

ARKADIUSZ BRUCHWALD, ELŻBIETA DMYTERKO

Reakcja przyrostowa świerka w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony

Increment reaction of Norway spruce in connection with the crown damage level

ABSTRACT

Bruchwald A., Dmyterko E. 2007. Reakcja przyrostowa świerka w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony. Sylwan 11: 22-34.

The study presents the analysis of the increment of tree diameter at the breast height in connection with two variants of the method of assessment the damage to Norway spruce stands. Variants utilise different assessment criteria. The first one is based on the tree's defoliation, the other one – on the damage index *W* that links defoliation, condition of the tree-top and branching in the middle part of the crown. Detected relations between damage criteria and type of the increment reaction show that index *W* characterises the damage to trees and stands better than feature *A* (defoliation). Therefore, method of assessment the damage to trees and stands based on this parameter is suggested for utilisation in the forestry practice.

KEY WORDS

increment of the diameter at the breast height, increment reaction, criteria of the assessment the damage to trees, defoliation, vitality, tree-top condition, Norway spruce

ADDRESSES

Arkadiusz Bruchwald – Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcyności Lasu; Wydział Leśny SGGW; ul. Nowoursynowska 166; 02-766 Warszawa; e-mail: les_kpl@delta.sggw.waw.pl

Elżbieta Dmyterko – Zakład Urządzania i Monitoringu Lasu; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary; ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn; e-mail: E.Dmyterko@ibles.waw.pl

Wstęp

W Instytucie Badawczym Leśnictwa realizowany jest program badawczy, którego jednym z celów jest opracowanie metody ustalania stref uszkodzenia lasu [Dmyterko, Bruchwald 2007a]. Program dotyczy ważnych gatunków drzew, zarówno iglastych, jak i liściastych, a swym zasięgiem obejmuje lasy całej Polski. Analizie podlegała zwłaszcza korona drzewa, a poznanie jej rozwoju umożliwiło wypracowanie kryteriów, służących do określania uszkodzenia drzew [Gruber 1987, 1992; Dmyterko, Bruchwald 2007a].

W przypadku gatunków drzew iglastych propozycje zmierzają do określenia wskaźnika uszkodzenia drzewa *W* [Dmyterko 1994; Dmyterko, Bruchwald 2007a]. Jego ustalenie wymaga oszacowania 3 cech: cechy *A* opartej głównie na defoliacji, cechy *B*, oceniającej przyrost wysokości w ostatnim okresie i jego ugałczenie oraz cechy *C* (żywołność), szacującej stan ugałczenia środkowej części korony. Wskaźnik uszkodzenia drzewa jest podstawą metody określania uszkodzenia poszczególnych drzewostanów i kompleksu leśnego [Dmyterko, Bruchwald 2007b].

Jeden ze sposobów oceniających przydatność metody określania uszkodzenia drzewostanów polega na przeprowadzeniu oceny powiązania kryteriów uszkodzenia z przyrostem pierśnicy, a do tego można zastosować metodę analizy wariancji. Ocenie podlega stopień powiązania kryteriów uszkodzenia z przyrostem pierśnicy drzew. Problem ten jest celem niniejszej pracy.

Materiał badawczy

Badania oparto na materiale empirycznym zebranych w litych drzewostanach świerkowych nadleśnictw: Węgierska Górka, Ustroń i Wisła, położonych na terenie Karpackiej Krainy przyrodniczo-leśnej oraz w drzewostanach Nadleśnictw Międzylesie z obszaru Krainy Sudeckiej. Materiał zebrano w latach 2004-2006. Ogółem założono 79 powierzchni próbnych, a w poszczególnych nadleśnictwach od 13 do 39. Powierzchnie zakładano w drzewostanach starszych klas wieku, od klasy IV do X. Średnia pierśnica ocenionych drzew waha się tam od 25,5 do 65,4 cm, a średnia wysokość od 14,8 do 41,9 m. Bonitacja, określona modelem wzrostu dla świerka [Bruchwald i in. 1999], jest bardzo zmienna i wynosi od 17,7 do 38,0 m [Dmyterko, Bruchwald 2007b].

W każdym drzewostanie wybrano najczęściej po 10 drzew próbnych, należących w większości do I lub II klasy Krafa. Na drzewie oceniono 3 cechy korony:

- defoliację – cecha *A*,
- stan wierzchołka – cecha *B*,
- żywotność – cecha *C*.

Cechy oszacowano – według szczegółowych kryteriów opracowanych dla każdego stopnia – w czterostopniowej skali, od 0 do 3. Poszczególne stopnie oznaczają: stopień 0 – cechy typowe dla drzewa nieuszkodzonego, stopień 1 – cechy typowe dla drzewa osłabionego, stopień 2 – cechy typowe dla drzewa średnio uszkodzonego, a stopień 3 – cechy typowe dla drzewa uszkodzonego, do obumierającego włącznie [Dmyterko, Bruchwald 2007a].

Oszacowane cechy były podstawą obliczenia przeciętnego wskaźnika uszkodzenia drzewa *W*, wzorem [Dmyterko, Bruchwald 2007b]:

$$W = \frac{1}{3} \cdot (A + B + C)$$

Wskaźnik *W*, podobnie jak cechy *A*, *B*, i *C*, zmienia się od 0 do 3.

Z ocenionych drzew próbnych pobrano z przekroju pierśnicowego wywierty dordzeniowe, na których pomierzono szerokości stojów rocznych. Ogółem wartości rocznych przyrostów pierśnicy określono na ok. 800 drzewach.

Z uzyskanych ocen i pomiarów utworzono bazę danych. Do ich przetwarzania opracowano oryginalne programy komputerowe, pozwalające na określenie rozkładów poszczególnych cech, ich miar położenia i dyspersji oraz zbadanie powiązań między typem reakcji przyrostowej a cechą *A* i wskaźnikiem uszkodzenia drzew *W*.

Wyniki badań

Drzewa reagują na zmiany warunków wzrostu w różny sposób. Badając przyrost pierśnicy drzew w ostatnich 15-20 latach, wyróżniono 3 grupy drzew o odmiennych typach reakcji przyrostowej [Bruchwald, Dmyterko 1999; Dmyterko, Bruchwald 2000a, b; Dmyterko 2006]:

- reagujące dodatnio, a więc zwiększeniem przyrostu pierśnicy (oznaczono 1),
- reagujące ujemnie, a więc zmniejszeniem przyrostu pierśnicy (oznaczono -1),
- nie reagujące, a więc nie zmieniające rytmiki przyrostu (oznaczono 0).

Reakcję przyrostową drzew na wpływy środowiska można rozpatrywać dla okresu krótkiego, np. roku lub dla okresu długiego, obejmującego kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt lat. Reakcje zachodzące w okresach rocznych są obiektem zainteresowań, gdy bada się wpływ na przyrost,

np. elementów klimatycznych. Dłuższe okresy badań leżą u podstaw poznania wpływu na przyrost różnych czynników, które dzieli się na abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne [Bruchwald 1988]. Wśród tych czynników duże znaczenie mają imisje przemysłowe [Orzeł 1995; Miś 1995; Grabczyński 2003].

Najczęściej na przyrost drzew wpływa kilka czynników, oddziałujących równocześnie. Rozluźnienie zwarcia drzewostanu, prowadzące przeważnie do zwiększenia udziału drzew o dodatniej reakcji przyrostowej [Borowski, Kłosowski 1971; Dmyterko, Bruchwald 2000b; Dmyterko 2006], może być zakłócone imisjami przemysłowymi, powodującymi zwiększenie udziału drzew o ujemnej reakcji przyrostowej. Strukturę typów reakcji przyrostowej drzew kształtować może także żer owadów, czy kilkuletni okres suszy. Obniżenie poziomu wód gruntowych, powiększające udział drzew o ujemnej reakcji przyrostowej, często łagodzi powódź, która w pewnych przypadkach może być również przyczyną zagłady lasu.

Niekiedy można wyróżnić przyczynę główną, decydującą o zmianach zachodzących w strukturze typów reakcji przyrostowej drzew, nie zawsze jednak jest to możliwe. Identyfikacja niektórych przyczyn wymaga poznania historii określonego drzewostanu, a ona często nie jest znana.

W drzewostanie rosnącym w niezakłóconych warunkach można oczekiwać przewagi drzew o obojętnej reakcji przyrostowej. Pewna, stosunkowo jednak mała, część drzew będzie charakteryzowała się reakcją dodatnią, co może być spowodowane, np. powiększeniem się ich przestrzeni wzrostu. Niewielka część drzew powinna się także charakteryzować ujemną reakcją przyrostową, a to może wynikać m.in. z systematycznego nasilania się konkurencji między drzewami. Badania przeprowadzone w drzewostanach olszowych wykazały, że gdy rosną one w nieskażonym środowisku, udział drzew o obojętnej reakcji wynosi 80%, udział drzew o reakcji dodatniej – 10% i również 10% udział drzew o reakcji ujemnej [Dmyterko 2006].

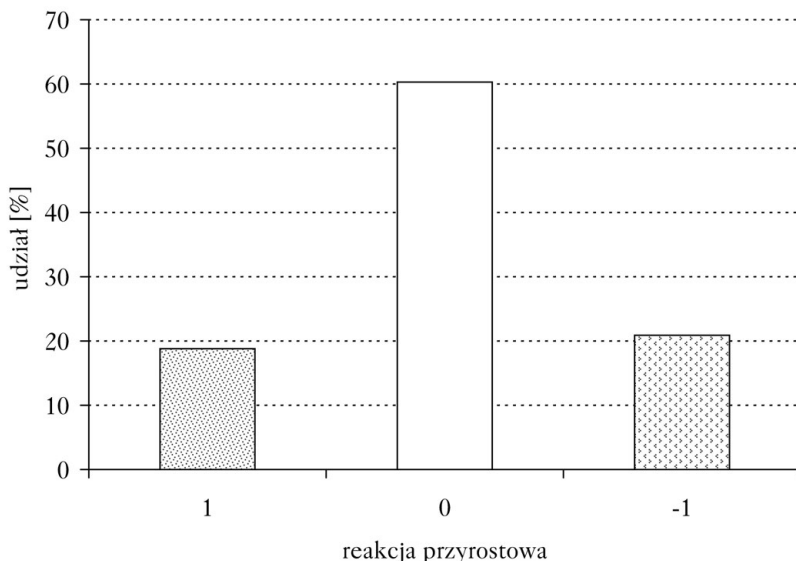
Rozkład typów reakcji przyrostowej drzew w drzewostanach świerkowych jest symetryczny (ryc. 1). Przeważają drzewa o obojętnej reakcji przyrostowej (60%), drzew o reakcji dodatniej i ujemnej jest po około 20%.

Udział drzew o poszczególnych typach reakcji przyrostowej określono dla badanych nadleśnictw (ryc. 2). W każdym z nich przeważają drzewa o obojętnej reakcji przyrostowej. Najmniej drzew z dodatnią reakcją przyrostową, ok. 10%, występuje w Nadleśnictwie Ustroń, najwięcej natomiast, około 30%, w Nadleśnictwie Węgierska Górka. Stosunkowo wysoki udział drzew (powyżej 25%) o ujemnej reakcji przyrostowej stwierdzono w nadleśnictwach Ustroń, Wisła i Węgierska Górka, a zatem drzewostany tych nadleśnictw można uznać za najbardziej uszkodzone. Małym udziałem drzew o ujemnej reakcji przyrostowej (10%) charakteryzuje się Nadleśnictwo Międzyzylesie. Występuje tam więcej drzew o dodatniej reakcji przyrostowej, dlatego obiekt ten można uznać za najmniej uszkodzony.

Jeden z wariantów metody określania uszkodzenia opiera się na defoliacji (cecha A) [Dmyterko, Bruchwald 2007b]. Uzasadnieniem stosowania tego kryterium oceny byłoby wykrycie jego powiązania z typami reakcji przyrostowej drzew. Analiza całego materiału empirycznego wykazała występowanie drzew tylko o dwóch stopniach defoliacji, o stopniu 2, oznaczającym drzewa średnio uszkodzone i o stopniu 3 – drzewa silnie uszkodzone.

Można oczekiwać wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia:

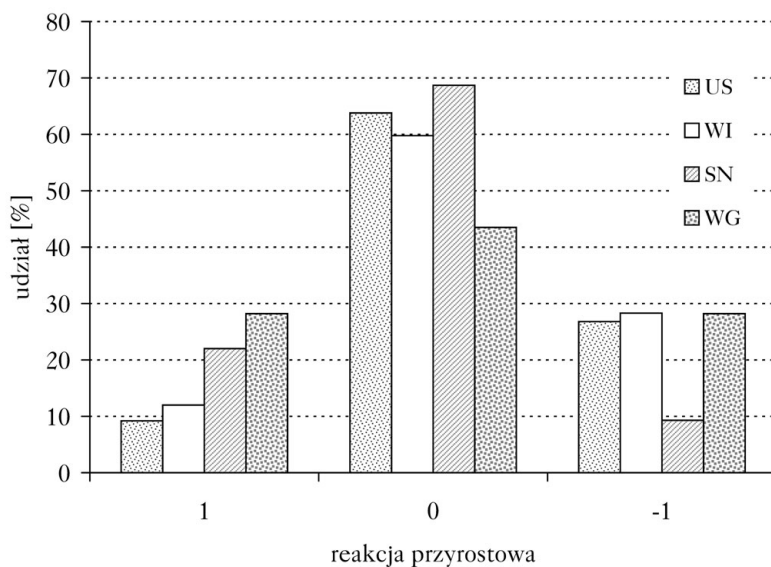
- obniżenia udziału drzew o dodatniej reakcji przyrostowej,
- wzrostu udziału drzew o ujemnej reakcji przyrostowej,
- obniżenia udziału drzew o obojętnej reakcji przyrostowej.



Ryc. 1.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej dla drzewostanów wszystkich nadleśnictw łącznie; typy reakcji: 1 – dodatnia, 0 – obojętna, -1 – ujemna

Share of trees with different type of increment reaction for stands from all Forest Districts in total; reaction type: 1 – positive, 0 – neutral, -1 – negative



Ryc. 2.

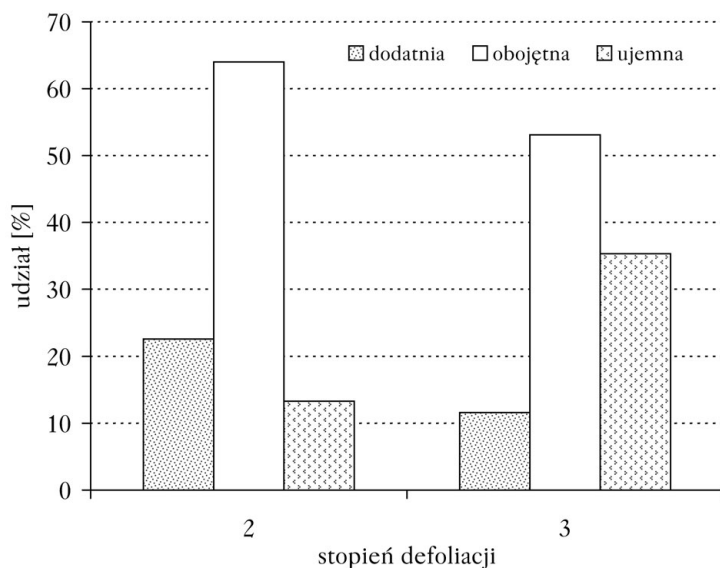
Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej dla drzewostanów poszczególnych nadleśnictw; typy reakcji: 1 – dodatnia, 0 – obojętna, -1 – ujemna; nadleśnictwa: US – Ustroń, WI – Wisła, SN – Międzyzlesie, WG – Węgierska Góra

Share of trees with different type of increment reaction for stands from individual Forest District; reaction type: 1 – positive, 0 – neutral, -1 – negative; forest districts: US – Ustroń, WI – Wisła, SN – Międzyzlesie, WG – Węgierska Góra

Badania przeprowadzone w czterech nadleśnictwach potwierdziły wstępnie postawione tezy (ryc. 3). Udział drzew o dodatniej reakcji przyrostowej, wynoszący w 2 stopniu defoliacji około 20%, zmalał w stopniu 3 do 10%. Wzrost udziału z 10% w 2 stopniu defoliacji do 30% w stopniu 3 dotyczy drzew o ujemnej reakcji przyrostowej i spadek udziału w tych stopniach z 65% do 50% – drzew o reakcji obojętnej. Opisane zależności stwierdzono również w drzewostanach nadleśnictw Ustroń, Międzyzylesie i Węgierska Górką (ryc. 4, 6, 7). W ostatnim z nich występuje stosunkowo mały udział drzew o obojętnej reakcji przyrostowej, natomiast duży udział drzew o reakcji dodatniej w stopniu defoliacji 2 i duży udział drzew o reakcji ujemnej w stopniu defoliacji 3. Odmiennie kształtuje się udział drzew o dodatniej reakcji przyrostowej w Nadleśnictwie Wisła (ryc. 5). Jest on większy w 3 stopniu defoliacji (uszkodzenia silne) niż w stopniu 2 (uszkodzenia średnie), co może wynikać z rozluźnienia zwarcia drzewostanów [Borowski, Kłowski 1971]. Przeprowadzona analiza wariancji potwierdziła jedynie związek między udziałem drzew o ujemnej reakcji przyrostowej i stopniem defoliacji (cecha A). Nie udowodniono natomiast związku między udziałem drzew o pozostałych typach reakcji przyrostowej i cechą A.

Stosując wariant metody określania uszkodzenia drzewostanu oparty na wskaźniku W, uzyskano większy zakres stopni uszkodzenia (ryc. 8-12). Zarówno dla całego materiału empirycznego, jak i poszczególnych nadleśnictw stwierdzono stopnie uszkodzenia od 1 do 3, czyli nie wystąpiły jedynie drzewa nieuszkodzone o stopniu 0.

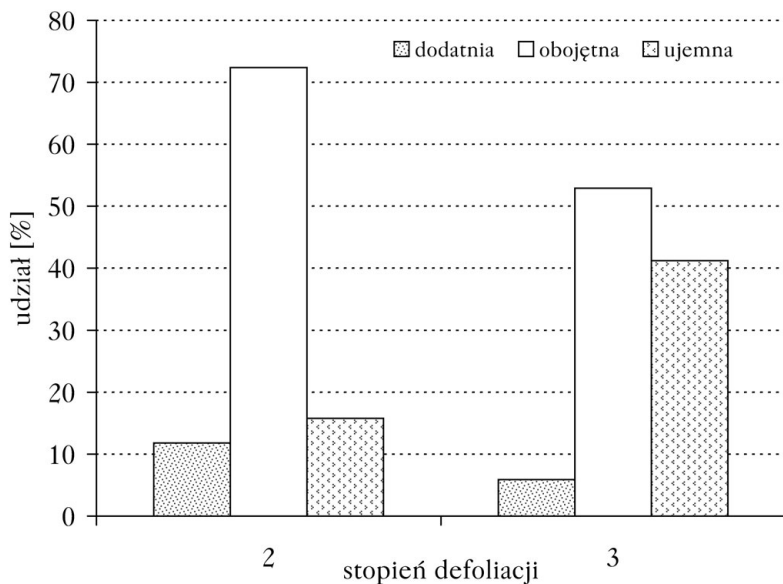
Dla wszystkich drzewostanów łącznie, a także drzewostanów poszczególnych nadleśnictw, ze wzrostem stopnia uszkodzenia, określonego na podstawie wskaźnika W, wzrasta udział drzew o ujemnej reakcji przyrostowej, maleje zaś o reakcji obojętnej. Zależności te są zgodne z oczekiwanymi, co potwierdziła analiza wariancji. Bardziej złożone związki zachodzą między udziałem



Ryc. 3.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach cechy A (defoliacji) dla drzewostanów wszystkich nadleśnictw łącznie

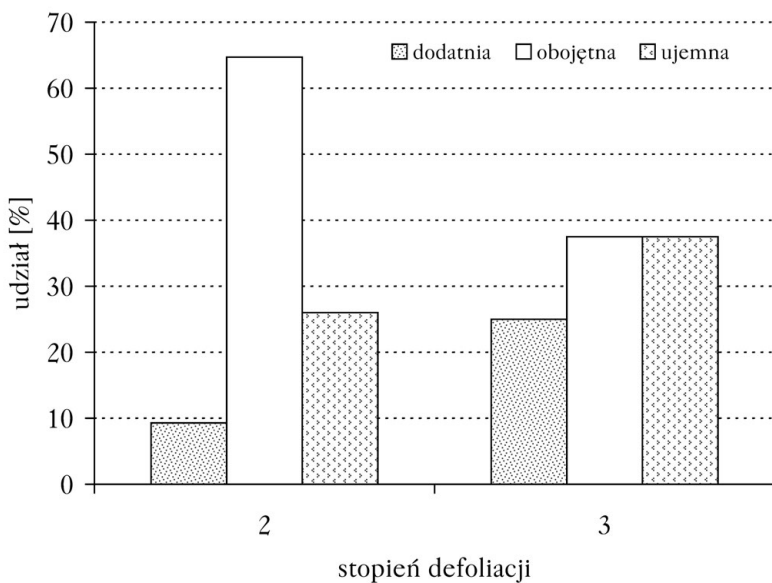
Share of trees with different type of increment reaction in classes of feature A (defoliation) for stands from all Forest Districts in total



Ryc. 4.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach cechy A (defoliacji) dla drzewostanów Nadleśnictwa Ustroń

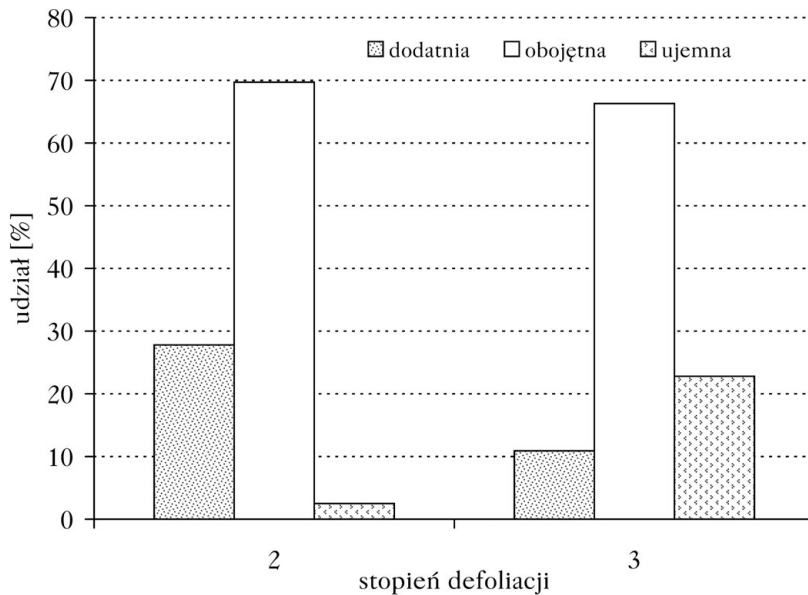
Share of trees with different type of increment reaction in classes of feature A (defoliation) for stands from the Ustroń Forest District



Ryc. 5.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach cechy A (defoliacji) dla drzewostanów Nadleśnictwa Wisła

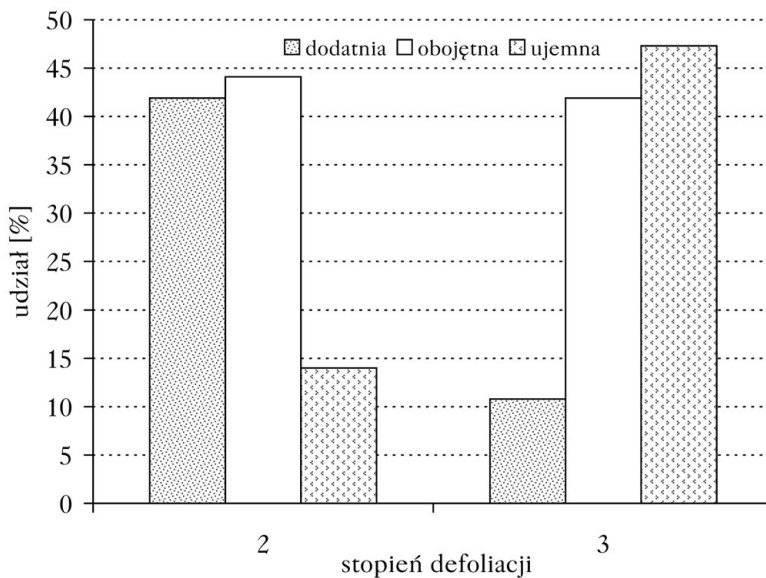
Share of trees with different type of increment reaction in classes of feature A (defoliation) for stands from the Wisła Forest District



Ryc. 6.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach cechy A (defoliacji) dla drzewostanów Nadleśnictwa Międzylesie

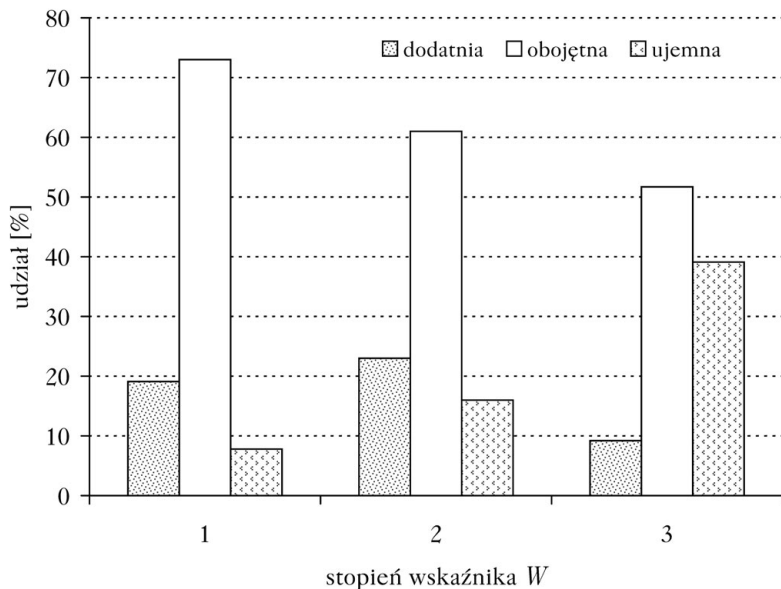
Share of trees with different type of increment reaction in classes of feature A (defoliation) for stands from the Międzylesie Forest District



Ryc. 7.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach cechy A (defoliacji) dla drzewostanów Nadleśnictwa Węgierska Górka

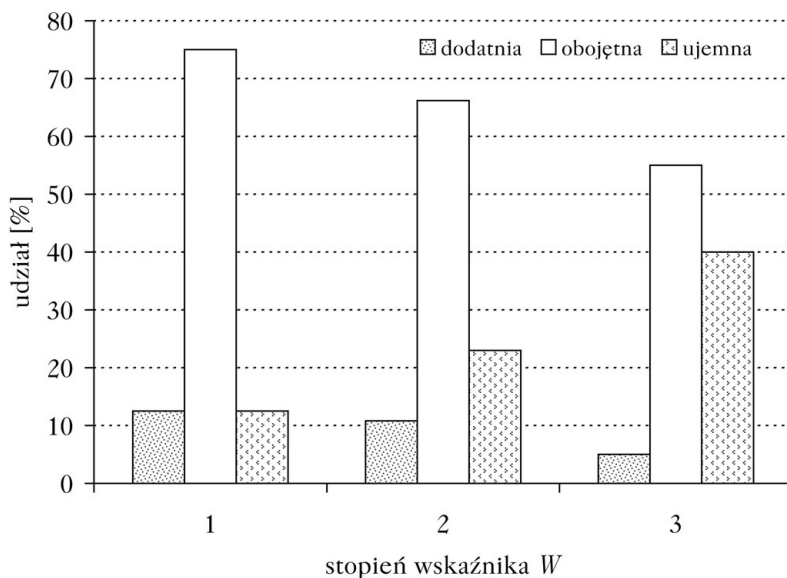
Share of trees with different type of increment reaction in classes of feature A (defoliation) for stands from the Węgierska Górka Forest District



Ryc. 8.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach wskaźnika uszkodzenia W dla drzewostanów wszystkich nadleśnictw łącznie

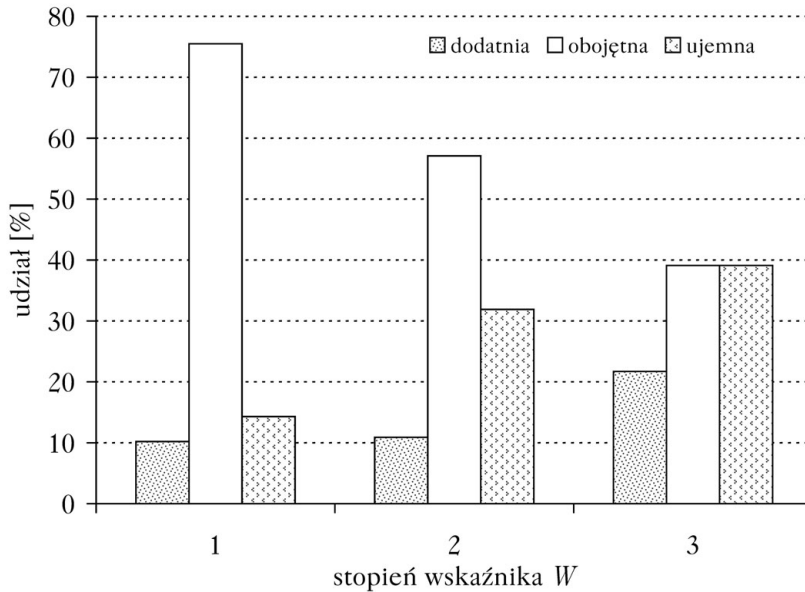
Share of trees with different type of increment reaction in classes of damage index W for stands from all Forest Districts in total



Ryc. 9.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach wskaźnika uszkodzenia W dla drzewostanów Nadleśnictwa Ustroń

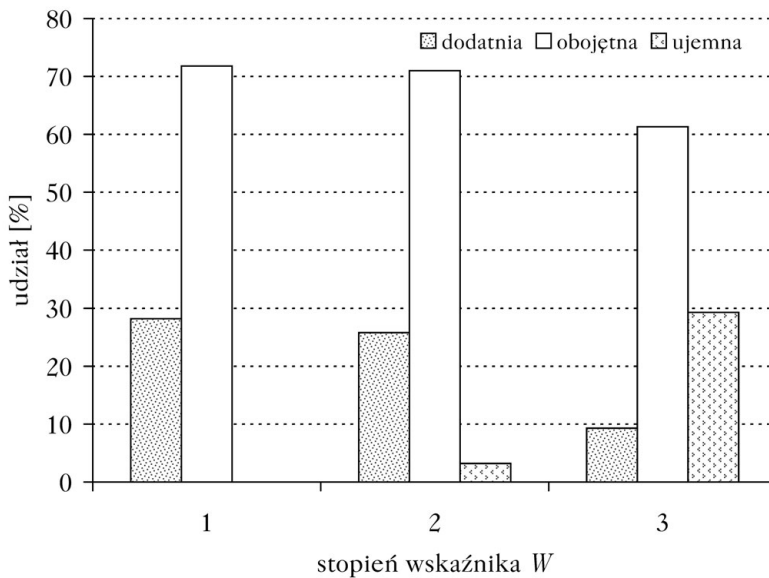
Share of trees with different type of increment reaction in classes of damage index W for stands from the Ustroń Forest District



Ryc. 10.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach wskaźnika uszkodzenia W dla drzewostanów Nadleśnictwa Wisła

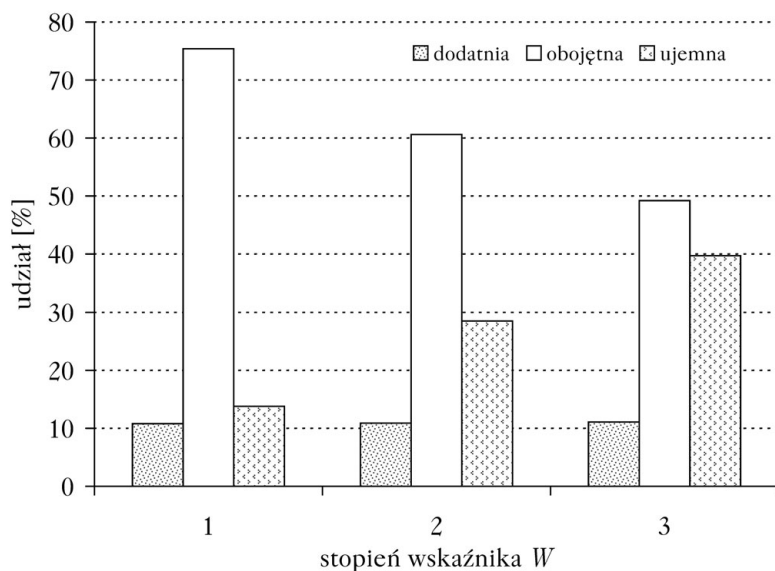
Share of trees with different type of increment reaction in classes of damage index W for stands from the Wisła Forest District



Ryc. 11.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach wskaźnika uszkodzenia W dla drzewostanów Nadleśnictwa Międzyzlesie

Share of trees with different type of increment reaction in classes of damage index W for stands from the Międzyzlesie Forest District



Ryc. 12.

Udział drzew o różnych typach reakcji przyrostowej w stopniach wskaźnika uszkodzenia W dla drzewostanów Nadleśnictwa Węgierska Górk

Share of trees with different type of increment reaction in classes of damage index W for stands from the Węgierska Górk Forest District

drzew o dodatniej reakcji przyrostowej i stopniem ich uszkodzenia (powiązania tych cech nie udowodniono metodą statystyczną). Oczekiwany spadek udziału tej grupy drzew występuje w nadleśnictwach Ustron (ryc. 9) i Międzyzlesie (ryc. 11). W Nadleśnictwie Węgierska Górk w każdym stopniu uszkodzenia stwierdzono po około 10% drzew o dodatniej reakcji przyrostowej (ryc. 12), natomiast w Nadleśnictwie Wisła największy udział drzew, około 20%, był w 3 stopniu uszkodzenia (ryc. 10). Wyjaśnienia tego zjawiska można szukać w dodatniej reakcji przyrostowej drzewa, zachodzącej po przerwaniu zwarcia drzewostanu. Następuje wówczas intensywny proces reiteracji, w wyniku którego na gałęziach I rzędu tworzą się pędy z pączków prowentywnych (śpiących) [Gruber 1987, 1992; Roloff 2001]. Gdy okres po rozluźnieniu zwarcia wydłuża się, a zmiany warunków środowiska nie ulegają poprawie, zaczynają obumierać także i te pędy. Drzewo reaguje obniżeniem przyrostu grubości. Postawiona teza wymaga przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań.

Wnioski

- ✦ U drzew może wystąpić jeden z trzech typów reakcji przyrostowej na zmiany środowiska: reakcja dodatnia, oznaczająca powiększanie się przyrostu grubości w ostatnim okresie, ujemna – zmniejszanie się przyrostu i reakcja obojętna – utrzymywanie się przyrostu na stałym, przeciętnym poziomie. Zmiana reakcji przyrostowej drzewa powiązana jest ze zmianami w ugałęzieniu jego korony.
- ✦ W drzewostanach nieuszkodzonych, a także w drzewostanach, w których po wystąpieniu negatywnych zmian warunków środowiska nie nasilają się one, udział drzew z dodatnią i ujemną reakcją przyrostową jest zbliżony i niezbyt wysoki, duży jest natomiast udział drzew o reakcji obojętnej. Jednak postępujące nadal negatywne zmiany w środowisku powodują

zachwianie tej struktury. Z czasem zwiększać się będzie udział drzew o reakcji ujemnej, zmniejszać zaś o reakcji dodatniej i obojętnej.

- ✚ Wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia świerka, określonego na podstawie defoliacji, maleje udział drzew o ujemnej reakcji przyrostowej; zależność potwierdzono analizą wariancji. Nie udowodniono natomiast związku między udziałem drzew o dodatniej ani obojętnej reakcji przyrostowej a defoliacją.
- ✚ Wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia świerków, określonego wskaźnikiem uszkodzenia W , wzrasta udział drzew o ujemnej reakcji przyrostowej, maleje zaś o reakcji obojętnej; związek okazał się statystycznie istotny. Bardziej skomplikowane powiązania występują u świerków wykazujących dodatnią reakcję przyrostową. Ich udział w niektórych obiektach leśnych maleje wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia drzew, co jest zgodne z oczekiwaniami. Są jednak także obiekty o największym udziale drzew z dodatnią reakcją przyrostową wśród drzew najsilniej uszkodzonych (stopień 3). Jednym z powodów może być długość okresu oddziaływania czynnika pogarszającego warunki wzrostu drzew. Gdy okres trwa krótko, proces rozwoju nowego ugałęzienia może przeważać nad ubywaniem starszego, a gdy wydłuża się, procesy mogą kształtować się odwrotnie, a to prowadzi do obumierania i wypadania drzew. Związek między udziałem drzew o dodatniej reakcji przyrostowej i wskaźnikiem uszkodzenia W nie został potwierdzony statystycznie.
- ✚ Wykryte powiązanie między cechą A i wskaźnikiem W a typami reakcji przyrostowej drzew, potwierdziło przydatność tych kryteriów do stosowania w metodach oceny stanu uszkodzenia lasu. W obiektach leśnych stwierdzono większe zróżnicowanie stopni uszkodzenia utworzonych na podstawie wskaźnika W niż cechy A (defoliacji), co umożliwia lepsze wyjaśnienie zmian występujących w aparacie asymilacyjnym drzew. Metodę określania uszkodzenia drzew i drzewostanów opartą na wskaźniku W można polecić zatem do stosowania w praktyce leśnictwa.

Podziękowania

W realizacji programu badawczego wspierali nas Nadleśniczowie: Pani inż. Maria Ciapka z Nadleśnictwa Węgierska Górka, Pan mgr inż. Leon Mijał z Nadleśnictwa Ustroń, Pan mgr inż. Witold Szozda z Nadleśnictwa Wisła, Pan mgr inż. Marian Rymarski z Nadleśnictwa Międzylesie. Autorzy pracy składają Im oraz Ich współpracownikom serdeczne podziękowania.

Literatura

- Borowski M., Kłosowski K. 1971. Wpływ prześwietlenia drzewostanu sosnowego na rozkład przyrostu grubości wzdłuż pni drzew. Sylwan 5: 13-23.
- Bruchwald A. 1988. Przyrodnicze podstawy budowy modeli wzrostu. Sylwan 11-12: 1-10.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 1999. Reakcja przyrostowa dębu w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony. Sylwan 2: 47-58.
- Bruchwald A., Dudek A., Dudzińska T., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 1999. Model wzrostu dla drzewostanów świerkowych. Sylwan 1: 19-31.
- Dmyterko E. 1994. Metodyka określania stopnia uszkodzenia drzewostanów sosnowych przez imisje przemysłowe. Prace. Inst. Bad. Leś., Ser. A, 782: 127-155.
- Dmyterko E. 2006. Cechy korony jako podstawa metody określania uszkodzenia drzewostanów olśy czarnej [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.]. Rozprawy i monografie. Inst. Bad. Leś., 5, Warszawa.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000a. Reakcja przyrostowa brozozy brodawkowatej (*Betula pendula* ROTH.) rosnącej na terenie Nadleśnictwa Olkusz. Sylwan 6: 15-25.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000b. Poszukiwanie powiązań między przyrostem pierśnicy a stanem rozwoju korony buka pospolitego (*Fagus sylvatica* L.). Sylwan 7: 15-33.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007a. Kryteria określania uszkodzenia świerka. Sylwan 6: 12-23.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007b. Drzewostanowa metoda określania uszkodzenia świerka. Sylwan 6: 24-33.

- Grabeżyński S. 2003. Metoda oceny zmiany przyrostu pierśnicy drzew w drzewostanach sosnowych regionów przemysłowych. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Rozprawy 289.
- Gruber F. 1987. Das Verzweigungssystem und der Nadelfall der Fichte [*Picea abies* (L.) Karst.] als Grundlage zur Beurteilung von Waldschäden. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, 26.
- Gruber F. 1992. Dynamik und Regeneration der Gehölze. Baumarchitektur auf ökologisch-dynamischer Grundlage und zur Bioindikation am Beispiele der Europäischen Fichte [*Picea abies* (L.) Karst.], Weißtanne (*Abies alba* Mill.), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Franco) und Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, 86/Teil I.
- Miś R. 1995. Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na wzrost wysokości i jakości sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sylwan 1: 87-97.
- Orzeł S. 1995. Dynamika wzrostu drzewostanów sosnowych w wybranych regionach przemysłowych Polski południowej. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Rozprawy 204.
- Roloff A. 2001. Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.

SUMMARY

Increment reaction of Norway spruce in connection with the crown damage level

The study presents analysis of the increment of tree diameter at the breast height (dbh) in connection with two variants of the method of assessment the damage to Norway spruce stands. The first variant is based on the tree's defoliation, the other one – on the damage index W. This index is an average value of three assessed characteristics of the crown: defoliation (feature A), condition of the tree top (feature B) and tree vitality (feature C). Values of these parameters were assessed according to the detailed criteria determined for each of the features. The classification includes four levels, from 0 to 3. Individual levels are defined in the following way: class 0 – features typical for an undamaged tree, class 1 – characteristics describing a weakened tree, class 2 – typical for a tree with moderate damages, class 3 – features characterising strong damages or even dying off tree.

The study material includes Norway spruce stands from four mountainous Forest Districts: Ustroń, Wisła, Węgierska Górką and Międzyzylesie. The previous three are located in the Carpatians, while the last one – in the Sudety Mountains.

Analysis of the dbh increments during last 15-20 years resulted in distinction of three groups of trees with different increment reaction. One group consists of trees with positive reaction, i.e. with the increase of the dbh increment, while the other – of trees with negative reaction, i.e. with the decrease of the dbh increment. The last group includes trees with no significant reaction, i.e. without changes in the course of the increment.

Distribution of the types of increment reaction of trees in spruce stands is symmetric (Fig. 1.). Trees with neutral increment reaction are dominant (60%) while theses of positive or negative type amount to about 20% each. Stands from Międzyzylesie Forest District (Fig. 2. SN) characterise with share of trees with positive increment reaction higher than the ratio of trees with negative reaction, hence this object can be recognised as the least damaged. The proportion between trees with positive and negative increment reaction in the remaining Forest Districts is opposite and therefore they were considered as more damaged.

One may expect that increase in the damage level results in: (i) decrease in share of trees with positive increment reaction, (ii) increase in ratio of trees with negative reaction and (iii) decrease in number of trees with neutral type of the reaction.

Study on relationship between the type of the increment reaction and defoliation confirmed assumed hypotheses primarily (Fig. 3.). However, the analysis of variance showed only the relation between defoliation and the share of trees with negative increment reaction.

The higher the damage level of spruce, described with the damage index W , the higher the share of trees with negative increment reaction is observed. Ratio of the trees with neutral reaction decreases at the same time, which was confirmed by the analysis of variance (Fig. 8-12). More complex relations were observed concerning spruces with positive type of increment reaction. Their share in some stands decreases with the increase in the level of damage to trees, which is according to expectations. However, there are objects with the highest share of trees with positive increment reaction among the mostly damaged trees (class 3). The length of the period when the factor that worsens the tree growth conditions is active may be one of the reasons. When it is short, process of the new branching development may take precedence over the loss of the old one. Whereas when it is long, the course of these processes may be opposite, which in turn causes dying off and decrease in number of trees. Relationship between share of trees with positive increment reaction and damage index W was not confirmed statistically.

Detected relations between damage criteria and type of the increment reaction show that index W characterises the damage to trees and stands better than feature A (defoliation). Therefore, method of assessment the damage to trees and stands based on this parameter is suggested for utilisation in the forestry practice.