

WPŁYW PEŁNEJ UPRAWY NA OSIEDLANIE SIĘ ROŚLIN ŁĄKOWYCH NA ODŁOGACH PODDANYCH RESTYTUCJI PRZYRODNICZEJ

Marek Czerwiński^{✉1}, Wiktor Kotowski², Barbara Golińska¹,
Kamila Brzezińska³

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

² Uniwersytet Warszawski

³ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

Streszczenie. Badania przeprowadzono w rezerwacie przyrody „Bagno Serebryskie” koło Chełma, w którym w latach 2008–2009 kompleks odłogów o areale 1 ha poddano restytucji przyrodniczej z wykorzystaniem metody pełnej uprawy i wysiewem nasion kilkudziesięciu gatunków, które wcześniej zebrano na pobliskich łąkach donorowych. Zabiegi uprawowe wykonano w równoległe pasy o szerokości ok. 8 m, rozdzielone pasami o glebie nieuprawionej o tej samej szerokości. Siew wykonano także w pasy, lecz ustawione do nich prostopadle. W ten sposób otrzymano ponad sto kwadratowych poletek o boku 8 m, reprezentujących cztery warianty: 1 – uprawione obsiane, 2 – nieuprawione obsiane, 3 – uprawione nieobsiane i 4 – nieuprawione nieobsiane. W 2010 roku na poletkach doświadczalnych wykonano zdjęcia fitosocjologiczne: oceniono pokrycie warstwy mszystej i zielnej oraz obfitość występowania wysianych roślin. Stwierdzono, że w restytucji przyrodniczej odłogów, metoda pełnej uprawy sprzyja osiedlaniu się roślin łąkowych z wysianych nasion. Siew nasion spowodował istotny wzrost obfitości występowania gatunków pożądanych w restytucji przyrodniczej.

Słowa kluczowe: restytucja przyrodnicza, pełna uprawa, odłóg, osiedlanie się gatunków

WSTĘP

Od kilku dekad areal zajmowany przez półnaturalne siedliska łąkowe zmniejsza się oraz następuje ich degradacja [GIOŚ 2014]. Przyczyn tych niekorzystnych zjawisk upatruje się przede wszystkim w intensyfikacji lub zaniechaniu użytkowania łąkowego,

[✉]m.czerwinski@up.poznan.pl

a także w przekształcaniu łąk w pola uprawne. W odpowiedzi na zmniejszanie się powierzchni łąk półnaturalnych odtwarza się je w miejscach, gdzie nie przeszkadza to innym celom wykorzystania terenu. Utworzenie lub odtworzenie półnaturalnej łąki polega przede wszystkim na dostarczeniu diaspor gatunków docelowych na obszar restytucji oraz na stworzeniu introdukowanym gatunkom roślin sprzyjających warunków do ich osiedlania się [Hedberg i Kotowski 2010, Hofmann i Isselstein 2004, Krautzer i in. 2012]. W przypadku odłogów lektura przytoczonych źródeł skłania ku twierdzeniu, że likwidacja runi i darni ułatwia osiedlanie się roślin, ale wyniki zawarte w tych publikacjach są statystycznie słabe lub odnoszą się tylko do części gatunków, których dotyczą niniejsze badania.

Celem pracy jest ocena wpływu metody pełnej uprawy na osiedlanie się roślin łąkowych na odłogach poddanych restytucji przyrodniczej, z uwzględnieniem ogółu wysianych gatunków oraz każdego z osobna.

MATERIAŁ I METODY

Opis terenu badań

Doświadczenie założono w środkowej części wyniesienia mineralnego, zlokalizowanego we wschodniej części Bagna Serebryskiego (51°10'16,7"N; 23°32'01,0"E) na obszarze 1,0 ha. Wyniesienie do 1990 roku było użytkowane jako ekstensywny użytek zielony, następnie zostało zaorane [Buczek i Buczek 1998] i utworzono tam kilka działek rolnych, które przez kilkanaście lat użytkowano jako grunty orne, obsiewając je m.in. rzepakiem i owsem. W 2005 roku zaniechano na tym obszarze uprawy i od tego czasu wyniesienie stanowiło odłogi. W celu odtworzenia półnaturalnych zbiorowisk łąkowych zastosowano metodę pełnej uprawy [Goliński 1999, Walker i in. 2004, Hedberg i Kotowski 2010]. We wrześniu 2008 roku na całej powierzchni odłogów skoszono runę na wysokości 4–5 cm nad powierzchnią gleby. Na połowie tej powierzchni (rys. 1) w październiku 2008 roku wykonano głęboką orkę za pomocą pługa łąkowego, zaopatrzonego w odkładnicę śrubową, na głębokość 20–29 cm (średnio 24 cm). W kolejnym roku, od czerwca do października, co 5–6 tygodni wykonywano bronowanie i kultywatorowanie zaoranej powierzchni w celu zmniejszenia żywotności glebowego banku diaspor gatunków segetalnych. Zabiegi pełnej uprawy nie spowodowały zmian właściwości fizycznych i chemicznych podłoża, które mogłyby wpłynąć na osiedlanie się roślin z wysianych nasion [Czerwiński i in. 2015].

Zbiór materiału siewnego

W 2009 roku na półnaturalnych łąkach i murawach Bagna Serebryskiego, stanowiących stanowiska donorowe, zebrano nasiona z przeznaczeniem do introdukcji na objętych badaniami odłogach, posługując się spalinowymi zbieraczami ogrodowymi. Wybrano łąki i murawy położone na glebach: od podmokłych, poprzez umiarkowanie wilgotne, po suche; od zasadowych, zlokalizowanych w południowej części torfowiska po gleby obojętne, położone w części północnej [Urban 1998]. Zbiór nasion wykonano dwukrotnie: od 8 sierpnia do 10 września i od 14 września do 10 października

Tabela 1. Skład gatunkowy materiału siewnego zastosowanego w restytucji łąki półnaturalnej na odłogach; do analizy wykorzystano próbkę materiału siewnego o masie 9 kg, zawierającego nasiona, plewy, cząstki gleby i martwą materię organiczną

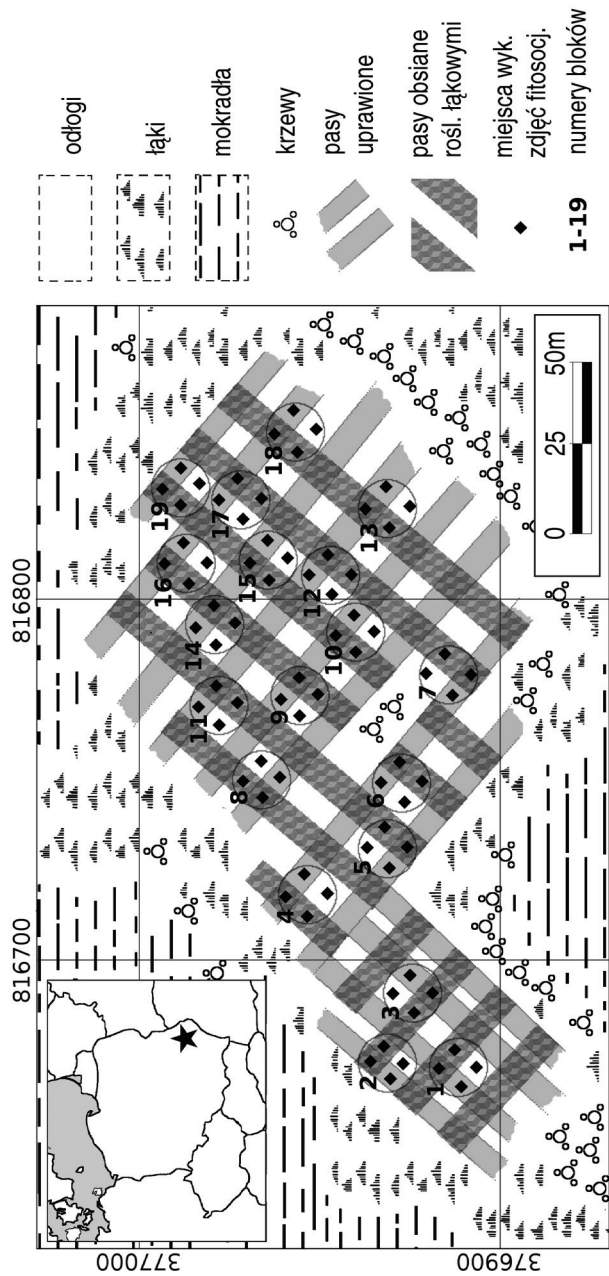
Table 1. Species composition of sowing material used for the restoration of grassland on ex-arable land; a 9 kg sample of the sowing material was analyzed; it composed of seed, chaff, soil particles and litter

Gatunki – Species	Liczba siewek Number of seedlings
<i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Molinia caerulea</i>	1001–10000
<i>Agrostis capillaris</i> , <i>A. stolonifera</i> , <i>Avenula pratensis</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Epilobium palustre</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Holcus lanatus</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>P. media</i> , <i>Pimpinella saxifraga</i> , <i>Serratula tinctoria</i> , <i>Plantago major</i> ssp. <i>intermedia</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>	101–1000
<i>Achillea millefolium</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Carex flacca</i> , <i>Carex vesicaria</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Epilobium hirsutum</i> , <i>Eragrostis pilosa</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Galium album</i> , <i>Geum rivale</i> , <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>L. hispidus</i> , <i>Leonurus cardiaca</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Medicago lupulina</i> , <i>Poa compressa</i> , <i>Prunella grandiflora</i> , <i>Prunella vulgaris</i> , <i>Ranunculus acris</i> , <i>Selinum carvifolia</i> , <i>Succisa pratensis</i> , <i>Trifolium campestre</i> , <i>T. montanum</i> , <i>T. repens</i> , <i>Teucrium chamaedrys</i>	11–100
<i>Angelica palustre</i> , <i>Anthyllis vulneraria</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Aster amellus</i> , <i>Avenula pubescens</i> , <i>Bidens tripartita</i> , <i>Briza media</i> , <i>Campanula sibirica</i> , <i>Carex disticha</i> , <i>C. hostiana</i> , <i>C. muricata</i> , <i>C. panicea</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Cerastium holosteoides</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Coronilla varia</i> , <i>Cynosurus cristatus</i> , <i>Dianthus superbus</i> , <i>Epilobium adenocaulon</i> , <i>E. tetragonum</i> , <i>Festuca heterophylla</i> , <i>Galinsoga ciliata</i> , <i>Galium uliginosum</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Juncus articulatus</i> , <i>Lactuca serriola</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Lychnis flos-cuculi</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Mentha x verticillata</i> , <i>Myosotis palustris</i> , <i>Odontites verna</i> ssp. <i>serotina</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Poa annua</i> , <i>Polygonum persicaria</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Sonchus asper</i> , <i>S. oleraceus</i> , <i>Stachys officinalis</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Thalictrum minus</i> , <i>Trifolium dubium</i> , <i>T. hybridum</i> , <i>Triglochin palustre</i> , <i>Vicia cracca</i>	1–10

2009 roku. Łącznie zebrano 444 kg (około 5 m³) materiału siewnego. Zidentyfikowano w nim 93 gatunki, wykorzystując metodę wschodu siewek [Czerwiński 2015]. Skład gatunkowy zebranego materiału siewnego przedstawiono w tabeli 1. Zebrane nasiona bardzo dokładnie zmieszano i 12 grudnia 2009 roku ręcznie wysiano równomiernie na odłogach (rys. 1). Termin siewu nasion podyktowany był terminem zakończenia ich zbioru (10 października, p. wyżej) oraz koniecznością wysuszenia i dokładnego ich zmieszania przed wysiewem. Dawało to pewność, że na całym obszarze doświadczenia zostanie wysiana mieszanka nasion o tym samym składzie gatunkowym i tym samym udziale poszczególnych gatunków.

Układ doświadczalny

Pełną uprawę gleby przeprowadzono w równoległych pasach, które oddzielono pasami nieuprawionymi. Upřednio zebrane nasiona wysiano w pasy prostopadłe do pasów uprawionych. Wszystkie pasy miały szerokość około 8 m. W ten sposób utworzyły one ponad sto kwadratowych poletek o boku 8 m, występujących w czterech wariantach:



Rys. 1. Schemat doświadczenia
Fig. 1. Design of the experiment

uprawione obsiane, uprawione nieobsiane, nieuprawione obsiane i nieuprawione nieobsiane. Na poletkach, w przybliżeniu w ich środku, utworzono stałe powierzchnie badawcze w kształcie kwadratów o powierzchni 4 m^2 . We wrześniu 2010 roku na wyznaczonych powierzchniach wykonano zdjęcia fitosocjologiczne [Czerwiński 2015]. Badania objęły krytyczny okres w rozwoju introdukowanych roślin, decydujący o sukcesie ich osiedlenia się: stadium siewki oraz stadium juwenilne, kiedy na badanym obiekcie doświadczalnym nastąpiło zwanie runi i nasilenie konkurencji ze strony gatunków segetalnych. W tym roku nie prowadzono żadnych zabiegów pielęgnacyjnych przed wykonaniem zdjęć fitosocjologicznych.

Metody statystyczne

Analizie poddano pokrycie w warstwie mszystej i zielnej oraz obfitość występowania 41 wysianych gatunków roślin, które pochodziły na pewno z wysiewu, tzn. takich, które spełniały jednocześnie dwa warunki: 1 – zostały zanotowane na łąkach, na których później zebrano nasiona; 2 – w 2010 roku weszły w szklarni po wysiewie próbki zebranych nasion (tab. 1). Problem badawczy analizowano w układzie bloków losowych, utworzonym przez 19 czteropoletkowe bloki obiektu eksperymentalnego. Taki układ pozwalał zastosować testy dla prób wiązanych, które mają większą moc niż testy dla prób niezależnych [Zar 1984]. Testy przeprowadzono najpierw na całym zespole wysianych gatunków, a potem na każdym gatunku z osobna. Do obliczeń wykorzystano testy nieparametryczne, ponieważ obfitość występowania gatunków, tzn. ich ilościowość lub pokrycie, została wyrażona w skali Braun-Blanqueta [Dzwonko 2007], która jest skalą porządkową (rangową). W odniesieniu do całego zespołu wysianych gatunków wykorzystano wielowymiarową analizę wariancji w klasyfikacji prostej [Anderson 2001], natomiast w odniesieniu do poszczególnych gatunków zastosowano test Friedmana i porównania wielokrotne niezaplanowane, wykonane a posteriori [Zar 1984]. Analizę wariancji wykonano na macierzy odległości Gowera, w której nieobecność gatunku w parze porównywanych zdjęć fitosocjologicznych powoduje zmniejszenie wartości współczynnika odległości między nimi [Anderson i in. 2011], a do oceny istotności wyników (p -wartości) wykorzystano test permutacyjny przy 999 powtórzeniach [Manly 2006]. We wszystkich testach przyjęto wartość 0,05 jako graniczny poziom istotności. Wyjątkowo, przy rozpatrywaniu ww. koniunkcji warunków, przyjęto poziom istotności 0,025 uwzględniający poprawkę Bonferroniego. Wszystkie obliczenia wykonano w środowisku programistycznym „R”, w wersji 3.0 [R Core Team 2015].

WYNIKI I DYSKUSJA

Pokrycie w warstwie mszystej i zielnej

Na poletkach niepoddanych pełnej uprawie powierzchnia gleby była pokryta roślinnością zielną średnio w 87%, a mszystą średnio w 21% (tab. 2), z kolei wolne płyty gleby pokrywała cienka warstwa martwej fitomasy. Na poletkach poddanych mechanicznym uprawom odchwaszczającym, średnie pokrycie w warstwie zielnej przez gatunki

nieintrodukowane było istotnie niższe i wynosiło w kwietniu około 5%, a we wrześniu 76%. Średnie pokrycie w warstwie mszystej było podobnie niskie na poletkach uprawionych i nieuprawionych. Istotna różnica między pokryciem roślinności w warstwie zielnej między poletkami poddanymi pełnej uprawie a poletkami kontrolnymi świadczy o tym, że przyoranie roślin synantropijnych skutecznie zniszczyło zwartą ruń i darń, natomiast kultywatorowanie i bronowanie, prowadzone systematycznie przez cały sezon wegetacyjny, spowodowały spadek żywotności glebowego banku diaspor.

Tabela 2. Porównanie średniego pokrycia w warstwie mszystej i zielnej między poletkami nieuprawionymi nieobsianymi a poletkami uprawionymi nieobsianymi; pokrycie określono w pierwszym roku po wysiewie nasion z łąki donorowej

Table 2. The comparison of mean coverage in moss and herb layer between the not tilled, not sown plots and tilled, not sown plots. The coverage was determined in the first year after sowing seeds from donor site

Warstwa Layer	Średnie pokrycie na poletkach Mean coverage on plots		Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wynik testu t dla par wiązanych Result of t-Student test for paired samples	
	nieuprawione nieobsiane not tilled not sown	uprawione nieobsiane tilled not sown		wartość t t value	wartość p p value
Mszysta – Moss	21	18	18	0,823	0,4212
Zielna – Herb	87	76	18	3,644	0,0019

Osiedlanie się wysianych roślin łąkowych ogółem i poszczególnych gatunków

Analiza wariancji (tab. 3), przeprowadzona dla całego zespołu badanych gatunków wykazała, że istnieje istotna różnica ($p = 0,001$) w obfitości występowania wysianych gatunków między poletkami uprawionymi obsianymi a pozostałymi dwoma wariantami poletek: uprawionymi nieobsianymi i nieuprawionymi obsianymi, przy czym wysiane rośliny występowały najliczniej na poletkach uprawionych i obsianych. Oznacza to, że pełna uprawa ułatwia osiedlanie się roślin łąkowych introdukowanych poprzez wysiew. Dzięki przyoraniu runi i martwej biomasy roślin wysiane nasiona miały łatwiejszy dostęp do gleby, przez co rośliny mogły szybciej wykiełkować i ukorzenie się, a ich późniejszy wzrost nie był ograniczony niską dostępnością światła [Hofmann i Isselstein 2004].

Gatunki, które rozwinęły się z wysianych nasion, można podzielić na następujące grupy (tab. 4): 1 – gatunki, które wystąpiły z istotnie większą obfitością na poletkach uprawionych obsianych niż na poletkach nieuprawionych obsianych oraz uprawionych nieobsianych; w tej grupie znalazły się wszystkie gatunki należące do syntaksonów docelowych w przeprowadzonej na obszarze doświadczenia restytucji: *Molinion*, *Molinietalia* i *Festuco-Brometea*; 2 – gatunki, które wystąpiły z istotnie większą obfitością na poletkach uprawionych obsianych niż na poletkach nieuprawionych obsianych, lecz nie wystąpiły z większą obfitością na poletkach uprawionych obsianych niż na poletkach uprawionych nieobsianych; w tej grupie odnotowano: *Cerastium holosteoides*, *Medicago*

Tabela 3. Wielowymiarowa analiza wariancji obfitości występowania roślin dla całego zespołu badanych gatunków

Table 3. Multivariate variance analysis of plants abundance for the whole group of studied species

Źródło zmienności – obfitość występowania wysianych gatunków między wariantami poletek Source of variation – selected sown species abundance between plot variants	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of the squares	Średnie kwadraty odchyleń Mean square deviation	Statystyka <i>F</i> <i>F</i> statistic	<i>R</i> ²	Wartość <i>p</i> <i>p</i> value
Uprawione obsiane z uprawionymi nieobsianymi Tilled sown with not tilled not sown	1	0,511	0,511	25,47	0,21691	0,001
Uprawione obsiane z nieuprawionymi obsianymi Tilled sown with not tilled sown	1	0,380	0,380	18,93	0,16126	0,001
Reszty – Error	73	1,465	0,020	0,62		
Suma – Total	75	2,356	1			

lupulina, *Hypericum perforatum* i *Plantago major* ssp. *intermedia*; 3 – gatunki, które wystąpiły z istotnie większą obfitością na poletkach nieuprawionych obsianych niż na poletkach uprawionych obsianych, lecz nie wystąpiły z większą obfitością na poletkach nieuprawionych obsianych niż na poletkach nieuprawionych nieobsianych; należały tu: *Festuca rubra*, *Achillea millefolium*, *Carex flacca* i *Phleum pratense*, 4 – gatunki, które występowały z podobną obfitością na poletkach we wszystkich wariantach; ta grupa była szczególnie licznie reprezentowana przez gatunki bardzo pospolite, o szerokiej amplitudzie ekologicznej, np. *Agrostis stolonifera*, *Ranunculus repens*, *Daucus carota*, *Vicia cracca*, *Prunella vulgaris* i *Trifolium repens*. Zupełnie odrębne wyniki uzyskano dla *Cirsium arvense* i *Dactylis glomerata*. Osobniki pierwszego z gatunków istotnie liczniej występowały na poletkach uprawionych niż na nieuprawionych, natomiast drugiego najliczniej występowały na poletkach nieuprawionych.

Gatunki pochodzące z wysiewu, które lepiej osiedlają się na glebie uprawionej to te, które istotnie częściej wystąpiły na poletkach uprawionych i obsianych niż na poletkach nieuprawionych lub nieobsianych. W tej grupie znalazły się wszystkie gatunki, charakterystyczne dla zbiorowisk docelowych w przeprowadzonej restytucji: *Molinion*, *Molinietalia* i *Festuco-Brometea*. Mniejsza obfitość występowania *Festuca rubra*, *Achillea millefolium*, *Carex flacca*, *Phleum pratense* i *Dactylis glomerata* na poletkach uprawionych niż nieuprawionych wynikała zapewne z tego, że na odłogach występowały one bardzo licznie przed rozpoczęciem restytucji i wysiew nasion tych gatunków nie

Tabela 4. Analiza wpływu metody pełnej uprawy na osiedlanie się na odlogach osobników poszczególnych gatunków roślin z wysianych nasion

Table 4. Analysis of the impact of full inversion tillage method on the establishment of individual sown species on ex-arable land

Gatunek Species	Średnia obfitość występowania danego gatunku obliczona na polstkach reprezentujących jeden z wariantów ¹ Mean species abundance calculated on plots representing one of the variants ¹					Istotność różnicy między wariantami (test Friedmana) Significance of difference between variants (Friedman test)		Wartość p między porównywanymi wariantami poletek ² (test a-posteriori) p -value between compared variants of plots ² (a-posteriori test)		Czy rośliny osiedliły się w efekcie pełnej uprawy ($Q < S > R$) i/and ($a < 0,025$ i/and $b < 0,025$)? Did full inversion tillage effected in the establishment of a species?		Czy rośliny osiedliły się w efekcie siewu ($P < R > S$) i/and ($a < 0,025$ i/and $c < 0,025$)? Did sowing seeds of a plant species effected in its establishment?	
	P	Q	R	S	T max value	wartość p p value	a	b	c				
<i>Galium boreale</i>	0,00	0,00	0,00	2,84	5,66	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Galium verum</i>	0,00	0,00	0,26	3,63	6,00	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Sanguisorba officinalis</i>	0,00	0,05	0,00	1,84	5,83	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Euphrasia rostkoviana</i>	0,00	0,00	0,00	1,11	4,90	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Trifolium pratense</i>	0,11	0,16	0,16	1,47	4,86	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Plantago media</i>	0,32	0,37	0,16	2,05	4,88	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0,32	0,37	0,16	2,16	5,26	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Leontodon autumnalis</i>	0,00	0,00	0,11	0,95	4,69	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Lotus corniculatus</i>	0,21	0,21	0,53	2,11	5,24	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Serratula tinctoria</i>	0,05	0,00	0,21	1,16	4,44	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0,53	0,47	0,47	1,84	4,00	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Selinum carvifolia</i>	0,00	0,00	0,00	0,68	3,74	**	***	**	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Galium album</i>	0,00	0,00	0,00	1,00	3,74	**	***	**	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Holcus lanatus</i>	0,21	0,00	0,05	1,11	3,77	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Succisa pratensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,63	3,46	**	***	**	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Prunella grandiflora</i>	0,47	0,47	0,89	1,89	4,37	***	***	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Festuca arundinacea</i>	0,53	0,00	0,32	1,68	4,15	***	*	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Centaurea jacea</i>	1,53	0,89	1,53	2,47	3,98	***	*	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns
<i>Pimpinella saxifraga</i>	0,37	0,00	1,05	2,63	5,26	***	*	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns

<i>Anthyllis vulneraria</i>	0,00	0,00	0,42	1,63	4,71	***	*	***	ni.-ns	tak-yes	-
<i>Odontites verna ssp. serotina</i>	0,74	1,58	1,00	2,74	4,82	***	***	*	ni.-ns	tak-yes	-
<i>Plantago lanceolata</i>	1,37	2,05	2,16	3,74	4,27	***	*	*	ni.-ns	tak-yes	-
<i>Cerastium holosteoides</i>	1,26	2,26	0,32	1,53	5,01	***	*	ni.-ns	*	nie-no	-
<i>Medicago lupulina</i>	0,95	1,11	0,37	1,58	3,53	**	**	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	-
<i>Hypericum perforatum</i>	0,42	2,05	0,53	2,32	4,53	***	***	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	-
<i>Plantago major ssp. intermedia</i>	0,74	4,00	0,32	3,42	5,66	***	***	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	-
<i>Festuca rubra</i>	4,32	0,58	4,89	1,47	5,02	***	**	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	nie-no
<i>Achillea millefolium</i>	3,79	3,32	4,21	3,05	3,74	***	**	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	nie-no
<i>Carex flacca</i>	1,42	0,00	1,21	0,00	4,12	***	*	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	nie-no
<i>Phleum pratense</i>	0,79	0,00	0,79	0,00	2,83	*	*	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	nie-no
<i>Cirsium arvense</i>	1,58	3,79	2,32	3,68	4,24	***	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	nie-no
<i>Dactylis glomerata</i>	1,89	0,00	1,26	0,11	3,67	**	ni.-ns	ni.-ns	ni.-ns	nie-no	nie-no
<i>Trifolium montanum</i>	0,00	0,16	0,11	0,37	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Leontodon hispidus</i>	0,21	0,00	0,26	0,42	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Agrostis stolonifera</i>	4,11	4,42	4,00	3,32	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Ranunculus acris</i>	0,84	0,42	0,63	0,32	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Daucus carota</i>	1,95	2,95	2,21	3,26	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Vicia cracca</i>	1,95	1,74	1,74	1,63	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Trifolium repens</i>	2,37	2,26	1,89	2,16	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Ranunculus repens</i>	0,47	0,58	0,47	0,74	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-
<i>Prunella vulgaris</i>	0,42	0,47	0,84	0,68	ni.-ns	ni.-ns	-	-	-	-	-

¹P: nieuprawione nieobsiane – not tilled not sown; Q: uprawione nieobsiane – not tilled sown; R: nieuprawione obsiane – not tilled sown; S: uprawione obsiane – tilled sown.

²a: nieuprawione obsiane z uprawionymi obsianymi – not tilled sown with tilled sown; b: uprawione nieobsiane z uprawionymi obsianymi – tilled not sown with tilled sown; c: nieuprawione nieobsiane z nieuprawionymi obsianymi – not tilled not sown with not tilled sown.

* 0,01 < p < 0,05, ** 0,001 < p < 0,01, *** p < 0,001, ni. – nieistotne; ns – no significant.

zrekompensował redukcji ich populacji podczas uprawy gleby. W grupie gatunków, które występowały z podobną obfitością na poletkach poddanych i niepoddanych pełnej uprawie znalazły się te, które występowały na odłogach przed przeprowadzeniem restytucji, lub których nasiona były nieliczne w materiale siewnym (tab. 1), co uniemożliwiło uchwycenie różnicy między poletkami reprezentującymi różne warianty doświadczalne. Dla żadnego z badanych gatunków nie stwierdzono, aby obecność runi i darni sprzyjała osiedlaniu się introdukowanych osobników.

Wyniki badań i obydwu analiz: dla całego zespołu wysianych gatunków oraz dla każdego gatunku z osobna wykazały, że zniszczenie runi i zmniejszenie żywotności glebowego banku diaspor na odłogach poprzez metodę pełnej uprawy sprzyja osiedlaniu się roślin łąkowych wprowadzonych z nasionami. Samo skoszenie runi przed wysiewem nie zapewniło sukcesu introdukcji. Uzyskane wyniki dotyczą stosunkowo dużej liczby gatunków reprezentujących różne zbiorowiska i są przekonującym argumentem na poparcie jeszcze słabo udowodnionej tezy, że gleba pozbawiona runi po zastosowaniu pełnej uprawy jest dla roślin łąkowych znacznie „bezpieczniejszym miejscem do kiełkowania” niż jedynie skoszona ruń [Thompson 1987].

WNIOSKI

1. W restytucji przyrodniczej odłogów mechaniczne zniszczenie runi i darni oraz ograniczenie zasobów i żywotności glebowego banku diaspor, wykonane metodą pełnej uprawy, sprzyjało osiedlaniu się roślin łąkowych z wysianych nasion.

2. W grupie gatunków, które istotnie częściej wystąpiły na powierzchni uprawionej obsianej niż na powierzchniach reprezentujących pozostałe warianty doświadczalne znalazły się wszystkie taksony, które są charakterystyczne dla zbiorowisk docelowych w przeprowadzonej restytucji: *Molinion*, *Molinietalia* i *Festuco-Brometea*.

3. Pełna uprawa jest uzasadnioną metodą w restytucji przyrodniczej odłogów, przygotowującą glebę pod wysiew nasion gatunków roślin zebranych z półnaturalnych łąk.

LITERATURA

- Anderson M.J., 2001. A New Method for Non-Parametric Multivariate Analysis of Variance. *Austral Ecol.* 26(1), 32–46.
- Anderson M.J., Crist T.O., Chase J.M., Vellend M., Inouye B.D., Freestone A.L., Sanders N.J. i in., 2011. Navigating the Multiple Meanings of Beta-Diversity: A Roadmap for the Practicing Ecologist. *Ecol. Letters* 14(1), 19–28.
- Buczek A., Buczek T., 1998. „Szata roślinna”. W: Plan ochrony rezerwatu torfowiskowego „Bagno Serebryskie” na lata 1999–2018. A. Buczek, T. Buczek (red.). Lubelskie Towarzystwo Ornitologiczne.
- Czerwiński M., 2015. Ekologiczne uwarunkowania osiedlania się roślin poprzez nasiona zebrane z półnaturalnych łąk w restytucji przyrodniczej odłogów. Niepublikowana rozprawa doktorska. Poznań. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

- Czerwiński M., Kobierski M., Golińska B., Goliński P., 2015. Applicability of full inversion tillage to semi-natural grassland restoration on ex-arable land. *Arch. Agron. Soil Sci.* 61(6), 785–795.
- Dzwonko Z., 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. *Vademecum Geobotanicum*. Poznań–Kraków: Sorus; Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- GIOŚ 2014. Report on the main results of the surveillance under article 11 for annex I habitat types (Annex D). Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- Goliński P., 1999. Zmiany ilościowe i jakościowe w runi łąk wywołane ich renowacją metodą pełnej uprawy w warunkach zróżnicowanej ilości wysiewu nasion. *Łąk. Pol.* 2, 41–50.
- Hedberg P., Kotowski W., 2010. New nature by sowing? The current state of species introduction in grassland restoration, and the road ahead. *J. Nat. Cons.* 18(4), 304–308.
- Hofmann M., Isselstein J., 2004. Seedling Recruitment on Agriculturally Improved Mesic Grassland: The Influence of Disturbance and Management Schemes. *Appl. Veg. Sci.* 7(2), 193–200.
- Krautzer B., Graiss W., Haslgruebler P., Goliński P., 2012. Site assessment and preparation on receptor sites. W: Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands. M. Scotton, A. Kirmer, B. Krautzer (red.), Cooperativa Libreria Editrice Università di Padova.
- Manly B.F.J., 2006. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. Boca Raton, USA: Chapman and Hall/CRC.
- R Core Team, 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing (wersja 3.0). Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org/>.
- Thompson K., 1987. Seeds and Seed Banks. *New Phytol.* 106, 23–34.
- Urban D., 1998. Gleby. W: Plan ochrony rezerwatu torfowiskowego „Bagno Serebryskie” na lata 1999–2018. A. Buczek, T. Buczek (red.). Lubelskie Towarzystwo Ornitologiczne.
- Walker K.J., Stevens P.A., Stevens D.P., Mountford J.O., Manchester S.J., Pywell R.F., 2004. The restoration and re-creation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. *Biol. Cons.* 119(1), 1–18.
- Zar J.H., 1984. Biostatistical Analysis. II wyd. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall International, Inc.

THE EFFECT OF FULL INVERSION TILLAGE ON THE ESTABLISHMENT OF PLANT SPECIES ON EX-ARABLE LAND SUBJECT TO SEMI-NATURAL GRASSLAND RESTORATION

Summary. The aim of the paper was to assess the role of full inversion tillage on the establishment of sown species as a whole group and individuals on ex-arable land subjected to semi-natural grassland restoration. The experiment was conducted in 1 ha area of ex-arable land in Serebryskie Mire Nature Reserve near Chełm. Before ca. 1990 the area selected for the study had been used as an extensive grassland, then it was utilised as arable land, and in 2005 it was abandoned. In autumn 2008 the whole area was mown and divided into 8 m wide strips. Every second strip of land was mouldboard ploughed, so that the *Ap* horizon of the soil, which averaged 24 cm, was completely inverted. In this way parallel strips of ploughed land, separated with strips of uncultivated land, were created (Figure 1). The ploughed area was left in furrows throughout the winter so that the perennating organs of unwanted plant species were exposed to frost. Throughout the following growing season

shallow disking or harrowing was carried out every 5–6 weeks. In December 2009 the whole area was sown with 93 species characteristic for *Molinietalia* and *Arrhenatheretalia* orders and for *Festuco-Brometea* class, which were collected on nearby donor meadows with leaf petrol-powered vacuum harvesters. Sowing was performed in similar 8-m-wide strips, the same as the strips of the plowed land but set perpendicular thereto. This way over a hundred of 8-m-sided, square permanent plots were created, which represented four variants: 1 – cultivated and sown, 2 – uncultivated and sown, 3 – cultivated and unsown, 4 – uncultivated and unsown. In 2010, the coverage in moss and herb layers as well as vegetation of the plots based on phytosociological relevés was determined. It was found that full inversion tillage favored the establishment of the sown grassland plants on ex-arable land. Sowing significantly increased the abundance of the desired plant species. The group of plant species which were more abundant on the sown and cultivated area than on the other treatment areas included all the taxons which were particularly desired. Full inversion tillage is a justified method of seedbed preparation during the restoration of semi-natural grasslands on the ex-arable lands.

Key words: grassland restoration, full inversion tillage, ex-arable land, species establishment