

IZABELA SONDEJ

Wpływ buchtowania dzików (*Sus scrofa*) na glebowy bank nasion grądu *Tilio-Carpinetum* w Puszczy Białowiejskiej

Impact of wild boar (*Sus scrofa*) rooting on a soil seed bank of oak-linden-hornbeam forest in the Białowieża Forest

ABSTRACT

Sondej I. 2020. Wpływ buchtowania dzików (*Sus scrofa*) na glebowy bank nasion grądu *Tilio-Carpinetum* w Puszczy Białowiejskiej. Sylwan 164 (8): 676-682. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2020033>.

The wild boar is an omnivorous animal that disturbs the top soil layer by foraging (rooting). In some regions of Europe seasonal fluctuations in rooting have been observed. Wild boars not only eat plants, but also strongly modify their habitat. In the Białowieża Forest wild boar most frequently visit oak-hornbeam forests growing on fertile soil. On sites where the forest floor is covered with dense vegetation germination of seeds is difficult, and wild boar rooting can promote the removal of diaspores from deeper layers of the soil seed bank. The aim of this study was to assess the impact of wild boar rooting on the soil seed bank in a natural oak-linden-hornbeam forest. Observations were carried out on permanent plots in the strictly protected zone of the Białowieża National Park. Samples of the soil seed bank were taken from plots which showed varying intensities of wild boar rooting (frequency and average percentage of exposed ground surface). Areas to be sampled were selected on the basis of archival data. Research was conducted by the seedling emergence method during two vegetation seasons. Altogether, 7985 seedlings of 67 taxa germinated from 240 soil samples. The highest number of germinated seedlings and species were found in the highly rooted plots. In all the series dominant species was *Urtica dioica*. In the soil seed bank 19 species of anemochory germinated, and accounted for 27.5% of all species present in the seed bank of all series. Permanent wild boar rooting increased the species richness in the soil seed bank and increased the amount of species with higher light requirements.

KEY WORDS

wild boar, soil seed bank, diaspore, animal-plant interaction

ADDRESSES

Izabela Sondej – e-mail: I.Sondej@ibles.waw.pl

Zakład Lasów Naturalnych, Instytut Badawczy Leśnictwa; ul. Park Dyrekcyjny 6, 17-230 Białowieża

Wstęp

Dzik (*Sus scrofa* L.) jest zwierzęciem wszystkożernym [Briedermann 1967], którego skład diety zależy od warunków życiowych i lokalizacji geograficznej [Klaa 1992]. Dzik w poszukiwaniu pokarmu (owadów, grzybów oraz kłączy roślin) zdzierają wierzchnią warstwę gleby – buchtują [Fruziński 1992]. Efektem ubocznym poszukiwania pokarmu jest spulchnianie gleby i mieszanie ściółki z poziomem mineralnym [Howe, Bratton 1976]. Buchtowanie powoduje silną redukcję pokrywy roślinnej i spadek masy organów podziemnych roślin [Singer i in. 1984], uszkadza siewki i korzenie drzew oraz redukuje liczebność roślin [Huff 1977; Biały 1996]. Większość autorów

koncentruje się na doniesieniach na temat zniszczeń i negatywnego oddziaływania dzików na rośliny [Ickes i in. 2001; Wilson 2004; Honda, Sugita 2007], natomiast o pozytywnym wpływie tych zwierząt na kształtowanie gleb, stosunków wodnych, składu gatunkowego i struktury dominacji w zespołach roślinnych donosi niewiele publikacji [Faliński 1986; Heinken i in. 2002; Sondej, Kwiatkowska-Falińska 2017].

Glebowy bank nasion to zapas wszystkich żywych diaspor pochodzenia generatywnego znajdujących się w glebie lub na jej powierzchni, który gwarantuje zmienność puli genowej populacji [Harper 1977]. Badania w Białowieskim Parku Narodowym wykazały, że w glebowych bankach nasion występuje liczna grupa cieniznośnych gatunków obecnych także w runie, co odróżnia je od banków nasion lasów Europy Zachodniej [Jankowska-Błaszczuk 1998]. W lasach liściastych czynnikiem ograniczającym kiełkowanie nasion jest warstwa ściółki, która m.in. zmniejsza dostęp światła i jest barierą mechaniczną, zwłaszcza dla siewek kiełkujących z małych nasion [Dalling, Hubell 2002]. W tym kontekście buchtowanie dzików, które jest naturalnym czynnikiem oddziałującym na runo i ściółkę, może istotnie wpływać na zasobność i różnorodność banku nasion. Mieszanie wierzchniej warstwy gleby przez dziki może przyczynić się zarówno do szybszego przechodzenia świeżych diaspor do głębszych warstw gleby, jak też do wynoszenia ich na powierzchnię gleby i aktywację nasion przelegujących na większych głębokościach. W Puszczy Białowieskiej miejsca buchtowane przez dziki zmieniają się losowo w niektórych płatach grądu z roku na rok, w innych są wielokrotnie odwiedzane każdego roku i intensywnie buchtowane przez dziesiątki lat [Faliński 1986; Sondej, Kwiatkowska-Falińska 2017]. Jest to jednocześnie jedno z nielicznych miejsc, gdzie były gromadzone wieloletnie dane o intensywności buchtowania dzików na stałych powierzchniach badawczych.

Celem badań było określenie wpływu wywieranego przez dziki na zasobność i różnorodność glebowych banków nasion grądu niskiego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w latach 2010-2011 na powierzchni badawczej w Obrębie Ochronnym Rezerwatu Białowieskiego Parku Narodowego (N 52°74'63" E 23°82'49"). Stała powierzchnia badawcza do obserwacji intensywności buchtowania dzików została założona przez prof. Janusza Falińskiego w 1975 roku w żyznym grądzie niskim (*Tilio-Carpinetum*). W warstwie drzew występują: *Tilia cordata* Mill., *Carpinus betulus* L., *Ulmus glabra* Huds., *Fraxinus exelsior* L., *Picea abies* (L.) H. Karst, *Quercus robur* L. i *Acer platanoides* L., w warstwie krzewów *Corylus avellana* L. Wiosną głównym komponentem runa są geofity (*Anemone nemorosa* L., *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Dentaria bulbifera* L., *Ficaria verna* Huds.), wśród nich dominuje *Allium ursinum* L. Powierzchnia podzielona została na 100 kwadratów o wymiarach 8×8 m. Po opracowaniu danych archiwalnych (1975-2009) na temat intensywności i zasięgu buchtowania dzików na powierzchni badawczej wybrano na potrzeby niniejszej pracy 30 kwadratów. Podzielono je na serie (każda po 10 kwadratów) o zróżnicowanej intensywności buchtowania: od niskiej (seria A – do 35%), przez średnią (seria B – do 60%), do wysokiej (seria C – do 100%). Serie kwadratów istotnie różniły się od siebie intensywnością buchtowania ($P < 0,001$).

Na początku kwietnia 2010 roku z 30 wytypowanych kwadratów pobrano glebę do analizy glebowego banku nasion metodą wschodu siewek. Próbkę gleby (100 ml) zostały pobrane przy użyciu laski glebowej z poziomu próchniczo-akumulacyjnego po usunięciu warstwy ściółki. W każdym kwadracie 80 nakłuć laską wykonano w sposób losowy. Każde pobranie dzielone było na 2 próbki: z głębokości 0-5 cm i 5-10 cm. Pojedyncze próbki z określonej głębokości gleby były łączone, tak by pojedyncza próba mieszana zawierała 1000 ml gleby. Każdy kwadrat repre-

zentowany był przez 8 prób mieszanych: 4 z głębokości 0-5 cm oraz 4 z głębokości 5-10 cm. Próby glebowe po przewiezieniu do laboratorium zostały oczyszczone z kłączy, bulwek i cebulek. Glebę umieszczono w kuwetach i przeniesiono do nieogrzewanej szklarni. Obserwacje wschodów siewek w warunkach szklarniowych prowadzone były przez 2 sezony wegetacyjne od kwietnia do października (2010-2011). Pojawiające się siewki po oznaczeniu do gatunku [Muller 1978] i policzeniu były usuwane z kuwet, a następnie glebę starannie mieszano w celu wydobycia głębiej zalegających nasion na powierzchnię i pobudzenia ich do kiełkowania. W kuwetach utrzymywano stałą wilgotność. Pod koniec każdego sezonu glebę bardzo dokładnie mieszano i pozostawiano bez podlewania do wiosny przyszłego roku. W roku 2010 na całej powierzchni badawczej przy użyciu skali ilościowej Londo [Dzwonko 2007] określono skład gatunkowy roślin runa. Optima ekologiczne gatunków siewek, które weszły z glebowego banku nasion, scharakteryzowano za pomocą liczb wskaźnikowych Ellenberga [Ellenberg i in. 1991].

Istotność różnic w liczbie siewek i liczbie gatunków odnotowanych w próbach glebowego banku nasion (w seriach A, B i C) oceniono na podstawie analizy wariancji. Posłużyła ona również do ustalenia istotności różnic w glebowym banku nasion między płytszą i głębszą warstwą gleby. Podobieństwo florystyczne runa i banku nasion określono za pomocą współczynnika podobieństwa P Jaccarda-Steinhausza:

$$P = 2 \cdot c / (a + b)$$

gdzie:

c – liczba taksonów wspólnych dla dwóch porównywanych obiektów,

a, b – liczba taksonów w każdym z dwóch obiektów.

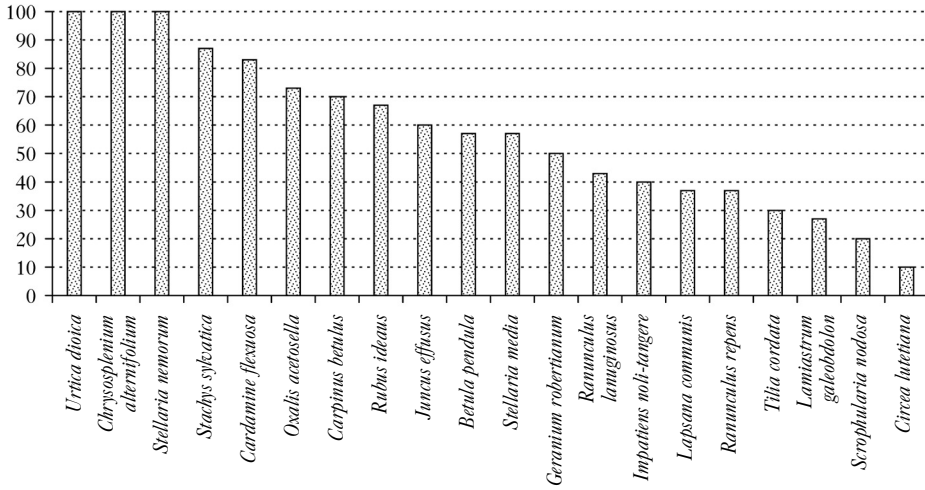
Do analizy danych wykorzystano program PAST Palaeontological Statistics 1.58.

Wyniki

W ciągu dwóch lat na 240 próbach glebowych weszło 7985 siewek należących do 67 gatunków. Ze względu na brak istotnych różnic w liczbie siewek ($df=2$, $F=1,223$, $P=0,3586$) i liczbie gatunków ($df=2$, $F=0,2905$, $P=0,7578$) w banku nasion z głębokości 0-5 cm oraz z głębokości 5-10 cm liczbę siewek, które weszły z prób pobranych z obu głębokości, zsumowano. Średnia liczba siewek weszłych w ciągu roku w przeliczeniu na 1 m² wyniosła 332,71 ±27,32.

W próbach pobranych z kwadratów z serii A weszły 2734 siewki należące do 41 gatunków. Dominantem była *Urtica dioica* L. (1969 sztuk), która stanowiła około 72% wszystkich siewek w tej grupie kwadratów. W serii B weszło 2419 siewek należących do 41 gatunków. Gatunkiem o największej liczbie siewek była również *Urtica dioica* (1702), której udział wynosił około 70% siewek. Glebowy bank nasion pobrany dla serii C zawierał 2832 siewki należące do 52 gatunków. Podobnie jak w pozostałych seriach kwadratów, dominantem była *Urtica dioica*, która stanowiła około 61% weszłych siewek. Wyniki analizy wariancji wykazały, że nie występują istotne różnice pomiędzy liczbą siewek ($df=2$, $F=0,2483$, $P=0,7819$) i liczbą gatunków ($df=2$, $F=1,669$, $P=0,2073$) pomiędzy seriami A, B i C.

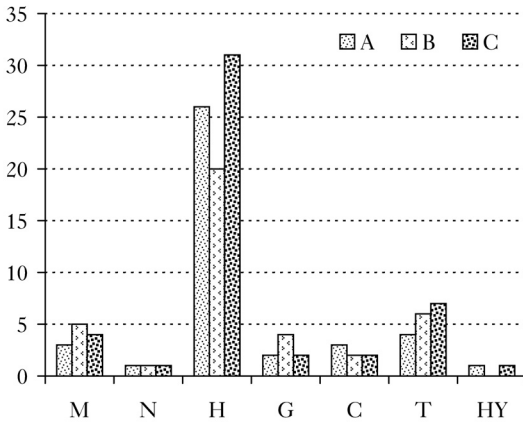
Najwyższą, 100-procentową frekwencję gatunków w próbach wykazały *Chrysosplenium alternifolium*, *Urtica dioica* i *Stellaria nemorum*. Wysoką frekwencję w badanym banku nasion miały również *Stachys sylvatica* i *Cardamine flexuosa* (87 i 83%, ryc. 1). W banku nasion dominowały hemikryptofity, które stanowiły największą liczbę gatunków we wszystkich seriach kwadratów. Najwięcej gatunków należących do tej formy życiowej stwierdzono w serii C (32 gatunki), najmniej w serii B (20 gatunków). Pozostałe formy życiowe nie wykazywały wyraźniej dominacji (ryc. 2). W banku nasion stwierdzono występowanie 12 gatunków starych lasów, które stanowiły



Ryc. 1.

Frekwencja gatunków siewek w próbach wzeszłych z banku nasion z płatów grądu permanentnie buchtowanych przez dziki

Frequency of seedling species in samples germinated from a seed bank of from hornbeam patches permanently rooted by wild boars



Ryc. 2.

Udział form życiowych Raunkiaera gatunków występujących w bankach nasion w seriach A, B i C

Fraction of Raunkiaer's life forms of species in soil seed banks in series A, B and C

M – drzewa, N – krzewy, H – hemikryptofity, G – geofity, C – chamaefity, T – terofity, HY – hygrofity i helofity
 M – trees, N – shrubs, H – hemicryptophytes, G – geophytes, C – chamaephytes, T – terofites, HY – higrofitcs and helophytes

około 20% wszystkich gatunków. Bank nasion zawierał 19 gatunków anemochorycznych, co w przeliczeniu stanowiło 27,5% gatunków obecnych w banku nasion wszystkich serii. Najwięcej gatunków anemochorycznych zawierała seria C (15). Podobieństwo florystyczne glebowych banków nasion powierzchni permanentnie buchtowanych przez dziki (serie A, B, C) i runa wyniosło w przypadku serii A 32,9%, w serii B 42,9% i w serii C 43,3%.

Optima ekologiczne gatunków, których siewki wzeszły z glebowego banku nasion, scharakteryzowane za pomocą wskaźników Ellenberga, we wszystkich trzech seriach wykazały największy udział (32,8%) gatunków o wartości wskaźnika świetlnego L=7, tj. o wysokich wymaganiach świetlnych. Wysoki udział (21,6%) miały również gatunki L=4, czyli gatunki umiarkowanego półcienia. Najwięcej gatunków siewek miało optima ekologiczne na glebach świeżych oraz wilgotnych (F=5-7). Gatunki występujące w bankach nasion są głównie gatunkami gleb neutralnych (R=6-7), rosnącymi na glebach o średniej i dużej zawartości azotu (N=5-8).

Dyskusja

W ciągu jednego roku obserwacji z powierzchni z runem zaburzonym przez dziki weszło średnio 332,71 diaspor/m². Zasobność banku nasion była podobna do zasobności w badaniach Jankowskiej-Błaszczuk [1998] w niezaburzonym grądzie (304 diaspor/m²), można więc przypuszczać, że buchtowanie dzików nie wpływa na obniżenie zasobności banku nasion w glebie. Bogactwo gatunkowe badanego banku nasion (67 gatunków) było najwyższe w porównaniu z bogactwem gatunkowym odnotowanym w innych badaniach prowadzonych w białowieskich grądach. Na uzyskany wynik wpłynął prawdopodobnie wzrost bezpiecznych miejsc do kiełkowania powstałych w wyniku buchtowania dzików. W badaniach nad glebowymi bankami nasion prowadzonymi metodą wschodów siewek w warunkach szklarniowych Pirożnikow [1983] odnotowała 32 gatunki roślin, natomiast Jankowska-Błaszczuk [1998] 40 gatunków.

Nie stwierdzono istotnych różnic w liczbie siewek oraz liczbie gatunków w banku nasion z głębokości 0-5 cm oraz 5-10 cm. Na brak różnicy pomiędzy poziomami wpływa prawdopodobnie buchtowanie dzików. Mieszanie wierzchniej warstwy gleby przez dziki może przyczyniać się do szybszego przechodzenia świeżych diaspor do głębszych warstw gleby, jak też do wynoszenia na powierzchnię gleby i aktywacji nasion przelegujących na większych głębokościach. Badania Pirożnikow [1983] i Wódkiewicza [2004] pokazują, że w grądach bez widocznych oznak buchtowania aż 2/3 wszystkich diaspor znajduje się w płytszych warstwach gleby. Buchtowanie wpływa na zwiększenie homogeniczności przestrzennej banku nasion w grądzie niskim, na co wskazuje także niższa wartość odchylenia standardowego dla średniej liczby siewek/m² w prowadzonych badaniach (SD=27,32) w porównaniu z danymi Jankowskiej-Błaszczuk [1998] (SD=220,21).

W banku nasion z powierzchni permanentnie buchtowanej zanotowano około 20% gatunków starych lasów. Według Wódkiewicza [2004] występowanie tych gatunków w glebowym banku nasion potwierdza długi nieprzerwany czas trwania lasu. Badany bank nasion pochodzący z płatów grądu permanentnie buchtowanego przez dziki z zaburzonym runem zawierał aż 19 gatunków anemochorycznych. Zaburzenia w warstwie runa, które są powodowane przez dziki, mogą wpływać na zwiększenie liczby gatunków anemochorycznych w bankach nasion z tych miejsc.

Podobieństwo florystyczne glebowych banków nasion powierzchni permanentnie buchtowanych przez dziki i runa było niskie – mieściło się w przedziale od 32,9 do 43,3%. Jest to wartość zbliżona do wyników otrzymanych przez innych autorów w lasach Europy Zachodniej [Kjellsson 1992; Bossuyt i in 2002]. Natomiast z badań Jankowskiej-Błaszczuk [1998] wynika, że skład gatunkowy w runie pierwotnego lasu grądowego jest odzwierciedlony w banku nasion w około 70%. Również badania Pirożnikow [1983] i Falińskiej [1998] świadczą o dużym wpływie runa na skład banku nasion. Bossuyt i Hermy [2001] uważają, że na zróżnicowanie podobieństwa gatunkowego runa i glebowego banku nasion w poszczególnych płatach lasu może mieć wpływ sposób ich użytkowania, historia oraz skład gatunkowy.

Wśród gatunków cienistych lasów liściastych strategia przetrwania w formie tworzenia trwałych banków nasion wykształciła się głównie wśród hemikryptofitów [Jankowska-Błaszczuk 1998; Wódkiewicz 2004]. Również w przypadku banku nasion płatów z zaburzonym runem ta forma życiowa jest najczęstsza (41 gatunków).

W literaturze utrwaliło się stwierdzenie, że w zbiorowiskach leśnych gatunki budujące trwałe banki nasion to te, które pochodzą z wcześniejszych faz sukcesyjnych i mają większe wymagania świetlne niż gatunki runa [Pickett, McDonnell 1989; Warr i in. 1994]. Jednak badania białowieskich grądów [Pirożnikow 1983; Jankowska-Błaszczuk 1998] pokazały, że w bankach nasion znajdują się gatunki nie zawsze charakteryzujące się wysokimi wymaganiami świetlnymi.

W glebowym banku nasion grądów z niezaburzonym runem [Jankowska-Błaszczuk 1998] zanotowano najwięcej gatunków umiarkowanego półcienia. W przeprowadzonych badaniach, dotyczących miejsc, gdzie runo było permanentnie zaburzane przez buchtujące zwierzęta, stwierdzono największą liczbę gatunków o wysokich wymaganiach świetlnych, ale wysoki udział miały również gatunki umiarkowanego półcienia. Uzyskane wyniki mogą być dowodem na to, że buchtowanie dzików może wpływać na zasobność banku nasion gatunków leśnych o wysokim wskaźniku świetlnym. Zatem powtarzające się buchtowanie w grądzie niskim prawdopodobnie wzbogaca glebowy bank nasion o gatunki, które mają większe wymagania świetlne.

Wiele prac potwierdza fakt, że zwierzęta są istotnym wektorem przenoszącym nasiona, wpływającym bezpośrednio i pośrednio na strukturę i funkcjonowanie ekosystemów [Malo, Suárez 1998; Pakeman i in. 1999; Myers i in. 2004]. Można zatem przypuszczać, że w glebowym banku nasion z permanentnie buchtowanych powierzchni przeważają diaspory pochodzenia egzogenego. Dzikie rozprzestrzeniają nasiona roślin terenów otwartych, które dzięki temu mogą być przenoszone w głąb lasu. Gatunki te mają z reguły wysokie wymagania świetlne, dlatego nie kiełkują w lesie, ale przechodzą do glebowego banku nasion powstającego u podstawy drzew służących dzikom do ocierania się [Heinken i in. 2006].

W banku nasion dominowały gatunki gleb świeżych i wilgotnych, co dobrze odpowiada warunkom panującym w grądzie niskim. Większość gatunków w banku nasion należała do roślin występujących na glebach o dużej zawartości azotu i neutralnym pH. Podobne wyniki otrzymali również inni badacze prowadzący badania w białowieskich grądach [Jankowska-Błaszczuk 1998; Wódkiewicz 2004].

Wnioski

- ✦ Permanentne buchtowanie płatów grądu niskiego w Puszczy Białowieskiej wpływa na zwiększenie bogactwa gatunkowego glebowego banku nasion w porównaniu z bankiem nasion płatów niezaburzonych.
- ✦ Glebowy bank nasion stale buchtowanych płatów grądu niskiego charakteryzuje się zwiększonym udziałem gatunków o wyższych wymaganiach świetlnych oraz gatunków rozprzestrzanianych anemochorycznie w porównaniu z niezaburzonymi w ten sposób płatami.
- ✦ Podobieństwo florystyczne glebowych banków nasion i runa grądów jest w przypadku permanentnie buchtowanych płatów niższe niż płatów niepoddanych tego typu zaburzeniom.
- ✦ Permanentne buchtowanie nie wpływa na spadek zasobności glebowego banku nasion grądu.
- ✦ Permanentne buchtowanie wpływa na zwiększenie homogeniczności przestrzennej banku nasion i upodobnienie się banku nasion z głębszych warstw gleby do warstw powierzchniowych.

Literatura

- Biały K. 1996. The effect of boar (*Sus scrofa*) rooting on the distribution of organic matter in soil profiles and the development of wood anemone (*Anemone nemorosa* L.) in the oak-hornbeam stand (*Tilio-Carpinetum*) in the Białowieża Primeval Forest. *Folia Forestalia Polonica* 38: 77-88.
- Bossuyt B., Hermy M. 2001. Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems: a review. *Ecography* 24: 225-238.
- Bossuyt B., Heyn M., Hermy M. 2002. Seed bank and vegetation composition of forest stands of varying age in central Belgium: consequences for regeneration of ancient forest vegetation. *Plant Ecology* 162: 33-48.
- Briedermann L. 1967. Die Nahrungs Komponentem des Schwarzwildes (*S. scrofa*) in der Mitteleuropäischen Kulturlandschaft. *Trans. VII Congress International Union Game Biological* 207-213.
- Dalling J. W., Hubbell S. P. 2002. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology* 90: 557-568.
- Dzwonko Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Scorus, Poznań, Kraków.

- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18.
- Faliński J. B. 1986. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forests. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Fruziński B. 1992. Dzik. Cedrus, Warszawa.
- Harper J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.
- Heinken T., Hanspach H., Raudnitschka D., Schaumann F. 2002. Dispersal of vascular plants by four species of wild mammals in a deciduous forest in NE Germany. Phytocoenologia 32: 627-643.
- Heinken T., Schmidt M., von Oheimb G., Kriebitzsch W. U., Ellenberg H. 2006. Soil seed banks near rubbing trees indicate dispersal of plant species into forests by wild boar. Basic and Applied Ecology 7: 31-44.
- Honda T., Sugita M. 2007. Environmental factors affecting damage by wild boars (*Sus scrofa*) to rice fields in Yamnashi Prefecture, central Japan. Mammal Study 32: 173-176.
- Howe T. D., Bratton S. P. 1976. Winter rooting activity of the European wild boar in the Great Smoky Mountains National Park. Castanea 41: 256-264.
- Huff M. H. 1977. The effect of the European wild boar (*Sus scrofa*) on the woody vegetation of the gray beech forest in the Great Smoky Mountains. U.S. National Park Services Management 18: 63.
- Ickes K., Dewalt S. J., Appanah S. 2001. Effects of native pigs (*Sus scrofa*) on woody understorey vegetation in a Malaysian lowland rain forest. Journal of Tropical Ecology 17: 191-206.
- Jankowska-Błaszczuk M. 1998. Variability of the soil seed banks in the natural deciduous forest in the Białowieża National Park. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 3-4: 313-324.
- Kjellsson G. 1992. Seed banks in Danish deciduous forests: species composition, seed influx and distribution pattern in soil. Ecography 15: 86-100.
- Klaa K. 1992. The diet of wild boar (*Sus scrofa* L.) in the National Park of Chrea (Algeria). Ongulés/Ungulates 91: 403-407.
- Malo J. E., Suárez F. 1998. The dispersal of a dry – fruited shrub by red deer in a Mediterranean ecosystem. Ecography 21: 204-211.
- Muller F. M. 1978. Seedlings of the North-Western European lowland. Dr W. Junk B.V. Publishers, Haga, Boston.
- Myers J. A., Vellend M., Gardescu S., Marks P. L. 2004. Seed dispersal by white-tailed deer: Implications for long-distance dispersal, invasion, and migration of plants in eastern North America. Oecologia 139: 35-44.
- Pakeman R. J., Engelen J., Attwood J. P. 1999. Rabbit endozoochory and seedbank build-up in an acidic grassland. Plant Ecology 145: 83-90.
- Pickett S. T., McDonnell M. J. 1989. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. W: Leck M., Parker V. T., Simpson R. L. [red.]. Ecology of soil seed banks. Academic Press, San Diego.
- Pirożnikow E. 1983. Seed bank in the soil of the stabilized ecosystem of a deciduous forest (*Tilio-Carpinetum*) in the Białowieża National Park. Ekologia Polska 31 (1): 145-172.
- Singer F. J., Swank W. T., Clebsch E. E. C. 1984. Effects of wild pig rooting in a deciduous forest. The Journal of Wildlife Management 48: 464-473.
- Sondej I., Kwiatkowska-Falińska A. J. 2017. Effects of wild boar (*Sus scrofa* L.) rooting on seedling emergence in Białowieża Forest. Polish Journal of Ecology 65: 380-389.
- Warr S. J., Kent M., Thompson K. 1994. Seed bank composition and variability in five woodlands in south-west England. Journal of Biogeography 21: 151-168.
- Wilson C. J. 2004. Rooting damage to farmland in Dorset, southern England, caused by feral wild boar *Sus scrofa*. Mammal Review 34: 331-335.
- Wódkiewicz M. 2004. Wielkość diaspor i wzorzec glebowego banku nasion grądów Puszczy Białowieskiej. Praca doktorska, Warszawa.