

Wymagania troficzne wybranych gatunków krzewiastych występujących w lasach

The trophic requirements of selected underwood species occurring in forests

Jarosław Lasota, Ewa Błońska*, Tomasz Wanic, Maciej Zwydak

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Gleboznawstwa Leśnego, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

* Tel. +48 12 6625031, e-mail: eblonska@ar.krakow.pl

Abstract. The subject of this study were soil requirements of common woody shrubs, which may be part of the forest understory (*Sorbus aucuparia* L., *Frangula alnus* Mill., *Corylus avellana* L., *Juniperus communis* L., *Padus avium* Mill., *Euonymus europaea* L., *Sambucus nigra* L.). We focused on phytocenoses in the vicinity of natural forests in reserves and national parks of Polish lowlands and defined optimal types and subtypes of soil with trophic variations for each underwood species. The range of trophism for each species of shrub was determined using specific physico-chemical properties of the soils, while soil quality was assessed using the Soil Site Index (SIG) (Brożek et al. 2011). The ecological requirements of the before-mentioned underwood species were linked with forest typology as well as natural vegetation and they showed different soil requirements. Here we report significant differences in particle size and dynamics of organic matter decomposition in soils associated with these underwood species.

Key words: forest shrubs, soil requirements, forest sites, plant communities

1. Wstęp

Krzewy leśne są ważnym elementem ekosystemów leśnych. Przypisuje się im przede wszystkim funkcje biocenotyczne i fitomelioracyjne. Tworząc podszyt, krzewy leśne wspomagają oczyszczanie się pni drzew, wpływają na poprawę warunków rozkładu oraz wzbogacenie ściółki leśnej, chronią glebę przed wysychaniem i zarastaniem (Gil 2010). Z punktu widzenia nauki o siedlisku gatunki krzewiaste bez wątpienia przyczyniają się do intensyfikowania i przyspieszenia obiegu składników pokarmowych w ekosystemie leśnym. Poprzez głębokie korzenie i pobór substancji pokarmowych z głębokich poziomów gleby wpływają na urozmaicenie jakości materiału organicznego, jaki dociera na powierzchnię gleby oraz na wzmoczenie aktywności biologicznej gleby. Jednocześnie gatunki krzewiaste wydają się być niedoceniane w diagnozie siedlisk leśnych. W trakcie rozpoznawania siedlisk zdecydowanie większą wagę przywiązuje się do składu gatunkowego górnego piętra

drzewostanu, bonitacji wzrostowej drzew oraz składu gatunkowego roślinności runa leśnego (Instrukcja urządzania lasu 2012). Być może wynika to ze słabej znajomości wymagań siedliskowych gatunków krzewiastych. W podręcznikach czy leksykonach poświęconych gatunkom krzewów głównie uwagę poświęca się ich cechom rozpoznawczym, charakterystyce wzrostu i rozwoju, natomiast wymagania siedliskowe charakteryzuje się zdawkowo, przytaczając niewiele, często ogólnych informacji o jakości gleb i siedliskach. Niniejsza praca ma przyczynić się do wypełnienia tej luki. Poszukując informacji na temat wymagań glebowych i siedliskowych gatunków krzewiastych, zauważono, że brakuje pozycji literatury, które obejmują to zagadnienie całościowo i wyczerpująco. Istnieją trzy grupy opracowań, w których znajdują się fragmentaryczne dane dotyczące omawianego zagadnienia. Pierwsza to opracowania dendrologiczne oraz leksykony prezentujące gatunki drzew i krzewów, w których są zaledwie wzmianki na temat wymagań ekologicznych, siedliskowych (w tym glebo-

wych) poszczególnych gatunków krzewów. Krótkie opisy tych wymagań, np. „gleba umiarkowanie sucha do świeżej – wszystkie przepuszczalne, zasobne w składniki odżywcze, próchniczne rodzaje gleb, kwaśne do słabo zasadowych” (Bärtels 2011), nadmieniają cechy uwilgotnienia gleby, jej troficzność oraz zakres pH. Druga grupa to instrukcje oraz podręczniki z zakresu hodowli lasu, z których można dowiedzieć się więcej na temat przywiązania określonych gatunków krzewów do jednostek klasyfikacji siedliskowej (typów siedliskowych lasu). Zawierają one informacje o amplitudzie ekologicznej określonych gatunków, zaś wymagania glebowe gatunków omówione są bardzo ogólnikowo lub w ogóle pominięte (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004; Jaworski 2011). Trzecia grupa opracowań to publikacje i podręczniki fitosocjologiczne, w których w ramach charakterystyki poszczególnych fitocenozy zawarto informacje o gatunkach krzewiastych i ich powiązaniach z zespołami roślinności naturalnej (Matuszkiewicz et al. 2012). Posiadając wiedzę na temat warunków siedliskowych, w jakich kształtują się określone fitocenozy, można wnioskować o preferencjach określonych krzewów w stosunku do wymagań glebowych. Niniejsze opracowanie omawia warunki glebowe, w jakich wzrastają wybrane gatunki krzewów tworzących warstwę podszytu w drzewostanach. Gatunki te zostały wyselekcjonowane na podstawie ich częstości występowania pod okapem drzewostanów tworzących najważniejsze zespoły leśne obszaru nizinnego i wyżynnego Polski. Można przyjąć, że na tym obszarze pozostałe gatunki krzewów występują w drzewostanach mało licznie bądź otwartych przestrzeniach, tworząc inne, nieleśne zbiorowiska, np. zbiorowiska zaroślowe (klasy *Rhamno-Prunetea*).

Celem pracy jest przedstawienie wymagań troficznych wybranych gatunków krzewów leśnych, określenie ich preferencji siedliskowych i związków z zespołami leśnymi. Przedmiotem badań były wymagania glebowe pospolitych krzewów, mogących tworzyć podszyt w lasach. W pracy analizowano wymagania glebowe jarzębiny (*Sorbus aucuparia* L.), kruszyny pospolitej (*Frangula alnus* Mill.), leszczyny pospolitej (*Corylus avellana* L.), jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.), czeremchy pospolitej (*Padus avium* Mill.), trzmieliny zwyczajnej (*Euonymus europaea* L.) oraz bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.).

2. Materiał badawczy i metodyka

Do analizy wykorzystano badania przeprowadzone na 250 wzorcowych powierzchniach siedliskowych, założonych w rezerwach przyrody i parkach narodowych obszaru nizinnego Polski, reprezentujących naj-

ważniejsze zespoły leśne i typy siedliskowe lasu. Próbkę do badań zostały pobrane podczas realizacji projektu badawczego, pt. „Opracowanie indeksów jakości gleb dla naturalnych siedlisk leśnych nizin i wyżyn Polski i ich zastosowanie w gospodarce leśnej”. Materiał badawczy został zebrany w latach 2009–2010. Na każdej powierzchni badawczej o powierzchni 0,25 ha reprezentującej dobrze zachowaną fitocenozę dokonano szczegółowego opisu roślinności, w ramach którego charakteryzowano wszystkie piętra drzewostanu wraz z podszytem, oraz spisem roślinności runa. Zespoły leśne zostały określone zgodnie z klasyfikacją Matuszkiewicza (2001). Szczegółowa metodyka określania zespołów została przedstawiona w pracy Brożka i in. (2011). Na podstawie elementów geologiczno-glebowych, roślinności runa oraz składu gatunkowego ustalono przynależność każdej powierzchni badawczej do odpowiedniej jednostki siedliskowej – typu siedliskowego lasu. W centralnej części płatu wykonano głęboką odkrywkę glebową, z której pobrano próbki gleby z każdego wydzielonego poziomu genetycznego. W próbkach oznaczono skład granulometryczny metodą areometryczną Bauyoucosa-Casagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn gleby – metodą potencjometryczną w wodzie i 1 M KCl, kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, zawartość azotu ogólnego i zawartość węgla – przy wykorzystaniu aparatu LECO, zawartość kationów zasadowych – w 1 M octanie amonu. Zgodnie z „Klasyfikacją gleb leśnych Polski” (2000) ustalono typy i podtypy badanych gleb. Charakterystyki warunków glebowych poszczególnych gatunków krzewiastych dokonano na podstawie podtypów gleb oraz wybranych parametrów glebowych charakteryzujących jakość gleb (całkowitej zasobności gleby we frakcje spławialne, zasobu kationów zasadowych, stopnia zakwaszenia gleby czy stopnia rozkładu substancji próchnicznej). Charakteryzując zapasy wybranych składników, wyrażano je w ilościach przeliczonych na objętość rzeczywistego słupa gleby o przekroju 1 m² i głębokości 150 cm. Oznaczone właściwości wykorzystano również do wyliczenia siedliskowego indeksu glebowego (SIG), wskaźnika używanego w ocenie jakości gleb (Brożek et al. 2011; Lasota et al. 2011; Instrukcja zarządzania lasu 2012).

3. Wyniki

W rozdziale tym kolejno scharakteryzowano warunki glebowo-siedliskowe, w jakich rozwijały się wybrane gatunki krzewów leśnych. Dodatkowo przedstawiono związki wybranych gatunków krzewów z zespołami leśnymi.

Jarząb pospolity (*Sorbus aucuparia* L.) Jarząb pospolity jest jednym z krzewów o najmniejszych wymaganiach troficznych w naszych lasach. Może rozwijać się nawet na dystroficznych glebach bielicowych czy bielicach o małym zasobie składników odżywczych i substancji ilastych (tab. 1). Optymalne warunki rozwoju znajduje w glebach bielicowych właściwych i glejbielicowych siedlisk borów mieszanych świeżych i umiarkowanie wilgotnych. Zasobność takich gleb w kationy zasadowe wynosi zaledwie od 2,0 do 160,0 mol·1,5 m⁻³, a udział frakcji sflawialnych (<0,02 mm) jest z reguły bardzo niski i wynosi od 30–300 kg·1,5 m⁻³. Przywiązanie do takich gleb dobrze wyrażają mediany analizowanych w pracy parametrów glebowych zamieszczonych w tabeli 1.

Jeżeli chodzi o podtypy gleb, na jakich omawiany gatunek krzewu się rozwija, to łatwiej wskazać w analizowanym zbiorze gleby, na których jarzębiny nie stwierdzono. Są to eutroficzne gleby zawierające węglan wapnia – czarne ziemie i pararendziny, a także najbogatsze z gleb hydrogenicznych – gleby gruntowoglejowe mułowe, gruntowoglejowe próchniczne gleby mułowe właściwe oraz gleby gytiove i mady rzeczne (tab. 2). Brak jarzębu pospolitego na takich glebach tłumaczyć należy

raczej konkurencją innych, bujnie rozwijających się w takich warunkach gatunków krzewiastych oraz drzew, aniżeli wymaganiami ekologicznymi. Analizując przywiązanie jarzębiny do określonych zespołów roślinnych, należy podkreślić jej dużą stałość w borach mieszanych (*Quercus roboris-Pinetum typicum*, *Quercus roboris-Pinetum molinietosum*, *Quercus-Piceetum*, *Abietetum polonicum*), jest ona gatunkiem silnie przywiązanym do borealnej świerczyny na torfie (*Sphagno girgensohnii-Piceetum*). Ponadto spotykana jest w podszyciu acydo-filnych lasów liściastych (*Luzulo pilosae-Fagetum*, *Callamagrostio arundinaceae-Quercetum*), rzadko pojawia się w kontynentalnym borze świeżym (*Peucedano-Pinetum*), świetlistej dąbrowie subkontynentalnej (*Potentillo albae-Quercetum*), żyznej buczynie niżowej (*Galio odorati-Fagetum*) i na wilgotnych siedliskach w łęgach olszowo-jesionowych (*Fraxino-Alnetum*). Zastanawiający jest w zasadzie brak tego gatunku w zbiorowiskach grądów (w posiadanym zbiorze obserwacji odnotowano pojedyncze przypadki wystąpienia tego gatunku w grądzie jodłowym *Tilio-Carpinetum abietetosum*).

Kruszyna pospolita (*Frangula alnus* Mill.) Kruszyne można zaliczyć do krzewów bardzo tolerancyjnych

Tabela 1. Wybrane parametry gleb zasiedlanych przez opisywane krzewy

Table 1. Selected parameters of soils inhabited by described shrubs

Gatunek Species	Statystyki Statistics	Zasób frakcji <0,02 mm	Zapas kationów zasadowych	Kwasowość przeliczona	N ² /C	SIG
		Resource of fraction <0,02 mm	Base cations	Acidity recalculated	(w poziomie próchniczno- mineralnym	(siedliskowy indeks glebowy
		kg·1,5 m ⁻³	mol·1,5 m ⁻³	mol Y/kg*	in humus-mineral horizon)	Trophic Soil Index)
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	min.	0	1,7	0,037	0,0003	6
	max	906	543	4,456	0,0315	38
	mediana	137,7	32,8	0,358	0,0074	25
<i>Frangula alnus</i> Mill.	min.	0	1,2	0,098	0,0003	4
	max	585,1	490,6	82,345	0,0406	34
	mediana	56,5	31,1	1,031	0,0066	20
<i>Corylus avellana</i> L.	min.	0	2,7	0,006	0,0016	14
	max	1516,4	965,5	8,699	0,0362	40
	mediana	145,6	116,4	0,242	0,0124	32
<i>Juniperus communis</i> L.	min.	16,6	1,6	0,235	0,0003	4
	max	302,4	238,1	3,106	0,016	32
	mediana	58	3,3	0,809	0,0024	13
<i>Padus avium</i> Mill.	min.	0	25,7	0,049	0,0075	24
	max	625,4	584,1	8,699	0,0366	38
	mediana	99,7	123,1	0,225	0,0215	32
<i>Euonymus europaea</i> L.	min.	29,7	5,1	0,006	0,0019	15
	max	1516,4	965,5	1,265	0,0362	40
	mediana	311,8	162,9	0,128	0,0151	34
<i>Sambucus nigra</i> L.	min.	0	81,1	0,006	0,0018	27
	max	1516,4	965,5	0,276	0,0471	40
	mediana	459,2	269,5	0,088	0,0172	35

* frakcji / of fraction <0,02 mm

Tabela 2. Podtypy gleb zasiedlane przez badane gatunki krzewów (podtypy preferowane, stwarzające optymalne warunki rozwoju pogrubiono)

Table 2. The subtypes of soils inhabited by tested shrubs species (in bold marked the preferred soil subtypes, presenting optimal conditions for growth)

Gleba Soil type	<i>Juniperus communis</i> L.	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	<i>Frangula alnus</i> Mill.	<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Euonymus europaea</i> L.	<i>Padus avium</i> Mill.	<i>Sambucus nigra</i> L.
ARw	×						
Bw	×	×	×				
Bgw		×	×				
RDb	×	×	×	×	×		
RDw	×	×	×	×	×		
RDbr	×	×	×	×	×	×	×
BRb		×	×	×	×		
BRk		×	×	×	×	×	×
BRwy		×	×	×	×	×	×
BRw		×		×	×	×	×
BRs		×		×	×	×	×
PRbr				×	×	×	×
PRw				×	×	×	×
Pb		×		×			
Pw		×		×	×	×	×
Pog		×	×	×	×	×	×
OGb	×	×	×	×			
OGw	×	×	×	×	×	×	×
OGam		×	×	×	×	×	×
OGSt	×	×	×	×			
Gt		×	×	×	×		
Gm		×	×	×	×	×	×
Gts		×	×	×	×	×	×
Gms		×	×	×	×	×	×
Gw		×	×	×	×	×	×
Gp		×	×	×	×	×	×
Gmł		×	×	×	×	×	×
CZwy				×	×	×	×
MRw		×	×	×	×	×	×
MRm		×	×	×	×	×	×
MRms		×	×	×	×	×	×
MDbr				×	×	×	×
MDw				×	×	×	×
MDp				×	×	×	×
MŁw				×		×	×
MŁt			×	×		×	×
Mt			×				
Tw		×	×				
Tp		×	×	×		×	
Tn		×	×	×		×	×

Oznaczenia: ARw – arenosol właściwy, Bw – bielnicowa właściwa, Bgw – glejo-bielnicowa właściwa, RDb – rdzawa bielnicowa, RDw – rdzawa właściwa, RDbr – rdzawa brunatna, BRb – brunatna bielnicowa, BRk – brunatna kwaśna, BRwy – brunatna wylugowana, BRw – brunatna właściwa, BRs – szarobrunatna, PRbr – parareźdżina brunatna, PRw – parareźdżina właściwa, Pb – płowa bielnicowa, Pw – płowa właściwa, Pog – płowa opadowoglejowa, OGb – opadowoglejowa bielnicowana, OGw – opadowoglejowa właściwa, OGam – amfiglejowa, OGSt – stagnoglejowa torfowa, Gt – gruntowoglejowa torfowa, Gm – gruntowoglejowa murszowa, Gts – gruntowoglejowa torfiasta, Gms – gruntowoglejowa murszasta, Gw – gruntowoglejowa właściwa, Gp – gruntowoglejowa próchniczna, Gmł – gruntowoglejowa mulowa, CZwy – czarna ziemia wylugowana, MRw – murszowata właściwa, MRm – mineralno-murszowa, MRms – murszasta, MDbr – mada rzeczna brunatna, MDw – mada rzeczna właściwa, MDp – mada rzeczna próchniczna, MŁw – mulowa właściwa, MŁt – torfowo-mulowa, Mt – torfowo-murszowa, Tw – torfowa torfowiska wysokiego, Tp – torfowa torfowiska przejściowego, Tn – torfowa torfowiska niskiego

Notes: ARw – Arenosol, Bw – Haplic Podzol, Bgw – Gleyic Podzol, RDb – Albic Brunic Arenosol, RDw – Haplic Brunic Arenosol, RDbr – Cambic Brunic Arenosol, BRb – Albic Cambisol, BRk – Hyperdystric Cambisol, BRwy – Epidystric Cambisol, BRw – Eutric Cambisol, BRs – Cambisol Humic Eutric, PRbr – Calcaric Cambisol Skeletic, PRw – Calcaric Regosol, Pb – Albic Luvisol, Pw – Haplic Luvisol, Pog – Stagnic Luvisol, OGb – Albic Stagnosol, OGw – Haplic Stagnosol, OGam – Haplic Stagnosol, OGSt – Histic Stagnosol, Gt – Histic Gleysol, Gm – Histic Gleysol, Gts – Histic Gleysol, Gms – Histic Gleysol, Gw – Haplic Gleysol, Gp – Mollic Gleysol, Gmł – Histic Gleysol, CZwy – Dystric Gleysol, MRw – Mollic Gleysol, MRm – Gleysol Abruptic, MRms – Histosol, MDbr – Cambic Fluvisol, MDw – Gleyic Fluvisol, MDp – Mollic Fluvisol, MŁw – Histosol, MŁt – Fibric Histosol, Mt – Hemic Histosol Drainic, Tw – Fibric Histosol Orthodystric, Tp – Histosol Orthodystric, Tn – Hemic Histosol Eutric

względem troficzności gleby. Gatunek ten podobnie jak jarząb pospolity może rozwijać się na dystroficznych glebach bielicowych czy bielicach, jednak optymalne warunki rozwoju znajduje na glebach dość silnie i silnie uwilgotnionych. Tworzy bardzo bujny podszyt na glebach glejobielicowych, gruntowoglejowych, opadowoglejowych, stagnoglejowych, torfowo-murszowych, murszowatych i murszastych. Jest gatunkiem mało wrażliwym na zakwaszenie gleby, w związku z czym może dobrze rozwijać się na najuboższych podtypach tych gleb z kwaśną próchnicą torfową czy murszastą. Podłożem takich gleb są różnego rodzaju piaski (zwłaszcza piaski rzeczne, wodnolodowcowe, płytkie piaski eoliczne) oraz torfy i murszejące torfy (zwłaszcza wysokie i przejściowe). Całkowita zasobność takich oligotroficznych gleb we frakcje spławialne w przypadku obecności osadów organicznych jest bardzo niewielka, w sytuacji, gdy gleby te powstają na podłożu mineralnym wynosi ok. 30–200 kg·1,5 m⁻³. Odpowiednio zasób kationów w takich glebach zamyka się w przedziale od 2,0 mol·1,5 m⁻³ w glebach glejobielicowych do 120 mol·1,5 m⁻³ w glebach torfowych (torfowiska przejściowego). Oczywiście, jeżeli uwzględni się wszystkie gleby na jakich gatunek ten się pojawia, to zakres wspomnianych parametrów jest odpowiednio szerszy, mediana wyraża jednak przywiązanie omawianego gatunku do gleb uboższych i kwaśniejszych (tab. 1). Gleby, na których wzrasta kruszyna, odznaczają się jednym z najmniej korzystnych wskaźników rozkładu próchnicy glebowej. Parametr N²/C będący ilorazem całkowitej zawartości azotu do proporcji C/N w pierwszym poziomie próchniczno-mineralnym oscyluje najczęściej wokół wartości 0,006. W badanym zbiorze gleb tylko gleby zasiedlone przez jałowiec odznaczały się mniej korzystną wartością wspomnianego parametru. Gleby, na których stwierdzono kruszynę, cechowały się ponadto najmniej korzystnym ilorazem kwasowości tzw. przeliczonej – czyli całkowitej kwasowości gleby odniesionej do zapasu frakcji spławialnych w tej samej objętości gleby. Wartość mediany tego wskaźnika dla kruszyny jako jedynego krzewu przekracza wartość 1,00 (tab. 1), co oznacza, że średnio w glebach, na których rozwija się kruszyna, na 1 kg frakcji <0,02 mm przypada ponad 1 mol jonów kwaśnych.

Kruszyna rozwija się w bardzo różnorodnych zespołach leśnych. Bardzo dużym przywiązaniem odznacza się w stosunku do wilgotnych podzespołów kontynentalnego boru mieszanego (*Quercus robur*-*Pinetum molinietosum*), wilgotnego boru sosnowego (*Molinio-Pinetum*), sosnowego boru bagiennego (*Vaccinio uliginosi-Pinetum*), brzeziny bagiennego (*Vaccinio uliginosi-Betuletum*) czy świerczyny na torfie (*Sphagno girgensohnii-Piceetum*). Jest również często spotykanym krzewem w olsach (*Sphagno squarrosi-Alnetum*, *Ribeso*

nigri-Alnetum). W acydofilnych lasach liściastych częściej gatunek ten występuje w wilgotniejszych podzespółach, np. środkowoeuropejskiego acydofilnego lasu dębowego (*Molinio-Quercetum petraeae*), wilgotnym podzespole lasu bukowo-dębowego (*Fago-Quercetum molinietosum*) czy łądzkiej subkontynentalnym z *Carex brizoides* (*Tilio-Carpinetum caricetosum brizoides*).

Leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.) Leszczyna pospolita to kolejny z gatunków krzewów często spotykanych w naszych lasach. W porównaniu do jarzębiny czy kruszyny ma ona nieco wyższe wymagania troficzne względem gleby. Unika ona w zasadzie gleb z nasilonym procesem bielicowania. Korzystne warunki stwarzają dla leszczyny przede wszystkim gleby mezo i eutroficzne, świeże do silnie wilgotnych. Są to gleby rdzawe właściwe, rdzawe brunatne, wszystkie podtypy gleb brunatnych i płowych, gleby opadowoglejowe (zwłaszcza właściwe i amfiglejowe), mezo i eutroficzne gleby gruntowoglejowe (właściwe, próchniczne, murszaste), a także czarne ziemie, pararendziny i gleby murszowate. W przypadku siedlisk silnie wilgotnych leszczyna może rozwijać się na glebach mułowych, a także glebach torfowych torfowisk przejściowych i niskich. W odróżnieniu od wcześniej omówionych krzewów leszczyna preferuje podłoże zasobne w drobne frakcje i kationy zasadowe. W przypadku gleb świeżych leszczyna znajduje optymalne warunki rozwoju, gdy zasobność we frakcje spławialne przekracza 100 kg·1,5 m⁻³ (w glebach wytworzonych z ilów zapas tych frakcji sięga do 1500 kg·1,5 m⁻³), w glebach pozostających pod silnym wpływem wody gruntowej, zwłaszcza glebach torfowych lub glebach murszowatych, zapas tych frakcji może być mniejszy od 100 kg·1,5 m⁻³. Wartość mediany zapasu frakcji <0,02 mm w glebach zajmowanych przez leszczynę świadczy o jej przywiązaniu do gleb bogatszych w drobne frakcje (tab. 1). Zasobność w kationy wymienne gleb zajmowanych przez leszczynę jest silnie zróżnicowana, dotyczy to zwłaszcza gleb rdzawych, gdzie zasobność w kationy zasadowe zamyka się w szerokich granicach od 3,0 do 200,0 mol·1,5 m⁻³, w glebach brunatnych, płowych czy pararendzinach, gdzie leszczyna znajduje szczególnie korzystne warunki do wzrostu, zasób kationów jest wyższy i wynosi 300–1500 mol·1,5 m⁻³. Gleby semi- i hydrogeniczne, na których wzrasta leszczyna, a w których woda zwiększa dostępność kationów, zawierają 20–650 mol·1,5 m⁻³ kationów zasadowych. Oceniając gleby przy użyciu parametru kwasowości przeliczonej, stwierdzono, że przeciętnie gleby zasiedlone przez leszczynę są ok. czterokrotnie słabiej zakwaszone w przeliczeniu na jednostkę masy frakcji spławialnych niż gleby zajmowane przez kruszynę i jarząb pospolity. Poziom akumulacji próchnicy gleb korzystnych dla wzrostu leszczyny charakte-

ryzuje korzystny stopień rozkładu i duża zasobność w azot, czego wyrazem jest iloraz N:C/N (tab. 1).

Analizując przywiązanie omawianego gatunku do typów siedliskowych lasu czy zespołów leśnych, należy podkreślić związek leszczyny z zespołami łądów. Około połowy powierzchni, na których stwierdzono obecność leszczyny pospolitej, stanowiły różne podzespoły łądów związane z regionalizacją czy poziomem troficzności (*Tilio-Tilio-Carpinetum calamagrostetosum*, *Carpinetum typicum*, *Tilio-Carpinetum corydaletosum*, *Galio-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum stachyetosum*, *Stellario-Carpinetum*, *Acer platanoides-Tilia cordata*). Pod względem typu siedliskowego są to lasy mieszane świeże, lasy mieszane wilgotne, lasy świeże oraz lasy wilgotne. Na eutroficznych glebach hydrogenicznych leszczyna towarzyszy zespołom olsu porzeczkowego (*Ribeso nigri-Alnetum*), łągu jesionowo-olszowego (*Fraxino-Alnetum*), łągu wiązowo-jesionowego (*Ficario-Ulmetum minoris*) odpowiadającym siedliskom olsu, olsu jesionowego oraz lasu łągowego. Pojedyncze występowanie leszczyny stwierdzono ponadto w bogatszych postaciach kontynentalnego boru mieszanego (*Quercu roboris-Pinetum*) oraz subborealnym borze mieszanym (*Serratulo-Pinetum*) czy w świetlistej dąbrowie (*Potentillo albae-Quercetum*) (siedliskowo powierzchniennie te utożsamiano z lasem mieszanym świeżym).

Jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.) Jałowiec uznaje się powszechnie za gatunek przywiązany do gleb piaszczystych. Zestawienie powierzchni badawczych, na których wystąpił w podszyciu jałowiec, potwierdza ten pogląd. Jałowiec można uznać za gatunek o najmniejszych wymaganiach spośród naszych rodzimych krzewów w stosunku do trofizmu i uwilgotnienia gleby. Może on porastać suche arenosole lub gleby bielicowe właściwe oraz rdzawe bielicowe wykształcone z piasków wydmowych. Są to gleby bardzo jałowe, cechujące się ubóstwem zarówno frakcji spławialnych ($17\text{--}65\text{ kg}\cdot 1,5\text{ m}^{-3}$), jak i kationów zasadowych ($1,6\text{--}11,0\text{ mol}\cdot 1,5\text{ m}^{-3}$), silnie zakwaszone o słabym stopniu rozkładu próchnicy glebowej, przyjmującej na powierzchni postać butwiny. Gleby takie cechują najniższe wartości siedliskowego indeksu glebowego (SIG 4–12), charakterystyczne dla dystroficznych siedlisk borów suchych i świeżych. Oczywiście poza takimi ubogimi glebami jałowiec może rozwijać się na bogatszych w składniki pokarmowe piaszczystych, świeżych glebach oligo-, a nawet mezotroficznych. W analizowanym zbiorze powierzchni stwierdzono jego występowanie na różnych podtypach gleb rdzawych (rdzawych bielicowych, rdzawych właściwych oraz rdzawych brunatnych) wytworzonych z piasków wodnolodowcowych oraz zwałowych, tworzących siedliska boru mieszanego świeżego,

a nawet lasu mieszanego świeżego. Parametry charakteryzujące takie gleby w ocenie z wykorzystaniem wskaźnika SIG są nieco korzystniejsze, co pokazuje tabela 1. Wydaje się, że występowanie jałowca na siedliskach bogatszych ogranicza konkurencja innych, bardziej ekspansywnych gatunków oraz brak światła. Zespoły leśne, w których spotyka się jałowiec to przede wszystkim bory chrobotkowe (*Cladonio-Pinetum*) oraz bory sosnowe świeże (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*). Nieco bogatsze gleby piaszczyste, gdzie może rozwijać się ten gatunek należy łączyć z borami mieszanymi (*Quercu roboris-Pinetum*, *Serratulo-Pinetum*) a także najuboższymi postaciami łądów – tzw. łądami wysokimi (*Tilio-Carpinetum calamagrostetosum*) czy świetlistą dąbrową (*Potentillo albae-Quercetum*).

Czeremcha pospolita (*Padus avium* Mill.) Jest krzewem mezo-eutroficznych gleb wilgotnych oraz bagiennych. Analizowany materiał wskazuje, że czeremcha pospolita preferuje gleby z wodą ruchomą, przepływową, unika siedlisk z wodą zastojową. Dobrze rozwija się na różnych podtypach mady rzecznych (właściwych, brunatnych, próchnicznych). W dolinach wolno płynących strumieni i rzek porasta gleby gruntowoglejowe torfowe, murszowe i murszaste, właściwe gleby murszowate oraz czarne ziemie murszaste (tab. 2). Znosi stały wysoki poziom wody, jeżeli jest to woda ruchoma, zasobna w składniki pokarmowe. W takich warunkach tworzą się głębokie torfy przejściowe oraz niskie, a w przypadku ich przesuszenia gleby torfowo-murszowe. Czeremchę pospolitą rzadko spotyka się na glebach mniej uwilgotnionych – glebach brunatnych, rdzawych czy pararendzinach. Bez wyjątku są to tereny przyległe do zalewanych dolin czy obszarów z wymienionymi wyżej glebami (strefy kontaktu siedlisk świeżych z obszarami pozostającymi pod wpływem wody ruchomej) lub tereny aktualnie odwodnione, które wcześniej pozostawały pod wpływem takiej wody. Jakość gleb zasiedlonych przez czeremchę pospolitą charakteryzuje wartość indeksu SIG (24–38, mediana 32). Zasobność w części spławialne gleb, na których rośnie czeremcha, jest bardzo zróżnicowana i zależy od ilości zakumulowanej materii organicznej. Głębokie gleby torfowe nie zawierają frakcji spławialnych, ciężkie drobnoziarniste mady lub gleby brunatne oglejone zawierają ponad $600\text{ kg}\cdot 1,5\text{ m}^{-3}$ części spławialnych. Zasobność gleb zasiedlanych przez czeremchę pospolitą w kationy zasadowe jest wysoka (średnio ponad $120\text{ mol}\cdot 1,5\text{ m}^{-3}$), jednak obecność wody ruchomej sprawia, że rzeczywista zasobność i dostępność kationów zasadowych w badanych glebach jest jeszcze wyższa, aniżeli wynik oznaczenia próbki samych tylko części ziemistych. Wysoki poziom troficzności gleb zasiedlanych przez omawiany krzew bardzo dobrze wyraża zasobność azotu

odniesiona do ilorazu C:N (N^2/C). Przeciętna wartość tego wskaźnika w poziomach mineralnych gleb preferowanych przez czeremchę przekracza 0,02. Obecność zasobnej w zasadowe kationy wody oznacza niski stopień zakwaszenia badanych gleb, co ukazuje wartość kwasowości (Y_p) – mediana wynosi 0,225 (tab. 1).

Przywiązanie czeremchy do opisanych, żyznych gleb ogranicza wachlarz zespołów leśnych, w których krzew ten występuje. Na podłożu gleb aluwialnych są to różne zespoły łągów (*Salici-Populetum*, *Ficario-Ulmetum minoris*, *Fraxino-Alnetum*), na glebach torfowych czy torfowo-murszowych czeremcha pospolita występuje w łągu jesionowo-olszowym (*Fraxino-Alnetum*), rzadziej w olsie porzeczkowym (*Ribeso nigri-Alnetum*). Na glebach mineralnych – brunatnych oglejonych, wchodzi w skład dolnego piętra wilgotnych podzespołów grądów (*Tilio-Carpinetum corydaletosum*, *Tilio-Carpinetum abietetosum*), lub wilgotnego podzespołu buczyny szczyrowej (*Mercuriali-Fagetum*).

Trzmielina zwyczajna (*Euonymus europaea* L.)

Analizowany materiał świadczy o tym, że trzmielina zwyczajna wymaga do życia gleb mezo-eutroficznych. Pojedyncze przypadki jej występowania w podszycie stwierdzono już na bogatszych glebach rdzawych siedlisk lasów mieszanych świeżych oraz lasów świeżych. Większą liczebność i bujniejszy rozwój świadczących o optymalnych warunkach dla swojego rozwoju, krzew ten znajduje na glebach eutroficznych: brunatnych (zwłaszcza wylugowanych i właściwych), płowych, pararendzinach, nie stroni również od wilgotnych, żyznych gleb aluwialnych, gruntowoglejowych, opadowoglejowych a także czarnych ziem (tab. 2). W badaniach nie stwierdzono występowania tego krzewu na silnie zakwaszonych glebach z procesem bielcowania oraz glebach organicznych ze stagnującą wodą wywołującą zabagnienie (glebach torfowych, murszowych, torfowo-murszowych). Pod względem uziarnienia dominują wśród gleb zasiedlanych przez trzmielinę gleby ciężkie, bogate w części spławialne (w ilości od ok. 200 do ponad 1500 $kg \cdot 1,5 m^{-3}$), a także kationy zasadowe (70 do ok. 1000 $mol \cdot 1,5 m^{-3}$). Wyjątek stanowią nieliczne piaszczyste gleby rdzawe oraz gruntowo- czy opadowoglejowe, w których zawartość cząstek spławialnych może wynosić poniżej 100 $kg \cdot 1,5 m^{-3}$, a kationów zasadowych poniżej 40 $mol \cdot 1,5 m^{-3}$. Ze względu na to, że gleby zasiedlone przez trzmielinę charakteryzują się próchnicą typu mull lub moder-mull, poziomy akumulacji próchnicy odznaczają się zaawansowanym stopniem rozkładu materii organicznej, czego wyrazem są wartości parametru N^2/C (0,0044–0,0362, mediana 0,0151) (tab. 1). Niska kwasowość oraz duży zapas frakcji spławialnych w glebach pod trzmieliną sprawiają, że parametr Y_p przyjmuje ko-

rzystne, niskie wartości (średnio 0,128 mol jonów wodorowych na 1 kg części spławialnych), jeden z najkorzystniejszych w glebach zasiedlanych przez badane gatunki krzewów.

Wymagania glebowe trzmieliny sprawiają, że jest gatunkiem świeżych i wilgotnych mezo-eutroficznych siedlisk. Zespoły leśne, w których krzew ten występuje to przede wszystkim różne podzespoły i odmiany grądów (grądy subatlantyckie – *Stellario-Carpinetum typicum*, grądy środkowoeuropejskie – *Galio-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum stachyetosum*, grądy subkontynentalne – *Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*, *Tilio-Carpinetum typicum*, *Tilio-Carpinetum corydaletosum*, grądy zboczowe – *Acer platanoides-Tilia cordata*), zespoły łągów (*Salici-Populetum*, *Ficario-Ulmetum minoris*, *Fraxino-Alnetum*) jak również żyzne lasy bukowe (*Mercuriali-Fagetum*).

Bez czarny (*Sambucus nigra* L.) Bez czarny jest jednym z krzewów o najwyższych wymaganiach względem gleby. W przeprowadzonych badaniach stwierdzano go niemal wyłącznie na glebach eutroficznych. Takimi cechami odznaczają się najzasobniejsze podtypy gleb brunatnych (brunatne wylugowane, brunatne właściwe, szarobrunatne), płowych, gleby opadowoglejowe właściwe, gruntowoglejowe właściwe, pararendziny, czarne ziemie, gleby deluwialne oraz mady rzeczne (tab. 2). Jeżeli krzew ten występuje na glebach mezotroficznych są to bez wyjątku obszary sąsiadujące z eutroficznymi siedliskami łągowymi (krawędzie wysoczyzn morenowych sąsiadujące z dolinami rzek) lub tereny dolin rzecznych przekształcone w wyniku odwadniania. Pod względem uwilgotnienia są to gleby silnie świeże oraz wilgotne. Jeżeli bez czarny występuje na glebach z zabagnieniem, wymaga obecności ruchomej i dotlenionej wody. Takie warunki spełniają gleby mułowo-gytiowe oraz torfy niskie zakumulowane w dolinach niewielkich strumieni oraz rzek. Wysoki trofizm gleb zasiedlanych przez bez czarny wynika z dużej zasobności tych gleb w części spławialne, zasadowe kationy wymienne, substancje próchniczne, niejednokrotnie w węglan wapnia. W tabeli 1 przedstawiono wybrane parametry gleb preferowanych przez bez czarny. Oczywiście różnice w zasobności analizowanych gleb należy tłumaczyć ich genezą. Poza obszarami dolin rzecznych, gdzie o żyzności decyduje obecność wody stale zasilającej w składniki odżywcze i gdzie mogą akumulować się uboższe we frakcje spławialne mady rzeczne, gleby mułowo-gytiowe i torfowe, bez czarny jest przywiązany do gleb ciężkich, zasobnych we frakcje spławialne (zawierających 300 $kg \cdot 1,5 m^{-3}$ frakcji 0,02 mm). Wspólną cechą gleb zajmowanych przez bez czarny jest ich bogactwo w dobrze rozłożoną próchnicę oraz niski stopień zakwaszenia (spośród analizowanych w pracy krzewów bez

czarny porasta gleby o najkorzystniejszym (najniższym) wskaźniku zakwaszenia wyrażonym ilorazem całkowitej kwasowości i zawartości frakcji sypialnych w pedonie gleby 1,5 m³. Średnia wartość Y_p w glebach zasiedlonych przez bez czarny spada poniżej wartości 0,1 mol kwasowości na 1 kg frakcji <0,02 mm.

Bez czarny, z racji preferowania żyznych, eutroficzných gleb i siedlisk, może tworzyć podszyt w typowych i wilgotnych podzespołach grądów (*Stellario-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum stachyetosum*, *Tilio-Carpinetum typicum*, *Tilio-Carpinetum abietosum*, *Tilio-Carpinetum corydaletosum*, *Acer platanoides-Tilia cordata*), łągach (*Ficario-Ulmetum minoris*, *Fraxino-Alnetum*) olsie porzeczkowym (*Ribesio nigri-Alnetum*) oraz w wilgotnym lesie bukowym (*Mercuriali-Fagetum*).

Opracowanie charakterystyk warunków glebowych występowania badanych gatunków krzewów umożliwiło wyznaczenie zakresu warunków siedliskowych, w jakich analizowane krzewy znajdują korzystne (optymalne) warunki do rozwoju i które powinny być brane pod uwagę przy doborze gatunków mogących pełnić funkcję podszytu (tab. 3). Jednocześnie wiedza ta może być wykorzystana przy ocenie potencjału wytwórczego siedlisk leśnych, zwłaszcza, gdy zachodzi podejrzenie, że skład gatunkowy górnego piętra drzewostanu nie jest dostosowany do warunków siedliskowych i nie wyraża w pełni jego „wydajności leśno-produkcyjnej”. Rozwój krzewów wymagających mezo- lub eutroficzných gleb i siedlisk pod drzewostanem sosnowym jest niezaprzeczalnym świadectwem przeszłej gospodarki, jednak nie powinien być traktowany jako przejaw „eutrofizacji

siedlisk”, ale jako naturalny proces odtworzenia naturalnego zróżnicowania i bogactwa fitocenozy. Badane gatunki krzewów charakteryzują się zróżnicowanymi wymaganiami glebowymi, które można określać przy pomocy optimum warunkującego bujny wzrost, preferencjami względem wybranych czynników oraz brakiem tolerancji odnośnie do innych czynników glebowo-siedliskowych.

4. Dyskusja

Uzyskane wyniki w dużym stopniu potwierdzają istniejący w literaturze pogląd na temat wymagań poszczególnych krzewów. Tolerowanie przez jałowiec ubogich w związki pokarmowe, suchych gleb piaszczystych i przywiązanie do suchych i świeżych siedlisk borów sosnowych jest znane od dawna (Tomanek 1951; Seneta, Dolatowski 1997; Bolliger et al. 1998). Prezentowane wyniki potwierdzają możliwość wzrostu jałowca zarówno na najuboższych i najsuchszych glebach leśnych – glebach początkowego stadium rozwoju (piaszczystych, suchych arenosolach), jak również glebach bardzo silnie zbielicowanych (bielicach i glebach bielicowych właściwych) wykształconych z głębokich piasków eolicznych. Możliwość rozwoju jałowca na takich dystroficznych glebach nie przekreśla jednak możliwości jego wykorzystania jako gatunku podszytowego na glebach i siedliskach oligo-mezotroficznych. Wydaje się, że na wszystkich glebach wykształconych z piasków o różnej genezie (włączając także piaski lodowcowe)

Tabela 3. Warunki siedliskowe, w jakich badane krzewy znajdują optymalne warunki rozwoju

Table 3. Site conditions under which shrubs find optimal conditions for growth

Trofizm Trophism	Bory Coniferous forest sites	Bory mieszane Mixed coniferous forest sites	Lasy mieszane Mixed broadleaf forest sites	Lasy Broadleaf forest sites	Lasy łągowe Riparian forest sites
Wilgotność Moisture					
Siedliska świeże Fresh sites	<i>Juniperus communis</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Corylus avellana</i>		
Siedliska wilgotne Wet sites				<i>Euonymus europaea</i>	
				<i>Padus avium</i>	
	<i>Frangula alnus</i>			<i>Sambucus nigra</i>	
Siedliska bagienne Boggy sites					
SIG	4–13	14–23	24–33	33–40	33–40

jałowiec pod rozluźnionym drzewostanem tworzoną przez sosnę i dąb może tworzyć podszyt.

O niewielkich wymaganiach jarzębu pospolitego informują również opracowania dendrologiczne (Godet 1997; Seneta, Dolatowski 1997). Gatunek ten jest uznawany za jeden z najmniej wymagających gatunków, bardzo tolerancyjny w stosunku do siedliska. Analizowany materiał potwierdza w zasadzie taki pogląd, łatwiej bowiem wskazać typy gleb, na których jarzębina w podszytu nie występowała. Nie do końca można zgodzić się jednak z poglądem Godeta (1997), według którego jarząb pospolity nie znosi siedlisk z trwałym i nadmiernym uwilgotnieniem. Jaworski (2011), omawiając wymagania ekologiczne tego gatunku, również twierdzi, że jarząb nie występuje w ogóle na glebach bagnistych, aluwialnych oraz torfach. Prezentowane badania przeczą tym poglądom i wskazują na możliwość wzrastania jarzębiny na glebach torfowych, zwłaszcza w zespole borealnej świerczyny (*Sphagno girgensohnii-Piceetum*) w północno-wschodniej Polsce oraz na glebach zabagnianych w łągu jesionowo-olchowym (*Fraxino-Alnetum*). O możliwości występowania jarzębiny na siedlisku boru mieszanego bagiennego wspomina w swym opracowaniu Puchniarski (2004), co jest zbieżne z wynikami niniejszej pracy.

Krzewem, który bezsprzecznie związany jest z glebami dystroficznymi i oligotroficznymi, jest kruszyna pospolita. Przeprowadzone badania wskazują, że gatunek ten preferuje gleby wilgotniejsze – glejobielicowe oraz silnie zakwaszone gleby murszaste i torfowe. Z analizowanych krzewów jest gatunkiem znoszącym największe zakwaszenie gleby. Przywiązanie tego gatunku do gleb wilgotnych podkreślają Bollinger i inni (1998), trudno jednak zgodzić się z poglądem tych autorów, że powinny to być gleby gliniaste lub gliniasto-piaszczyste. Prezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki świadczą o tym, że kruszyna nie wymaga gleb zasobnych we frakcje spławialne, wręcz przeciwnie bujny wzrost może osiągać na glebach o uziarnieniu piasków luźnych i słabogliniastych, gdzie całkowita zasobność frakcji <0,02 mm wynosi zaledwie 30–100 kg 1,5 m³ związanych z siedliskami dystroficznymi i oligotroficznymi. Przywiązanie kruszyny do takich wilgotnych, a nawet bagiennych siedlisk borów wilgotnych, borów mieszanych wilgotnych, borów mieszanych bagiennych czy lasów mieszanych wilgotnych podkreślił w swojej pracy także Puchniarski (2004).

W literaturze znaleziono nieco sprzeczne informacje na temat wymagań glebowo-siedliskowych kolejnego gatunku – leszczyny pospolitej. Według Bellingera i in. (1998) jest to gatunek preferujący podłoża wapienne, ale spotykany także na glebach obojętnych i próchnicznych. Jaworski (2011) podaje nieco większe zróżnicowanie warunków glebowych, w których rozwija się omawiany

gatunek. Autor podkreśla, że leszczynie najlepiej odpowiadają gleby mineralno-próchniczne, zasobne w węglan wapnia, ale gatunek ten rośnie też na glebach kwaśnych i obojętnych. W świetle prezentowanych wyników wydaje się niewłaściwe utożsamianie leszczyny z bardzo szerokim zakresem troficzności siedlisk leśnych – od borów mieszanych do lasów (Siedliskowe zasady hodowli lasu 2004; Puchniarski 2004; Matuszkiewicz et al. 2012). Wynika to zapewne z mylnego skojarzenia zbiorowiska kontynentalnego boru mieszanego w odmianie z leszczyną (*Quercus robur-Pinetum coryletosum*) z siedliskami oligotroficznymi – wyróżnianymi w typologii siedlisk leśnych. Wyniki badań siedliskoznawców leśnych (Sikorska, Lasota 2007) świadczą o tym, że *Quercus robur-Pinetum coryletosum* należy utożsamiać z siedliskami mezo- a nawet eutroficznymi, a fitocenozę traktować jako zbiorowisko zastępcze, które uformowało się w wyniku protegowania sosny na siedlisku żyznych łąków. Bardzo trafnie i zwięźle określili wymagania siedliskowe leszczyny Seneta i Dolatowski (1997), stwierdzając, że gatunek ten ma takie same wymagania siedliskowe jak grab, natomiast unika gleb jałowych, suchych i podmokłych. Analiza prezentowanego w pracy materiału potwierdza przywiązanie leszczyny do zespołów łąków zasiedlających mezo- i eutroficzne gleby i siedliska lasów mieszanych oraz lasów tak świeżych, jak i wilgotnych.

Pozostałe z analizowanych krzewów – trzmielina zwyczajna, czeremcha pospolita oraz bez czarny, jak wskazują wyniki badań, są bardzo wymagające w stosunku do zajmowanych gleb i siedlisk. Wymienione gatunki charakterystyczne dla siedlisk eutroficznych różnią się pewnymi specyficznymi wymaganiami w odniesieniu do uwilgotnienia gleby, rodzaju i okresu oddziaływania wody, jak również warunków ukształtowania terenu. Według Bollingera i in. (1998) trzmielina zwyczajna lubi żyzne, dobrze nawodnione i zawierające wapń, głębokie gleby gliniaste lasów liściastych oraz łąkowych. Jaworski (2011) określa korzystne dla wzrostu trzmieliny zwyczajnej gleby mianem próchnicznych, świeżych, zasobnych w wapń. Przeprowadzone badania nie potwierdziły przywiązania tego gatunku do gleb zasobnych w węglan wapnia. Występowanie trzmieliny zwyczajnej w podszytu zanotowano już na bogatszych glebach rdzawych siedlisk lasów mieszanych świeżych oraz lasów świeżych. Ustalono, że gatunek ten optymalne warunki dla swojego rozwoju znajduje na glebach brunatnych (zwłaszcza wylugowanych i właściwych), płowych, pararendzinach, nie stroni również od wilgotnych, eutroficznych gleb aluwialnych, gruntowoglejowych, opadowoglejowych a także czarnych ziem. Wykazano natomiast, że nie spotyka się tego krzewu na silnie zakwaszonych glebach z procesem bielnicowania oraz zabagnionych glebach organicznych (glebach tor-

fowych, murszowych, torfowo-murszowych). Pod względem uziarnienia dominują wśród gleb zasiedlanych przez trzmielinę gleby drobnoziarniste, zasobne we frakcję $<0,02\text{mm}$, a także kationy zasadowe.

W literaturze jest niewiele informacji na temat wymagań czeremchy zwyczajnej. Amann (1954) określa czeremchę jako gatunek wymagający ciężkich, próchnicznych gleb świeżych do wilgotnych. Seneta i Dolatowski (1997), Gil (2010), jak również Matuszkiewicz i in. (2012) łączą ten gatunek z wilgotnymi lasami i zaroślami na terenach łągowych oraz z wilgotnymi grądami i olsami. O preferowanych przez ten gatunek glebach Jaworski (2011) pisze, że są to wilgotne, żyzne gleby gliniaste o odczynie obojętnym i zasadowym. Prezentowane badania wskazują, że czeremcha pospolita szczególnie chętnie zasiedla gleby z wodą ruchomą, przepływową. Dobry rozwój tego krzewu stwierdzono na różnych podtypach mad rzecznych, a w dolinach wolno płynących strumieni i rzek porasta on gleby gruntowoglejowe torfowe, murszowe i murszaste, gleby murszowate właściwe oraz czarne ziemie murszaste. Znosi on stały wysoki poziom wody, pod warunkiem że jest to woda ruchoma, zasobna w składniki pokarmowe. Bez czarny posiada bardzo zbliżone do czeremchy pospolitej wymagania glebowe, przy czym w literaturze uznawany jest za gatunek wapnio- oraz azotolubny (Seneta, Dolatowski 1997; Gil 2010). Jaworski (2011) twierdzi, że bez czarny nie jest gatunkiem wymagającym, jakkolwiek najbujniej rozwija się na żyznych glebach próchnicznych, znosząc niewielkie zasolenie oraz często występuje na glebach zasobnych w wapń. Prezentowane wyniki wskazują na przywiązanie bzu czarnego do gleb eutroficznych. Taki charakter posiadają najzasobniejsze podtypy gleb brunatnych (brunatne wyługowane, brunatne właściwe, szarobrunatne), płowych, gleby opadowoglejowe właściwe, gruntowoglejowe właściwe, pararendziny, czarne ziemie, gleby deluwialne oraz mady rzeczne.

Dobra znajomość wymagań glebowych krzewów pozwala na wykorzystanie ich w diagnozowaniu siedlisk leśnych. Wydaje się, że krzewy nie są odpowiednio doceniane w pracach siedliskowych, w których rozpoznaje się i kartuje obszary zróżnicowane pod względem zdolności leśno-produkcyjnych. Instrukcja wyróżniania i kartowania siedlisk (2012) jako cechy florystyczne służące rozpoznawaniu siedlisk wymienia roślinność runa oraz cechy drzewostanu, z których za najistotniejsze uważa się skład gatunkowy warstwy drzewiastej i bonitacje wzrostowe głównych gatunków lasotwórczych. Siedliskowe zasady hodowli lasu (2004) wymieniają wprawdzie gatunki krzewów w poszczególnych typach siedliskowych lasu, ale informacje te bardziej wyrażają amplitudę ekologiczną gatunków krzewiastych, natomiast nie określają optymalnych warunków,

w jakich gatunki te rozwijają się odpowiednio bujnie, tworząc warstwę podszytu.

5. Podsumowanie

W wyniku uporządkowania badanych gatunków krzewów zgodnie z troficznością zajmowanych przez nie gleb i siedlisk otrzymano następujący szereg: jałowiec pospolity, kruszyna pospolita – gleby i siedliska dystroficzne do oligotroficznych, jarzab pospolity – siedliska oligotroficzne do mezotroficznych, leszczyna pospolita, trzmielina zwyczajna – siedliska mezotroficzne do eutroficznych, czeremcha pospolita, bez czarny – siedliska eutroficzne.

Wymagania poszczególnych gatunków krzewów względem uwilgotnienia gleby i rodzaju wody wyraża szereg: jałowiec pospolity – gleby suche do świeżych, jarzab pospolity, leszczyna pospolita, trzmielina zwyczajna – gleby świeże do umiarkowanie wilgotnych, czeremcha pospolita – gleby umiarkowanie do silnie wilgotnych z wodą podsiąkową, opadową lub okresowo zalewową, bagienne z wodą przepływową, bez czarny – gleby umiarkowanie do silnie wilgotnych z wodą ruchomą, przepływową lub okresowo zalewową, kruszyna pospolita – umiarkowanie wilgotne do bagiennych z wodą stagnującą, zakwaszoną.

Jałowiec pospolity jest najbardziej tolerancyjnym spośród uwzględnionych w pracy krzewów, dobrze rozwija się nawet na suchych glebach bielcowych, czy arenosolach powstałych z głębokich piasków wydmy. Duża tolerancja wynika z odporności na suszę, która idzie w parze ze stosunkowo dużymi wymaganiami świetlnymi.

Kruszyna pospolita preferuje gleby wilgotne i jednocześnie toleruje silne zakwaszenie, co sprawia, że odpowiednimi dla niej są gleby glejobielcowe, torfowo-murszowe oraz uboższe troficznie gleby opadowoglejowe, gruntowoglejowe i murszowate. Dobrze znosi zabagnienie gleby. Nie jest gatunkiem wymagającym dużej zasobności we frakcje spławialne, dobrze rozwija się na podłożu piaszczystym, ale musi ono być odpowiednio wilgotne.

Jarzab pospolity to bardzo plastyczny gatunek o bardzo szerokiej amplitudzie ekologicznej. Odporny na zakwaszenie gleby, najbardziej związany jest z siedliskami i zbiorowiskami borów mieszanych w drzewostanach sosnowych, dębowo-sosnowych, świerkowo-sosnowych i jodłowych. Dobry wzrost osiąga już na glebach bielcowych i rdzawych różnych podtypów.

Leszczyna pospolita jest krzewem przywiązanym do siedlisk grądów, korzystnie rozwijającym się na glebach zasobnych we frakcje spławialne, wykształconych z glin zwałowych, pyłów wodnego pochodzenia oraz utworów

niecałkowitych – piasków podścielonych utworami zwięzłymi (pyłami, glinami bądź łąkami). Są to przede wszystkim gleby brunatne oraz płowe, a także zasobniejsze gleby opadowoglejowe, gruntowoglejowe i parareżdziny. Nie rozwijają się na glebach silnie zakwaszonych z procesem bielnicowania.

Czeremcha pospolita szczególnie chętnie zasiedla gleby i siedliska łągów z wodą ruchomą. Gleby najkorzystniejsze dla wzrostu tego krzewu to mady rzeczne w dolinach dużych rzek, a w dolinach wolno płynących strumieni i niewielkich rzek – gleby gruntowoglejowe torfowe, murszowe i murszaste, gleby murszowate właściwe oraz czarne ziemie murszaste.

Bez czarny posiada bardzo zbliżone do czeremchy pospolitej wymagania glebowe, przy czym wykazuje dobry wzrost na wszystkich żyznych glebach posiadających dobrze przetworzoną, bogatą w azot próchnicę mulłową (żyzne gleby brunatne, płowe, gleby opadowoglejowe, gruntowoglejowe, parareżdziny, czarne ziemie, gleby deluwialne oraz mady rzeczne).

Podziękowania

Niniejsza praca powstała dzięki dofinansowaniu ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego – nr projektu PNRF-68-A1/1/07. Autorzy dziękują Polsko-Norweskiemu Funduszowi Badań Naukowych i Uniwersytetowi Rolniczemu w Krakowie za sfinansowanie badań oraz administracyjną obsługę projektu.

Literatura

- Amann G. 1954. Bäume und Sträucher des Waldes. Neumann Verlag.
- Bärtels A. 2011. Wszystko o drzewach i krzewach. Warszawa, Świat Książki, s. 288, ISBN 978-83-247-2291-4.
- Bolliger M., Erben M., Grau J., Heubl G. 1998. Krzewy. Leksykon przyrodniczy. Warszawa, GeoCenter.
- Brożek S., Zwydak M., Lasota J., Różański W. 2011. Założenia metodyczne badań związków między glebą a zespołami roślinnymi w lasach. *Rocznik Gleboznawczy*, 62(4): 16–38.
- Brożek S., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Błońska E. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w diagnozie typów siedlisk leśnych. *Rocznik Gleboznawczy*, 62(4): 133–149.
- Gil W. 2010. Krzewy w gospodarce leśnej. Warszawa, PWRiL, 207 s. ISBN 9788309990260.
- Godet J.D. 1997. Drzewa i krzewy. Warszawa, Multico Oficyna Wydawnicza.
- Instrukcja urządzania lasu. 2012. Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu oraz zbiorowisk roślinnych. Warszawa, CILP. ISBN 8388478419.
- Jaworski A. 2011. Hodowla lasu. t. 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. Warszawa, PWRiL. ISBN 8386310030.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski. 2000. Warszawa, CILP. ISBN 8388478206.
- Lasota J., Brożek S., Zwydak M. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w projektowaniu składu gatunkowego odnawianych lasów. *Rocznik Gleboznawczy*, 62(4): 150–162.
- Matuszkiewicz J.M. 2001. Zespoły leśne Polski. Warszawa, PWN, 357 s. ISBN 8301134011.
- Matuszkiewicz W., Sikorski P., Szwed W., Wierzbę M. 2012. Zbiorowiska roślinne Polski. Lasy i zarośla. Warszawa, PWN, 518 s. ISBN 9788301170646.
- Puchniarski T.H. 2004. Rośliny siedlisk leśnych w Polsce. Warszawa, PWRiL, 276 s. ISBN 83-09-01822-3.
- Seneta W., Dolatowski J. 1997. Dendrologia. Warszawa, PWN, 559 s. ISBN 8301124490.
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu. 2004. Załącznik do Zasad hodowli lasu. Bedoń, Wyd. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych. ISBN 8391332063.
- Sikorska E., Lasota J. 2007. Typologiczny system klasyfikacji siedlisk a fitosocjologiczna ocena siedlisk, w: Siedliska i gatunki wskaźnikowe w lasach (red. D. Anderwald) *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej (Rogów)*, 2/3(16): 44–51.
- Tomanek J. 1951. Nasze drzewa leśne. Biblioteczka leśna. Warszawa, PWRiL.

Wkład autorów

J.L., E.B. – koncepcja, założenia, interpretacja wyników, pisanie, koordynacja, przegląd literatury, prace terenowe. M.Z., T.W. – pobieranie próbek gleb.

The trophic requirements of selected underwood species occurring in forests

Jarosław Lasota, Ewa Błońska*, Tomasz Wanic, Maciej Zwydak

University of Agriculture in Kraków, Faculty of Forestry, Department of Forest Soil Science,
Al. 29 Listopada 46, 31–425 Kraków, Poland.

* Tel. +48 12 6625031, e-mail: eblonska@ar.krakow.pl

Abstract. The subject of this study were soil requirements of common woody shrubs, which may be part of the forest understory (*Sorbus aucuparia* L., *Frangula alnus* Mill., *Corylus avellana* L., *Juniperus communis* L., *Padus avium* Mill., *Euonymus europaea* L., *Sambucus nigra* L.). We focused on phytocenoses in the vicinity of natural forests in reserves and national parks of Polish lowlands and defined optimal types and subtypes of soil with trophic variations for each underwood species. The range of trophism for each species of shrub was determined using specific physico-chemical properties of the soils, while soil quality was assessed using the Trophic Soil Index (SIG) (Brożek et al. 2011a). The ecological requirements of the before-mentioned underwood species were linked with forest typology as well as natural vegetation and they showed different soil requirements. Here we report significant differences in particle size and dynamics of organic matter decomposition in soils associated with these underwood species.

Key words: forest shrubs, soil requirements, forest sites, plant communities

1. Introduction

Shrubs are an important component of forest ecosystems playing primarily biocenotic and phytomelioration functions. As part of the underwood, forest shrubs increase the natural pruning of trees, improve the conditions of the decomposition and enrichment of forest litter, and protect the soil against drying out and overgrowth (Gil 2010). The results of site studies show that shrub species undoubtedly add to the intensification and acceleration of nutrient cycling in the forest ecosystem. Their deep roots and nutrient uptake from deep soil horizons help diversify the quality of the organic matter brought to the soil surface and enhance the biological activity of the soil. At the same time, shrub species seem to be underestimated in the diagnosis of forest sites. In site identification, much more attention is given to the species composition of forest overstory, tree growth and forest floor vegetation (Instruction on Forest Management 2012). This may be the result of a poor knowledge

of site requirements of shrub species. In the manuals or lexicon on shrub species, the emphasis is placed primarily on their distinctive features, growth and development characteristics, while site requirements are given much less attention, and their description being often reduced to a few general data on the quality of soils and sites.

This study is intended to fill this gap. Specialist literature lacks a holistic and comprehensive approach to the issue of soil and site requirements of shrub species. There are three groups of studies that contain incomplete, fragmentary data on the issue in question. The first are dendrochronological studies and lexicon on tree and shrub species that comprise only references to the ecological and site (including soil) requirements of individual shrub species. Brief descriptions of these requirements, such as ‘soil moderately dry to fresh – all permeable, nutrient-rich, humus soil types, acidic to slightly alkaline’ (Bärtels 2011) only mention soil moisture characteristics, its trophism and pH range. The second group consists of instructions and manuals on silviculture, providing more information

about the preferences of certain shrub species to forest site types (site classification units). They contain data on the ecological amplitude of certain shrub species, but their soil requirements are discussed in very general terms or are even ignored (Ecological basis of silviculture 2004; Jaworski 2011). The third group of studies includes publications and phytosociological manuals that, in the framework of phytocoenosis characterisation, provide information on shrub species and their interactions with natural plant associations (Matuszkiewicz et al. 2012). The knowledge of site conditions, in which certain phytocoenoses develop, allows anticipating the trophic requirements of shrub species. This study describes the soil conditions in which the selected shrub species grow, forming the understory of forest stands. The species were selected on the basis of their frequency under the forest canopy making up the most important forest associations in the lowland and upland areas in Poland. It can be assumed that other shrub species are less numerous in the stands or in open spaces in this area, creating different, non-forest communities, e.g. scrub communities (class *Rhamno-Prunetea*).

The aim of the study is to depict trophic requirements of the selected species of shrubs, defining their site preferences and interactions with forest associations. The subject of the research was soil requirements of common shrub species that can form the forest understory. The study investigates soil requirements of rowan (*Sorbus aucuparia* L.), buckthorn (*Frangula alnus* Mill.), hazel (*Corylus avellana* L.), common juniper (*Juniperus communis* L.), bird cherry (*Padus avium* Mill.), European spindle (*Euonymus europaea* L.) and black elder (*Sambucus nigra* L.).

2. Materials and methods

The study was based on the results of the research conducted on 250 model site plots. The plots had been established in nature reserves and national parks in the Polish lowlands representing the most important forest associations and forest site types. Samples were collected during the implementation of the research project ‘The development of soil quality indices for natural forest sites of the Polish lowlands and uplands and their application in forest management’. The research material was collected in 2009–2010. A detailed description of the vegetation representing well-preserved phytocoenoses, under which all forest layers including the understory were characterised, as well as an inventory of the forest floor vegetation was made for each 0.25 ha study plot. Forest plant associations were determined according to the classification by Matuszkiewicz (2001). A

detailed methodology for identifying plant associations was presented by Brożek et al. (2011b). Basing on selected geological and soil elements, forest floor vegetation and species composition, each study plot was assigned to an appropriate sites unit – forestsite type. In the central part of the plot, a deep pit was dug from which soil samples were taken from each separated genetic horizon. Particle composition was determined in the soil samples using Bauyoucos-Casagrande’s aerometric method modified by Prószyński, soil pH by the potentiometric method in water and in 1 M KCl, hydrolytic acidity by Kappen’s method, total nitrogen and carbon contents using a LECO instrument, and alkaline cation content in 1 M ammonium acetate. The types and subtypes of soils were established according to the ‘Classification of Polish Forest Soils’ (2000). The description of soil conditions for individual shrub species was made on the basis of soil subtypes and selected soil parameters characterising soil quality (total content of clay fraction in the soil, the content of base cations, the degree of soil acidity or the degree of decomposition of humic substances). The content of the selected components was expressed in the volume recalculated to the actual volume of soil column with a cross-section of 1 m² and a depth of 150 cm. The described properties were also used to calculate the Trophic Soil Index (SIG), an indicator used in the assessment of soil quality (Instruction on Forest Management 2012; Brożek et al. 2011a; Lasota et al. 2011).

3. Results

This section describes soil and habitat site conditions in which the selected shrub species have developed as well as the relationships between these shrub species and forest communities.

European rowan (*Sorbus aucuparia* L.) is one of the shrubs occurring in our forests with the smallest trophic requirements. It can grow even on the dystrophic Podzols with a low content of nutrients and clay fraction substances (Table 1). Its optimal growth conditions are Haplic Podzols (Bw) and Gleyic Podzols (Bgw) of fresh mixed and moderately moist coniferous forest sites. The content of base cations in these soils is only 2.0–160.0 mols per 1.5 m³, and the content of clay fraction (<0.02 mm) is usually very low and ranges from 30 to 300 kg per 1.5 m³. Its preference for such soils is well expressed by the median of the analysed soil parameters given in Table 1.

Concerning the soil subtypes on which the examined shrub species develops, it is easier to identify in the an-

alysed group soils in which the examined shrub species does not grow. These are eutrophic soils containing calcium carbonate – Dystric Gleysols (CZwy) and Calcic Regosols (PRw), and also the most fertile of the hydrogenic soils – Histic Gleysols (Gmł), Mollic Gleysols (Gp), Fluvisols and soil developed from gytjtja (Table 2). The absence of rowan on these soils should be attributed to the competition of other shrub and tree species growing robustly under such conditions rather than to environmental requirements. Analysing the preferences of rowan for specific plant associations, its permanent presence in the mixed forests should deserve attention (*Quercus roboris-Pinetum typicum*, *Quercus roboris-Pinetum molinietosum*, *Quercus-Piceetum*, *Abietetum polonicum*). It is a species strongly favouring the boreal spruce forests on peat soils (*Sphagno girgensohnii-Piceetum*). Furthermore, rowan can be found in the understory of acidophilus deciduous forests (*Luzulo pilosae-Fagetum*,

Calamagrostio arundinaceae-Quercetum); it rarely occurs in the continental fresh coniferous forests (*Peucedano-Pinetum*), sub-continental oak forests (*Potentillo albae-Quercetum*), lowland beech forests (*Galio odorati-Fagetum*) and on wet sites in ash-alder forests (*Fraxino-Alnetum*). Surprisingly, this species does not occur in hornbeam forest communities (the collected data set indicates a sporadic occurrence of this species in *Tilio-Carpinetum abietetosum* forests).

Alder buckthorn (*Frangula alnus* Mill.) can be classified as a very tolerant shrub species in terms of soil trophism. Like European rowan, alder buckthorn can grow on dystrophic Podzols, but its optimal growth conditions are pretty wet and highly wet soils. It forms a thick underbrush layer on Gleyic Podzols (Bgw), Haplic Stagnosols (OGw), Histic Stagnosols (OGSt), Hemic Histosol (Dranic) (Mt), Mollic Gleysols (MRw) and Histosols. It is not sensitive to soil acidification and there-

Table 1. Selected parameters of soils inhabited by described shrub

Species	Statistics	Resource of fraction	Base cations	Acidity	N ² /C	SIG
		<0.02 mm		recalculated	(in humus-	(Trophic Soil
		kg 1.5 m ⁻³	mol 1.5 m ⁻³	mol Y/kg*	mineral horizon)	Index)
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	min.	0	1,7	0.037	0.0003	6
	max	906	543	4.456	0.0315	38
	median	137.7	32.8	0.358	0.0074	25
<i>Frangula alnus</i> Mill.	min.	0	1.2	0.098	0.0003	4
	max	585.1	490.6	82.345	0.0406	34
	median	56.5	31.1	1.031	0.0066	20
<i>Corylus avellana</i> L.	min.	0	2.7	0.006	0.0016	14
	max	1516.4	965.5	8.699	0.0362	40
	median	145.6	116.4	0.242	0.0124	32
<i>Juniperus communis</i> L.	min.	16.6	1.6	0.235	0.0003	4
	max	302.4	238.1	3.106	0.016	32
	median	58	3.3	0.809	0.0024	13
<i>Padus avium</i> Mill.	min.	0	25.7	0.049	0.0075	24
	max	625.4	584.1	8.699	0.0366	38
	median	99.7	123.1	0.225	0.0215	32
<i>Euonymus europaea</i> L.	min.	29.7	5.1	0.006	0.0019	15
	max	1516.4	965.5	1.265	0.0362	40
	median	311.8	162.9	0.128	0.0151	34
<i>Sambucus nigra</i> L.	min.	0	81.1	0.006	0.0018	27
	max	1516.4	965.5	0.276	0.0471	40
	median	459.2	269.5	0.088	0.0172	35

* of fraction <0.02 mm

Table 2. The subtypes of soils inhabited by tested shrubs species (in bold marked the preferred soil subtypes, presenting optimal conditions for growth)

Soil type	<i>Juniperus communis</i> L.	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	<i>Frangula alnus</i> Mill.	<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Euonymus europaea</i> L.	<i>Padus avium</i> Mill.	<i>Sambucus nigra</i> L.
ARw	x						
Bw	x	x	x				
Bgw		x	x				
RDb	x	x	x	x	x		
RDw	x	x	x	x	x		
RDbr	x	x	x	x	x	x	x
BRb		x	x	x	x		
BRk		x	x	x	x	x	x
BRwy		x	x	x	x	x	x
BRw		x		x	x	x	x
BRs		x		x	x	x	x
PRbr				x	x	x	x
PRw				x	x	x	x
Pb		x		x			
Pw		x		x	x	x	x
Pog		x	x	x	x	x	x
OGb	x	x	x	x			
OGw	x	x	x	x	x	x	x
OGam		x	x	x	x	x	x
OGSt	x	x	x	x			
Gt		x	x	x	x		
Gm		x	x	x	x	x	x
Gts		x	x	x	x	x	x
Gms		x	x	x	x	x	x
Gw		x	x	x	x	x	x
Gp		x	x	x	x	x	x
Gmł		x	x	x	x	x	x
CZwy				x	x	x	x
MRw		x	x	x	x	x	x
MRm		x	x	x	x	x	x
MRms		x	x	x	x	x	x
MDbr				x	x	x	x
MDw				x	x	x	x
MDp				x	x	x	x
MŁw				x		x	x
MŁt			x	x		x	x
Mt			x				
Tw		x	x				
Tp		x	x	x		x	
Tn		x	x	x		x	x

Notes: ARw – Arenosol, Bw – Haplic Podzol, Bgw – Gleyic Podzol, RDb – Albic Brunic Arenosol, RDw – Haplic Brunic Arenosol, RDbr – Cambic Brunic Arenosol, BRb – Albic Cambisol, BRk – Hyperdystric Cambisol, BRwy – Epidystric Cambisol, BRw – Eutric Cambisol, BRs – Cambisol Humic Eutric, PRbr – Calcaric Cambisol Skeletic, PRw – Calcaric Regosol, Pb – Albic Luvisol, Pw – Haplic Luvisol, Pog – Stagnic Luvisol, OGb – Albic Stagnosol, OGw – Haplic Stagnosol, OGam – Haplic Stagnosol, OGSt – Histic Stagnosol, Gt – Histic Gleysol, Gm – Histic Gleysol, Gts – Histic Gleysol, Gms – Histic Gleysol, Gw – Haplic Gleysol, Gp – Mollic Gleysol, Gmł – Histic Gleysol, CZwy – Dystric Gleysol, MRw – Mollic Gleysol, MRm – Gleysol Abruptic, MRms – Histosol, MDbr – Cambic Fluvisol, MDw – Gleyic Fluvisol, MDp – Mollic Fluvisol, MŁw – Limnic Histosol, MŁt – Fibric Histosol, Mt – Hemic Histosol Drainic, Tw – Fibric Histosol Orthodystric, Tp – Histosol Orthodystric, Tn – Hemic Histosol Eutric

fore can thrive on these poorest soil subtypes containing acidic humus. The underlying bedrock is various kinds of sands (especially river sands, glaciofluvial sands, shallow eolian sands) as well as peat. The total content of clay fraction in oligotrophic soils is, in the case of presence of organic sediments, very low, varying from about 30 to 200 kg per 1.5 m³, provided that these soils are formed on a mineral bedrock. The content of cations in such soils ranges respectively from 2.0 mols per 1.5 m³ in Gleyic Podzols (Bgw) up to 120 mols per 1.5 m³ in Histosols (Orthodystric) (Tp). Should we consider all the soils in which alder buckthorn grows, the range of these parameters becomes respectively wider. Nevertheless, the median expresses its preference for poorer and more acid soils (Table 1). The soils in which alder buckthorn grows are characterised by one of the least favourable indicators of soil humus decomposition, the N²/C parameter, being the percent of total nitrogen divided by C/N ratio in the first humus-mineral soil horizon, usually oscillates around 0.006. In the examined group, only the soils under common juniper showed lower value of this parameter. Moreover, only soils in which alder buckthorn grew the least favourable acidity ratio showed, the so-called acidity recalculated, *i.e.* the total acidity divided by the content of clay fraction in the same soil volume. The median value of this indicator exceeds the value of 1.00 (Table 1) only for alder buckthorn which means that, on average, 1 kg of fraction <0.02 mm in the soils under alder buckthorn contains more than 1 mol of acid ions.

Alder buckthorn can grow in various forest associations. It favours moist sub-continental associations of mixed coniferous forest (*Quercus roboris-Pinetum molinietosum*), moist pine forest (*Molinio-Pinetum*), bog pine forest (*Vaccinio uliginosi-Pinetum*), bog birch forest (*Vaccinio uliginosi-Betuletum*) and spruce forest on peat-bogs (*Sphagno girgensohnii-Piceetum*). It is also a very common shrub in alder carrs (*Sphagno squarrosi-Alnetum*, *Ribeso nigri-Alnetum*). In acidophilus deciduous forests, this species often occurs in more wet sub-associations such as Central-European acidophilus oak forests (*Molinio-Quercetum petraeae*), wet sub-associations of beech-oak forests (*Fago-Quercetum molinietosum*) or sub-continental hornbeam forests with *Carex brizoides* (*Tilio-Carpinetum caricetosum brizoides*).

Common hazel (*Corylus avellana* L.) is another shrub species often encountered in our forests. Compared with European rowan or alder buckthorn, it has slightly higher soil trophic requirements. It basically avoids soils with an advanced podsolisation process. Mesotrophic and eutrophic soils, fresh to highly moist, create advan-

tageous growth conditions for hazel. These are Haplic Brunic Arenosols (RDw), Cambic Brunic Arenosols (RDbr), all sub-types of Cambisols and Luvisols, Stagnosols (especially Haplic Stagnosols (OGw) and Haplic Stagnosols OGam), mesotrophic and eutrophic Gleysols (Haplic Gleysols (Gw), Mollic Gleysols (Gp) and Histic Gleysols (Gms), Dystric Gleysols (CZwy), Calcaric Regosols and Mollic Gleysols (MRw)). As regards highly wet forest sites, common hazel can grow on Limnic Histosols and Histosols – Histosols (Orthodystric) (Tp) and Hemic Histosols (Eutric) (Tn). Unlike the previously discussed shrubs, common hazel prefers soils rich in a fine fraction and base cations. In fresh site soils, the optimum growth conditions for hazel are when the content of clay fraction exceeds 100 kg per 1.5 m³ (in the soils developed from clays, the content of clay fraction is up to 1500 kg per 1.5 m³). In the soils under the strong effect of groundwater, especially Histosols or Mollic Gleysols, the content of this fraction can be less than 100 kg per 1.5 m³. The median value of fraction <0.02 mm in the soils in which common hazel grows indicates its preferences for soils with a high content of fine fractions (Table 1). The content of exchangeable cations in the soil under hazel varies greatly; this particularly concerns Arenosols in which the content of base cations ranges widely from 3.0 to 200.0 mols per 1.5 m³. In Cambisols, Luvisols or Calcaric Regosols where hazel has particularly favourable growth conditions, the content of cations is higher, ranging from 300 to 1500 mols per 1.5 m³. The semi-hydrogenic and hydrogenic soils, in which hazel grows and in which the contained water increases the availability of cations, contain 20–650 mols per 1.5 m³ of base cations.

The assessment of soils using the acidity recalculated parameter shows that, on average, the soils in which hazel grows are approximately four times less acidic as per unit weight of clay fraction than those under alder buckthorn and common rowan. The level of humus accumulation in soils considered positive for the growth of hazel is characterised by the favourable degree of decomposition and a high content of nitrogen expressed in N:C/N ratio (Table 1).

Analysing the preferences of common hazel for forest site types and forest associations, emphasis should be placed on its preferences for hornbeam associations. About half of the areas occupied by common hazel were covered by various sub-associations of hornbeam forests connected with their regionalisation or trophic level (*Tilio-Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*, *Carpinetum typicum*, *Tilio-Carpinetum corydaletosum*, *Galio-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum stachyetosum*, *Stel-*

larico-Carpinetum, *Acer platanoides-Tilia cordata*). As regards site types, these are fresh mixed, moist mixed, fresh and moist deciduous forests. Common hazel growing on eutrophic hydrogenic soils is associated with alder carrs (*Ribeso nigri-Alnetum*), ash-alder forests (*Fraxino-Alnetum*), elm-ash forests (*Ficario-Ulmetum minoris*) corresponding to alder carr, ash-alder forest and riparian forest sites. A sporadic occurrence of hazel was also noted in more fertile continental mixed coniferous forests (*Quercu roboris-Pinetum*) and subboreal mixed coniferous forests (*Serratulo-Pinetum*), or in the thermophilous oak forests (*Potentillo albae-Quercetum*) (in terms of site, these areas are identified as fresh mixed deciduous forest).

Common juniper (*Juniperus communis* L.) is widely recognised as a species favouring sandy soils. The fact of its occurrence in the understory on the study sites confirms this. Of our native shrubs, common juniper can be regarded as a species of the lowest trophic and soil moisture requirements. It can grow on dry Arenosols or Podzols and Albic Brunic Arenosols (RDb) derived from dune sands. These are barren soils with a low content of both the clay fraction (17–65 kg per 1.5 m⁻³) and base cations (1.6–11.0 mols per 1.5 m⁻³), strongly acidic with a low degree of humus decomposition in the form of a mor-humus that lies on the soil surface. Such soils have the lowest Trophic Soil Index (SIG 4–12) value characteristic of dystrophic sites of dry and fresh coniferous forests. Juniper can also grow on sands richer in nutrients, fresh oligotrophic and even mesotrophic soils. In the analysed group of plots, it was found on different subtypes of Albic Brunic Arenosols (RDB), Haplic Brunic Arenosols (RDw) and Cambic Brunic Arenosols (RDbr) developed from glaciofluvial sands and clays, forming a site of fresh mixed coniferous, or even fresh mixed deciduous forests. While assessing soil quality using SIG, the parameters characterising such soils are slightly more favourable, as shown in Table 1. It seems that the limited occurrence of common juniper on more fertile soils is due to the competition from other, more expansive species and the lack of light. Forest associations in which the juniper can be encountered are mainly *Cladonio-Pinetum* forests and fresh pine forests (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*). This species can grow on slightly more fertile sandy soils that are associated with mixed coniferous forests (*Quercu roboris-Pinetum*, *Serratulo-Pinetum*) and the poorest forms of hornbeam forests (*Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*) or thermophilous oak forests (*Potentillo albae-Quercetum*).

Bird cherry (*Padus avium* Mill.) is a shrub of meso-eutrophic wet and marshy soils. The analysed material shows that bird cherry prefers soils with flowing water,

avoiding sites with stagnant water. It grows well on a variety of subtypes of Fluvisols (Gleyic Fluvisols (MDw), Cambic Fluvisols (MDbr), Mollic Fluvisols (MDp)). In the valleys with slow-flowing streams and rivers, bird cherry occupies Histic Gleysols (Gt, Gm, Gms), Mollic Gleysols (MRw) and Dystric Gleysols (CZwy) (Table 2). It tolerates the stable high water level provided that water is flowing and is rich in nutrients. Such conditions favour the formation of deep Histosols (Orthodystric) (Tp) and Hemic Histosols (Eutric) (Tn), and in the case of over-drying Hemic Histosols (Drainic) (Mt). Bird cherry is rarely encountered on less wet soils, like Cambisols, Arenosols or Regosols. Without any exception, these are areas adjacent to flooded valleys or to the terrains containing the above-mentioned soils (contact zones of fresh sites with areas that remain under the effect of flowing water) or currently drained areas that previously remained under the influence of such water. The quality of soils in which bird cherry grows is described by the value of SIG (24–38, median 32). The content of clay fraction in the soils under bird cherry is highly variable and depends on the amount of the accumulated organic matter. Deep peat soils do not contain clay fraction, while heavy, fine-grained Fluvisols or Cambisols contain more than 600 kg of clay fraction per 1.5 m⁻³. The content of base cations in the soils in which bird cherry grows is high (more than 120 mols per 1.5 m⁻³); however, the presence of flowing water makes the actual content and availability of base cations in the soils even higher, compared with the result obtained when earth fraction samples alone are identified. The content of nitrogen expressed as the C:N (N²/C) ratio is indicative of the high trophic level of soils occupied by the discussed shrub species. The average value of this indicator in the mineral horizons of soils preferred by bird cherry exceeds 0.02. The presence of water rich in base cations indicates low acidification of the examined soils, as shown by the acidity value (Y_p) – the median is 0.225 (Table 1).

The preferences of bird cherry for the above-described fertile soils limit the spectrum of forest associations in which this species grows. In the case of alluvial soils, these are various riparian forests (*Salici-Populetum*, *Ficario-Ulmetum minoris*, *Fraxino-Alnetum*), and in the case of Histosols or Hemic Histosols (Drainic) (Mt), bird cherry occurs in ash-alder forests (*Fraxino-Alnetum*), less rarely in alder swamp forest (*Ribeso nigri-Alnetum*). In the case of mineral soils, Cambisols Gleyic, bird cherry is found in the understory of wet hornbeam sub-associations (*Tilio-Carpinetum corydalietosum*, *Tilio-Carpinetum abietetosum*) or wet *Mercuri-Fagetum* beech forest sub-association.

European spindle (*Euonymus europaea* L.): The analysed material shows that European spindle requires meso-eutrophic soils. Isolated cases of its occurrence in the understory have already been found on fertile Arenosols of fresh mixed deciduous and fresh deciduous forest sites. A larger number and more robust growth of spindle is observed on eutrophic soils: Cambisols (especially Epidystric Cambisols (BRwy) and Eutric Cambisols (BRw)), Luvisols, Regosols as well as on wet, fertile alluvial Fluvisols, Gleysols and Stagnosols (Table 2) that provide optimal growth conditions for this shrub species. The research did not confirm the occurrence of spindle in highly acidic soils with the ongoing podsolisation process and on organic soils with stagnant water causing swamping. As regards soil texture, the dominant soils occupied by spindle are heavy soils with a high content of clay fraction (from approximately 200 to over 1500 kg per 1.5 m³) and base cations (from 70 to 1000 mols per 1.5 m³). The exception are few sandy, Arenosols, Gleysols and Stagnosols in which clay particles can be below 100 kg per 1.5 m³, and base cations below 40 mols per 1.5 m³. Due to the fact that the land occupied by spindle is characterised by mull or moder-mull type of humus, the accumulation horizons of humus are characterised by a high degree of decomposition of organic matter that is reflected in the values of N²/C parameter (0.0044–0.0362, median 0.0151) (Table 1). The low acidity and high content of clay fraction in the soils under spindle makes parameter Y_p assume positive low values (average 0.128 mol of hydrogen ions/kg of clay fraction), which are among the most favourable in the soils occupied by the studied shrub species.

Because of its soil requirements, spindle favours fresh and moist meso-eutrophic sites. Forest associations in which it occurs primarily includes sub-associations and varieties of hornbeam forests (subatlantic hornbeam forests – *Stellario-Carpinetum typicum*; Central-European hornbeam forests – *Galio-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum stachyetosum*; sub-continental hornbeam forests – *Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*, *Tilio-Carpinetum typicum*, *Tilio-Carpinetum corydaletosum*, *Acer platanoides-Tilia cordata* hornbeam forests), riparian forest associations (*Salici-Populetum*, *Ficario-Ulmetum minoris*, *Fraxino-Alnetum*) as well as beech forests (*Mercuriali-Fagetum*).

Black elder (*Sambucus nigra* L.) is one of the shrubs with the highest soil requirements. The carried out research shows that black elder occurs almost exclusively on eutrophic soils including the most fertile Cambisols (Epidystric Cambisols (BRwy), Eutric Cambisols (BRw),

Cambisols (Humic Eutric) (PRw)), Luvisols, Haplic Stagnosols (OGw), Haplic Gleysols (Gw), Calacacic Regosols (PRw), Dystric Gleysols (CZwy), Phaeozems and Fluvisols (Table 2). When it occurs on mesotrophic soils, these are exclusively areas adjoining eutrophic riparian sites (edges of moraine plateaus adjacent to river valleys) or drained river valleys. In terms of moisture content, these are fresh and highly moist soils. On swampy soils, black elder requires flowing and oxygenated water. The soils that meet such requirements are Histosols accumulated in the valleys of small streams and rivers. The high trophism of soils under black elder stems from the high content in these soils of clay fraction, exchangeable base cations, humic substances and often calcium carbonate. Table 1 shows selected characteristics of soils preferred by black elder. Obviously, the differences in the fertility of the examined soils should be explained by their origin. In addition to river valleys where soil fertility is determined by a steady supply of nutrients from water, and where Fluvisols and Histosols less abundant in clay fraction can accumulate, black elder favours heavy soils abundant in clay fraction (containing >300 kg of fraction <0.02 mm per 1.5 m³). A common feature of soils occupied by black elder is the high content of well-decayed humus and low acidity (of the analysed shrubs, black elder grows on soils with the most favourable (lowest) acidity index expressed by the ratio of total acidity to clay fraction content in a soil pedon of 1.5 m³). The mean value of Y_p in the soils under black elder is below 0.1 mol of acidity/kg of fraction <0.02 mm.

Due to its preference for fertile soils and eutrophic sites, black elder can form the understory in typical and wet hornbeam forest sub-associations (*Stellario-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum typicum*, *Galio-Carpinetum stachyetosum*, *Tilio-Carpinetum typicum*, *Tilio-Carpinetum abietetosum*, *Tilio-Carpinetum corydaletosum*, *Acer platanoides-Tilia cordata*), riparian forests (*Ficario-Ulmetum minoris*, *Fraxino-Alnetum*) and alder carrs (*Ribeso nigri-Alnetum*) and even in beech forests (*Mercuriali-Fagetum*).

The preparation of characteristics of soil conditions in which shrub species in question can grow allowed determination of a range of habitats providing the most favourable (optimal) growth conditions that should be taken into consideration while selecting species able to form the underwood (Table 3). This knowledge can also be used in the assessment of the productive capacity of forest sites, especially when species composition of the overstory is unadjusted to habitat conditions and does not fully reflect ‘forest productive capacity’. The growth of shrubs requiring mesotrophic or eutrophic sites and

soils under pine forests is an undeniable sign of the earlier forest management; however, it should not be regarded as a manifestation of ‘eutrophication of sites’, but as a natural process of restoration of the natural diversity and species-richness of phytocoenosis. The shrub species in question have different soil requirements that can be determined by an optimum-conditioning robust growth, by preferences for the selected factors and by lack of tolerance for other soil and site conditions.

4. Discussion

The obtained results largely confirm the opinion prevailing in literature about the requirements of individual shrub species. The tolerance of juniper to nutrient-poor, dry sandy soils and its preferences for dry and fresh pine forest sites has long been known (Tomanek 1951; Seneta, Dolatowski 1997; Bolliger et al. 1998). The presented results also confirm the possibility of juniper growth on both the poorest and driest forest soils in their initial stage of development (sandy, dry arenosols) as well as on Podzols derived from deep aeolian sands. The growth of juniper on such dystrophic soils, however, does not necessarily mean that it cannot be used as an underwood species in oligotrophic and mesotrophic soils and sites. It is likely that in thinned stands composed of pine and oak, juniper can form underwood on all the soils developed from sands of various origins (including glacial sands).

Information on low requirements of rowan can also be found in the dendrochronological studies (Godet 1997; Seneta, Dolatowski 1997).

Rowan is considered one of the least demanding, site-tolerant shrub species. The presented material basically confirms this opinion, as it is easier to identify soil types on which rowan does not occur in the understorey. However, it is impossible to agree fully with the study by Godet (1997) according to which rowan does not tolerate sites with a permanent and excessive moisture content. Also, Jaworski (2011) in his research on the ecological requirements of this species indicates that rowan does not at all occur on boggy, alluvial and peat soils. The presented results contradict these opinions and suggest the possibility of rowan to grow on peat soils, especially in the boreal spruce forest association (*Sphagno girgensohnii-Piceetum*) in north-eastern Poland and marshy soils in ash-alder carrs (*Fraxino-Alnetum*). The possible occurrence of rowan in mixed bog coniferous forest sites is described in the study by Puchniarski (2004) that is consistent with the results of this study.

Alder buckthorn is a shrub that undoubtedly is associated with dystrophic and oligotrophic soils. The conducted research indicates that this species prefers wetter soils – Gleyic Podzols (Bgw) and strongly acidified Histosols. Of the analysed shrubs, alder buckthorn is the species tolerating the highest soil acidification. Bolliger et al. (1998) emphasise its preferences for moist soils, though it is difficult to agree with the opinion of these authors that

Table 3. Site conditions under which shrubs find optimal conditions for growth

Moisture \ Trophism	Coniferous forest sites	Mixed coniferous forest sites	Mixed broadleaf forest sites	Broadleaf forest sites	Riparian forest sites
Fresh sites	<i>Juniperus communis</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>			
Wet sites			<i>Corylus avellana</i>	<i>Euonymus europaea</i>	
Boggy sites	<i>Frangula alnus</i>			<i>Padus avium</i>	<i>Sambucus nigra</i>
SIG	4–13	14–23	24–33	33–40	33–40

these moist soils should be loams or sandy loams. The results presented in this study show that alder buckthorn does not require soils abundant in clay fraction. On the contrary, it can thrive on soils associated with dystrophic and oligotrophic sites with a texture of loose sands with a low clay content where the total content of fraction <0.02 mm is only 30–100 kg per 1.5 m³. The preferences of alder buckthorn for such moist or even bog forests, moist mixed coniferous forests, mixed coniferous-deciduous bog forests or moist mixed deciduous forests are also highlighted in the study by Puchniarski (2004).

Somewhat contradictory information on soil and site requirements of common hazel can be found in literature. According to Bolliger et al. (1998), it is a species preferring calcareous soils, but can also be encountered on neutral and humus soils. Jaworski (2011) indicates slightly larger differences in the soil conditions in which this species grows. The author states that common hazel favours mineral and humus soils rich in calcium carbonate, but it also grows on acid and neutral soils. In the light of the presented results, it seems unfortunate to associate common hazel with a very wide range of trophism of forest sites – from mixed coniferous to deciduous forests (Ecological basis of silviculture 2004; Puchniarski 2004; Matuszkiewicz et al. 2012). This is probably the result of confusing an erroneous association of the continental mixed coniferous communities with hazel (*Quercus roboris-Pinetum coryletosum*) with oligotrophic sites identified in the typology of forest sites. The results of the research by forest site specialists (Sikorska, Lasota 2007) indicate that *Quercus roboris-Pinetum coryletosum* should be associated with mesotrophic and even eutrophic sites, while phytocenosis should be treated as a substitutional community that has formed as a result of promoting planting pine species in fertile soils under hornbeam forests. Site requirements of hazel were defined in a very accurate and concise manner by Seneta and Dolatowski (1997) who demonstrated that site requirements of this species were similar to those of hornbeam, but it avoided barren, dry and wet soils. The analysis of the material presented in this study confirms hazel's preferences for the sites of hornbeam forest associations growing on mesotrophic and eutrophic soils, mixed deciduous forests as well as fresh and moist deciduous forests.

The results from the research show that spindle, bird cherry and black elder are soil and site-demanding species. They are typical of eutrophic sites differing in certain specific requirements regarding soil moisture, the kind and duration of water impact as well as topogra-

phy. According to Bolliger et al. (1998), spindle favours fertile, highly wet, deep loamy soils containing calcium under deciduous and riparian forests. Jaworski (2011) defines humus, fresh and calcium-rich soils as favourable for the growth of spindle. The performed research did not confirm spindle's preferences for soils rich in calcium carbonate. The occurrence of spindle in the forest understory was already recorded in more nutrient-richer rusty soils of mixed fresh and fresh deciduous forest sites. Cambisols were found to be optimal for the development of this species (especially Epidystric Cambisols (BRwy) and Eutric Cambisols (BRw)) – Luvisols and Regosols. It also favours wet, eutrophic alluvial soils – Gleysols and Stagnosols. However, it was demonstrated that this shrub species does not occur in strongly acidified, podsolised soils and boggy organic soils – Histosols. Fine-grained soils with a high content of fraction <0.02 mm and base cations dominate in the granulometric composition of soils in which spindle grows.

Information on bird cherry requirements found in literature is scarce. Amann (1954) describes bird cherry as a species requiring heavy humus soils from fresh to wet. Seneta and Dolatowski (1997), Gil (2010) and Matuszkiewicz et al. (2012) link this species to wet deciduous forests and riparian vegetation as well as to wet hornbeam forests and alder carrs. Jaworski (2011) describes the soils preferred by this species as moist, fertile loamy soils with neutral and alkaline pH. The present study indicates that bird cherry particularly favours soils with moving, flowing water. A good growth of this shrub species was observed on different subtypes of Fluvisols, while in the valleys with slow-flowing streams and rivers it grows on Histic Gleysols (Gt, GM, Gms), Dystric Gleysols (CZwy), Mollic Gleysols (MRw) and Histosols (MRms). It tolerates a permanently high water level, provided that the water is flowing and is rich in nutrients. Soil requirements of black elder are very similar to those of bird cherry, and in literature it is considered a calcium- and nitrogenphilous species (Seneta, Dolatowski 1997; Gil 2010). Jaworski (2011) indicates that black elder is not a demanding species, although it best grows on fertile humus soils, tolerating slight salinity, and often occurs on calcium-rich soils. The presented results indicate the preferences of black elder for eutrophic soils. Such soils are the most fertile subtypes of Cambisols (Epidystric Cambisols (BRwy), Eutric Cambisols (BRw), Cambisol (Humic Eutric) (BRs)), Luvisols, Haplic Stagnosols (OGw), Haplic Gleysols (Gw), Calcaric Regosols (PRw), Dystric Gleysols (CZwy), Phaeozems and Fluvisols.

A good knowledge of soil requirements of shrubs allows their use in the diagnosis of forest sites. It seems that these plants are underestimated in site studies, whose purpose is identification and mapping of forest areas differing in their production capabilities. The instruction for the identification and mapping of sities (2012) specifies forest floor vegetation and stand characteristics as floristic indicators useful in site identification, of which species composition of stand overstory and productivity of the main forest tree species are considered to be most important. While the Ecological Basis of Silviculture (2004) provide a list of shrub species in different types of forest sities, they point to the ecological amplitude of shrub species rather than the optimal conditions in which these species can flourish to form the understorey.

5. Summary

As a result of assigning soil and site trophism to the requirements of the examined shrub species, the following sequence of species was established: common juniper, alder buckthorn – dystrophic to oligotrophic soils and sites, European rowan – oligotrophic to mesotrophic sites, common hazel, European spindle – mesotrophic to eutrophic sites, bird cherry, black elder – eutrophic sites.

The requirements of each shrub species with respect to soil moisture and type of water are arranged in the following order: common juniper – dry to fresh soils, European rowan, common hazel, European spindle – fresh to moderately wet soils, bird cherry – moderately to highly wet, waterlogged soils containing rainfall water, or being periodically inundated, black elder – moderately wet to very wet soils with moving, flowing water, or periodically inundated, spindle – moderately wet to marshy soils with stagnant acidified water.

Common juniper is among the most tolerant shrubs under consideration, it grows well even on dry Podzols or Arenosols formed from deep dune sands. Its high tolerance results from drought resistance, which goes along with relatively large high light requirements.

Alder buckthorn prefers wet soils and tolerates strongly acidic environments indicating its preference for Gleyic Podzols (BGw), Hemic Histosol (Drainic) (Mt) and less fertile Stagnosols, Gleysols. It well tolerates soil swamping. It does not require a high content of clay fraction, and grows well on sandy soils, provided they are sufficiently wet.

Rowan is a very plastic species with wide ecological amplitude. Being resistant to soil acidification, it is associated primarily with mixed coniferous forest sites

and communities in pine, oak-pine, spruce-pine and fir forests. It does well already on podzolic and rusty soils of different subtypes.

Common hazel is a shrub favouring hornbeam forest sites, growing well on soils abundant in clay fraction, developed from boulder clay, silt loam of aquatic origin and lithological discontinuities – sands underlain by compact soils (dust, loams or clay soils). These are mainly Cambisols and Luvisols, and nutrient-richer soil Stagnosols and Gleysols and Calcaric Regosols. It does not grow on strongly acidified soils undergoing a podsolisation process.

Bird cherry particularly favours riparian forest soils and sites with flowing water. The soils that are most favourable for the growth of this shrub species include fluvisols in the valleys of large rivers, and Histic Gleysols (Gt, Gm, Gms), Mollic Gleysols (MRw) and Dystric Gleysols (CZwy) in the valleys of slow-flowing streams and small rivers.

The soil requirements of black elder are very similar to those of common bird cherry, growing well on all fertile soils containing well-decomposed, nitrogen-rich mull humus (fertile Cambisols, Luvisols, Stagnosols, Gleysols, Regosols, Phaeozems and Fluvisols).

Acknowledgements

The research was financed by the Norwegian Financial Mechanism under Project No. PNRf-68-A1/1/07. The authors wish to thank the Polish-Norwegian Research Fund and the University of Agriculture in Kraków for funding the research and for administrative servicing of the project.

References

- Amann G. 1954. *Bäume und Sträucher des Waldes*. Neumann Verlag.
- Bärtels A. 2011. *Wszystko o drzewach i krzewach*. Warszawa, Świat Książki, p. 288, ISBN 978-83-247-2291-4.
- Bolliger M., Erben M., Grau J., Heubl G. 1998. *Krzewy. Leksykon przyrodniczy*. Warszawa, GeoCenter.
- Brożek S., Zwydak M., Lasota J., Różański W. 2011a. Założenia metodyczne badań związków między glebą a zespołami roślinnymi w lasach [Methodical approach to research on the relations between plant communities and soil in forests]. *Rocznik Gleboznawczy*, 62 (4): 16–38.
- Brożek S., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Błońska E. 2011b. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w diagnozie typów siedlisk leśnych [Application of the trophic soil index (SIG) in the diagnosis of forest site types]. *Rocznik Gleboznawczy*, 62 (4): 133–149.

- Gil W. 2010. Krzewy w gospodarce leśnej. Warszawa, PWRiL, 207 p. ISBN 9788309990260.
- Godet J.D. 1997. Drzewa i krzewy. Warszawa, Multico Oficyna Wydawnicza.
- Instrukcja urządzania lasu. 2012. Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu oraz zbiorowisk roślinnych. Warszawa, CILP. ISBN 8388478419.
- Jaworski A. 2011. Hodowla lasu. vol. 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. Warszawa, PWRiL. ISBN 8386310030.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski. 2000. Warszawa, CILP. ISBN 8388478206.
- Lasota J., Brożek S., Zwydak M. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w projektowaniu składu gatunkowego odnawianych lasów [Application of the trophic soil index in planning the composition of renewed forest stands]. *Rocznik Gleboznawczy*, 62 (4): 150–162.
- Matuszkiewicz J.M. 2001. Zespoły leśne Polski. Warszawa, PWN, 357 p. ISBN 8301134011.
- Matuszkiewicz W., Sikorski P., Szwed W., Wierzba M. 2012. Zbiorowiska roślinne Polski. Lasy i zarośla. Warszawa, PWN, 518 p. ISBN 9788301170646.
- Puchniarski T.H. 2004. Rośliny siedlisk leśnych w Polsce. Warszawa, PWRiL, 276 p. ISBN 83-09-01822-3.
- Seneta W., Dolatowski J. 1997. Dendrologia. Warszawa, PWN, 559 p. ISBN 8301124490.
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu. 2004. Załącznik do Zasad hodowli lasu. Bedoń, Wyd. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych. ISBN 8391332063.
- Sikorska E., Lasota J. 2007. Typologiczny system klasyfikacji siedlisk a fitosocjologiczna ocena siedlisk [Comparisson between typologique and phytosociological forest site classification], in: Siedliska i gatunki wskaźnikowe w lasach [Habitats and indicative species in the forests] (ed. D. Anderwald) Rogów, *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 2/3 (16): 44–51.
- Tomanek J. 1951. Nasze drzewa leśne. Biblioteczka leśna. Warszawa, PWRiL.

Author contributions

Concept, assumptions, interpretation of results, writing, coordination, literature review, fieldwork: JL, EB.
Soil sampling: MZ, TW.