

LESZEK BOLIBOK, MICHAŁ KOWALCZYK, STANISŁAW DROZDOWSKI

Ocena wegetatywnej i generatywnej ekspansji rokitnika (*Hippophaë rhamnoides* L.) na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów pod kątem wykorzystania w procesie rekultywacji drogą sukcesji kierowanej

Assessment of vegetative and generative expansion of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) on outer dumping ground of Bełchatów lignite mine in terms of its application in directed succession reclamation process

ABSTRACT

Bolibok L., Kowalczyk M., Drozdowski S. 2009. Ocena wegetatywnej i generatywnej ekspansji rokitnika (*Hippophaë rhamnoides* L.) na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów pod kątem wykorzystania w procesie rekultywacji drogą sukcesji kierowanej. Sylwan 153 (3): 203-216.

The paper presents spatial analysis of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) dispersion on outer dumping ground of Bełchatów lignite mine. Sea buckthorn very effectively spreads on outer dumping ground by means of ornitochory creating new specimens even 250 meter from seed source. In open areas a single sea buckthorn colony increases its radius about 1 m per year, effectively competing with lower vegetation. Huge dispersal abilities of this species could be used during dumping grounds reclamation in the process of directed succession. Due to symbiosis with nitrogen-fixing actinomycete sea buckthorn can fix atmospheric nitrogen which is especially useful on soil-less substrata. Due to high light demands this species is not able to compete with higher trees. In long run sea buckthorn colonies change substratum and retreat leaving space for trees, then it can be seen as succession facilitator.

KEY WORDS

sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.), dumping ground, reclamation, directed succession

ADDRESSES

Leszek Bolibok ⁽¹⁾ – e-mail: leszek_bolibok@sggw.pl

Michał Kowalczyk ⁽²⁾

Stanisław Drozdowski ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Katedra Hodowli Lasu SGGW; ul. Nowoursynowska 159; 02-787 Warszawa

⁽²⁾ Nadleśnictwo Bełchatów; ul. Lipowa 175; 97-400 Bełchatów

Wstęp

W Polsce dominuje sposób rekultywacji zakładający aktywne wprowadzanie roślinności poprzez siew lub sadzenie po uprzednim intensywnym przygotowaniu podłoża. Mimo że jest to kierunek kosztowny, bywa preferowany ze względu na większe prawdopodobieństwo uzyskania pokrywy roślinnej na terenie rekultywowanym w stosunkowo krótkim czasie. Ma to szczególne znaczenie, gdy wprowadzenie roślinności ma zapobiec erozji wodnej z boczny różnego rodzaju zwałowisk. Takie podejście do rekultywacji, chociaż efektywne z punktu widzenia stabilizacji

podłoża i pozwalające szybko uzyskać pożądany wizualny efekt, może przynieść niepożądane skutki w dłuższym czasie. W niektórych przypadkach roślinność wprowadzona z myślą o stabilizacji podłoża może ograniczać pojawianie się pożądanej roślinności drzewiastej na drodze sukcesji naturalnej [Holl 2002] lub rozwój nasadzeń drzewiastych przy docelowym leśnym kierunku zagospodarowania nieużytku [Torbert i in. 2000].

Skrajnie różne podejście do rekultywacji polega na pozostawieniu terenu do sukcesji naturalnej bez aktywnego wprowadzania jakichkolwiek roślin. Obowiązujące regulacje prawne nakładają obowiązek szybkiej rekultywacji gruntów zdegradowanych. Z tego powodu zaawansowane stadia sukcesji naturalnej na nieużytkach poprzemysłowych obserwuje się rzadko, najczęściej na terenach, na których przemysłowe wykorzystanie jest tylko przejściowo zaniechane [Pietrzykowski 2005]. Czasami rekultywacja poprzez niekierowaną sukcesję naturalną przynosi zaskakująco dobre rezultaty. W ten sposób na nieużytkach mogą powstawać zróżnicowane zbiorowiska roślinne, z dużym bogactwem gatunkowym, w których występują rzadkie gatunki roślin [Nita, Myga-Piątek 2006; Tischew, Kirmer 2007]. Choć z punktu widzenia zachowania różnorodności biologicznej takie obszary są bardzo cenne, to z ekonomicznego punktu widzenia mogą to być nadal postrzegane jako nieużytki niedostarczające produkcji roślinnej.

Możliwe jest również podejście pośrednie, zakładające kierowanie sukcesją roślinności w celu osiągnięcia założonych celów rekultywacji. Kierowanie sukcesją może odbywać się na wiele sposobów. Krzaklewski [1995] opisuje stymulację rozwoju roślinności spontanicznie pojawiającej się na zwalach poprzez nawożenie mineralne, w celu zwiększenia akumulacji biomasy na zwale i zintensyfikowania procesów glebotwórczych. McClanahan i Wolfe [1993] podają, że ustawione pnie drzew (jako grzędy dla ptaków) mogą zwiększyć ilość nasion drzew docierających na rekultywowany teren, a taki zabieg może być traktowany jako sposób przyspieszenia sukcesji.

Inny rodzaj działań może polegać na sztucznym tworzeniu ośrodków sukcesji (ognisk), z których rośliny drzewiaste będą się rozprzestrzeniać na terenie rekultywowanym. Yarranton i Morrison [1974] badając sukcesję roślinności drzewiastej na wydmach opisali zjawisko nukleacji polegające na tym, że nowe gatunki pojawiają się początkowo na izolowanych przestrzennie, stosunkowo małych fragmentach terenu (ogniskach). Z czasem te ośrodki powiększają swoje rozmiary i zaczynają się ze sobą łączyć, aż dochodzi do momentu, gdy gatunki poprzedniego etapu sukcesji pozostają w nielicznych skupiskach, a i te z czasem ustępują ekspansji nowych gatunków. Podobne zjawiska polegające na pojawianiu się skupisk roślinności drzewiastej na dużych powierzchniach terenów zdegradowanych, są stosunkowo często opisywane [np. Pietrzykowski 2005]. Teoretyczne badania rozprzestrzeniania się populacji roślinnych [McClanahan 1986; Moody, Mack 1988] wskazują, że opanowywanie nowego terenu poprzez rozrost wielu małych ośrodków jest bardzo efektywną formą opanowywania przestrzeni. Wprowadzanie roślinności drzewiastej na drodze tworzenia ośrodków odnowieniowych przyspiesza i ukierunkowuje sukcesję, ale też stwarza lepsze warunki do osiedlania się i rozwoju innych organizmów tworzących ekosystem niż ma to miejsce w przypadku zwartej zalesienia [Harrington 1999].

Jednym z gatunków potencjalnie użytecznych do tworzenia ośrodków odnowieniowych jest rokitnik. Jest on rośliną pionierską dostosowaną do kolonizacji terenów podlegających silnym zaburzeniom. W naturalnym zasięgu występowania można go napotkać w rejonach, w których na skutek różnych procesów (abrazja bądź akumulacja piasku na wydmach w rejonach nadmorskich, erozja w górach) często dochodzi do odsłaniania dużych powierzchni pozbawionych

okrywy roślinnej. Rokitnik kolonizuje te tereny dzięki dużym zdolnościom do rozprzestrzeniania się na drodze generatywnej i wegetatywnej. Zdolność rokitnika do osiedlania się na terenach bezglebowych sprawia, że jest on chętnie wykorzystywany do stabilizacji podłoża w procesie rekultywacji terenów zdegradowanych. Ponadto dzięki symbiozie z promieniowcami z rodzaju *Frankia*, może on poprzez opad liści zwiększać dostępność azotu w nowo powstającej glebie i poprawiać warunki wzrostu dla innych roślin. Żeńskie osobniki rokitnika po zapyleniu wytwarzają znaczne ilości owoców, które są atrakcyjne dla ptaków owocożernych mogących przy okazji przynieść nasiona innych drzew.

Celem tego artykułu jest zbadanie zdolności rokitnika do rozprzestrzeniania się na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Węgla Brunatnego (KBW) Bełchatów i ich ocena pod kątem wykorzystania tego gatunku w procesie sukcesji kierowanej wykorzystującej ogniska sukcesji.

Teren badań

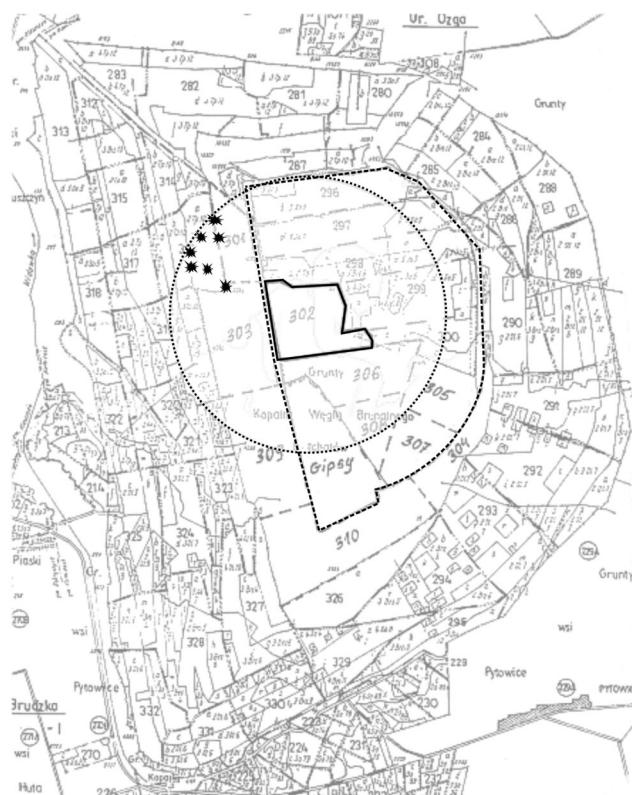
Zwałowisko zewnętrzne KWB Bełchatów powstało w latach 1975-1994 w wyniku zdejmowania nadkładu zwałowego węgla brunatnego. Jest położone w centralnej części Polski (51°12'38,63"N; 19°25'56,27"E). Sezon wegetacyjny trwa tutaj 200-210 dni, średnia roczna temperatura powietrza wynosi 7,6°C, a opady roczne – 580-600 mm [Operat... 1989]. Powierzchnia zwałowiska wynosi około 1500 ha, a wysokość względna wierzchołki waha się od 126 do 180 m. Zbocza zajmują około 1165 ha (79%), a wierzchołki 318 ha (21%). Zwałowisko zewnętrzne zostało zbudowane z utworów kenozoicznych (od oligocenu do pliocenu) znajdujących się w nadkładzie węgla brunatnego. Utwory czwartorzędowe o odczynie od słabo kwaśnego do obojętnego reprezentowane są przez fluwiogłajalne piaski, gliny zwałowe, kredę jeziorną, torfy i gytie. Utwory trzeciorzędowe reprezentowane są przez piaski luźne i słabo gliniaste o odczynie od kwaśnego do bardzo silnie kwaśnego i utwory spoiście (iły, mułki, kreda jeziorna) o odczynie od kwaśnego do zasadowego [Pająk i in. 2004]. Zwałowisko zewnętrzne prawie w całości zostało objęte leśnym kierunkiem rekultywacji. W ramach rekultywacji biologicznej wykonano sadzenie drzew i krzewów bezpośrednio po rekultywacji technicznej na 74% powierzchni zwałowiska. Podczas wznoszenia zwałowiska zewnętrznego przy odkrywce KBW Bełchatów rokitnik był wysadzany głównie w miejscach szczególnie narażonych na erozję: przy górnych krawędziach skarp [Krzaklewski, Wójcik 1995].

Metodyka badań

Podczas prac terowych w 2004 roku przeprowadzono dwa doświadczenia. W pierwszym doświadczeniu zbadano wegetatywne rozprzestrzenianie się rokitnika na zwałowisku. Szczegółowo zmierzono wybrane kępy rokitnika powstałe z odrosli korzeniowych wokoło jednego posadzonego osobnika. Wybierano kępy rokitnika, które miały dogodne warunki wzrostu, tzn. ich rozwój nie był ograniczany przez sąsiadujące osobniki innych gatunków drzew oraz przez przeszkody terenowe, takie jak drogi lub rowy. W centralnej części kępy odszukiwano najwyższy i najgrubszy pęd, po ścięciu przy ziemi określano na podstawie liczby pierścieni przyrostów rocznych jego wiek, który przyjmowano jako wiek kępy. Następnie od wyciętego pędu w każdej kępie zakładano transekty badawcze wzdłuż linii prostych położonych na czterech głównych kierunkach geograficznych. Na tych transektach określano wysokość i wiek odrosli (przez ścięcie i liczenie pierścieni przyrostów rocznych). Aby ocenić tempo rozrastania się kęp pomierzono odległości od wybranych odrosli korzeniowych do pędu centralnego. Odległość odrosli od pędu centralnego miała oddawać maksymalny zasięg kępy w danym kierunku w określonym wieku. Przykładowo dla kęp 6-letnich poszukiwano najdalej położonego od pędu centralnego odrosła

w wieku 5 lat, następnie za nim (w kierunku na zewnątrz od centrum kępy) poszukiwano najdalej położonego odrośla w wieku 4 lat i tak dalej aż do najdalej położonego odrośla powstałego w roku pomiarów.

W drugim doświadczeniu analizowano generatywne rozprzestrzenianie się rokitnika na zwałowisku. Badania prowadzono na wierzchowinie zwałowiska, gdzie rokitnik nie był sadzony w czasie zalesiania, a wszystkie tam obecne osobniki pochodzą z odnowienia naturalnego. Ze względu na znaczną powierzchnię wierzchowiny badania ograniczono jedynie do oddziału 302 o powierzchni całkowitej 24 ha, położonego w centralnej części wierzchowiny (ryc. 1). W czasie prowadzenia badań w tym oddziale znajdował się 10 letni drzewostan mieszany o składzie: 20% sosna zwyczajna, 20% brzoza brodawkowata, 20% dąb czerwony, 20% dąb szypułkowy i 20% olsza czarna. Otocznice tego oddziału o promieniu 1000 m (ryc. 1) znajduje się w większości na obszarze wierzchowiny. Jedynie fragment tego otoczenia obejmuje zbocza zwałowiska, gdzie były sadzone krzewy rokitnika mogące być źródłem nasion dla odnowienia naturalnego. W trakcie badań terenowych w oddziale 302 odszukiwano kępy rokitnika powstałe z odnowienia naturalnego, zaznaczano na mapie ich pozycję oraz rejestrowano ich promień w czterech głównych kierunkach geograficznych. W celu odnalezienia wysadzanych osobników stanowiących potencjalne źródła nasion, przeszukano zbocza zwałowiska znajdujące się nie dalej niż 1000 m od środka oddziału 302. Badano wiek odszukanych kęp rokitnika i jako pierwotne źródła



Ryc. 1.

Położenie oddziału 302 na terenie zwałowiska zewnętrznego KWB Bełchatów
Localisation of compartment 302 on the outer dumping ground of Bełchatów lignite mine

nasion przyjmowano kępy starsze niż drzewostan w oddziale 302 o co najmniej 3 lata. Ponieważ żeńskie osobniki rokitnika zaczynają owocować na pędach 2- lub 3-letnich [Pearson, Rogers 1958], przyjęcie tego ograniczenia pozwala wskazać pierwotne (sadzone podczas zalesienia) źródła nasion. Osobniki z sadzenia (starsze niż 13 lat), były najdłuższym źródłem nasion i prawdopodobnie miały większy wpływ na powstanie odnowień rokitnika w oddziale 302 niż inne wtórne źródła nasion (powstałe z odnowienia naturalnego).

Wyniki

Zbadano wegetatywne rozprzestrzenianie się 23 kęp rokitnika. Wiek badanych kęp przyjęty według wieku najstarszego pędu wahał się od 5 do 8 lat. Po ośmiu latach rozrastania się kępa osiągała średni promień 7,28 m (tab.). Maksymalny stwierdzony zasięg kępy liczony od pędu centralnego wyniósł po 8 latach 10,34 m. Przeciętny przyrost promienia kępy (liczony jako iloraz promienia kępy i jej wieku) wykazuje spadek w trzecim roku życia kępy do 0,67 m, a następnie systematycznie wzrasta do 1,04 m w 8 roku życia badanych kolonii. Jednocześnie zaobserwowano, że maksymalny roczny przyrost zasięgu kępy jest stosunkowo stabilny (średnio około 1,4 m) i nie wykazuje zmian związanych z wiekiem kępy (tab.). Spadek przeciętnego przyrostu promienia w 3 roku życia kępy wynika z tego, że jedynie 10 z 23 badanych kęp wytworzyło pędy odroślowe w drugim roku życia, średnio w odległości 0,9 m od pędu centralnego. W pozostałych 13 badanych kępach pierwsze pędy odroślowe zaobserwowano dopiero w 3 roku, co powoduje spadek przeciętnego przyrostu. Na podstawie zebranych danych trudno jest przesądzić, które z badanych kęp powstały z odnowienia naturalnego, a które z sadzenia. Niestety również brak danych czy do sadzenia użyto jednorocznych sadzonek odroślowych, czy też dwuletnich z rozmnażania generatywnego. Jest bardzo prawdopodobne, że brak odrośli w drugim roku życia u większości badanych kęp nie musi wynikać z biologii badanego gatunku. Pierwsze odrośle dwuletnia sadzonka po przesadzeniu może wytworzyć w trzecim roku życia. Odnosząc te rozważania do średniego zasięgu kępy w 8 roku życia można przypuszczać, że w sprzyjających warunkach zasięg kęp powstałych z samosiewu mógłby być większy, o co najmniej kilkadziesiąt centymetrów.

Średnia wysokość pędów odroślowych wzrasta wraz z wiekiem pędu (tab.), ale w siódmym roku życia pędów dynamika przyrostu ich wysokości spada. Również maksymalna wysokość pędów odroślowych początkowo zdecydowanie wzrasta wraz z wiekiem, ale u pędów starszych ten trend zanika.

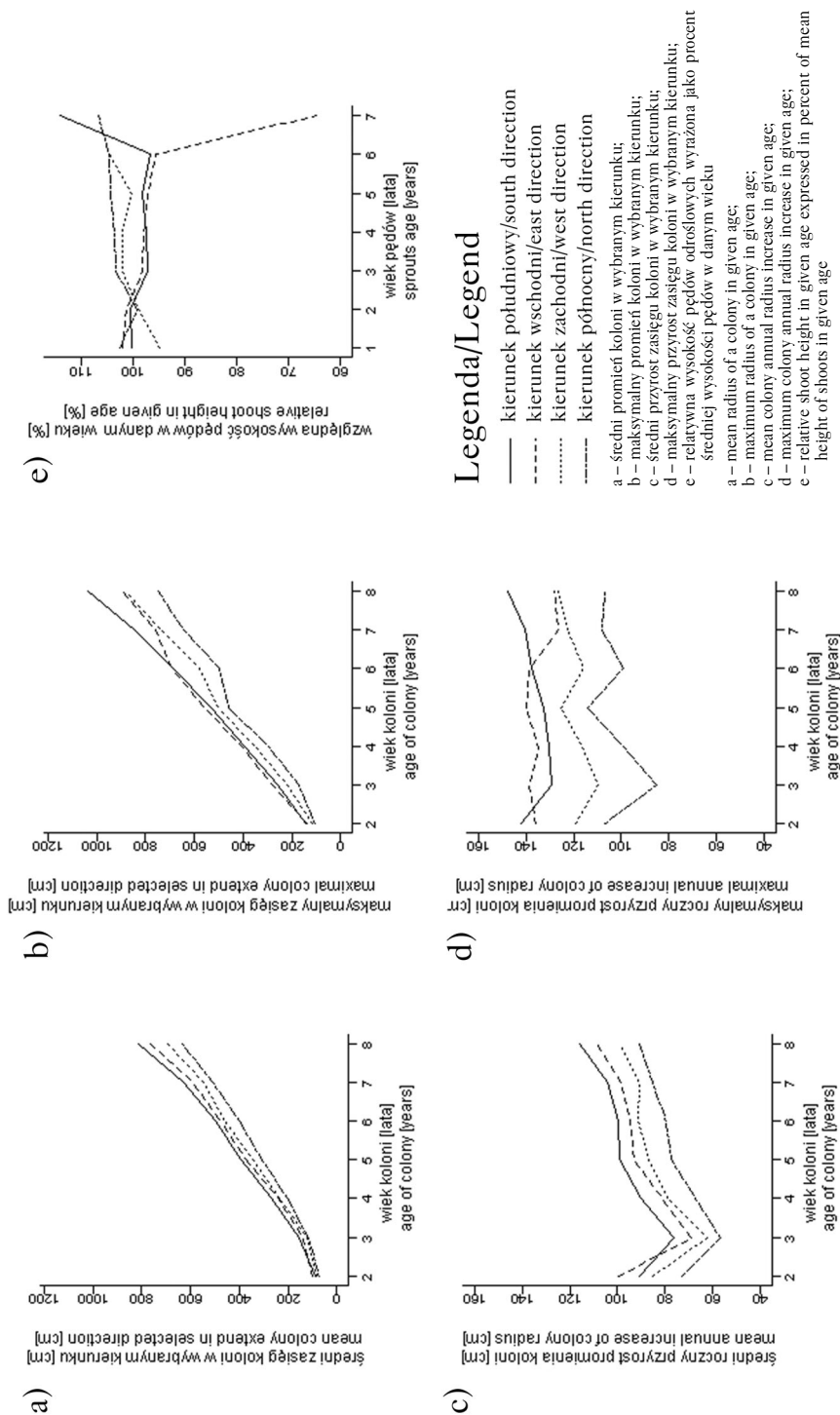
Mimo że badane kępy miały zwarty obły obrys, to nie był on kolisty. Zaobserwowano, że kępy najintensywniej rozrastały się w kierunku południowym (ryc. 2a). W pozostałych kierunkach

Tabela.

Wyniki pomiarów kolonii rokitnika *Hippophaë rhamnoides* L. rosnących na zwałowisku zewnętrznym KWB Bełchatów

Measurements of sea buckthorn colonies growing on outer dumping ground of Bełchatów lignite mine

Wiek kolonii [lata]	2	3	4	5	6	7	8
Średni promień kolonii [cm]	90	134	239	356	459	568	728
Maksymalny promień kolonii [cm]	142	278	404	559	694	844	1034
Średni roczny przyrost promienia kolonii [cm]	90	67	80	89	92	95	104
Maksymalny roczny przyrost promienia kolonii [cm]	142	139	135	140	139	141	148
Wiek pędów odroślowych [lata]	1	2	3	4	5	6	7
Średnia wysokość pędów w danym wieku [cm]	40	79	127	167	202	258	262
Maksymalna wysokość pędów w danym wieku [cm]	74	123	188	234	302	340	301



Ryc. 2.

Kierunkowa zmienności wegetatywnej ekspansji kolonii rokitnika na zwałowisku zewnętrznym KBW Bełchatów
 Directional diversity of vegetative expansion of sea buckthorn colonies on outer dumping ground of Bełchatów lignite mine

ekspansja była słabsza, w kierunku wschodnim silniejsza niż w zachodnim, a najsłabsza w kierunku północnym. Badane kępy w 8 roku życia miały średni zasięg w kierunku północnym mniejszy o 1,75 m niż w kierunku południowym. Podobnie kształtują się maksymalne wartości zasięgu kępy w różnych kierunkach geograficznych stwierdzone w danym wieku (ryc. 2b). Jednak w przypadku tej cechy różnice między zasięgiem w kierunku południowym i wschodnim nie są tak wyraźne. Maksymalny zasięg kępy w kierunku południowym był większy niż w północnym o 2,85 m.

Na wykresie przedstawiającym przeciętny przyrost promienia kępy w różnych kierunkach geograficznych widoczny jest spadek w 3 roku życia kępy, podobny do obserwowanego w tabeli. Największy spadek przeciętnego przyrostu zaobserwowano na kierunku północnym. Również maksymalny przyrost promienia kępy w trzecim roku był najmniejszy w kierunku północnym (ryc. 2d). Słabsza ekspansja kępy w kierunku północnym przejawiała się na etapie powstawania pierwszych pędów odrosłowych. Na 10 kęp, w których obserwowano powstawanie odrosli w drugim roku życia, tylko 3 wykształciło odrosła w kierunku północnym, a aż 9 w kierunku południowym. W kierunku wschodnim i zachodnim takie pędy wykształciły odpowiednio 6 i 4 kępy.

Budowa kęp wykazywała również zróżnicowanie przestrzenne w zakresie wysokości osiąganego przez pędy odrosłowe w zależności od ich geograficznego położenia względem pędu centralnego. Odrosła w wieku od 2 do 6 lat położone na północ od pędu centralnego były relatywnie wyższe niż odrosła położone na południe. Podobnie kształtowała się wysokość pędów położonych na zachód od pędu centralnego względem pędów położonych na wschód.

Poszukiwania potencjalnych źródeł nasion rokitnika, w promieniu 1000 m od środka oddziału 302, wykazały obecność siedmiu owocujących kęp starszych niż 13 lat rosnących w oddziałach 317 i 301 (ryc. 1). Leżą one na północny zachód od środka oddziału 302. Najbliższa z nich położona jest około 250 m od granic oddziału.

W oddziale 302 odnaleziono 77 kęp rokitnika o zróżnicowanej wielkości od 1 do 790 m² łącznie zajmujących powierzchnię 0,6555 ha, co stanowi 2,73% badanej powierzchni. Strukturę wielkości kęp i ich rozmieszczenie przedstawiono na rycinie 3. Rozmieszczenie rokitnika w oddziale 302 jest nierównomierne. Najwięcej kęp zaobserwowano w północno-zachodniej części oddziału. Ponadto duża ich część jest położona w pobliżu dróg oraz na skarpach wokół zbiorników wodnych. Największe i prawdopodobnie najstarsze kępy są usytuowane wzdłuż szerokich linii oddziałowych. Wokół największej kępy (przy zbiorniku w północno-zachodniej części oddziału) występuje koncentracja mniejszych (młodszych) kęp. Może to świadczyć o tym, że kępa ta zaczęła funkcjonować jako wtórne źródło nasion.

Dyskusja

Robinson i Handel [1993, 2000] rozważając kierowanie sukcesją poprzez tworzenie ognisk sukcesji zwracają uwagę na dobór wysadzanych gatunków. Gatunki wprowadzane w takich ośrodkach powinny mieć trzy cechy. Po pierwsze powinny przyciągać ptaki, aby te przyniosły nasiona drzew i krzewów na teren rekultywowany, po drugie powinny się odznaczać dużą zdolnością do ekspansji na rekultywowany teren zarówno na drodze generatywnej, jak i wegetatywnej, i po trzecie powinny przyspieszać sukcesję roślin drzewiastych na otwartym rekultywowanym terenie.

Atrakcyjność rokitnika dla ptaków roznoszących nasiona bywa raczej źle oceniana. Muller-Schneider [1983 za Kollman 2000] zalicza rokitnik do gatunków mniej atrakcyjnych dla ptaków, których owoce częściej pozostają niezjedzone na krzewach. Zalewska [1955] wymienia wrony,

kawki, sroki, sójki, szpaki i drozdy jako gatunki odwiedzające krzewy rokitnika w poszukiwaniu owoców. Autorka pisze, że ptaki na ogół unikają owoców tego gatunku ze względu na obecność w nich kwasu mlekowego i jedzą je „tylko w największej potrzebie”, przypisując główną rolę w rozprzestrzenianiu tego gatunku anemo- i hydrochorii. Niemniej jednak autorka cytuje badania świadczące, że dzięki ornitochorii rokitnik kolonizował obszary odległe od źródeł nasion. Pearson i Rogers [1958] uważają jednak, że ornitochoria jest głównym sposobem docierania do nowych siedlisk przez rokitnik, a rozprzestrzenianie wegetatywne służy ich opanowywaniu. Bartkowiak [1970] rozszerza listę ptaków zjadających nasiona rokitnika do 17 gatunków. Zapewne atrakcyjność owoców rokitnika dla ptaków jest sprawą względną i może zależeć od podaży innego pokarmu i lokalnego składu gatunkowego awifauny. Lu i in. [2006] stwierdzili na swoim terenie badań osiemnaście gatunków ptaków zjadający nasiona tego gatunku. Dla niektórych z nich były one głównym pożywieniem w okresie zimowym. W omawianej pracy cytowane są badania z płaskowyżu lessowego w centralnych Chinach, gdzie na 49 występujących tam gatunków ptaków, 45 zjada owoce rokitnika. Prawdopodobnie na rozległych rekultywowanych terenach pozbawionych drzew i krzewów dających mięsiste owoce, znaczenie owoców rokitnika jako źródła pokarmu może wzrastać. W związku z tym krzewy rokitnika będą mogły przyciągać więcej ptaków, które będą przynosić nasiona innych gatunków drzewiastych z terenów niezdegradowanych.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że zainteresowanie owocami rokitnika ze strony zwierząt było wystarczająco duże, aby umożliwić skuteczną ekspansję tego gatunku na nowe rejony zwałowiska. Kierunek zmian zagęszczenia kęp rokitnika widoczny na rycinie 3 koresponduje ze położeniem potencjalnych źródeł nasion w oddziałach 317 i 301 (ryc. 1). Zmiana zagęszczenia krzewów rokitnika w oddziale 302 odpowiada dobrze znanemu zjawisku spadku zagęszczenia nasion (krzywa ujemna wykładnicza) wraz ze wzrostem odległości od źródła nasion. Badania ornitochorii wskazują, że największa intensywność deszczu nasion jest obserwowana w pobliżu źródeł nasion i maleje w sposób opisany malejącą krzywą wykładniczą [Alcántra i in. 2000; Kollman 2000]. Badania Hewitt i Kellman [2002] w sosnowych drzewostanach zakładanych w krajobrazie rolniczym Ontario wskazują, że szansa na pojawienie się siewki gatunku roznoszonego przez ptaki spada z 95%, gdy źródło nasion odległe jest 25 metrów od drzewostanu, do 26,8% przy odległości 175 metrów. Autorzy zwracają uwagę, że przy takiej odległości siewki spotykane były jedynie w 58% dostępnych na tym dystansie drzewostanów. Powstanie 77 nowych kęp rokitnika w oddziale 302, co najmniej 250 metrów od najbliższego źródła nasion, należy oceniać jako dowód na dużą skuteczności zoochorii jako mechanizmu dyspersji rokitnika. Skuteczność rozprzestrzeniania generatywnego rokitnika może zawdzięczać dużej produkcji nasion sięgającej 100 szt./dm pędu [Pearson, Rogers 1958]. Jak wskazują badania rozsiewu nasion, sama płodność nie przesądza o skuteczności rozsiewu [Clark i in. 1998]. Clark [1998] dowodzi, że krytyczne znaczenie dla ekspansji gatunku ma odsetek nasion, który trafia na większe odległości. To czy 250 metrów od źródła nasion padnie 0,25%, czy 0,5% nasion może mieć podstawowe znaczenie dla zdolności opanowywania nowych obszarów przez dany gatunek. Obserwacje z Bełchatowa zdają się potwierdzać, że dyspersja nasion rokitnika na terenach rekultywowanych jest wystarczająca, aby gatunek ten kolonizował nowe, nawet odległe fragmenty terenu.

Interpretacja obsiewu w oparciu o obserwacje rozmieszczenia nalotów może prowadzić do błędów w oszacowaniu jego intensywności [Nathan, Muller-Landau 2000], chociażby z powodu zróżnicowanej przeżywalności nalotów. W przypadku ornitochorii często obserwowane zmiany intensywności deszczu nasion znacznie odbiegają od teoretycznej krzywej łączącej zagęszczenia

Legenda/Legend

powierzchnia kęp rokitnika

- 1- 5 m²
- 6- 15 m²
- 16-50 m²
- 51- 100 m²
- 101- 200 m²
- 201- 500 m²
- 501- 700 m²
- above 700 m²

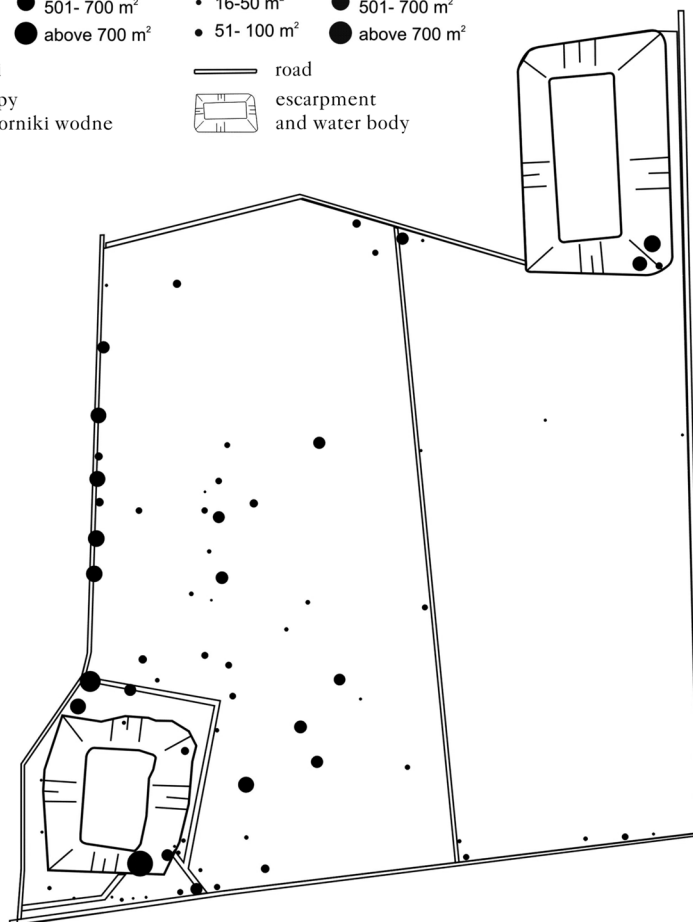
drogi

skarpy
i zbiorniki wodne

sea buethorn clump area

- 1- 5 m²
- 6- 15 m²
- 16-50 m²
- 51- 100 m²
- 101- 200 m²
- 201- 500 m²
- 501- 700 m²
- above 700 m²

road

escarpment
and water body

Ryc. 3.

Rozmieszczenie kęp rokitnika w oddz. 302 pochodzących z odsiewu naturalnego
Distribution of sea buckthorn clumps of natural regeneration from seeds

nasion z odległością [Handel 1997; Alcántra i in. 2000; Kollman 2000]. Na rycinie 3 widoczna jest koncentracja kęp rokitnika przy drogach, liniach oddziałowych i przy brzegach zbiorników wodnych. Może to być interpretowane jako wynik większej przeżywalności odnowień tego gatunku w miejscach nasłonecznionych [Zalewska 1955; Pearson, Rogers 1958], ale można to również wiązać ze specyfiką rozsiewu tego gatunku. Owocożerne gatunki ptaków w związku z poszukiwaniem pokarmu częściej penetrują luki i brzegi drzewostanów [Thompson, Willson 1978; Kollman 2000]. W związku z tym nieproporcjonalnie dużo nasion wydalanych przez ptaki trafia w te miejsca. Dla rozsiewu światłolubnego rokitnika jest to wybitnie sprzyjająca okoliczność. Niestety, dla gospodarzy terenów rekultywowanych może to poza korzyściami

oznaczać, że te ekspansywne krzewy będą często zarastały drogi. Prawdopodobieństwo takiego rozwoju sytuacji jest wysokie, biorąc pod uwagę obserwowany na zwałowisku roczny przyrost średnicy kęp rokitnika. Najprostsze i najbardziej skuteczne ograniczenie rozprzestrzeniania się rokitnika na drodze generatywnej polega na użyciu podczas zalesienia jedynie sadzonek osobników męskich tego gatunku uzyskanych na drodze rozmnażania wegetatywnego.

Kępy rokitnika wykazują cechy roślin klonalnych, które koordynują rozwój poszczególnych pędów tak, aby zwiększyć szansę na pomyślny rozwój całego złożonego organizmu [Stuefer 1998]. Badania prowadzone w Chinach [Zhao 2001] wskazują, że rozrastające się kępy zmieniają swoją strukturę w zależności od warunków wzrostu. W miejscach nasłonecznionych tworzą gęste skupienia pędów odroślowych, a w miejscach zacienionych pędy odroślowe rozmieszczone są luźno. Analiza wysokości odrośli w różnych częściach kęp ze zwałowiska kopalni Bełchatów wskazuje, że w wieku 3-6 lat są one wyższe po stronie północnej kępy niż po południowej. Aby uzyskać porównywalne warunki świetlne, wierzchołki pędów po północnej stronie kępy zawsze muszą być wyżej niż po południowej.

Badania Huang [2001] wskazują, że kępy silniej się rozrastają w kierunku luk lub brzegu lasu. Pomiarów wykonanych na zwałowisku wskazują, że kępy szybciej się rozrastają w kierunku południowym niż w północnym. Pomiarów dokonywano w terenie otwartym na kępach nieocienianych przez wyższą roślinność drzewiastą. Przypuszczalnie asymetryczny rozwój kęp wynika z inwestowania większej ilości zasobów kępy po nasłonecznionej południowej jej części niż po stronie północnej ocienianej przez kępę.

Tempo rozrastania się kęp na zwałowisku kopalni Bełchatów wahało się w granicach 80-104 cm rocznie i było porównywalne do publikowanych wyników badań [Huang 2001]. Biorąc pod uwagę średni promień kępy osiągnięty po pięciu latach (356 cm), aby ustabilizować w ciągu 5 lat powierzchnię 1 ha, wystarczyłoby posadzić na niej w wieżbie trójkątnej o boku 7 m tylko 235 sadzonek rokitnika. W praktyce ten potencjał może być ograniczany przez czynniki powodujące śmiertelność pojedynczych sadzonek, a w szczególności lokalny poziom pH podłoża [Bolibok i in. 2008].

Klonalny charakter kęp rokitnika, daje mu dużą przewagę nad innymi roślinami mogącymi się pojawić w drodze sukcesji naturalnej na zwałowisku. Pędy odroślowe, korzystające ze wsparcia całej rośliny, osiągają średnio 40 cm wysokości w pierwszym roku życia na zwałowisku (maksymalnie 74 cm). Siewki rokitnika w sprzyjających warunkach w pierwszym roku osiągają do 40 cm wysokości [Zalewska 1955], więc nie mogą równie skutecznie konkurować o światło z innymi roślinami. Rozprzestrzenianie wegetatywne może być szczególnie przydatne w przypadku rekultywacji drogą sukcesji kierowanej, gdy przy małej liczbie wysadzonych drzew duże obszary zwałowiska mogą pokrywać się roślinnością trawiastą. Badania ekspansji rokitnika na terenach wydmy [Isermann i in. 2007] wskazują, że skutecznie wypiera on roślinność trawiastą. Z drugiej strony te same badania wskazują, że zarośla rokitnika stwarzają dogodne warunki do kolonizacji wydmy przez inne rośliny zielne. Dzieje się tak co najmniej z dwóch powodów. Po pierwsze, ściółka rokitnika wzbogaca glebę w azot [Pearson, Rogers 1962; Hopkins 1996 za Isermann 2007], po drugie zarośla rokitnika ze względu na dużą światłoządnosć tego gatunku, mają stosunkowo umiarkowane zwarcie, pozostawiając wystarczająco dużo światła dla rozwoju innych roślin, szczególnie we wcześniejszych etapach zarastania. Jak wskazują badania Bajorek-Zydroń i in. [2007] mała zawartość przyswajalnych związków w glebie jest głównym czynnikiem pokarmowym ograniczającym wzrost odnowień sosnowych na zwałowisku KWB Bełchatów. Wzbogacanie gleby w azot jest szczególnie ważną właściwością zarośli rokitnika z punktu widzenia kierowania sukcesją. Można to traktować jako przykład modelu ułatwiania

[Conell, Slatyer 1977], w którym obecność jakiegoś gatunku na wcześniejszym etapie sukcesji ułatwia pojawienie się kolejnym gatunkom.

Wśród autorów panuje dość zgodny pogląd, że związku z dużą światłożądnością zarośla rokitnika ustępują wyższej roślinności drzewiastej. Zalewska [1955] podaje, że we wnętrzu starszych kęp mogą obsiewać się olsze i wierzy, szybko ocieniając i wypierając rokitnik. Wsiewająca się sosna, zdaniem Zalewskiej [1955] wolniej wypiera rokitnik, gdyż gorzej ocienia glebę. Sandberg [1937 za Zalewska 1955] opisuje stopniowe (w ciągu 30-50 lat) wypieranie zarośli rokitnikowych przez sosnę i świerk na północnych wybrzeżach Bałtyku. Również w Alpach po dłuższym czasie od zaburzenia, które otworzyło substrat do kolonizacji przez rokitnika, ustępuje on na korzyść sosny [Köppen 1888; Drude 1856 za Pearson, Rogers 1958]. Także jawor [Pearson, Rogers 1958] oraz buk [Meusel 1943b za Pearson, Rogers 1958] mogą odnawiać się w zaroślach rokitnika. Ten ostatni gatunek wypiera często rokitnik na nadmorskich klifach w Polsce [Kornaś 1972]. Obserwowane w naturze wypieranie rokitnika przez gatunki drzewiaste jest zazwyczaj procesem długotrwałym i może być zastosowane w procesie kierowania sukcesją na zwałowisku tylko wtedy, gdy nie ma konieczności szybkiego tworzenia drzewostanu. Ponadto w większości opisywanych przypadków rośliny drzewiaste kolonizują zarośla rokitnika z przylegających drzewostanów, które ocieniają rokitnika i są źródłem nasion. Aby taki proces powtórzył się na terenie rekultywowanym, konieczna jest obecność drzewostanu na terenie przylegającym. Jeżeli jej brak, bądź rekultywowany teren jest bardzo rozległy, koniecznym wydaje się tworzenie razem z wysadzeniem rokitnika kęp drzew, które w przyszłości będą źródłem nasion.

Podsumowanie

Czasowe zwałowisko zewnętrzne wznoszone przy odkrywce Szczerców może być idealnym poligonem do badania rekultywacji drogą sukcesji kierowanej. Zgromadzony tam nadkład ma zostać rozproszony do wypłylenia wyrobisk Bełchatów i Szczerców po zakończeniu eksploatacji węgla. Ze względu na tymczasowość zwałowisko zewnętrzne odkrywki Szczerców nie będzie zalesiane: wykonana zostanie jedynie przeciwerozyjna obudowa biologiczna roślinnością zielną, która zabezpieczy powierzchnię wierzchowiny, półek i skarp przed niszczącym działaniem wiatru i wód opadowych [Limanówka 2006]. Podjęcie prób sterowania procesem sukcesji roślin drzewiastych na tym obiekcie, w przypadku niepowodzenia nie stworzy problemu gospodarczego, a w wypadku powodzenia może być sensownym wyjściem awaryjnym na wypadek braku funduszy na rozbiorę zwałowiska czasowego. Ze względu na duże zdolności do ekspansji, jak też przekształcania siedliska, rokitnik wydaje się być gatunkiem przydatnym w takim postępowaniu. Ewentualne koszty takiego eksperymentu również nie powinny być wysokie, ponieważ zakładanie ognisk sukcesji złożonych z kęp drzew i krzewów stanowi mały ułamek kosztów zwykłego zalesiania. Ekspansja wegetatywna rokitnika pozwala mu na skuteczne konkurowanie z roślinnością zielną, natomiast na drodze ekspansji generatywnej ma on szansę opanowywać świeżo usypane poziomy zwałowiska. Z drugiej strony pozytywny wpływ tego gatunku na powstające na zwałowisku gleby, połączone z małą zdolnością do konkurowania z wyższą roślinnością drzewiastą, może sprawić, że będzie on promotorem sukcesji roślin drzewiastych na tym terenie.

Literatura

Alcántra J. M., Rey P. J., Valera F., Sánchez-Lafuente A. M. 2000. Factors shaping the seedfall pattern of a bird-dispersed plant. *Ecology* 81 (7): 1937-1950.

- Bajorek-Zydrón K., Krzaklewski W., Pietrzykowski M. 2007. Ocena zaopatrzenia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w składniki pokarmowe w warunkach zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”. *Górnictwo i Geoinżynieria* 31 (2): 67-74.
- Bartkowiak S. 1970. Orintochoria rodzimych i obcych gatunków drzew i krzewów. *Arboretum Kórnickie* 15: 237-261.
- Bolibok L., Kowalczyk M., Szeligowski H. 2008. The influence of substratum pH level on growth of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) of the external spoil bank of the Bełchatów Brown Coal Mine. *Acta Scientorum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 7 (4).
- Clark J. S. 1998. Why trees migrate so fast confronting theory with dispersal biology and paleorecord. *The American Naturalist* 152 (2): 204-224.
- Clark J. S., Macklin E., Wood L. 1998. Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Appalachian forests. *Ecological Monographs* 68 (2): 213-235.
- Connell J. H., Slatyer R. O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111: 1119-1144.
- Harrington C. A. 1999. Forests planted for ecosystem restoration or conservation. *New Forests* 17 (1-3): 175-190.
- Hewitt N., Kellman M. 2002. Tree seed dispersal among forest fragments: II. Dispersal abilities and biogeographical controls. *Journal of Biogeography* 29: 351-363.
- Hodacova D., Prach K. 2003. Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation versus spontaneous vegetation. *Restoration Ecology* 11: 385-391.
- Holl K. D. 2002. Long-term vegetation recovery on reclaimed coal surface mines in the eastern USA. *J. Appl. Ecol.* 39 (6): 960-970.
- Huang B. 2001. The Edge Dispersal Clone Population Regulation of *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in the Mu Us Sandland. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)* 2001/02.
- Isermann M., Diekmann M., Heemann S. 2007. Effects of the expansion by *Hippophaë rhamnoides* on plant species richness in coastal dunes. *Applied Vegetation Science* 10: 33-42.
- Kornaś J. 1972. Zespoły wydm nadmorskich i śródlądowych. W: Szafer W., Zarzycki K. [red.] *Szata roślinna Polski* tom 1. PWN, Warszawa. 297-309.
- Krzaklewski W. 1995. Metoda sukcesji kierowanej w działalności rekultywacyjnej (Land reclamation by initial vegetation). *Postępy techniki w leśnictwie* 56: 5-9.
- Krzaklewski W., Wójcik J. 1995. Doskonalenie technologii rekultywacji biologicznej i kształtowania biotopu dla leśnego zagospodarowania zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”. *Maszynopis*. AGH Kraków.
- Kollman J. 2000. Dispersal of fleshy-fruited species: a matter of spatial scale? Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 3 (1): 29-51.
- Limanówka J. 2006. Rekultywacja terenów pogórnich w BOT KWB Bełchatów Spółka Akcyjna. *Węgiel Brunatny*. Kwartalny Biuletyn Informacyjny. 1/54.
- Lu X., Sun K., Ma R., Zhang H., Su X., Wang M. 2006. Fruits foraging patterns and seed dispersal effect of frugivorous birds on *Hippophae rhamnoides sinensis*. *Front. Biol. China* 3: 318-322.
- Nathan R., Muller-Landau H. C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution* 15 (7): 278-285.
- Nita J., Myga-Piątek U. 2006. Krajobrazowe kierunki zagospodarowania terenów pogórnich. *Przegląd Geologiczny* 54 (3): 256-262.
- McClanahan T. R. 1986. Seed dispersal from vegetation islands. *Ecological Modelling* 32: 301-309.
- McClanahan M. J., Wolfe R. W. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape; the role of birds and perches. *Conservation Biology* 7: 279-288.
- Moody, M. E., Mack R. N. 1988. Controlling the spread of plant invasions: the importance of nascent foci. *Journal of Applied Ecology* 25: 1009-1021.
- Operat glebowo-siedliskowy Nadleśnictwo Bełchatów. 1989. Bełchatów.
- Pająk M., Forgiel M., Krzaklewski W. 2004. Growth of trees used in reforestation of a northern slope of the external spoil bank of the „Bełchatów” Brown Coal Mine. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry, Volume 7, Issue 2*.
- Pearson M. C., Rogers J. A. 1958. Biological flora of the British Islands. No 85. *Hippophaë rhamnoides* L. *Journal of Ecology* 50: 501-513.
- Pietrzykowski M. 2005. Charakterystyka wybranych cech roślinności drzewiastej na terenach rekultywowanych oraz pozostawionych procesowi sukcesji na przykładzie powierzchni badawczych na wyrobisku kopalni piasku „Szcakowa”. *Acta Agraria et Silvestria. Series Silvestris* 43: 3-26.
- Robinson G. R., Handel S. N. 1993. Forest restoration on a closed landfill: rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology* 7: 271-278.
- Robinson G. R., Handel S. N. 2000. Directing spatial patterns of recruitment during an experimental urban woodland reclamation. *Ecological Applications* 10: 174-188.
- Stuefer J. F. 1998. Two types of division of labour in clonal plants: benefits, costs and constraints. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 1(1): 47-60.

- Thompson J. N., Willson M. F. 1978. Disturbance and the dispersal of fleshy fruits. *Science* 200: 1161-1163.
- Tischew S., Kirmer A. 2007. Implementation of Basic Studies in the Ecological Restoration of Surface-Mined Land. *Restoration Ecology* 15 (2): 321-325
- Torbert J. L., Schoenholtz S. S., Burger J. A., Kreh R. E. 2000. Growth of three pine species after eleven years on reclaimed mine soils in Virginia. *N. J. Appl. For.* 17 (3): 1-5.
- Yarranton G. A., Morrison R. G. 1974. Spatial dynamics of a primary succession. *Nucleation. Journal of Ecology* 62: 416-428.
- Zalewska Z. 1955. Rokitnik zwyczajny (*Hippophaë rhamnoides* L.). *Rocznik Dendrologiczny* 10: 353-376.
- Zhao Y. 2001. Studies on the clonal growth pattern and biomass allocation of *Hippophaë rhamnoides* L. subsp. *sinensis* population in Mu Us Sandland. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry* 2001/02.

SUMMARY

Assessment of vegetative and generative expansion of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) on outer dumping ground of Bełchatów lignite mine in terms of its application in directed succession reclamation process

In this paper generative and vegetative expansion of sea buckthorn was examined on outer dumping ground of Bełchatów lignite mine and potential use of this species for directed succession during reclamation process. One of many forms of directed succession is establishment of succession foci, through group planting of tree species. Robinson and Handel [1993, 2000] stressed the importance of proper selection of planted species, which should respect three important characteristics: (1) attractiveness for birds - important dispersion agents of seeds from external sources over reclaimed land, (2) big potential for vegetative and generative expansion and (3) promotion of succession of another tree species on reclaimed land. Potentially sea buckthorn reveals all of those features.

Sea buckthorn specimens of generative origin were sought in compartment 302 placed on dumping ground plateau (fig. 1), where this species was not planted during reclamation. The closest seed source is placed about 250 meters from compartment borders. 77 colonies were found inside the compartment. Such a big number should be seen as evidence of huge potential of sea buckthorn for generative dispersion (see Hewitt and Kellman [2002]). New colonies grew mostly on tree stand borders, along roads and water bodies. Such a placement could be the effect of high light demands of sea buckthorn. This pattern also could reflect ornithochory as a dominant way of generative spread of this species. Frugivorous birds often penetrate tree stand borders than interior.

Analysis of vegetative spread rate of sea buckthorn colonies showed that their radius increases about 1 m a year. Clonal nature of sea buckthorn colonies gives this species big competitive advantage over another plants capable to colonize a dumping ground during succession. Vegetative spread could be especially useful during reclamation by means of directed succession. When only small number of trees is planted the rest of area could be covered by very competitive grasses. Shoots sprouting from roots, due to supplies from colony reach average height of 40 cm (max. 70 cm) during the first year of growth. However this potential advantage above grasses could be constrained by factors responsible for die-back of initially planted specimens, especially by substratum pH level [Bolibok et al. 2008].

Research of Bajorek-Zydroń et al. [2007] showed that low content of nitrogen compounds suitable for plants is the main factor limiting growth of Scots pine afforestation on the dumping ground near Bełchatów. Soil enrichment with nitrogen made by sea buckthorn is especially important for directed succession. It could be seen as an example of facilitation model [Connell,

Slatyer 1977], when the presence of one species in early succession stages facilitates establishment of another in further succession stages.

Currently new dumping ground is being built near Szczerców coalfield. It is not the subject of afforestation due to its temporary character. The ground is design to be dismantled in the future after coal exploitation. This makes a good opportunity to test there directed succession of tree species with no negative consequences of possible fail. On the other hand the successful afforestation could be handy rescue in case of funds shortage for dumping ground dismantling. The specific features of sea buckthorn make this species especially useful for such experiment.