

ЗАХИСТ ЛІСУ

УДК 630.4:574.3

Я. В. КОШЕЛЯЄВА[†], І. М. КОВАЛЬ^{2*}**РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ДЕРЕВ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ, УРАЖЕНИХ
БАКТЕРІАЛЬНОЮ ВОДЯНКОЮ, В ЗЕЛЕНІЙ ЗОНІ М. ХАРКОВА***1. Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва**2. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

Досліджено багаторічну (1999–2016 рр.) динаміку радіального приросту здорових та уражених бактеріальною водяркою дерев берези повислої на тлі динаміки метеорологічних показників (температури повітря та кількості опадів за рік, квітень – серпень і зимові місяці). Дендрохронологічними методами встановлено, що радіальний приріст дерев берези повислої, уражених бактеріальною водяркою, у 2009–2016 рр. був на 22 % меншим, ніж радіальний приріст здорових дерев. У цей період середня річна температура повітря перевищила норму на 0,7°C, або на 8 %. У зв'язку з перевищенням норми опадів у квітні – серпні 2016 р. на 46,6 % радіальний приріст 88 % уражених дерев берези збільшився. Коефіцієнти кореляції між величиною радіального приросту уражених хворобою дерев і метеорологічними показниками виявилися значущими частіше, ніж стосовно здорових дерев. Радіальний приріст уражених бактеріальною водяркою дерев обмежують опади за вегетаційний і зимовий періоди та зимові температури. На радіальний приріст здорових дерев позитивно впливають кількість опадів у вересні й температура у березні, а негативно – кількість опадів у грудні й температура у квітні. Ключові слова: береза повисла (*Betula pendula* Roth.), бактеріальна водярка, радіальний приріст, метеорологічні показники.

Вступ. Площа лісів з переважанням берези повислої (*Betula pendula* Roth.) становить близько 7 % вкритих лісовою рослинністю земель лісового фонду України (Dovidnyk z lisovoho fondu 2012). У Лівобережному Лісостепу частка площі березових лісів не перевищує 2 % (Meshkova & Koshelyaeva 2015). Березові ліси виконують водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі та інші функції й забезпечують потреби суспільства в лісових ресурсах (Hordiyenko & Hordiyenko 2005).

Процеси висихання березових лісів в Україні вперше зафіксовано у 1994 р., що може бути пов'язане зі збільшенням антропогенного навантаження та зміною клімату (Kompleksna otsinka 2011).

У Харківській області визначено видовий склад стовбурових шкідників, які заселяють березу повислу (Skrylnik & Koshelyaeva 2015), а також виявлено осередки бактеріальної водярки берези (Koshelyaeva 2016). Збудником хвороби є бактерія *Enterobacter nimipressuralis* (Shvets 2015). Ознаками хвороби є утворення здуттів на корі берези, всередині яких накопичується рідина з кислуватим запахом і витікає по стовбуру бурими патьоками (Shkudor et al. 2004, Shvets 2016, 2017). Залежно від початкового стану дерев і умов навколишнього середовища уражені берези можуть одужати або загинути через 2–6 років (Shelukho & Sidorov 2009).

Динаміка радіального приросту дерев є комплексним індикатором стану насаджень, пошкоджених різними чинниками (Bitvinskas 1974). Зокрема, вивчення реакції радіального приросту дерев на дію чинника ослаблення є одним із підходів ранньої діагностики ураження дерев (Koval et al. 2015). Зважаючи на те, що в осередку бактеріальної водярки зазвичай уражені не всі дерева, ми припустили, що її вплив на радіальний приріст можливо оцінити порівнянням цього показника у вибірках дерев із наявністю та відсутністю ознак хвороби.

Метою наших досліджень було виявлення особливостей динаміки радіального приросту дерев берези, уражених бактеріальною водяркою, в зеленій зоні м. Харкова на тлі динаміки кліматичних показників.

Матеріали і методи. Дослідження проведені на постійній пробній площі, закладеній у Південному лісництві ДП «Харківська ЛНДС» у 45-річному чистому березовому (*Betula pendula* Roth.) насадженні. Середній діаметр насаджень – 19,5 см, середня висота – 22,5 м.

[†] Науковий керівник – д-р с.-г. наук, професор В. Л. Мешкова

* © Я. В. Кошеляєва, І. М. Коваль, 2017

Походження насаджень – штучне насіннєве. Березу висаджено 2–6 рядами на зрубі у свіжій кленово-липовій діброві. Склад порід у сусідніх виділах є типовим для цього типу лісу – дуб звичайний (*Quercus robur* L.), липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.), клен гостролистний (*Acer platanoides* L.). Насадження ростуть поблизу окружної дороги, що є додатковим джерелом ослаблення дерев.

Під час вивчення впливу пошкодження дерев бактеріальною водянкою берези на радіальний приріст берези використовували порівняльний, дендрохронологічний і статистичний методи аналізу (Bitvinskas 1974, Cook and Kairiukstis 2013).

Зразки деревини (керни) відбирали 8 листопада 2016 року буравом Преслера перпендикулярно поздовжній осі стовбура дерева на висоті 1,3 м від поверхні землі з 15 дерев без ознак ослаблення і 15 дерев із ознаками бактеріальної водянки (здуттями на корі, всередині яких накопичена рідина з кислуватим запахом, та бурими патьоками на стовбурах).

Керни вміщували у паперові контейнери з етикетками, в яких їх транспортували, сушили і зберігали до проведення аналізу. Радіальний приріст вимірювали за допомогою цифрового приладу HENSON. Для збільшення контрастності між межами річних шарів деревини з кернів гострим лезом знімали тонкий шар деревини, втирали крейду в поверхню та змочували її (Bitvinskas 1974).

З метою встановлення року формування кожного шару річної деревини здійснювали перехресне датування шляхом зіставлення графіків динаміки радіального приросту кожного дерева та графіків динаміки кліматичних чинників – так званим методом скелетних графіків (Cook & Kairiukstis 2013). Потім осередненням ширини шарів деревини окремо у групах здорових і уражених бактеріальною водянкою дерев побудували дві відповідні деревно-кільцеві хронології. Із метою вилучення вікового тренду з деревно-кільцевих хронологій здійснено індексацію показників радіального приросту методом 3-річних ковзних (Bitvinskas 1974).

Перетворені таким чином показники динаміки радіального приросту дерев піддали кореляційному аналізу з кліматичними показниками метеостанції Зміїв – середньою температурою повітря (°C) та сумами опадів (мм) за рік, за квітень – серпень і за зимовий період. Середні багаторічні значення кліматичних показників підраховано за 1991–2016 рр.

Результати й обговорення. Аналіз рис. 1 свідчить, що з 2009 року за радіальним приростом уражені бактеріальною водянкою дерева майже щорічно поступалися здоровим (рис. 1).



Рис. 1 – Радіальний приріст уражених бактеріальною водянкою та здорових дерев берези (Південне лісництво, Харківська ЛНДС)

У зв'язку із цим радіальний приріст дерев берези було проаналізовано за два періоди: 2001–2008 і 2009–2016 рр., тобто до початку помітного зменшення радіального приросту та після нього.

Різниця між радіальним приростом дерев берези, уражених бактеріальною водяною, та здорових дерев для періоду 2001–2008 рр. сягала 5 %. У наступний період (2009–2016 рр.) середній радіальний приріст здорових дерев був більшим, ніж хворих дерев, на 22 %, що свідчить про ослаблення уражених дерев (табл. 1, див. рис. 1).

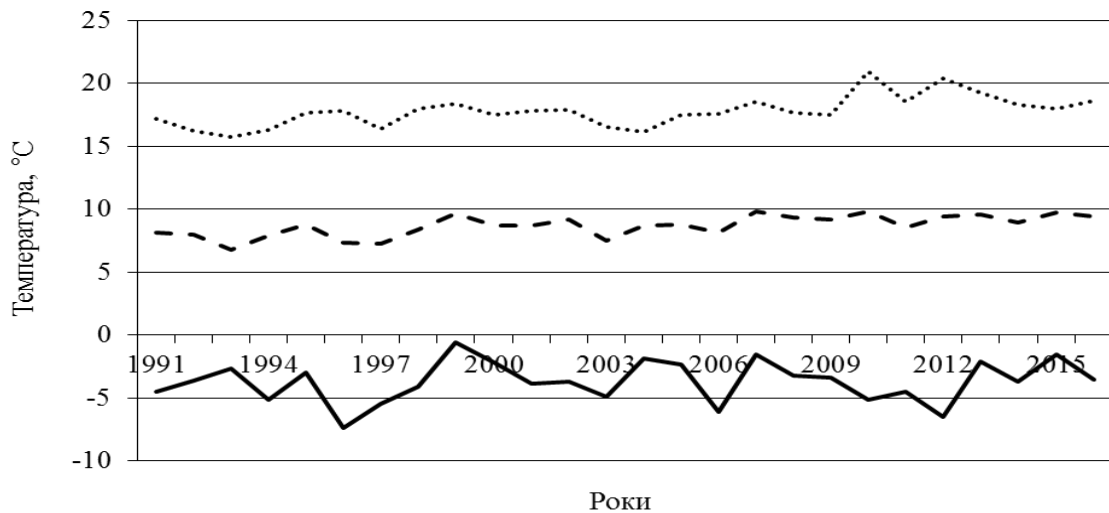
Таблиця 1

Статистична характеристика радіального приросту дерев берези, уражених бактеріальною водяною, та здорових дерев берези

Група дерев	Середній річний приріст, мм	Похибка середньої величини, мм	Стандартне відхилення S , мм	Різниця приростів уражених і здорових дерев, %
2001–2008 рр.				
Уражені	0,77	$\pm 0,08$	0,21	5
Здорові (контроль)	0,81	$\pm 0,07$	0,19	
2009–2016 рр.				
Уражені	0,51	$\pm 0,06$	0,16	22
Здорові (контроль)	0,65	$\pm 0,06$	0,18	

Стандартне відхилення S характеризує неоднорідність деревостану за приростом і стійкість деревостану (Агеґ'уев 2001). Збільшення цього показника є характерним для процесів розпаду та подальшого відновлення структури деревостану. Таким чином, за період 2009–2016 рр. стійкішими до дії стрес-чинників виявилися здорові дерева, радіальний приріст яких характеризується більшим стандартним відхиленням (див. табл. 1).

Аналіз рис. 2 свідчить, що у період 2009–2016 рр. середні річні температури повітря на $0,7^{\circ}\text{C}$ (на 8 %) перевищували середні за 1991–2016 рр. Саме у цей період зменшувався радіальний приріст уражених бактеріальною водяною дерев берези (див. рис. 1).



Середня температура за: - - рік квітень-серпень — зиму

Рис. 2 – Динаміка температури повітря за окремі періоди року за даними метеостанції Зміїв

Найбільшу достовірну ($t_{\text{факт.}} = 2,62$, $t_{0,05} = 2,15$) різницю (31 %) радіального приросту здорових і уражених дерев визначено у 2009–2012 рр. Для цього періоду були характерними також низькі зимові температури. Так, середня зимова температура за ці роки становила $4,9^{\circ}\text{C}$, що є на 30 % нижчим, ніж за 1991–2015 рр. ($-4,9^{\circ}\text{C}$) (див. рис. 2).

Кількість опадів за вегетаційний період (квітень – серпень) 2009 та 2012 рр. становила 139 і 202 мм та поступалася нормі (272 мм) на 49 і 26 % відповідно (рис. 3).

Показано (Shelukho & Sidorov 2009), що бактеріальна водянка спричиняє різке зниження радіального приросту дерев берези та втрату їхньої стійкості. Тому різке прискорення темпів зменшення радіального приросту дерев, особливо в роки з близькими до норми кліматичними показниками, може бути додатковим показником ураження дерев берези в осередках розвитку хвороби. За нашими даними, протягом 2014 року, який характеризувався сприятливим співвідношенням показників тепла та вологи, здорові дерева формували широкі шари деревини, а для хворих дерев була характерною глибока депресія радіального приросту (див. рис. 1–3).

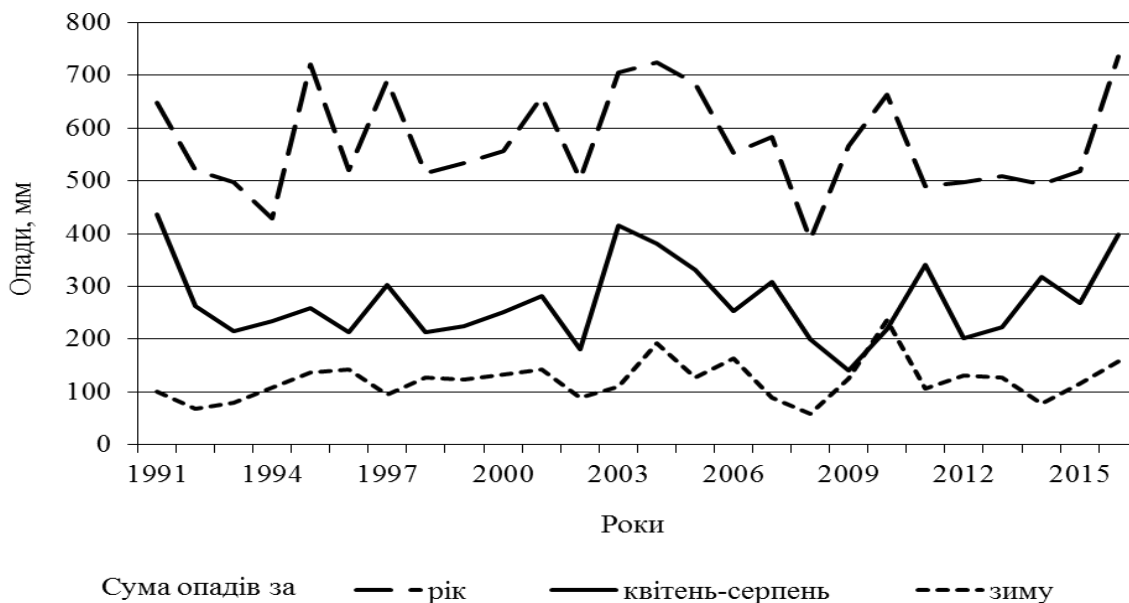


Рис. 3 – Динаміка опадів за даними метеостанції Зміїв

У 2003–2006 рр. зими були холодними, що негативно вплинуло на радіальний приріст берези та стало передумовою для розвитку хвороби. Протягом 2008–2012 рр. відбулося різке зменшення радіального приросту хворих дерев, що могло бути наслідком посухи 2008 р. (відхилення від річної норми сягало 32 %). Мінімальні прирости уражених бактеріальною водяною дерев берези було зафіксовано у 2009, 2012 і 2014 рр. У 2009 і 2012 рр. радіальний приріст берези обмежували низька кількість опадів і низькі зимові температури. У 2014 р. сприятливе співвідношення температури та кількості опадів позитивно вплинуло на радіальний приріст контрольних дерев, зниження радіального приросту уражених бактеріальною водяною дерев тривало. Тобто радіальний приріст уражених дерев лімітували холодні зими та мінімальна кількість опадів у квітні – серпні 2009 та 2012 рр. (див. рис. 1–3).

Дослідженнями у Брянській області (Shelukho & Sidorov 2009) виявлено, що темпи розвитку бактеріальної водянки залежать від стану дерев у період зараження. При цьому встановлено, що у випадку зараження здорового дерева воно може одужати й відновити приріст або загинути через 4–6 років, тоді як у випадку зараження ослаблених дерев вони гинуть через 2–3 роки.

За результатами наших досліджень 88 % дерев, уражених бактеріальною водяною, збільшили радіальний приріст у 2016 р. На нашу думку, цьому сприяло випадання у квітні-серпні кількості опадів, що на 46,6 % перевершила норму (див. рис. 1, 3).

З метою вилучення вікового (біологічного) тренду було обчислено індекси радіального приросту дерев берези та оцінено зв'язки між цими індексами та кліматичними чинниками. У вибірці дерев берези, уражених бактеріальною водяною, визначено більшу кількість

значущих коефіцієнтів кореляції між індексами радіального приросту та кліматичними чинниками, ніж у вибірці здорових дерев (табл. 2).

Аналіз даних табл. 2 свідчить, що радіальний приріст уражених бактеріальною водяною дерев обмежували опади за вегетаційний і зимовий періоди та зимові температури. На радіальний приріст здорових дерев позитивно впливали кількість опадів у вересні і температура у березні, а негативно – кількість опадів у грудні й температура у квітні (див. табл. 2).

Таблиця 2

Кореляційні зв'язки між індексами радіального приросту здорових і уражених бактеріальною водяною дерев берези (Південне лісництво, Харківська ЛНДС)

Кліматичний чинник	Дерева, уражені бактеріальною водяною	Здорові дерева
Сума опадів за квітень, мм	0,54^{**}	0,11
Сума опадів за червень, мм	0,54^{**}	-0,43
Сума опадів за вересень, мм	-0,52[*]	0,60[*]
Сума опадів за листопад	0,59[*]	-0,14
Сума опадів за грудень, мм	0,67^{**}	-0,84^{***}
Річна сума опадів, мм	0,66^{**}	-0,22
Сума опадів за квітень-серпень, мм	0,49[*]	-0,07
Середня температура за січень, t °C	0,76^{***}	0,13
Середня температура за березень, t °C	-0,11	0,79^{***}
Середня температура за квітень, t °C	0,17	-0,53[*]
Середня температура за зиму, t °C	0,54[*]	0,13

Примітки. Достовірно при: * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001. Грубим шрифтом виділено достовірні коефіцієнти кореляції.

Достовірна залежність радіального приросту уражених дерев берези від кількості опадів у квітні та червні (див. табл. 2) пояснюється тим, що вимоги до вологи у період найактивнішого росту є більшими, ніж здорових дерев.

Кількість опадів у вересні негативно впливала на радіальний приріст уражених бактеріальною водяною дерев берези і позитивно – на радіальний приріст здорових дерев. Одержані дані можна пояснити тим, що дощова погода з одночасним зменшенням температури і тривалості світлового дня призводить до уповільнення процесів залучення вуглеводів для побудови клітин деревини у шарі радіального приросту та до прискорення переходу до зимового спокою (Skomarkova et al. 2009).

Висновки.

1. Радіальний приріст дерев берези повислої, уражених бактеріальною водяною, у 2009–2016 рр. був на 22 % меншим, ніж у здорових дерев. У цей період середня річна температура повітря перевищила норму на 0,7°C, або на 8 %.

2. У зв'язку з перевищенням норми опадів у квітні – серпні 2016 р. на 46,6 % радіальний приріст 88 % уражених дерев берези збільшився.

3. Радіальний приріст уражених бактеріальною водяною дерев обмежують опади за вегетаційний і зимовий періоди та зимові температури. На радіальний приріст здорових дерев позитивно впливають кількість опадів у вересні й температура у березні, а негативно – кількість опадів у грудні й температура у квітні.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Aref'yev, S. P. 2001. Otsenka ustoychivosti lesa v dendrokronologicheskikh ryadakh. Problemy vzaimodeystviya cheloveka i prirodnoy sredy [Evaluation of forest stability in dendrochronological series. Problems of human interaction and the environment]. Tyumen', Izd-vo IPOS SO RAN, p. 83–87 (in Russian).

Bitvinskas, T. T. 1974. Dendroklimateicheskiye issledovaniya [Dendroclimatic studies]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 170 p. (in Russian).

Cook, E. R. and Kairiukstis, L. A. (eds.) 2013. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences. Springer Science & Business Media, 394 p.

Dovidnyk z lisovoho fondu Ukrainy (za materialamy derzhavnogo obliku lisiv stanom na 01.01.2011 roku). 2012. [Reference book of the forest fund of Ukraine (based on the state records of forests as of January 1, 2011)]. Irpin', DKLH, 130 з. (in Ukrainian).

Hordiyenko, M. I. and Hordiyenko, N. M. 2005. Lisivnychi vlastyivosti derevnykh roslyn [Forest properties of tree plants]. Kyiv, Vistka, 819 p. (in Ukrainian).

Kompleksna otsinka poshyrennya lisopatolohichnykh protsesiv (dyferentsiyovano administratyvnykh oblastyamy Ukrainy) ta prohnoz poshyrennya patolohichnykh protsesiv u lisakh Ukrainy do 2015 roku. 2011. [Comprehensive assessment of forest-pathological processes distribution (differentiated by administrative regions of Ukraine) and the forecast of pathological processes distribution in forests of Ukraine until 2015]. Usts'kyy, I. M.(ed.). 53 p. (in Ukrainian).

Koshelyaeva, Ya. V. 2016. Dvorchynny monitorynh stanu berezy povysloyi (*Betula pendula* Roth.) u lisovykh i parkovykh nasadzhennyakh Kharkivs'koyi oblasti [Two-year monitoring of condition of Silver birch (*Betula pendula* Roth.) in forest and park stands of Kharkiv region]. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarynoho universytetu. Seriya "Fitopatolohiya ta entomolohiya" [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"], 1–2: 30–36 (in Ukrainian).

Koval, I. M., Bologov, O. V., Nusbaum, S. A., Juzvinsky, G. A. 2015. Radial'nyy pryrist duba zvychnyoho ta yasena zvychnyoho yak indykator stanu lisovykh ekosystem v umovakh Novohrad-Volyns'koho fizyko-geohrafichnoho rayonu [Radial increment of oak and ash trees as indicator of forest ecosystems condition in Novograd-Volynsky physiographic region]. Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsiya [Forestry and Forest Melioration], 126: 202–211 (in Ukrainian).

Meshkova, V. L. and Koshelyaeva, Y. V. 2015. Silver birch (*Betula pendula* Roth) in the forests of the left bank forest steppe of Ukraine. Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsiya [Forestry and Forest Melioration], 126: 74–80.

Shelukho, V. P. and Sidorov, V. A. 2009. Bakterial'naya vodyanka berezy i effektivnost' meropriyatiy po bor'be s ney v nasazhdeniyakh zon smeshannykh i shirokolistvennykh lesov [Bacterial wetwood disease of Silver birch and effectiveness of measures to control it in the stands of mixed and broad-leaved forests]. Bryansk, BGITA, 117 p. (in Russian).

Shkudor, V. D., Glabets, V. R., Ustskyj, I. M.. 2004. Patolohichni protsesy v berezy povysloyi v lisakh Polissya [Pathological processes of birch stands in Polissya]. Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsiya [Forestry and Forest Melioration], 105: 189–195 (in Ukrainian).

Shvets, M. V. 2015. Bakterial'na vodyanka berezy povysloyi v nasadzhennyakh Zhytomys'koho Polissya Ukrainy [Bacterial dropsy of birch in plantations of Zhytomyr Polissya of Ukraine]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU], 25.9: 89–96 (in Ukrainian).

Shvets, M. V. 2016. Bakterial'ni khvoroby berezovykh nasadzen' v Ukraini ta sviti (teoretyko-prykladni osoblyvosti) [Bacterial diseases of birch plantings in Ukraine and abroad (theoretical and applied aspects)]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU], 26.7: 179–185 (in Ukrainian).

Shvets, M. V. 2017. Asotsiyovani z *Enterobacter nimipressuralis* bakteriyi u patolohiyi bakterial'noyi vodyanky *Betula pendula* Roth. [Associated with *Enterobacter nimipressuralis* bacteria in the pathology of bacterial dropsy *Betula pendula* Roth.]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU], 27(3): 66–70 (in Ukrainian).

Skomarkova, M. V., Vaganov, Ye. A., Virt, K., Kirlyanov, A. V. 2009. Klimaticheskaya obuslovlennost' radial'nogo prirosta khvoynykh i listvennykh porod derev'yev v podzone sredney taygi Tsentral'noy Sibiri [Climatic conditionality of the radial growth of coniferous and deciduous trees in the subzone of the middle taiga of Central Siberia]. Geografiya i prirodnyye resursy [Geography and natural resources], 2: 80–85 (in Russian).

Skrylnyk, Yu. Ye. and Koshelyaeva, Ya. V. 2015. Pershi rezul'taty vyvchennya stovburovykh komakh berezy povysloyi (*Betula pendula* Roth.) u Kharkivs'koyi oblasti [The first results of the study of stem insects of Silver birch (*Betula pendula* Roth.) in the Kharkiv region]. Izvestiya Khar'kovskogo entomologicheskogo obshchestva [The Kharkov Entomol. Soc. Gaz.], XXIII(1): 54–58 (in Ukrainian).

Koshelyaeva J. V.¹, Koval I. M.²

RADIAL INCREMENT OF SILVER BIRCH TREES INFECTED BY WETWOOD IN THE KHARKIV GREEN BELT

1. Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev

2. Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest melioration named after G. M. Vysotsky

Long-term radial increment dynamics (1999–2016) of wetwood infected and healthy Silver birch trees has been studied on the background of weather parameters (annual air temperature and precipitation, temperature and precipitation for April – August as well as for winter months). It was revealed by dendrochronological methods, that radial increment of wetwood infected birch trees in 2009–2016 was 22 % less than such of healthy trees. Annual air temperature for this period 0.7°C (or 8 %) exceeded the long-term data. In connection with 46.6 % exceeding of April – August precipitation in 2016, radial increment of 88 % of woodwet affected birch trees has increased. Correlation coefficients between radial increment of wetwood infected trees and meteorological parameters were significant more

often than those of healthy trees. Radial increment of wetwood infected trees was limited by annual and winter precipitation as well as winter temperature. Radial increment of healthy trees is positively influenced by precipitation in September and air temperature in March, and it is negatively influenced by precipitation in December and air temperature in April.

Key words: Silver birch (*Betula pendula* Roth.), wetwood, radial increment, weather parameters.

Кошеляева Я. В.¹, Коваль И. М.²

РАДИАЛЬНИЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ, ПОРАЖЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ВОДЯНКОЙ, В ЗЕЛеноЙ ЗОНЕ Г. ХАРЬКОВА,

1. Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева

2. Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. М. Высоцкого

Исследована многолетняя (1999–2016 гг.) динамика радиального прироста здоровых и пораженных бактериальной водянкой деревьев березы повислой на фоне динамики метеорологических показателей (температуры воздуха и количества осадков за год, апрель – август и зимние месяцы). Дендрохронологическими методами установлено, что радиальный прирост деревьев березы повислой, пораженных бактериальной водянкой, в 2009–2016 гг. был на 22 % меньше, чем радиальный прирост здоровых деревьев. В этот период средняя годовая температура воздуха превысила норму на 0,7°C, или на 8 %. В связи с превышением нормы осадков в апреле – августе 2016 г. на 46,6 % радиальный прирост 88 % пораженных деревьев березы увеличился. Коэффициенты корреляции между величиной радиального прироста и метеорологическими показателями в случае пораженных болезнью деревьев оказались достоверными чаще, чем в случае относительно здоровых деревьев. Радиальный прирост пораженных бактериальной водянкой деревьев ограничивают осадки за вегетационный и зимний периоды, а также зимние температуры. На радиальный прирост здоровых деревьев положительно влияют количество осадков в сентябре и температура в марте, а отрицательно – количество осадков в декабре и температура в апреле.

Ключевые слова: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), бактериальная водянка, радиальный прирост, метеорологические показатели.

E-mail: yana120783@i.ua; koval@uriffm.org.ua

Одержано редколегією 03.04.2017