

Przyrost radialny jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Puszczy Iłżeckiej

Diameter increment of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Iłżecka Forest

Ryszard Bis¹✉, Dorota Dobrowolska²

¹Nadleśnictwo Starachowice, ul. Krywki 14d, 27–200 Starachowice

²Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ekologii Lasu, Sękocin Stary, Braci Leśnej 3, 05–090 Raszyn

✉ Tel./Fax +48 41 274 76 20; e-mail Ryszard.Bis@wp.pl

Abstract. A study of diameter increment of silver fir was conducted at two sites characteristic of fresh mixed broadleaved and fresh broadleaved woodland in the Iłżecka Forest in central Poland. The aim of the investigation was to follow a tree-ring width series of silver fir, with the objective of identifying the relationship between diameter increment of silver fir and climatic factors. The mean tree-ring width of 15 trees sampled in Iłżecka Forest was 2.66 mm, which is similar to the increment of fir tree rings from the Świętokrzystkie Mountains. The mean diameter increment of fir growing at the fresh broadleaved site was significantly higher than at the fresh mixed broadleaved site. Silver fir is very sensitive to harsh winters, hence after those long and severe winters in 1929, 1940, 1947, 1952 and 1956 the tree-rings were very narrow. The mean tree-ring width was higher for following periods, 1888–1962 and 1986–2005, compared with 1963–1985 when tree rings were very narrow. The process of recovery was evident from the beginning of 1980, probably due to the decrease in the SO₂ emissions. During the twentieth century, warmer temperatures and nitrogen deposition have led to an increase in diameter growth of silver fir. Diameter growth of silver fir growing in the Iłżecka Forest decreased less than it did in other regions in Poland during a general fir decline between 1971 and 1980. The better growth of fir in Iłżecka Forest supports the assertion that it is well adapted to the local environmental conditions there.

Key words: climatic factors, fresh mixed broadleaved woodland, growth, fir decline, fir recovery

1. Wstęp

Roczny przyrost drzew na grubość zależy od wielu czynników, między innymi właściwości osobniczych drzew, wieku drzew, zabiegów hodowlanych i warunków środowiskowych. Właściwości genetyczne drzew, stanowiące o potencjalnych możliwościach przyrostu na grubość, są modyfikowane przez czynniki środowiskowe (Niedzielska 1986; Feliksik, Wilczyński 2004). Obok uwarunkowań siedliskowych i genetycznych, w ostatnich dziesięcioleciach obserwowany jest również wpływ działalności człowieka, w postaci emisji zanieczyszczeń. Jednak zarówno dziś, jak i w przeszłości najbardziej istotnym elementem decydującym o wielkości przyrostu są czynniki klimatyczne: opady i temperatura (Zielski, Krapiec 2004). Przyrosty roczne pozwalają na uzyskanie informacji o reakcjach przyrostowych drzew na zmiany warunków środowiska (Spiecker 2002). Jodła pospolita jest gatunkiem charakteryzującym się silnym sygnałem dendrochronologicznym o

dużym zasięgu geograficznym (Becker, Giertz-Siebenlist 1970; Szychowska-Krapiec 2000).

Drzewa tego samego gatunku rosnące w tych samych warunkach środowiskowych, głównie w odniesieniu do warunków klimatycznych, mają podobny wzór przyrostowy, widoczny u wszystkich drzew w postaci następstwa szerokich i wąskich słoików (Feliksik et al. 2000; Manetti, Cutini 2006). Wśród czynników środowiskowych oddziałujących na życie drzewa tylko warunki glebowe są stosunkowo stałe (Czarnowski 1989). Pozostałe czynniki środowiskowe są zróżnicowane głównie z powodu zmiennych warunków meteorologicznych, występujących gradacji owadów, zanieczyszczeń powietrza i innych. Warunki meteorologiczne, a szczególnie opady atmosferyczne i temperatura powietrza, w istotny sposób kształtują wielkości rocznych przyrostów drewna (Feliksik et al. 2000). Jodła jest bardzo wrażliwa na zmiany wilgotności oraz suszę (Battipaglia et al. 2009), jednak badania prowadzone w Nadleśnictwie Wichrowo nie potwierdziły tej tezy (Koprow-

ski, Gławenda 2007). Gatunek ten wykazuje również dużą wrażliwość na mrozy zimowe, objawiającą się zmniejszeniem przyrostu na grubość w następnym roku po wystąpieniu bardzo niskich temperatur w ziemi (Feliksik 1986; Kern, Popa 2007; Opała 2009).

O szerokości słoików rocznych decydują również warunki geograficzne. Szerokość słoików rocznych jodły pochodzenia sudeckiego i karpackiego oraz świętokrzyskiego jest różna. Szerokość słoja w drewnie jodły sudeckiej jest mniejsza niż w dwóch pozostałych regionach (Niedzielska 1986). Długość korony jodły także ma wyraźny wpływ na szerokość przyrostu rocznego, szerokość strefy drewna późnego oraz gęstość drewna (Niedzielska 1986). Optymalna jest długość korony powyżej 60%, wówczas szerokości przyrostu rocznego są największe. Wyraźne załamanie szerokości przyrostu rocznego oraz szerokości strefy drewna późnego następuje przy długości korony poniżej 40% (Niedzielska 1986). Przyrost na grubość jodeł rosnących w Świętokrzyskim Parku Narodowym przy ubytku aparatu asymilacyjnego do 40% był większy niż w przypadku jodeł o defoliacji większej od 40% (Podlaski 2000).

Głównym celem badań było poznanie przyrostu jodły na grubość na terenie Puszczy Iłżeckiej. Badania miały również na celu określenie czynników środowiskowych wpływających na przyrost radialny jodły na granicy Gór Świętokrzyskich i Pogórza Iłżeckiego oraz poznanie reakcji przyrostowej jodły na zmiany środowiska.

2. Obiekt badań

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Starachowice w drzewostanach z udziałem jodły. Lasy Nadleśnictwa Starachowice położone są na pograniczu Gór Świętokrzyskich i Przedgórze Iłżeckiego. Leżą w dolinie rzeki Kamiennej i są pozostałością dawnej Puszczy Świętokrzyskiej. W omawianym regionie termiczne pory roku rozpoczynają się w następujących dniach: wiosna około 11 kwietnia, lato 11 czerwca, jesień 1 września, zaś zima około 1 grudnia. Czas trwania zimy wynosi przeciętnie 90–100 dni w roku, lato trwa około 80 dni. Opady atmosferyczne wynoszą średnio około 570–650 mm rocznie, najmniejszą ilość opadów notuje się w lutym, a największą w lipcu. Pokrywa śnieżna zalega około 80 dni. Wiatry wieją przeważnie z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego i charakteryzują się różną intensywnością i natężeniem (Woś 1999). Dane klimatyczne z lat 1881–1999 ze Stacji Meteorologicznej Kielce-Suków przedstawiono w tabeli 1.

Pomiary przeprowadzono w 2005 r. na 2 powierzchniach badawczych zlokalizowanych w leśnictwie Kuterzy w oddz. 43b i 68d. Powierzchnie położone były na

siedlisku Lśw (oddz. 43b) i LMśw (oddz. 68d). Wybrane powierzchnie są gospodarczymi drzewostanami nasennymi pochodzenia naturalnego. Głównym gatunkiem jest jodła pospolita w obu drzewostanach. Skład gatunkowy pierwszego drzewostanu (oddz. 43b) jest następujący: 8Jd (115 lat), 1Jd (90 lat), 1So (115 lat). Pojedynczo rośnie Jd (40 lat), a miejscami Db (115 lat). W podszycie występują: grab, leszczyna, dąb oraz jodła. Przeciętna pierśnica dla jodły wynosi w obu drzewostanach 40 i 31 cm, a wysokość 29 i 26 m. Sosna osiąga pierśnicę 37 cm i wysokość 29 m. Bonitacja dla jodły wynosi II, zadrzewienie 0,5. Badany drzewostan rośnie na glebie opadowo-glejowej właściwej (gatunek gleby: glina piaszczysta / glina lekka). Skład gatunkowy drugiego drzewostanu (oddz. 68d) przedstawia się następująco: 6Jd (110 lat), 2Jd (150 lat), 1Db (110 lat), 1Jd (80 lat). Miejscami rośnie So, Gb i Db (85 lat) oraz Brz (40 lat). Pojedynczo występuje Gb (50 lat). W drzewostanie stwierdzono 3-letni nalot jodłowy oraz podszyt grabu, leszczyny, jodły i bzu czarnego. Przeciętna pierśnica jodły wynosi 39 cm, a wysokość 28 m. Starsza jodła ma pierśnicę 53 cm, a wysokość 31 m. Bonitacja wynosi II, zadrzewienie 0,4. Drzewostan rośnie na glebie opadowo-glejowej właściwej (gatunek gleby: piaski gliniaste mocne/gliny średnie).

Tabela 1. Dane klimatyczne – Stacja Meteorologiczna Kielce – Suków*

Table 1. Climatic data from meteorological station in Kielce – Suków

Okres pomiaru (lata)* / Period (years)*				
1881–1930	1951–1980	1981–1990	1991–1995	1996–1999
Średnia roczna temperatura powietrza (°C) Mean annual temperature (°C)				
7,5	7,2	7,4	7,7	8,4
Średnia roczna suma opadów (mm) Mean annual precipitation				
653	650	569	569	599
Średnia miesięczna temperatura powietrza – styczeń (°C) Mean monthly temperature – January (°C)				
-3,5	-3,9	-3,2	-1,0	-0,6
Średnia miesięczna temperatura powietrza – lipiec (°C) Mean monthly temperature – July (°C)				
18,0	17,3	17,2	18,8	19,6
Średnia miesięczna suma opadów – styczeń (mm) Mean monthly precipitation – January (mm)				
40	43	37	35	22
Średnia miesięczna suma opadów – lipiec (mm) Mean monthly precipitation – July (mm)				
97	94	77	52	39

* Wybór przedziałów był podyktowany dostępem do materiałów źródłowych
The choose of ranges was connected with accessibility to meteorological data.

3. Metodyka badań

Wielkość przyrostu radialnego jodły określono na podstawie danych z pomiaru wywiertów pobranych z 30 drzew. Wywierty pozyskano z drzew na wysokości 1,3 m przy użyciu świdra Presslera (po dwie próbki z dwóch przeciwległych stron jednego drzewa). Na każdej powierzchni pobrano wywierty z 15 jodeł. Wybór drzew do badań był systematyczno-losowy w celu ograniczenia wpływu na przyrost grubości innych czynników niż region występowania i siedlisko. Do pobrania próbek typowano drzewa bez oznak chorobowych z warstwy drzew panujących, z prawidłowo rozwiniętą koroną, bez śladów uszkodzeń pnia i wad pokrojowych oraz w jedynych warunkach występowania.

Przeciętny wiek operatowy jodeł wynosił 110–115 lat. Pomiary szerokości słoju rocznych wykonano z dokładnością do 0,01 mm przy użyciu elektronicznego przyrostomierza firmy BIOTRONIK (model BEPD 4) połączonego z komputerem, wykorzystując program „Przyrost”. Prawidłowość datowania i synchronizacji czasowej słoju (podobieństwa sekwencji słoju) każdego wywiertu wszystkich badanych drzew, w celu określenia zgodności przyrostów, wykrycia wypadłych lub podwójnych słoju sprawdzono przy użyciu pakietu programów DPL (Dendrochronology Program Library) program COFECHA, który analizuje każdą serię pomiarów z chronologią wzorcową i porównuje wartości współczynników korelacji (Chojnacka-Ożga 2002). Wskazany pakiet programów komputerowych do analizy danych przyrostowych jest udostępniony na stronie www.ltrr.arizona.edu/software.

Dendroskale nigdy nie pokrywają się dokładnie i nawet dla różnych promieni z tego samego drzewa występują różnice w przebiegu krzywych przyrostowych. Anomalie przyrostowe mogą powstawać w przypadku działania ekstremalnych warunków środowiskowych (Ważny 1999). W wyniku weryfikacji odrzucono z dalszych analiz 5 drzew. Dla zweryfikowanych wywiertów przy pomocy programu ARSTAN obliczono średnie szerokości każdego słoju w całym okresie pomiaru dla każdego drzewa, uzyskując tzw. dendroskale rzeczywiste. Wykreślono krzywe dendrochronologiczne zmian szerokości słoju. Obliczono chronologie rzeczywiste (mianowane, rzeczywiste wartości liczbowe) szerokości słoju drzew rosnących na siedliskach LMśw i Lśw oraz uśrednioną z tych dwóch powierzchni lokalną chronologię przyrostową jodły dla całego obszaru badań.

W badaniach obliczono współczynnik przyrostowy – indeks II. Jest to iloraz różnicy szerokości słoju z lat 1971–1980/1951–1960. Badania Zawady i innych (1981) wykazały, że najlepszym sposobem określania i charakteryzowania stanu zdrowotnego jodeł jest porównanie wielkości przyrostu obecnego z przyrostem sprzed

1960 r. Opracowano współczynniki charakteryzujące stopień załamania przyrostu w dużej mierze określające stan zdrowotny drzew panujących. Spadek przyrostu drzew wynika z dwóch zasadniczych przyczyn: pogarszania się ich pozycji biosocjalnej i procesu starzenia. Począwszy od 1960 r. nastąpił gwałtowny spadek przyrostu tego gatunku. Dlatego lata 1951–1960 przyjęto za okres porównawczy. W przypadku współczynnika II istnieje wartość graniczna 0,7, którą można przyjąć za minimalną wartość określającą dobry stan zdrowotny drzew.

Do określenia występowania statystycznie istotnych różnic między średnimi przyrostami radialnymi drzew rosnących na siedlisku LMśw i Lśw przeprowadzono testy *t*-Studenta. W wykonanych testach obliczano wartość testu *t* i poziom istotności (prawdopodobieństwa). Przy poziomie istotności mniejszym od przyjętego możemy mówić, że różnice są istotne statystycznie (Stanisz 2006). Analizy statystyczne wykonano za pomocą pakietu STATISTICA 8.

4. Wyniki badań

Najstarsze drzewo miało 117 lat, najmłodsze 84 lata (wiek pierśnicowy). Badania prowadzono w drzewostanach kilkugeneracyjnych. Z przebiegu krzywych dendrochronologicznych przyrostów grubości dla obu siedlisk wynika, że dendroskale rzeczywiste poszczególnych drzew różnią się szerokością słoju w poszczególnych latach. Jednak jest zauważalne podobieństwo kierunku zmian wielkości słoju w następujących po sobie latach.

Na siedlisku LMśw przyrost minimalny (0,71 mm) zanotowano w roku 1917, natomiast przyrost maksymalny (5,77 mm) – w roku 1922. Na siedlisku Lśw przyrost minimalny (0,43 mm) odnotowano w roku 1978, natomiast przyrost maksymalny (7,55 mm) – w roku 1911. Na rycinie 1 przedstawiono średni przyrost grubości jodeł na siedliskach LMśw i Lśw. Wartości szerokości słoju na siedlisku Lśw są większe od początku okresu pomiaru do końca lat czterdziestych. W okresie 1950–1962 na siedlisku LMśw jodła odłożyła większe przyrosty roczne, w późniejszym okresie szerokości słoju są podobne. Pośrednio właściwości siedlisk można omówić, odnosząc się do wskaźnika przyrostu grubości jodły (indeks II), to znaczy ilorazu różnicy szerokości słoju z lat 1971–1980/1951–1960. Przyjęto, że wartość wskaźnika przyrostu grubości jodły (indeks II) wyższa od 0,7 odnosi się do jodeł o normalnym rozwoju, wskaźnik mniejszy od 0,7 charakteryzuje jodły o zahamowanym przyroście i złej kondycji wzrostowej (Zawada et al. 1981). Wskaźnik przyrostu grubości jodeł rosnących w obszarze badań na siedlisku Lśw wyniósł 0,78,

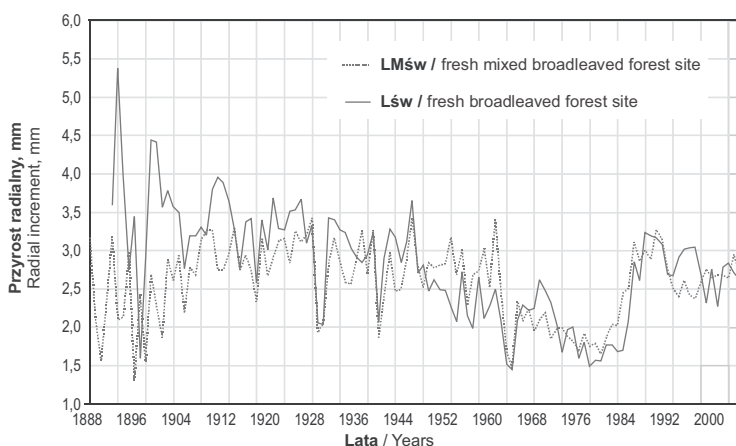
na siedlisku LMśw – 0,66. Jest to wartość uśredniona, wyliczona z chronologii rzeczywistych dla tych siedlisk.

Średni przyrost radialny jodeł na siedlisku LMśw wynosił 2,58 mm (118 przyrostów), a na siedlisku Lśw 2,80 mm (114 przyrostów). Analiza statystyczna wykazała istotną różnicę między wartościami przyrostów rocznych na grubość na siedlisku LMśw i Lśw (wartość $t=2,74$, co odpowiada wartości $p=0,006$).

W Puszczy Iłżeckiej sprzyjające dla jodły były lata 1888–1962 oraz 1986–2005, w których wytworzyły się średnie przyrosty grubości o wartościach większych od wartości przyrostu będącego średnią arytmetyczną chronologii rzeczywistej. Niesprzyjające były lata 1963–1985 z przyrostami poniżej średniej (tab. 2).

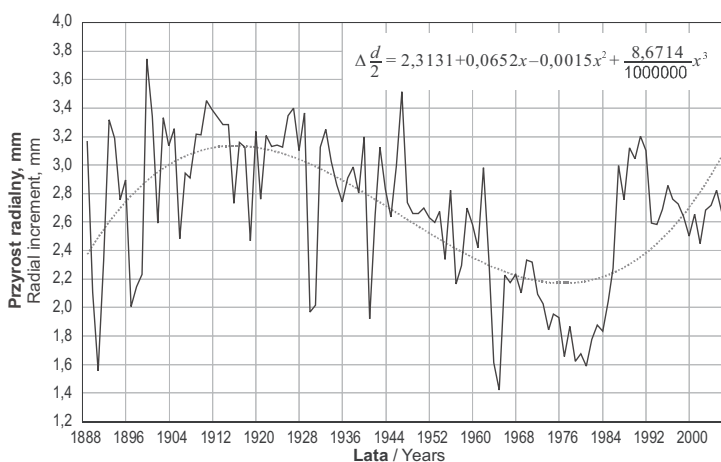
W celu określenia przyrostu radialnego jodły na terenie Puszczy Iłżeckiej obliczono średnie przyrosty dla wszystkich badanych drzew. Przebieg w czasie średnich

przyrostów radialnych (chronologia rzeczywista) jodły rosnącej w Puszczy Iłżeckiej została przedstawiona na rycinie 2. Chronologia rzeczywista szerokości słoju charakteryzuje się zarówno krótko, jak i długookresową zmiennością, zwiększających i zmniejszających się przyrostów grubości. Trendy zarówno wzrastający, jak i spadkowy przyrostu jodły na grubość w całym okresie pomiaru są długookresowe. Od 1888 r. do końca lat dwudziestych ubiegłego wieku jodła wykazywała stały trend wzrastający szerokości słoju (niewielki spadek przyrostów wystąpił w latach 1915–1920; wiek jodły w tym okresie wynosił 25–30 lat). Nieznaczny spadek przyrostów rozpoczął się w latach trzydziestych, bardziej wyraźny pod koniec lat czterdziestych i trwał do początku lat osiemdziesiątych. Od początku lat osiemdziesiątych jodła systematycznie zwiększała roczne przyrosty drewna, nie osiągając jednak wartości szeroko-



Rycina 1. Chronologia rzeczywista jodeł na siedlisku LMśw i Lśw w Puszczy Iłżeckiej

Figure 1. Real chronologies on fresh mixed broadleaved and fresh broadleaved site types in Iłżecka Forest



Rycina 2. Średni przyrost radialny $\Delta(d/2)$ jodeł rosnących w pld-wsch części Puszczy Iłżeckiej: x oznacza wartość zmiennej dla kolejnych przypadków (numerowanych 1, 2, 3, ...) z etykietami oznaczającymi kolejne lata. Pary związane to numer przypadku (rok 1888 to przypadek pierwszy, w miejsce x należy wstawić 1) i średni przyrost. Żeby stosować kolejne lata wówczas we wzorze w miejsce x należy wstawić $(x-1887)$

Figure 2. Mean radial increment $\Delta(d/2)$ of firs growing in south-eastern part of Iłżecka Forest

Tabela 2. Średni przyrost grubości jodły (mm) w przedziałach czasu w Puszczy Iłżeckiej

Table 2. Mean radial increment (mm) of fir in periods in Iłżecka Forest

Przedział czasu (lata) Period (years)	Średni przyrost (mm) Mean radial increment (mm)
1888–1928	2,98
1929–1962	2,70
1963–1985	1,94
1986–2005	2,78
1888–2005	2,66

Tabela 3. Statystyka opisowa chronologii rzeczywistej jodły w Puszczy Iłżeckiej (wszystkie drzewa)

Table 3. Statistic of real radial increment of silver fir in Iłżecka Forest (all trees)

Miary statystyczne Statistics	Chronologia rzeczywista Real radial increment
Analizowany przedział czasowy (lata) Period (years)	1888–2005
Średni przyrost (mm) Mean increment (mm)	2,66
Mediana Median	2,71
Minimalny przyrost (mm) Minimal increment (mm)	1,43
Maksymalny przyrost (mm) Maximal increment (mm)	3,74
Wariancja Variance	0,27
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,52
Współczynnik zmienności Variation coefficient	0,20

kości słoju takich, jak w pierwszym okresie pomiaru. Średni roczny przyrost radialny jodły wyniósł 2,66 mm, odchylenie standardowe 0,52, a współczynnik zmienności 0,20. Według chronologii rzeczywistej dla wszystkich badanych jodeł przyrost minimalny zanotowano w roku 1964 – 1,43 mm, natomiast maksymalny w roku 1899 – 3,74 mm (tab. 3).

5. Dyskusja

W Puszczy Iłżeckiej średni przyrost radialny jodły w badanym okresie wyniósł 2,66 mm. Przyrost jodły na omawianym terenie osiągał podobne wartości jak w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Średni przyrost jodeł w Górach Świętokrzyskich wynosił 2,5 mm (Królicki 2004). Można nawet powiedzieć, że jodła na badanym terenie rosła lepiej niż w sąsiadujących Górach Świętokrzyskich. Badania prowadzone w Nadleśnictwie Zagnańsk (Bronisz et al. 2010) wskazują, że średni przyrost jodły był mniejszy niż w Nadleśnictwie Starachowice i wyniósł 2,13 mm (odchylenie standardowe 0,81 mm). Natomiast średni przyrost jodły w Puszczy Iłżeckiej jest mniejszy niż poza granicami zasięgu występowania tego gatunku. W Nadleśnictwie Wichrowo średni przyrost radialny jodły wyniósł 2,84 mm (Koprowski, Gławenda 2007). Takie porównania średnich przyrostów radialnych obarczone są pewnym błędem. Porównywane wartości średnie przyrostów na grubość jodeł rosnących w różnych terenach nie uwzględniają różnic wynikających z wieku drzewostanów, warunków siedliskowych, stanowiska biosocjalnego drzew itp. Są jednak powszechnie wykorzystywane w ekologii w celu poznania przyrostu radialnego drzew w różnych obszarach leśnych (Opała 2009; Cailleret, Davi 2011).

Jodła w Puszczy Iłżeckiej zareagowała zmniejszeniem przyrostów radialnych w latach 1963–1985. Wartości przyrostów na grubość w stosunku do wartości średniej zmniejszyły się o około 30%, w przypadku pojedynczych drzew nawet powyżej 80%. Przyrost minimalny stwierdzono w roku 1978 (0,43 mm). Należy przypuszczać, że spłot niekorzystnych warunków pogodowych w latach sześćdziesiątych i narastające zanieczyszczenie środowiska doprowadziły do długookresowego osłabienia jodeł, które w konsekwencji spowodowało wyraźne zmniejszenie przyrostów na grubość, trwające aż do połowy lat osiemdziesiątych. W Górach Świętokrzyskich mniejsze przyrosty radialne jodły zanotowano w latach 1975–1990, z maksimum pomiędzy 1980–1985 (Podlaski 2008). Podczas tego okresu średni przyrost grubości jodły starszej był mniejszy od 1 mm, jodły młodszej wyniósł około 1,5 mm. Po 1985 r. jodła stopniowo zwiększała swój przyrost (Podlaski 2008).

W latach 60. i 70. ubiegłego wieku w całym zasięgu występowania jodły obserwowano zjawisko zamierania tego gatunku (Zawada 1978; Dobrowolska 1989; Elling et al. 2009). Badania Zawady i innych (1981) wykazały, że nie było całkowicie zdrowych jodeł w naturalnym zasięgu występowania tego gatunku w Polsce w latach 70. XX wieku. Obniżenie przyrostu radialnego jodły spowodowane było spłotem różnych niekorzystnych czynników, z których najważniejszym było zanieczyszczenie powietrza SO₂ (Elling et al. 2009).

W Puszczy Hłżeckiej, po okresie zahamowania przyrostu, nastąpił wzrost przyrostów radialnych w drugiej połowie lat osiemdziesiątych, który utrzymywał się również w latach dziewięćdziesiątych. Może to świadczyć o poprawie warunków środowiskowych.

W latach 1981–1989 wzrost szerokości słoju *A. alba* obserwowano w całym zasięgu jodły (Niedzielska 1986; Dobrowolska 1998; Zawada 2001). Wysokie wartości przyrostów na grubość w obszarze badań utrzymywały się do roku 1991, dłużej niż przeciętnie w zasięgu, a następnie do końca okresu badawczego (rok 2005), przyrost radialny zbliżony był do wartości średniej.

W latach 1929, 1940, 1947, 1952, 1956 w Puszczy Hłżeckiej stwierdzono węższe szerokości słoju niż w roku poprzedzającym. Podobnie w Górach Świętokrzyskich przyrost radialny jodły załamał się w latach 1929–1934, 1940–1943 (Podlaski 2008; Bronisz et al. 2010). W Świętokrzyskim Parku Narodowym do około 1960 r. jodły (w wieku pierśnicowym od 41 do 300 lat) charakteryzowały się mniej więcej równomiernym przyrostem. W latach 1960–1985 nastąpiło jego silne załamanie, a od 1986 roku regeneracja (Podlaski 2003). Obniżenie przyrostu radialnego było spowodowane niekorzystnymi warunkami pogodowymi, na które jodła jest wrażliwa. W latach 1962–1964 niesprzyjająca pogoda spowodowała gwałtowne obniżenie przyrostu na grubość (Niedzielska 1986; Feliksik et al. 2000; Bronisz et al. 2010). Od końca lat 20. do połowy lat 60. ubiegłego wieku układ warunków klimatycznych był dla jodły wyjątkowo niesprzyjający. Powtarzały się często ostre zimy i inne stresowe układy przypadające na lata 1928, 1929, 1934, 1938, 1940, 1942, 1947, 1954, 1956, 1962, 1963, 1964.

Jodła jest gatunkiem charakteryzującym się wrażliwością na niską temperaturę okresu zimowego, a zwłaszcza na temperaturę lutego, marca i kwietnia, a także na temperaturę końca okresu wegetacyjnego (Opała 2009). Na aktywność kambium jodły oddziałują także warunki pluwalne, zwłaszcza czerwca. Kombinacja szczególnie korzystnych (bardzo mokry i ciepły czerwiec oraz bardzo ciepłe miesiące zimowe – szeroki przyrost) lub szczególnie niesprzyjających warunków (suchy i zimny czerwiec oraz bardzo zimne miesiące zimowe – wąski przyrost) powodowały zmianę szerokości przyrostów jodeł (Opała 2009).

Efekt zanieczyszczenia środowiska (wyrażony jako redukcje przyrostowe lub podwyższone zawartości metali ciężkich w drewnie) miał wyraźny wpływ na spadek siły sygnału klimatycznego chronologii przyrostowych, zwłaszcza w latach 80. i 90. XX wieku (Opała 2009). Ostatnie badania prowadzone w Niemczech potwierdzają tę tezę. Jednym z kluczowych czynników wpływających na przyrost jodły jest emisja SO₂. Drastyczna

redukcja emisji SO₂ w ostatnich dziesięcioleciach istotnie poprawiła warunki środowiska jodły w Europie centralnej (Elling et al. 2009). Ponadto wyższa temperatura powietrza oraz depozyt azotu doprowadziły do zwiększenia przyrostu radialnego jodły w XX w. (Bert 1992; Jaworski 2003a,b; Pinto et al. 2007; Cailleret, Davi 2011).

Jednocześnie u jodeł z przeważającą liczbą stanowisk, w tym ze stanowisk na Świętym Krzyżu w Górach Świętokrzyskich, stwierdzono, że począwszy od lat trzydziestych ubiegłego wieku, w stosunku do lat wcześniejszych, nieznacznie zmienił się rytm corocznej zmienności przyrostów, zmniejszyło podobieństwo przyrostów pomiędzy osobnikami tej samej grupy, a także nastąpiło zachwianie wyraźniejszych poprzednio związków przyrost – klimat. Przypisuje się to z jednej strony szczególnie często powtarzającemu się następstwu lat bardzo niekorzystnych dla jodły pod względem klimatycznym, z drugiej strony wskazuje to na istnienie czynnika pozaklimatycznego, to jest na oddziaływanie przemysłowych zanieczyszczeń środowiska. Po silnym zmniejszeniu przyrostu po roku 1929 jodły zaczęły wytwarzać słoje charakteryzujące się dużą zmiennością szerokości. Zjawisko to mogło być stymulowane narastającym skażeniem środowiska wraz z niekorzystnym układem warunków klimatycznych, w niektórych regionach silniej (Góry Sowie, Bukowiec, Św. Krzyż), w innych słabiej. Taki obraz reakcji przyrostowych drzew przypisuje się efektowi nawożenia, jaki mogą wywoływać osiadające na glebie niektóre pyły przemysłowe. Efekt ten trwa do momentu silnego skażenia środowiska skutkującego obumieraniem drzew (Niedzielska 1986; Feliksik 1986). W latach 1946, 1957, 1961, 1965 w Puszczy Hłżeckiej zanotowano szersze szerokości słoju niż w roku poprzedzającym. Podobne zależności rocznych przyrostów grubości jodeł od warunków termicznych panujących w danym roku obserwowano w Sudetach, Karpatach, Górach Świętokrzyskich i kilku stanowiskach nizinnych: Rudnik, Jata, Manowo (Feliksik 1986; Bronisz et al. 2010).

Jodła pospolita w badanej części Puszczy Hłżeckiej jest dobrze zaadaptowana do lokalnych warunków siedliskowych, o czym mogą świadczyć wartości przyrostów rocznych nieodbiegające od wartości występujących w Górach Świętokrzyskich, w których jodła znajduje warunki rozwoju zbliżone do optymalnych.

6. Wnioski

1. W okresie powszechnego regresu tego gatunku, jodła rosnąca w Puszczy Hłżeckiej wykazywała wyższe wartości wskaźnika przyrostu radialnego (Indeks II) niż w innych regionach Polski.

2. Średni przyrost radialny w Puszczy Iłżeckiej był podobny do przyrostu jodły w Górach Świętokrzyskich, gdzie występują optymalne warunki jej rozwoju.

3. Wartości przyrostu radialnego wskazują na dobre przystosowanie jodły do lokalnych warunków siedliskowych w Puszczy Iłżeckiej.

Podziękowanie

Dziękujemy pracownikom Nadleśnictwa Starachowice za udzieloną pomoc podczas zbierania materiałów do badań.

Literatura

- Battipaglia G., Saurer M., Cherubini P., Siegwolf R., Cotrufo M. 2009. Tree rings indicate different drought resistance of a native (*Abies alba* Mill.) and a nonnative (*Picea abies* (L.) Karst.) species co-occurring at a dry site in Southern Italy. *Forest Ecology and Management*, 257: 820–828.
- Becker B., Giertz-Siebenlist V. 1970. Eine über 1100 jährige mitteleuropäische Tannenchronologie. *Flora*, 159: 310–346.
- Bert D. 1992. Silver fir (*Abies alba* Mill.) shows an increasing long term trend in the Jura mountains, w: Tree rings and environment (ed. O. Eggertsson). Proceedings of the International Dendrochronological Symposium, Ystad, Sweden, 3–9 September 1990. Lund University, *Lundqua Report*, 34: 27–29.
- Bronisz A., Bijak S., Bronisz K. 2010. Dendroklimatologiczna charakterystyka jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) na terenie Gór Świętokrzyskich. *Sylwan*, 154(7): 463–470.
- Cailleret M., Davi H. 2011. Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees – Structure and Function*, 25 (2): 7–39.
- Chojnacka-Ożga L. 2002. Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) rosnącego w Polsce północnej. *Sylwan*, 6: 75–87.
- Czarnowski M. S. 1989. Zarys ekologii roślin lądowych. Warszawa, PWN. ISBN 8301079037
- Dobrowolska D. 1989. Zamieranie jodły wciąż nie wyjaśnione zjawisko. *Sylwan*, 7: 59–67.
- Dobrowolska D. 1998. Zjawisko zamierania jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w naturalnym zasięgu. *Sylwan*, 12: 49–55.
- Elling W., Dittmar Ch., Pfaffelmoser K., Rotzer T. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management*, 257: 1175–1187.
- Feliksik E. 1986. Badania dendroklimatologiczne nad jodłą (*Abies alba* Mill.) z obszarów górskich. Sprawozdanie z realizacji zadania 03.06.03. Maszynopis. Kraków, Akademia Rolnicza. Pracownia Klimatologii Leśnej.
- Feliksik E., Wilczyński S., Podlaski R. 2000. Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych sosny (*Pinus sylvestris* L.), jodły (*Abies alba* Mill.) i buka (*Fagus sylvatica* L.) z Świętokrzyskiego Parku Narodowego. *Sylwan*, 9: 53–64.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2004. Lokalne wzorce przyrostowe daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) w Polsce. *Sylwan*, 12: 3–13.
- Jaworski A. 2003a. Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie i obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny. Cz. I. Zmiany tendencji wzrostowych. *Sylwan*, 147 (6): 99–106.
- Jaworski A. 2003b. Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie i obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny. Cz. II. Przypuszczalne przyczyny zmian tendencji wzrostowych. *Sylwan*, 147 (7): 69–74.
- Kern Z., Popa I. 2007. Climate–growth relationship of tree species from a mixed stand of Apuseni Mts., Romania. *Dendrochronologia*, 24: 109–115.
- Koprowski M., Gławenda M. 2007. Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) na Pojezierzu Olsztyńskim (Nadleśnictwo Wichrowo). *Sylwan*, 11: 35–40.
- Królicki A. 2004. Zróżnicowanie właściwości technicznych drewna *Abies alba* L. i kształtowanie się rynku drewna jodłowego w Polsce. Autoreferat rozprawy doktorskiej. Maszynopis. Warszawa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Użytkowania Lasu.
- Manetti M., Cutini A. 2006. Tree-ring growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in two stands under different silvicultural systems in central Italy. *Dendrochronologia*, 23: 145–150.
- Niedzielska B. 1986. Badania wpływu czynników ekologicznych na stan zdrowotny, kondycję wzrostową drzewostanów jodłowych na nizinach i w górach. Dokumentacja naukowa. Maszynopis. Kraków, Akademia Rolnicza, Katedra Użytkowania Lasu i Drewna.
- Opała M. 2009. Wpływ warunków klimatycznych na kształtowanie się szerokości przyrostu rocznego *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* i *Abies alba* z Ojcowskiego Parku Narodowego. *Prądnik. Prace i materiały Muzeum im. Prof. Władysława Szafera*, 19: 219–230.
- Pinto P.E., Gégout J.C., Hervé J.C., Dhôte J.F. 2007. Changes in environmental controls on the growth of *Abies alba* Mill. in the Vosges Mountains, north-eastern France, during the 20th century. *Global Ecology and Biogeography* 16: 472–484.
- Podlaski R. 2000. Ocena kondycji jodły (*Abies alba* Mill.), buka (*Fagus sylvatica* L.), i sosny (*Pinus sylvestris* L.) starszej generacji za pomocą wskaźnika żywotności, w wybranych drzewostanach Świętokrzyskiego Parku Narodowego. *Sylwan*, 6: 83–88.
- Podlaski R. 2003. Przyrost promienia pierśnicy jodły (*Abies alba* Mill.), buka (*Fagus sylvatica* L.) i sosny (*Pinus sylvestris* L.) w Świętokrzyskim Parku Narodowym. *Acta Scientiarum Polonorum*, 2: 71–79.
- Podlaski R. 2008. Dynamics in Central European near-natural *Abies-Fagus* forests: Does the mosaic-cycle approach pro-

- vide an appropriate model? *Journal of Vegetation Science*, 19: 173–182.
- Spiecker H. 2002. Tree rings and forest management in Europe. *Dendrochronologia*, 20(1–2): 191–202.
- Stanisz A. 2006. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. StatSoft. Kraków.
- Szychowska-Krapiec E. 2000. Późnooloceniński standard dendrochronologiczny dla jodły (*Abies alba* Mill.) z obszaru południowej Polski. *Kwartalnik AGH Geologia*, 26(2): 173–299.
- Ważny T. 1999. Dendrochronologia obiektów zabytkowych w Polsce. Warszawa, SGGW.
- Woś A. 1999. Klimat Polski. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Zawada J. 1978. Przyrostowe objawy regresji jodły. *Sylwan*, 122(12): 7–16.
- Zawada J., Twaróg J., Widera S. 1981. Badania przyczyn i hodowlanych następstw regresji jodły w górach. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa. Maszynopis. Warszawa. Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Zawada J. 2001. Przyrostowe objawy rewitalizacji jodły w lasach Karpat i Sudetów oraz wynikające z nich konsekwencje hodowlane. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa*, Seria A, 922: 79–101.
- Zielski A., Krapiec M. 2004. Dendrochronologia. Warszawa, PWN, 328 s. ISBN 830114226X.