

Powrót lasu na zaniechane rolniczo sandrowe gleby Równiny Charzykowskiej

Sławska Małgorzata, Sławski Marek

Abstrakt. Analiza zmian właściwości gleby, roślinności oraz zgrupowań skoczogonków pozwoliła na wyróżnienie faz spontanicznej restytucji lasu na glebach sandrowych. W pierwszej fazie zaraz po zaniechaniu uprawy w glebie szybko spada zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Na uwolnionej spod presji rolniczej powierzchni pojawiają się rośliny zielne głównie z klasy *Stellarietea mediae* i *Koelerio glaucae-Corynephoretea canestentensis*. W fazie drugiej, na ugorach następuje ekspansja mszaków oraz wkraczanie sosny i pierwszych gatunków z klasy *Vaccinio-Piceetea*. W trzeciej fazie glebę cechuje wysoka zawartość próchnicy i wskaźnika C/N oraz niskie pH a także spadek zawartości azotu. W młodych borach bujnie rozwija się warstwa mszysta a w runie dominują rośliny borowe. Na tle wyraźnie zaznaczonej fazowości rozwoju roślinności obserwuje się dynamiczne zmiany w zgrupowaniach ściółkowo-glebowych skoczogonków. Zbiorowiska roślinne i zgrupowania skoczogonków powstające w wyniku spontanicznego wkraczania lasu na grunty porolne cechują się większą różnorodnością biologiczną niż zbiorowiska powstające w wyniku zalesień sztucznych.

Słowa kluczowe: spontaniczna sukcesja, bory sosnowe, właściwości gleby, roślinność, skoczogonki

Abstract. The return of forest on abandoned post-agricultural sandur soils of Charzykowska Plain. Based on changes of soil properties, vegetation and springtail assemblages, the phases of spontaneous restoration of forest on sandy soils were defined. In the first phase, shortly after farming abandonment, the content of phosphorus, potassium, calcium and magnesium in soil decreased very fast. On sites, released from agricultural pressure, herb vegetation mainly typical of *Stellarietea mediae* and *Koelerio glaucae-Corynephoretea canestentensis* classes occurred. In the second phase, in the fallow the encroachment of mosses and pine trees took place and the first plant species typical of *Vaccinio-Piceetea* class appeared. In the third phase, the soil displays the following features: high humus content, high C:N ratio, low pH value and decrease in nitrogen content. In young pine forests the moss layer was abundantly developed while the herb layer was dominated by plants typical of coniferous forests. On the background of distinct phases of vegetation development, dynamic changes in springtail assemblages inhabiting litter and soil were observed. Biological diversity of vegetation communities and springtail assemblages developed in the course of spontaneous forest encroachment on post-agricultural lands are higher than ones of artificial afforestation.

Key words: spontaneous succession, pine forest, soil features, vegetation, springtails

Wstęp

Spontaniczny powrót lasu na grunty wyłączane z użytkowania rolniczego obserwowany jest z mniejszym lub większym nasileniem w wielu regionach kraju. Efektem spontanicznych procesów sukcesyjnych są bardzo różne zbiorowiska roślinne (Rygiel 1980, Falińska 1989, Frączek 1997, Faliński 1998). Na obrzeżach Borów Tucholskich na terenie sandru w dorzeczu rzeki Brdy są to głównie zbiorowiska borowe. Według Szwagrzyka (2004) zjawisko sukcesji wtórnej powinno być w należyтым stopniu uwzględniane zarówno w planach zalesień jak i w prognozach wzrostu powierzchni lasów, gdyż prognozowany na połowę XXI wieku wzrost lesistości Polski do 35% może stać się faktem znacznie wcześniej. Aby świadomie inicjować i wspierać wtórną sukcesję leśną trzeba lepiej poznać przebieg tego zjawiska oraz jego mechanizmy. Wiedza w tej dziedzinie jest narzędziem niezbędnym do sterowania procesem sukcesji wtórnej, przydatnym również w późniejszej przebudowie powstałych naturalnie zbiorowisk roślinnych. Mimo, że spontaniczny rozwój lasów na gruntach porolnych jest zjawiskiem powszechnym, dotychczasowe badania nad sukcesją leśną prowadzone były na niewielką skalę (Szwagrzyk 2004).

Celem podjętych badań było określenie tempa spontanicznej sukcesji leśnej na gruntach wyłączonych z użytkowania rolniczego, z powodu ich niskiej produktywności. Opis zmian roślinności oraz zgrupowań skoczogonków na tle zmian środowiska glebowego ma za zadanie zidentyfikować kluczowe momenty restytucji lasu i wskazać czynniki warunkujące dynamikę odtwarzania ekosystemu leśnego.

Metodyka

Badaniami objęto powierzchnie użytkowane rolniczo w ubiegłym wieku, a obecnie porzucone i podlegające spontanicznej sukcesji. Powierzchnie zlokalizowane są w Mezonegionie Równiny Charzykowskiej, w Gminie Koczała w okolicy wsi Załęże. Powierzchnie kontrolną założono w dojrzałym drzewostanie sosnowym na gruncie leśnym znajdującym się w sąsiedztwie powierzchni do badań serii sukcesyjnej. Charakterystykę powierzchni zawiera tabela 1.

Próbki gleby do analiz chemicznych pobrano trzykrotnie w sezonie wegetacyjnym w 2000 roku. Na dziesięciu powierzchniach wiosną, latem i jesienią pobrano po 3 próbki w formie rdzeni glebowych, co daje łącznie 90 próbek. W Stacji Chemiczno-Rolniczej w Koszalinie wykonano następujące analizy: zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, potasu i fosforu metodą Egnera-Reichma, magnezu metodą Schachtschabela, wapnia metoda uniwersalnej ekstrakcji w 0,03 CH₃COOH, próchnicy metodą Tiurina, skład granulometryczny metodą Prószyńskiego, pH w H₂O, pH w KCL, ciężar objętościowy metodą wagową.

Do badań stanu biomasy zastosowano metodę żniwną lub inaczej metodę plonu (Traczyk 1967). Na każdej powierzchni wykonano losowo 20 rzutów metalową obręczą o powierzchni 0,1 m², uzyskując 160 prób. Materiał roślinny wycinano przy samej ziemi, zaliczając do próby wszystko, co znajdowało się w granicach obręczy (również te części roślin, które zostały przygięte do wnętrza obręczy jednak ukorzenione były poza nią). Prace te wykonywano w pełni sezonu wegetacyjnego (lipiec 2000). Zebrany materiał pakowano do papierowych kopert. Materiał z każdej próby dzielono na gatunki. Tak przygotowany materiał suszono w temperaturze 65°C przez 48 h, a następnie ważono z dokładnością do 0,001g.

W celu odłowu skoczogonków, na każdej powierzchni pobrano po 15 prób ściółkowo-glebowych w czterech terminach: czerwiec 2000, październik 2000, maj 2001 i wrzesień 2001 r.

Zbiór prób dokonano przy użyciu pobieraka o średnicy 5 cm i długości 20 cm. Próby poddano wypłoszeniu w uproszczonym aparacie Tullgrena. Materiał po posortowaniu, na podstawie wykonanych preparatów, został oznaczony do gatunku lub rodzaju (młodociane osobniki) i policzony.

Zmiany składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych i zgrupowań skoczogonków przeanalizowano na tle zmian właściwości gleby. Analizy statystyczne wykonano przy użyciu programu Statgraphics Plus 4.0 oraz Canoco 4.5.

Tab. 1. Charakterystyka powierzchni badawczych
Table 1. Characteristics of study plots

Symbol Symbol	Wiek Age	Opis powierzchni Site description	Fizjonomia powierzchni Site physiognomy
U	–	Ugór zaniechany rolniczo 1-3 lata temu po uprawie gryki, 500 m od lasu	Łanowo występujący perz, resztki poźniwne (zeschnięte łodygi gryki)
S	–	Ugór w fazie segetalnej (chwasty) porzucony 5-7 lat temu, 300 m od dojrzałych drzewostanów na gruntach porolnych	Fizjonomię kształtują byliny, głównie <i>Artemisia campestris</i> oraz dość obficie występujący <i>Jasione montana</i> . Rosną tu również pojedyncze siewki sosny w wieku ok. 3 lat.
N	–	Ugór z nalotem sosnowym porzucony 10-12 lat temu 1500 m od dojrzałych drzewostanów na gruntach porolnych	Łatowe występowanie zwartych kobierców <i>Polytrichum piliferum</i> oraz obfitego nalotu sosnowego w wieku 2-3 lat. Pojedyncze sosny mają około 12 lat. Wśród roślin zielnych dominuje <i>Hieracium pilosella</i>
M	12	Młodnik sosnowy z samosiewu powierzchnia na której zaprzestano uprawy ok. 12 lat przed rozpoczęciem badań, sąsiaduje z powierzchnią SN.	Drzewa przekraczają wysokość 2 metrów, przeciętny wiek 11 lat. Zwarcie umiarkowane. Dno lasu pokryte jest kobiercem płonnika <i>Politrychum piliferum</i> .
TZ*	11	Młodnik sosnowy z samosiewu dotykający do dojrzałego drzewostanu na gruncie leśnym od strony północnej	Fizjonomia przypomina powierzchnię M, dno lasu pokryte kobiercem <i>Politrychum</i>
TB*	11	Młodnik sosnowo-brzozowy z samosiewu na skraju dojrzałego drzewostanu sosnowego na gruncie leśnym od strony południowej	Fizjonomia przypomina powierzchnię M
D	40	Drągowina sosnowo - brzozowa oddalona ok. 2000 m od dojrzałych drzewostanów na gruntach porolnych	Zwarcie drzewostanu umiarkowane a dno lasu zdominowane przez <i>Deschampsia flexuosa</i> . Po raz pierwszy w serii sukcesyjnej pojawia się <i>Vaccinium myrtillus</i> i <i>Pleurozium Schreberi</i>
O	70	Drzewostan sosnowy z samosiewu otoczony przez drzewostany porolne powstałe w wyniku sztucznych zalesień.	Duże zróżnicowanie grubości drzew. Fizjonomię dna lasu określa kobierzec <i>Pleurozium Schreberi</i> .
R	115	Drzewostan sosnowy powstały w wyniku spontanicznego obsiewu sosny na gruncie porolnym, w otoczeniu drzewostanów porolnych	Cechy jakościowe wielu drzew wskazują, że wyrosły one w niewielkim zwarcu. Są one silnie ugałęzione, o nisko osadzonych koronach i zbiezystej strzale.
K	100	Drzewostan kontrolny. D-stan sosnowy na gruncie leśnym	Fizjonomię dna lasu określają płaty <i>Vaccinium myrtillus</i> i płaty mchów, głównie <i>Pleurozium Schreberi</i> i <i>Dicranum polysetum</i>

*Badania na tych powierzchniach miały odpowiedzieć na pytanie czy sąsiedztwo dojrzałych drzewostanów może przyspieszyć inwazję fauny glebowej do spontanicznie powstających młodników. Ze względu na brak analiz glebowych i badań roślinności powierzchni te nie zostały uwzględnione w modelu.

Wyniki

Właściwości gleby

Gleby wszystkich powierzchni badawczych określono, jako piaszczyste ze względu na duży udział frakcji piaszczystej w ich składzie granulometrycznym. Większość z nich to piaski słabogliniaste (U, O, R, TB, TZ, K), a cztery powierzchnie leżą na piasku gliniastym lekkim (S, N, M, D). Zawartość frakcji ilastych między skrajnymi powierzchniami nie różni się o więcej niż 5%. Różnice podłoża między powierzchniami są nieznaczne, zatem charakter skały macierzystej ma wpływu na obserwowany rozwój biocenozy na tych gruntach.

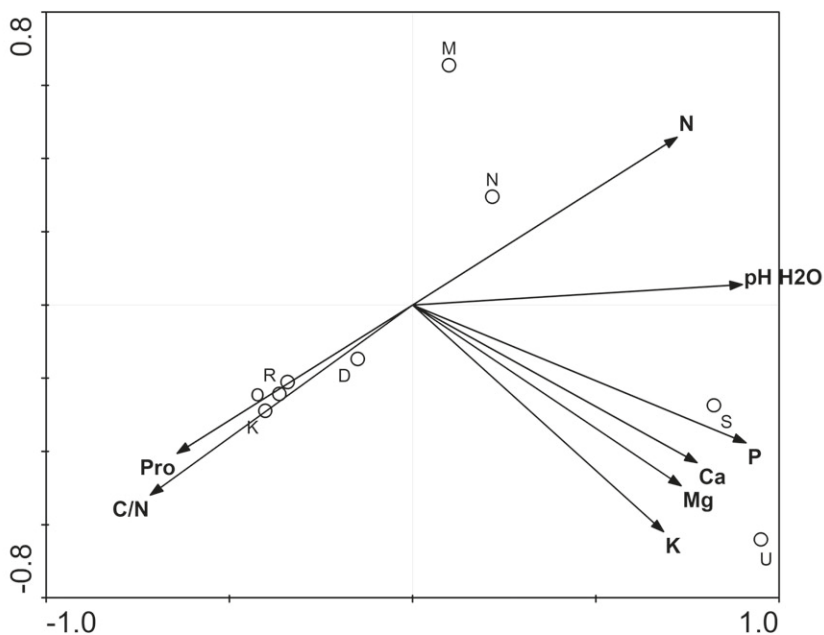
Tab. 2. Właściwości chemiczne gleb na poszczególnych powierzchniach badawczych spontanicznej sukcesji lasu na gruntach porolnych. W nawiasie odchylenie standardowe

Table 2. Chemical properties of soils in study plots of spontaneous forest succession on post-agricultural lands. Standard deviation in brackets

Powierzchnia Plot	pH H ₂ O	pH KCl	Fosfor Phosphorus [mg/100g]	Potas Potassium [mg/100g]	Magnez Magnesium [mg/100g]	Wapń Calcium [mg/l]	Azot Nitrogen [mg/100g]	Próchnica Humus [%]	C/N
U	5,87 (0,23)	4,79 (0,13)	6,29 (2,23)	3,84 (1,57)	3,56 (0,64)	331,11 (66,6)	0,26 (0,11)	2,29 (0,65)	6,08 (2,33)
S	5,35 (0,17)	4,34 (0,13)	4,55 (2,53)	2,41 (0,80)	2,19 (0,40)	188,33 (46,2)	0,24 (0,03)	3,54 (1,40)	8,76 (3,61)
N	5,64 (0,21)	4,61 (0,13)	2,57 (1,28)	1,98 (0,65)	2,44 (0,59)	215,56 (89,3)	0,23 (0,04)	3,27 (1,66)	8,04 (3,46)
M	4,84 (0,20)	4,14 (0,05)	2,11 (1,01)	1,40 (0,31)	1,36 (0,14)	48,89 (25,4)	0,25 (0,04)	2,57 (0,43)	6,11 (1,27)
D	4,82 (0,25)	4,05 (0,10)	2,36 (1,09)	2,60 (0,56)	1,72 (0,35)	68,33 (27,3)	0,26 (0,08)	3,99 (1,83)	10,79 (7,81)
O	4,53 (0,26)	3,84 (0,12)	1,97 (1,25)	1,81 (0,47)	1,33 (0,29)	98,89 (69,8)	0,10 (0,02)	3,43 (0,63)	20,38 (3,98)
R	4,40 (0,23)	3,73 (0,10)	1,93 (0,87)	1,92 (0,41)	1,64 (0,28)	73,33 (30,9)	0,16 (0,04)	3,33 (0,76)	12,56 (5,08)
K	4,25 (0,22)	3,66 (0,23)	1,42 (0,40)	1,54 (0,46)	1,83 (0,40)	71,11 (31,8)	0,15 (0,06)	3,78 (1,90)	14,71 (4,39)

W badanej serii powierzchni o różnym zawansowaniu sukcesji roślinnej następują kierunkowe zmiany chemicznych właściwości gleby. Na kolejnych powierzchniach obserwuje się stopniowe zakwaszanie gleby. Odczyn gleby mierzony w wodzie spada równomiernie od wartości 5,9 na ugorze do 4,4 w 115 letnim drzewostanie na gruncie porolnym. Jednocześnie zmniejsza się zawartość podstawowych makroelementów - wapnia, magnezu fosforu, potasu i azotu. Potas i fosfor największy spadek notują w pierwszych kilku latach po zaprzestaniu uprawy rolniczej. Zawartość wapnia i magnezu znacznie spada w drzewostanach w fazie młodnika i drągowiny. W przypadku azotu obserwuje się gwałtowny spadek jego zawartości w glebie między powierzchniami z drzewostanem w wieku 40 i 70 lat. We wczesnych etapach sukcesji

ma miejsce gwałtowne ubożenie gleby a następnie zawartość makroelementów stabilizuje się i od fazy drągowiny nie ulga większym zmianom. Powoli odtwarza się ilość materii organicznej w glebie, czego przejawem jest stopniowy wzrost zawartości próchnicy oraz szerszy stosunek węgla do azotu (tab. 2).



Ryc. 1. Uporządkowanie powierzchni badawczych w trakcie spontanicznego wkraczania na porzucone grunty porolne względem właściwości gleb metodą CCA

Fig. 1. Ordination of study plots during the course of spontaneous forest encroachment on post-agricultural land in relation to soil properties

Uporządkowanie powierzchni badawczych za pomocą analizy wielocechowej (CCA) pozwala podzielić badane powierzchnie na trzy grupy (ryc. 1). Pierwszą stanowią ugór (U) i odłóg (S), drugą nałot (N) i młódź (M), w trzeciej zebrane są drągowina (D), drzewostan dojrzewający (O), drzewostan dojrzały (R) i powierzchnia kontrolna (K). Dwie pierwsze osie wyjaśniają łącznie 55,7% ogólnej zmienności występujących roślin. Pierwsza grupa powierzchni charakteryzuje się wysoką zawartością wapnia, magnezu, potasu fosforu i azotu. W drugiej grupie następuje spadek koncentracji powyższych pierwiastków z wyjątkiem azotu. Dla trzeciej grupy charakterystyczna jest niska zasobność w azot, ale wysoka zawartość próchnicy i szeroki stosunek węgla do azotu (ryc. 1).

Zbiorowiska roślinne

W pierwszych latach po zaniechaniu uprawy na ubogich glebach (ugór U) rozwijają się zbiorowiska nitrofilnych chwastów i muraw napiaskowych (tab. 3). Chwasty szybko wycofują się a na powierzchniach dominować zaczynają murawy napiaskowe i ciepłolubne murawy

(S,N). W następnych stadiach sukcesji rośnie biomasa gatunków wrzosowiskowych, którym ciągle towarzyszą rośliny związane z ciepłolubnymi murawami (M). Charakterystyczny dla powierzchni z obecnością nalotów (N) i podrostów sosnowych (M) jest duży udział śmiałka pogiętego – pierwszej rośliny związanej z borami. Pojawienie się względnie zwartej warstwy drzew powoduje stopniowe ubywanie gatunków terenów otwartych i wzrost znaczenia gatunków leśnych (M, D, O, R). Wśród nich ciągle dominuje śmiełek, co wyraźnie odróżnia tereny porolne od powierzchni kontrolnej na gruncie leśnym. Runo w 115 letnim spontanicznie powstałym drzewostanie sosnowym na gruncie porolnym (R) nie osiągnęło struktury obserwowanej w dojrzałym borze na gruncie leśnym (K).

Tab. 3. Biomasa i liczba gatunków roślin naczyniowych charakterystycznych dla poszczególnych klas fitosocjologicznych występujących w serii sukcesyjnej na porzuconych gruntach porolnych
Table 3. Biomass and number of vascular plant species characteristic of phytosociological classes occurring in successional phases on post-agricultural lands

Klasa Class	Biomasa roślin naczyniowych w g/m ² / liczba gatunków Biomass of vascular plant g/m ² / plant number							
	U	S	N	M	D	O	R	K
Stellarietea mediae	73,1/5	4,2/4	0,3/2	0,0/2	1,4/1			
Koelerio glaucae-Corynepheretea canestentensis	49,3/6	28,4/6	16,4/4		5,7/1			
Molinio-Arrhenatheretea	3,7/2	1,3/1	7,7/2	0,6/2	0,2/1			
Festuco-Brometea	9,5/2	23,9/2	32,6/2	0,6/2				
Nardo-Callunetea	1,6/1	5,3/1	43,8/1	41,1/3		6,1/2	10,0/1	4,7/1
Vaccinio-Piceetea			30,7/1	16,5/1	64,8/2	29,4/2	58,5/4	57,7/4
<i>Vacc.-Pic. bez Deschampsia flexuosa</i>					2,8/1	2,0/1	16,8/3	52,8/3

Zgrupowania skoczogonków

Na wszystkich powierzchniach odłowiono łącznie 8637 osobników skoczogonków należących do 79 taksonów. Poszczególne powierzchnie różnią się zarówno bogactwem gatunkowym jak i liczebnością zgrupowań skoczogonków (tab.4).

Najuboższa gatunkowo fauna, bo licząca 24 gatunki zasiedla świeży ugór (U) i młodnik o wystawie północnej (TZ). Najbogatsza faunistycznie okazała się powierzchnie segetalna (S) zasiedlona przez 36 gatunki oraz młodnik o wystawie południowej (TB) i dojrzały drzewostan (R) – po 35 gatunków. Na pozostałych powierzchniach stwierdzono około 30 gatunków skoczogonków. Trzydzieści gatunków skoczogonków odłowiono również w dojrzałym drzewostanie sosnowym na gruncie leśnym (K). Szczegółowy wykaz gatunków występujących na poszczególnych powierzchniach zamieszczono w tabeli 7.

Tab. 4. Bogactwo gatunkowe, zagęszczenie i różnorodność zgrupowań skoczogonków w spontanicznej sukcesji leśnej na gruntach porolnych

Table 4. Species richness, abundance and diversity of springtail assemblages in spontaneous forest succession on post-agricultural lands

Powierzchnie Plots	U	S	N	M	TZ	TB	D	O	R	K
Liczba taksonów Number of taxa	24	36	30	31	24	35	28	26	35	30
Zagęszczenie (tys.osobn./m ²) Abundance	3,57	8,33	6,21	7,07	8,26	4,42	11,41	6,13	5,86	10,78
Wskaźnik różnorodności H' Diversity index	2,00	2,57	2,28	2,40	2,18	2,51	2,05	2,35	2,60	2,24

Gatunkami charakterystycznymi dla wczesnych stadiów sukcesji są skoczogonki typowe dla terenów otwartych takie jak: *Brachystomella parvula*, *Stenaphorurella lubbocki*, *Isotomodes productus*, *Pachytoma topsenti* i *Isotomurus balteatus*. Gatunki te znikają w trakcie sukcesji najpóźniej w fazie młodnika. Warto odnotować, że wymienione gatunki były obecne w młodniku położonym w otoczeniu pól a nie wystąpiły w młodnikach rosnących przy ścianie lasu. Może to świadczyć o nieco szybszym rozwoju fauny leśnej na powierzchniach położonych tuż przy lesie, ale obserwacja ta ma charakter jednostkowy. Końcowa faza sukcesji leśnej cechuje się występowaniem gatunków leśnych. Są to: *Willemia anophthalma*, *Friesea claviseta*, *Micranurida pygmaea*, *Mesaphorura yosii*, *Isotomiella minor*, *Pogonognathellus flavescens*, *Orchesella flavescens*, *Megalothorax minimus* oraz przedstawiciele rodzaju *Anurophorus*. Większość tych gatunków pojawia się po raz pierwszy w drzewostanie 40-letnim ale część dopiero w drzewostanach dojrzałych. Forpocza czterech gatunków leśnych wystąpiła pojedynczo w niektórych młodnikach, co świadczy o próbach kolonizacji przez faunę leśną terenu zaraz po dojściu młodych drzewostanów do zwarcia. Wynika to zapewne z faktu, że na tym etapie sukcesji leśnej, po raz pierwszy powstają się warunki mikroklimatyczne typowe dla lasu np. ocienienie gleby.

Interesującym zjawiskiem w procesie sukcesji leśnej są zmiany w składzie gatunkowym zgrupowań polegające na zastępowanie jednego lub kilku gatunków na inny gatunek należący tego samego lub pokrewnego rodzaju i jednocześnie do tej samej grupy funkcjonalnej. Pojęcie grupa funkcjonalna oznacza gatunki zajmujące zbliżoną niszę. Występowanie w zgrupowaniach leśnego gatunku *Desoria violacea* obok *Isotoma anglicana* świadczy o tym, że zgrupowanie zaczyna wykazywać pierwsze cechy zgrupowań leśnych, natomiast brak *I. anglicana* i jednoczesne występowanie *M. absoloni* i *L. lignorum* potwierdza typowo leśny charakter fauny. Wszystkie zamieszczone w tabeli 5 gatunki, można traktować jako wskaźniki zaawansowania sukcesji leśnej.

Liczebność zgrupowań, czyli zagęszczenie osobników na 1 m² wyniosło od 3,6 tys. na świeżo zaniechanym rolniczo ugorze do 11,4 tys. w drzewostanie 40-letnim. Charakterystyka ta nie wykazywała żadnych tendencji w poszczególnych fazach sukcesji. Na części powierzchni skoczogonki występowały liczniej, bo w zagęszczeniu liczącym ponad 8 tys. osobników na 1 m² (faza segetalna, młodnik o wystawie południowej) a na innych mniej licznie, czyli od 4,4 do 7,1 tys. (większość powierzchni, patrz tab.4). W drzewostanie kontrolnym na gruncie leśnym zagęszczenie wyniosło 10,7 tys. osobników na 1 m².

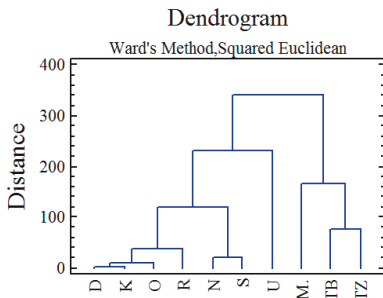
Tab. 5. Występowanie gatunków skoczogonków należących do tej samej grupy funkcjonalnej na powierzchniach o różnym zaawansowaniu spontanicznej sukcesji leśnej. Symbole powierzchni patrz tabela 1
Table 5. Occurrence of Collembola species belonging to the same functional group on plots in different stage of spontaneous forest succession. Symbol of plots see Table 1

Gatunki Species	U	S	N	M	TZ	TB	D	O	R	K
Protaphorura tricarpata*		+	+	+	+	+	+			
Micraptorura absoloni*								+	+	+
Isotoma anglicana**	+	+	+	+		+				
Desoria violacea**				+		+	+	+		+
Lepidocyrtus cyaneus		+		+	+					
L. violeceus		+	+	+	+	+				
L. lignorum			+	+	+	+	+	+	+	+

**Micraptorura* i *Protaphorura* należą do *Onychiurinae*

***Isotoma* i *Desoria* należą do *Isotomidae*

Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera H' badanych zgrupowań przyjął wartości od 2,0 na świeżym łądze do 2,6 na powierzchni segetalnej i w powstały spontanicznie 115-letnim drzewostanie (tab. 4). Dla pozostałych powierzchni wskaźnik miał wartości pośrednie i w trakcie kształtowania się ekosystemu leśnego nie wykazywał żadnych wyraźnych tendencji.



Ryc. 2. Dendrogram klasyfikacyjny zgrupowań Collembola w spontanicznej sukcesji leśnej na gruntach porolnych
Fig. 2. Denrogram of Collembola assemblages in spontaneous forest succession on post-agricultural lands

Zgrupowania skoczogonków powierzchni badawczych klasyfikowano przy pomocy analizy klasterowej metodą Warda, w której miarą podobieństwa był kwadrat odległości euklidesowej. Wynikiem tej analizy było wyróżnienie czterech następujących grup powierzchni (ryc. 2):

- I grupa – łąga niedawno zaniechany rolniczo (U);
- II grupa – powierzchnie z roślinnością segetalną lub pokrywą mszystą (S i N);
- III grupa – młodniki (M, TB, TM);
- IV grupa – drzewostany starsze, do której obok drzewostanów dojrzałych (K, O, R) zaliczony został drzewostan 40-letni (D).

Powyższa analiza wykazała wyraźną odmienność faunistyczną wyróżnionych grup powierzchni, co oznacza to, że każdy etap rozwoju ekosystemu leśnego na charakterystyczny dla siebie skład gatunkowy i strukturę dominacyjną zgrupowań skoczogonków.

Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują, że zmiana właściwości chemicznych gleby to proces długotrwały i charakteryzujący się skomplikowanym przebiegiem. Zmiany charakterystyk gleby w toku badanej sukcesji rzadko miały charakter ciągły. Tylko takie parametry jak zawartość próchnicy i odczynu gleby wykazują stopniowe zmiany o równomiernym natężeniu w całym badanym ciągu sukcesyjnym. Dla pozostałych badanych cech można wskazać momenty skokowej zmiany ich wartości, po którym następuje zbliżenie badanej charakterystyki do wartości obserwowanej w drzewostanie kontrolnym.

Pierwszym takim kluczowym momentem w rozwoju ekosystemu leśnego na gruntach porolnych jest okres pojawienia się nalotu sosnowego, w którym następuje względna stabilizacja zawartości fosforu. Drugim ważny moment to zwieranie się koron w młodym drzewostanie sosnowym, kiedy obserwujemy skokową zmianę koncentracji magnezu, wapnia i potasu. Przejście do fazy drągowiny to moment wzrostu wartości wskaźnika C/N. W okresie dojrzewania drzewostanu następuje gwałtowny spadek zawartości azotu w glebie. Zatem dopiero po około 70 latach od wkroczenia drzew na porzucone pola gleba osiągnęła stan równowagi chemicznej zbliżonej do obserwowanej w dojrzałych drzewostanach rosnących na gruntach leśnych. Generalnie, zmiany właściwości gleb obserwowane w spontanicznie rozwijających się borach sosnowych mają zbliżony przebieg do zmian, jakie zachodzą na ubogich siedliskach pod wpływem sztucznych zalesień (Smal, Olszewska 2008).

Zebrałe w trakcie badań dane pozwalają na podsumowanie obserwowanych zmian sukcesyjnych w postaci tabelarycznego modelu (tab. 5). Rozwój roślinny można podzielić na trzy fazy, których zmiany mają swoje przyczyny w dynamice charakterystyk środowiska glebowego. W pierwszej fazie następuje bujny rozrost nitrofilnych chwastów oraz wkroczenie roślin związanych z psamofilnymi murawami. Gleba w tej fazie przechodzi gwałtowny proces ubożenia w niektóre makroelementy (Ca, Mg, P, K). Zawartość azotu wciąż pozostaje na względnie stabilnym wysokim poziomie. Druga faza to ustępowanie chwastów, zmniejszenie znaczenia roślin muraw napiaskowych a wzrost biomasy roślin wrzosowiskowych. W tej fazie pojawiają się pierwsze rośliny związane z borami. W glebie stabilizuje się zawartość fosforu i potasu, nadal zmniejsza się koncentracja wapnia i magnezu. W trzeciej fazie zawartość makroelementów nie zmienia się w znaczący sposób, obserwuje się natomiast postępujące zakwaszenie gleby i powolne odtwarzanie się próchnicy, w efekcie, czego parametry gleby na gruntach porolnych zbliżone są do wartości obserwowanych w glebach leśnych. Roślinność runa spontanicznie powstałych drzewostanów złożona jest głównie z gatunków związanych z borami sosnowymi. Jednak wciąż znacząco odbiega od runa powierzchni leśnej, a wśród roślin naczyniowych dominuje śmiełek pogięty. Dokładniejszy opis zmian runa w toku spontanicznej sukcesji leśnej można znaleźć w opracowaniu Sławskiego (2007). Roślinność drzewostanów porolnych, zwykle powstałych w efekcie sztucznych zalesień, była przedmiotem licznych badań. Wyraźne różnice w składzie gatunkowym i strukturze runa tych drzewostanów w porównaniu do tak zwanych „starych lasów” zostały dokładnie opisane (Dzwonko 2001, Góras Orczewska 2007, Matuszkiewicz i in. 2013). Wielu autorów zwraca uwagę na brak w drzewostanach porolnych borówki czernicy, który to gatunek kształtuje fizjonomię typowych borów sosnowych i pełni w nich bardzo ważną rolę biocenotyczną (Matuszkiewicz i in. 2013).

W badaniach sukcesji leśnej jak dotąd niewiele miejsca poświęcono skoczogonkom, mimo że obok roztoczy jest to najliczniejsza grupa leśnej mezofauny glebowej. Kilka prac opisuje

sukcesję pierwotną zgrupowań skoczogonków na piaszczystych wydmach (Drift 1964, Poinset 1966, Sławska 1997). Spontaniczna sukcesja leśna na polach zaniechanych rolniczo doczekała się jednego opracowania (Osbornova i in. 1990), w którym skoczogonki i pozostałe mikrobezkręgowce glebowe zostały opisane na podstawie bardzo skromnego materiału (jeden termin zbioru na czterech powierzchniach badawczych) (Rusek 1990).

Z przeprowadzonych na Równinie Charzykowskiej badań wynika, że faunę epigeiczno-glebową gruntów porolnych podlegających spontanicznej sukcesji cechuje wyraźna dynamika, gdyż już w pierwszych latach ugorowania ulega ona wyraźnej transformacji jakościowej. Dowodem na to są różnice w zgrupowaniach skoczogonków dwuletniego ugoru (U) w porównaniu z powierzchnią porośniętą roślinnością segetalną, która została wyłączona z uprawy pięć lat temu (S). Kolejne zmiany zachodzą w wieku 10-12 lat, gdy powierzchnie zostają pokryte mniej lub bardziej zwartym młodnikiem. Wszystkie trzy kilkunastoletnie młodniki analiza klastrowa zakwalifikowała do jednej grupy, co świadczy to o bardzo bliskim podobieństwie faunistycznym tych powierzchni. Należy odnotować fakt, że dwa młodniki położone przy ścianie dojrzałego drzewostanu, źródła typowej fauny leśnej, nie odbiegały strukturą dominacyjną od powierzchni położonej w otoczeniu pól z dala od lasu.

Następny etap sukcesji fauny to drzewostany starsze, do których zaliczony został również drzewostan 40-letni. Duże różnice faunistyczne między grupą młodników a grupą drzewostanów dojrzałych świadczyć mogą o bardzo istotnych przemianach w faunie na tym etapie kształtowania się ekosystemu leśnego. Obecność drzewostanu średniowiekowego w grupie drzewostanów starszych może wskazywać na fakt, że fauna tej powierzchni ma wyraźny charakter leśny, mimo stosunkowo młodego wieku drzewostanu.

Wyróżnione na dendrogramie cztery grupy powierzchni odpowiadają następującym fazom spontanicznej sukcesji leśnej przedstawionym w modelu (tab. 6):

- I. Pierwsza grupa to punkt wyjścia sukcesji, czyli faza segetalna o wyraźnym rolniczym charakterze fauny.
- II. Druga grupa to faza bezpośrednio poprzedzająca wkraczanie lasu, czyli faza przejściowa. Na tym etapie sukcesji, niezależnie od tego czy na powierzchni pojawiły się już pojedyncze drzewka czy nie, stan zgrupowań wyraźnie odbiega od fauny terenów rolniczych, ale nie przejawia jeszcze żadnych cech zgrupowań leśnych.
- III. Grupa trzecia to faza inwazji, w której sukcesja zaczyna nabierać charakteru leśnego ze względu na pojaw pierwszych przedstawicieli fauny leśnej. Faza ta rozpoczyna w kilkunastoletnich młodnikach po osiągnięciu przez nie zwarcia.
- IV. Czwarta grupa to faza leśna, która zaczyna się stosunkowo wcześnie, bo już w drzewostanie średniowiekowym. Od tego momentu gatunki leśne występują w zgrupowaniach coraz liczniej, a dalsza transformacja zgrupowań polega na umacnianiu pozycji fauny leśnej w strukturze zgrupowań.

Na terenie Puszczy Człuchowskiej, w latach 1997-1999 Katedra Ochrony Lasu i Ekologii prowadziła badania nad sukcesją roślinności i fauny epigeiczno-glebowej w drzewostanach sosnowych powstałych w wyniku sztucznego zalesienia gleb porolnych (Mazur, Tracz 1999). Ponieważ powierzchnie do tych badań znajdowały się na takich samych ubogich piaszczystych glebach w odległości kilku kilometrów od powierzchni, na których badane było spontaniczne wkraczanie lasu, zaistniała możliwość porównania dynamiki zmian roślinności i zgrupowań Collembola w obu procesach.

Tab. 6. Model spontanicznej sukcesji roślinności i zgrupowań skoczogonków na tle zmian właściwości gleby. Fazy sukcesji: I – segetalna, II (II a) – przejściowa (II b – inwazji), III – leśna

Table 6. Model of spontaneous succession of vegetation and springtail assemblages on the background of the changes of soil properties. The phases of succession: I – segetal, II (II a) – transitional (II b -invasion), III – forest

Pow. Wiek		Zmiany właściwości gleby		Zmiany roślinności		Zmiany w zgrupowaniach skoczogonków
SU 1 rok	I	Szybki spadek P, K, Ca, Mg. Wysokie pH. Niska wartość wskaźnika C/N.	I	Inwazja roślin z różnych środowisk, przewaga chwastów i gatunków muraw psamofilnych. Wysoka różnorodność zbiorowisk.	I	Skład gatunkowy typowy dla pól, niskie zagęszczenie
SS 5 lat						IIa
SN 10 lat	II	Stabilizacja zawartości P i K. Spadek zawartości Mg i Ca.	II	Zmniejszenie udziału chwastów, dominacja gatunków wrzosowiskowych, pojawienie się gatunków borowych, wkraczanie sosny.	IIb	Inwazja pierwszych gatunków leśnych. Spadek zagęszczenia.
SM 12 lat						III
SD 40 lat	III	Wysoka zawartość próchnicy w glebie. Wysoka wartość wskaźnika C/N. Niskie pH. Spadek zawartości N.	III	Ujednoczenie składu gatunkowego. Dominacja roślin borowych, głównie śmialka pogiętego.	III	
SO 70 lat						
SR 115 lat						

Spontanicznie rozwijające się fitocenozy na gruntach porolnych cechują się większym bogactwem gatunkowym runa niż sztuczne zalesienia. W trakcie ich rozwoju następuje stopniowy spadek liczby gatunków, ale jest on znacznie bardziej widoczny w przypadku sztucznych zalesień. Liczba gatunków runa w starszych drzewostanach powstałych spontanicznie jest większa a ich struktura dominacyjna bardziej wyrównana (Sławski 2002). W porównaniu do badań Falińskiego (1986) w obiekcie Jelonka proces spontanicznego wkraczania gatunków drzewiastych był o wiele szybszy. Na Równinie Charzykowskiej nie obserwowano fazy zapustów jałowcowych ani inwazji osiki. W ciągu 5-12 lat od zaprzestania uprawy rolniczej nastąpił intensywny obsiew sosny.

W przypadku zgrupowań skoczogonków różnice między spontaniczną sukcesją a sukcesją wtórną przez zalesienie zaznaczają się przede wszystkim w bogactwie gatunkowym (Sławska, 1999). Łącznie na 10 powierzchniach do badań spontanicznej sukcesji odłowiono 79 gatunków, podczas gdy w serii porolnej (5 powierzchni) stwierdzono 50 gatunków. Tak duża różnica nie może wynikać jedynie z faktu, że liczba obiektów badawczych w pierwszej serii sukcesyjnej była dwukrotnie większa.

Na każdym etapie spontanicznego wkraczania lasu w zgrupowaniach wystąpiło zdecydowanie więcej gatunków niż drzewostanach powstałych z zalesienia sztucznego. W zalesieniach porolnych, z wyjątkiem dwuletniej uprawy, na której stwierdzono 23 gatunki, wykazano po kilkanaście gatunków skoczogonków (13-19). Tymczasem zgrupowania powstałe spontanicznie składają się z 24-36 gatunków. Zgrupowania skoczogonków obu serii wykazują również różnice w zagęszczeniu osobników na 1m². Liczniejsze w osobniki zgrupowania występują w glebach pozostawionych spontanicznej sukcesji leśnej gdyż liczą one zwykle 6 - 8 tys. osobników na 1m². W glebach zalesionych sztucznie występuje 3-6 tys. osobników na 1m². Stwierdzone różnice mogą wynikać z faktu, że stosowana przy sztucznym zalesianiu orka oraz inne zabiegi niszczące strukturę gleby i pokrywą roślinną mają destrukcyjny wpływ na zgrupowania *Collembola* (Rickerl i in. 1989, Sławska 2002). Przy spontanicznym wkraczaniu lasu nie ma tego typu ingerencji w strukturę profilu glebowego.

Podsumowując, w trakcie spontanicznego wkraczania lasu na tereny zaniechane rolniczo powstają biocenozy znacznie bogatsze i bardziej różnorodnie niż te ukształtowane w wyniku sztucznego zalesienia gleb porolnych. Cenne pod względem przyrodniczym są również kilkuletnie ugory i powstające spontanicznie wczesne stadia ekosystemu leśnego (powierzchnie z pojedynczym nalotem). W krajobrazie równin sandrowych Pomorza płaty terenu pozostawione do odnowienia siłami natury stanowią ostoje fauny psamofilnej a w warunkach sprzyjającej konfiguracji terenu (nasłonecznione stoki) również i kserotermicznej. Z punktu widzenia zachowania różnorodności biologicznej, przy wykonywaniu zalesień gleb nieefektywnych rolniczo, płaty te zdecydowanie należy pozostawić naturze.

Tab. 7. Wykaz gatunków *Collembola* na powierzchniach badawczych spontanicznej sukcesji leśnej na gruntach zaniechanych rolniczo. Symbole powierzchni patrz tabela 1

Tabela 7. A list of Collembola species in plots of spontaneous forest succession on post-agricultural lands. Symbol of plots see Table 1

Lp	Taxa	U	S	N	M.	TZ	TB	D	O	R	K	Razem
1	<i>Ceratophysella</i> juv.						1			1		2
2	<i>Schetella unungiculata</i> (Tullberg, 1869)			7	141					3		151
3	<i>Choreutinula inermis</i> (Tullberg, 1871)											0
4	<i>Xenylla boernerii</i> Axelson, 1905									2		2
5	<i>Willemia anophtalma</i> (Borner, 1901)							3	12	2	48	65
6	<i>W. denisi</i> Mills, 1932					1						1
7	<i>W. intermedia</i> Mills, 1934									1		1
8	<i>Willemia</i> juv.									1		1
9	<i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903		2									2
10	<i>Pseudostachia populosa</i> (Selga, 1963)		11									11
11	<i>Brachystomella parvula</i> (Scheffer, 1896)	56	17	28	1							102
12	<i>Fiesea claviveta</i> Axelson, 1900							1	56	8	5	70
13	<i>Fiesea</i> juv.		2						2	2		6
14	<i>Pseudachorutes parvulus</i> Borner, 1901							1				1
15	<i>Pseudachorutes</i> juv.						4	3		2		9
16	<i>Micranurida pygmaea</i> Borner, 1901				1		4	2	4	5	22	38

Lp	Taxa	U	S	N	M.	TZ	TB	D	O	R	K	Razem
17	<i>Naenura muscorum</i> (Templeton, 1835)		6	1	2	3	1	46	15	11	5	90
18	<i>Naenura</i> juv.			1		2				9		12
19	<i>Micraphoraura absoloni</i> (Borner, 1901)								11	12	25	48
20	<i>Protaphorura tricampata</i> (Gisin, 1956)		45	38	3	19	2	18				125
21	<i>Protaphorura</i> juv.		3	2	22	3	2	2				34
22	<i>Mesaphorura critica</i> (Ellis, 1976)	1										1
23	<i>M. florum</i> Simon, Tuiz, Martin & Lucianez, 1994		1	2								3
24	<i>M. hylophila</i> Rusek, 1982			1								1
25	<i>M. macrochaeta</i> Rusek, 1976	73	24	44	47	209	6	79	5	9	53	549
26	<i>M. yosii</i> Rusek, 1967					2			4	8	16	30
27	<i>Karlstejnina norvegica</i> Fjellberg, 1974		1									1
28	<i>Metaphorura affinis</i> (Borner, 1903)		1									1
29	<i>Stenaphorurella lubbocki</i> (Bangall, 1935)	10	5									15
30	<i>Anurophorus laricis</i> (Nicolet, 1842)						1				3	4
31	<i>A. septentrionalis</i> (Pallisa, 1966)									2		2
32	<i>Anurophorus</i> juv.					1	2			8	1	12
33	<i>Isotomodes productus</i> (Axelson, 1906)	12	1									13
34	<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)										4	4
35	<i>Folsomia</i> juv.	6									1	7
36	<i>Proisotoma minima</i> (Absolon, 1901)										1	1
37	<i>Pachytoma topsenti</i> (Denis, 1948)	6	100	36	185							327
38	<i>Isotomiella minor</i> (Schaffer, 1896)			3				212	99	156	188	658
Lp	Taxa	U	S	N	M.	TZ	TB	D	O	R	K	Razem
39	<i>Parisotoma notabilis</i> Schaffer, 1896	64	274	332	22	64	89	551	244	142	480	2262
40	<i>Desoria violacea</i> Tullberg, 1876				3		1	25	5		49	83
41	<i>Isotoma anglicana</i> (Lubbock, 1862)	18	28	36	15		26					123
42	<i>I. viridis</i> Bourlet, 1839	22	7	9	1	38	4	3	2	7	15	108
43	<i>Isotoma</i> juv.	3	5	28	47	2	19	28		64	22	218
44	<i>Isotomurus balteatus</i> (Reuter, 1876)	2	4	4								10
45	<i>Isotomurus</i> juv.	39	83	15			2					139
46	<i>Isotomidae</i> juv.	8	34	16	4	4	6					72
47	<i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871)	1			1	1	90		37	7	20	157
48	<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)				1							1
49	<i>Orchesella bifasciata</i> Nicolet, 1841		2							8	17	27
50	<i>O. cincta</i> (Linnaeus, 1758)		1					7			5	13
51	<i>O. flavescens</i> (Bourlet, 1839)				1		1	2	1	4	2	11
52	<i>Orchesella</i> juv.						1	1			2	4

Lp	Taxa	U	S	N	M.	TZ	TB	D	O	R	K	Razem
53	<i>Entomobrya corticalis</i> (Nicolet, 1841)						1		9	2		12
54	<i>E. multifasciata</i> (Tullberg, 1871)	2		1								3
55	<i>E. quinquelineata</i> Börner, 1901		1	2	10						1	14
56	<i>Willowsia nigromaculata</i> (Lubbock, 1873)	1					1			2	2	6
57	<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871		138		2	114						254
58	<i>L. lignorum</i> (Fabricius, 1793)			17	182	224	98	205	64	74	137	1001
59	<i>L. violaceus</i> Lubbock, 1873		1	3	28	14	25					71
60	<i>Lepidocyrtus</i> juv.	8	11	7	41	180	44	50	51	30	38	460
61	Entomobryidae juv.	1	52	53	29	58	18	37	5	16	112	381
62	<i>Cyphoderus albinus</i> Nicolet, 1842				4	3	3					10
63	<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900								10	10	6	26
64	<i>Spheridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	78	51	9	3	10	54	40	38	31	12	326
65	<i>Sminthurides schoetti</i> (Axelson, 1903)				26	16	13		2	1		58
66	<i>Arrhopalites caecus</i> (Tullberg, 1871)	1	7	5				1				14
67	<i>A. principalis</i> Satch, 1945				1			1				2
68	<i>A. secundarius</i> Gisin, 1958				1							1
69	<i>Arrhopalites</i> juv.		2		1		1	6				10
70	<i>Sminthurinus elegans</i> (Fitch, 1863)		34	8								42
71	<i>S. gamae</i> Gisin, 1963		4					16				20
72	<i>S. gisini</i> Gama, 1965							3	1			4
73	<i>S. niger</i> (Lubbock, 1868)		8	25	18		2	11	21	24		109
74	<i>Sminthurinus</i> juv.	9	32	8	5	5	2	14	34	38	1	148
75	<i>Ptenothrix atra</i> (Linnaeus, 1758)						1		1			2
76	<i>Ptenothrix</i> juv.						1					1
77	<i>Dicyrtoma</i> juv.						2		2			4
78	<i>Sminthurus</i> juv.	4				2				1		7
79	<i>Symphyleona</i> juv.	1	1	4		15	2					23
	Suma	426	999	745	848	990	530	1368	735	703	1293	8637

Podsumowanie

1. Na podstawie opisanych cech gleb i zmian zachodzących w roślinności można wyróżnić trzy fazy spontanicznej sukcesji leśnej na zaniechanych rolniczo glebach sandrowych.
2. W pierwszej fazie tzw. segetalnej, obejmującej okres kilku lat po zaniechaniu uprawy, w glebie szybko spada zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Na uwolnionej spod presji rolniczej powierzchni pojawiają się rośliny zielne głównie z klasy *Stellarie-tea mediae* i *Koelerio glaucae-Corynepforetea canestentis*.
3. W fazie drugiej, tzw. przejściowej, na ugorach następuje ekspansja mszaków oraz wkraczanie sosny i pierwszych gatunków z klasy *Vaccinio-Piceetea*.

4. Kolejnym etapem sukcesji jest faza leśna rozpoczynająca się już w spontanicznie powstałych 40-letnich drzewostanach. Na tym etapie glebę cechuje wysoka zawartość próchnicy i wskaźnika C/N oraz niskie pH a także spadek zawartości azotu. W młodych borach bujnie rozwija się warstwa mszysta a w runie dominują rośliny borowe.
5. Struktura runa starych ponad 100 letnich drzewostanów na gruntach porolnych znacząco różni się od runa na powierzchniach leśnych, pomimo że większość charakterystyk gleby jest zbliżona.
6. Na tle wyraźnie zaznaczonej fazowości rozwoju roślinności obserwuje się dynamiczne zmiany w zgrupowaniach ściółkowo-glebowych skoczogonków.
7. Wyróżniono następujące etapy sukcesji fauny ściółkowo-glebowej: faza segetalna, faza przejściowa, faza inwazji i faza leśna.
8. Faza segetalna i faza przejściowa to wstępny etap sukcesji, w którym fauna terenów rolniczych, stopniowo wzbogacana w gatunki terenów otwartych, zostaje przekształcona w bogate gatunkowo i różnorodne zgrupowania.
9. Faza inwazyjna spontanicznej sukcesji leśnej zaczyna się na etapie powstawania młodników i cechuje się szybkim ubywaniem skoczogonków terenów otwartych oraz powolnym wkraczaniem gatunków leśnych.
10. W fazie leśnej, duży udział w zgrupowaniach Collembola gatunków typowych dla lasu decyduje o wysokim podobieństwie faunistycznym drzewostanów średniowiekowych do dojrzałych ekosystemów leśnych.
11. Zbiorowiska roślinne i zgrupowania skoczogonków powstające w wyniku spontanicznego wkraczania lasu na grunty porolne cechują się większą różnorodnością biologiczną niż zbiorowiska powstające w wyniku sztucznych zalesień.

Literatura

- Dzwonko Z. 2001. Assessment of light and soil conditions in ancient and recent woodlands by Ellenberg indicator values. *Journal of Applied Ecology*, 38(5), 942-951.
- Falińska K. 1989. The recovery of forest in meadows and biological mechanisms of species turnover in succession. *Studies in Plant Ecology* 18: 69-71.
- Faliński J. B. 1986. Sukcesja roślinności na nieużytkach porolnych jako przejaw dynamiki ekosystemu wyzwolonego spod długotrwałej presji antropogenicznej. *Wiadomości Botaniczne* 30; 1: 25-50.
- Faliński J.B.1998. Dioecious woody pioneer species (*Juniperus communis*, *Populus tremula*, *Salix* sp. div.) in the secondary succession and regeneration. *Phytocoenosis N.S. Vol. 10. Białowieża*:1-156.
- Frączek, M. 1997. Proces wtórnej sukcesji leśnej na łące Kurnikówka w Pienińskim Parku Narodowym. *Przegląd Przyrodniczy*, 7(1/2), 121-130.
- Góras, P., and A. Orczewska. 2007. Zróżnicowanie runa w lasach sosnowych posadzonych na gruntach porolnych w starych lasach sosnowych na siedlisku boru mieszanego świeżego. *Przegląd Przyrodniczy* 18: 227-241.
- Matuszkiewicz, J. M., Kowalska, A., Kozłowska, A., Roo-Zielińska, E., Solon, J. 2013. Differences in plant-species composition, richness and community structure in ancient and post-agricultural pine forests in central Poland. *Forest Ecology and Management*, 310, 567-576.
- Mazur S., Tracz H. 1999. Zmiany w strukturze i różnorodności fauny borów sosnowych świeżych na terenach Puszczy Człuchowskiej w ciągu ostatnich 20 lat. *Fundacja Rozwój SGGW*.
- Osbornová, J., Kovarova, M., Lepš, J., Prach, K. 1990. Succession in abandoned fields. *Studies in Central Bohemia, Czechoslovakia*. Kluwer Academic Publishers.
- Poinsot N. 1966. Documents faunistique et ecologique. Etude ecologique des Collemboles des dunes de Beynes (Haute Camarque). *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 3: 483-493.

- Rygiel, Z. 1980. Przebudowa zbiorowisk olszy szarej w Bieszczadach. *Sylwan* 124, 1: 45-55.
- Rickerl D.H., Curl E.A Touchton J.T. 1989. Tillage and rotation effects on Collembolan populations and *Rhizoctonia* infestation. *Soil and Tillage Research*. 15: 41-49.
- Rusek J. 1990. *Collembola* and other microarthropods. W: Osbornova J., Kovarova M., Leps J., Prach K. (eds) *Succession in Abandoned Fields. Studies in Central Bohemia, Czechoslovakia. Geobotany*, 15: 56-58.
- Smal, H., Olszewska, M. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. *Plant and Soil*, 305(1-2): 171-187.
- Sławska M. 1997 Succession of *Collembola* in an active deflation hollow in Słowiński National Park. *Pedobiologia*, 41: 139-144.
- Sławska M. 1999. Zmiany w strukturze i różnorodności fauny glebowej i epigeicznej na gruntach leśnych i porolnych - *Collembola* (Apterygota). W: Mazur S., Tracz H. Zmiany w strukturze i różnorodności fauny borów sosnowych świeżych na terenach Puszczy Człuchowskiej w ciągu ostatnich 20 lat. Fundacja Rozwój SGGW. 43-48.
- Sławska M. 2002. Wpływ sposobu przygotowania gleby na zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, Apterygota) boru sosnowego. *Sylwan* 11: 63-72.
- Sławski M. 2002. Spontaniczna restytucja lasu jako przykład ochrony procesów przyrodniczych. W: *Zadania gospodarze lasów a funkcje ochrony przyrody*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Sławski M. 2007. Spontaniczne odtwarzanie lasu na porzuconych gruntach rolniczych na tle zmian wybranych właściwości gleby. *Przegląd Przyrodniczy XVIII*, 1-2: 255-277.
- Szwagrzyk J. 2004. Sukcesja leśna na gruntach porolnych; stan obecny, prognozy i wątpliwości. *Sylwan* 4: 53-59.
- Traczyk T. 1967. Propozycja nowego sposobu oceny produkcji runa. *Ekologia Polska*. B. 13: 241-247.

Sławska Małgorzata, Sławski Marek
Katedra Ochrony Lasu i Ekologii,
SGGW w Warszawie
slawska@poczta.onet.pl
m.slawski@poczta.onet.pl