

Wpływ struktury zagospodarowanych drzewostanów na obecność jarzębu brekinii (*Sorbus torminalis*) i bulawnika mieczolistnego (*Cephalanthera longifolia*) w zespole podgórskiej dąbrowy acidofilnej

The influence of stand structure in submontane acidophilous oak forests on the presence of the wild service tree and sword-leaved helleborine

Sławomir Kryżar

Nadleśnictwo Świdnica, ul. Sikorskiego 11, 58-100 Świdnica

Tel. +48 783295384, e-mail: slawomir.kryzar@wroclaw.lasy.gov.pl

Abstract. The objective of this work was to evaluate the occurrence of two strictly protected vascular plant species in managed stands of submontane acidophilous oak forests (*Luzulo luzuloidis* – *Quercetum petraeae* Hilitzer 1932 association) in the Sudeten foothills (Lower Silesia, Poland). During the study, the most important stand parameters influencing the occurrence of the wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) and the orchid sword-leaved helleborine (*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch) were ascertained. The stands ranged from 50 to 130 years of age and were dominated by sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), which comprised 5–100% of trees.

Both of the protected plant species were observed in 10% of the examined plots with the most favorable type of forest stand for sword-leaved helleborine as well as the wild service tree being clearly dominated by sessile oak (portion of oak above 80%). The analysis showed that the wild service tree was found in pure oak stands, whereas sword-leaved helleborine was also recorded in mixed stands aged 50–80 years. The increased frequency of sword-leaved helleborine was associated with a higher portion of oak in the tree layer.

The results suggest that the modern silviculture practices, “close-to-nature” silviculture, transform pure oak forest into mixed forest and allow for natural expansion of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) as well as beech (*Fagus sylvatica* L.), which can induce the gradual disappearance of the orchid and the wild service tree in submontane acidophilous oak forests. Restoring semi-natural pure oak stands should play a significant role in supporting both protected species in submontane acidophilous oak forests of the Sudeten Region.

Keywords: *Luzulo luzuloidis*–*Quercetum petraeae*, expansion of hornbeam, Sudeten, protected plants, silviculture

1. Wstęp

Gospodarka leśna, kształtując skład gatunkowy drzewostanu, wpływa na różnorodność i skład gatunkowy runa leśnego (Barbier et al. 2008). Zespół podgórskiej dąbrowy acidofilnej *Luzulo luzuloidis*–*Quercetum petraeae*, zwany podgórską dąbrową, w regionie sudeckim tworzą drzewostany z panującym dębem bezszypułkowym (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) (Matuszkiewicz 1988; Reczyńska 2015). W większości przypadków są to drzewostany pochodzenia odroślowego, w których jeszcze w pierwszej połowie XX wieku prowadzono tzw. gospodarkę odroślową. Dzięki temu do wnętrza lasu docierało więcej światła, co sprzyjało wzrostowi różnorodności gatunkowej oraz obecności gatunków światłolubnych i ciepłolubnych (Szymura 2010). Struktura jednogatunkowych dąbrów (wiek

odrośli >80 lat) jest najczęściej efektem cięć selekcyjnych, początkowo prowadzonych w systemie ‘coppice-with-standard’ (Szymura 2012). Cięcia polegały na stopniowym usuwaniu drzew (odrośli) z górnej warstwy drzewostanu na korzyść drzew o pożądanych cechach hodowlanych. Celem gospodarczym tych zabiegów była produkcja dobrej jakości tarcicy oraz przygotowanie drzewostanu do lepszego obradzenia, zapewniającego sukces odnowieniowy. Struktura dąbrów w wieku 50–80 lat na siedliskach ubogich jest najczęściej efektem cięć prowadzonych z niewielką intensywnością, natomiast na żyzniejszych siedliskach – przemiany drzewostanów odroślowych na wysokopienne mieszane w wyniku zastosowania zrębów zupełnych (Szymura 2012).

Typowa podgórska dąbrowa charakteryzuje się przede wszystkim obecnością dębu bezszypułkowego w warstwie

Wpłynęło: 31.03.2016 r., recenzowano: 15.06.2016 r., zaakceptowano: 26.10.2016 r.

drzewostanu, rzadziej natomiast domieszką brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth), buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.), świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H. Karst.) oraz sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). W skład słabo rozwiniętej warstwy krzewów najczęściej wchodzi kruszyna pospolita (*Frangula alnus* Mill.), leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.) oraz jarzęb pospolity (*Sorbus aucuparia* L. em. Hedl.) wraz z gatunkami drzew z drzewostanu głównego (Matuszkiewicz 1988), wliczając w to grab pospolity (*Carpinus betulus* L.) (Reczyńska 2015).

Podgórska dąbrowa jest najbogatszym i najlepiej wyodrębnionym zespołem klasy acidofilnych dąbrów, w ramach którego wyróżniono dwa podzespoły: typowy *Luzulo-Quercetum typicum* i ciepłolubny *Luzulo-Quercetum genistetosum tinctoriae* (Matuszkiewicz 1988). W najnowszych badaniach poddano dyskusji podział *Luzulo luzuloidis-Quercetum* na dwa podzespoły *typicum* i *genistetosum tinctoriae* (Reczyńska 2015). W opracowaniu dotyczącym klasyfikacji dąbrów w regionie sudeckim Reczyńska (2015) zaproponowała podział na sześć jednostek syntaksonomicznych, tj.: *Viscario vulgaris-Quercetum petraeae*, *Melico pictae-Quercetum roboris*, *Sorbo torminalis-Quercetum*, *Galium verum-Quercus petraea*, a także ujęte w typologii Matuszkiewicza (2008) zespoły *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae* i *Luzulo luzuloidis-Quercetum petraeae*. Na pogórzach sudeckim zespół *Sorbo torminalis-Quercetum* w opracowaniu Matuszkiewicza (1988) jest ujęte w ramach *Luzulo-Quercetum genistetosum tinctoriae*. W płatach bogatszego podzespołu *Luzulo-Quercetum genistetosum tinctoriae* z większą stałością niż w postaci typowej występują gatunki charakterystyczne dla ciepłolubnych zbiorowisk, w tym objęte ścisłą ochroną gatunkową, jak: jarzęb brekinia (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) i buławnik mieczolistny (*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch) (Rozporządzenie 2014).

Buławnik mieczolistny w "Czerwonej liście roślin naczyniowych w Polsce" jest zaklasyfikowany do V kategorii zagrożenia – gatunek zagrożony wyginięciem (Zarzycki, Szela 2006). Zdaniem Jakubskiej-Busse i in. (2014) zanikanie storczyków na Dolnym Śląsku od początku XX wieku jest spowodowane wprowadzaniem monokultur iglastych, a także eutrofizacją ekosystemów leśnych w kompleksach rolno-leśnych. Z kolei notowany od 1945 roku zmniejszający się udział jarzębu brekinii w lasach dębowych jest głównie wynikiem zaniechania sposobu zagospodarowania w systemie 'coppice-with-standard' (Szymura 2012). Według Kopecký i in. (2013) zaprzestanie w XX wieku tradycyjnej gospodarki odroślowej stopniowo doprowadzi do wyginięcia wielu światłolubnych gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk leśnych nizinnej części Europy.

W Polsce zjawisko zaniku światłolubnych gatunków na przestrzeni ostatnich dekad ma charakter powszechny, ponieważ lasy dębowe stają się bardziej zacienione i zwarte na skutek naturalnej ekspansji buka, w zespole podgórskiej dąbrowy odmiany małopolskiej (Matuszkiewicz 2007a), oraz grabu w ciepłolubnych dąbrowach na nizinach (Kwiatkowska et al. 1997; Matuszkiewicz 2007b). Obecnie w lasach gospodar-

czych podgórskiej dąbrowy prowadzi się przebudowę jednogatunkowych dąbrów w kierunku drzewostanów mieszanych z bukiem (Plany urządzania lasu), co dodatkowo ogranicza dostęp światła do wnętrza drzewostanu. Światłolubny buławnik mieczolistny preferuje gleby wilgotne i zasobne w węglany wapnia (Delforge 2006). Według klasyfikacji Reczyńskiej (2015) jest gatunkiem częstym w ciepłolubnych dąbrowach *Melico pictae-Quercetum roboris* na mezotroficznych, głębokich glebach i stokach o nachyleniu <10%. Stąd obecność tej rośliny w niekorzystnych warunkach siedliskowych zwartych drzewostanów podgórskiej dąbrowy może być uwarunkowana dostępem odpowiedniej ilości światła do dna lasu. Czynnikiem światła jest również istotny dla odnawiania się jarzębu brekinii w lasach z udziałem dębu bezszypułkowego (Müller et al. 2000).

Przy ocenie gospodarki leśnej prowadzonej w zespole podgórskiej dąbrowy postawiono pytanie: czy podstawowe elementy struktury drzewostanów, jak skład gatunkowy i wiek drzewostanu, mają wpływ na frekwencję dwóch ważnych i chronionych gatunków: jarzębu brekinii i buławnika mieczolistnego.

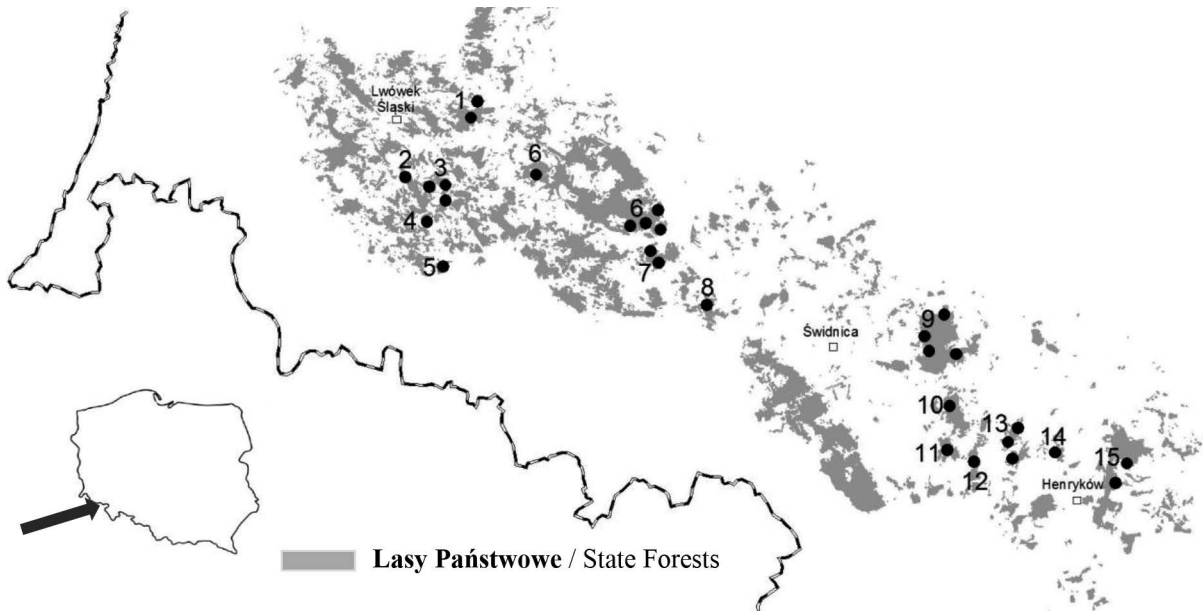
2. Materiały i metody

2.1. Teren badań

Powierzchnie założono w paśmie wyżyn południowo-zachodniej Polski (ryc. 1) wchodzących głównie w skład dwóch makroregionów: Pogórza Zachodniosudeckiego oraz Przedgórze Sudeckiego (Kondracki 2002). Pogórze Zachodniosudeckie obejmuje zasięgiem mikroregion Pogórza Złotoryjskiego, w którym podgórska dąbrowa jest najczęściej spotykanym typem lasu (Kwiatkowski 2001). Obszar charakteryzuje się jednym z największych skupisk drzewostanów dębowych w Polsce, których udział w dzielnicy Przedgórze Sudeckiego przekracza 33% (Trampl et al. 1990; Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004). W drzewostanach tych stwierdzono jedną z najliczniejszych populacji jarzębu brekinii (Bednorz 2004), a także storczyków z rodzaju *Cephalanthera* (Jakubská-Busse et al. 2014). Podłoże badanego obszaru najczęściej stanowią kwaśne skały krystaliczne – metamorficzne i magmowe oraz zasadowe zieleńce, czasem przykryte przez czwartorzędowe osady (Kondracki 2002). W regionie badań przeważają skłony do przesuszenia, płytkie i szkieletowe gleby brunatne kwaśne, a także rankery brunatne o pH 4,0–4,5 (BULiGL w Brzegu). Wszystkie powierzchnie usytuowane są w lasach gospodarczych nadleśnictw: Henryków, Świdnica, Miękinia, Złotoryja, Jawor i Lwówek Śląski, na stokach o nachyleniu $m_e=25\%$, wystawie S–SW i wysokości $h_e=330$ m n.p.m.

2.2. Metody prac badawczych

Powierzchnie rozmieszczono w punktach węzłowych siatki o bokach 50×50 m. Przy wyznaczaniu powierzchni wykorzystano przeglądowe mapy gospodarcze nadleśnictw w skali



Rycina 1. Lokalizacja powierzchni:

Figure 1. Location of plots:

1 – Wzniesienia Plakowickie, 2 – Wzgórza Radomickie, 3 – Wysoczyzna Ostrzycka, 4 – Obniżenie Świerzawy, 5 – Obniżenie Jeleniej Góry, 6 – Pogórze Złotoryjskie, 7 – Pogórze Wojcieszowskie, 8 – Pogórze Świebodzickie, 9 – Masyw Ślęzy, 10 – Wzgórza Krzyżowe, 11 – Wzgórza Gilowskie, 12 – Wzgórza Gumińskie, 13 – Wzgórza Dębowe, 14 – Wzgórza Lipowe, 15 – Wzgórza Strzelińskie

1:25 000 oraz mapy potencjalnej roślinności w skali 1:300 000 (Matuszkiewicz et al. 1995). W celu dopasowania skali powyższych map dokonano stosownej kalibracji. Dla zapewnienia porównywalności wyników przyjęto następujące kryteria, które powinny spełniać każda z założonych w terenie powierzchni: (1) typ siedliskowy – las mieszany wyżynny świeży, (2) podtyp gleby – gleby brunatne kwaśne silnie szkieletowe oraz rankery brunatne, (3) wysokość n.p.m. 300–355 m, (4) nachylenie terenu 15–35%, (5) wystawa SW–SE, (6) pierwsze piętro drzewostanu o zwarcie nie mniejszym niż 70%. Przyjęte kryteria doboru warunków siedliskowych są optymalne dla zespołu *Luzulo luzuloidis–Quercetum petraeae* i zgodne z opracowaniem Matuszkiewicza (1988). Ze względu na różnorodność siedlisk wyżynnych dokonano terenowej weryfikacji powierzchni na podstawie przyjętych kryteriów doboru. Ogółem w jednorodnych płatach zasięgu zespołu pogórskiej dąbrowy założono 176 kołowych powierzchni badawczych.

Za materiał źródłowy do charakterystyki warunków glebowych (rodzaj, podtyp i gatunek gleby) posłużyły opracowania glebowo-siedliskowe nadleśnictw wraz z załączonymi do nich mapami siedlisk. Jednostki geologiczne wyróżniono na podstawie „Szczegółowych map geologicznych Sudetów” w skali 1:25 000 (PIG).

Wielkość powierzchni do badań nad strukturą drzewostanu wynosiła 400 m², na takiej powierzchni wykonywano również zdjęcia fitosocjologiczne. Środki powierzchni kołowych trwale oznakowano palikami dębowymi. Dla środka każdej powierzchni określono współrzędne GPS z dokładnością do 4 m, natomiast wysokość n.p.m. określono na podstawie mapy z dokładnością do 5 m.

W latach 2010–2011 pomierzono pierśnice wszystkich drzew i krzewów, które osiągnęły wysokość $\geq 1,3$ m. Pomiar wykonano z dokładnością do 1 mm. W celu uniknięcia błędów w pomiarze ramię średnicomierza było zawsze skierowane do środka powierzchni. Udział poszczególnych gatunków drzew i krzewów obliczono na podstawie pierśnicowego pola przekroju. Wiek drzewostanu (w drzewostanach odroślowych wiek odrośli) przyjęto z aktualnych opisów taksonomicznych drzewostanów.

Prace florystyczne przeprowadzono metodą Braun-Blanqueta (1964) w latach 2011–2012 w dwóch aspektach: wiosennym (maj) i letnim (lipiec–sierpień). Zgodnie z celem pracy frekwencję (stałość %) brekinii oraz buławnika mieczolistnego obliczono w ramach sześciu wariantów drzewostanów pogrupowanych według udziału dębu oraz wieku (tab. 1). Stopnie ilościowości powyższych gatunków przeliczono na średnie wartości pokrycia w % zgodnie z propozycją Pawłowskiego (1977).

Zdjęcia fitosocjologiczne uporządkowano w tabelach, uwzględniając podział na drzewostany z brekinia i buławnikiem mieczolistnym oraz na drzewostany bez wspomnianych gatunków. W tabelach obliczono współczynniki pokrycia drzew i krzewów oraz współczynniki pokrycia trzech jednostek syntaksonomicznych według opracowania Matuszkiewicza (2008), tj. właściwej dla zespołu klasy *Quercetea robori–petraeae* oraz związków *Fagion sylvaticae* i *Carpinion betuli*. Współczynniki pokrycia obliczono według wzoru Barkmana (Zelený, Tichý 2006). Wynik zaokrąglono, mnożąc iloraz przez 100. Dla porównania warunków klimatycznych i glebowych zastosowano metodę fitoindykacji, która uwzględni

Tabela 1. Liczba powierzchni w zależności od udziału i wieku dębu w drzewostanie

Table 1. Number of plots in a relation to the share of oak and age of stand

Warianty Variants	Udział dębu [%] Share of oak [%]	Wiek Age	Liczba powierzchni Number of plots
I	5–40	50–80	18
II	41–80	50–80	24
III	>80	50–80	22
IV	5–40	>80	16
V	41–80	>80	22
VI	>80	>80	74
Ogółem:			
Total:			176

średnie wartości liczb (wskaźników) ekologicznych roślin zielnych runa (Zarzycki et al. 2002). Obliczono wartości przeciętne następujących wskaźników: świetlnego (L), termicznego (T), wilgotności (W), kwasowości (R), trofizmu gleby (Tr). Porównano liczbę drzew i krzewów w stopniach grubości oraz ich udziały w dwóch przedziałach grubości ($d_{1,3} < 7$ cm i $d_{1,3} \geq 7$ cm). Różnice między średnimi badano za pomocą testu t-Studenta oraz jego nieparametrycznego odpowiednika testu U Manna–Whitneya przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Za pomocą korelacji Spearmana ($p < 0,05$) dokonano analizy siły związku między wartościami średniego pokrycia buławnika mieczolistnego i jarzębu brekinii a elementami struktury drzewostanu (pola przekroju drzew i krzewów, pola przekroju drzewostanu, wieku drzewostanu i pokrycia warstw). Nazwy gatunkowe roślin naczyniowych podano według opracowania Mirka i in. (2002).

3. Wyniki

Obecność jarzębu brekinii lub buławnika mieczolistnego stwierdzono na 17 powierzchniach ze 176, co stanowi prawie 10% wszystkich założonych powierzchni. Buławnika wykazano na 14 powierzchniach (Pogórza Złotoryjskiego 11, Wzgórz Gilowskich 2, Wzgórz Lipowych 1), natomiast brekinie na 3 powierzchniach (Pogórza Złotoryjskiego).

Jarząb brekinia występował w jednogatunkowych dąbrowach (50–80 lat) w warstwie drzewostanu panującego oraz w runie, z frekwencją 5% (tab. 2). Jednak już w starszych dąbrowach (>80 lat) jego frekwencja zmniejszyła się.

W odróżnieniu od brekinii buławnik mieczolistny wystąpił we wszystkich wariantach drzewostanów młodszych (50–80 lat), jego częstość zwiększała się wraz ze wzrostem udziału dębu w drzewostanie (tab. 2). W analogicznych drzewostanach mieszanych (>80 lat) buławnik mieczolistny całkowicie zanikł, natomiast w jednogatunkowych dąbrowach (>80 lat) jego frekwencja zmniejszyła się.

Tabela 2. Frekwencja jarzębu brekinii oraz buławnika mieczolistnego w zależności od udziału dębu oraz wieku drzewostanu

Table 2. Frequency of the wild service tree and sword-leaved helleborine in a relation to the share of oak and age of stand

Gatunek Species	Warianty / Variants					
	I	II	III	IV	V	VI
	n=18	n=24	n=22	n=16	n=22	n=74
<i>Sorbus torminalis</i> a1	0	0	5	0	0	0
<i>Sorbus torminalis</i> a2	0	0	0	0	0	1
<i>Sorbus torminalis</i> b	0	0	0	0	0	1
<i>Sorbus torminalis</i> c	0	0	5	0	0	3
<i>Cephalanthera longifolia</i>	6	8	14	0	0	11

Objaśnienia jak w tabeli 1. / Explanations as in table 1.

Na wszystkich powierzchniach badawczych wykazano istotną dodatnią korelację między stopniem pokrycia buławnika mieczolistnego a drzewostanowym polem przekroju leszczyny (tab. 3). Poza tym obliczono słabą, ale istotną dodatnią korelację z polem przekroju dębu. Buławnik mieczolistny preferował drzewostany bardziej zwarte, choć i tu obliczona siła korelacji była nieznacząca.

W grupie drzewostanów z chronionymi gatunkami (17 powierzchni) stwierdzono istotną ujemną korelację między zwarcie górnego piętra (mierzonego stopniem pokrycia) a występowaniem jarzębu brekinii pod okapem drzewostanu (współczynnik korelacji Spearmana $r = -0,61$).

Przeciętny wiek (88 lat) i zwarcie okapu ($A = 95\%$, $A1 = 90\%$, $A2 = 11\%$) drzewostanów z brekinia i buławnikiem mieczolistnym nie różnią się istotnie od pozostałych drzewostanów pod względem wieku (88 lat) i zwarcia ($A = 91\%$, $A1 = 86\%$, $A2 = 10\%$). Głównym składnikiem dąbrów w warstwie koron (a1) jest dąb bezszypułkowy pochodzenia odroślowego, który w drzewostanach z brekinia i buławnikiem osiągnął V stopień stałości i największy wśród drzew współczynnik pokrycia 7382 (V^{7382}). Nieco niższy współczynnik pokrycia dębu bezszypułkowego odnotowano w drzewostanach bez brekinii i buławnika (V^{6486}). Poza dębem do pierwszego piętra w obu grupach drzewostanów wchodziły naturalnie odnowione gatunki brzozy i sporadycznie grabu. Natomiast pochodzenie niewielkiej domieszki buka i modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) jest niejasne. Brekinia oraz buławnik unikały sztucznie odnowionych drzewostanów z sosną (II^{772}) oraz świerkiem (II^{439}) w pierwszym piętrze. Tylko na jednej powierzchni opisano buławnika mieczolistnego w sztucznie odnowionym drzewostanie z udziałem dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i buka, a także naturalną domieszką grabu i czereśni dzikiej (*Cerasus avium* (L.) Moench).

Pod okapem dąbrów z gatunkami chronionymi stwierdzono lepiej rozwiniętą warstwę podszytu niż w pozostałych drzewostanach – 6%, z przeciętnym pokryciem 17%, choć

Tabela 3. Analiza korelacji Spearmana między wybranymi elementami struktury drzewostanu a stopniem pokrycia buławnika mieczolistnego

Table 3. Spearman correlation analysis between the variables of stand structure and cover of sword-leaved helleborine

Elementy struktury drzewostanu / The variables of stand structure	<i>Cephalanthera longifolia</i>
Pierścicowe pole przekroju / Basal area	
<i>Quercus</i> sp.	0,17*
<i>Fagus sylvatica</i>	0,02
<i>Betula pendula</i>	0,01
<i>Picea abies</i>	-0,12
<i>Pinus sylvestris</i>	-
Gatunki grądowe / Oak–lime–hornbeam forest	0,05
<i>Corylus avellana</i>	0,32*
Drzewostan / Stand	0,05
Pokrycie warstw / Cover layers	
a	0,19*
a1	0,17*
a2	0,04
b	0,18*
Wiek / Age	-0.03

*Zaznaczone istotne korelacje dla $p < 0,05$ i $n = 176$ *Marked correlations are significant at $p < 0,05$ and $n = 176$

różnica ta nie okazała się istotna statystycznie. Warstwę tę tworzyła głównie leszczyna (III¹⁴¹³) – gatunek charakterystyczny dla klasy lasów liściastych. Jednak już w drzewostanach bez brekinii i buławnika udział leszczyny w warstwie krzewów znacząco zmalał (I¹⁰¹).

Spośród drzew największe zdolności odnowieniowe wykazał dąb bezszypułkowy. Siewki tego gatunku wystąpiły obficie w warstwie zielnej obu grup drzewostanów z V stopniem stałości i najwyższymi współczynnikami pokrycia 1235 i 1065. Dąb bezszypułkowy w obu grupach drzewostanów wykazał słabą zdolność do przejścia w wyższą warstwę podszytu. Pokrój młodych drzewek dębu świadczy o przyhamowaniu jego wzrostu.

Generalnie drzewa liściaste o „cienistej koronie” lepiej odnawiają się w drzewostanach, w których stwierdzono brekinie oraz buławnika. W warstwie runa wyróżniają się grab (IV¹²²), czereśnia dzika (IV³⁶), lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.) (III⁵), a więc gatunki charakterystyczne związku *Carpinion*. Częstym składnikiem runa jest także jawor (*Acer pseudoplatanus* L.) (IV¹⁵¹) – wywodzący się z cienistych lasów liściastych rzędu *Fagetalia sylvaticae* oraz klon pospolity (*Acer platanoides* L.) (III⁶²) z klasy *Quercio–Fagetea*. Niemniej jednak oba gatunki klonu nie występują w wyższych warstwach drzewostanu. Natomiast podokapowy buk częściej pojawiał się w drzewostanach, w których nie stwierdzono brekinii oraz buławnika.

Spośród drzew i krzewów najliczniejszym gatunkiem w warstwie podszytu drzewostanów z brekinie i buławnikiem jest leszczyna (tab. 4), co znajduje odzwierciedlenie w znacznym jej udziale w polu przekroju drzewostanu o grubości poniżej 7 cm (ryc. 2). Liczebność i udział tego krzewu znacząco zmalały w drzewostanach bez brekinii i buławnika. W porównaniu z leszczyną pozostałe krzewy, jak kruszyna, jarzab pospolity, głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna* Jacq.), w zespole podgórskiej dąbrowy występowały nielicznie.

Pod względem liczby drzew w obu grupach drzewostanów w stopniach grubości od 9 do 37 cm zaznaczyła się wyraźna przewaga dębu bezszypułkowego (tab. 4). W drzewostanach z brekinie i buławnikiem najliczniejszą grupę stanowią drzewa w stopniu 17 cm, w którym na uwagę zasługuje domieszka brzozy. W drzewostanach bez brekinii i buławnika w najliczniejszej grupie – w stopniu 21 cm – można wyróżnić domieszkę sosny. Inaczej jest w przypadku świerka oraz ga-

Tabela 4. Struktura grubości drzewostanów o powierzchni 1 ha: (1) z jarzębem brekinie i buławnikiem mieczolistnym, (2) pozostałych
Table 4. Diameter structure of 1 ha stands: (1) with wild service tree and sword-leaved helleborine, (2) others

Gatunek Species	Drzewostan Stand	Liczba drzew i krzewów w stopniach pierśnic [cm] Number of trees and shrubs in the grades of DBH [cm]																		
		1,5	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73
<i>Quercus petraea</i> Liebl.	1	7	19	62	81	144	103	97	59	41	19	10	3	1	3	–	–	–	–	–
	2	8	16	31	58	97	106	80	54	26	14	7	3	1	2	<1	<1	<1	–	<1
<i>Betula pendula</i> Roth	1	4	–	–	4	18	19	10	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	2	1	1	2	5	5	3	2	1	1	<1	<1	–	–	–	–	–	–	–
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	1	–	–	3	–	1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	10	20	12	5	4	4	6	5	3	2	1	1	<1	1	<1	–	–	–	–

tunków grądowych, które są reprezentowane głównie przez drzewa cienkie (tab. 4). W drzewostanach z brekinią i buławnikiem nieznacznie wzrosła rola lipy i czereśni dzikiej, a w pozostałych drzewostanach grabu i świerka. Ogólnie biorąc, w warstwie o grubości poniżej 7 cm udział gatunkowy drzewostanów z brekinią i buławnikiem jest mniej zróżnicowany od pozostałych drzewostanów (ryc. 2). Zwraca uwagę znaczący spadek udziału drzew grądowych w warstwie o grubości powyżej 7 cm (ryc. 3).

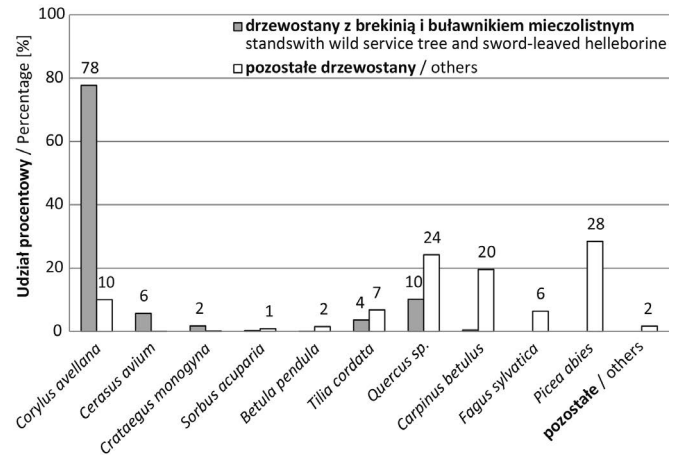
Pole przekroju dębu oraz leszczyny w drzewostanach z brekinią i buławnikiem mieczolistnym jest większe od pola przekroju pozostałych drzewostanów (ryc. 4). W drzewostanach z brekinią oraz buławnikiem nie stwierdzono sosny w polu przekroju.

Drzewostany z brekinią oraz buławnikiem mieczolistnym rosną na glebach żyzniejszych oraz mniej kwaśnych od gleb z pozostałymi drzewostanami (ryc. 5). Poza tym analiza wskaźników wilgotności i termicznego wykazała, że brekinia i buławnik preferują drzewostany na cieplejszych i suchszych siedliskach.

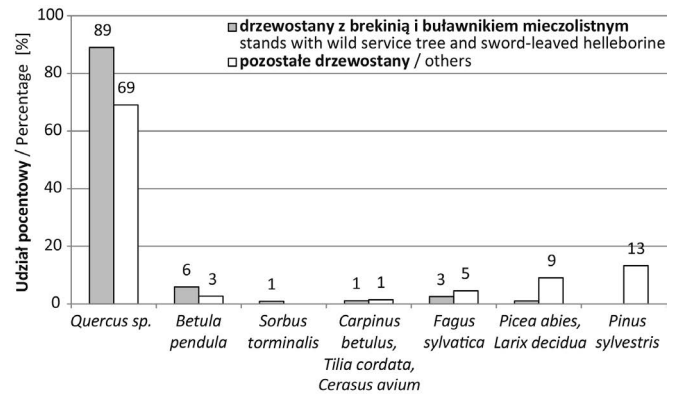
Wykazano odwrotne proporcje sumy współczynników pokrycia gatunków charakterystycznych dla związku *Carpinion betuli* i *Fagion sylvaticae* (ryc. 6). W odniesieniu do grupy gatunków właściwych dla kwaśnych dąbrów (*Quercetea robori-petraeae*) współczynniki pokrycia kształtowały się na zbliżonym poziomie. W runie drzewostanów z brekinią i buławnikiem związek *Carpinion betuli* w największym stopniu reprezentowany jest przez przytulię Schultesa (*Galium schultesii* Vest) – (V⁴⁷⁴). Przytulii leśnej (*Galium sylvaticum* L.) nie odnotowano. Z kolei stwierdzono związek *Fagion sylvaticae* z kosmatką gajową (*Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy & Wilmott) zarówno w drzewostanach z brekinią i buławnikiem (III¹⁹³), jak i w pozostałych drzewostanach (III⁸¹¹).

4. Dyskusja

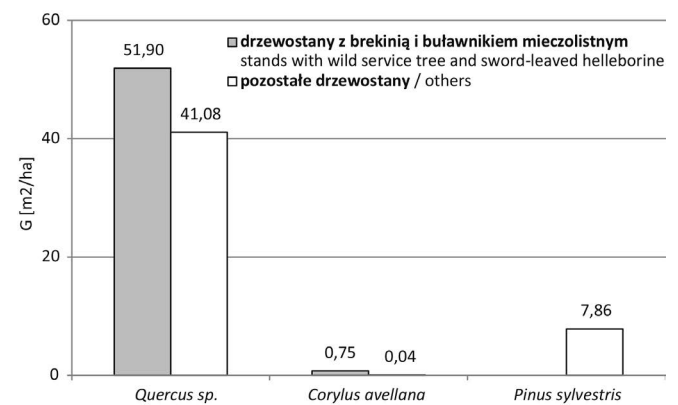
Przy ocenie wpływu struktury drzewostanów na obecność chronionych gatunków w zespole pogórskiej dąbrowy nie można pominąć tak ważnego aspektu jak zmienność przestrzenna (geograficzna), czy też efekt minionej gospodarki odroślowej. Zdaniem Szymury i Szymury (2013) w części wyżynnej regionu sudeckiego najsilniejszy wpływ na zróżnicowanie składu zespołów florystycznych związanych z dąbrowami użytkowymi w przeszłości odroślowo ma ich przestrzenne zróżnicowanie. Typowa dla siedlisk wyżynnych fragmentacja lasów pogórza ogranicza zasięg i liczbę gatunków światłolubnych, które mają niską zdolność rozsiewu (Szymura et al. 2015). Przestrzenne zróżnicowanie może silniej oddziaływać na roślinność niż kwasowość gleby i wystawa, która jest zazwyczaj południowa (Szymura, Szymura 2013). Przestrzenne zróżnicowanie może mieć odzwierciedlenie w tym, że wszystkie powierzchnie z jarzębem brekinią oraz większość z buławnikiem mieczolistnym zlokalizowano w obszarze Pogórza Złotoryjskiego. Obecność chronionych gatunków w kwaśnych siedliskach podgórskiej dąbrowy może być również uzależniona od charakterystyki geologicznej, ponieważ na Pogórzu Zło-



Rycina 2. Udział [%] drzew i krzewów w stopniach grubości <7 cm
Figure 2. Share [%] of trees and shrubs in the layer of DBH <7 cm



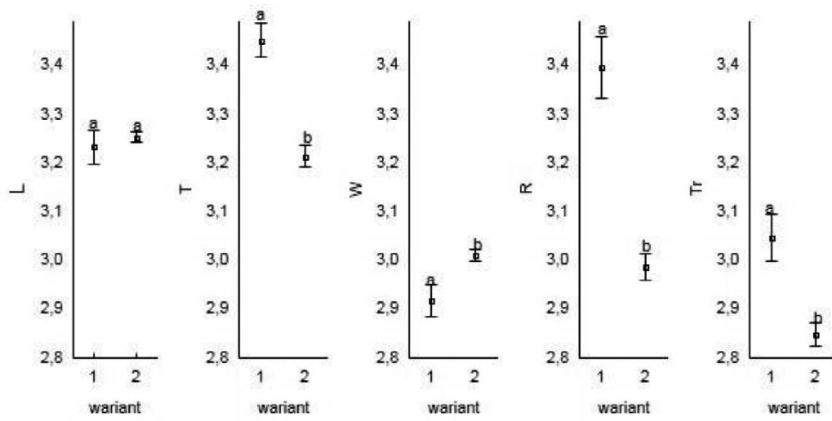
Rycina 3. Udział [%] drzew i krzewów o pierśnicy ≥7 cm
Figure 3. Share [%] of trees and shrubs in the layer of DBH ≥7 cm



Rycina 4. Średnie pierśnicowe pole przekroju (G) drzew i krzewów. Różnice między średnimi są statystycznie istotne przy poziomie istotności $\alpha=0,05$

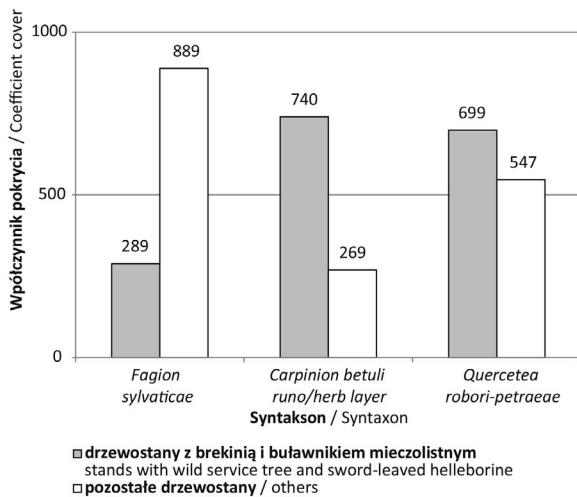
Figure 4. Mean of basal area (G) of trees and shrub species. Differences between means are significantly different at $\alpha=0,05$

toryjskim podłożu geologicznym stanowi zwietrzelina zieleńców, a na Przedgórzu Sudeckim zwietrzelina gnejsów z wkładkami



Rycina 5. Średnie wartości wskaźników ± błąd standardowy (%) w drzewostanach: (1) z jarzębem brekinią i buławnikiem mieczolistnym, (2) pozostałych. Objasnienia: L – światła, T – termiczny, W – wilgotności, R – kwasowości, Tr – żyzności. Różnice między wartościami średnimi oznaczone tymi samymi literami nie są istotne statystycznie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Figure 5. Mean indicator values ± S.E. (%) in stands: (1) – with wild service tree and sword-leaved helleborine, (2) – other stands. Explanations: L – light, T – temperature, W – moisture, R – soil reaction, Tr – fertility. Differences between means followed by a common letter are not significantly different at $\alpha = 0,05$.



Rycina 6. Współczynniki pokrycia jednostek syntaksonomicznych
Figure 6. Cover coefficient of syntaxonomical units

amfibolitów. W odróżnieniu od kwaśnych skał są one zasobniejsze w składniki mineralne dostępne dla roślin. Zdaniem Augusto i in. (2003) charakterystyka geograficzna i geologiczna miejsca może bardziej wpłynąć na roślinność i chemiczne właściwości gleby niż gatunki drzew. Spośród ważnych czynników środowiskowych wpływających na roślinność dąbrów regionu sudeckiego Szymura i in. (2015) wymieniają wilgotność i zawartość wapnia w glebie. W prezentowanych badaniach zdaje się to potwierdzać analiza wskaźników ekologicznych. Gleby w drzewostanach z brekinią oraz buławnikiem są mniej kwaśne, żyzniejsze oraz mniej wilgotne niż gleby z pozostałymi drzewostanami. Tym niemniej w obu grupach drzewostanów, uwzględniając średnie wartości liczb ekologicznych według Zarzyckiego i in. (2002), wciąż są to świeże, umiarkowanie ubogie gleby o kwaśnym odczynie. Niniejsza charakterystyka warunków glebowych odpowiada zespołowi podgórskiej dąbrowy acidofilnej i jest zgodna z opracowaniami Matuszkiewicza (1988) i Reczyńskiej (2015). Z jednej strony w obu grupach drzewostanów stwierdzono zbliżony udział gatunków charakterystycznych dla klasy dąbrów acidofilnych oraz obecność kosmatki gajowej z III stopniem stałości – gatunku częstego w zespole podgórskiej dąbrowy (Matuszkiewicz 2008; Reczyńska 2015).

Z drugiej strony występowanie mezotroficznej przytulii Schultesa w drzewostanach z brekinią i buławnikiem odpowiada zespołowi ciepłolubnej dąbrowy *Sorbo torminalis-Quercetum* (Reczyńska 2015).

W zwartych lasach podgórskiej dąbrowy acidofilnej najważniejszym elementem struktury drzewostanu wpływającym na obecność brekinii oraz buławnika mieczolistnego jest skład gatunkowy drzewostanu. Najkorzystniejsze okazały się jednogatunkowe drzewostany dębowe, typowe dla ciepłolubnego wariantu zespołu. Dąbrowy te tworzył dąb bezszypułkowy, przeważnie odroślowego pochodzenia, ze znikomą domieszką pozostałych drzew. Bez wątpienia wysoki udział dębu jest zasługą człowieka, który od wieków promował lasy dębowe ze względu na ich użytkowe i kulturowe wartości. Zwraca uwagę fakt, że brekinia i storczyk nie wystąpiły w sztucznie odnowionych drzewostanach z udziałem sosny. Zanik storczyków w drzewostanach iglastych potwierdzają wyniki badań Jakubskiej-Busse i in. (2014). Generalnie brekinia i buławnik częściej występowały w młodszych jednogatunkowych dąbrowach (50–80 lat), niż w starszych (>80 lat). Buławnik pojawił się dodatkowo w młodszych drzewostanach mieszanych z udziałem brzozy, zwiększając swoją frekwencję wraz ze wzrostem udziału dębu w drzewostanie. Wyższa frekwencja w młodszych drzewostanach może wynikać z krótszego okresu mijającego od zaprzestania gospodarki odroślowej, ponieważ ten typ gospodarki leśnej sprzyjał obecności światłolubnych gatunków w dąbrowach pogórza (Szymura 2010). Poza tym w starszych drzewostanach odnotowano większy udział drzew iglastych. Występowanie brekinii w ciepłolubnym wariantcie zespołu podgórskiej dąbrowy regionu sudeckiego prawdopodobnie może być zasługą celowej hodowli w systemie coppice-with-standards w latach 1890–1945 (Szymura 2012). W celu ochrony tego gatunku nie wyklucza się powrotu do gospodarki odroślowej (Szymura 2010).

W Polsce w ostatnich dziesięcioleciach wzrost udziału buka w zespole podgórskiej dąbrowy odmiany małopolskiej spowodował sukcesywne przekształcanie się jej w buczyny (Matuszkiewicz 2007a). Niemniej jednak w regionie sudeckim dynamika rozwoju drzewostanów z brekinią i buławnikiem mieczolistnym wskazuje na możliwości regeneracyjne

grądów w zespole podgórskiej dąbrowy. Świadczy o tym spontaniczne odnowienie lipy i grabu w dolnych warstwach jednogatunkowych dąbrów, pomimo ich braku w warstwie drzew. Z kolei buk występuje nielicznie w warstwie krzewów i w warstwie zielnej. Na powierzchniach z buławnikiem zaobserwowano też obfite pojawienie się leszczyny, która wcześniej niż grab i lipa kolonizowała zastępcze zbiorowiska roślinne na potencjalnym siedlisku grądowym (Czerepko 2004). Zanik gatunków światłolubnych wskutek regeneracji grądów znany jest w zespole ciepłolubnej dąbrowy *Potentillo albae-Quercetum petraeae* (Kwiatowska et al. 1997). Na rosnącą rolę grabu w strukturze drzewostanów podgórskiej dąbrowy brekiniowej *Sorbo torminalis-Quercetum* na Pogórzu Złotoryjskim wskazuje też Kwiatkowski (2003). W grupie drzewostanów z chronionymi roślinami wykazano negatywny wpływ zwarcia górnego piętra na pokrycie jarzębu brekinii. Zwłaszcza na żyzniejszych siedliskach brekinia ulega konkurencji ze strony innych gatunków drzew w okapie drzewostanu (Szymura et al. 2014), dlatego gatunek ten wymaga czynnej ochrony (Bednorz 2009).

Zjawisko regeneracji grądów w dąbrowach wskazuje, że potencjalna roślinność naturalna podlega ciągłym dynamicznym zmianom (Czerepko et al. 2008). Dla zachowania brekinii i buławnika w zespole podgórskiej dąbrowy hodowla lasu powinna dążyć do maksymalnego wykorzystania naturalnego potencjału odnowieniowego lokalnych ekotypów dębu bezszypułkowego. Sukces odnowieniowy dębu może zapewnić kontrolowane rozluźnienie okapu drzewostanu. Zastosowanie zrębów zupełnych w lasach dębowych może być ważnym narzędziem oddziaływającym nie tylko na ochronę rzadkich gatunków, ale też na ogólny wzrost bioróżnorodności w zwartych ekosystemach leśnych (Sebek et al. 2015). Wiele współczesnych prac podkreśla też pozytywny wpływ tradycyjnej gospodarki odroślowej na wzrost udziału gatunków światłolubnych w drzewostanach dębowych (Szymura 2010; Kopecký et al. 2013; Vild et al. 2013; Müllerová et al. 2015). Według Vild i in. (2013) szersze stosowanie gospodarki odroślowej w lasach europejskich nie tylko zwiększy udział gatunków światłolubnych i kwasolubnych w runie, ale może być obiecującym źródłem biopaliwa.

5. Podsumowanie

Występowanie jarzębu brekinii i buławnika mieczolistnego w zwartych 50–130 letnich lasach gospodarczych zespołu podgórskiej dąbrowy acidofilnej jest uzależnione od zmienności geograficznej zespołu, liczby lat od zakończenia gospodarki odroślowej oraz od struktury drzewostanów. Najistotniejszym elementem struktury drzewostanów, warunkującym występowanie chronionych roślin, jest skład gatunkowy. Najwyższą frekwencję brekinii (5%) i buławnika (14%) stwierdzono w odroślowych jednogatunkowych dąbrowach z dębem bezszypułkowym w wieku 50–80 lat. W odróżnieniu od brekinii buławnik wystąpił również w drzewostanach mieszanych z udziałem brzozy w wieku 50–80 lat, w których to frekwencja tego storczyka rosła wraz

ze wzrostem udziału dębu. Większa obecność brekinii i buławnika w młodszych dąbrowach najprawdopodobniej wiąże z krótszym okresem mijającym od zakończenia gospodarki odroślowej. Oba chronione gatunki nie występowały w drzewostanach z udziałem sosny. W drzewostanach z brekinią i buławnikiem wykazano wyższy udział leszczyny w drzewostanowym polu przekroju. Stopień pokrycia leszczyny był istotnie związany ze stopniem pokrycia buławnika mieczolistnego. Zaobserwowana spontaniczna sukcesja gatunków grądowych w niższych warstwach drzewostanu oraz wzrost sztucznie wprowadzanego buka może w przyszłości zagrozić populacji brekinii oraz buławnika mieczolistnego w zespole podgórskiej dąbrowy acidofilnej.

Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

Źródła finansowania

Badania sfinansowano ze środków własnych.

Literatura

- Augusto L., Dupouey J.L., Ranger J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science* 60(8): 823–831. DOI 10.1051/forest:2003077.
- Bednorz L. 2004. Rozmieszczenie i zasoby *Sorbus torminalis* (Rosaceae: Maloideae) w Polsce. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 11: 105–121.
- Bednorz L. 2009. Jak chronić jarząb brekinię (*Sorbus torminalis*) w polskich lasach? *Sylvan* 153(5): 354–360.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien-New York, Springer Verlag, 865 s.
- Czerepko J. 2004. Development of vegetation in managed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in an oak–lime–hornbeam forest habitat. *Forest Ecology and Management* 202: 119–130. DOI 10.1016/j.foreco.2004.07.033.
- Czerepko J. (red.), Boczoń A., Cieśla A., Forycka A., Ksepko M., Obidziński A., Paluch R., Rodziewicz A., Różański W., Sokołowski K., Szwed W., Wróbel M. 2008. Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. Synteza wyników uzyskanych w ramach realizacji projektu BioSoil Forest Biodiversity. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 135 s. ISBN 978-83-87647-75-9.
- Delforge P. 2006. Orchids of Europe, North Africa and the Middle East. Timber Press Inc., Oregon, USA, 640 p. ISBN 9780713675252.
- Jakubská-Busse A., Pielech R., Szczęśniak E. 2014. The Extinction of Terrestrial Orchids in Europe: Does Disappearance of *Cephalanthera* Rich., 1817 (Orchidaceae, Neottieae) Species Show Pattern Consistent with the Elevation Gradient? *Life Science Journal* 11(4): 140–144.
- Kondracki J. 2002. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, 440 s. ISBN 83-01-13897-1.
- Kopecký M., Hédl R., Szabó P. 2013. Non-random extinctions dominate plant community changes in abandoned coppices. *Journal of Applied Ecology* 50(1): 79–87. DOI 10.1111/1365-2664.12010.

- Kwiatkowska A.J., Spalik K., Michalak E., Palińska A., Panufnik D. 1997. Influence of the size and density of *Carpinus betulus* on the spatial distribution and rate of deletion of forest-floor species in thermophilous oak forest. *Plant Ecology* 129: 1–10.
- Kwiatkowski P. 2001. Zbiorowiska leśne Pogórza Złotoryjskiego. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 8: 173–218.
- Kwiatkowski P. 2003. Podgórska ciepłolubna dąbrowa brekiniowa *Sorbo torminalis-Quercetum* na Pogórzu Złotoryjskim. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 10: 175–193.
- Matuszkiewicz J.M. 1988. Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Bory mieszane i acidofilne dąbrowy. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 33: 107–190.
- Matuszkiewicz J.M. 2007a. Zmiany w dąbrowach acydofilnych, w: Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski (red. J.M. Matuszkiewicz). Monografie. PAN, Warszawa, 730–750. ISBN 978-83-87954-78-0.
- Matuszkiewicz J.M. 2007b. Zmiany w dąbrowach świetlistych leśnictwa Korytów koło Żyrardowa, w: Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski (red. J.M. Matuszkiewicz). PAN, Warszawa, 348–364. ISBN 978-83-87954-78-0.
- Matuszkiewicz W. 2008. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 531 s. ISBN 978-83-01-14439-5.
- Matuszkiewicz W., Faliński J.B., Kostrowicki A.S., Matuszkiewicz J.M., Olaczek R., Wojterski T. 1995. Potencjalna roślinność naturalna Polski. Mapa przeglądowa 1:300 000. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M. 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist, w: Biodiversity of Poland 1. (ed. Z. Mirek). Kraków, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 442 s. ISBN 83-85444-83-1.
- Müller S., Ammer Ch., Nüßlein S. 2000. Analyses of stand structure as a tool for silvicultural decisions – a case study in a *Quercus petraea-Sorbus torminalis* stand. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 119(1): 32–42. DOI 10.1007/BF02769124.
- Müllerová J., Hédl R., Szabó P. 2015. Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management* 343: 88–100. DOI 10.1016/j.foreco.2015.02.003.
- Pawłowski B. 1977. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania, w: Szata roślinna Polski (red. W. Szafer, K. Zarzycki). Wyd. 3, t. I, PWN, Warszawa, 237–269.
- Reczyńska K. 2015. Diversity and ecology of oak forests in SW Poland (Sudetes Mts.). *Phytocoenologia* 45(1-2): 85–105. DOI 10.1127/phyto/2015/0021.
- Rozporządzenie 2014. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin na podstawie art. 48 Ustawy o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 roku.
- Sebek P., Bace R., Bartos M., Benes J., Chlumska Z., Dolezal J., Dvorsky M., Kovar J., Machac O., Mikatova B., Perlik M. 2015. Does a minimal intervention approach threaten the biodiversity of protected areas? A multi-taxa short-term response to intervention in temperate oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 358: 80–89. DOI 10.1016/j.foreco.2015.09.008.
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu. 2004. Załącznik do zasad hodowli lasu. (Bańkowski J., Cieśla A., Czerepko J., Czępińska-Kamińska D., Kliczkowska A., Kowalkowski A., Krzyżanowski A., Mąkosza K., Sikorska E., Zielony R.). Ośrodek Rozwoju-Wdrożeniowy Lasów Państwowych, Bedoń, 264 s. ISBN 83-913320-63.
- Szymura T.H. 2010. Tradycyjna gospodarka odroślowa w Europie Środkowej i jej wpływ na różnorodność biologiczną. *Sylwan* 154(8): 545–551.
- Szymura T.H. 2012. How does recent vegetation reflect previous systems of forest management. *Polish Journal of Ecology* 60(4): 859–862.
- Szymura T.H., Szymura M. 2013. Spatial variability more influential than soil pH and land relief on thermophilous vegetation in overgrown coppice oak forests. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 82(1): 5–11. DOI 10.5586/asbp.2013.003.
- Szymura T.H., Szymura M., Macioł A. 2015. The effect of ecological niche and spatial pattern on the diversity of oak forest vegetation. *Plant Ecology and Diversity* 8(4): 505–518. DOI 10.1080/17550874.2015.1010186.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych, 155 s. PWRiL, Warszawa. ISBN 83-913320-6-3.
- Vild O., Roleček J., Hédl R., Kopecký M., Utinek D. 2013. Experimental restoration of coppice-with-standards: response of understorey vegetation from the conservation perspective. *Forest Ecology and Management* 310: 234–241. DOI 10.1016/j.foreco.2013.07.056.
- Zarzycki K., Szeląg Z. 2006. Red list of the vascular plants in Poland. [Czerwona lista roślin naczyniowych w Polsce], in: Red list of plants and fungi in Poland. [Czerwona lista roślin i grzybów Polski] (Z. Mirek, K. Zarzycki, W. Wojewoda, Z. Szeląg W. Szafer) Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 95 p. ISBN 83-89648-38-5.
- Zarzycki K., Trzcinińska-Tacik H., Różański W., Szeląg Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. [Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski]. Biodiversity of Poland 2: 7–183. Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków. ISBN 83-85444-95-5.
- Zelený D., Tichý L. 2006. Unconstrained ordinations in Juice. Institute of Botany and Zoology. Masaryk University. Brno. <http://sci.muni.cz/botany/zeleny/ordination>.