu teritorijose, kuriose stebimas ženklus užterštumo sumažėjimas. Tai galima paaiškinti taršos komponentų liekamuoju poveikiu dėl jų susikaupimo dirvožemyje, gruntiniame vandenyje bei augaluose, o taip pat ir pačiu užterštumo mažėjimo intensyvumu, kuris be abejonės negali vykti taip intensyviai, kaip entokenkėjų poveikio sumažėjimas, panaudojus prieš juos visas šiuolaikines kovos priemones.

Medžių žūtis ir lajų ribinė defoliacija

Aplinkos veiksniai sąlygojantys medžio žūtį dažnai skirstomi į augimą nesąlygojančius veiksnius, tokius kaip gaisrai, vėjalaūžos, vėjavartos ar snieglaūžos bei didelės ir intensyvios epidemijos, ir į augimą sąlygojančius veiksnius, tokius kaip senėjimas, konkurencija, klimatiniai veiksniai bei silpnos ir lėtinės ligos (Pedersen, 1998b). Intensyvus aplinkos užterštumas, kaip ir spyglius graužiančių vabzdžių pažeidimai nepriskirtini prie medžių augimą sąlygojančių išorinių aplinkos veiksnių, kadangi turi savo pradžią ir pabaigą. Suprantama, kad šie veiksniai sąlygoja medžių būklę ir prieaugį jų poveikio laikotarpyje, tačiau jam pasibaigus medžių lajų būklė ir augimas gali atsikurti nepriklausomai nuo pažeidimo intensyvumo. Nuo šių veiksnių pobūdžio būtent ir priklauso ne tik medžių žūties tikimybė, bet ir jau pažeistų medžių atsikūrimo galimybės bei intensyvumas.

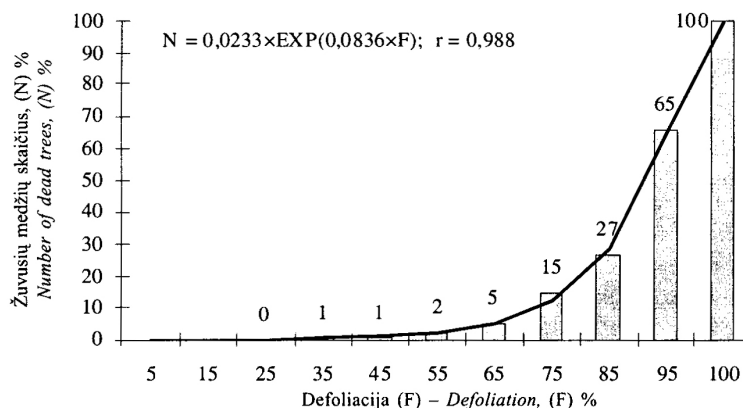
Medžių džiūvimo intensyvumas – vienas pagrindinių medyno būklės rodiklių. Žuvusių medžių skaičiaus analizė parodė (5 pav.), kad entokenkėjų buvusiuose židiniuose, atsikūrimo laikotarpiu, stipriai pažeistų medžių grupėje žuvusių medžių skaičius beveik 2 kartus viršijo žuvusių medžių skaičių teršiamuose medynuose (Juknys et al., 2003).



5 pav. Žuvusių medžių skaičius skirtingai pažeistuose pušynuose atsikūrimo laikotarpiu

Fig. 5. Number of dead trees in Pine stands with different degree of damage over the period of recovery

Medžių lapų defoliacija – vienas iš rodiklių indikuojantis tolimesnę medžio būklę. Jai didėjant, medžių iškritimo intensyvumas didėja eksponentiškai (Juknys, Vencloviėnė, 2000; Dobertin, Brang, 2001). Tačiau ribinės defoliacijos paėškos rezultatai rodo (6 pav.), kad pasibaigus lapus graužiančių entokenkėjų invazijai per 4 m. laikotarpį tik apie 12% stipriai pažeistų medžių, kurių lapų defoliacija viršijo 60% žuvo. Jų tarpe apie 25% medžių žuvo, kurių lapų vidutinė defoliacija siekdavo 85–90% ir apie 65%, kurių defoliacija viršydavo 95%, t.y. kito nuo 95 iki 99%. Pastarosios būklės išlikusių medžių defoliacija per 4 m. laikotarpį sumažėjo nuo 95% iki 56%. Ribinė defoliacija, kurią pasiekus visi medžiai žuvo šiuose tirtuose medynuose teoriškai buvo apie 98%. Tačiau reikia pažymėti, kad pušinis pjūklelis ir neporinis verpikas medžių spyglius nugraužia vegetacinio sezono viduryje. Jei pažeidimai prasideda tik vegetacinio sezono pabaigoje ir jie nesikartoja keletą metų – ribinės defoliacijos, kurią peržengus medis neišvengiamai žūtų praktiškai nėra. Kadangi vienkartiniai pažeidimai net iki 100% lapijos nesukelia medžiui neišvengiamos žūties.



6 pav. Per 4 m. laikotarpį žuvusių medžių skaičiaus priklausomybė nuo jų defoliacijos

Fig. 6. Relationship between number of dead trees and their defoliation over 4 year period

Tyrimai teritorijose, pasižyminčiose esminiu oro užterštumo sumažėjimu parodė, kad kai lajos defoliacija yra 90%, sumažėjus aplinkos taršai, daugiau nei ketvirtadalis medžių atsigauna ir prasideda intensyvus jų lapų atsikūrimas (Juknys et al., 2003).

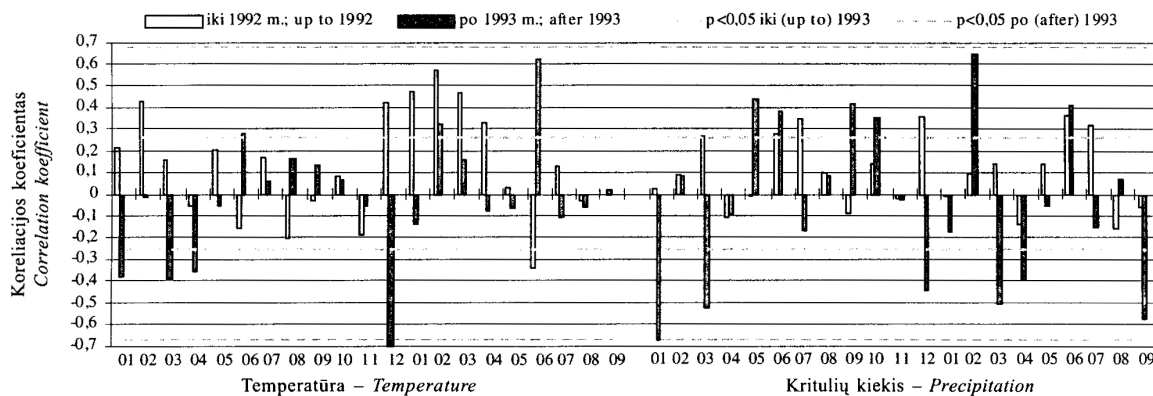
Tokiu būdu palyginus stipriai pažeistų medžių atsikūrimo tikimybes Jonavos ir Dzūkijos NP pušynuose pasibaigus nepalankiam laikotarpiui, nustatyta, kad didesnėmis tikimybėmis pasižymėjo spyglius graužiančių vabzdžių stipriai pažeisti medžiai.

Medžių radialaus prieaugio formavimosi dėsningumai

Vienas iš pagrindinių medžių stiebų radialiojo prieaugio sąlygojančių veiksnių yra klimatinės sąlygos. Radialinį prieaugį teigiamai veikia žiemos ir ankstyvos vasaros mėnesių kritulių kiekis bei neigiamai praėjusių ir einamųjų metų vasaros mėnesių temperatūros (Mäkinen et al., 2001; Tardif et al., 2001). Tačiau daugelis autorių pažymi, kad įvairiuose geografiniuose regionuose klimatinės veiksnių poveikis medžių radialiajam prieaugiui pakankamai skirtingas. Šiaurės Europos dalyje (Subarktiniam regione) augimo variaciją reikšmingiausiai apibūdina vasaros mėnesių temperatūros (Savva et al., 2001), ypač liepos mėnesio (Nöjd and Reams, 1996), o Centrinėje Europoje – priešingai, vasaros mėnesių kritulių kiekiai (Eckstein, 1989; Vaganov, 1989; Spieker et al., 1991; Kahle, 1994). Lietuvoje daugelis tyrinėtojų, vertindami klimatinės veiksnių (mėnesio vidutinės temperatūros ir kritulių kiekio) poveikį medžių prieaugiui, nustatė, kad oro temperatūra lemiamą įtaką turi vegetacinio periodo pradžioje, o krituliai – pabaigoje (Антанайтис, Зарпеев, 1984). Detalesni tyrimai parodė, kad radialųjį prieaugį mūsų platumoje sąlygoja praėjusių metų rudens (rugsėjo, spalio mėn.) ir einamųjų metų žiemos (vasario mėn.), ankstyvo pavasario (kovo, balandžio mėn.) ir vėlyvos vasaros (rugpjūčio mėn.) mėnesių temperatūros. Kritulių įtaka prieaugiui žymiai mažesnė negu temperatūrų (Juknys, Jančys, 1998; Augustaitis, 2000).

Nustatyta, kad meteorologiniai veiksniai gali skirtingai sąlygoti sveikų ir pažeistų medžių prieaugį (Mäkinen et al., 2001). Lapus graužiančių vabzdžių pažeistuose pušynuose vidutinių mėnesio temperatūrų ir kritulių kiekio poveikis medžių radialiajam prieaugiui iš esmės pasikeičia (7 pav.). Susilpnėja einamųjų metų ankstyvo pavasario mėnesių, o sustiprėja teigiamas gegužės bei neigiamas gruodžio, sausio bei kovo, balandžio mėnesių temperatūrų poveikis, kuris deja nėra labai stiprus bei statistiškai patikimas.

Kritulių kiekio įtaka šiuose pažeistuose medynuose tampa neigiama, ypač žiemos (gruodžio, sausio) ir pavasario (kovo, balandžio) mėnesiais. Iš esmės padidėja tik teigiama vasario mėnesio kritulių įtaka prieaugiui, kuri yra reikšminga ir teršiamose teritorijose augančioms pušims.

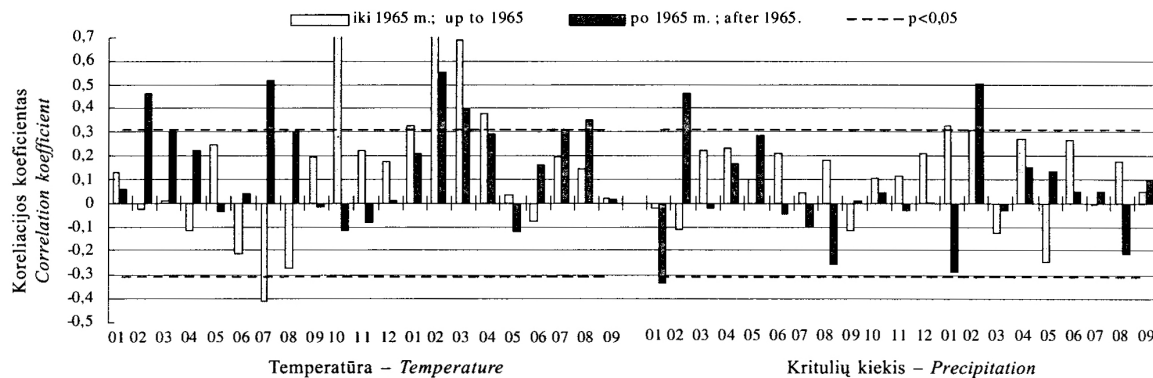


7 pav. Klimatinių veiksnių koreliacija su medžio radialiuoju prieaugiu Dzūkijos NP iki ir po (1992) entokenkėjų pažeidimo

Fig. 7. Impact of the climatic factors on the radial increment of trees up to and after (1992) the damage of foliage by pest

Palyginus gautus rezultatus su mūsų tyrimo rezultatais gautais pušynuose iš esmės sumažėjus oro užterštumui (8 pav.), nustatyta, kad skirtingai nei teršiamuose pušynuose, vabzdžių pažeistų pušų radialųjį prieaugį iš esmės neigiamai sąlygojo žiemos mėnesių (gruodis, sausis) bei teigiamai birželio mėnesio vidutinės temperatūros, kai tuo tarpu teršiamuose pušynuose skirtingai negu vabzdžių pažeistuose medynuose – liepos, rugpjūčio mėnesių aukštesnės temperatūros sąlygojo didesnį medžių prieaugį. Ši reiškinį būtų galima aiškinti užsitęsusių vegetacijos periodu eutrofikuotoje aplinkoje.

Kaip jau buvo nustatyta mūsų ankstesniuose tyrimuose, kritulių įtaka prieaugiui žymiai mažesnė negu temperatūrų, tačiau pažeistuose medynuose jų poveikis išauga, nepriklausomai nuo pažeidimo pobūdžio.



8 pav. Klimatinių veiksnių koreliacija su medžio radialiuoju prieaugiu AB „Achema“ poveikio teritorijoje iki ir po (1965) gamybos pradžios

Fig. 8. Impact of the climatic factors on the radial increment of trees up to and after (1965) the start of production of JC „Achema“

Pažeistų medžių stiebų radialiojo prieaugio atsikūrimas

Dzūkijos NP spyglius graužiančių vabzdžių židiniuose, medžių prieaugio didėjimas pastebėtas tik po biologinio insekticido panaudojimo, prasidėjus medžių lajų būklės atsikūrimui. Per paskutiniuosius 4 metus metinis viršaujančių medžių prieaugis (Ds 1,4–1,6) padidėjo intensyviausiai ir pasiekė 1992 m. lygį. Vyraujančių ir atsilikusio augimo (Ds 0,8 – 1,3) medžių prieaugio atsikūrimas buvo kiek silpnesnis ir sudarė apie 95% 1992 m. prieaugio. Užsteltų medžių prieaugio atsikūrimas silpniausias. Paskutiniaisiais 1999 metais šių medžių prieaugis sudarė tik apie 50–60% 1992 m. prieaugio.

Skirtingai pažeistų medžių radialiojo prieaugio atsikūrimo analizė parodė, kad intensyviausiai atsikūrė stipriai pažeistų (lajos defoliacija 65–99%) medžių prieaugis, kiek mažiau vidutiniškai pažeistų (lajos defoliacija 26–60%) bei mažiausiai atsikūrė silpnai pažeistų medžių prieaugis. Įvertinus kompleksinę šių rodiklių įtaką prieaugio atsikūrimui, buvo sudarytas daugialypis prieaugio atsikūrimo modelis, kurio pavidalas toks:

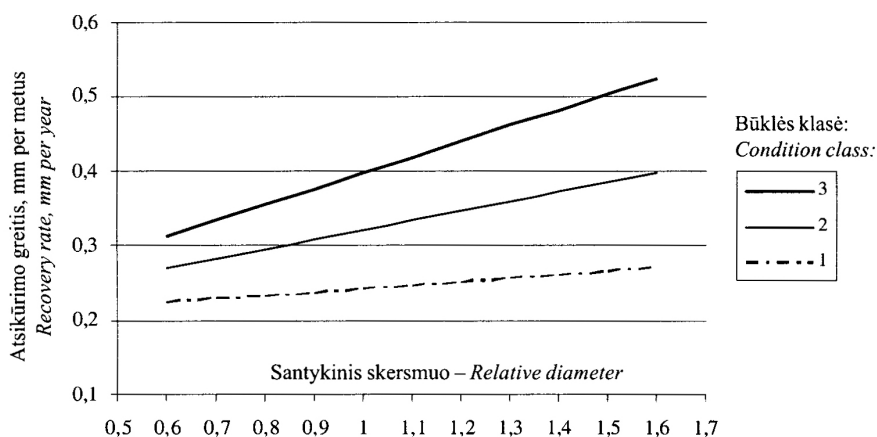
$$R = 0,204 - 0,128 \times Ds - 0,005 \times Kl + 0,1066 \times Ds \times Kl - 0,303 \times \frac{Kl \times Ds}{1 + 16 \times \exp(-0,05 \times Kl)}; \quad (3)$$

kai $F(4,83)=8,6196$; $r^2=0,259$ prie $p<0,0001$; standartinė paklaida $\pm 0,108$

čia: Kl – būklės klasė + 1: 4 – stipriai pažeisti medžiai ($F=76\%$), 3 – vidutiniškai ($F=44\%$),

2 – silpnai pažeisti ($F=21\%$) medžiai; Ds – santykinis skersmuo.

Iš 9 pav. pateiktų duomenų matyti, kad spyglius graužiančių vabzdžių pažeistų pušų radialaus prieaugio atsikūrimo intensyvumas (analogiškai medžių lajų būklei) tiesiogiai priklauso nuo medžio išsivystymo laipsnio ir pažeidimo intensyvumo. Pasibaigus entokenkėjų invazijai stipriai pažeistų stambiausių medžių radialiojo prieaugio atsikūrimo intensyvumas per 4 metų laikotarpį viršijo 0,5 mm per metus, kai tuo tarpu smulkiausių medžių 0,3 mm per metus. Vidutiniškai pažeistų medžių atsikūrimo intensyvumas didėjo nuo 0,27 iki 0,4 mm, o silpnai pažeistų nuo 0,22 iki 0,27 mm per metus, smulkiausių ir stambiausių medžių atitinkamai.



9 pav. Skirtingų medžių radialaus prieaugio atsikūrimo greitis

Fig. 9. Radial increment recovery rate of different trees

(Būklės klasė: 1 – silpnai pažeisti; 2 – vidutiniškai; 3 – stipriai pažeisti medžiai. Condition classes: 1 – slightly; 2 – moderately; 3 – severely damaged trees)

Medžių radialiojo prieaugio atsikūrimo analizės rezultatai rodo, kad nepriklausomai nuo medynų pažeidimo pobūdžio (ar dėl užterštumo, ar dėl entokenkėjų) radialinio prieaugio atsikūrimo intensyvumas priklausė nuo medyno pažeidimo laipsnio. Kuo tirtas pušynas buvo labiau pažeistas, tuo medžių radialusis prieaugis atsikūrė intensyviau.

Pagrindiniai skirtumai išryškėjo palyginus skirtingo išsivystymo laipsnio medžių prieaugio atsikūrimo tempus. Jei sumažėjus taršai intensyviausiai atsikūrė smulkiausių medžių prieaugis ir ypač arčiau gamyklos augančiuose pušyne (Augustaitis et al., 2003), tai pasibaigus spyglius graužiančių vabzdžių pažeidimams, intensyviausiai atsikūrė stambiausių, labiausiai entokenkėjų pažeistų medžių radialusis prieaugis.

Medžių lajų defoliacijos įtaka stiebo radialiajam prieaugiui

Vienas iš svarbiausių klausimų, su kuriais susiduriama tyrinėjant pakenktų medynų būklę ir augimą, yra lajų defoliacijos poveikis medžių radialiajam prieaugiui. Iš jau pateiktų rezultatų matyti, kad daugeliu atveju nustatyti dėsningumai ir skirtumai yra būdingi tiek medžių lajų, tiek ir stiebo radialaus prieaugio pokyčiams. Todėl baigiamajame šio darbo etape pamėginome paanalizuoti lajų defoliacijos ir medžių stiebo radialiojo prieaugio ryšį skirtingomis medžių pažeidimų sąlygomis.

Šiai dienai mokslininkų tarpe nėra vieningos nuomonės dėl medžių lajų defoliacijos įtakos medžio stiebo radialiajam prieaugiui. Vieni autoriai, tyrę šį klausimą (Kohler, Stratman, 1986), tarp lajų defoliacijos ir medžių prieaugio nerado jokio statistiškai patikimo ryšio. Kiti autoriai nurodo, kad akivaizdesnis medžių prieaugio mažėjimas prasideda tik tada, kai lajų defoliacija pasiekia 20–30% (Schweingruber, 1985; Krause et al., 1986; Braker, Gaggen, 1987; Anttonen et al., 2002) ar net 50% (Frantz et al., 1986) ribą. Treti – priešingai, pateikia duomenis, kad medžių prieaugis pradeda mažėti dar tada, kai jokių lajos pakenkimo simptomų dar nematyti (Бенк, 1987; Kramer, 1986).

Mūsų ankstesnių tyrimų rezultatai rodo, kad medžių radialiojo prieaugio ir lajos defoliacijos koreliacija nėra stipri (neigiamas koreliacijos koeficientas paprastai neviršija 0,3–0,5), bet dažniausiai statistiškai patikima ($p<0,05$) (Juknys, Jančys, 1998, Augustaitis, 2000). Dar 1987 m. AB „Achema“ poveikio teritorijoje augančiuose pušynuose šiai priklausomybei apibūdinti buvo naudojama logistinė Robertsono funkcija su dviem persilenkimo taškais (Агустайтис, 1992). Pagal šią

kreivę, medžių kamienų radialusius prieaugis intensyviausiai mažėjo lajos defoliacijai didėjant nuo 25–35% iki 65–70%. Iki šių reikšmių, kaip ir jas viršijus prieaugio sumažėjimas buvo netoks akivaizdus. Šie rezultatai gerai sutapo su jau paskelbtais rezultatais užsienyje (Schweingruber, 1985; Krause et al., 1986; Braker and Gaggen, 1987) bei vėliau buvo nekartą patvirtinti ir Lietuvoje (Ozolinčius, 1996; Juknys et al., 2003).

1999–2000 m. atliktų tyrimų rezultatai patvirtino tai, kad defoliacijos poveikis medžių prieaugiui labai priklauso nuo kiekybinių medžių parametrų. Smulkių, užsteltų medžių prieaugiui defoliacija daro kur kas mažesnę poveikį, nei stambių, dominuojančių medžių prieaugiui. Stambiausių medžių defoliacijai padidėjus nuo 5 iki 75%, jų radialusius prieaugis sumažėjo 3–5 kartus, o smulkių, užsteltų medžių prieaugis tame pačiame defoliacijos intervale sumažėjo apie 1,5–2 kartus (Juknys et al., 2003).

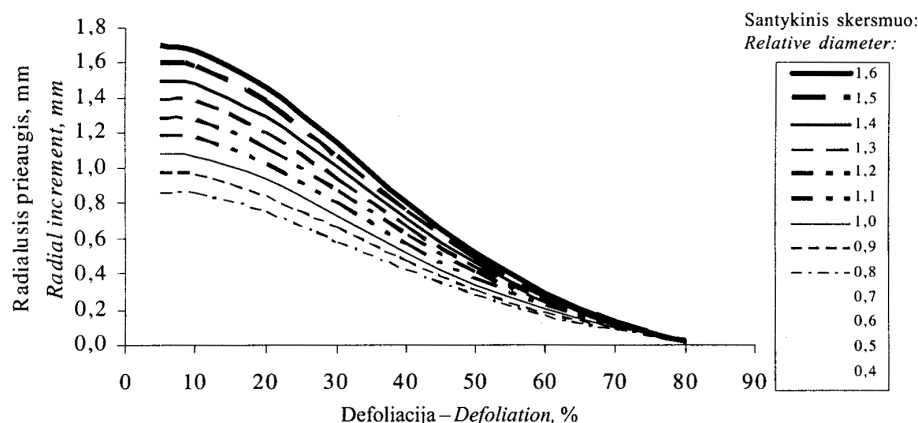
Remiantis spyglius graužiančių vabzdžių pažeistuose pušynuose atliktų tyrimų rezultatais, buvo sudarytas medžių radialiojo prieaugio priklausomybės nuo medžių lajos defoliacijos ir kamieno santykinio skersmens daugiatis netiesinis regresinis modelis:

$$Zr = -0,063 - 0,07 \times Ds \times Ds + 3,024 \times \frac{Ds}{1 + 1,6 \times \exp(0,05 \times F)} + 0,134 \times \frac{Ds \times F}{1 + 1,6 \times \exp(0,05 \times F)}; \quad (4)$$

kai: $F(3,643) = 353,45$; $r^2 = 0,591$ prie $p < 0,0000$; standartinė paklaida $\pm 0,349$

čia Zr – medžių metinis radialusis prieaugis, mm; Ds – medžių santykinis skersmuo.

Iš pateiktų 10 pav. rezultatų matyti, kad medžių radialusius prieaugis priklausomai nuo medžio defoliacijos laipsnio kinta analogiškai, kaip ir užterštoje aplinkoje. Šiai priklausomybei taip pat būdingi 2 persilenkimo taškai, tačiau jie prasideda truputį anksčiau nei teršiamojoje teritorijoje. Pirmasis – ties 15–20% riba, o antrasis – maždaug ties 60% riba. Lajos defoliacijai viršijus 80% ribą, metinė rievė apatinėje stiebo dalyje, kaip ir teršiamojoje teritorijoje, dažnai nesuformuojama, ir visų pirmiausiai stambiausių medžių. Šis teiginys Jonavos AB „Achema“ poveikio zonoje augančiuose pušynuose pirmą kartą buvo nustatytas dar 1987 m. (Аугустайтис, Барткавичюс, 1989), o spyglius graužiančių vabzdžių išplitimo židiniuose – 1997 m. (Augustaitis, 1998).



10 pav. Radialinio prieaugio priklausomybė nuo skirtingo skersmens medžių lajų defoliacijos

Fig. 10. Relationship between radial increment and crown defoliation in different tree thickness groups

Apibendrinus tyrimų rezultatus nustatyta, kad medžių pažeidimo pobūdis iš esmės nepakeičia radialaus prieaugio priklausomybės nuo defoliacijos laipsnio pobūdžio. Smulkių, užsteltų medžių prieaugiui defoliacija daro kur kas mažesnę poveikį, nei stambių, dominuojančių medžių prieaugiui ir užterštoje aplinkoje, ir entokenkėjų židiniuose.

Diskusijos

Praėjusio amžiaus devinto dešimtmečio pradžioje miškų būklės pokyčiai Centrinėje Europoje inicijavo „miškų žūtį“ (Waldsterben), kaip termino atsiradimą, apibūdinantį progresuojančią miškų žūtį, kuri, kaip buvo teigiama, Centrinėje Europoje vyko dėl padidėjusio oro užterštumo. Miškų žūtis terminas apibrėždamas miškų būklės pokyčio esmę, savyje įkūnijo ir šio termino supratimo problemą. Miškų būklė, kuri anksčiau buvo laikoma „normalia“ staiga tapo augančios baimės simboliu, sąlygojamo žmogaus poveikio aplinkai destruktivaus potencialo (Kandler, Innes, 1995). Šio termino autoriais laikomi vokiečių mokslininkai, kurie jį panaudojo įvertindami miškų būklę Vokietijoje (Ulrich, 1980; Schutt, 1980, 1982; Knabe, 1981). Miškai tuo laikotarpiu buvo intensyviai kertami, prisidengiant „miškų žūtį“ fenomenu bei teiginiais apie tokių pakenktų miškų neišvengiamą žūtį. Paskutiniu metu laikotarpiu vis dažniau pradedama abejoti šio termino tikslingumu, kadan-

gi pradėtą manyti, kad tuo laikotarpio tvirtinimai, kad miškai žūva ar yra stipriai pažeisti dideliuose Centrinės Europos plotuose yra klaidingi. Bandoma netgi teigti, kad beatodairiškas miškų kirtimas padarė daugiau žalos nei oro užterštumo poveikis (Kandler, Innes, 1995). Pripažįstama, kad lapijos pažeidimai dėl užterštumo kartu su medžių žuvimu ištikrųjų vyko, tačiau tik griežtai apribotose, specifinėse Čekijos ir Rytų Vokietijos Respublikų teritorijose, pasižyminčiose aukštomis SO_2 koncentracijomis bei dažniausiai lydint kitų aplinkos veiksnių, tokių kaip šaltis, sausra bei entokenkėjai (Smith, 1990; Muller-Edzards et al., 1997). Kaip viena iš priežasčių miškų žūties „isterijos“ pateikiamas ir labai subjektyvus medžių būklės vertinimas (Skelly, 1993; Skelly, Innes, 1994). Dėl šios priežasties, paskutiniu metu laikotarpiu atsakyta sąvokos „miškų žūtis“, kadangi ji mažai padeda sprendžiant aktualias miškų problemas, sukeldama papildomas emocijas bei veda prie klaidingo supratimo miške vykstančių procesų ir neadekvataus jų įvertinimo (Kandler, Innes, 1995).

Veiksniai sąlygojantys medžių žūtį nėra iki galo pilnumoje ištirti. Medžių žūtis – palaipsnis procesas, sąlygojamas daugelio aplinkos veiksnių (Waring, 1987). Medžių žūtis retai sukelia pavienių biotinių ar abiotinių priežasčių. Išskiriami trys tipai veiksnių sąlygojantys medžio gyvybingumo nuosmukį. Tai ilgalaikiai stresai, tokie kaip oro užterštumas, kurie padidina medžio jautrumą trumpalaikiams lydinčioms veiksnams, tokiems kaip klimato ekstremumai. Šie veiksniai sąlygoja medžio fiziologines funkcijas ir mažina jų gyvybingumą. Medynai pergyvena tokių klimatinių veiksnių poveikį, o pažeidimo intensyvumas priklauso nuo veiksnių dažnumo ir intensyvumo. Papildomai prisidedantys veiksniai, tokie kaip entokenkėjai ir ligos toliau mažina medžių gyvybingumą iki jo galimo žūties. Tik kelių tokių veiksnių kompleksiškas poveikis net per vienerius metus gali sąlygoti medžio žūtį. Tuo tarpu medžiai gali išgyventi daugelį metų veikiami tų pačių veiksnių, tik atskirai. Be to, veikiant keliems lydinčioms veiksnams, medžio žūtį gali sąlygoti veiksnys, normaliomis sąlygomis neturintis didesnės įtakos medžių gyvybingumui (Mäkinen et al., 2001).

Paskutiniu metu laikotarpiu greta tiesioginio ir netiesioginio užterštumo poveikio hipotezės vis dažniau pradėta minėti natūralių veiksnių poveikio hipotezės. Šiems veiksniams gali būti priskirti nepalankūs klimatiniai veiksniai (Auclair et al., 1992; Chappelka, Freer-Smith, 1995) bei jų poveikio rezultate atsiradusios grybinės ligos (Boneau, 1986; Kandler, 1992, 1994) ir vabzdžiai. Pastarieji daugiausiai žalos padaro dėl kokių nors priežasčių nusilpusiuose medynuose (Speigelt, Wainhouse, 1989). Nuo šių veiksnių pobūdžio ir trukmės būtent ir priklauso ne tik medžio žūtis, bet ir jo atsikūrimo tikimybė. Būtent medžių būklės atsikūrimas iš esmės sumažėjusio oro užterštumo sąlygomis ir sąlygoja paskutiniu metu laikotarpiu, naują miškų būklės pokyčių tendą – medžių lajų defoliacijos sumažėjimą. Tai visai neseniai prasidėjęs, kokybiškai naujas ir, kaip buvo pažymėta pasaulinės rūgščiųjų liūtų konferencijos „Acid rains-95“ baigiamajame dokumente, beveik netyrinėtas procesas. Tuo labiau pasaulinėje literatūroje beveik nesutinkama informacijos apie skirtingų veiksnių pažeistų medynų atsikūrimo bendrus dėsningumus ir skirtumus, pasibaigus nepalankių veiksnių poveikio laikotarpiui, kaip pvz.: sumažėjus oro užterštumui bei pasibaigus spyglius graužiančių vabzdžių antpuoliui.

Darbe pateikti ir prieštaraujantys ankstesnėms nuostatomis medžio žuvimo bei ribinės defoliacijos bei stiebo radialiojo priaugio tyrimo rezultatai. Medžio radialusis priaugis yra laikomas medžio žūties rizikos indeksu (Wyckoff, Clark, 2002). Pagal sulėtėjusio augimo hipotezę – sumažėjęs augimo tempas žūstančio medžio požymis (Manion, 1981; Kozlovski et al., 1991; Pedersen, 1998 a.). Tačiau lėtas, bet pastovus augimas nebūtinai reiškia didelę medžio žūties riziką. Net padidėjęs medžio augimo intensyvumas atsarginių maistinių medžiagų kaupimo sąskaita gali padidinti medžio žūties tikimybę. Tai visu pirma priklauso nuo to, kaip vyksta medžio augimas – ar pagal gyvybingumo išsaugojimo ar pagal augimą užtikrinančią strategiją. Medžiai gali prisitaikyti prie vyraujančių aplinkos veiksnių ir tik lėtas augimo tempas gali būti nepakankamas medžio žūties požymis, o aiškiai išreikštos neigiamos augimo tempų tendencijos gali reikšti tik padidėjusią žūties tikimybę (Bigler, Bugmann, 2003). Mūsų tyrimo rezultatai patvirtino šiuos užsienio mokslininkų gautus rezultatus. Medžiui, net kelis metus nesuformavus metinės rievės apatinėje stiebo dalyje, pasibaigus nepalankiam laikotarpiui prasideda stiebo priaugio atsikūrimas.

Pažymėtina, kad aštuntajame XX amžiaus dešimtmetyje, vykdant pakenktų medynų tyrimus, buvo laikomasi nuomonės, kad net sumažėjus aplinkos taršai stipriai pakenkti medžiai ir medynai jau nebeturi galimybių atsikurti ir šis procesas yra negrįžtamas (Dabrowska-Prot, 1986). Tačiau, gauti rezultatai rodo, kad medžiai faktiškai yra kur kas atsparesni nei buvo manyta, ir pasibaigus nepalankių veiksnių poveikio laikotarpiui daugiau nei pusės stipriai pakenktų medžių būklė pagerėjo. Šių gautų rezultatų išdavoje tenka tik atsiminti, kaip prisidangstant neigiamu oro užterštumo poveikiui buvo kertami net ir vidutiniškai pažeisti AB Achema poveikio zonoje augantys pušynai, galvojant, kad jų būklė bei priaugis jau niekada neatsikurs (Vokietijos pavyzdys). Ši problema šiandien dar išlieka ir pietinėje Lietuvos dalyje, kur pušynus stipriai pažeidė dvi pagrindinės spyglius graužiančių kenkėjų rūšys: paprastasis pušinis pjūklelis (*Diprion pini* L.) ir verpikas vienuolis (*Ocneria monacha* L.). Čia plyni sanitariniai kirtimai turėtų būti grindžiami ne teiginiais, kad stipriai pažeisti kenkėjų pušynai neatsikurs, o detaliais fito- ir entopatologiniais tyrimais, kurių metu būtų nustatomas „tikrų“ sausuočių kiekis medyne ar konstatuojami faktai apie antrinių (liemenų) kenkėjų populiacijos išplitimą.

Išvados

1. Spyglius graužiančių kenkėjų buvusiuose židiniuose stambiausių medžių, kurių defoliacija pažeidimo metu kito nuo 40 iki 90%, atsikūrimo intensyvumas buvo didesnis nuo 5 iki 11% per metus negu užterštumo paveiktuose medynuose. Vidutinių parametrų medžių šis skirtumas didėjo jau tik nuo 4,5 iki 9, o smulkių medžių – nuo 4 iki 6% per metus.

2. Pasibaigus entokenkėjų invazijai medžių radialiojo prieaugio atsikūrimo intensyvumas tiesiogiai priklausė nuo medžio parametru bei nuo jo buvusio pažeidimo laipsnio. Stipriai pažeistų smulkesnių medžių radialiojo prieaugio atsikūrimo intensyvumas per 4 metų laikotarpį viršijo 0,3 mm per metus, kai tuo tarpu stambiausių 0,5 mm per metus, vidutiniškai pažeistų 0,27 ir 0,4 mm, o silpnai pažeistų 0,22 ir 0,27 mm per metus atitinkamai.

3. Medžių radialusis prieaugis sumažėjus taršai intensyviau atsikūrė smulkesnių medžių, o pasibaigus spyglius graužiančių vabzdžių pažeidimams – stambiausių medžių.

4. Skirtingai nei teršiamuose pušynuose, pažeistų pušų radialųjį prieaugį iš esmės neigiamai sąlygoja žiemos mėnesių (gruodis, sausis) bei teigiamai birželio mėnesio vidutinės temperatūros.

5. Teršiamuose pušynuose skirtingai negu vabzdžių pažeistuose medynuose liepos, rugpjūčio mėnesių aukštesnės temperatūros sąlygoja didesnę medžių prieaugį.

6. Kritulių įtaka prieaugiui žymiai mažesnė negu temperatūrų, tačiau pažeistuose medynuose jų poveikis didėja, nepriklausomai nuo pažeidimo pobūdžio.

7. Nepriklausomai nuo medynų pažeidimo pobūdžio (ar dėl užterštumo, ar dėl entokenkėjų) ir medžių lajų būklės, ir radialiojo prieaugio atsikūrimo intensyvumas priklauso nuo medyno pažeidimo laipsnio – kuo tirtas pušynas buvo labiau pažeistas, tuo medžių lajų būklė ir stiebų radialusis prieaugis atsikūrė intensyviau.

8. Medžių pažeidimo pobūdis iš esmės nepakeitė radialaus prieaugio priklausomybės nuo defoliacijos laipsnio pobūdžio, kurį geriausiai apibūdino logistinė kreivė su dviem persilenkimo taškais ties 20–30% ir 60–70% defoliacijos ribomis.

9. Pasibaigus entokenkėjų invazijai, kaip ir sumažėjus taršai, pramoninių centrų poveikio teritorijose, net kai lajos defoliacija viršija 90%, o stiebo apatinėje dalyje nesuformuojama metinė rievė, prasideda medžių lajų ir stiebo prieaugio intensyvus atsikūrimas;

10. Faktiškai neegzistuoja nei defoliacijos, nei stiebo radialiojo prieaugio ribinis slenkstis, kurį peržengus medis neišvengiamai žūtų, o tikrai didesnė ar mažesnė stipriai pakenktų medžių atsikūrimo tikimybė.

Literatūra

Anttonen S., Piispanen R., Tvaska J., Mutikainen P., Saranpää P., Vapaavuori E. 2002. Effects of defoliation on growth, biomass allocation, and wood properties of *Betula pendula* clones grown at different nutrient levels. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 498–508.

Augustaitis A. 1998. Regeneration of Scots Pine Trees Damaged by Pests According to the Retrospective Analysis of tree Ring Time Series. // *Proceedings of the International Conference Dendrochronology and Environmental Trends*. Vytautas Magnus University “Eurodendro – 98”. 151–159 p.

Augustaitis A. 2000. Aplinkos veiksnių įtakos medžių būklei ir prieaugiui analizė // *Vagos / Mokslo darbai*. Lietuvos žemės ūkio universitetas. Nr. 1 (48): 3–11.

Augustaitis A., Juknys R., Kliučius A., Augustaitienė I. 2003. The changes of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) tree stem and crown increment under decreased environmental pollution. *Ecologia (Bratislava) Volume 22, Supplement 1. (in press)*.

Auclair A.N.D., Worrest R.C., Lachance D., Martin H.C. 1992 Climatic perturbation as a general mechanism of forest dieback. In: *Forest decline concepts*. Edited by P.D. Manion and D. Lachance. St. Paul. Minnesota. pp.38–58.

Bigler Ch. and Bugmann H. 2003. Growth-dependent tree mortality models based on tree rings. *Canadian Journal of Forest research*. 33: 210–221.

Biging G. S., Dobbartin M. 1992. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. *Forest Science*, 38: 695–720.

Bonneau, M. 1986. Le deperissement des forests: Symptomes, etendue, causes possibles. *Phytoma*. 381:17–20.

Braker O. U., Gaggen S. Z. 1987. Tree ring analysis in the Swiss Forest Decline Study of 1984. In *Forest Decline and Reproduction: Regional and Global Consequences* (eds. L. Kairiūkštis, S. Nilsson, A. Straszak) Laxenburg, Austria, p. 124–129.

Chappelka A. H., Freer-Smith P. H. 1995. Predisposition of trees by air pollutants to low temperatures and moisture stress. *Environmental Pollution*, 87: 105–117.

Dabrowska-Prot, E. 1986. Monitoring ekologiczny ekosystemow ladowych-możliwości i zakres. *Wiadomości Ekologiczne* 31 (1), 55–66.

De Vries W., Klap J., Erisman J. W. 2000. Effects of environmental stress on forest crown condition in Europe. Part I: Hypotheses and approach to the study. *Water, Air, and Soil Pollution*, 119: 317–333.

De Vries, W., Reinds, G. J., Klap, J. M., van Leeuwen, E. P. and Erisman, J. W. 2000. Effects of Environmental Stress on Forest Crown Condition in Europe. Part III: Estimation of Critical Deposition and Concentration Levels and Their Exceedances. *Water, Air, and Soil Pollution*, 119: 363–386.

Dobbartin M., Brang P. 2001. Crown defoliation improves tree mortality models. *Forest Ecology and Management*. 141: 271–284.

Eckstein D. 1989. Qualitative assessment of past environmental changes', *Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences* (eds. E. Cook and L. Kairiūkštis). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 220–223.

- Franz F., Preuhler T., Rohle H.** 1986. Vitalitätsmerkmale und Zuwachsreaktionen erkrankter Bergwaldberstände in Bayerischen Alpenraum. Allgemeine Forstzeitschrift Bd. 41, 39: 952–964.
- Fuhrer E.** 1985. Waldsterben – eine Komplexkrankheit. Energ. und Umwelt aktuell. 22–23: 898–900.
- Houston D. R.** 1992. A host-stress-saprogen model for forest dieback-decline diseases. In: Forest decline concepts. Edited by P.D. Manion and D. Lachance. St. Paul, Minnesota. pp. 3–25.
- Juknys R., Repšys J., Tebėra A.** 1981. Dendrometrinių miško tyrimų metodika. Kaunas, 72 p.
- Juknys R., Jancys E.** 1998. Dendrochronology for environmental impact assessment. In Proceedings of the International Conference: Dendrochronology and Environmental Trends, 17–21 June 1998, Kaunas, Lithuania. Edited by Vida Stravinskienė and Romualdas Juknys. Department of Environmental Sciences Vytautas Magnus University, Kaunas. pp. 237–249.
- Juknys R., Vencloviėnė J.** 1998. Quantitative Analysis of Tree-ring Series. In Dendrochronology and Environmental Trends, Proceedings of the International Conference “Eurodendro–98” edited by V. Stravinskienė and R. Juknys. Kaunas, Lithuania. 169–177.
- Juknys R., Vencloviėnė J., Stravinskienė V., Augustaitis A., Bartkevičius E.** 2003. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growth and condition in a polluted environment: from decline to recovery. Environmental Pollution 125: 205–212.
- Kahle P.-H.** 1994. Modellierung der Zusammenhänge zwischen der Variation von klimatischen Elementen des Wasserhaushalts und dem Radialzuwachs von Fichten (*Picea abies* (L.) karst.) aus Hochlagen des Sudschwarzwalds. PhD thesis, University of Freiburg, Germany.
- Kandler O.** 1992. The German Forest Decline Situation: A Complex Disease or a Complex of Diseases? in P. D. Manion and D. Lachance (eds.), Forest Decline Concepts, St. Paul, Minnesota, pp. 59–84.
- Kandler O.** 1994. Vierzehn Jahre Waldschadensdiskussion. Naturwissenschaft Rundschau, 47: 419.
- Kandler O., Innes J. L.** 1995. Air pollution and forest decline in Central Europe. Environmental pollution, Vol. 90, 2: 171–180.
- Klap J. M., Oude Voshaar J. H., de Vries W. and Erisman J. W.** 2000. Effects of Environmental Stress on Forest Crown Condition in Europe. Part IV: Statistical Analyses of Relationships. Water, Air, and Soil Pollution, 119, 387–420.
- Knabe W.** 1981. Immissionsökologische waldzustandserfassung in Nordrhein-Westfalen. Allgemeine Forstzeitschrift. 26: 641–643.
- Kohler H., Stratmann H.** 1986. Wachstum und Benadelung von Fichten im Westharz. Forst-und Holzwirt. 6: 152–157.
- Kozłowski H.H., Kramer P. J., Pallardy S. G.** 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press, San Diego, California.
- Kramer P. J.** 1983. Water relations of plants. Academic Press, New York.
- Kramer H.** 1986. Relation between Crown Parameters and Volume Increment of *Picea abies* Stands Damaged by Environmental Pollution. Scandinavian Journal of Forest Research, 1: 251–263.
- Krause G. H. M., Arnott U., Brandt J., Burcher J., Kenk G., Matzner L.** 1986. Forest decline in Europe: developments and possible causes. Water, air and soil pollution. 3: 647–668.
- Landmann G., Bonneau, M.** 1995. Forest Decline and Atmospheric Deposition Effects in the French Mountains, Berlin, Springer-Verlag, 461 pp.
- Mäkinen H., Nöjd P., Mielikäinen K.** 2001. Climatic signal in annual growth variation in damaged and healthy stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in southern Finland. Trees. 15: 177–185.
- Manion P. D.** 1981. Tree disease concepts. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Manion P. D., Lachance D.** 1992. Forest decline concepts: an overview. In Forest decline concepts (d. P.D. Manion and D. Lachance). St. Paul, Minnesota, USA, p. 181–190.
- McLaughlin S. B. and Downing D. J.** 1996. Interactive effects of ambient ozone and climate measured on growth of mature loblolly pine trees. In Proceedings of 16th International Meetings for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems: Air Pollution and Multiple Stresses, 7–9 Sep. 1994, Fredericton, N.B., Canada. Can. J. For. Res. 26: 670–681.
- Muller-Edzards C., Erisman J. W., De Vries W., Dobbertin W., Ghosh S.** 1997. Ten years of monitoring forest condition in Europe, EC UN/ECE, Geneva.
- Nöjd P., Reams G. A.** 1996. Growth variation of Scots Pine across a pollution gradient on the Kola Peninsula. Environmental pollution, vol. 93, 3 : 313–325.
- Ozolinčius R.** 1996. Two levels of tree stability. Baltic Forestry. 1:10–15.
- Pedersen B. S.** 1998a. Modelling tree mortality in response to short- and long-term environmental stresses. Ecological Modelling, 105: 347–351.
- Pedersen B. S.** 1998b. The role of stress in the mortality of Midwestern oaks as indicated by growth prior to death. Ecology, 79: 79–93.
- Pet R. K., Christensen N. L.** 1987. Competition and tree death. BioScience, 37: 586–595.
- Savva Yu. V., Kuzmina N. A., Vaganov E. A.** 2001. Sensitivity of structural characteristics of tree rings to climatic changes in different climatypes of Scots Pine. Russian Journal of Ecology. Vol. 6, 6: 434–441.
- Schweingruber F. H.** 1985. Abrupt changes in growth reflected in tree ring sequences as an expression of biotic and abiotic influences // Inventory and monitoring endangered Forests. Zurich, P. 291–295.

- Schulze, E. D.** 1989. 'Air pollution and forest decline in a spruce (*Picea abies*) forest', *Science*, 244, 776–783.
- Schutt P.** 1980. Das Tannensterben – ein Umweltproblem? *Holz-Zentralblatt*, 106: 545–551.
- Schutt P.** 1982. Aktuelle Schaden am Wald – Versuch einer Bestandsaufnahme, *Holz-Zentralblatt*, 108: 372.
- Skelly J. M.** 1993. Diagnostics and air pollution damage appraisals: are we being sufficiently careful in appraising our forest health? *Forstwirtschaftliche Centralblatt*, 12–20.
- Skelly J. M., Innes J. L.** 1994. Waldsterben in the forests of central Europe and eastern North America: fantasy or reality? *Plant Disease*. 78: 1021–1032.
- Smith W. H.** 1990. Air pollution and forests; Interaction between air contaminants and forest ecosystems. Spring Verlag, New York.
- Speight M. R., Wainhouse D.** 1989. Ecology and Management of Forest Insects, Oxford.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard JP.** 1991. Growth trend in European forest. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Tardif J., Brisson J., Bergeron Y.** 2001. Dendroclimatic analysis of *Acer saccharum*, *Fagus grandifolia*, and *Tsuga canadensis* from an old-growth forest, southwestern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 1491–1501.
- Ulrich B.** 1980. Die Walder in Mitteleuropa: Messergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. *Allgemeine Forstzetschrift*, 35: 1198–1202.
- UN-ECE Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.** 1994. ICP, 178 pp.
- Vaganov E. A.** 1989. Method for predicting the yielding capacity of cereals with the aid of dendrochronological data. *Ecologiya*, 3: 15–23.
- Waring R. H.** 1987. Characteristics of trees predisposed to die. *BioScience*, 37: 569–574.
- Wentzel K. F.** 1985. Hypothesen und Theorien zum Waldsterben. *Forstarchiv*. 2: 51–56.
- Wyckoff P. H., Clark J. S.** 2002. The relationship between growth and mortality for seven co-occurring tree species in the southern Appalachian Mountains. *Journal of Ecology*, 90: 604–615.
- Антанайтис В., Загребев В.** 1981. Прирост леса. М. – 200 с.
- Аугустайтис А., Барткявичюс Э.** 1989. Ретроспективный анализ влияния промышленных выбросов на сосновые древостои дендрохронологическим методом // Актуальные вопросы экологии и охрана окружающей среды. Тбилиси. – С. 32.
- Аугустайтис А.** 1992. Закономерности роста сосновых древостоев при различном уровне загрязнения природной среды. Диссертация на соискания степени кандидата биологических наук. Москва, 292 с.
- Венк Г.** 1987. Методы определения потерь прироста деревьев в районах, подвергнутых воздействию атмосферных загрязнителей Биомониторинг лесных экосистем. Каунас, 34–37 с.

Gauta 2004 03 18

Pateikta spaudai 2005 10 18