

ALEKSANDRA HALAREWICZ, DANIEL PRUCHNIEWICZ, DOROTA KAWAŁKO

Kształtowanie właściwości gleb w borze sosnowym z udziałem czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.)

Soil properties in Scots pine forest invaded by *Prunus serotina* (Ehrh.)

ABSTRACT

Halarewicz A., Pruchniewicz D., Kawałko D. 2017. Kształtowanie właściwości gleb w borze sosnowym z udziałem czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.). Sylwan 161 (2): 149-154.

Black cherry (*Prunus serotina*) was planted in forests in Central Europe in the hope of producing valuable timber and after the first disappointments, in the hope of improving the soils of coniferous plantations. Nevertheless, an unequivocal evaluation of its effect on soil environment is still a controversial issue. The aim of this study was to determine a temporary fluctuation of selected soil properties in Scots pine forest dominated by black cherry. The research was carried out in Wołów Forest Division (SW Poland). Two Scots pine monocultures developed on podzol site with and without *P. serotina* in shrub layer, were selected for the study. Twelve research plots (10×10 m) were randomly selected on the sites. On each plot the cover of *P. serotina* in the shrub layer was evaluated and every three months, during single research year (November 2013 - November 2014) soil properties (total N, organic C, soil reaction) were determined in organic (O) and humus (A) horizons. Analysis of variance and PCA procedure demonstrate some significant relationships between *P. serotina* and soil properties in Scots pine forest. The presence of black cherry contributes to continued changes in the organic horizon expressed by increase in total N (range of average from 1.14 to 1.38%) and drop in C:N ratio (range of average from 22.86 to 25.73). Apart from the spring, increase in pH value in the organic (range of average from 4.03 to 4.58) and humus horizons (range of average from 3.59 to 4.04) was found on the site invaded by black cherry.

KEY WORDS

black cherry, Scots pine forest, plant invasions, soil properties

ADDRESSES

Aleksandra Halarewicz ⁽¹⁾ – e-mail: aleksandra.halarewicz@up.wroc.pl

Daniel Pruchniewicz ⁽¹⁾ – e-mail: daniel.pruchniewicz@up.wroc.pl

Dorota Kawałko ⁽²⁾ – e-mail: dorota.kawalcko@up.wroc.pl

⁽¹⁾ Katedra Botaniki i Ekologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; pl. Grunwaldzki 24 a, 50-363 Wrocław

⁽²⁾ Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław

Wstęp

Czeremcha amerykańska została wprowadzona do lasów Europy Środkowej w celu uzyskania w krótkim czasie dobrej jakości drewna. Po pierwszych niepowodzeniach liczone, że nasadzenia nowej rośliny przyczynią się do wzbogacenia podszytu, polepszenia warunków glebowych w borach

sosnowych oraz do ochrony przeciw pożarom i silnym wiatrom [Starfinger i in. 2003]. Tymczasem wprowadzony gatunek rozprzestrzenił się w sposób niekontrolowany, wkraczając także na siedliska lasów bagiennych [Halarewicz, Kawalko 2014; Dyderski, Jagodziński 2015]. Dominacja *Prunus serotina* Ehrh. w podszycie borów sosnowych i lasów mieszanych przyczynia się do niekorzystnych przemian fitocenozy leśnych [Starfinger 1997; Godefroid i in. 2005; Verheyen i in. 2007; Halarewicz, Rowieniec 2009; Chabrerie i in. 2010; Halarewicz, Żolnierz 2014; Otręba 2014; Halarewicz, Pruchniewicz 2015] oraz utrudnia wykonywanie zabiegów gospodarczych [Szwagrzyk 2000].

Niewiele prac naukowych omawia wpływ gatunków inwazyjnych na zmiany właściwości gleby [Ehrenfeld, Scott 2001; Vanderhoeven i in. 2005]. Zawartość węgla, azotu oraz innych składników odżywczych zwykle jest związana z inwazją gatunku, ale kierunek i rozmiar tego wpływu są uzależnione od stanu wyjściowego gleby, zachodzących w niej procesów glebotwórczych, corocznego dopływu nowej materii organicznej oraz przebiegu pogody [Koutika i in. 2007; Verheyen i in. 2007; Dassonville i in. 2008]. Czeremcha amerykańska obecna w polskich lasach występuje głównie w drzewostanach rozwijających się na glebach rdzawych (około 63% powierzchni zasiedlonych przez *P. serotina*) oraz bielicowych (15%) [Bijak i in. 2014]. Pomimo prowadzonych prac badawczych jednoznaczna ocena oddziaływania *P. serotina* na środowisko glebowe w zbiorowiskach leśnych porównywalnych pod względem wieku drzewostanu i właściwości gleby wciąż pozostawia wiele wątpliwości, szczególnie w kwestii odczynu gleby [Plichta i in. 1997; Starfinger i in. 2003; Vanderhoeven i in. 2005; Verheyen i in. 2007]. Dużym mankamentem jest również wnioskowanie oparte na wynikach pochodzących z jednorazowego poboru prób glebowych, które dotyczą jedynie stanu chwilowego, bez uwzględnienia sezonowych zmian parametrów glebowych.

Celem pracy było określenie sezonowej zmienności wybranych właściwości gleb w drzewostanie sosnowym, zachodzącej pod wpływem ekspansji czeremchy amerykańskiej w podszycie.

Material i metody

Doświadczenie założono w dwóch sześćdziesięcioletnich monokulturach sosnowych, na glebie bielicowej wykształconej z piasków luźnych w Nadleśnictwie Wołów (południowo-zachodnia Polska). Wybrane fitocenozy leśne różniły się obecnością *P. serotina*. Na stanowisku I czeremcha amerykańska była nieobecna w warstwie krzewów, na stanowisku II jej udział w podszycie wynosił od 50 do 80% powierzchni pokrycia.

Na każdym ze stanowisk wyznaczono losowo 12 powierzchni badawczych (10×10 m), na których jednorazowo (czerwiec 2013) określono udział czeremchy amerykańskiej w podszycie oraz co kwartał (listopad 2013, kwiecień 2014, czerwiec 2014, sierpień 2014, listopad 2014) dokonywano poboru próbek glebowych w poziomie organicznym (O) i próchnicznym (A). Dla każdej próbki glebowej oznaczono: pH w 1 M KCl/dm³ (potencjometrycznie, objętościowo w stosunku 1:2,5), węgiel organiczny – C (metodą Alтена) i azot ogólny – N (metodą Kjeldahla).

Analizy statystyczne wykonano przy użyciu oprogramowania Statistica v.12 (StatSoft Inc.). Zgodność rozkładu danych z rozkładem normalnym oceniono testem W Shapiro-Wilka. W celu określenia różnic we właściwościach fizykochemicznych gleb w badanym przedziale czasu wykorzystano analizę wariancji z testowaniem istotności różnic testem HSD Tukeya. W przypadku zmiennych, których rozkład odbiegał od rozkładu normalnego, zastosowano test Kruskala-Wallisa. Test ten wykorzystano również dla zmiennych niespełniających założenia jednorodności wariancji (test Levene'a). Istotność różnic we właściwościach gleb między stanowiskiem pierwszym i drugim sprawdzano testem t-Studenta dla prób niezależnych lub jego nieparametrycznym odpowied-

nikiem – testem U Manna-Whitneya. W celu określenia związku między ekspansją ceremchy amerykańskiej w warstwie krzewów a właściwościami fizykochemicznymi gleb wykorzystano analizę składowych głównych (PCA). Analizy wykonano na podstawie macierzy korelacji.

Wyniki

Na stanowisku pierwszym odnotowano czasową zmienność w poziomie organicznym zawartości azotu całkowitego ($H=26,94$, $p<0,001$), stosunku węgla do azotu ($H=25,03$, $p<0,001$), jak również pH gleby ($H=23,70$, $p=0,0001$) (tab.). W przypadku stanowiska drugiego istotne różnice stwierdzono w koncentracji węgla organicznego ($H=16,98$, $p=0,0019$) oraz pH gleby ($H=41,55$, $p<0,001$). Rozpatrując poziom próchniczny, istotną czasową fluktuację stwierdzono wyłącznie w przypadku pH na stanowisku pierwszym ($H=19,85$, $p=0,0005$) oraz drugim ($H=36,94$, $p<0,001$).

W większości wypadków odnotowano istotną różnicę w wybranych właściwościach gleb między stanowiskiem pierwszym i drugim (tab.). Najsilniej zjawisko to widoczne było w przypadku pH gleby oraz stosunku węgla do azotu – zarówno w poziomie organicznym, jak i próchnicznym. W przypadku koncentracji węgla organicznego oraz zawartości azotu ogólnego istotne różnice między stanowiskami dotyczyły głównie poziomu organicznego (tab.).

Tabela.

Średnia (\pm SE) koncentracja węgla organicznego [mg/kg], azotu ogólnego [mg/kg], stosunku C:N oraz pH gleby w poziomie organicznym (O) oraz próchnicznym (A) na stanowisku bez (I) i z *Prunus serotina* (II)
Mean (\pm SE) concentration of organic carbon [mg/kg], total nitrogen [mg/kg], C:N ratio and soil pH in the organic (O) and humus (A) horizons on site without (I) and with *Prunus serotina* (II)

		XI 2013	IV 2014	VI 2014	VIII 2014	XI 2014
Węgiel organiczny Organic carbon						
O	I	32,86 \pm 0,99 ^y	32,47 \pm 0,07 ^y	32,24 \pm 0,23 ^x	31,73 \pm 0,27 ^x	32,69 \pm 0,81 ^y
	II	28,71 \pm 1,56 ^{ab} ^x	29,25 \pm 1,16 ^x	32,09 \pm 0,13 ^b ^x	31,42 \pm 0,35 ^{ab} ^x	26,93 \pm 1,38 ^a ^x
A	I	4,55 \pm 0,35 ^x	4,54 \pm 0,26 ^x	4,59 \pm 0,32 ^x	4,57 \pm 0,31 ^x	4,58 \pm 0,32 ^x
	II	4,12 \pm 0,25 ^x	4,18 \pm 0,26 ^x	4,20 \pm 0,27 ^x	4,40 \pm 0,22 ^x	4,36 \pm 0,24 ^x
Azot ogólny Total nitrogen						
O	I	0,92 \pm 0,01 ^{ab} ^x	0,85 \pm 0,03 ^a ^x	1,06 \pm 0,02 ^c ^x	1,02 \pm 0,03 ^{bc} ^x	0,92 \pm 0,01 ^{ab} ^x
	II	1,18 \pm 0,07 ^y	1,14 \pm 0,03 ^y	1,38 \pm 0,08 ^y	1,38 \pm 0,10 ^y	1,22 \pm 0,08 ^y
A	I	0,17 \pm 0,02 ^x	0,19 \pm 0,02 ^x	0,20 \pm 0,01 ^x	0,21 \pm 0,02 ^x	0,19 \pm 0,02 ^x
	II	0,24 \pm 0,02 ^y	0,22 \pm 0,02 ^x	0,23 \pm 0,02 ^x	0,22 \pm 0,01 ^a ^x	0,22 \pm 0,02 ^a ^x
Stosunek C:N C:N ratio						
O	I	35,86 \pm 1,20 ^{bc} ^y	38,64 \pm 1,45 ^c ^y	30,57 \pm 0,73 ^y	31,50 \pm 1,24 ^{ab} ^y	35,49 \pm 0,96 ^{bc} ^y
	II	24,57 \pm 0,55 ^a ^x	25,73 \pm 0,91 ^a ^x	24,07 \pm 1,43 ^a ^x	24,31 \pm 2,05 ^a ^x	22,86 \pm 1,66 ^a ^x
A	I	27,11 \pm 1,15 ^y	26,19 \pm 2,50 ^x	24,40 \pm 2,05 ^x	23,48 \pm 2,14 ^x	26,84 \pm 4,23 ^x
	II	18,62 \pm 1,71 ^a ^x	22,45 \pm 4,21 ^a ^x	20,43 \pm 2,51 ^a ^x	20,21 \pm 1,15 ^a ^x	22,59 \pm 3,49 ^a ^x
pH						
O	I	4,17 \pm 0,03 ^b ^x	4,02 \pm 0,04 ^{ab} ^x	4,10 \pm 0,03 ^{ab} ^x	3,93 \pm 0,03 ^a ^x	4,17 \pm 0,03 ^b ^x
	II	4,58 \pm 0,07 ^b ^y	4,03 \pm 0,04 ^a ^x	4,23 \pm 0,03 ^a ^y	4,50 \pm 0,04 ^b ^y	4,54 \pm 0,05 ^b ^y
A	I	3,66 \pm 0,03 ^b ^x	3,58 \pm 0,03 ^{ab} ^x	3,60 \pm 0,04 ^{ab} ^x	3,43 \pm 0,03 ^a ^x	3,67 \pm 0,03 ^b ^x
	II	3,92 \pm 0,05 ^{bc} ^y	3,59 \pm 0,05 ^a ^x	3,71 \pm 0,03 ^{ab} ^y	3,90 \pm 0,03 ^c ^y	4,04 \pm 0,05 ^c ^y

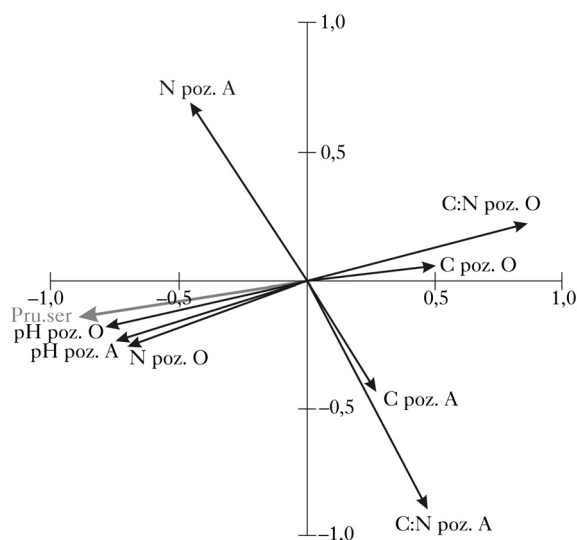
Indeksem dolnym oznaczono grupy jednorodne uzyskane w teście HSD Tukeya, a indeksem górnym istotne różnice w wartościach średnich między stanowiskiem I i II uzyskane w teście t-Studenta lub U Manna-Whitneya ($p\leq 0,05$)
Subscript indicates homogeneous groups obtained in Tukey HSD test and superscript indicates significant differences in mean values between site I and II obtained in Student t or U Mann-Whitney test ($p\leq 0,05$)

Na podstawie wyników analizy składowych głównych PCA stwierdzono, że główny zakres zmienności wyznaczają dwie pierwsze osie ordynacyjne, dla których odnotowano wartości własne na poziomie 3,67 (oś pierwsza) oraz 1,58 (oś druga) (ryc.). Skumulowany procent wyjaśnianej zmienności ogólnej wynosi dla poszczególnych składowych odpowiednio 40,72 oraz 58,24%. Zwarcie czeremchy amerykańskiej w warstwie krzewów jest silnie skorelowane z pierwszą osią ordynacyjną PCA ($r=-0,85$). Wraz ze wzrostem pokrycia czeremchy amerykańskiej stwierdzono spadek pH gleby w poziomie organicznym ($r=-0,77$), jak również w poziomie próchnicznym ($r=-0,72$), wzrost zawartości węgla organicznego w poziomie O ($r=0,47$) oraz nieznacznie w A ($r=0,24$), wzrost stosunku C:N w obrębie poziomu organicznego ($r=0,83$) i próchnicznego ($r=0,46$) oraz spadek koncentracji azotu całkowitego zarówno w poziomie O ($r=-0,68$), jak i A ($r=-0,44$).

Dyskusja

Pierwsze europejskie prace badawcze dotyczące wpływu inwazyjnych gatunków roślin na właściwości chemiczne gleb wskazują na wzrost zawartości wymiennych kationów zasadowych pod okapem czeremchy amerykańskiej [Vanderhoeven i in. 2005]. Częściowo potwierdzają to analizy Plichty i in. [1997], w których zwrócono też uwagę na obniżenie stosunku C:N w poziomie organicznym. W przeprowadzonych badaniach własnych wykazano utrzymujący się przez cały rok istotnie niższy stosunek C:N w poziomie organicznym drzewostanu sosnowego z *Prunus serotina* w warstwie krzewów w porównaniu do boru bez podszytu czeremchowego. Wartość tego parametru w poziomie próchnicznym ulegała sezonowym zmianom i nie zawsze obecność *P. serotina* korzystnie wpływała na stosunek C:N, co może być rezultatem niższej aktywności mikroorganizmów glebowych w poziomie próchnicznym w porównaniu do poziomu organicznego [Facelli, Pickett 1991].

Obniżenie zasobności ściółki w węgiel organiczny na stanowisku drugim jest związane z dodatkowym opadem organicznym w okresie jesiennym, który pochodzi głównie z liści *P. serotina*. Świadczy o tym dynamika C organicznego w ściółce nawiązująca do cyklicznego przebiegu procesów fizjologicznych typowych dla lasów liściastych strefy umiarkowanej [Dziadowiec 1990]. Ściółka z igliwia charakteryzuje się dużą akumulacją materii organicznej, gdyż zawarte w niej związki chemiczne spowalniają procesy rozkładu [Dziadowiec 1987]. Tymczasem już niewielka



Ryc.

Analiza składowych głównych wykonana dla zmiennych reprezentujących pokrycie czeremchy amerykańskiej w warstwie krzewów (Pru.ser) oraz właściwości fizykochemiczne gleb w poziomie organicznym (poz. O) i próchnicznym (poz. A)

Principal Component Analysis prepared for variables representing the cover of black cherry in the shrub layer (Pru.ser) and physicochemical soil properties in the organic (poz. O) and humus (poz. A) horizons

domieszka gatunków liściastych w drzewostanie sosnowym wpływa korzystnie na tempo rozkładu materii organicznej [Gonet, Dębska 2007]. Ponadto w przypadku opadłych liści czeremchy amerykańskiej proces ich dekompozycji przebiega szybciej niż liści gatunków rodzimych, takich jak *Quercus robur*, *Fagus sylvatica* czy *Betula pendula* [Lorenz i in. 2004].

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że obecność *P. serotina* przyczynia się do wzrostu zasobności gleb w azot w poziomie organicznym, co jest zgodne z wynikami innych prac badawczych [Lorenz i in. 2004; Vanderhoeven i in. 2005; Koutika i in. 2007; Chabrerie i in. 2008]. Dla porównania w igłach *Pinus sylvestris* w sezonie wegetacyjnym obserwuje się systematyczny spadek zawartości azotu. Jest to gatunek intensywnie wycofujący składniki pokarmowe z igieł przed ich zrzućciem, co stanowi przejaw adaptacji do siedlisk ubogich w biogeny [Jonczak 2011]. Według Berga [2000] zawartość N i P w ściółce jest pozytywnie skorelowana z początkową fazą jej rozkładu. Prawdopodobnie dlatego rozkład opadu ze świeżych liści *P. serotina* przebiega tak dynamicznie [Lorenz i in. 2004].

Analizując wpływ *P. serotina* na odczyn gleby, część autorów wskazuje na wyraźne zakwaszenie poziomu organicznego w borach sosnowych z udziałem czeremchy amerykańskiej [Starfinger i in. 2003]. Z kolei Verheyen i in. [2007], porównując powierzchnie badawcze zdominowane przez *P. serotina* i pozbawione tego gatunku, nie stwierdzili wpływu badanej rośliny na odczyn gleby. Badania Plichty i in. [1997] wykazują korzystny wpływ nasadzeń *P. serotina* jedynie na zmiany właściwości odczynu w poziomie organicznym, bez wpływu na poziom próchniczny. Podobnie Kowalski [1988] potwierdza odkwaszające działanie ściółki pod czeremchą amerykańską w borze sosnowym, ale zwraca uwagę, że proces ten jest wyjątkowo powolny. Z kolei Vanderhoeven i in. [2005], analizując glebę do głębokości 10 cm na powierzchniach o silnym zagęszczeniu i pozbawionych *P. serotina*, odnotowali istotny wpływ tego gatunku na wzrost pH, co jest zgodne z wynikami niniejszych badań, w których analizowany odczyn gleby, zarówno w poziomie organicznym, jak i próchnicznym, był pozytywnie związany z obecnością czeremchy amerykańskiej. Jedynie w okresie wiosennym wartość pH gleby na stanowiskach z *P. serotina* w podszycie i pozbawionych tego gatunku była porównywalna, co koresponduje z wynikami kwietniowych analiz Verheyena i in. [2007]. Wraz z rozpoczęciem sezonu wegetacyjnego i produkcją biomasy zwiększa się zapotrzebowanie roślin na jony amonowe i podstawowe kationy, co może przyczyniać się do przejściowych zaburzeń w równowadze jonowej roztworu glebowego [Ulrich 1988]. Wydaje się, że w przypadku stanowisk z dużym udziałem *P. serotina* w warstwie drzew i runa powyższe zależności stanowią prawdopodobne wytłumaczenie dla chwilowego zakwaszenia podłoża. Stąd przy jednorazowym poborze próbek glebowych mogą wynikać tak duże rozbieżności przy ocenie oddziaływania *P. serotina* na wartość pH gleby.

Wnioski

- ✦ Obecność czeremchy amerykańskiej w borze sosnowym wpływa na zmiany właściwości poziomu organicznego, które dotyczą wzrostu zasobności w azot ogólny oraz zawężenia stosunku C:N.
- ✦ W drzewostanie sosnowym z *Prunus serotina*, za wyjątkiem okresu wiosennego, obserwuje się istotne zmniejszenie kwasowości gleby zarówno w poziomie organicznym, jak i próchnicznym.
- ✦ Oceniając wpływ gatunku inwazyjnego na kształtowanie właściwości gleby, należy rozpatrywać parametry glebowe z uwzględnieniem ich sezonowej zmienności w biocenozie.

Literatura

- Berg B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management* 133: 13-22.
- Bijak S., Czajkowski M., Ludwisiak Ł. 2014. Occurrence of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) in the State Forests in Poland. *Forest Research Papers* 75 (4): 359-365.

- Chabrerie O., Loinard J., Perrin S., Saguez R., Decocq G. 2010. Impact of *Prunus serotina* invasion on understorey functional diversity in a European temperate forest. *Biological Invasions* 12: 1891-1907.
- Chabrerie O., Verheyen K., Saguez R., Decocq G. 2008. Disentangling relationships between habitat conditions, disturbance history, plant diversity, and American black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) invasion in a European temperate forest. *Diversity and Distributions* 14: 204-212.
- Dassonville N., Vanderhoeven S., Vanparys V., Hayez M., Gruber W., Meerts P. 2008. Impacts of alien invasive plants on soil nutrients are correlated with initial site conditions in NW Europe. *Oecologia* 157: 131-140.
- Dyderski M. K., Jagodziński A. M. 2015. Wkraczanie czeremchy amerykańskiej *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. do olsów i łęgów olszowo-jesionowych. *Acta Scientiarum Polonorum Seria Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 14 (2): 103-113.
- Dziadowiec H. 1987. The decomposition of plant litter fall in an oak-linden-hornbeam forest and an oak-pine mixed forest of the Białowieża National Park. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 56: 169-185.
- Dziadowiec H. 1990. Rozkład ściółek w wybranych ekosystemach leśnych (mineralizacja, uwalnianie składników pokarmowych, humifikacja). *Rozprawy UMK w Toruniu*.
- Ehrenfeld J. G., Scott N. 2001. Invasive species and the soil: effects on organisms and ecosystem processes. *Ecological Applications* 11: 1259-1260.
- Facelli M., Pickett S. T. A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review* 57: 1-32.
- Godefroid S., Phartyal S. S., Weyembergh G., Koedam N. 2005. Ecological factors controlling the abundance of nonnative black cherry (*Prunus serotina*) in deciduous forest understorey in Belgium. *Forest Ecology and Management* 210: 91-105.
- Gonet S. S., Dębska B. 2007. Qualitative parameters of organic matter of the O1 subhorizons of forest soils. *Humic Substances in Ecosystems* 7: 129-139.
- Halarewicz A., Kawalko D. 2014. Wpływ czynników glebowych na występowanie *Prunus serotina* w fitocenozach leśnych. *Sylwan* 158 (2): 117-123.
- Halarewicz A., Pruchniewicz D. 2015. Vegetation and environmental changes in a Scots pine forest invaded by *Prunus serotina*: What is the threat to terricolous bryophytes? *Journal of Forest Research* 134 (5): 793-801.
- Halarewicz A., Rowieniec A. 2009. Czeremcha amerykańska *Prunus serotina* na terenie Parku Krajobrazowego „Dolina Jezierzycy”. *Sylwan* 153 (9): 635-640.
- Halarewicz A., Żolnierz L. 2014. Changes in the understorey of mixed coniferous forest plant communities dominated by the American black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Forest Ecology and Management* 313: 91-97.
- Jonczak J. 2011. Struktura, dynamika i właściwości opadu roślinnego w 110-letnim drzewostanie bukowym z domieszką sosny i świerka. *Sylwan* 155 (11): 760-768.
- Koutika L.-S., Vanderhoeven S., Chapuis-Lardy L., Dassonville N., Meerts P. 2007. Assessment of changes in soil organic matter following invasion by exotic plant species. *Biology and Fertility of Soils* 44: 331-341.
- Kowalski M. 1988. Lipa i czeremcha amerykańska w przekształcaniu siedliska borów sosnowych. Wpływ gospodarki leśnej na środowisko. *Seminarium naukowe. Sękocin, 10-11 listopada 1988*. 149-156.
- Lorenz K., Preston C. M., Krumrei S., Feger K. H. 2004. Decomposition of needle/leaf litter from Scots pine, black cherry, common oak and European beech at a conurbation forest site. *European Journal of Forest Research* 123: 177-188.
- Otręba A. 2014. Czeremcha amerykańska *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. W: Otręba A., Michalska-Hejduk D. [red.]. *Inwazyjne gatunki roślin w Kampinoskim Parku Narodowym i w jego sąsiedztwie*. *Kampinoski Park Narodowy, Izabelin*. 69-73.
- Plichta W., Kuczyńska I., Rutkowski L. 1997. The effects of American cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) plantations on organic and humus horizons of cambic arenosols in pine forest. *Polish Journal of Ecology* 45 (2): 385-394.
- Starfinger U. 1997. Introduction and naturalization of *Prunus serotina* in Central Europe. W: Brock J. H., Wade M., Pysek P., Green D. [red.]. *Plant Invasions: Studies from North America and Europe*. Backhuys Publishers, Leiden. 161-171.
- Starfinger U., Kowarik I., Rode M., Schepker H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? – The perception of an alien tree species through the centuries. *Biological Invasions* 5: 323-335.
- Szwagrzyk J. 2000. Potencjalne korzyści i zagrożenia związane z wprowadzaniem do lasów obcych gatunków drzew. *Sylwan* 144 (2): 99-106.
- Ulrich B. 1988. Ökochemische Kennwerte des Bodens. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 151: 171-176.
- Vanderhoeven S., Dassonville N., Meerts P. 2005. Increased topsoil mineral nutrient concentrations under exotic invasive plants in Belgium. *Plant Soil* 275: 169-179.
- Verheyen K., Vanhellemont M., Stock T., Hermy M. 2007. Predicting patterns of invasion by *Prunus serotina* Ehrh. In Flanders (Belgium) and its impact on the forest understorey community. *Diversity and Distributions* 13: 487-497.