

PRZEMYSŁAW KUREK, DOROTA DOBROWOLSKA

Synzoochoryczne rozsiewanie żołądźi przez sójki *Garrulus glandarius* na powierzchniach zrębowych oraz pod drzewostanem*

Acorns dispersal by jays *Garrulus glandarius* onto clear-cuts and under the forest canopy

ABSTRACT

Kurek P., Dobrowolska D. 2016. Synzoochoryczne rozsiewanie żołądźi przez sójki *Garrulus glandarius* na powierzchniach zrębowych oraz pod drzewostanem. Sylwan 160 (6): 512-518.

The aim of this study was to analyse the preferences of jays in terms of oak acorn deposition in accordance to availability of some types of habitat. Investigations were carried out in forested areas of the Olsztyn Lakeland (NE Poland) with Scots pine forests domination. In autumn of 2014 and 2015 122 acorns of *Quercus robur* with concealed Telenax transmitters were served in four locations and then dispersed by jays *Garrulus glandarius*. Acorns with transmitters were radio tracked and localized after dispersion in different types of habitats. We distinguished three types of habitat: forest stands >40 years old, young forests <25 years old as well as clear-cuts and other open areas. The availability of habitats were estimated by 144 random points (36 per each location). Obtained availability/utilisation data were analyzed with chi square test ($\alpha=0.05$). Results showed that majority (76.4%) of dispersed acorns were deposited under canopy of Scots pine stands, while only 8.2% were deposited on clear-cuts and other open areas. It seems that jays avoid to scatter its caches among clear-cuts and other open areas when availability of these types of environment is compared. Jays preferred to scatter the acorns under canopy of older (>40 years old) stands. It proves that the regeneration of oaks in clear-cuts is with low probability of success. The results suggest that density and high quality of regeneration that occurred on some of the clear-cuts seem to be a synchronization relic of oaks' mast crop and Scots pine fellings. In these circumstances the best solution to obtain oak regeneration is to synchronize the harvest with mast crops and carry it out immediately after acorn production to make an oak regeneration success guaranteed.

KEY WORDS

Quercus sp., acorn dispersal, jay, site preferences, clear-cuttings

ADDRESSES

Przemysław Kurek ⁽¹⁾ – e-mail: p.kurek@botany.pl
Dorota Dobrowolska ⁽²⁾ – e-mail: D.Dobrowolska@ibles.waw.pl

⁽¹⁾ Zakład Ekologii, Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk; ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków

⁽²⁾ Zakład Ekologii Lasu, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

*Praca została zrealizowana w ramach grantu MNiSW (240110).

Wstęp

Jednym z najbardziej znanych przykładów zoochorii jest zależność między dębami *Quercus* sp. i ptakami krukowatymi *Corvidae* [Vander Wall 1990; Mosandl, Kleinert 1998]. W rozprzestrzenieniu dębów w Europie, w tym w Polsce, szczególne znaczenie ma sójka *Garrulus glandarius* [Danielewicz, Pawlaczyk 2006; Myczko i in. 2014], pospolity w całym kraju średnio liczny ptak lęgowy nizu [Tomiałojć, Stawarczyk 2003]. Zależność między dębem i sójką polega na gromadzeniu zapasów pokarmu na okres zimy przez te ptaki, co jest odpowiedzią na sezonowe zmiany liczby produkowanych przez drzewa diaspor [Nilsson 1985; Dula 2003]. Z zachowaniem tym związane jest pojęcie synzoochorii, która polega na rozsiewaniu diaspor w wyniku gromadzenia ich jako zapasów pokarmu. Diaspory/propagule przenoszone są przez zwierzęta i ukrywane płytko w glebie, darni roślinności zielonej lub mszystej. Wśród zwierząt gromadzących zapasy pokarmu możemy wyróżnić dwie strategie [Vander Wall 1990]: 1) gromadzenia dużej ilości pokarmu w jednym miejscu – spiżarniach, np. chomik europejski *Cricetus cricetus* oraz 2) rozpraszania niewielkich ilości zebranego pożywienia w bardzo licznych schowkach, np. sójka. Celem gromadzenia nasion/owoców jest ich późniejsza eksploatacja, która w przypadku sójki i żołądźi może przeciągać się jeszcze do późnej wiosny [Bossema 1979]. Kluczem dla zaistnienia odnowienia synzoochorycznego jest ta frakcja nasion, która nigdy nie zostanie zużytkowana przez sójki oraz nie zostanie wykryta przez ich konkurentów pokarmowych, np. gryzonie. Strategia rozpraszania zasobów w licznych skrytkach minimalizuje bowiem ryzyko wykrycia przez konkurentów pokarmowych (w porównaniu z zasobami zgrupowanymi w spiżarniach) [James, Verbeek 1983].

Ciężkie nasiona dębów na drodze autochorii praktycznie nie mają szans na wydostanie się poza zasięg koron drzew rodzicielskich. Dlatego efektywne rozsiewanie żołądźi ściśle zależy od działalności sójek i to do tego stopnia, że niektórzy autorzy określali ten stan jako symbiozę [Bossema 1979]. Sójki w okresie owocowania dębów intensywnie zbierają żołądźie wprost z gałęzi oraz spod drzew, roznosząc je do schowków znajdujących się w dużej (biorąc pod uwagę autochoryczne możliwości dębów) odległości, czasem przekraczającej znacząco dystans 500 m [Gómez 2003]. Sójki znane są z gromadzenia znacznych ilości żołądźi. Na przykład 35 sójek zgromadziło ich blisko 200 000 w czasie jednej jesieni [Chettleburgh 1952]. U różnych gatunków krukowatych stwierdzono, że są one w stanie powrócić do 50-99% skrytek [Vander Wall 1990]. Reszta zasobów (nie licząc presji gryzoni, patogenów oraz dzików) stanowi bazę dla odnowienia. Ponadto sójki, ukrywając zebrane żołądźie w mchu, ściocie lub glebie, zapewniają im przez to ochronę (mniej zjedzonych i uszkodzonych nasion) oraz lepsze warunki kiełkowania nasion i rozwoju przyszłych siewek [Seiwa i in. 2002; Gómez 2004].

Zjawisko synzoochorii ma szczególne znaczenie w procesie pojawiania się nalotu i podrostu dębowego w monokulturach sosnowych, przyczyniając się na drodze naturalnych procesów do istotnych przemian w pionowej strukturze drzewostanu. Odnowienie synzoochoryczne obserwuje się powszechnie w drzewostanach sosnowych różnych klas wieku oraz na zrębach i wiele prac wskazuje, że niejednokrotnie spełnia ono wymagania stawiane przez gospodarkę leśną [Pigan, Pigan 1999; Paluch 2012], a włączenie go w planowanie gospodarcze sprawia, że praktyka hodowlana jest bardziej zbieżna z naturalnymi procesami zachodzącymi w lasach. Powszechne pojawianie się odnowienia synzoochorycznego dębu w drzewostanach sosnowych świadczy, że zjawisko to można realnie wykorzystać, jeśli w procesie tym uwzględną się szczegółową wiedzę o relacjach roślina-zwierzę (dąb-sójka). Wiedza dotycząca okoliczności, w jakich to odnowienie powstaje, tj. gdzie sójki chętnie deponują żołądźie, pozwoli dostosować praktykę leśną, aby zwiększyć szanse pojawienia się naturalnego odnowienia dębowego.

Jakie są zatem pozasiedliskowe uwarunkowania powstania odnowienia synzoochorycznego dębów wynikające z relacji dąb-sójka? Czy uwarunkowania te są odmienne w drzewostanach i na zrębach? Celem niniejszej pracy jest ustalenie miejsc deponowania żołądździ przez sójki oraz poznanie okoliczności uzyskania odnowienia naturalnego dębu w drzewostanie sosnowym i na powierzchniach zrębowych.

Materiał i metody

Prace badawcze realizowano na terenie Nadleśnictwa Nowe Ramuki (NE Polska) na Pojezierzu Olsztyńskim (zachodnia część Pojezierza Mazurskiego). Główną rzeką jest Łyna, która przepływa przez dwa duże jeziora: Łańskie (10,7 km²) i Pluszne (9,0 km²). Na północy mezoregionu przeważają tereny gliniastej moreny dennej zajęte głównie przez uprawy, na południu piaski i żwiry porośnięte przez lasy [Kondracki 2009] z dominacją sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* na siedliskach boru mieszanego świeżego i boru świeżego (54,4%) (www.nowe-ramuki.olsztyn.lasy.gov.pl).

Badania nad zachowaniem sójek gromadzących zapasy żołądździ (wybiórczością typu środowiska) prowadzono w latach 2014–2015. Od 20 września do 15 października na czterech tackach umocowanych na słupkach (około 2 m wysokości) wykładano po kilka żołądździ dębu szypułkowego *Quercus robur*, wśród których wmieszane były (1–3) owoce z umieszczonymi wewnątrz nadajnikami telemetrycznymi firmy Telenax (podobne metody stosowali Pons i Pausas [2007]). Kolejna porcja żołądździ była wykładana po zlokalizowaniu zabranych przez sójkę żołądździ z nadajnikami. W ciągu jednego dnia czynność tę można było powtarzać maksymalnie do 5–7 razy, co zależało od sprawności w namierzaniu wyniesionych przez sójki żołądździ z nadajnikami. W eksperymencie wykorzystano 36 nadajników ukrytych w żołądździach, a 42% (n=15) z nich, dzięki dokładnemu zlokalizowaniu w terenie i odnalezieniu, można było wielokrotnie wykładać na tackach. Dystans między tackami wynosił przynajmniej 1,3 km (maksymalnie 3,8 km). Nadajniki ukryte wewnątrz żołądździ emitowały sygnał radiowy o określonej częstotliwości i długości fali. Każdy nadajnik emitował krótki sygnał w innym zakresie fal w paśmie USB, co pozwalało odróżniać nadajniki w terenie. Wyniesione przez sójki żołądździe z ukrytymi w środku nadajnikami były lokalizowane za pomocą odbiornika radiowego z anteną. Miejsce lokalizacji skrytki było opisywane pod względem wyróżnionych czterech kategorii środowiska: drzewostan powyżej 40 lat, młodnik (do 25 lat), zręb oraz inne tereny otwarte. Za zręb na potrzeby niniejszej pracy uznano powierzchnie, z których usunięto wszystkie drzewa lub pozostawiono pojedyncze nasienniki rosnące w bardzo luźnym zwarciu i nie rozpoczęto prac odnowieniowych. Dla określenia dostępności wyróżnionych typów środowiska w każdej lokalizacji wyznaczono po 36 punktów pomiarowych w siatce co 50 m z tacką (źródłem diaspor) w centrum siatki (w sumie 144 punkty pomiarowe). W każdym punkcie pomiarowym opisywano typ środowiska według wyróżnionych kategorii: drzewostan >40 lat, młodnik do 25 lat, zręb, inne tereny otwarte.

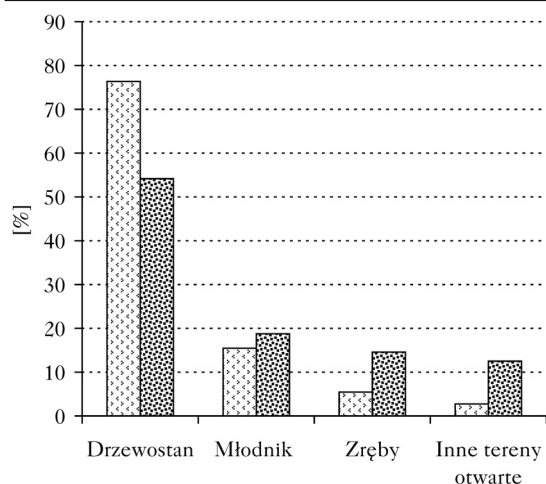
Dane otrzymane przy opisie depozytów zestawiono z danymi dotyczącymi dostępności danego typu środowiska. Materiał przeanalizowano zbiorczo dla wszystkich stanowisk oraz dla każdego ze stanowisk indywidualnie, przy czym zręby i inne tereny otwarte, ze względu na ich niską frekwencję, potraktowano tu jako jedną kategorię. Do oceny relacji użytkowania i dostępności środowiska zastosowano test chi-kwadrat przy $\alpha=0,05$. Obliczeń dokonano w środowisku R v2.13.1 (www.r-project.org).

Wyniki

Spośród 122 żołądździ wyposażonych w nadajniki telemetryczne udało się zlokalizować 110 (90,2%). Stwierdzono, że sójki w znacznej większości przypadków deponują żołądździe pod starszym drze-

wostanem (76,4%, n=84), natomiast znacznie rzadziej w młodnikach (15,5%, n=17) oraz na zrębach (5,5%, n=6) i innych terenach otwartych, jakimi są śródleśne polanki i odłogi (2,7%, n=3). Porównanie udziału środowisk, do których sójki zanosily żołądźcie, z ich dostępnością wskazuje, że ptaki deponowały żołądźcie głównie pod drzewostanem starszym ($\chi^2=17,3$, $df=3$, $P=0,001$), nawet w sytuacji, gdy tacki z wykładanymi żołądźdiami znajdowały się w środowisku, gdzie zręby i inne tereny otwarte stanowiły znaczny udział powierzchni (ryc.). Porównując dostępność zrębów i innych terenów otwartych oraz znikome deponowanie tam schowków, widać, że sójki generalnie unikały tego typu środowisk.

Na trzech spośród czterech badanych stanowisk sójki unikały deponowania żołądźci na odkrytej przestrzeni poza zwartym drzewostanem (tab.). Natomiast na stanowisku 4 stwierdzono istotną tendencję do deponowania zasobów w młodnikach ($\chi^2=9,68$, $df=2$, $P=0,008$), nawet przy obecności starszego drzewostanu w bliskim sąsiedztwie tacki. Trzeba przy tym pamiętać, że sójki również zanoszą i ukrywają żołądźcie na zrębach i terenach otwartych, ale w znacznie mniejszym stopniu niż wynikałoby to z dostępności tego typu środowiska.



Ryc.

Użytkowanie (jasny) oraz dostępność (ciemny) badanych typów środowiska
Habitat utilization (light) and availability (dark) for analysed habitat types

drzewostan – forest stands >40 years old, młodnik – forest stand <25 years old, zręby – clear cuts, inne tereny otwarte – other open areas

Tabela.

Użytkowanie (U) oraz dostępność (A) typów środowiska (typ) na badanych stanowiskach (1-4)

Utilisation (U) and availability (A) of habitat types (typ: drzewostan – forest stands >40 years old, młodnik – forest stand <25 years old, zręby i inne tereny otwarte – clear-cuts and other open areas) for all analysed sites (1-4)

	Typ	U [%]	A [%]	χ^2	P
1 n=40	Drzewostan	87,5	61,1	9,01	0,011
	Młodnik	7,5	8,3		
	Zręby i inne tereny otwarte	5,0	30,6		
2 n=26	Drzewostan	96,2	66,7	8,97	0,011
	Młodnik	3,8	5,6		
	Zręby i inne tereny otwarte	0,0	27,8		
3 n=26	Drzewostan	84,6	47,2	9,32	0,009
	Młodnik	15,4	47,2		
	Zręby i inne tereny otwarte	0,0	5,6		
4 n=18	Drzewostan	11,1	41,7	9,68	0,008
	Młodnik	50,0	13,9		
	Zręby i inne tereny otwarte	38,9	44,4		

Dyskusja

Europejskie sójki to ptaki związane ściśle ze środowiskiem leśnym [Bossemma 1979; Pons, Pausas 2008], dlatego lokalizują swoje depozyty głównie pod istniejącym drzewostanem [Gómez 2003]. Potwierdzają to liczne prace opisujące synzoochoryczne odnowienie dębu w drzewostanach sosnowych [Pigan, Pigan 1999; Paluch 2012]. Wynoszenie i ukrywanie żołądździ na terenach otwartych jest również rzadkim zjawiskiem u różnych gatunków sójek z Ameryki Północnej [Fuchs i in. 2000; Johnson i in. 2009], które najczęściej lokalizują skrytki pod osłoną drzewostanu. Zapewne dlatego pojawianie się liczne go odnowienia dębowego na otwartej przestrzeni obserwuje się bardzo rzadko, choć w zbiorowiskach z dębem korkowym *Quercus suber* ptaki preferowały ukrywanie żołądździ w środowisku otwartym, np. na odłogowanych polach [Pons, Pausas 2007]. Deponowanie żołądździ poza osłoną górną jest częstsze i bardziej prawdopodobne na obszarach, gdzie ten typ środowiska dominuje i ptaki nie mają innego wyboru. W badaniach Kollmann i Schill [1996] dęby stanowiły jeden z dominujących gatunków drzew leśnych na użytkach zielonych za sprawą rozsiewania przez sójki. Dotychczas tylko nieliczne badania nad rozprzestrzenianiem żołądździ przez sójki bazowały na wykorzystaniu danych telemetrycznych, dlatego autorzy często opierali się na wynikach uzyskanych pośrednio (występowanie odnowienia, obserwacje lotów ptaków). Wyniki otrzymane w niniejszych badaniach na podstawie śledzenia żołądździ wynoszonych przez sójki przy pomocy technik telemetrycznych jednoznacznie potwierdzają, że sójki ukrywają zapasy głównie pod drzewostanem, mimo dostępności terenów otwartych (zrębów) w najbliższej okolicy.

Unikanie przestrzeni otwartych przez sójki może być podyktowane względami bezpieczeństwa, ponieważ przebywanie poza osłoną naraża je na ataki ze strony drapieżników [Kollmann, Schill 1996]. Ponadto sójki przywiązują dużą wagę do tego, aby nie wskazywać miejsca ukrycia zapasów. Ptaki chętniej składują żołądździe, gdy są pewne, że konkurenci ich nie obserwują [Vander Wall 1990; Legg, Clayton 2014]. Unikanie ukrywania żołądździ na powierzchni otwartej w naszych warunkach klimatycznych może również wynikać z odmiennego charakteru pokrywy śnieżnej zalegającej w lukach drzewostanowych lub na terenach otwartych. Kumulacja śniegu w lukach przewyższa znacznie (o 38-76%) kumulację w zwartym drzewostanie [Puchalski, Prusinkiewicz 1975]. Gruba warstwa śniegu utrudnia grzebanie w poszukiwaniu schowków, co wiąże się z dużym nakładem energii podczas kopania. Ptaki krukowate potrafią kopać w śniegu [Bossemma 1979], jednak unikają tego, lokalizując depozyty w miejscach, gdzie pokrywa śniegu zalega krócej [Vander Wall, Balda 1977]. Rodzimy przykładem może być deponowanie nasion leszczyny przez orzechówki *Nucifraga caryocatactes* w pionowych szczelinach skalnych wolnych od lodu i śniegu [Kurek 2007].

Skoro sójki bardzo rzadko lokalizowały swoje skrytki poza okapem drzewostanu sosnowego (76,4% żołądździ trafiało do lasu), skąd zatem obecność odnowienia na zrębach? W takich sytuacjach synzoochoryczne odnowienie dębu występujące na zrębach najprawdopodobniej stanowi relikty procesu rozsiewania żołądździ przez sójki jeszcze w istniejącym w tym miejscu drzewostanie. Jeśli założyć, że najwięcej żołądździ sójki rozsiewają w roku ich urodzaju, to cięcia rębne przeprowadzone w niedługim czasie po roku nasiennym mogą zwiększyć szanse na uzyskanie doskonałego odnowienia, które akurat zgodnie ze sztuką zostaje odsłonięte. Jak wykazały niniejsze badania, napływ nasion za sprawą sójek na powierzchnie zrębowe jest marginalny i nie gwarantuje powodzenia w wyprowadzeniu odnowienia, jeśli nie powstało ono lub nie zostało zainicjowane zdeponowanymi tam żołądździami jeszcze w fazie istniejącego drzewostanu. Unikanie przez ptaki deponowania żołądździ na odsłoniętych stanowiskach (zrębach) może skutkować brakiem odnowienia.

W tej sytuacji oczekiwanie na odnowienie na zrębie jest bezzasadne. Jest bowiem bardzo prawdopodobne, że proces odnowienia synzoochorycznego dębów na zrębach inicjuje się jeszcze pod okapem drzewostanu i od wycucia momentu wejścia z cięciami (po roku nasiennym) zależy powodzenie odnowienia dębów na zrębach. Cięcia rębne sosny powinny być zatem zsynchronizowane z latami nasiennymi dębów, jeśli zakłada się udział tego gatunku w drzewostanie. Niniejsze wyniki wskazują uzasadnione przesłanki do postępowania w celu uzyskania naturalnego odnowienia dębowego po uprzątym drzewostanie sosnowym na drodze synzoochorii. Synzoochoria stwarza potencjalne możliwości postulowanej przebudowy monokultur sosnowych w kraju [Kowalski 1993; Dobrowolska 2006], dlatego praktykę tę powinno się stosować znacznie szerzej. Zwłaszcza że jedną z podstawowych zasad hodowli lasu jest racjonalne wykorzystanie odnowień naturalnych [Zasady... 2012].

Podsumowanie

Synzoochoryczne rozprzestrzenianie żołądździ przez sójki w drzewostanach sosnowych w małym stopniu obejmuje powierzchnie zrębowe i inne tereny poza zwartym drzewostanem. Dlatego po usunięciu osłony w postaci drzewostanu szanse uzyskania odnowienia dębów na drodze synzoochorii na powstałych zrębach są mało prawdopodobne, poza przypadkiem, gdy odnowienie takie istniało już wcześniej pod drzewostanem przed jego wycięciem. Pomijanie przez sójki powierzchni zrębowych jako miejsc ukrywania żołądździ oznacza dla praktyki leśnej, że w celu otrzymania odnowienia dębów na zrębach należy o to zadbać jeszcze na etapie istniejącego drzewostanu. Zatem inicjowanie odnowienia dębów powinno polegać na synchronizacji cięć rębnych z latami nasiennymi dębów przez wykonanie cięć tuż po roku nasiennym. Termin ten gwarantuje napływ diaspor pod okap drzewostanu. Wycięcie drzewostanu, pod którym nie istnieje już zainicjowane odnowienie dębów, w dodatku zbiegające się z latami głuchymi (mała ilość nasion rozszoszonych przez sójki w drzewostanie), przekreśla szanse uzyskania odnowienia w fazie istniejącego zrębu, ponieważ ptaki znacznie rzadziej deponują żołądździe poza osłoną lasu.

Podziękowania

Autorzy dziękują Nadleśniczemu Nadleśnictwa Nowe Ramuki Januszowi Jeznachowi oraz jego Zastępcy Grzegorzowi Wanatowi za pomoc i umożliwienie prowadzenia badań na terenie nadleśnictwa. Autorzy dziękują również anonimowemu Recenzentowi za cenne uwagi do pierwszej wersji pracy.

Literatura

- Bossema I. 1979. Jays and oaks: an eco-ethological study of a symbiosis. *Behaviour* 70: 1-117.
- Chettleburgh M. R. 1952. Observations on the collection and burial of acorns by jays in Hainault Forest. *British Birds* 45: 359-364.
- Danielewicz W., Pawlaczyk P. 2006. Rola dębów w strukturze i funkcjonowaniu fitocenoz. W: Bugała W. [red.]. *Dęby*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Dobrowolska D. 2006. Oak natural regeneration and conversion processes in mixed Scots pine stands. *Forestry* 79: 503-513.
- Dula P. S. 2003. Rola ptaków w odnawianiu drzew ciężkonasiennych ze szczególnym uwzględnieniem buka *Fagus sylvatica* L. *Sylvan* 147 (5): 65-75.
- Fuchs M. A., Krannitz P. G., Harestad A. S. 2000. Dispersal of Garry oak acorns by Steller's jays. W: Darling L. M. [red.]. *Proceedings of a conference on the biology and management of species and habitats at risk*. Kamloops.
- Gómez J. M. 2003. Spatial patterns in long-distance dispersal of *Quercus ilex* acorns by jays in a heterogeneous landscape. *Ecography* 26: 573-584.
- Gómez J. M. 2004. Importance of microhabitat and acorn burial on *Quercus ilex* early recruitment: non-additive effects on multiple demographic processes. *Plant Ecology* 172: 287-297.

- James P. C., Verbeek N. A. M. 1983. The food storage behavior of the northwestern crow. *Behaviour* 85: 276-291.
- Johnson P. S., Shifley S. R., Rogers R. 2009. The ecology and silviculture of oaks. CABI, Cambridge.
- Kollmann J., Schill H.-P. 1996. Spatial patterns of dispersal, seed predation and germination during colonization of abandoned grassland by *Quercus petraea* and *Corylus avellana*. *Vegetatio* 125: 193-205.
- Kondracki J. 2009. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kowalski M. 1993. O sukcesji ekologicznej w lasach Jasienia. *Sylvan* 137 (9): 37-46.
- Kurek P. 2007. Znaczenie orzechówki *Nucifraga caryocatactes* dla rozprzestrzenienia leszczyny *Corylus avellana* na Wyżynie Częstochowskiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczyzn* 63: 65-71.
- Legg E. W., Clayton N. S. 2014. Eurasian jays (*Garrulus glandarius*) conceal caches from onlookers. *Animal Cognition* 17: 1223-1226.
- Mosandl R., Kleinert A. 1998. Development of oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) emerged from bird-dispersal seeds under old-growth pine (*Pinus sylvestris* L.) stand. *Forest Ecology and Management* 106: 35-44.
- Myczek Ł., Dylewski Ł., Zduniak P., Sparks T. H., Tryjanowski P. 2014. Predation and dispersal of acorns by European Jay (*Garrulus glandarius*) differs between a native (Pedunculate Oak *Quercus robur*) and an introduced oak species (Northern Red Oak *Quercus rubra*) in Europe. *Forest Ecology and Management* 331: 35-39.
- Nilsson S. G. 1985. Ecological and evolutionary interactions between reproduction of beech *Fagus sylvatica* and seed eating animals. *Oikos* 44: 157-164.
- Pałuch 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* 18: 1-152.
- Pigan I., Pigan M. 1999. Naturalne odnowienie dębu w drzewostanach sosnowych. *Sylvan* 143 (9): 23-29.
- Pons J., Pausas J. G. 2007. Acorn dispersal estimated by radio-tracking. *Oecologia* 153: 903-911.
- Pons J., Pausas J. G. 2008. Modeling jay (*Garrulus glandarius*) abundance and distribution for oak regeneration assessment in Mediterranean landscapes. *Forest Ecology and Management* 256: 578-584.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1975. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL, Warszawa.
- Seiwa K., Watanabe A., Saitoh T., Kannu H., Akasaka S. 2002. Effects of burying depth and seed size on seedling establishment of Japanese chestnuts, *Castanea crenata*. *Forest Ecology and Management* 164: 149-156.
- Tomiałojć L., Stawarczyk T. 2003. Awifauna Polski. Rozmieszczenie, liczebność i zmiany. PTPP „pro Natura”, Wrocław.
- Vander Wall S. B. 1990. Food Hoarding in Animals. The University of Chicago Press, Chicago, London.
- Vander Wall S. B., Balda R. P. 1977. Coadaptations of the Clark's Nutcracker and the Piñon pine for efficient seed harvest and dispersal. *Ecological Monographs* 47: 89-111.
- Zasady Hodowli Lasu. 2012. CILP, Warszawa.