

TOMASZ DURAK

Wpływ warstwy drzew na różnorodność roślinności zielnej w zbliżonych do naturalnych wielogatunkowych lasach Puszczy Sandomierskiej

Influence of tree layer on the diversity of the herbaceous vegetation in the semi-natural mixed Sandomierz Forest

ABSTRACT

Durak T. 2015. Wpływ warstwy drzew na różnorodność roślinności zielnej w zbliżonych do naturalnych wielogatunkowych lasach Puszczy Sandomierskiej. Sylwan 159 (1): 45-52.

Stand characteristics are important factors influencing the biodiversity of the herbaceous plants that play important roles in the functioning and shaping the structure of the forest. This study investigates the relationship between the characteristics of the tree layer and the diversity of the herbaceous layer in the semi-natural remnants of the former Sandomierz Forest (Kolbuszowa Plateau, SE Poland).

The study was conducted in 'Las Klasztorny' reserve on 40 circular plots (0.05 ha) centered on the nodes of a grid covering the area of the reserve. Each plot was analyzed in terms of the composition of the tree stand, and the height and diameter at the breast height (DBH) of live trees. In order to analyze species diversity in the herbaceous layer, the incidence of vascular plant species was recorded on 24 surfaces (1×1 m) along a transect passing through the center of each plots. For each plot the Shannon index of species diversity was calculated. Results were analyzed by multivariate PCA method.

Average tree density in the reserve was 741 trees/ha and the average basal area was 33.4 m²/ha. Tree stands consisted mainly of *Pinus sylvestris*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* and *Carpinus betulus*. Fir and pine were the most frequent. Pine had the largest share in the total basal area. The first and second PCA axis demonstrated high correlation of herbaceous plant diversity with tree characteristics ($r=0.95$ and $r=0.71$, respectively). The first axis showed the greatest negative relation with beech basal area proportion, and positive dependence on oak density and share of pine in basal area on the research plots. The second gradient showed a strong positive correlation with oak basal area proportion, and negative with trees density. Correlation analysis of tree stand characteristics and the herbaceous layer confirmed the negative impact of beech on herbaceous layer diversity. It also indicated a positive dependence of the herbaceous layer species diversity on species richness in the tree layer, oak density and average DBH. The results indicated a positive dependence of herbaceous plant diversity on the development of the tree stand. The observed greater diversity of herbaceous plants in the old growth forests with diverse spatial and species structures indicates the high importance of the old stands in maintaining forest biodiversity.

KEY WORDS

biodiversity, herbaceous layer, ecosystem functioning, monitoring

ADDRESSES

Tomasz Durak – e-mail: tdurak@univ.rzeszow.pl

Zakład Botaniki, Uniwersytet Rzeszowski; ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

Wstęp

W wyniku długotrwałego użytkowania lasów dochodzi do zaniku różnorodności biologicznej i degradacji funkcji ekosystemów leśnych. Konieczne jest więc prowadzenie bardziej zrównoważonej gospodarki leśnej, umożliwiającej powstrzymanie spadku różnorodności lub jej zwiększenie tam, gdzie uległa obniżeniu w wyniku działalności człowieka [Burton i in. 1992]. Ważnym czynnikiem wpływającym na różnorodność lasu jest drzewostan [Scherer-Lorenzen i in. 2005]. Widoczna zwłaszcza w przeszłości przewaga produkcyjnej roli lasów nad rolą ekologiczną często doprowadzała do uproszczenia struktury drzewostanów. W konsekwencji dochodziło do modyfikacji struktury całych zbiorowisk roślinnych, których istotnym komponentem jest roślinność zielna. Mimo małego udziału w biomase roślinnej decyduje ona o różnorodności roślinności leśnej. Nie można również pominąć ekologicznego znaczenia roślinności zielnej dla funkcjonowania ekosystemu leśnego (np. wpływ na naturalne odnawianie się gatunków drzewiastych, pokarm i schronienie dla zwierząt, zabezpieczenie przed erozją, udział w obiegu pierwiastków [Scherer-Lorenzen i in. 2005; Gilliam 2007]). Na związki między drzewostanem a strukturą warstwy zielnej zwracano uwagę w szeregu prac z zakresu fitosocjologii leśnej [Dzwonko 1986; Matuszkiewicz 2007]. Wciąż jednak nieliczne tylko prace analizują wzorce zależności między drzewostanem a różnorodnością roślinności leśnej [Gilliam, Roberts 2003; Bartels, Chen 2013]. Najczęściej wykazują one większą różnorodność niższych warstw roślinności w wielogatunkowych lasach liściastych niż iglastych lub jednogatunkowych [Barbier i in. 2008; Mölder i in. 2008; Bartels, Chen 2013]. Wskazują również na rosnącą, dodatnią zależność między przestrzenną strukturą drzewostanu i fazą jego rozwoju a różnorodnością niższych warstw roślinności [Halpern, Spies 1995; Gilliam, Roberts 2003].

Zachowanie naturalnej różnorodności biologicznej lasu jest ważnym celem współczesnej gospodarki leśnej [Zasady... 2003]. Możliwe jest ono dzięki zrozumieniu zależności między cechami drzewostanu i różnorodnością organizmów żywych w ekosystemach o charakterze naturalnym. Dotychczas brakuje informacji o zależnościach między warstwami roślinności w lasach Puszczy Sandomierskiej. Obecnie w większości są to lasy znacznie odbiegające od swej pierwotnej postaci. W miejscu wielogatunkowych lasów z bukiem, jodłą, dębem, grabem i sosną dominują lasy zdominowane przez sosnę i dąb [Nowiński 1926, 1929; Durak 2003]. Zbliżone do naturalnych pozostałości po dawnej Puszczy Sandomierskiej są nieliczne. Jeden z najlepiej zachowanych i najdłużej chronionych (od 1920 roku) kompleksów leśnych dawnej puszczy znajduje się koło Leżajska (rezerwat „Las Klasztorny”).

Celem pracy było określenie zależności między różnorodnością gatunkową roślin zielnych a składem gatunkowym i strukturą wielogatunkowych drzewostanów dawnej Puszczy Sandomierskiej.

Materiał i metody

Badania prowadzono na terenie rezerwatu „Las Klasztorny” (Płaskowyż Kolbuszowski). Rezerwat o powierzchni 39,49 ha obejmuje fragment lasu mieszanego o cechach naturalnych z sosnowo-bukowo-jodłowym starodrzewiem z około 200-letnimi okazami drzew. Dominującym typem gleb są gleby brunatne kwaśne i bielcowe. Badania prowadzono na 40 powierzchniach kołowych o powierzchni 0,05 ha ($r=12,6$ m) rozmieszczonych w węzłach siatki pokrywającej powierzchnię rezerwatu (odległość między węzłami=100 m). Badania prowadzono w dwóch etapach. W pierwszym na każdej powierzchni zanotowano skład gatunkowy drzewostanu oraz wysokość i pierśnicę żywych drzew o średnicy większej lub równej 7 cm [Krajewska 2010]. Dla

każdej powierzchni policzono liczbę drzew, współczynnik zmienności wysokości drzew, sumaryczne pierśnicowe pole przekroju oraz procentowy udział pierśnicowego pola przekroju: sosny, jodły, buka, dębu oraz grabu połączonego w jedną grupę z pozostałymi gatunkami drzew.

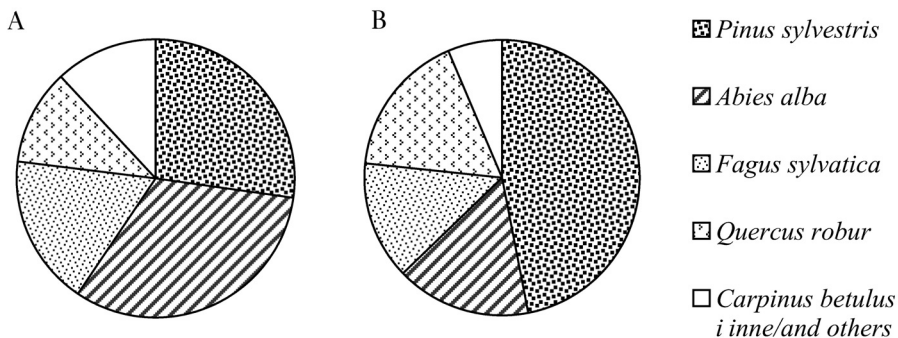
W drugim etapie badano różnorodność gatunkową warstwy zielnej. W tym celu zanotowano występowanie gatunków roślin naczyniowych (z wyłączeniem gatunków drzewiastych) na 24 przylegających do siebie poletkach (o boku 1 m) rozmieszczonych wzdłuż transektu przechodzącego przez środek każdej z 40 powierzchni badawczych (zgodnie z azymutem 40°). W ten sposób dla każdej powierzchni badawczej określono skład gatunkowy i frekwencję gatunków z warstwy zielnej. W oparciu o frekwencję obliczono wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (H').

Do znalezienia zależności między cechami drzew (składem gatunkowym, pierśnicowym polem przekroju, udziałem gatunków, zagęszczeniem, wysokością i średnicą) a roślinnością warstwy zielnej (bogactwem gatunkowym, wskaźnikiem różnorodności Shannona) na powierzchniach badawczych wykorzystano wielowymiarową analizę roślinności zielnej z użyciem programu CANOCO [ter Braak 2003]. Stosując analizę PCA, pokazano zależności między cechami drzew i różnorodnością warstwy zielnej. Następnie istotność tych zależności testowano za pomocą testu Spearmana, używając programu STATISTICA 10.0.

Wyniki

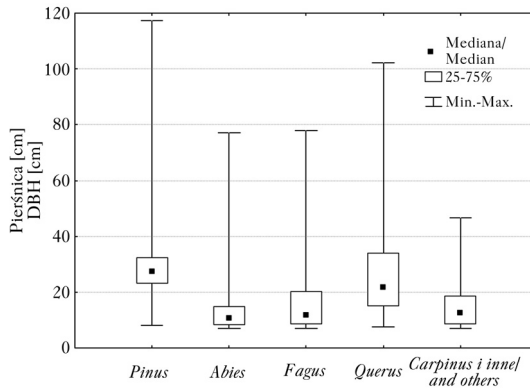
Średnie zagęszczenie drzew w rezerwacie wynosiło 741 szt./ha, a średnie pierśnicowe pole przekroju 33,4 m²/ha. Drzewostan tworzyły głównie *Pinus sylvestris*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* i *Carpinus betulus*. Spotykano również *Acer platanoides*, *Betula pendula* i *Tilia cordata*. Najliczniej występowała jodła (około 32%) i sosna (około 27%). Największy udział w pierśnicowym polu przekroju miała sosna (około 50%), następnie jodła, buk i dąb (każdy gatunek po około 15%) (ryc. 1).

Średnia pierśnica drzew wyniosła 20,1 cm. Największą średnią pierśnicę miała sosna (29,3 cm) i dąb (25,9 cm). Najmniejszą średnią pierśnicę miała jodła (13,7 cm). Dla buka i grabu średnia pierśnica wynosiła odpowiednio 17 i 15,3 cm. W wyższych klasach grubości dominowała sosna, a w niższych jodła (ryc. 2, 3). Średnia wysokość drzew wynosiła 14,5 m. Główne gatunki drzew osiągały średnio wysokość: sosna 22,7 m, jodła 8,3 m, buk 13,8 m, dąb 16,8 m i grab 11,3 m. Najwyższą warstwę drzewostanu tworzyła sosna, w warstwach niższych dominowała jodła.



Ryc. 1.

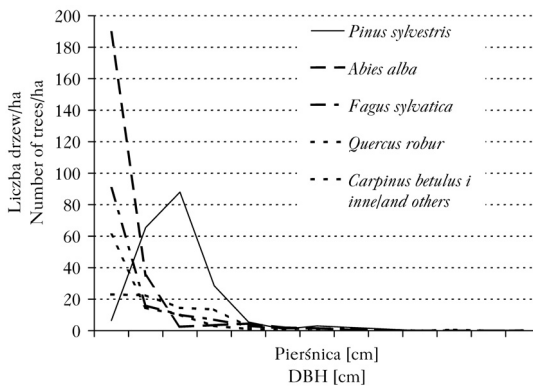
Struktura gatunkowa drzewostanu według liczebności drzew (A) i pierśnicowego pola przekroju (B)
Stand composition according to the number of trees (A) and basal area (B)



Ryc. 2.

Zróżnicowanie pierśnicy dominujących gatunków drzew

Diversity of the diameter at the breast height for dominant tree species



Ryc. 3.

Rozkład pierśnicy dominujących gatunków drzew

Distribution of the diameter at the breast height for dominant tree species

Na powierzchniach badawczych notowano od 1 do 6 gatunków drzew, najczęściej 4 gatunki. Średnie zagęszczenie głównych gatunków drzew na powierzchniach badawczych wynosiło: w przypadku sosny 37, jodły 10, buka 12, dębu 4 i grabu 4 drzewa.

Na powierzchniach badawczych notowano od 0 do 17 (średnio 8,4) gatunków roślin zielnych. Najczęściej notowano (z frekwencją ponad 50%): *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Rubus hirtus*, *Anemone nemorosa*, *Luzula pilosa*, *Polygonatum multiflorum* i *Vaccinium myrtillus*. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona osiągał wartość od 0 do 2,42 (średnio 1,66). Największą różnorodnością warstwy zielnej wyróżniały się powierzchnie z udziałem grubych (starych) drzew: dębów, jodeł lub sosen.

Gradient środowiskowy reprezentowany przez I i II oś PCA wyjaśnił kolejno około 33 i 27% zmienności roślinności zielnej. Pierwsza oś PCA była bardzo dobrze skorelowana z cechami drzew ($r=0,95$). Również druga oś wykazała stosunkowo wysoką korelację ($r=0,81$), co sugeruje, że zmienność roślinności zielnej kierowana była przez co najmniej dwa gradienty. Pierwszy wykazał największy negatywny związek z udziałem pierśnicowego pola przekroju buka oraz pozytywny z zagęszczeniem dębu, współczynnikiem zmienności wysokości drzew i udziałem pierśnicowego pola przekroju sosny na powierzchniach badawczych. Drugi gradient wykazał silny dodatni związek głównie z udziałem pierśnicowego pola przekroju dębu i negatywny z zagęszczeniem drzew. Gradient reprezentowany przez I i II oś wyjaśniał kolejno około 44 i 26% zmienności zależności między roślinnością zielną i drzewami. Wyniki analizy PCA zwracają uwagę na rosnące wraz z udziałem sosny pierśnicowe pole przekroju i bogactwo gatunkowe drzewostanów (ryc. 4). Korelacja analizowanych cech drzewostanu i warstwy zielnej potwier-

Tabela.

Związek między różnorodnością warstwy zielnej i wybranymi cechami drzewostanów
Relationships between the diversity of the herbaceous layer and selected stand traits

	Liczba gatunków roślin zielnych Number of herbaceous species	Wskaźnik Shannona Shannon's index
Zagęszczenie buka Beech density	-0,30	-0,35*
Zagęszczenie dębu Oak density	0,32*	0,38*
Liczba gatunków drzew Number of tree species	0,30	0,34*
Udział pierśnicowego pola przekroju buka Share of beech basal area	-0,40*	-0,44**
Współczynnik zmienności wysokości drzew Variability of trees height	0,32*	0,38*

Współczynnik korelacji rang Spearmana istotny przy * $p \leq 0,05$ i ** $p < 0,01$
Spearman's rank correlation coefficient significant at * $p \leq 0,05$ and ** $p < 0,01$

wostanów z wysoką różnorodnością warstwy zielnej wydaje się mieć kilka możliwych przyczyn. Po pierwsze może on być konsekwencją długiego trwania drzewostanu. Jak wskazują Halpern i Spies [1995] oraz Gilliam i Roberts [2003], pozytywny wpływ drzewostanu na różnorodność roślin wraz z rozwojem drzewostanu. Również Czerepko [2008], analizując stan różnorodności lasów w Polsce, największe bogactwo florystyczne znajduje w grupie lasów z najstarszymi drzewostanami. Po drugie większa różnorodność często związana jest z drzewostanami wielogatunkowymi [Czerepko 2008; Bartels, Chen 2013]. W przypadku „Lasu Klasztornego” uzyskane wyniki wskazują zwłaszcza na dużą rolę domieszki dębu w utrzymaniu różnorodności runa. Wprawdzie na uboższych glebach dąb wytwarza niskiej jakości ściółkę, która nie wpływa korzystnie na właściwości gleby [Neirynek i in. 2000], jednak w przypadku lasów sosnowych jego domieszka zwiększa aktywność biologiczną ściółki, przyczyniając się do szybszego jej rozkładu i uwalniania substancji odżywczych [Salamanca i in. 1998; Jaworski 2011], co umożliwi rozwój roślinom zielnym. Rola dębu w drzewostanach sosnowych podobna jest więc do roli jaworu w lasach bukowych [Jacob i in. 2009; Durak 2012] i potwierdza dużą zależność zachodzących w ściółce procesów biologicznych od cech obecnego w drzewostanie gatunku domieszkowego [Jacob i in. 2009, 2010; Aubert i in. 2010; Jaworski 2011].

Przeprowadzona analiza ujawniła pozytywny wpływ bogactwa gatunkowego i pionowego zróżnicowania warstwy drzew na różnorodność roślin zielnych. Zróżnicowany drzewostan przyczynia się do wzrostu ilości substancji odżywczych dostępnych w glebie oraz różnicuje warunki świetlne [Barbier i in. 2008; Jacob i in. 2009; Bartels, Chen 2013], zwiększając bogactwo gatunkowe roślin zielnych. Tak więc w zbliżonych do naturalnych starodrzewiach „Lasu Klasztornego” różnorodność warstwy zielnej będzie funkcją nie tylko dostępności substancji odżywczych, ale również przestrzennego zróżnicowania drzewostanu [Halpern, Spies 1995].

Nie wszystkie gatunki drzew sprzyjają różnorodności warstwy zielnej. W badanym lesie maleje ona wyraźnie wraz ze wzrostem domieszki buka. Jego negatywny wpływ na rośliny zielne tłumaczyć można tworzeniem przez ten gatunek drzewa grubej, trudno rozkładającej się warstwy ściółki (zwłaszcza na glebach bielcowych), która zakwasza glebę i utrudnia rozwój roślin [Chodzicki 1934; Białobok 1990; Barbier i in. 2008; Mölder i in. 2008; Jacob i in. 2010]. Dodatkowo buk skutecznie konkuruje z roślinami zielnymi o substancje odżywcze dzięki płytko położonemu systemowi korzeniowemu [Leuschner i in. 2004].

W przypadku II osi PCA różnorodność warstwy zielnej roślin na powierzchniach z rozrzedzonym drzewostanem z udziałem dębów o dużej średnicy. Są to powierzchnie zajęte przez starodrzewia reprezentujące żyźniejszą postać lasów dawnej Puszczy Sandomierskiej. Świadczą o tym przywiązane do nich gatunki mezo- i eutroficznych lasów liściastych: *Anemone nemorosa* i *Galeobdolon luteum*. Druga strona gradientu reprezentowanego przez wymienioną oś PCA wskazuje na spadek różnorodności roślin zielnych wraz z rosnącym zagęszczeniem drzew. Negatywny wpływ zagęszczenia na różnorodność widoczny jest zwłaszcza na powierzchniach z młodym odnowieniem jodły i buka. Duże zagęszczenie tych drzew niewątpliwie utrudnia rozwój roślin zielnych przez ograniczenie im dostępu do zasobów (bezpośrednio – światła i wody oraz pośrednio – substancji odżywczych) w wyniku dużego zwarcia koron i spadku tempa dekompozycji warstwy ściółki [Halpern, Spies 1995; Hobbie i in. 2006; Barbier i in. 2008].

Podsumowanie

Analiza zależności między drzewostanem a warstwą zielną w wielogatunkowym lesie o charakterze zbliżonym do naturalnego pozwala na lepsze zrozumienie procesów wpływających na różnorodność lasu. Wyniki wskazują na korzystny wpływ drzewostanów w starszych klasach wieku, o zróżnicowanej strukturze przestrzennej i gatunkowej, na różnorodność roślinności leśnej.

Literatura

- Aubert M., Margerie P., Trap J., Bureau F. 2010. Aboveground-belowground relationships in temperate forests: Plant litter composes and microbiota orchestrates. *For. Ecol. Manage.* 259: 563-572.
- Barbier S., Gosselin F., Balandier P. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – a critical review for temperate and boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 254: 1-15.
- Białobok S. [red.]. 1990. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.). Nasze drzewa leśne 10. Monografie Popularnonaukowe. PWN, Warszawa-Poznań.
- Bartels S. F., Chen H. Y. H. 2013. Interactions between overstorey and understorey vegetation along an overstorey compositional gradient. *J. Veg. Sci.* 24: 543-552.
- ter Braak C. J. F. 2003. CANOCO Version 4.5A February 2003 (C) 1988-2003. Biometric-quantitative methods in the life and earth sciences. Plant Research International, Wageningen University and Research Centre, Netherlands.
- Burton P. J., Balisky A. C., Coward L. P., Cumming S. G., Kneeshaw D. D. 1992. The value of managing for biodiversity. *For. Chron.* 68: 225-237.
- Chodziecki E. 1934. Domieszka buka w sośninach jako czynnik edaficzny na piaszczystych popiołoziemach i buroziemiach dyluwialnych. Skład Główny: Kasa im. Mianowskiego, Warszawa.
- Czerepko J. [red.]. 2008. Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. IBL, Sękocin Stary.
- Durak T. 2003. Leśne zbiorowiska roślinne rezerwatu „Bór” koło Głogowa Małopolskiego na Płaskowyżu Kolbuszowskim. *Fragm. Flor. Geobot. Pol.* 10: 1-25.
- Durak T. 2012. Changes in diversity of the mountain beech forest herb layer as a function of the forest management method. *For. Ecol. Manage.* 276: 154-164.
- Dzwonko Z. 1986. Klasyfikacja numeryczna zbiorowisk leśnych polskich Karpat. *Fragm. Flor. Geobot.* 30 (2): 93-167.
- Dzwonko Z., Loster S. 2001. Wskaźnikowe gatunki roślin starych lasów i ich znaczenie dla ochrony przyrody i kartografii różnorodności. *Prace Geogr.* 178: 120-132.
- Gilliam F. S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *BioScience* 57: 845-858.
- Gilliam F. S., Roberts M. R. 2003. The herbaceous layer in forests of eastern North America. Oxford University Press, New York.
- Halpern C. B., Spies T. A. 1995. Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest. *Ecol. Appl.* 5: 913-934.
- Hobbie S. E., Reich P. B., Oleksyn J., Ogdahl M., Zytковиak R., Hale C., Karolewski P. 2006. Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology* 87: 2288-2297.
- Jacob M., Viedenz K., Polle A., Thomas F. M. 2010. Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagus sylvatica*). *Oecologia* 164: 1083-1094.
- Jacob M., Weland N., Platner C., Schaefer M., Leuschner C., Thomas F. M. 2009. Nutrient release from decomposing leaf litter of temperate deciduous forest trees along a gradient of increasing tree species diversity. *Soil Biol. Biochem.* 41: 2122-2130.

- Jaworski A. 2011. Hodowla lasu. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Krajewska K. 2010. Ocena stanu zasobów leśnych Puszczy Sandomierskiej na przykładzie rezerwatu „Las Klasztorny” (maszynopis). Wydział Biologiczno-Rolniczy UR, Rzeszów.
- Leuschner C., Hertel D., Schmid I., Koch O., Muhs A., Hölscher D. 2004. Stand fine root biomass and fine root morphology in old-growth beech forests as a function of precipitation and soil fertility. *Plant Soil* 258: 43-56.
- Matuszkiewicz J. M. [red.]. 2007. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski, Monografie IGiPZ PAN.
- Mölder A., Bernhardt-Römermann M., Schmidt W. 2008. Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecol. Manage.* 256: 272-281.
- Neirynek J., Mirtcheva S., Sioen G., Lust N. 2000. Impact of *Tilia platyphyllos* Scop., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L., and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of loamy topsoil. *For. Ecol. Manage.* 133: 275-286.
- Nowiński M. 1926. Las klasztorny pod Leżajskiem. *Ochr. Przyr.* 6: 75-79.
- Nowiński M. 1929. Zespoły roślinne Puszczy Sandomierskiej. II Materiały do socjologii lasów bukowych i pokrewnych im lasów mieszanych. *Kosmos, Ser. A* 54: 595-674.
- Salamanca E. F., Kaneko N., Katagiri S. 1998. Effects of leaf litter mixtures on the decomposition of *Quercus serrata* and *Pinus densiflora* using field and laboratory microcosm methods. *Ecol. Eng.* 10: 53-73.
- Scherer-Lorenzen M., Körner C., Schulze E. D. 2005. *Forest Diversity and Function, Temperate and Boreal Systems*. Ecological Studies, vol. 176, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Zasady Hodowli Lasu. 2003. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych, Będziń.