

RAFAŁ PALUCH

Tempo wzrostu wysokości dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w dolnej warstwie drzewostanu sosnowego

Height growth rate of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in lower layer of Scots pine stand

ABSTRACT

Paluch R. 2013. Tempo wzrostu wysokości dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w dolnej warstwie drzewostanu sosnowego. Sylwan 157 (12): 909-916.

This study was carried out in north-eastern Poland in 20 Scots pine stands with well-developed lower layer of pedunculate oak. In each stand, 5 highest oak trees were selected. Basing on the stem analysis, a growth model for oak undergrowth in Scots pine stands was elaborated. It can be used for determination the height growth rate in relation to the age and height of oak. Obtained model was compared to the already existing one for oaks growing without canopy [Bruchwald at el. 1996]. Growth rate of undergrowth oaks was significantly delayed in the initial period by 20-30 years.

KEY WORDS

pedunculate oak, height growth, undergrowth

ADDRESSES

Rafał Paluch – e-mail: rpaluch@las.ibl.bialowieza.pl

Europejskie Centrum Lasów Naturalnych; Instytut Badawczy Leśnictwa; ul. Park Dyrekcyjny 6; 17-230 Białowieża

Wstęp

W naszym kraju badania nad drzewostanami sosny zwyczajnej z dolną warstwą dębową są liczne i fragmentaryczne, mimo że forma ta często występuje nie tylko w warunkach nizinnych Polski, ale i całej Europy środkowej i wschodniej [Bernadzki 1985; Gubka 1994; Gordienko i in. 1995; Mosandl, Kleinert 1998; Noack 2004]. Wzrost dębów w warunkach ograniczonej dostępności światła może odbiegać od standardowych modeli uwzględniających w niewielkim stopniu niedobór tego czynnika [Bruchwald i in. 1996; Noack 2004; Dudzińska, Bruchwald 2008; Andrzejczyk 2009]. W niniejszej pracy podjęto próbę opracowania matematycznego modelu charakteryzującego przebieg wzrostu wysokości dębu szypułkowego występującego w dolnej warstwie drzewostanu sosnowego, czyli w warunkach stresu związanego głównie z brakiem dopływu wystarczającej ilości światła.

Tworzenie modeli wzrostu drzewostanów i poszczególnych gatunków drzew ma w leśnictwie bardzo długą tradycję. Pierwsze takie opracowania powstały ponad 200 lat temu, gdy człowiek uświadomił sobie, że zasoby leśne kurczą się i zapragnął prognozować korzyści materialne płynące z bardziej racjonalnej gospodarki leśnej [Assmann 1968]. Za najstarsze ujęcie modelowe wzrostu różnych cech drzew uważano tablice zasobności Schwappacha, powstałe na bazie bardzo obszernego materiału badawczego. Poszerzone o polskie badania stały się podstawą opracowania

„Tablic zasobności i przyrostu drzewostanów” [Szymkiewicz 1962]. Następnym krokiem do poznania prawidłowości rozwoju drzewostanów stały się modele wzrostu opracowywane dla poszczególnych gatunków drzew [Bruchwald 1979; Bruchwald i in. 1996, 2003; Dudzińska 2012]. Modele te zaliczono do szeroko rozpowszechnionej grupy modeli empirycznych (indukcyjno-statystycznych), które były tworzone w oparciu o statystyczne zależności między danymi liczbowymi, zwykle bez wyraźnego nawiązywania do wewnętrznej struktury obiektu [Brzeziecki 1999]. Okazywały się one najbardziej przydatne dla drzewostanów jednowarstwowych, w przybliżeniu jednogatunkowych i równowiekowych. Za inny rodzaj modeli pozwalających na prognozowanie procesów ekologicznych uznano rozwijane obecnie modele ekologiczne [Brzeziecki 1999; Kozak i in. 2005]. Wydaje się jednak, że oba rodzaje modeli mogą się wzajemnie uzupełniać, bowiem realizacja wielofunkcyjnej gospodarki leśnej powinna czerpać wiedzę zarówno z aspektu produkcyjnego, jak i ekologicznego.

Celem badań było więc opracowanie empirycznego modelu wzrostu dębu szypułkowego wzrastającego pod okapem drzewostanów sosnowych i jego porównanie z opracowanym wcześniej modelem wzrostu dębu szypułkowego rosnącego bez osłony [Bruchwald i in. 1996].

Materiał i metody

Materiał empiryczny zebrano w 20 drzewostanach sosnowych z dobrze rozwiniętymi dolnymi warstwami dębu szypułkowego występujących na siedlisku lasu mieszanego świeżego. Obiekt badań stanowiły drzewostany położone w nadleśnictwach: Hajnówka – 4, Maskulińskie – 5, Suwałki – 3 (Kraina II Mazursko-Podlaska, RDLP w Białymstoku) oraz Wyszków – 3 i Chojnów – 5 (północno-wschodnia i centralna część Krainy IV Mazowiecko-Podlaskiej, RDLP w Warszawie).

W każdym drzewostanie wybrano i pozyskano 5 najwyższych podokapowych dębów szypułkowych w celu wykonania analizy pniowej. Ścięte drzewa podzielono na metrowe sekcje. Ze środków każdej sekcji pobrano wyrzynek do analizy przyrostu wysokości. Obliczono średnią wysokość w kolejnych pięcioletnich okresach życia drzewa oraz wykonano krzywe wzrostu wysokości. W dalszych obliczeniach posłużono się opracowaną przez Bruchwalda [1979] funkcją przebiegu wzrostu wysokości wraz z wiekiem, która została sprawdzona w tworzeniu wielu modeli wzrostu:

$$Z = \frac{W}{\sqrt{H}} \quad [1]$$

gdzie:

W – wiek,

H – wysokość.

Dokonano transformacji wysokości i wieku do takiej postaci, która dała prostoliniową zależność między nowymi zmiennymi. Nową zmienną ustalono jako cechę Z . Wyrównując metodą najmniejszych kwadratów związek między nią a wiekiem do linii prostej, otrzymano równanie:

$$Z = a + b \cdot W \quad [2]$$

gdzie:

a, b – parametry równania.

Przekształcając powyższe równanie, otrzymano zaproponowaną przez Bruchwalda [1979] funkcję wzrostu wysokości o postaci:

$$H = \left(\frac{W}{a + b \cdot W} \right)^2 \quad [3]$$

Według Bruchwalda [1979], Żybury [1982], Bernadzkiego i Żybury [1989, 1990] oraz Dudzińskiej [2012] powyższe równanie dobrze odzwierciedla przebieg wzrostu wysokości wraz z wiekiem, zarówno w aspekcie teoretycznym, jak i empirycznym.

Dla każdego z badanych drzewostanów sporządzono krzywą wzrostu wysokości, obliczając parametry równania [3] oraz współczynnik korelacji oceniający siłę badanego związku (tab. 1). Opracowane krzywe utworzyły zbiór linii o podobnym kształcie (ryc. 1). Ze zbioru tego wybrano krzywą przedstawiającą najszybszy wzrost dębu. Przebieg wzrostu wysokości w tym drzewostanie przyjęto za wyjściowy do opracowania modelu. Sprawdzenia modelu dokonano w podobny sposób, jak we wcześniejszych badaniach dotyczących świerka [Żybury 1982] i buka [Bernadzki, Żybury 1989], rosnących pod drzewostanami sosnowymi. Sporządzenie modelu ułatwiło ocenę tempa wzrostu podokapowego dębu w drzewostanach sosnowych. Porównano go z wynikami z modelu wzrostu dębu szypułkowego opracowanym przez Bruchwalda i in. [1996] i wartościami tablicowymi Szymkiewicza [1962].

Wyniki

Opracowane krzywe wzrostu dębu utworzyły zbiór linii o zbliżonym kształcie, ale różniących się położeniem (ryc. 1). Rozchodziły się one od początku układu współrzędnych i wraz z wiekiem obejmowały coraz większą przestrzeń. Ze zbioru linii wybrano tę, która reprezentowała najszybszy wzrost dębu szypułkowego. Zależność wysokości od wieku w tym drzewostanie miała następującą postać:

$$H = \frac{H_{55}}{20} \cdot \left(\frac{W}{7,2192 + 0,092 \cdot W} \right)^2 \quad [4]$$

Tabela 1.

Parametry równań opisujących zależność wysokości dębu szypułkowego od wieku przedstawioną funkcją [5] oraz siła tego związku (R)

Parameters of equations describing the relationship between height and age presented by formula [5] and the strength of this relationship (R)

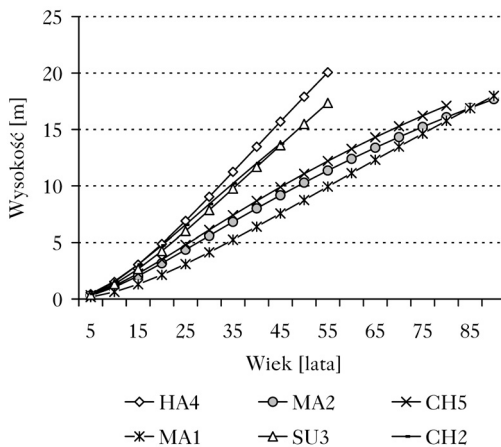
| Nadleśnictwo | Kod drzewostanu | a | b | R |
|--------------|-----------------|--------|--------|-------|
| Hajnówka | HA1 | 5,806 | 0,1342 | 0,872 |
| Hajnówka | HA2 | 7,177 | 0,1065 | 0,665 |
| Hajnówka | HA3 | 7,115 | 0,0995 | 0,766 |
| Hajnówka | HA4 | 7,219 | 0,0920 | 0,934 |
| Wyszków | WY1 | 5,760 | 0,1147 | 0,780 |
| Wyszków | WY2 | 6,000 | 0,1155 | 0,844 |
| Wyszków | WY3 | 5,634 | 0,1378 | 0,949 |
| Chojnów | CH1 | 8,035 | 0,1687 | 0,879 |
| Chojnów | CH2 | 6,804 | 0,1184 | 0,895 |
| Chojnów | CH3 | 5,670 | 0,1734 | 0,976 |
| Chojnów | CH4 | 6,605 | 0,1211 | 0,849 |
| Chojnów | CH5 | 7,822 | 0,1440 | 0,966 |
| Maskulińskie | MA1 | 11,509 | 0,1080 | 0,842 |
| Maskulińskie | MA2 | 8,330 | 0,1452 | 0,909 |
| Maskulińskie | MA3 | 7,213 | 0,1293 | 0,870 |
| Maskulińskie | MA4 | 5,801 | 0,1675 | 0,965 |
| Maskulińskie | MA5 | 4,785 | 0,1739 | 0,887 |
| Suwałki | SU1 | 6,985 | 0,1404 | 0,853 |
| Suwałki | SU2 | 8,676 | 0,0804 | 0,635 |
| Suwałki | SU3 | 7,700 | 0,1000 | 0,647 |

Wykorzystując powyższe równanie, można prognozować wysokość dębu szypułkowego w wieku 55 lat, która w tym przypadku wyniesie 20 m. Równania dla innych drzewostanów, osiągających inne wysokości, utworzono mechanicznie przez obniżenie linii wzrostu wysokości nr 20, tak aby różnica w wieku 55 lat wynosiła 2 m. Parametry równań uzyskano, mnożąc równanie [4] przez 20/18, 20/16, 20/14 itd. W ten sposób otrzymano linie o numerach 18, 16, 14 itd. Parametry równań podano w tabeli 2, a graficzny obraz modelu zaprezentowano na rycinie 2.

W celu określenia krzywej wzrostu drzewa lub grupy drzew należy znaleźć linię wzrostu wysokości, dla której uzyskano w danym wieku najmniejszą różnicę między wysokością drzewa i wysokością wynikającą z opracowanego modelu. Dokładnego określenia numeru krzywej wzrostu wysokości dokonano za pomocą wzoru:

$$H_{55} = 20 \cdot H \cdot \left(\frac{W}{7,2192 + 0,092 \cdot W} \right)^2 \quad [5]$$

Równanie to powstało wskutek przekształcenia równania [4]. Mianownik przedstawia przebieg wzrostu wysokości krzywej oznaczonej numerem 20. Numer krzywej można obliczyć, wstawiając do licznika numer dowolnej linii, a do mianownika równanie jej wzrostu. Na przykład jeśli podokapowy dąb miał 30 lat i wysokość 12,1 m, to według powyższego modelu osiągnie on w wieku 55 lat 18 m, czyli jego wzrost powinien odbywać się zgodnie z krzywą bonitacji nr 18. Bonitację podokapowego dębu uzyskuje się, wykorzystując siatkę krzywych bonitacyjnych zaprezentowaną na rycinie 2 w sposób przypominający określanie bonitacji drzew lub drzewostanów za pomocą tablic Szymkiewicza [1962].



Ryc. 1.

Przebieg wzrostu wysokości dębu szypułkowego w wybranych drzewostanach sosnowych
Height growth of pedunculate oak in selected pine stands

Oznaczenia jak w tabeli 1
Denotes as in table 1

Tabela 2.

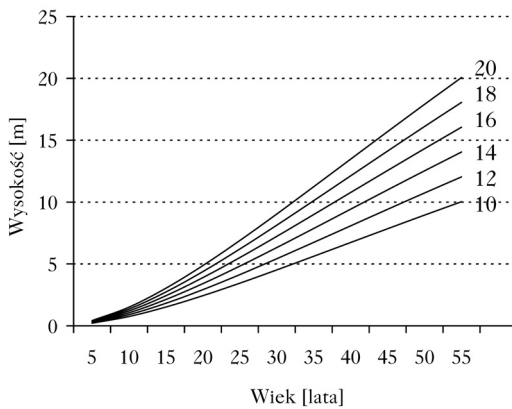
Parametry równań krzywych modelu wzrostu wysokości dębu szypułkowego w drzewostanach sosnowych
Parameters of equations of height growth model curves for pedunculate oak in pine stands

| Nr krzywej wzrostu wysokości | <i>a</i> | <i>b</i> |
|------------------------------|----------|----------|
| 10 | 10,209 | 0,1301 |
| 12 | 9,3199 | 0,1187 |
| 14 | 8,8286 | 0,1099 |
| 16 | 8,0713 | 0,1028 |
| 18 | 7,6097 | 0,0969 |
| 20 | 7,2192 | 0,0920 |

Dla każdego z badanych drzewostanów obliczono średnią wysokość 5 podokapowych żywotnych dębów szypułkowych o najwyższej pozycji biosocjalnej, uzyskiwaną w kolejnych 5-letnich przedziałach wieku. Według wzoru [5] obliczono następnie tempo wzrostu wysokości z odstopniowaniem wieku co 5 lat. Uznaje się model za prawidłowy, gdy wartość bonitacji H_{55} nie ulegała systematycznym zmianom wraz z wiekiem. Najlepiej, gdy linia obrazująca tempo wzrostu miałaby przebieg równoległy do osi wieku. W przybliżeniu taki przebieg można obserwować dla niektórych drzewostanów, np. HA4, SU3, natomiast dla innych tempo wzrostu w początkowym okresie około 20 lat ulegało wahaniom, a po tym czasie zwykle stabilizowało się na określonym poziomie (ryc. 3). Działo się tak w przypadku bardzo niekorzystnych warunków wzrostu od samego początku rozwoju podokapowej warstwy dębu, które ulegały poprawie na krótki czas. Warto zwrócić uwagę, że wybrany do sporządzenia modelu drzewostan HA4 na początku swojego rozwoju do wieku około 40 lat rósł dobrze, ale nie najlepiej. Lepszym wzrostem charakteryzowały się dęby szypułkowe występujące m.in. w drzewostanach Nadleśnictwa Wyszków (ryc. 4). Dopiero w wieku 50 lat drzewostan ten charakteryzował się największą prognozowaną na podstawie dotychczasowego wzrostu wysokością.

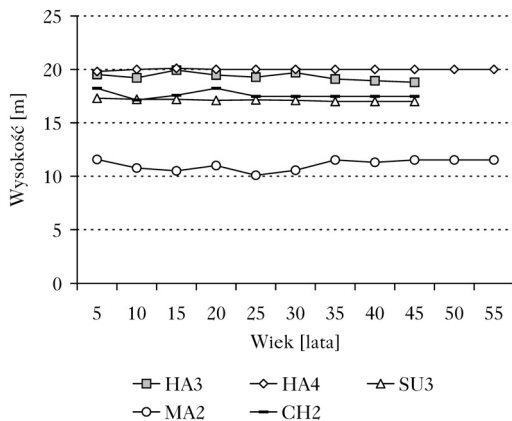
Dyskusja

W niniejszej pracy podjęto próbę skonstruowania modelu wzrostu dębu szypułkowego rosnącego pod okapem w drzewostanach sosnowych w warunkach niedoboru światła. Jednakże materiał



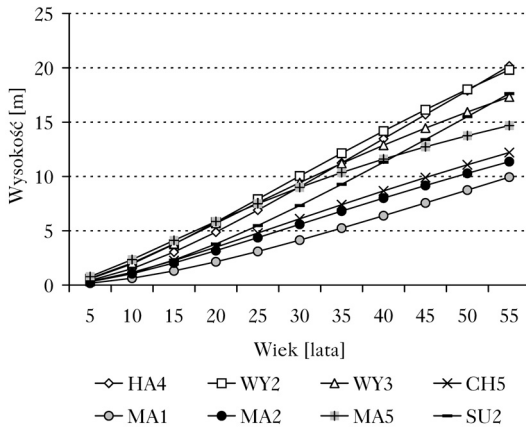
Ryc. 2.

Model wzrostu wysokości dębu szypułkowego w drzewostanach sosnowych
Height growth model for pedunculate oak in pine stands



Ryc. 3.

Zmiana z wiekiem tempa wzrostu wysokości dębu szypułkowego w wybranych drzewostanach sosnowych
Height growth rate of pedunculate oak in selected pine stands
Oznaczenia jak w tabeli 1
Denotes as in table 1



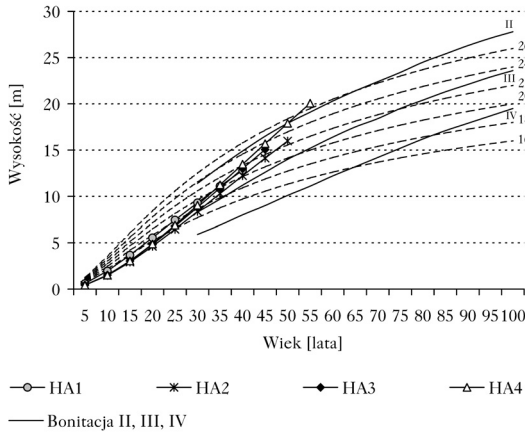
Ryc. 4.

Krzywe wzrostu wysokości dębów szypułkowych w wybranych drzewostanach i ich wzrost wysokości do wieku 55 lat

Height growth curves for oaks in selected stands and their height growth up to 55 years
Oznaczenia jak w tabeli 1
Denotes as in table 1

badawczy obejmował w zasadzie tylko północno-wschodnią Polskę, gdzie klimatyczne warunki wzrostu dębu szypułkowego są najgorsze. Należałoby więc spodziewać się lepszego tempa wzrostu dębów w zachodniej Polsce, zakładając podobne warunki siedliskowe i drzewostanowe. Przedstawiona w pracy funkcja wzrostu wysokości, podobnie jak we wcześniejszych opracowaniach [Bruchwald 1979; Bernadzi, Żybura 1989; Bruchwald i in. 1996; Dudzińska 2012], prognozowała wysokość, jaką w danym wieku osiągną drzewa w różnych warunkach ekologicznych. Na podstawie tego modelu obliczono maksymalną wysokość, jaką może uzyskać podokapowy dąb szypułkowy w wieku 55 lat (20 m). Wynik ten odpowiada II bonitacji wzrostowej określonej na podstawie tablic Szymkiewicza [1962]. Taka bonitacja jest przeciętnie uzyskiwana przez dęby szypułkowe na siedlisku lasu mieszanego świeżego bez osłony, gdzie warunki siedliskowe odbiegają od optimum ekologicznego tego gatunku.

Porównanie wzrostu dębu szypułkowego pod okapem drzewostanów sosnowych ze wzrostem w warunkach bez osłony, wykorzystując bonitację wzrostową, określoną na podstawie tablic Szymkiewicza [1962] oraz coraz częściej stosowany empiryczny model wzrostu dębu szypułkowego opracowany przez Bruchwalda i in. [1996], wykazało odmienny ich przebieg i tempo wzrostu (ryc. 5). Krzywe modelowe opracowane przez Bruchwalda i in. [1996] miały kształt wklęsły do osi wieku, natomiast krzywe wzrostu dębów podokapowych mniej lub bardziej wypukły (we wczesnych latach życia drzewa). Świadczy to o ich bardziej powolnym wzroście wysokości, zwłaszcza w fazie juwenilnej. Model Bruchwalda i in. [1996] opracowano dla litych drzewostanów dębowych, powstałych w sposób sztuczny lub w wyniku zastosowania typowych cięć częściowych z krótkim lub średnim okresem odnowienia. Drzewostan mateczny był zwykle silnie przerzedzany, a początkowe warunki wzrostu niewiele odbiegały od otwartej powierzchni. Porównanie wysokości uzyskiwanych na podstawie tych modeli pokazało, że w początkowym etapie następowało znaczne zahamowanie wzrostu pod okapem drzewostanu sosnowego, które trwało zwykle około 20-30 lat, a w niektórych przypadkach znacznie dłużej [Paluch 2012]. Po tym czasie wzrost wysokości dębu pod okapem drzewostanu sosnowego ulegał zwykle przyspieszeniu (ryc. 5). Następowala systematyczna poprawa bonitacji wzrostowej określonej zarówno według tablic zasobności Szymkiewicza [1962], jak i na podstawie modelu opracowanego przez Bruchwalda i in. [1996]. Zaobserwowano duże podobieństwo tych prawidłowości z przebiegiem wzrostu sosny pospolitej wzrastającej pod okapem drzewostanu matecznego [Andrzejczyk, Żybura 1981; Andrzejczyk 2003].


Ryc. 5.

Krzywe wzrostu dębu szypułkowego w drzewostanach sosnowych w Nadleśnictwie Hajnówka na tle krzywych według tablic Szymkiewicza [1962] i modelu Bruchwalda i in. [1996]

Height growth curves of pedunculate oaks in pine stands in Hajnówka Forest District against model curves according to Szymkiewicz [1962] and Bruchwald et al. [1996]

l6, 18, ..., 26 – wysokość w wieku 100 lat; oznaczenia jak w tabeli 1

l6, 18, ..., 26 – height at the age of 100 years; denotes as in table 1

Wnioski

- ✦ Wzrost wysokości dębu szypułkowego występującego w dolnej warstwie drzewostanu sosnowego, przede wszystkim w północno-wschodniej Polsce, można opisać za pomocą funkcji:

$$H = \frac{H_{55}}{20} \left(\frac{W}{7,2192 + 0,0920W} \right)^2$$

Równanie to pozwala również na określenie tempa wzrostu wysokości (H_{55}).

- ✦ Porównanie modelu wzrostu dębu szypułkowego wzrastającego bez osłony z opracowanym modelem wykazało odmienny przebieg wzrostu wysokości dębów osłoniętych. Opóźnienie we wzroście wysokości dębów podokapowych występowało się we wczesnych fazach rozwojowych i trwało najczęściej około 20-30 lat. Następnie zaznaczała się wyraźna poprawa tempa wzrostu.

Literatura

- Andrzejczyk T. 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe. Powstanie, struktura, hodowla. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Andrzejczyk T. 2009. Dąb szypułkowy i bezszypułkowy. Hodowla. PWRiL, Warszawa.
- Andrzejczyk T., Żybura H. 1981. Celowość wykorzystania starszych podrostów sosnowych. Las Polski 11: 8-9.
- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Bernadzki E. 1985. Kształtowanie drzewostanów dwupiętrowych. Post. Techn. Leśn. 29-39.
- Bernadzki E., Żybura H. 1989. Tempo wzrostu wysokości buka w dolnym piętrze drzewostanów sosnowych. Sylwan 133 (5): 33-39.
- Bruchwald A. 1979. Zmiany z wiekiem wysokości górnej w drzewostanach sosnowych. Sylwan 123 (12): 1-11.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1996. Model wzrostu dla drzewostanów dębu szypułkowego. Sylwan 140 (10): 35-44.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 2003. Model wzrostu dla olszy czarnej (*Alnus glutinosa* L.). Sylwan 147 (8): 3-10.
- Brzeziecki B. 1999. Ekologiczny model drzewostanu. Zasady konstrukcji, parametryzacji, przykłady zastosowań. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- Dudzińska M. 2012. Model wzrostu wysokości buków rosnących w drugim piętrze drzewostanów bukowo-sosnowych. Sylwan 156 (5): 343-348.
- Dudzińska M., Bruchwald A. 2008. Znaczenie i praktyczne możliwości wykorzystania wyników badań na stałych powierzchniach doświadczalnych założonych przez Schwappacha i Wiedemanna w drzewostanach dębowych. Prace IBL Rozprawy i Monografie 11.
- Gordienko M. I., Sablij I. V., Lakida P. I. 1995. Formowanie wysokoproduktywnych nasadzeń z udziałem sosny i dęba. Lesn. Chozjajstvo 1: 40-51.

- Gubka K. 1994. Vyoj naslednej generacie duba zimneho po premenach borovice sosny. Acta Fac. For., Zvolen 36: 33-45.
- Kozak I., Ferchmin M., Potaczała G., Kozak O., Seńko Z. 2005. Prognozowanie zmian lasu mieszanego w Kampinoskim PN z zastosowaniem modelu Forkome. Acta Scientiarum Polonorum. 49-62.
- Mosandl R., Kleinert A. 1998. Development of oaks emerged from bird-dispersed seeds under old-growth pine stands. For. Ecol. and Manag. 106: 35-44.
- Noack M. 2004. Waldumbau mit Traubeneiche im Land Brandenburg. AFZ-DerWald 16: 887-889.
- Noack M. 2006. Wachstumsgesetzmaessigkeiten der Trauben-Eiche unter Kiefernschirm. Verlag Dr Kovae Hamburg.
- Paluch R. 2012. Dolne warstwy dębów (*Quercus robur* L., *Q. petraea* Liebl.) w drzewostanach sosnowych w północno-wschodniej Polsce – występowanie, wzrost, rozwój i gospodarcze wykorzystanie. Prace IBL Rozprawy i Monografie 18.
- Żybura H. 1982. Tempo wzrostu wysokości odnowień podokapowych świerka w północno-wschodniej części Polski. Sylwan 126 (1): 7-16.

SUMMARY

Height growth rate of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in lower layer of Scots pine stand

The empirical material was collected in 20 Scots pine stands with lower layer of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in in north-eastern Poland. In each stand 5 highest undergrowth oaks were selected. Basing on stem analysis conducted for these trees, a growth model of oak undergrowth in Scots pine stands was created:

$$H = \frac{H_{55}}{20} \left(\frac{W}{7,2192 + 0,0920W} \right)^2$$

where:

W – age,

H_{55} – height growth rate (height achieved at the age of 55 years).

The elaborated model was presented on figure 2. Height growth rate of oak under Scots pine canopy was significantly delayed in the initial period by 20-30 years. After this time it increased and systematic improvement of site index was observed (fig. 5).