

ROBERT TOMUSIAK, PAWEŁ ZARZYŃSKI

Wpływ czyrzenia sosnowego (*Phellinus pini* (Brot.) Pilát) na przyrosty radialne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.)

Effect of *Phellinus pini* (Brot.) Pilát occurrence on the radial growth of *Pinus sylvestris* L.

ABSTRACT

Tomusiak R., Zarzyński P. 2019. Wpływ czyrzenia sosnowego (*Phellinus pini* (Brot.) Pilát) na przyrosty radialne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sylwan 163 (7): 576-583. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2018149>.

Scots pine is the most common tree species in Poland with the share in the species structure of Polish forests exceeding 58%. The most dangerous pathogen of this species is *Phellinus pini* (Brot.) Pilát, which causes the white pocket rot (also called red ring rot) of pine heartwood. It is estimated that as a result of the fungus's activity, about 8% of annually harvested pine stems is damaged and worthless. As the *Ph. pini* damages only heartwood, it is often recognized that its occurrence has no influence on the tree's physiology. As it is still unknown whether the presence of this fungus also does not affect the cambium responsible for the radial growth. We carried out studies in Scots pine stands located in the Radziwiłłów Forest District (central Poland). We investigated trees from 5th and 7th age classes (Biała Góra and Budy Stare forests, respectively). A total of 60 trees were sampled (30 per site). Half of them were specimens showing advanced symptoms of sickness, while the others were healthy specimens with no evidence of infection. From each tree we took one increment core and measured the tree-ring widths. Average tree-ring width was in case of healthy trees significantly higher than for sick trees. The research showed a significant, even of a dozen percent, reduction in the annual increment of infected trees in relation to healthy trees growing on the same site. Presumably, unidentified chemicals secreted to the cambium by the growing mycelium of *Ph. pini* may be responsible for this. It also seems that this relationship is progressing with the growing age of tree stands and is particularly visible in old stands, for example in reserves. Thus, *Ph. pini* could be one of the factors limiting the natural age of pine trees and accelerating their dieback. We also found that the growth of trees affected by the disease is influenced by a factor other than climatic, disturbing the natural rhythm of their radial increments. This factor is most likely the presence of mycelium of *Ph. pini* in the wood.

KEY WORDS

red ring rot, white pocket rot, Scots pine, tree rings

ADDRESSES

Robert Tomusiak ⁽¹⁾ – e-mail: robert_tomusiak@sggw.pl

Paweł Zarzyński ⁽²⁾ – e-mail: pawel.zarzyński@wp.pl

⁽¹⁾ Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ ul. K. Jarząbka 20/8, 05-500 Piaseczno

Wstęp

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest najczęściej spotykanym gatunkiem drzewa w Polsce. Jej udział w strukturze gatunkowej drzewostanów Polski wynosi 58,2% [Leśnictwo 2017]. Tym samym jest to gatunek o pierwszoplanowej roli gospodarczej, zaś wszelkie czynniki wpływające niekorzystnie na jego wzrost (choroby, szkodniki itp.) mogą doprowadzić do poważnych strat materialnych. Wśród patogenów sosny w naszym klimacie do najgroźniejszych należy czyreń sosnowy (*Phellinus pini* (Brot.) Pilát), zwany powszechnie przez leśników hubą sosny, powodujący rozległą białą jamkową zgniliznę drewna twardego. Duże znaczenie gospodarcze huby sosny wykazywano już przed ponad stu laty [Möller 1904], jak również w okresie międzywojennym [Orłóš 1935; Filipowski 1937]. Obecnie, według ostrożnych szacunków, można przyjąć, że na skutek działalności tego grzyba zniszczeniu lub uszkodzeniu ulega corocznie około 8% pozyskiwanych sosnowych użytków rębnych [Mańka 2005]. Według Szewczyka [2018] w przypadku drzewostanów sosnowych w wieku 70-110 lat średnia strata finansowa wynikająca z występowania czyrenia sosnowego w przeliczeniu na 1 m³ drewna sosnowego wynosi 2,88 zł. Po uwzględnieniu wielkości sprzedaży drewna sosnowego różnych sortymentów odnotowanej w 2017 roku daje to wartość rzędu 75 mln zł.

Nad biologią, znaczeniem i możliwościami zwalczania czyrenia sosnowego prowadzono rozległe badania [Möller 1904; Orłóš 1935; Filipowski 1937; Zaleski, Wojtowicz 1937; Burkot-Klonowa 1974; Poller, Storkan 1978; Schwarze i in. 2000]. Jedną z kwestii, która nie doczekała się jeszcze pełnej odpowiedzi, jest wpływ (bądź też jego brak) występowania czyrenia na wielkość przyrostów radialnych drzewa będącego jego żywicielem. Ponieważ gatunek ten uszkadza wyłącznie drewno twarde, nie naruszając odpowiadającego za funkcje przewodzące drewna bielastego, wśród mykologów i leśników panuje pogląd, że jego występowanie nie wpływa na funkcjonowanie tego ostatniego, a tym samym nie odbija się negatywnie na fizjologii drzewa [Poller, Storkan 1978; Butin 1995]. Pozostaje jednak pytanie, czy obecność tego grzyba nie ma również wpływu na kambium odpowiedzialne za przyrosty pnia na grubość. Aby na nie odpowiedzieć, przeprowadzono badania w drzewostanach sosnowych V i VII klasy wieku.

Przedmiot badań

Czyreń sosnowy występuje pospolicie na drzewach iglastych, głównie z rodzaju *Pinus*. Odnacza się szerokim zasięgiem geograficznym, zasiedlając Europę, północną część Azji oraz kontynentu północnoamerykańskiego [Ryvarden, Gilbertson 1994]. Na terenie Europy Środkowej spotyka się go głównie w starszych drzewostanach sosnowych, choć sporadycznie może porażać także inne gatunki iglaste [Kotłaba 1984; Ryvarden, Gilbertson 1994]. Jest groźny dla sosen w wieku powyżej 35-40 lat. Poraża strzałę od części odziomkowej do wysokości kilkunastu metrów. Jedynym pewnym objawem zewnętrznym są owocniki powstające w miejscach sęków. Są one wieloletnie i charakteryzują się drewnowatą konsystencją. Ich kształt jest w przekroju trójkątny, a górna strona prawie zupełnie czarna, strefowana, spękana, często pokryta porostami. Rurkowy hymenofor ma barwę rdzawą, przy czym cechą charakterystyczną jest występowanie nieregularnych rurek – mają one różną średnicę, długość i kształt. Mogą przyrastać do 50 lat, następnie stare owocniki odpadają, a w ich miejscu pozostaje blizna w postaci wgłębienia wypełnionego ciemnobrunatną grzybnią. Dość często występują również tzw. owocniki ślepe. Powstają one poprzez parcie grzybni na zabliznioną tkankę sęku i mają postać lekkiego wybrzuszenia na korze. Na jednej sosnie może być ich wiele. Dodatkowym wskaźnikiem porażenia może być również zjawisko tzw. pustowości, dające na skutek zgnilizny drewna odmienny od drewna zdrowego

odgłos przy opukiwaniu obuchem siekiery. Rozpoznanie dźwięku wymaga jednak sporej wprawy i sprawdza się raczej tylko w starych, przeszlorybnych drzewostanach. Objawem wewnętrznym jest wspomniana już zgnilizna. Czyreń sosnowy powoduje białą jamkową zgniliznę wyłącznie części twardzielowej drewna. Biel funkcjonuje normalnie, dlatego czynności życiowe drzewa przez bardzo długi czas nie są wyraźnie upośledzone. W początkowym stadium zgnilizna ma postać czerwonych półkole w drewnie twardzielowym, później obejmuje już jego całość. Ze statystycznego punktu widzenia większość zgnilizny (około 56%) koncentruje się w odziomkowej części drzewa (do 5 m wysokości), a więc w najcenniejszej części strzały [Zaleski, Wojtowicz 1937; Kotłaba 1984; Ryvardeen, Gilbertson 1994].

Czyreń sosnowy rozmnaża się poprzez zarodniki podstawkowe produkowane w owocnikach. Aby doszło do infekcji, zarodnik musi upaść na drewno twardzielowe, najczęściej na sęk. Właśnie z tego powodu zagrożone są dopiero sosny około 40-letnie (proces wytwarzania twardej części zaczyna się u sosny w wieku około 25 lat, ale twardziel gałęziowa łączy się z pniową dopiero w wieku 35-40 lat) [Percival 1933].

Materiał i metody

Badania przeprowadzono we wrześniu 2009 roku w dwóch drzewostanach sosnowych znajdujących się na terenie Nadleśnictwa Radziwiłów. Wykorzystano w nich drzewa należące do V (Uroczysko Biała Góra, wydzielanie 34h, wiek 99 lat, bonitacja II, przeciętna pierśnica 36 cm, przeciętna wysokość 23,5 m, siedlisko BMśw, udział sosny 10) i VII klasy wieku (Uroczysko Budy Stare, wydzielanie 20d, wiek 123 lata, bonitacja III, przeciętna pierśnica 38 cm, przeciętna wysokość 24 m, siedlisko BMśw, udział sosny 10). Do badań wytypowano łącznie 60 drzew, po 30 na każdej z powierzchni badawczych. Wszystkie drzewa zajmowały takie same stanowiska biosocjalne (należały do II klasy Krafra) oraz rosły w odległości równej co najmniej podwójnej przeciętnej wysokości drzewa od krawędzi drzewostanu. Połowę z nich stanowiły okazy wykazujące zaawansowane objawy występowania czyrenia sosnowego, zaś drugą połowę osobniki zdrowe, niewykazujące śladów infekcji. Podczas kwalifikowania drzew do badań jako pewny i niepodważalny dowód występowania czyrenia sosnowego przyjęto obecność na pniu owocników normalnych tego grzyba. Drzewa zdrowe były kwalifikowane na podstawie braku objawów zewnętrznych infekcji czyreniem sosnowym (owocniki normalne lub ślepe) oraz braku występowania zjawiska pustowatości podczas opukiwania pnia obuchem siekiery. Ostateczna weryfikacja drzew zdrowych następowała z chwilą pobrania z pnia wywiertu drewna. Jeśli nie było widać na nim aż do rdzenia śladów białego jamkowego rozkładu drewna (zgnilizny czerwonej), drzewo kwalifikowano jako zdrowe i przeznaczano do badań. W przypadku stwierdzenia obecności śladów rozkładu drewna drzewo było wykluczane z dalszych badań.

Z pnia każdego z drzew poddanych badaniom pobierano na wysokości pierśnicy jeden wywiert. Posługiwano się w tym celu świdrem przyrostowym Presslera o długości 40 cm. W przypadku drzew chorych wywiert obejmował zdrową, bielastą część drewna z dobrze widocznymi przyrostami radialnymi oraz rozłożoną przez grzybnię część twardzielową drewna, w obrębie której przyrosty nie były widoczne, względnie były częściowo widoczne wyłącznie w jej najmłodszej części. W przypadku drzew zdrowych starano się pobierać wywierty sięgające aż do rdzenia pnia, z widocznymi przyrostami radialnymi zarówno w bielastej, jak i twardzielowej części drewna.

Wywierty przewieziono do laboratorium Samodzielnej Pracowni Dendrometrii i Nauki o Produktowości Lasu i poddano analizie. Oceniono wygląd części bielastej oraz nieuszkodzonej części twardzielowej drewna pochodzącego z drzew zainfekowanych przez czyreń sosnowy, ze szczególnym uwzględnieniem obecności w nim przebarwień mogących mieć związek z obec-

nością w drewnie grzybni tego grzyba. Następnie próbki drewna przyklejono do drewnianych podkładek i po wstępnym przygotowaniu (wygładzenie powierzchni) zeskanowano i pomierzono szerokość przyrostów radialnych. Posłużono się w tym celu programem CooRecorder należącym do pakietu CDendro (www.cybis.se). Sprawdzone zgodność datowania sekwencji osobniczych za pomocą programu COFECHA [Grissino-Mayer 2001] z biblioteki DPL. Utworzono cztery chronologie rzeczywiste – dla drzew chorych i zdrowych z uroczysk Biała Góra oraz Budy Stare. Wielkość przyrostów radialnych drzew zdrowych i chorych z każdego drzewostanu scharakteryzowano za pomocą miar statystycznych. Średnie wielkości przyrostów porównano za pomocą testu t-Studenta dla prób zależnych, po uprzednim zbadaniu normalności rozkładu różnic między przyrostem drzew zdrowych i chorych w poszczególnych latach testem normalności Shapiro-Wilka. Istotność różnic rozpatrywano przy poziomie istotności 0,05. Analizy statystyczne przeprowadzono w pakiecie Statistica v.13 (Dell Inc).

Wyniki

Na podstawie oceny wzrokowej pobranych wywiertów stwierdzono w przypadku przeważającej większości próbek pobranych z drzew chorych obecność w drewnie bielastym oraz w nieuszkodzonym drewnie twardzielowym wyraźnych charakterystycznych brunatnych oraz ciemnoszarych przebarwień występujących na granicy z drewnem rozłożonym.

Na podstawie pomiarów szerokości przyrostów radialnych na wywiertach pobranych z drzew stwierdzono, że średnia szerokość przyrostów rocznych była w pewnych okresach – w przypadku drzew zdrowych – zauważalnie wyższa niż w przypadku drzew, u których stwierdzono obecność czyrzenia sosnowego (tab., ryc.). Prawdopodobnie ta dotyczyła zarówno sosen z Uroczyska Biała Góra (V klasa wieku), jak i z Uroczyska Budy Stare (VII klasa wieku). W przypadku drzew należących do V klasy wieku średnia szerokość przyrostu rocznego w okresie ostatnich 30 lat wynosiła 1,08 mm dla drzew zdrowych i 0,94 mm dla drzew chorych (o 13% mniej). Natomiast w przypadku drzew należących do VII klasy wieku średnia szerokość przyrostu rocznego w okresie ostatnich 30 lat wynosiła 0,98 mm dla drzew zdrowych i 0,81 mm dla drzew chorych (o 17,3% mniej).

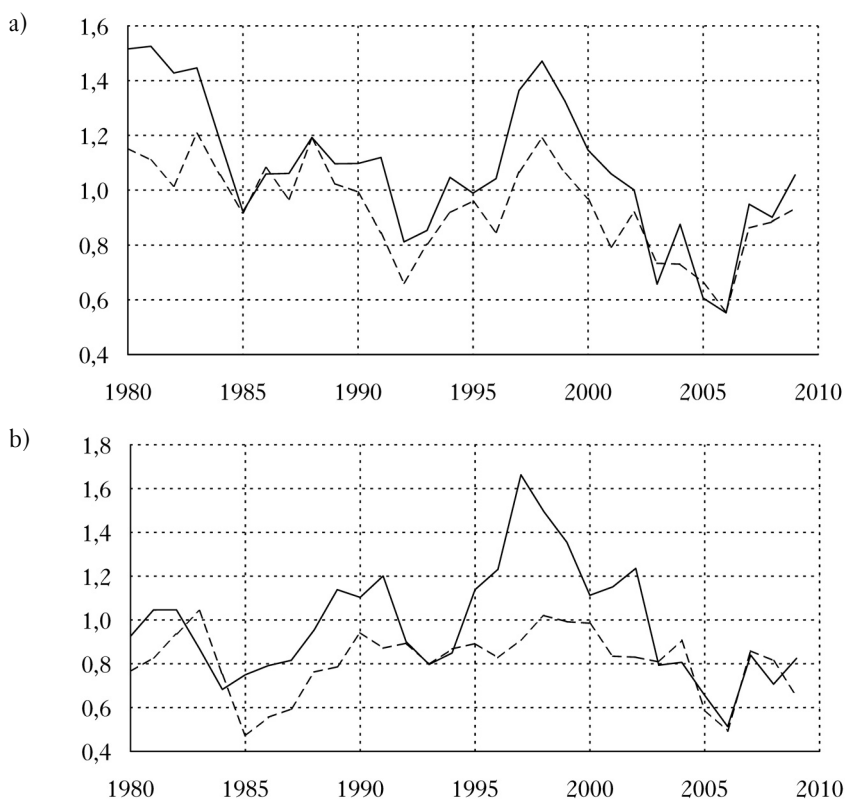
Porównano również korelację między chronologiami rzeczywistymi przyrostów rocznych sosny: pomiędzy drzewami chorymi i zdrowymi w obrębie poszczególnych drzewostanów oraz pomiędzy tymi samymi kategoriami zdrowotności w obu drzewostanach. W największym stopniu skorelowane są chronologie rzeczywiste pomiędzy drzewami zdrowymi i chorymi z tych samych drzewostanów (drzewostan Budy Stare $r=0,62$, drzewostan Biała Góra $r=0,88$ – korelacje istotne). W przypadku porównania zgodności chronologii między drzewostanami istnieje większa

Tabela.

Średnia (M), odchylenie standardowe (SD) i zakres (Min-Max) wartości przyrostów radialnych [mm] drzew zdrowych (Z) i chorych (Ch) w okresie 1980-2009 wraz z wynikami testów Shapiro-Wilka i t-Studenta dla prób zależnych

Mean (M), standard deviation (SD) and range (Min-Max) of the tree ring width [mm] of healthy (Z) and sick (Ch) trees in the period 1980-2009 as well as the results of Shapiro-Wilk normality test and Students paired test

		M	SD	Min-Max	Shapiro-Wilk	Student
Biała Góra	Ch	0,94	0,17	0,56-1,21	W=0,960	t=-5,719
	Z	1,08	0,26	0,55-1,53	p=0,304	p<0,001
Budy Stare	Ch	0,81	0,15	0,47-1,04	W=0,965	t=-4,567
	Z	0,98	0,26	0,51-1,66	p<0,402	p<0,001



Ryc.

Porównanie chronologii rzeczywistych drzew chorych (linia przerywana) i zdrowych (linia ciągła) w drzewostanach Biała Góra (a) i Budy Stare (b)

Comparison of the raw chronologies of sick (dashed line) and healthy (solid line) trees in Biała Góra (a) and Budy Stare (b) stands

zgodność korelacji pomiędzy drzewami zdrowymi ($r=0,58$ – korelacja istotna). Brak jest natomiast zgodności pomiędzy drzewami chorymi rosnącymi w obu drzewostanach ($r=0,33$ – korelacja nieistotna).

Dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań potwierdzono, że czyreń sosnowy rozkłada wyłącznie drewno twarde sosny zwyczajnej. Na żadnej z pobranych próbek drewna nie stwierdzono śladu rozkładu w jego części bielastej. Jest to zgodne z informacjami zawartymi w literaturze [Černý 1989; Schwarze i in. 2000; Mańka 2005; Sierota, Szczepkowski 2014]. W części bielastej drewna drzew zainfekowanych przez czyreń sosnowy (a także w najmłodszych partiach jeszcze nierozłożonego przez grzyba drewna twardego) stwierdzono natomiast zmiany makroskopowe w postaci licznych brunatnych i ciemnoszarych przebarwień. Występowanie tego zjawiska potwierdzają badania przekrojów poprzecznych pni sosny zainfekowanych przez czyreń sosnowy, w których stwierdzono, że choć rozkład drewna ogranicza się wyłącznie do drewna twardego, to ślady obecności grzybni patogenu są widoczne również w drewnie bielastym, a także w kambium oraz korze jako wspomniane liczne brunatne przebarwienia okolone szarą linią demarkacyjną o szerokości 1-5 cm [Stala 2015]. Przypuszczalnie świadczą one o nasyceniu tka-

nek substancjami ograniczającymi lub uniemożliwiającymi rozkład drewna. Z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że są to głównie związki fenolowe. W drewnie sosny zwyczajnej wykryto obecność co najmniej 41 takich związków [Zarzyński 2009a]. Stwierdzono, że co najmniej 8 z nich wpływa spowalniająco na tempo jego rozkładu [Zarzyński 2009b]. Najprawdopodobniej to między innymi właśnie ich obecność w drewnie bielastym zainfekowanych przez ten patogen sosen sprawia, że nie ulega ono rozkładowi.

Brak widocznego rozkładu drewna w jego części bielastej nie oznacza jednak, że obecność patogenu nie wpływa na jego rozwój. Można bowiem przypuszczać, że grzybnia czyrenia wydalą do organizmu swego żywiciela rozmaite toksyczne substancje będące produktami przemiany materii budujących ją komórek – zjawisko to w odniesieniu do różnych grzybów rozkładających drewno jest znane i opisywane w literaturze [Schwarze i in. 2000]. Wymiernym tego rezultatem może być upośledzenie zdolności przyrostowych tkanki merystematycznej w zakresie tworzenia rocznych przyrostów pnia na grubość. Przeprowadzone w niniejszej pracy badania wykazały kilkunastoprocentowe zmniejszenie się średniej szerokości rocznych przyrostów drzew zainfekowanych w stosunku do drzew zdrowych rosnących na tej samej powierzchni badawczej. Przypuszczalnie mogą za to odpowiadać bliżej niezidentyfikowane substancje chemiczne wydalone do kambium przez rozrastającą się grzybnię czyrenia sosnowego. Ostateczne zweryfikowanie tej teorii wymagałoby jednak przeprowadzenia dalszych badań, w tym szczegółowych analiz biochemicznych i identyfikacji konkretnych związków wydzielanych przez czyreń sosnowy, które mogą być odpowiedzialne za zmniejszenie aktywności kambium u porażonych drzew.

Stwierdzono również, że w przypadku drzew z VII klasy wieku zmniejszenie się szerokości przyrostów rocznych w drewnie bielastym jest o wiele większe niż w przypadku okazów pochodzących z drzew V klasy wieku. Może to oznaczać, że zależność ta postępuje wraz z wiekiem drzewostanów i jest szczególnie widoczna w drzewostanach przeszlorybnych, np. w rezerwatach sosnowych. Wiadomo również, że wraz z wiekiem drzewostanu wzrasta liczba drzew zainfekowanych przez czyreń sosnowy [Burkot-Klonowa 1974; Mańka 2005]. Badania przeprowadzone przez Piętkę i Dobrowolską [2009] w obszarze ochrony ścisłej „Nart” w Kampinoskim Parku Narodowym wykazały, że aż połowa rosnących tam sosen w wieku powyżej 200 lat jest zainfekowana przez czyreń sosnowy. Z kolei według Bernadzikiego [2003] w niektórych 160-letnich drzewostanach sosnowych odsetek zainfekowanych drzew może sięgać nawet 100%.

Zbadano również korelację między chronologiami rzeczywistymi przyrostów rocznych sosny z obydwu stanowisk w obrębie tych samych kategorii zdrowotności. Stwierdzono istotną statystycznie zależność korelacyjną ($r=0,576$) pomiędzy chronologiami dla drzew zdrowych. W przypadku drzew chorych zależności takiej nie stwierdzono. Pozwala to domniemywać, że na przyrost drzew chorych wpływa dodatkowy czynnik, inny niż klimatyczny, zaburzający rytmikę ich przyrostów radialnych. Czynnikiem tym może być obecność w drewnie grzybni czyrenia sosnowego.

Jak wynika z uzyskanych rezultatów badań, w ostatnim okresie przyrostu (lata 2002-2009) drzewa chore praktycznie nie różniły się wielkością przyrostów radialnych od drzew zdrowych. Zależność ta występowała w obu badanych drzewostanach różniących się od siebie wiekiem (V i VII klasa wieku), co może wskazywać, że wpływ na to miały czynniki uniwersalne dla obszaru większego niż pojedyncze wydzielenie, a więc najprawdopodobniej o podłożu meteorologicznym. Analiza okresowych sum opadów atmosferycznych oraz średnich wartości temperatury powietrza dla badanego obszaru, uzyskanych na podstawie bazy danych CRU TS 4.02 [Harris i in. 2013], wskazuje, że suma opadów w miesiącach kwiecień-czerwiec (a więc okresie, w którym odbywa się najintensywniejszy przyrost radialny sosny zwyczajnej) była począwszy od 2003 roku znacząco niższa od średniej wieloletniej. W sposób szczególny dotyczy to wyjątkowo su-

czego roku 2003 (suma opadów równa 69% średniej wieloletniej), jak również lat 2005 (85%), 2006 (86%) oraz 2008 (68%). Jednocześnie w tym okresie odnotowano stosunkowo wysokie wartości średniej temperatury miesięcznej, wyższe od średniej wieloletniej (dla 2002 roku o 1,5°C, dla 2003 o 0,8°C, dla 2006 o 0,5°C, dla 2007 o 1,6°C, dla 2008 o 0,7°C i dla 2009 o 0,6°C). Okres kilku ciepłych i stosunkowo suchych lat następujących niemal po sobie może tłumaczyć ogólne osłabienie drzew, stanowiące dodatkowy czynnik potencjalnie zaburzający rytmikę przyrostów radialnych sosny.

Na podstawie wyników badań można wstępnie założyć, że szkody powodowane przez czyreń sosnowy nie ograniczają się wyłącznie do białego jamkowatego rozkładu drewna twardego. Obecna w pniu grzybnia może wpływać na wydajność tkanki merystematycznej, ograniczając wielkość przyrostów rocznych w obrębie najmłodszej, fizjologicznie najbardziej aktywnej części drewna, co z kolei wydaje się być nieobojętne dla prawidłowego funkcjonowania całego drzewa. Tym samym czyreń sosnowy może być jednym z czynników ograniczających naturalny wiek sędziwych sosen i przyspieszających ich zamieranie. W celu potwierdzenia tej teorii uzasadnione byłoby jednak przeprowadzenie dalszych badań na większej liczbie drzewostanów sosnowych należących do V i starszych klas wieku oraz obserwacji losowo wybranej grupy drzew polegającej na zbadaniu na przestrzeni kilku lat ich reakcji przyrostowej.

Wnioski

- ✦ Czyreń sosnowy rozkłada wyłącznie drewno twarde sosny zwyczajnej. Drewno w części bielastej nie ulega rozkładowi, ale w następstwie obecności w nim grzybni czyrenia może przebarwiać się na kolor brunatny lub szary.
- ✦ Sosny, u których stwierdzono występowanie czyrenia sosnowego połączone z zaawansowanym rozkładem białym jamkowatym części twardej drewna, wykazują w niektórych okresach mniejsze roczne przyrosty grubości pnia niż drzewa zdrowe. Zależność ta dotyczy badanych drzew zarówno V, jak i VII klasy wieku.
- ✦ Można wstępnie założyć, że obecność grzybni czyrenia sosnowego wpływa osłabiająco na aktywność kambium, przyczyniając się do jego mniejszej wydajności, a tym samym zmniejszenia się wielkości rocznych przyrostów drewna, co z kolei może doprowadzić do upośledzenia funkcji fizjologicznych sędziwych drzew i przyspieszenia procesu ich zamierania. Znacząco wpływa również na zaburzenie rytmiki przyrostów radialnych drzew w porównaniu do okazów zdrowych. Potwierdzenie tego wniosku wymaga jednak przeprowadzenia dalszych badań w większej liczbie drzewostanów sosnowych pochodzących z różnych lokalizacji geograficznych i na większej liczbie drzew.

Literatura

- Bernadzi E. 2003. Struktura wieku i zagrożenie zgnilizną drewna starych drzewostanów sosnowych. *Sylwan* 147 (5): 3-12.
- Burkot-Klonowa L. 1974. Mikoflora sęków sosny zwyczajnej jako czynnik regulujący porażenie sosny zwyczajnej przez grzyb *Phellinus pini* (Chore ex Fr.) Pilát. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 160: 151-177.
- Butin H. 1995. *Tree diseases and disorders: causes, biology, and control in forest and amenity trees.* University Press, Oxford.
- Černý A. 1989. *Parazitické dřevokazné houby.* Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČR ve Státním zemědělském nakladatelství. Praga.
- Filipowski B. 1937. Zwalczenie huby sosnowej (*Trametes pini*). *Las Polski* 2: 80-89.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. Evaluating cross-dating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree Ring Research* 57: 205-221.
- Harris I., Jones P. D., Osborn T. J., Lister D. H. 2013. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *Int. J. Climatol.* 34: 623-642.

- Kotlaba F. 1984. Zemepisné rozšírení a ekologie chorošu (Polyporales s. l.) v Československu. Ved. Cesk. Akad. Praha. Lešnictvo. 2017. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Mańka K. 2005. Fitopatologia leśna. Wyd. VI. PWRiL, Warszawa.
- Möller A. 1904. Über die Notwendigkeit wirksamer Bekämpfung des Kieferbaumschwammes, *Trametes pini* Fries. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen.
- Orłoś H. 1935. Sprawozdanie z działalności Instytutu Badawczego LP w dziedzinie fitopatologii za rok 1933. Instytut Badawczy Lasów Państwowych. Rozprawy i Sprawozdania A 11: 1-19.
- Percival 1933. A contribution to the biology of *Fomes pini* (Thore) Lloyd. N.Y. State Coll. Forestry. Syracuse Univ. Techn. Pub. 40: 5-72.
- Piętka J., Dobrowolska B. 2009. Stopień porażenia sosen *Pinus sylvestris* L. przez czyżenie sosnowego *Phellinus pini* (Brot.: Fr.) A. Ames w obszarze ochrony ścisłej „Nart” w Kampinoskim Parku Narodowym. Parki Nar. Rez. Przyr. 28 (2): 3-14.
- Poller S., Storkan O. 1978. Decay of pine wood by *Trametes pini*. Holztechnologie 19: 107-111.
- Ryvarden L., Gilbertson R. L. 1994. European Polypores. Part II. Grønlands Grafiske A/S, Oslo.
- Schwarze F. W. M. R., Enges J., Mattheck C. 2000. Fungal strategies of wood decay in trees. Springer, Berlin.
- Sierota Z., Szczepkowski A. 2014. Rozpoznawanie chorób infekcyjnych drzew leśnych. CILP, Warszawa.
- Stala A. 2015. Biology of *Phellinus pini* (brot.: fr.) A. Ames on *Pinus sylvestris* L. (Opole province, SW Poland). Nature Journal Opole Scientific Society 48: 70-82.
- Szewczyk W. 2018. Ekonomiczne i energetyczne skutki występowania huby sosny w drzewostanach północno-zachodniej Polski. Acta Sci. Pol., Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 17 (1): 55-59.
- Zaleski K., Wojtowicz A. 1937. Z badań nad hubą sosnową (*Trametes pini* (Brot.) Fr.) i o sposobach jej zwalczania. Roczn. Nauk. Roln. i Leśn. 41: 345-351.
- Zarzyński P. 2009a. Identyfikacja i analiza ilościowa substancji o charakterze fenolowym naturalnie występujących w drewnie wybranych gatunków drzew europejskich i egzotycznych. Leś. Pr. Bad. 70 (1): 27-39.
- Zarzyński P. 2009b. Ocena zależności między występowaniem w drewnie substancji o charakterze fenolowym a jego rozkładem przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznych i pasożytniczych. Leś. Pr. Bad. 70 (2): 113-122.