

## Wzrost odnowień na gruntach porolnych prowadzonych w ramach przebudowy drzewostanu metodą sztucznych luk

Growth of broadleaved species on post-agricultural lands introduced during the process of stand conversion with a use of artificial gaps

Tadeusz Zachara 

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Tel. +48 22 7150686; e-mail: T.Zachara@ibles.waw.pl

**Abstract.** This paper presents results on the restoration of Scots pine stands established on post-agricultural lands undergoing conversion into mixed stands. Sessile oak (*Quercus petraea*), common beech (*Fagus sylvatica*) and small-leaved lime (*Tilia cordata*) seedlings were planted in artificially created gaps (0,02 ha to 0,05 ha each) cut in six experimental plots (Forest Districts: Bielsk, Krynki, Sobibór, Dobieszyn, Skrwilno and Łupawa) located in 20–25-years-old pine stands. The experimental plots were spread across northern, central and eastern Poland and affected by root-rot fungus (*Heterobasidion annosum*). Nine years after planting, the number of individual trees and shrub species, their height sum and average height were calculated for fenced artificial gaps (LSO) as well as non-fenced artificial gaps (LSN) and compared to natural gaps (LN) and non-disturbed neighboring stands (D). Results were calculated separately for the planted species (oak, lime and beech) but combined for all other species. The results indicate satisfactory restoration in all of the investigated plots except in Krynki, which is located in a relatively poor site. Significant differences appeared between height sum as well as average height of planted species in fenced compared to non-fenced gaps. Furthermore, in both, natural and artificial gaps, the species composition of the young generation was enriched with natural regeneration of pioneer species, mainly silver birch (*Betula pendula*), rowan (*Sorbus aucuparia*) and aspen (*Populus tremula*).

**Keywords:** Scots pine, root-rot fungus, forest conversion, sessile oak, common beech, small-leaved lime

**Słowa kluczowe:** sosna zwyczajna, huba korzeni, przebudowa drzewostanu, dąb bezszypułkowy, buk zwyczajny, lipa drobnolistna

### 1. Wstęp i cel pracy

Hodowla lasu na gruntach porolnych jest jednym z największych wyzwań współczesnej gospodarki leśnej. Znaczną część drzewostanów porastających te obszary stanowią nasadzenia młode, wprowadzone po roku 1995 w ramach Krajowego Programu Wzrostu Lesistości (MOŚZNiL 1995; Kaliszewski et al. 2016). Podobnie jak w przypadku wcześniejszych zalesień, powstały duże powierzchnie jednowiekowych drzewostanów, w przeważającej części sosnowych *Pinus sylvestris* L. w równym stopniu zagrożonych infekcją wywołaną przez korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – sprawcę huby korzeni. Od dawna poszukuje się metod bezpiecznej hodowli drzewostanu w warunkach zagrożenia tym patogenem. Wcześniejsze doświadczenia wykazały, że podczas cięć sanitarnych należy uwzględnić tzw. strefę infekcji utajonej sięgającą 4–6 m w głąb drzewostanu (Sobczak 1990).

Jednym ze sposobów przeciwdziałania destrukcji młodych drzewostanów, wykorzystującym tę wiedzę, jest działanie uprzedzające, polegające na tworzeniu sztucznych luk w miejscu zaobserwowania pierwszych symptomów choroby oraz posadzeniu w nich gatunków liściastych, przy równoczesnym zastosowaniu biologicznej ochrony pniaków za pomocą grzyba konkurencyjnego wobec patogenu – *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich. Metoda ta (Sierota, Małecka 2004) została wdrożona pilotażowo w latach 2008–2011 pod nadzorem Instytutu Badawczego Leśnictwa na terenie 11 nadleśnictw północnej, centralnej i wschodniej Polski. Uzyskane w rezultacie tych wieloaspektowych badań wyniki ilustrowały zmiany zachodzące w przebudowywanych drzewostanach przez pierwsze trzy lata od powstania luk, dotyczące dalszego wydzielania się sosen, składu mikoflory i entomofauny glebowej i wzrostu odnowień (Sierota 2011). Po 9 latach od rozpoczęcia badań zespół pod kierunkiem prof. Sieroty wykonał na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

Wpłynęło: 4.10.2019 r., zrecenzowano: 13.11.2019 r., zaakceptowano: 19.11.2019 r.

projekt badawczy pt. „Przebudowa częściowa zagrożonych hubą korzeni monokultur sosnowych na gruntach porolnych z wykorzystaniem preparatu Rotstop”. Jednym z realizowanych w ramach projektu zadań było określenie dynamiki naturalnych i sztucznych odnowień w naturalnych i sztucznych lukach oraz w drzewostanie porównawczym w celu oceny skuteczności przebudowy drzewostanów sosnowych przy zastosowaniu wymienionej wyżej metody.

## 2. Obiekt i metoda badań

Pomiary prowadzono na 6 powierzchniach obserwacyjnych, na których w minionym okresie zachowano ciągłość metodyczną i systematyczność w wykonywaniu pomiarów (tab. 1).

Na każdej powierzchni znajdowały się 4 warianty doświadczenia:

- D – drzewostan porównawczy (sąsiadujący fragment drzewostanu o powierzchni 2 arów, bez oznak porażenia),
- LN – luka naturalna (fragment drzewostanu z wypadami spowodowanymi przez hubę korzeni, z pojawiającym się odnowieniem naturalnym),
- LSN – luka sztuczna, wykonana przez usunięcie uszkodzonego drzewostanu, obsadzona 2-letnimi sadzonkami gatunków docelowych (dąb bezszypułkowy, buk, lipa drobnolistna), w zmieszaniu jednostkowym, nieogrodzona.
- LSO – luka sztuczna, wykonana i obsadzona jak wyżej, ogrodzona siatką metalową.

Na powierzchniach Bielsk, Krynki i Sobibór przeciętna więźba sadzenia wynosiła 1,5×1,0 m, a na powierzchniach Dobieszyn, Łupawa i Skrwilno 1,5×1,5 m (z lokalnymi odchyleniami sięgającymi 20%). Sadzenie zostało przeprowadzone wiosną 2008 roku.

Wyniki przedstawione w niniejszym opracowaniu pochodzą z pomiarów wykonanych późną jesienią roku 2016 (Dobieszyn, Skrwilno) oraz na przedwiośniu roku 2017 (Bielsk, Krynki, Łupawa, Sobibór), czyli po 9 sezonach wegeta-

cyjnych od momentu założenia upraw. W każdym z obiektów dokonano pomiarów wysokości wszystkich odnowień sztucznych i naturalnych z dokładnością do 5 cm, z uwzględnieniem gatunków krzewiastych i drzewiastych. Ze względu na różnice w wielkości luk (których powierzchnia wahała się od 2 do 5 arów) przedstawiono liczebność odnowień w przeliczeniu na 1 ar. Obliczono również „sumę wysokości” odnowień w cm na 1 m<sup>2</sup> oraz średnią wysokość odnowień (w cm). Wyniki zestawiono osobno: dla gatunków docelowych (Db, Bk, Lp), dla pozostałych gatunków drzewiastych oraz dla gatunków krzewiastych.

Wyniki analizowano przy użyciu pakietu Statistica 10 (StatSoft 2011), według procedury „ANOVA dla efektów głównych” jako źródła zmienności, traktując dwie zmienne (wariant i powierzchnia). Różnice między średnimi porównywano testem Tukeya.

Analiz nie przeprowadzono jedynie dla gatunków krzewiastych, z uwagi na nierównomierność rozkładu danych.

## 3. Wyniki badań

### 3.1. Gatunki docelowe

Analiza wariancji wykazała istotność różnic między lukami sztucznymi a luką naturalną i drzewostanem porównawczym pod względem liczebności. Jeśli chodzi o sumę wysokości i średnią wysokość, istotna różnica wystąpiła między luką sztuczną ogrodzoną a pozostałymi wariantami doświadczenia (tab. 2).

Różnice między poszczególnymi powierzchniami (tab. 3) okazały się nieistotne. Ze względu na układ doświadczenia nie było możliwe obliczenie interakcji między obydwojema czynnikami (wariant i powierzchnia), jednak pewne tendencje można dostrzec na załączonych rycinach (ryc. 1–3).

Na powierzchni Bielsk posadzono dąb z niewielkim udziałem lipy. Udatność tej uprawy okazała się bardzo wysoka, przy czym w luce ogrodzonej drzewka wykazały po

**Tabela 1. Lista powierzchni doświadczalnych, na których przeprowadzono przebudowę metodą sztucznych luk**

Table 1. List of experimental plots subjected to restoration with a use of artificial gaps method

RDLP Regional Directorate of the State Forests	Nadleśnictwo Forest District	Leśnictwo Forest Subdistrict	Oddz. Forest Comp.	STL Site type	Bonitacja sosny Site index	Wiek* Age*	Posadzone gatunki Planted species
Białystok	Bielsk	Jelonka	55i	BMśw	Ia	29	Db, Lp
Białystok	Krynki	Kruszyniany	563f	BMśw	I	33	Db, Lp
Lublin	Sobibór	Dubnik	19l	BMśw	Ia	33	Db
Radom	Dobieszyn	Strzyżyna	177Bh	BMśw	I	36	Bk, Db, Lp
Szczecinek	Łupawa	Świąchowo	308i	Bśw	Ia	33	Bk
Toruń	Skrwilno	Huta	259a	BMśw	Ia	35	Bk

**Objaśnienia** /Denotes: **BMśw** – fresh mixed coniferous forest, **Bśw** – fresh coniferous forest, **Db** – oak, **Lp** – lime, **Bk** – beech

\* **Wiek drzewostanu przy ostatnim pomiarze** / Stand age at the last measurement

**Tabela 2. Cechy biometryczne odnowień w lukach naturalnych, sztucznych i w drzewostanie porównawczym po 9 latach doświadczenia**  
 Table 2. Biometrical features of regeneration in natural and artificial gaps in comparison to neighboring stand after 9 years of experiment

Wariant Treatment	Gatunki docelowe Target species			Pozostałe gatunki drzewiaste Other tree species		
	N [szt./ar] N [pcs./ar]	SH [cm/m <sup>2</sup> ]	H <sub>sr</sub> [cm]	N [szt./ar] N [pcs./ar]	SH [cm/m <sup>2</sup> ]	H <sub>sr</sub> [cm]
	D	2 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	77,0 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	8,6 <sup>a</sup>
LN	3 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	122,4 <sup>a</sup>	12 <sup>ab</sup>	34,1 <sup>a</sup>	217,1 <sup>a</sup>
LSN	25 <sup>b</sup>	23,2 <sup>a</sup>	97,4 <sup>a</sup>	22 <sup>b</sup>	36,5 <sup>a</sup>	148,5 <sup>a</sup>
LSO	30 <sup>b</sup>	65,2 <sup>b</sup>	211,5 <sup>b</sup>	17 <sup>ab</sup>	26,6 <sup>a</sup>	143,2 <sup>a</sup>

D – drzewostan sąsiadujący, LN – luka naturalna, LSN – luka sztuczna nieogrodzona, LSO – luka sztuczna ogrodzona, N – liczba drzew, SH – suma wysokości, H<sub>sr</sub> – średnia wysokość, <sup>ab</sup> – grupy jednorodne

D – neighboring stand, LN – natural gap, LSN – non-fenced artificial gap, LSO – fenced artificial gap, N – number of trees, SH – height sum, H<sub>sr</sub> – mean height, <sup>ab</sup> – homogenous groups

**Tabela 3. Cechy biometryczne odnowień na 6 powierzchniach po 9 latach doświadczenia**  
 Table 3. Biometrical features of regeneration on 6 plots after 9 years of experiment

Nadleśnictwo Forest District	Gatunki docelowe Target species			Pozostałe gatunki drzewiaste Other tree species		
	N [szt./ar] N [pcs./ar]	SH [cm/m <sup>2</sup> ]	H <sub>sr</sub> [cm]	N [szt./ar] N [pcs./ar]	SH [cm/m <sup>2</sup> ]	H <sub>sr</sub> [cm]
	Bielsk	21 <sup>a</sup>	42,8 <sup>a</sup>	88,9 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	26,4 <sup>ab</sup>
Krynki	14 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>	48,6 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	74,8 <sup>a</sup>
Sobibór	13 <sup>a</sup>	21,0 <sup>a</sup>	181,3 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	23,1 <sup>ab</sup>	323,7 <sup>b</sup>
Dobieszyn	14 <sup>a</sup>	20,7 <sup>a</sup>	141,5 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	71,1 <sup>b</sup>	293,2 <sup>ab</sup>
Łupawa	12 <sup>a</sup>	20,4 <sup>a</sup>	153,2 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	12,8 <sup>ab</sup>	147,6 <sup>ab</sup>
Skrwilno	15 <sup>a</sup>	28,6 <sup>a</sup>	148,9 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	20,3 <sup>ab</sup>	93,7 <sup>a</sup>

Oznaczenia jak w tabeli 2 / Denotes as in table 2

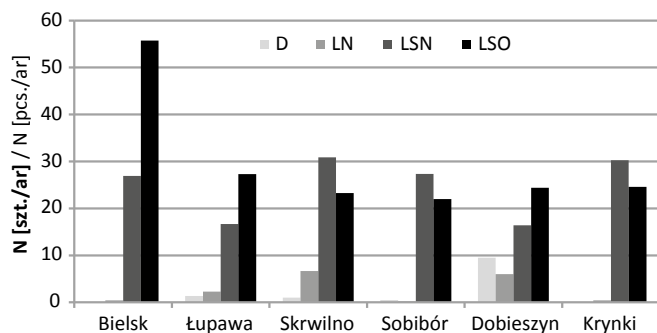
9 latach dwukrotnie większą liczebność (ryc. 1), 7-krotnie większą sumę wysokości (ryc. 2) i trzykrotnie większą wysokość (ryc. 3) w porównaniu z luką nieogrodzoną. Na powierzchni Łupawa sadzonym gatunkiem był buk, natomiast dąb, traktowany jako gatunek docelowy, pochodził z samosiewu. Najwyższa liczebność pożądanych gatunków charakteryzowała lukę sztuczną ogrodzoną, nieco mniejsza – nieogrodzoną (ryc. 1), natomiast średnia wysokość drzewek była zdecydowanie wyższa w luce ogrodzonej (ryc. 3).

Na powierzchni Skrwilno posadzony buk przyjął się dobrze i (podobnie jak w Łupawie) został uzupełniony samosiewem dębu. Większa suma wysokości (ryc. 2) i średnia wysokość drzewek w luce ogrodzonej w porównaniu z nieogrodzoną (ryc. 3) wskazuje na duże znaczenie czynnika zgryzania. Na powierzchni Sobibór jedynym wprowadzanym gatunkiem był dąb, który napotkał na silną konkurencję, zwłaszcza ze strony jarzębiny i czeremchy amerykańskiej. Po przeprowadzonych czyszczeniach nacisk konkurencyjny

niewiele zmalał. Pod względem liczebności więcej było odnowień dębu w luce sztucznej nieogrodzonej (ryc. 1), natomiast lepszym wzrostem charakteryzowały się one, zgodnie z oczekiwaniami, w luce ogrodzonej (ryc. 2, 3).

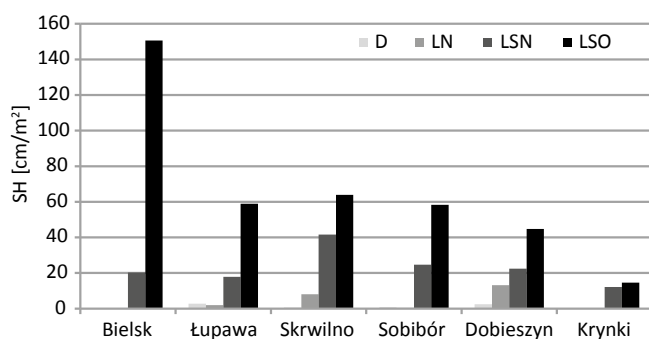
Na powierzchni Dobieszyn sadzone były wszystkie 3 gatunki, ponadto dąb pojawiał się samosiewnie. Najmniejszą liczebność dębu odnotowano w luce naturalnej (ryc. 1). Mimo to średnia wysokość dębu była tam najwyższa, gdyż był on starszy od tego, który posadzono w lukach sztucznych (ryc. 3). Wzrost w luce ogrodzonej okazał się nieznacznie szybszy w porównaniu z nieogrodzoną.

Na powierzchni Krynki posadzone gatunki (dąb i lipa) cechowały się powolnym wzrostem, co mogło wynikać z warunków siedliskowych (stosunkowo niska bonitacja sosny, mimo że siedliskowy typ lasu określono jako bór mieszany świeży). Zarówno suma wysokości (ryc. 2), jak i średnia wysokość (ryc. 3) docelowych gatunków były niskie, bez względu na to, czy rosły one w luce ogrodzonej czy nieogrodzonej.



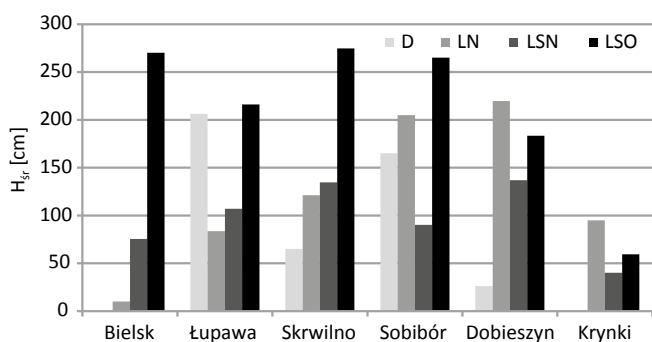
**Rycina 1. Liczebność gatunków docelowych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 1. Number of target trees 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots



**Rycina 2. Suma wysokości gatunków docelowych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 2. Height sum of target trees 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots



**Rycina 3. Średnia wysokość gatunków docelowych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 3. Mean height of target trees 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots

Relacje między poszczególnymi gatunkami traktowanymi jako docelowe ilustruje tabela 4, zawierająca minimalną, maksymalną oraz średnią wysokość odnowień tych gatunków w lukach sztucznych. Jak zaznaczono w rozdz. 2, skład gatunkowy odnowień różnił się między powierzchniami, można jednak zauważyć pewne tendencje, możliwe do zweryfikowania w kolejnych doświadczeniach. Na po-

wierzchni Bielsk lipa nieznacznie przewyższała wzrostem dąb w obu typach luk. W Łupawie sadzony buk nie różnił się pod względem cech biometrycznych z towarzyszącym mu samosiewnym dębem, podczas gdy w Skrwilnie znacznie go przewyższał. W Sobiborze spośród wszystkich trzech gatunków znaczenie miał jedynie dąb, pojedyncze egzemplarze lipy pochodziły z samosiewu. W Dobieszynie najszybszym wzrostem w obu lukach sztucznych charakteryzował się buk, najwolniejszym zaś dąb w luce nieogrodzonej, a lipa w luce ogrodzonej. W Krynkach oba posadzone gatunki (dąb i lipa) wzrastały wolno w obu typach luk. Podobnie jak w Dobieszynie, wolniejszy wzrost lipy miał miejsce w luce nieogrodzonej, a dębu – w ogrodzonej.

### 3.2. Domieszkowe gatunki drzewiaste

Liczebność domieszkowych gatunków drzewiastych przewyższała liczebność gatunków docelowych w drzewostanie porównawczym i w luce naturalnej, natomiast była od niej niższa w luce ogrodzonej i nieogrodzonej. Istotne różnice wystąpiły między luką sztuczną nieogrodzoną a drzewostanem porównawczym (tab. 2). Średnia wysokość domieszek była we wszystkich wariantach wyższa w porównaniu z gatunkami wprowadzanymi jako docelowe, z wyjątkiem luki sztucznej ogrodzonej. Analiza wariancji nie wykazała różnic między wariantami doświadczenia. Podobnie było w przypadku sumy wysokości tych gatunków.

Różnice między powierzchniami pod względem liczebności odnowień domieszkowych były nieistotne (tab. 3), choć można zauważyć niską liczebność na powierzchniach Krynki i Łupawa we wszystkich wariantach oraz dość wysoką na powierzchni Bielsk, w luce sztucznej nieogrodzonej (ryc. 4). Istotne różnice wykazano natomiast pod względem sumy wysokości tej grupy gatunków między powierzchniami Krynki i Dobieszyn (tab. 3).

Stwierdzono też istotne różnice pod względem średniej wysokości (tab. 3). Najniższe wartości przyjmowała ona na powierzchniach Krynki, Bielsk i Skrwilno, natomiast najwyższe na powierzchni Sobibór. Na tej ostatniej powierzchni wysoką wartość miała średnia wysokość domieszek w luce naturalnej, sztucznej ogrodzonej i w drzewostanie (ryc. 6) Wysokie wartości zanotowano także w drzewostanie i w luce naturalnej na powierzchni Dobieszyn.

### 3.3. Gatunki krzewiaste

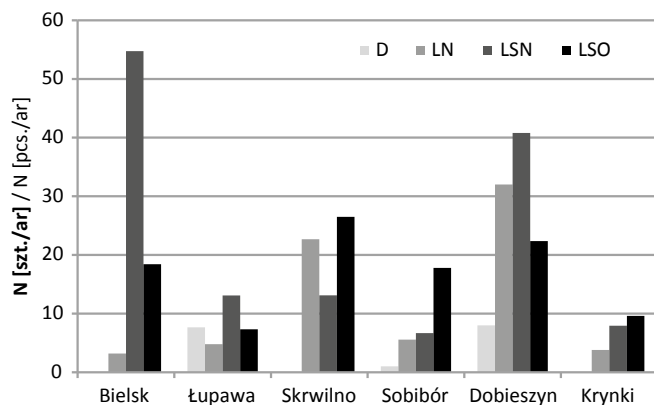
Domieszkowe gatunki krzewiaste, przede wszystkim krużyna i czeremcha amerykańska, w dużej liczbie wystąpiły tylko na powierzchniach Skrwilno i Sobibór. Na powierzchni Łupawa nie wystąpiły w ogóle, a na pozostałych powierzchniach miały znaczenie marginalne (ryc. 7).

Suma wysokości tych gatunków przyjęła wysokie wartości w drzewostanie porównawczym na powierzchni Skrwilno oraz w luce naturalnej na powierzchni Sobibór (ryc. 8).

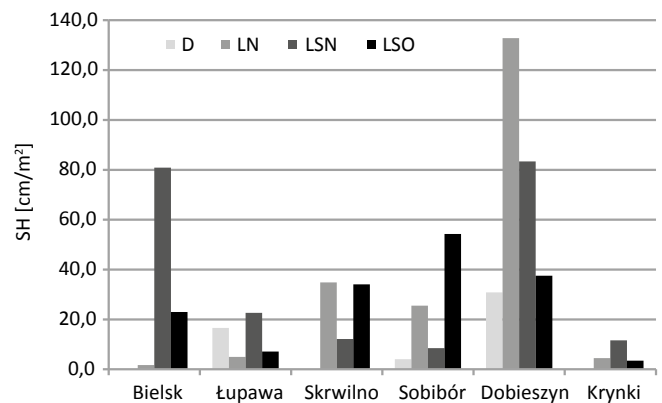
Średnia wysokość egzemplarzy tych gatunków przyjmowała największe wartości w drzewostanie na powierzchni

**Tabela 4. Wysokość gatunków docelowych na poszczególnych powierzchniach w lukach sztucznych**  
 Table 4. Height of target species on particular plots in artificial gaps

Powierzchnia Plot	Gatunek Species	LSN non-fenced plot			LSO fenced plot		
		min	max	średnia mean	min	max	średnia mean
Bielsk	Db / oak	25	165	71,0	35	540	267,6
	Lp / lime	25	170	98,4	70	530	291,2
Łupawa	Bk / beech	35	250	107,0	45	525	225,8
	Db / oak	60	150	107,3	35	345	162,6
Skrwilno	Bk / beech	25	260	143,1	85	430	284,1
	Db / oak	25	70	44,6	75	160	115,0
Sobibór	Db / oak	30	310	90,2	55	560	265,1
	Lp / lime	75	75	75,0	-	-	-
	Bk / beech	15	580	264,2	110	400	253,6
Dobieszyn	Db / oak	55	225	107,9	20	360	173,0
	Lp / lime	145	470	154,1	40	155	99,4
Krynki	Db / oak	10	145	40,5	10	250	56,9
	Lp / lime	15	95	34,9	15	140	65,6



**Rycina 4. Liczebność domieszkowych gatunków drzewiastych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**  
 Figure 4. Number of admixture trees 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots



**Rycina 5. Suma wysokości domieszkowych gatunków drzewiastych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**  
 Figure 5. Height sum of admixture trees 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots

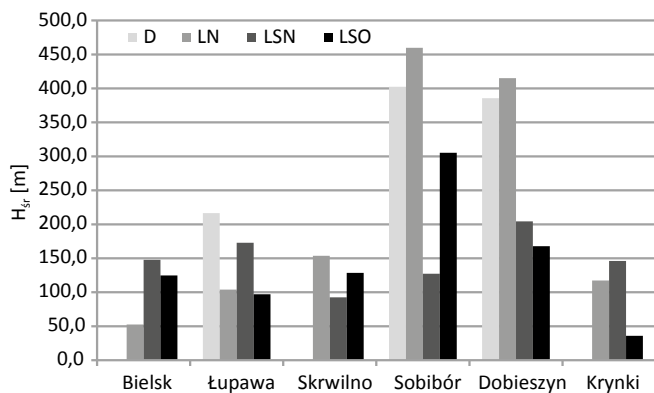
Skrwilno, w luce naturalnej na powierzchni Sobibór (gdzie w odróżnieniu od luk sztucznych nie podległy redukcji w wyniku czyszczeń) oraz we wszystkich lukach na powierzchni Dobieszyn (ryc. 9).

### 3.4. Zmiany składu gatunkowego

Ilustracją warunków wzrostu odnowień jest tabela zbiorcza obrazująca zmiany składu gatunkowego (mierzona sumą wysokości poszczególnych gatunków) młodego poko-

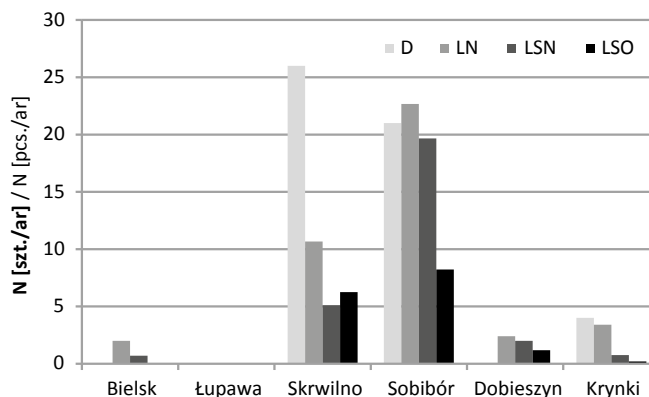
lenia drzew w lukach sztucznych (tab. 4). Rok 2008/2009 to stan bezpośredni po założeniu upraw, rok 2016/2017 – po 9 sezonach wzrostu oraz po wykonaniu czyszczeń na powierzchniach Bielsk i Sobibór.

Porównanie wykazuje wzrost udziału gatunków pionierskich, głównie brzozy *Betula pendula* Roth, w mniejszym stopniu sosny, osiki *Populus tremula* L., jarzębiny *Sorbus aucuparia* L. i wierzby iwy *Salix caprea* L., a także krzewów, przede wszystkim czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* Ehrh., miejscami kruszyny *Frangula alnus* Mill., co stano-



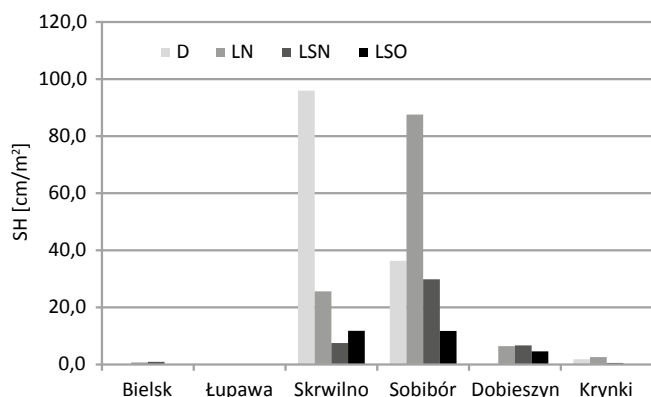
**Rycina 6. Średnia wysokość gatunków domieszkowych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 6. Mean height of admixture trees 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots



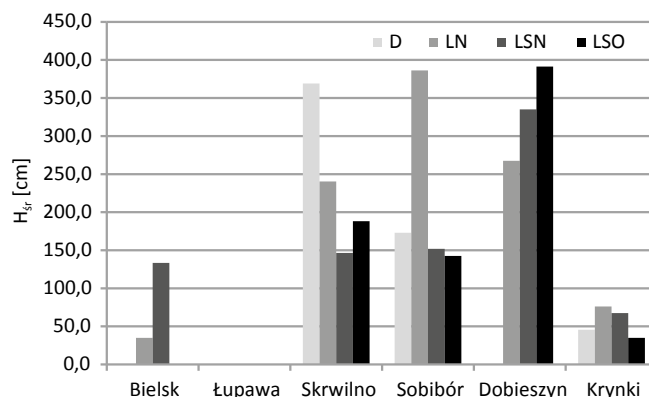
**Rycina 7. Liczebność gatunków krzewiastych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 7. Number of shrubs 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots



**Rycina 8. Suma wysokości gatunków krzewiastych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 8. Height sum of shrubs 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots



**Rycina 9. Średnia wysokość gatunków krzewiastych po 9 latach doświadczenia w 4 wariantach na 6 powierzchniach**

Figure 9. Mean height of shrubs 9 years after start of experiment in 4 treatments on 6 plots

wi konkurencję dla gatunków docelowych. Zdominowanie gatunków docelowych przez domieszki jest szczególnie widoczne w lukach nieogrodzonych, gdyż te ostatnie skuteczniej opierają się presji zwierzyny. W lukach nieogrodzonych gatunki docelowe znalazły się w mniejszości (z wyjątkiem powierzchni w Skrwilnie), w lukach ogrodzonych obecnie gatunki docelowe mają sumaryczny udział minimum 50%.

#### 4. Podsumowanie i dyskusja

Po 9 latach od rozpoczęcia operacji tworzenia sztucznych luk możliwa jest wstępna ocena skuteczności tego przedsięwzięcia. Pod względem geograficznym powierzchnie znajdowały się w następujących krainach przyrodniczo-leśnych: I Bałtyckiej (Łupawa), II – Mazursko-Podlaskiej (Krynki), III – Wielkopolsko-Pomorskiej (Skrwilno), IV – Mazowiecko-Podlaskiej (Bielsk i Dobieszyn), VI – Wyżyn Środkowopolskich (Sobibór). Pod względem siedliskowym wszystkie powierzchnie zakwalifikowano jako bór świeży lub bór mieszany świeży. Liczebność i suma wysokości od-

nowień na poszczególnych powierzchniach była wypadkową dwóch procesów – naturalnego obsiewu przez sosnę i gatunki domieszkowe, głównie lekko nasienne, oraz sadzenia dębu, buka i lipy (w zależności od powierzchni) w sztucznie wykonanych lukach. Część dębów również pojawiała się drogą naturalną (prawdopodobnie wskutek rozsiewania przez ptaki), o czym świadczy ich obecność zarówno w lukach naturalnych, jak i pod okapem drzewostanu porównawczego.

Pod względem przebudowy składu gatunkowego obiekty różniły się między sobą, co wynikało z ich przestrzennego usytuowania (kraina, siedlisko, wiek drzewostanu otaczającego). Wprawdzie na wszystkich powierzchniach, wprowadzone gatunki (buk, dąb i lipa) przyjęły się, jednak w przypadku niektórych obiektów (zwłaszcza dotyczy to powierzchni Krynki) ich wzrost jest powolny i nie rokuje nadziei na skuteczną przebudowę. Na najsłabszych pod względem żyzności gruntach porolnych metoda ma więc ograniczone znaczenie. Zwraca uwagę natomiast stosunkowo dobry wzrost odnowień na powierzchni Łupawa, mimo że typ siedliskowy lasu określono tam jako bór świeży. Interpre-

**Tabela 5. Skład gatunkowy upraw w lukach sztucznych po posadzeniu i po 9 latach na 6 powierzchniach**  
 Table 5. Species composition in artificial gaps in the year of planting and 9 years later on 6 experimental plots

Nadl. Forest District	2008/2009		2016/2017	
	LSN	LSO	LSN	LSO
Bielsk	8Db 2Lp	9Db 1Lp	7Brz 2Db 1Wb Lp	8Db 1Brz 1Lp
Łupawa	10Bk	10Bk	5Brz 4 Bk 1Db Jrz Sw	8Bk 1Db 1Brz
Skrwilno	10Bk	10Bk	7Bk 2Brz 1Czmam	6Bk 3Brz 1Czmam
Sobibór	10Db	10Db	5Czmam 4Db 1Brz Kr	5Db 2Jrz 1Gb 1Czmam 1Gr
Dobieszyn	5Db 3Lp 2Bk	4Db 3Lp 3Bk	5Brz 1Jrz 1Db 1So 1Bk 1Lp	3Db 2Brz 2Bk 1Jrz 1So 1Czmam
Krynki	7Db 3Lp	7Db 3Lp	5Brz 3Db 1Lp 1Wb	5Db 3Lp 2So

**Objaśnienia** / Denotes: Db – oak, Lp – lime, Bk – beech, Brz – birch, Wb – willow, Sw – spruce, Czmam – black cherry, Kr – buckthorn, So – pine, Jrz – rowan, Gb – hornbeam, Gr – pear

tując ten wynik, należy mieć na uwadze trudności jakie wiążą się z klasyfikacją gruntów porolnych według leśnej terminologii (Sewerniak 2016), a także dyskutowane problemy z rozróżnianiem borów i borów mieszanych (Brożek 2007). Inną przyczyną może być fakt, że jedynym wprowadzonym tam gatunkiem był buk, a nie bardziej wymagające pod względem żyzności siedliska dąb i lipa. Znaczenie mogą mieć również stosunkowo korzystne warunki klimatyczne (poziom opadów). W większości obiektów wzrost posadzonych gatunków na wysokość okazał się zadowalający, przynajmniej w lukach ogrodzonych. Na powierzchniach, gdzie wprowadzano różne gatunki na jednej uprawie, można zauważyć tendencję do najszybszego spośród wszystkich 3 gatunków wzrostu buka bez względu na obecność ogrodzenia. Ponadto w lukach ogrodzonych pozbawiona presji zwierzyny lipa nieznacznie wyprzedzała we wroście dąb. W lukach nieogrodzonych nie zauważono pod tym względem wyraźnej tendencji. Może to wskazywać na lipę jako gatunek szczególnie narażony na zgryzanie. Porównanie wzrostu różnych gatunków podsadzanych w lukach w tym samym czasie wymaga sprawdzenia na bardziej jednorodnym materiale badawczym. Zaobserwowane tendencje wskazują na potrzebę preferowania grupowego zmieszania wprowadzanych gatunków. Problemy powodowane zgryzaniem przez zwierzynę potwierdzają opinię, że grodenie jest nieodzownym zabiegiem przy wprowadzaniu gatunków liściastych na grunty porolne (Drozdowski et al. 2011).

Drugim ważnym zabiegiem z punktu widzenia skuteczności tej metody przebudowy jest prowadzenie czyszczeń, uwalniających podsadzenia od bujnie rozwijającej się roślinności krzewiastej (czeremcha amerykańska, kruszyna) oraz gatunków drzewiastych lekkonasiennych. Brzoza jest na ogół uznawana za pożądaną gatunek przyspieszający kształtowanie ekosystemu leśnego na gruntach porolnych (Bernadzki 1990; Jagodziński et al. 2017; Łukaszewicz 2018), zatem nie należy eliminować jej całkowicie, a jedynie przestrzegać aby nie zdominowała wolniej rosnących

gatunków docelowych, co może mieć z kolei miejsce przy dużych rozmiarach luki. Jej ekspansja silniej zaznacza się w lukach sztucznych niż naturalnych z uwagi na większy dostęp światła w tych pierwszych. Nie na wszystkich powierzchniach jednak znajduje to odbicie w wynikach, z uwagi na wykonane czyszczenia (powierzchnia Bielsk). Ogólnie można potwierdzić tezę, że brzoza nadaje się do pełnienia roli pielęgnacyjnej wobec gatunków głównych, analogicznie jak w uprawach dębu na gruntach porolnych, gdzie stymuluje jego wzrost na wysokość (Andrzejczyk 2008). Wymaga to prowadzenia częstych zabiegów w ramach czyszczeń wczesnych i późnych.

Istotne różnice pod względem sumy wysokości i średniej wysokości odnowień gatunków posadzonych w sztucznych lukach potwierdzają opinię, że aktywne działania hodowlano-ochronne, jako element inżynierii ekologicznej, mogą znacząco skrócić okres przebudowy uszkodzonych młodych drzewostanów sosnowych w porównaniu z biernym oczekiwaniem na sukcesję wtórną, jaka ma miejsce w lukach naturalnych (Szujewski 1990; Gorzelak 1996; Bose et al. 2014).

## 5. Wnioski

Po upływie 9 lat od wykonania „sztucznych luk” wysnuto następujące wnioski:

1) Wprowadzenie w sztucznych lukach nasadzeń dębu, lipy i buka może przyspieszyć proces przebudowy drzewostanu sosnowego na gruncie porolnym, w porównaniu z obśiewem w lukach naturalnych spowodowanych przez hubę korzeni. Pożądanym czynnikiem jest jednak, zwłaszcza w wypadku dębu i lipy, odpowiednia żyzność siedliska (od boru mieszanego świeżego wżwyż), pozwalająca tym gatunkom na efektywny wzrost.

2) Dla prawidłowego wzrostu wprowadzonych w sztucznych lukach gatunków liściastych warunkiem koniecznym jest stosowanie grodzień, gdyż w uprawach nieogrodzonych ich wzrost jest hamowany wskutek presji ze strony zwierzyny.



3) Samosiew gatunków lekkonasiennych, zwłaszcza brzozy, pojawiający się w sztucznych lukach, spełnia ważną rolę pielęgnacyjną, wymaga jednak prowadzenia systematycznych czyszczeń wczesnych i późnych.

## Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

## Podziękowania i źródła finansowania badań

Autor dziękuje Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych za sfinansowanie badań, prof. dr. hab. Zbigniewowi Sierocie za zaproszenie do udziału w projekcie i cenne dyskusje dotyczące problemu, przedstawicielom nadleśnictw za współpracę w trakcie realizacji projektu oraz Koleżankom i Kolegom z Instytutu Badawczego Leśnictwa za pomoc w pracach terenowych.

## Literatura

- Andrzejczyk T. 2008. Wpływ brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* L.) na wzrost i pokrój dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w uprawach na przykładzie nadleśnictwa Krynki. *Leśne Prace Badawcze* 3: 203–209.
- Bose A.K., Schelhaas M.-J., Mazerolle M.J., Bongers F. 2014. Temperate forest development during secondary succession: effects of soil, dominant species and management. *European Journal of Forest Research* 133(3): 511–523. DOI 10.1007/s10342-014-0781-y.
- Bernadzki E. 1990. Koncepcje hodowli lasu na gruntach porolnych. *Sylwan* 3-12: 51–59.
- Brożek S. 2007. Klasyfikacja siedlisk leśnych – uwagi w sprawie miejsca gleb w zasadach diagnozowania. *Sylwan* 2: 19–25. DOI 10.26202/sylwan.2005157.
- Drozdowski S., Bolibok L., Buraczyk W., Wiśniowski P. 2011. Wpływ terminu sadzenia i sposobu zabezpieczenia przed zwierzyną płową na wzrost upraw dębowych na gruntach porolnych. *Sylwan* 9: 610–621. DOI: 10.26202/sylwan.2010076.
- Gorzela A. 1996. Ekologiczne uwarunkowania kształtowania lasów na gruntach porolnych. *Sylwan* 5: 29–34.
- Jagodziński A.M., Zasada M., Bronisz K., Bronisz A., Bijak S. 2017. Biomass conversion and expansion factors for a chronosequence of young naturally regenerated silver birch (*Betula pendula* Roth) stands growing on post-agricultural sites. *Forest Ecology and Management* 384: 208–220. DOI 10.1016/j.foreco.2016.10.051.
- Kaliszewski A., Młynarski W., Gołoś P. 2016. Prospects for agricultural lands afforestation in Poland until 2020. *Folia Forestalia Polonica Seria A. Forestry* 58(3): 163–169. DOI 10.1515/ffp-2016-0018.
- Łukaszewicz J. 2018. Rola i udział brzozy w zalesieniach na gruntach porolnych, w: Grzywacz A. (red.) *Gospodarka w lasach na gruntach porolnych* (materiały z sesji naukowej). Polskie Towarzystwo Leśne, Supraśl, 87–105.
- MOŚZNiL 1995. Krajowy program zwiększania lesistości. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Warszawa.
- Sewerniak P. 2016. Wpływ porolności na cechy gleby leśnej na tle problemów kartowania siedlisk porolnych w lasach, w: Zielony R. (red.) *Siedliska leśne zmienione i zniekształcone*. CILP, Warszawa, 49–62.
- Sierota Z. (red.) 2011. Zmiany w środowisku drzewostanów sosnowych na gruntach porolnych w warunkach przebudowy częściowej oraz obecności grzyba *Phlebiopsis gigantea*. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 279 s. ISBN 978-83-62830-00-8.
- Sierota Z., Małecka M. 2004. Formowanie „sztucznych luk” w celu ograniczania huby korzeni w drzewostanach sosny zwyczajnej i inicjowania przebudowy monokultur sosnowych na gruntach porolnych. *Sylwan* 1: 6–11. DOI: 10.26202/sylwan.2004101
- Sobczak R. 1990. Teoretyczne i praktyczne aspekty zakładania upraw na gruntach porolnych. *Sylwan* 3-12: 61–74.
- StatSoft 2011. Statistica (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- Szujecki A. 1990. Ekologiczne aspekty odtwarzania ekosystemów leśnych na gruntach porolnych. *Sylwan* 3-12: 23–40.
- Tuszyński M. 1990. Właściwości gleb porolnych a gospodarka leśna. *Sylwan* 3-12: 41–49.