

WOJCIECH ZARZYCKI, ZBIGNIEW WILCZEK, PAULINA WOŹNICA, ŁUKASZ FOLCIK, AGATA LEWANDOWSKA, MAŁGORZATA GANCAREK

Wpływ dębu czerwonego *Quercus rubra* L. na populacje paproci w różnych typach fitocenozy leśnych

Impact of northern red oak *Quercus rubra* L. on ferns populations in different forest phytocoenoses

ABSTRACT

Zarzycki W., Wilczek Z., Woźnica P., Folcik Ł., Lewandowska A., Gancarek M. 2015. Wpływ dębu czerwonego *Quercus rubra* L. na populacje paproci w różnych typach fitocenozy leśnych. Sylwan 159 (8): 658-665.

Northern red oak (*Quercus rubra*) is the most common alien tree species in Polish forests that is considered as an invasive one. It is native to North America. Negative impact of *Q. rubra* on natural habitats in Europe is well-known, but there is still a lack of information about correlations between red oak and individual species or groups of plants. Especially knowledge about impact of *Q. rubra* on fern communities is still unsatisfactory. The goal of research was to check if ferns could be neutral to the negative oak impact. In order to verify, populations of ferns occurring in patches of forests dominated by northern red oak and population from natural forests with the same abiotic conditions were compared. Moreover, quantitative relations between ferns and other herb species were analyzed. The research was carried out in southern Poland. Field surveys were conducted in 100 m² plots with domination of *Q. rubra*. Plots were settled in 3 different types of plant communities: mixed broadleaf forest, acidophilous oak forest and acidophilous beech forest. In the same types of plant communities, but without northern red oak, control plots were located. Control patch was settled in place with similar inclination, exposition, altitude and water regimes. For each surface list of all herb species with their percentage coverage and biometric measures of fern fronds were made. At maximum 50 specimens of each fern species were taken into account. Plots were located in areas of 3 geographical regions: the Śląskie Foothills, the Oświęcimská Basin and Śląska Upland. Results show that ferns in monocultures of the alien oak are bigger, more lush and their coverage is higher than in the control plots. What is more, coverage of other herb species and species diversity are significantly higher in control patches. It suggests that ferns are not sensitive to *Q. rubra* influence, so it can be concluded that they are competitive to other species which are sensitive to northern red oak impact.

KEY WORDS

competition, interference, allelopathy, temperate forests, biodiversity

ADDRESSES

Wojciech Zarzycki ⁽¹⁾ – e-mail: wojzarzycki@gmail.com

Zbigniew Wilczek ⁽¹⁾ – e-mail: wilczek@us.edu.pl

Paulina Woźnica ⁽²⁾ – e-mail: paulinawoznica@wp.pl

Łukasz Folcik ⁽²⁾ – e-mail: lukasz.folcik@vp.pl

Agata Lewandowska ⁽²⁾ – e-mail: pawliczek.agata@gmail.com

Małgorzata Gancarek ⁽²⁾ – e-mail: malgosia.sajan@gmail.com

⁽¹⁾ Katedra Ekologii, Uniwersytet Śląski; ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

⁽²⁾ Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Śląski; ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

Wstęp

Dąb czerwony (*Quercus rubra* L.) jest najczęściej spotykanym gatunkiem drzewiastym obcego pochodzenia w polskich lasach. Jego ojczyzną jest wschodnia część Ameryki Północnej, a do Polski trafił na przełomie XVIII i XIX wieku [Gazda, Augustynowicz 2012; Tokarska-Guzik i in. 2012; Woziwoda i in. 2014b]. Szybko zyskał uznanie jako drzewo użyteczne w leśnictwie i przez lata wprowadzano go masowo do polskich lasów. Współcześnie obecność dębu czerwonego w różnych typach zbiorowisk roślinnych, w tym tych o charakterze naturalnym, sprawia, że gatunek ten jest uznawany w kraju za inwazyjny [Tokarska-Guzik i in. 2012].

Wiele uwagi poświęcono zagadnieniom związanym z negatywnym wpływem *Q. rubra* na biocenozy leśne [Otręba, Ferchmin 2007; Woziwoda 2008; Wójcik 2008; Straighté, Žalkauskas 2012; Chmura 2013, 2014; Marozas i in. 2009; Woziwoda i in. 2014a]. Wciąż jednak brak jest szczegółowych badań określających wpływ inwazyjnego dębu na poszczególne gatunki oraz grupy ekologiczne runa. W trakcie inwentaryzowania lasów z dębem czerwonym zauważono, że paprocie występują powszechnie w warstwie zielnej wielu monokultur tego gatunku. Wysunięto hipotezę, że paprocie (traktowane jako grupa ekologiczna) mogą być neutralne wobec negatywnego wpływu dębu czerwonego na fitocenozy. Dla jej empirycznego potwierdzenia zaplanowano badania, których celem było porównanie populacji paproci w płatach zdominowanych przez *Q. rubra* oraz tych, które są wolne od tego gatunku. Dodatkowo celem było sprawdzenie, jakie są relacje ilościowe pomiędzy paprociami a pozostałymi gatunkami runa w obydwu typach fitocenozy.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na obszarze trzech mezoregionów: Pogórza Śląskiego (Nadleśnictwo Bielsko), Kotliny Oświęcimskiej (Nadleśnictwo Kobiór) i Wyżyny Śląskiej (Nadleśnictwo Katowice), w trzech typach siedlisk przyrodniczych, zdegenerowanych poprzez nasadzenie *Q. rubra*: lesie grądowym (*Tilio-Carpinetum*), kwaśnej dąbrowie (*Molinio arundinaceae-Quercetum roboris*) oraz buczynie (*Luzulo pilosae-Fagetum*). W każdym typie wyznaczono w sposób losowy pole badawcze o powierzchni 100 m², w którym *Q. rubra* dominował w drzewostanie. Dla każdej próby dobrano położoną maksymalnie blisko, w tym samym kompleksie leśnym, powierzchnię kontrolną – wolną od dębu czerwonego – reprezentującą to samo zbiorowisko i o maksymalnie zbliżonych właściwościach abiotycznych, takich jak: nachylenie, ekspozycja, wysokość nad poziomem morza i bliskość cieków wodnych. Oprócz tego zwarcie drzewostanu oraz warstwy krzewów w próbach i na powierzchniach kontrolnych były porównywalne, co zapewniało zbliżone warunki świetlne. Na każdej powierzchni sporządzono listę gatunków warstwy zielnej (wraz z wyceną ich pokrycia w skali procentowej) oraz przeprowadzono pomiary biometryczne wszystkich stwierdzonych gatunków paproci: długości i szerokości liści, a także liczby liści (u gatunków rozetkowych). Aby ocenić wpływ dębu czerwonego na skład gatunkowy runa, w każdym płacie wyróżniono grupę gatunków diagnostycznych: charakterystycznych oraz wyróżniających syntaksony, które identyfikują badane fitocenozy. Przynależność fitosocjologiczną przyjęto za Matuszkiewiczem [2012]. Paprociami, które tworzyły reprezentatywne statystycznie grupy, były: *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris dilatata* (Pogórze Śląskie) oraz *Pteridium aquilinum* (Kotlina Oświęcimska, Wyżyna Śląska). Gatunkami, których ostatecznie nie analizowano ze względu na ich nieliczne występowanie, były *Dryopteris affinis* oraz *Dryopteris carthusiana*. Pomiary objęły maksymalnie 50 osobników występujących w badanym płacie. Dla każdego osobnika reprezentującego gatunki rozetkowe wyznaczano, na podstawie pomiarów trzech losowo wybranych liści,

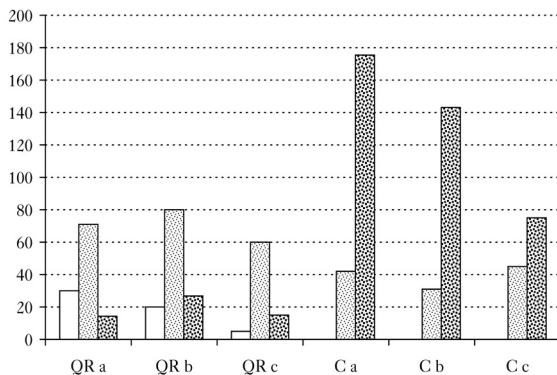
średnią długość i szerokość w najszerszym miejscu blaszki liściowej. Badania terenowe objęły jeden sezon wegetacyjny i zostały przeprowadzone we wrześniu 2014 roku, w czasie, kiedy liście były w pełni rozwinięte. Termin ten uznano za najbardziej uzasadniony ze względu na porę dojrzewania zarodników, która w przypadku badanych paproci występuje w okresie od lipca do września [Rutkowski 2008].

W celu porównania populacji paproci w płatach z *Q. rubra* i na powierzchniach kontrolnych uzyskane dane biometryczne poddano weryfikacji statystycznej. Próby liczyły od 12 do 50 pomiarów. W związku z brakiem zgodności rozkładu części cech z rozkładem normalnym, w analizach zastosowano nieparametryczny test U Manna-Whitneya. W badaniach przyjęto poziom istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki

SKŁAD FLORYSTYCZNY FITOCENOZ. Pomiedzy płatami z dębem czerwonym a próbkami kontrolnymi we wszystkich typach zbiorowisk uwidaczniają się wyraźne różnice w strukturze warstwy zielonej (ryc. 1). Pokrycie paproci w próbach badawczych jest o 25-60% większe niż na powierzchniach kontrolnych. Jednocześnie w próbach kontrolnych łączne pokrycie gatunków niebędących paprociami jest 5-10-krotnie większe niż w fitocenozach z dębem czerwonym. Co więcej, bogactwo gatunkowe na powierzchniach badawczych jest o 40-60% niższe niż w płatach referencyjnych. W składzie gatunkowym badanych płatów na siedliskach grądu i buczyny liczba gatunków diagnostycznych w stosunku do wszystkich gatunków jest o około 50% mniejsza niż na powierzchniach kontrolnych (ryc. 2). W przypadku dąbrowy liczba gatunków diagnostycznych jest zbliżona zarówno w próbie badawczej, jak i w kontroli, a różnice w ich stosunku do wszystkich gatunków wynikają z większego bogactwa gatunkowego w fitocenozach kontrolnych (ryc. 3).

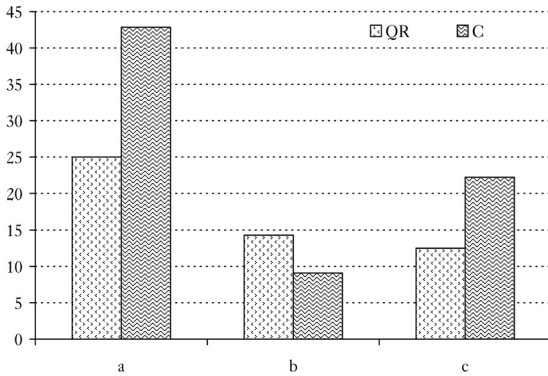
CHARAKTERYSTYKA POPULACJI PAPROCI. Z analizy danych biometrycznych wynika, że cechy osobników paproci pochodzących z prób z dębem czerwonym oraz z powierzchni kontrolnych różnią się w sposób istotny statystycznie (tab.). Tylko w przypadku stanowisk z kwaśnej dąbrowy liście są dłuższe u paproci występujących w płatach kontrolnych, a między wartościami szerokości brak jest istotnych statystycznie różnic ($p=0,2197$). Poza tym wyjątkiem liście w próbach badawczych były o około 50% dłuższe i szersze niż w próbach kontrolnych ($Z=3,9432-7,9486$; $U=37,5-52$; $p\leq 0,0003$). W płatach, gdzie występowały paprocie o rozetkowym układzie liści – *Athyrium filix-femina* i *Dryopteris dilatata* – różnica pomiędzy próbą badawczą i kontrolną wyraża się w liczbie liści w rozecie. Na powierzchniach z dębem czerwonym jest ona istotnie większa ($Z=3,9432$;



Ryc. 1.

Pokrycie paproci (biały), dębu czerwonego (jasny) i pozostałych gatunków (ciemny) warstwy zielonej w grądzie (a), kwaśnej dąbrowie (b) i kwaśnej buczynie (c) w płatach bez dębu czerwonego (C) i z obecnością tego gatunku (QR)

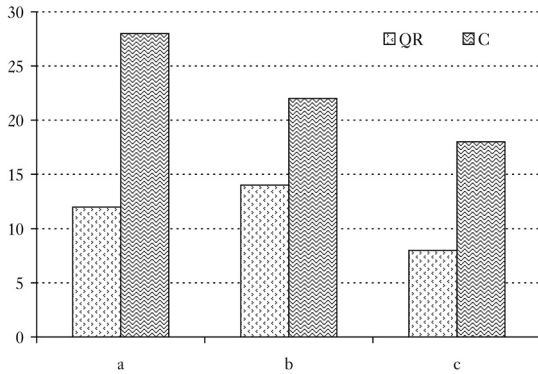
Coverage of ferns (white), northern red oak (light) and other herb species (dark) in mesotrophic mixed broadleaf forest (a), acidophilous oak forest (b) and acidophilous beech forest (c) in patches with (QR) and without (C) *Quercus rubra*



Ryc. 2.

Udział [%] gatunków diagnostycznych w grądzie (a), kwaśnej dąbrowie (b) i kwaśnej buczynie (c) w płatach bez dębu czerwonego (C) i z obecnością tego gatunku (QR)

Share [%] of diagnostic species in mesotrophic mixed broadleaf forest (a), acidophilous oak forest (b) and acidophilous beech forest (c) in patches with (QR) and without (C) *Quercus rubra*



Ryc. 3.

Liczba gatunków w grądzie (a), kwaśnej dąbrowie (b) i kwaśnej buczynie (c) w płatach bez dębu czerwonego (C) i z obecnością tego gatunku (QR)

Number of species in mesotrophic mixed broadleaf forest (a), acidophilous oak forest (b) and acidophilous beech forest (c) in patches with (QR) and without (C) *Quercus rubra*

Tabela.

Mediana (me), minimalna (min), maksymalna (max) długość (L), szerokość (W) i liczba liści (LN) paproci na stanowiskach z udziałem *Quercus rubra* (QR) i bez tego gatunku (C) oraz istotność różnic między medianami (p testu Manna-Whitneya)

Median (me), minimum (min), maximum (max) length (L), width (W) and leaves number (LN) of ferns in habitats with *Quercus rubra* (QR) and without this specie (C) and significance of the difference between medians (p in Mann-Whitney test)

		QR me	QR min	QR max	C me	C min	C max	p
Pogórze Śląskie Śląskie Foothills								
<i>A. filix femina</i>	L	81,5	62	100	55,33	28	90	0,0000
	W	30	23	51	21,33	11	35	0,0000
	LN	6	5	11	5	2	9	0,0001
<i>D. dilatata</i>	L	79,8	47	91	60,17	35	75	0,0003
	W	34,17	19	43	23,84	16	32	0,0001
	LN	8	2	13	4	3	6	0,0001
Kotlina Oświęcimska Oświęcimska Basin								
<i>P. aquilinum</i>	L	97,5	54	132	110	36	169	0,0098
	W	71,5	39	99	73	26	110	0,2197
Wyżyna Śląska Śląska Upland								
<i>P. aquilinum</i>	L	141	86	223	94	65	124	0,0000
	W	96,5	54	120	66	41	98	0,0000

U=44,5; p=0,0001). Wzrost paproci w płatach z dębem czerwonym nie zostaje zahamowany poprzez negatywne oddziaływanie tego gatunku. Wręcz przeciwnie – w większości analizowanych przypadków paprocie rosnące w towarzystwie *Q. rubra* są bardziej bujne.

Dyskusja

Dąb czerwony jest gatunkiem wyjątkowym pod względem różnic w ekologii jego populacji na obszarze zasięgu pierwotnego i wtórnego. Mimo że jest to gatunek powszechny i często lasotwórczy na obszarze Ameryki Północnej, to trudności w jego odnawianiu się należą do najważniejszych problemów amerykańskiego leśnictwa [Daubree, Kremer 1993; Spetich i in. 2002; Wójcik 2008; Morrissey i in. 2010; Zenner i in. 2012]. Jednocześnie w Europie dąb czerwony jest uznawany za gatunek inwazyjny [Daubree, Kremer 1993; Danielewicz, Pawlaczyk 2006; Pyšek i in. 2012; Straigytė, Žalkauskas 2012; Tokarska-Guzik i in. 2012], spontanicznie odnawiający się także w zbiorowiskach o charakterze naturalnym [Chmura 2004; Otręba, Ferchmin 2007; Gazda, Szłaga 2008; Gazda, Fijała 2010; Major i in. 2013], a jego nasiona cechują się większą żywotnością niż na obszarze naturalnego występowania [Daubree, Kremer 1993]. Wprowadzenie omawianego drzewa skutkuje niekorzystnymi zmianami w bogactwie gatunkowym i pokryciu [Wójcik 2008; Marozas i in. 2009; Straigytė, Žalkauskas 2012; Chmura 2013; Woziwoda i in. 2014a].

W badaniach nad wyjaśnieniem kryzysu regeneracyjnego w obrębie pierwotnego zasięgu dębu czerwonego poświęcono wiele uwagi konkurencji pomiędzy paprociami a dębem czerwonym [Hanson, Dixon 1987; Lyon, Sharpe 1996, 2003]. Niektórzy autorzy sugerują wręcz, że paprocie i trawy są grupami szczególnie narażonymi na negatywne oddziaływania ze strony dębu czerwonego [Straigytė, Žalkauskas 2012]. Brak jest jednak danych na temat relacji pomiędzy tym gatunkiem a paprociami na obszarach introdukcji. W analizach opierających się na fitosocjologicznym zróżnicowaniu płatów z *Q. rubra* w Europie paprocie nie wyróżniają się spośród pozostałych gatunków roślin [Marozas i in. 2009; Chmura 2014], jednakże przyjęta w nich metodyka nie pozwala na miarodajną ocenę udziału tej grupy w zbiorowiskach leśnych. Jednocześnie w badaniach uwzględniających negatywne oddziaływanie dębu czerwonego na fitocenozy boru mieszanego *Quercus robur-Pinetum*, spośród 38 badanych gatunków zielnych tylko jeden – paproć *Dryopteris carthusiana* – wykazywał większe pokrycie w płatach z dębem czerwonym [Woziwoda i in. 2014a]. Zgodnie z tą samą pracą jednym z gatunków wrażliwych na obecność *Q. rubra* jest *Pteridium aquilinum*. Badania te dotyczyły jednak tylko siedlisk oligotroficznych.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają ogólnie niekorzystny wpływ dębu czerwonego na rośliny naczyniowe runa. Degeneracja fitocenozy leśnych spowodowana udziałem *Q. rubra* wyraża się poprzez zmniejszenie ich liczby gatunków diagnostycznych. Analiza występowania paproci na siedliskach różnych typów lasów liściastych pokazuje natomiast, że wszystkie badane gatunki paproci są neutralne lub wrażliwe w niewielkim stopniu wobec niekorzystnego oddziaływania dębu czerwonego. Jednocześnie paprocie wykorzystują mniejszą konkurencję ze strony innych przedstawicieli warstwy zielnej, wrażliwych na obecność dębu czerwonego. Łączne pokrycie paproci jest większe w płatach z udziałem dębu niż na powierzchniach kontrolnych. Najmniejsze różnice między populacjami paproci, w płatach z dominacją dębu czerwonego i pozbawionych tego gatunku, zanotowano na siedliskach najuboższych, odpowiadających fitocenozeom kwaśnych dąbrów, co w pewnym sensie zbieżne jest z wynikami badań Woziwody i in. [2014a].

Przeprowadzone badania nie odpowiadają jednoznacznie na pytanie, jaki jest charakter oddziaływania *Q. rubra* na rośliny runa i jakie czynniki warunkują neutralność ze strony paproci.

Uwagę zwraca jednak fakt, że na obszarze pierwotnego zasięgu paprocie należą do najważniejszych konkurentów dębu czerwonego, utrudniających jego regenerację. Mechanizmy konkurencji z paprociami wiążą się przede wszystkim z rywalizacją o wodę oraz nutrieny, allelopatią i zakrywaniem siewek dębu przez liście paproci, jak to ma miejsce w przypadku *Pteridium aquilinum* [Hanson, Dixon 1987; Lyon, Sharpe 2003; Griffiths, Filan 2007].

Jako ważny czynnik konkurencyjny, zwłaszcza w przypadku inwazji gatunków obcych, często uznaje się oddziaływanie allelopatyczne [Bais i in. 2003; Gómez-Aparicio, Canham 2008; Jarchow, Cook 2009; Lorenzo i in. 2013], wykazywane także przez dąb czerwony [Chick, Kielbaso 1999]. Jednak allelopatia niekoniecznie jest kluczowym czynnikiem wpływającym na kształtowanie się fitocenoz [Nilsen i in. 1999], zwłaszcza że zwykle ma ona charakter specyficzny i nie wiąże się z oddziaływaniem na wszystkie gatunki [Chick, Kielbaso 1999]. Brak jest szczegółowych informacji, na które konkretnie gatunki runa oddziałują substancje allelopatyczne dębu czerwonego na obszarze jego wtórnego zasięgu.

W przypadku dębu czerwonego duże znaczenie w konkurencji ma fakt, że gatunek ten produkuje duże ilości liści, które tworzą grubą warstwę trudno rozkładającej się ścioly [Wójcik 2008]. Dodatkowo najwięcej fitotoksyn jest uwalnianych poprzez ich wypłukiwanie z liści, co ma kluczowe znaczenie dla allelopatii [Chick, Kielbaso 1999]. U paproci, zwłaszcza u gatunków niezimozielonych, z kłącza szybko wyrastają duże liście, wznoszące się ponad warstwę liści dębu, przykrywających wiele spośród geofitów i hemikryptofitów konkurujących z nimi. Cecha ta jest istotna w warunkach obecności grubej warstwy opadłych liści, ponieważ umożliwia paprociom zyskanie przewagi konkurencyjnej.

Warto podkreślić, że paprocie stwierdzone w badanych płatach są uznawane za gatunki o charakterze ceniolubnym [Zarzycki i in. 2002]. Mniejsza dostępność światła w płatach z *Q. rubra* jest uznawana za jeden z najważniejszych czynników wpływających niekorzystnie na gatunki warstwy zielnej [Wozniwoda i in. 2014a], choć niekiedy uważa się, że czynnik ten ma mniejsze znaczenie niż w amerykańskich lasach z udziałem tego gatunku [Major i in. 2013]. Faktem jest jednak, że dostęp do światła jest istotnym czynnikiem kształtującym bogactwo gatunkowe i pokrycie roślin runa [Tinya i in. 2009], a cieniożośne paprocie są w stanie uzyskać przewagę konkurencyjną w tym względzie.

Zaobserwowane zjawisko większego udziału paproci w lasach z dominacją *Q. rubra* aniżeli w analogicznych zbiorowiskach pozbawionych tego gatunku można przypisać przewadze konkurencyjnej paproci w stosunku do innych komponentów runa. Nieznany jest jednak mechanizm wzajemnych oddziaływań pomiędzy dębem czerwonym i paprociami na obszarach, gdzie drzewo to zostało introdukowane. Z pewnością mają one charakter wieloaspektowy i synergistyczny. Niezbędne są kolejne badania, zwłaszcza z zakresu fizjologii roślin, które pozwolą na wyjaśnienie tego fenomenu, występującego poza naturalnym zasięgiem dębu czerwonego.

Wnioski

- ✦ Paprocie występujące w lasach mezotroficznych z dominacją dębu czerwonego charakteryzują się większymi rozmiarami i osiągają większe pokrycie niż w lasach wolnych od tego gatunku, podczas gdy pokrycie pozostałych roślin zielnych jest zdecydowanie mniejsze w płatach z *Q. rubra*.
- ✦ Paprocie – neutralne lub też w nieznacznym stopniu wrażliwe na negatywne oddziaływanie dębu czerwonego – wykorzystują przewagę konkurencyjną względem pozostałych gatunków warstwy zielnej, wrażliwych na obecność tego drzewa.

✦ Zwiększony udział paproci w fitocenozach z udziałem *Q. rubra* oraz gruba warstwa trudno rozkładających się liści dębu mogą opóźnić renaturalizację runa po przebudowie tych drzewostanów w kierunku lasów naturalnych, co może mieć istotne znaczenie na obszarach chronionych.

Podziękowania

Autorzy dziękują dr hab. Izabelli Franiel za sugestie dotyczące analizy statystycznej.

Literatura

- Bais H. P., Vepachedu R., Gilroy S., Callaway R. M., Vivanco J. M. 2003. Allelopathy and Exotic Plant Invasion: From Molecules and Genes to Species Interactions. *Science* 301: 1377-1380.
- Chick T. A., Kielbaso J. J. 1999. Allelopathy as an inhibition factor in ornamental tree growth: implications from the literature. *J. Arboric.* 24 (5): 274-279.
- Chmura D. 2004. Penetration and naturalisation of invasive alien species (neophytes) in woodlands of the Silesian Upland (Southern Poland). *Nature Conservation* 60: 3-11.
- Chmura D. 2013. Impact of alien tree species *Quercus rubra* L. on understorey environment and flora: a study of the Silesian Upland (Southern Poland). *Pol. J. Ecol.* 61 (3): 431-442.
- Chmura D. 2014. Charakterystyka fitocenotyczna leśnych zbiorowisk zastępczych z udziałem *Quercus rubra* L. na Wyżynie Śląskiej. *Acta Bot. Silesiaca* 10: 17-40.
- Danielewicz W., Pawlaczek P. 2006. Rola dębów w strukturze i funkcjonowaniu fitocenoz. W: Bugała W. [red.]. *Dęby*. Instytut Dendrologii PAN, Poznań – Kórnik. 474-564.
- Daubree J. B., Kremer A. 1993. Genetic and phenological differentiation between introduced and natural populations of *Quercus rubra* L. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 271-280.
- Gazda A., Augustynowicz P. 2012. Obec gatunki drzew w polskich lasach gospodarczych. Co wiemy o puli i o rozmieszczeniu wybranych taksonów? *Studia i Materiały CEPL* 33 (4): 53-61.
- Gazda A., Fijała M. 2010. Obec gatunki drzewiaste w południowym kompleksie Puszczy Niepołomickiej. *Sylwan* 154 (5): 333-340.
- Gazda A., Szłaga A. 2008. Obec gatunki drzewiaste w północnym kompleksie Puszczy Niepołomickiej. *Sylwan* 152 (4): 58-67.
- Gómez-Aparicio L., Canham C. D. 2008. Neighbourhood analyses of the allelopathic effects of the invasive tree *Ailanthus altissima* in temperate forests. *J. Ecology* 96: 447-458.
- Griffiths R. P., Filan T. 2007. Effects of Bracken Fern Invasions on Harvested Site Soils in Pacific Northwest (USA) Coniferous Forests. *Northwest Science* 8 (3): 191-198.
- Hanson P. J., Dixon R. K. 1987. Allelopathic effects of interrupted fern on northern red oak seedlings: Amelioration by *Suillus luteus* L.: *Fr. Plant and Soil* 98: 43-51.
- Jarchow M. E., Cook B. J. 2009. Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*. *Plant Ecol.* 204 (1): 113-124.
- Johnson P. S., Shifley S. R., Rogers R. 2002. *The ecology and silviculture of oaks*. CABI Publishing, New York.
- Lorenzo P., Hussain M. I., González L. 2013. Role of Allelopathy During Invasion Process by Alien Invasive Plants in Terrestrial Ecosystems. W: Cheema Z. A., Farooq M., Wahid A. [red.]. *Allelopathy. Current Trends and Future Application*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 3-21.
- Lyon J., Sharpe W. E. 1996. Hay-scented fern (*Dennstaedtia punctilobula* [Michx.] Moore) interference with the root and shoot growth of northern red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings. *Tree Physiol.* 16: 923-932.
- Lyon J., Sharpe W. E. 2003. Impacts of Hay-Scented Fern on Nutrition of Northern Red Oak Seedlings. *J. Plant Nutr.* 26 (3): 487-502.
- Major K. C., Nosko P., Kuehne C., Campbell D., Bauhus J. 2013. Regeneration dynamics of non-native northern red oak (*Quercus rubra* L.) populations as influenced by environmental factors: A case study in managed hardwood forests of southwestern Germany. *For. Ecol. Manage.* 291: 144-153.
- Marozas V., Straigytė L., Sepetiene J. 2009. Comparative analysis of alien red oak (*Quercus rubra* L.) and native common oak (*Quercus robur* L.) vegetation in Lithuania. *Acta Biol. Univ. Daugavp.* 9 (1): 19-24.
- Matuszkiewicz W. 2012. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. PWN, Warszawa.
- Morrissey R. C., Jacobs D. F., Davis A. S., Rathfon R. A. 2010. Survival and competitiveness of *Quercus rubra* regeneration associated with planting stocktype and harvest opening intensity. *New Forests* 40: 273-287.
- Nilsen E. T., Walker J. F., Miller O. K., Semones S. W., Lei T. T., Clinton B. D. 1999. Inhibition of seedling survival under *Rhododendron maximum* (Ericaceae): could allelopathy be a cause? *American Journal of Botany* 86 (11): 1597-1605.
- Otręba A., Ferchmin M. 2007. Obec gatunki drzew miarą przekształcenia przyrody Kampinoskiego Parku Narodowego. *Studia i Materiały CEPL* 16: 234-244.

- Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtek J., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová L., Pergl J., Štajerová K., Tichý L. 2012. Catalogue of alien plants of the Czech Republic: checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia* 84: 155-255.
- Rutkowski L. 2008. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. PWN, Warszawa.
- Spetich A. M., Dey D. C., Johnson P. S., Graney D. L. 2002. Competitive capacity of *Quercus rubra* L. Planted in Arkansas' Boston Mountains. *Forest Science* 48 (3): 504-517.
- Straigytė L., Žalkauskas R. 2012. Effect of climate variability on *Quercus rubra* phenotype and spread in Lithuanian forests. *Dendrobiology* 67: 79-85.
- Tinya F., Márialigeti S., Király I., Németh B., Ódor P. 2009. The effect of light conditions on herbs, bryophytes and seedlings of temperate mixed forests in Órség, Western Hungary. *Plant Ecol.* 204 (1): 69-81.
- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zajac M., Zajac A., Urbisz A., Danielewicz W., Holdyński C. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. GDOS, Warszawa.
- Woziwoda B. 2008. Antropogeniczne wspomaganą ekspansja dębu czerwonego *Quercus rubra*. W: Mazur S., Tracz H. [red.]. *Zagrożenia ekosystemów leśnych przez człowieka*. SGGW, Warszawa. 259-263.
- Woziwoda B., Kopeć D., Witkowski J. 2014a. The negative impact of intentionally introduced *Quercus rubra* L. on a forest community. *Acta Soc. Bot. Pol.* 83 (1): 39-49.
- Woziwoda B., Potocki M., Sagan J., Zasada M., Tomusiak R., Wilczyński, S. 2014b. Commercial Forestry as a Vector of Alien Tree Species – the Case of *Quercus rubra* L. Introduction in Poland. *Baltic Forestry* 20 (1): 131-141.
- Wójcik S. 2008. Dąb czerwony. *Las Polski* 18: 22-23.
- Zarzycki K., Trzczińska-Tacik H., Różański W., Szeląg Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. *Inst. Bot. im. W. Szafera, Kraków*.
- Zenner E. K., Heggenstaller D. J., Brose P. H., Peck J. E., Steiner K. C. 2012. Reconstructing the competitive dynamics of mixed-oak neighborhoods. *Can. J. For. Res.* 42: 1714-1723.