

MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA METODY GGE BIPLLOT DO OCENY STANU I IDENTYFIKACJI ZAGROŻEŃ ZESPOŁU *Alopecuretum pratensis* OPISANEGO NA TERENIE PARKU KRAJOBRAZOWEGO „PODLASKI PRZEŁOM BUGU”

Dorota SIENKIEWICZ-PADEREWSKA¹⁾, Jakub PADEREWSKI²⁾

¹⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Agronomii

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki

Słowa kluczowe: ekosystemy nieleśne, fitocenozy łąkowe, sukcesja wtórna, synantropizacja, waloryzacja ekosystemów półnaturalnych

Streszczenie

Zespół *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931, występujący na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”, scharakteryzowano na podstawie 50 zdjęć fitosocjologicznych, wykonanych metodą Brauna-Blanqueta. Każde zdjęcie opisano względny pokryciem gatunków: charakterystycznych dla klasy; charakterystycznych dla siedlisk wilgotniejszych lub siedlisk suchszych; synantropijnych oraz drzew i krzewów. Obliczono również następujące wskaźniki Ellenberga: L – wskaźnik świetlny, F – uwilgotnienia, R – odczynu gleby, N – zawartości azotu w glebie. Parametry te syntetycznie opisano metodą GGE biplot (ang. „*Genotype and Genotype-by-Environment interaction effects*”). Wykres typu biplot umożliwił wytypowanie grupy niezaburzonych płatów zespołu *Alopecuretum pratensis* oraz płatów zaburzonych. Te ostatnie to albo fitocenozy występujące w siedliskach przesuszonych, w których odnotowano równocześnie zwiększony udział gatunków synantropijnych, albo fitocenozy zlokalizowane w siedliskach wyraźnie wilgotniejszych. Większość płatów zespołu *Alopecuretum pratensis*, zanotowanych na terenie Parku „Podlaski Przełom Bugu”, wykształciła się w warunkach siedliskowych zbliżonych do optymalnych dla tego syntaksonu i została zaliczona do postaci niezaburzonej, co świadczy o jego dobrej kondycji. Metoda GGE biplot okazała się przydatna do oceny stanu zespołu *Alopecuretum pratensis* oraz określenia kierunków jego zmian.

Adres do korespondencji: dr inż. D. Sienkiewicz-Paderewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Agronomii, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa; tel. +48 (22) 593-27-10, e-mail: dorota.sienkiewicz.paderewska@gmail.com

WSTĘP

Fitocenozy trwałych użytków zielonych podlegają działaniu czynników antropogenicznych i naturalnych. Czynniki te oddziałują wielokierunkowo i z różną intensywnością, powodując zmiany jakościowe i ilościowe w zbiorowiskach roślinnych. Wiedza o siedlisku oraz rejestracja i właściwa interpretacja tych zmian pomagają przewidzieć przeobrażenia owych zbiorowisk w przyszłości. Umożliwia to skuteczne zapobieganie niepożądanym zmianom i efektywne stosowanie czynnej ochrony zagrożonych ekosystemów. Mimo licznych badań, wiedza na temat funkcjonowania ekosystemów trawiastych jest wciąż ograniczona ze względu na stopień złożoności tych układów. Brakuje wskaźników jednoznacznie opisujących rodzaj i stopień zagrożeń, na które narażone są zbiorowiska trawiaste.

Metoda GGE biplot (ang. „*Genotype and Genotype-by-Environment interaction*”) [YAN, KANG 2003] należy do grupy statystycznych analiz wielowymiarowych, tj. do wnioskowania w sytuacji, kiedy badane obiekty (oryginalnie – odmiany rolniczych roślin uprawnych) są opisane wieloma cechami (plonem w wielu różnych środowiskach). Jest to metoda, polegająca na redukcji wymiarów, czyli zastąpieniu wielu cech opisujących obiekt za pomocą tylko dwu cech – dwoma składowymi głównymi (składowymi głównymi dla obiektu – odmiany – i składowymi głównymi dla cech – plonu – w różnych warunkach środowiskowych), które można przedstawić na wykresie. Zarówno ta metoda, jak i metody bliźniaczo do niej podobne (PCA – ang. „*Principal Component Analysis*”, AMMI – ang. „*Additive Main and Multiplicative Interaction effects*”) są z powodzeniem stosowane do opisu problemów badawczych, w których obiekty są opisane kompletnym zbiorem wartości wielu cech [PADEREWSKI i in. 2011; ZARZYCKI 2005].

W systemie fitosocjologicznym według MATUSZKIEWICZA [2008] zespół *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931 znajduje się w rzędzie *Molinietalia caeruleae* W. Koch 1926 klasy *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 i jest jedyną asocjacją w ramach związku *Alopecurion pratensis* Pass. 1964. W literaturze często wskazuje się na znaczne wewnętrzne zróżnicowanie zespołu *Alopecuretum pratensis*. KUCHARSKI i MICHALSKA-HEJDUK [1994], dokonując przeglądu zespołów asocjacji z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, wymieniają cztery podzespoły zespołu *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931: *A.p. typicum*, *A.p. deschampsietosum*, *A.p. phalaridetosum* i *A.p. agrostietosum*. Oprócz wymienionych powyżej podzespołów, opisywanych niekiedy jako warianty [FIJAŁKOWSKI, CHOJNACKA-FIJAŁKOWSKA 1990; GRYNIA 1975], pojawiają się również informacje o wariantach lub podzespółach tego zespołu z: *Arrhenatherum elatius* [NOWIŃSKI 1967], *Poa pratensis* [DEMBEK 1993; KRYSZAK 2001; KRYSZAK i in. 2009], *Lotus uliginosus* [KRYSZAK 2001], *Avenula pubescens* [WIECZOREK, SZOSZKIEWICZ 1993] czy *Poa trivialis* [KRYSZAK 2001]. FIJAŁKOWSKI i CHOJNACKA-FIJAŁKOWSKA [1990] – oprócz *Alopecuretum pratensis typicum* – wyróżniają następujące warianty: z *Carex acutiformis*, *Carex gracilis*, *Carex elata*, *Heracleum*

sibiricum oraz wariant z *Polygonum bistorta*. Według GRYNI [1975], różnicowanie się zespołów z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* na liczne jednostki niższe rangą (podzespoły, warianty, facje) to efekt obniżania się poziomu wody i ubożenia siedliska w składniki pokarmowe. Wykształcanie się płatów tego zespołu w różnych warunkach siedliskowych może wynikać także z dużych zdolności adaptacyjnych wyczyńca łąkowego (*Alopecurus pratensis* L.) [FIJAŁKOWSKI 1994; MOSEK, MIAZGA 1993].

Fitocenozy, zaliczane do *Alopecuretum pratensis*, mają szeroki zakres występowania – dotyczy to zwłaszcza warunków wilgotnościowych oraz rodzaju gleby. Występowanie płatów tego zespołu zanotowano w siedliskach średnio wilgotnych okresowo przesycających, świeżych, wilgotnych, silnie uwilgotnionych oraz mokrych [FIJAŁKOWSKI, CHOJNACKA-FIJAŁKOWSKA 1990; KRYSZAK 2001; OŚWIT 1992; TRĄBA, WYŁUPEK 2001]. Odnotowano je na różnych glebach: madach, madach glejowych, murszowo-mułowych, murszowo-torfowych, zamulonych torfach [DEMBEK 1993; KRYSZAK 2001; TRĄBA, WYŁUPEK 2001]. Odczyn gleby może być słabo kwaśny, obojętny lub słabo alkaliczny [FIJAŁKOWSKI 1994; FIJAŁKOWSKI, CHOJNACKA-FIJAŁKOWSKA 1990; TRĄBA, WYŁUPEK 2001]. Przyjmuje się, że optimum dla tych fitocenoz to siedliska bardzo żyzne, zasobne w azot, wilgotne, okresowo zalewane, położone na glebach mineralnych lub organicznych [DEMBEK 1993; FIJAŁKOWSKI, CHOJNACKA-FIJAŁKOWSKA 1990; KRYSZAK 2001; NOWIŃSKI 1967; TRĄBA i in. 2004]. Pod względem typologicznym są to najczęściej siedliska łągów właściwych.

W zebranych materiałach fitosocjologicznych, bezpośrednio dotyczących obszaru Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”, mało jest informacji na temat występowania i charakterystyki zespołu *Alopecuretum pratensis*. Pochodzą one głównie z publikacji FIJAŁKOWSKIEGO i CHOJNACKIEJ-FIJAŁKOWSKIEJ [1990], jednak przeprowadzone przez tych autorów badania dotyczą całej Lubelszczyzny i obejmują niewielki fragment doliny Bugu.

Bazując na dostępnych danych fitosocjologicznych, podjęto próbę opisu parametrów, które mogą być przejawem działania czynników zagrażających fitocenoze trwałych użytków zielonych. Parametry te miałyby odzwierciedlać zakres działania czynników, które mogą powodować niepożądane zmiany w fitocenozach, należących do zespołu *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931.

TEREN I METODY BADAŃ

Do analiz wykorzystano 50 zdjęć fitosocjologicznych, opisujących zespół *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931. Zdjęcia wykonano metodą Brauna-Blanqueta na trwałych użytkach zielonych, zlokalizowanych w Parku Krajobrazowym „Podlaski Przełom Bugu”. Badania terenowe przeprowadzono w latach 2004–2006.

Obliczono wartości wybranych parametrów, charakteryzujące stan poszczególnych płatów roślinnych opisanych zdjęciami fitosocjologicznymi, takie jak: względny procent pokrycia dla gatunków: a) charakterystycznych dla klasy (suma gatunków charakterystycznych dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea* i jej syntaksonów niższych ranga); b) charakterystycznych dla siedlisk wilgotniejszych (gatunki z klas wilgotniejszych i gatunki towarzyszące o wyraźnie większej wartości wskaźnika Ellenberga F w porównaniu z gatunkami charakterystycznymi dla *Alopecuretum pratensis*; za wyraźnie większe autorzy przyjęli wartości większe o dwukrotną wartość odchylenia standardowego wskaźnika F dla gatunków charakterystycznych dla klasy niż średnia wskaźnika F dla tych gatunków); c) charakterystycznych dla siedlisk suchszych; d) klas synantropijnych; e) drzew i krzewów. Obliczono również wybrane wskaźniki ELLENBERGA [1992] (L – wskaźnik świetlny, F – uwilgotnienia, R – odczynu gleby, N – zawartości azotu w glebie).

Do opisu wyników (2-kierunkowej klasyfikacji parametry \times zdjęcia) wykorzystano metodę GGE (wzory 1 i 2) [YAN, KANG 2003], opracowaną do opisu plonowania różnych odmian roślin uprawnych w różnych warunkach środowiskowych (interakcji genotypowo-środowiskowej).

$$\hat{Y}_{i,j} - \hat{\mu} - \hat{\beta}_j = \Phi_{i,j} \quad (1)$$

gdzie:

$\hat{Y}_{i,j}$ – obserwowana wartość j -tego parametru w i -tym zdjęciu,

$\hat{\mu}$ – obserwowana średnia ogólna,

$\hat{\beta}_j$ – obserwowany efekt główny dla j -tego parametru,

$\Phi_{i,j}$ – obserwowany efekt interakcji j -tego parametru z i -tym zdjęciem.

Następnie macierz Φ jest przybliżana przez dwie składowe główne o największym znaczeniu:

$$\Phi_{i,j} = \mathbf{u}_{1,i} \lambda_1 \mathbf{v}_{1,j} + \mathbf{u}_{2,i} \lambda_2 \mathbf{v}_{2,j} + \mathbf{e}_{i,j} \quad (2)$$

gdzie:

$\mathbf{u}_{1,i}$ – wartość pierwszej składowej głównej dla i -tego zdjęcia, $\mathbf{u}_{2,i}$ – wartość drugiej składowej głównej dla i -tego zdjęcia (\mathbf{u} jest macierzą, w której wiersze odpowiadają numerowi składowej głównej, a numery kolumn – numerom zdjęć);

$\mathbf{v}_{1,j}$ – wartość pierwszej składowej głównej dla j -tego parametru (takim parametrem jest na przykład względne pokrycie gatunków charakterystycznych dla klasy), $\mathbf{v}_{2,j}$ – wartość drugiej składowej głównej dla j -tego parametru (\mathbf{v} jest macierzą, w której wiersze odpowiadają numerowi składowej głównej, a numery kolumn – numerom opisywanych parametrów);

- λ_1 – wartość skalująca pierwszej składowej głównej, λ_2 – wartość skalująca drugiej składowej głównej (λ – macierz diagonalna wartości skalujących składowe główne zdjęć i parametrów);
 e_{ij} – błąd przybliżenia dwoma składowymi głównymi.

W zapisie macierzowym równość tę można zapisać następująco:

$$\Phi = \mathbf{u}^T \lambda \mathbf{v} + \mathbf{e} \quad (3)$$

W celu zapewnienia porównywalnego wpływu wszystkich parametrów (względne pokrycia wymienionych grup gatunków oraz wskaźników fitoindykacyjnych) wykonano ich standaryzację, tj. odjęto średnią wartość parametru od wartości tego parametru zanotowanego w zdjęciu i podzielono przez odchylenie standardowe tego parametru.

Wyniki analizy przedstawiono na wykresie GGE [GABRIEL 1971] biplot ze skalowanymi parametrami zdjęć fitosocjologicznych. Tak skalowany wykres dokładniej odzwierciedla zależności między tymi parametrami [YAN, KANG 2003]. Wykres przedstawia informację o:

- **zgodności (podobieństwo i niepodobieństwo) zastosowanych parametrów**, to znaczy, które z opisanych parametrów zachowują się podobnie, zgodnie, dla opisywanych zdjęć fitosocjologicznych (równocześnie mają w tych samych zdjęciach większe albo mniejsze wartości);
- **podobieństwie (wielowymiarowym) zdjęć pod względem tych parametrów**, to jest, które fitocenozy można opisać jako podobne uwzględniając równocześnie wszystkie badane parametry, a które fitocenozy opisane zdjęciami fitosocjologicznymi odstają pod względem badanych parametrów;
- **przybliżonej charakterystyce poszczególnych fitocenoz przez badane parametry**.

Na podstawie uzyskanego wykresu GGE biplot (zachowującego 47% sumy kwadratów zmienności omawianych parametrów w zdjęciach) wytypowano grupę zdjęć, opisujących płaty o bardzo podobnych parametrach, i określono je jako fitocenozy **niezaburzone**. Pozostałe płaty oceniono jako nietypowe i nazwano na potrzeby niniejszego opracowania **zaburzonymi**.

W celu odniesienia prezentowanych wyników do wyników uzyskanych dla analogicznych fitocenoz na wykresie uwzględniono parametry *Alopecuretum pratensis* obserwowane przez innych autorów. W przypadku, gdy brakowało niektórych parametrów rozpatrywanych w niniejszej pracy, uzupełniono je średnimi parametrami zaobserwowanymi w materiale badawczym. Wektor parametrów poddano temu samemu przekształceniu standaryzującemu, jak dane opisujące omawiane 50 zdjęć fitosocjologicznych. Następnie obliczono składowe główne zdjęcia odpowiadające fitocenozie opisanej przez danego autora według wzoru:

$$\lambda^{-1} \mathbf{v} \mathbf{T} \quad (4)$$

gdzie:

λ i \mathbf{v} – zdefiniowane we wzorze (2),

\mathbf{T} – wektor (lub macierz) parametrów zespołu opisanego przez danego autora (kilku zespołów opisanych przez różnych autorów).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” zespół *Alopecuretum pratensis* jest licznie reprezentowany i równomiernie rozmieszczony wzdłuż koryta Bugu.

W strukturze syntaksonomicznej opisywanego zespołu dominują gatunki charakterystyczne dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, stanowiąc łącznie 80,4% względnego pokrycia (tab. 1, 2). Średnia w płatach określonych jako zaburzone (27 płatów) to tylko 70,5%, natomiast w płatach niezaburzonych (23 płaty) to aż 92,5%.

Tabela 1. Struktura syntaksonomiczna zespołu *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931

Table 1. Synthaxonomic structure of described *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931

Gatunki charakterystyczne dla syntaksonu Species characteristic for syntaxon	Względne pokrycie gatunków z wybranych syntaksonów, % Relative cover of species in a syntaxon, %		
	średnio w płatach zaburzonych (27 płatów) mean in disturbed phytocoenoses (27 records)	średnio w płatach niezaburzonych (23 płaty) mean in non-disturbed phytocoenoses (23 records)	średnio w całym zespole (50 płatów) mean for the whole <i>Alopecuretum pratensis</i> (50 records)
ChO. <i>Molinietalia</i>	36,1	37,6	36,8
ChO. <i>Arrhenatheretalia</i>	1,7	4,3	2,9
ChO. <i>Trifolio fragiferae-Agrostietalia stoloniferae</i>	11,2	14,0	12,4
ChO. <i>Plantaginietalia majoris</i>	0,4	4,4	2,2
ChCl. <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	21,1	32,3	26,1
Inne Others	29,5	7,5	19,6
Razem Total	100,0	100,0	100,0

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Wartości liczb wskaźnikowych Ellenberga, obliczone dla wszystkich płatów badanego zespołu, wynoszą: $L - 6,7$, $F - 6,3$ (od 4,1 do 7,3), $R - 5,9$, $N - 6,1$. Są one zbliżone do wyników uzyskiwanych dla *Alopecuretum pratensis* przez innych autorów [KRYSZAK 2001; TRĄBA, WYŁUPEK 2001], które zestawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Zbiorcza tabela fitosocjologiczna zespołu *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931, występującego na terenie PK „Podlaski Przełom Bugu”**Table 2.** Phytosociological data of *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931, described in the Bug Ravine Landscape Park

Gatunki charakterystyczne syntaksonów Characteristic species of syntaxons	Plat Phytocoenosis			
	zaburzone disturbed		niezaburzone non-disturbed	
	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>S</i>	<i>D</i>
1	2	3	4	5
ChAss. <i>Alopecuretum pratensis</i>				
<i>Alopecurus pratensis</i>	V	2630	V	3839
ChAll. <i>Alopecurion pratensis</i>				
<i>Galium mollugo</i> L. s. str.	II	700	I	35
<i>Geranium pratense</i> L.			I	67
<i>Campanula patula</i> L. s. str.	I	2		
ChO. <i>Arrhenatheretalia</i>				
<i>Trifolium repens</i> L.	I	78	II	485
<i>Achillea millefolium</i> L. s. str.	II	141	II	37
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	I	4	II	30
<i>Dactylis glomerata</i> L.	I	2	I	7
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.			I	35
<i>Daucus carota</i> L.	I	19	I	11
<i>Carum carvi</i> L.	I	2		
<i>Heracleum sphondylium</i> L. s. str.			I	2
<i>Leucanthemum vulgare</i> L. s. str.	I	2		
<i>Lotus corniculatus</i> L.	I	2		
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	I	2		
<i>Ranunculus sardous</i> Crantz.			I	11
ChO. <i>Molinieta</i>				
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.	III	104	IV	436
<i>Equisetum palustre</i> L.	II	209	II	104
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.	II	19	I	14
<i>Galium boreale</i> L.	II	335	I	285
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	I	67	II	4
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	I	376	I	2
<i>Myosotis palustris</i> (L.) L. emend. Rchb.	I	6	I	26
<i>Achillea ptarmica</i> L.	I	650	I	393
<i>Galium uliginosum</i> L.	I	2	I	9
<i>Caltha palustris</i> L.	I	6	I	22
<i>Polygonum bistorta</i> L.	I	13	I	4
<i>Lythrum salicaria</i> L.	I	4	I	7
<i>Juncus effusus</i> L.	I	6	I	65
<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr	I	2		0
<i>Taraxacum palustre</i> (Lyons) Symons agg.	I	9	I	2
<i>Cirsium rivulare</i> (Jacq.) All.	I	2	I	2
<i>Juncus conglomeratus</i> L. emend. Leers	I	139	I	2

cd. tab. 2

1	2	3	4	5
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	I	139	I	2
<i>Angelica sylvestris</i> L.			I	2
<i>Epilobium palustre</i> L.			I	2
<i>Bromus racemosus</i> L.	I	9		
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.			I	
<i>Crepis paludosa</i> (L.) Moench			I	2
<i>Lathyrus palustris</i> L.			I	2
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.			I	2
<i>Cnidium dubium</i> (Schkuhr) Thell.	I	2		
<i>Stachys palustris</i> L.			I	11
<i>Thalictrum flavum</i> L.	I	2		
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench			I	2
ChO. <i>Trifolio fragiferae-Agrostietalia stoloniferae</i>				
<i>Ranunculus repens</i> L.	III	717	IV	687
<i>Potentilla anserina</i> L.	III	211	IV	596
<i>Carex hirta</i> L.	III	135	II	37
<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	II	91	II	59
<i>Rumex crispus</i> L.	I	61	II	455
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	I	83	I	67
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	I	21	I	13
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	I	296	I	70
<i>Inula britannica</i> L.	I	67	I	2
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	I	2	I	2
<i>Juncus inflexus</i> L.			I	2
ChO. <i>Plantaginietalia majoris</i>				
<i>Poa annua</i> L.	I	56	I	620
<i>Plantago major</i> L.	I	2		
ChCl. <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>				
<i>Rumex acetosa</i> L.	III	493	III	410
<i>Poa pratensis</i> L.	III	415	III	1067
<i>Plantago lanceolata</i> L.	III	249	II	259
<i>Poa trivialis</i> L.	II	278	III	2239
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	II	102	III	300
<i>Ranunculus acris</i> Huds.	II	145	II	87
<i>Phleum pratense</i> L.	III	248	I	87
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	II	787	I	87
<i>Festuca rubra</i> L. s. str.	II	319	I	24
<i>Holcus lanatus</i> L.	I	15	I	3
<i>Cerastium holosteoides</i> Fr. emend. Hyl.	I	11	I	5
<i>Trifolium pratense</i> L.	I	15	I	2
<i>Vicia cracca</i> L.	I	61	I	2
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	I	20		
<i>Leontodon hispidus</i> L.	I	10	I	11
<i>Avenula pubescens</i> (Huds.) Dumort.			I	4
<i>Cardamine pratensis</i> L. s. str.			I	3

cd. tab. 2

1	2	3	4	5
<i>Centaurea jacea</i> L.	I	2		
<i>Prunella vulgaris</i> L.	I	9		
Towarzyszące Accompanying species				
ChCl. Phragmitetea				
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	II	24	I	15
<i>Galium palustre</i> L.	I	6	II	20
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	I	207	I	3
<i>Poa palustris</i> L.	I	139	II	37
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	I	57	I	78
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	I	11	I	4
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	I	167	I	13
<i>Carex vulpina</i> L.	I	2	I	11
<i>Carex gracilis</i> Curtis	I	11	I	2
<i>Carex vesicaria</i> L.			I	2
<i>Cicuta virosa</i> L.			I	2
<i>Iris pseudacorus</i> L.	I	2		
<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L.			I	2
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	I	2		
<i>Sium latifolium</i> L.	I	2		
<i>Veronica beccabunga</i> L.			I	11
ChCl. Scheuzerio-Caricetea nigrae				
<i>Stellaria palustris</i> Retz.	II	260	I	17
<i>Agrostis canina</i> L. s. str.	I	446	I	11
<i>Carex nigra</i> Reichard	I	67	I	12
<i>Veronica scutellata</i> L.	I	4		
<i>Juncus articulatus</i> L. emend. K. Richt.	I	2		
ChCl. Stellarietea mediae				
<i>Rhinanthus serotinus</i> (Schonh.) Oborny	I	9	I	3
<i>Galeopsis speciosa</i> Mill.			I	
<i>Silene vulgaris</i> Mill.	I	56		
ChCl. Agropyretea				
<i>Equisetum arvense</i> L.	I	19	I	22
<i>Poa angustifolia</i> L.	I	56		
ChCl. Artemisietea vulgaris				
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	II	294	I	4
<i>Glechoma hederacea</i> L.	I	28	I	4
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	I	380	I	2
<i>Urtica dioica</i> L.	I	57	I	3
<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench	I	19	I	228
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.			I	78
<i>Galium aparine</i> L.			I	11
<i>Conium maculatum</i> L.			I	2
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.			I	2

cd. tab. 2

1	2	3	4	5
Inne Others				
<i>Veronica chamaedrys</i> L. s. str.	II	115	III	109
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L. s. str.	II	315	I	87
<i>Rumex confertus</i> Willd.	I	1020	II	20
<i>Stellaria graminea</i> L.	I	20	II	28
<i>Mentha aquatica</i> L.	I	76	I	67
<i>Achillea salicifolia</i> Besser	I	10	I	7
<i>Lycopus europaeus</i> L.	I	2	I	3
<i>Carex praecox</i> Schreb.	I	204	I	65
<i>Galium verum</i> L.	I	6	I	2
<i>Agrostis capillaris</i> L.	I	20		
<i>Armeria maritima</i> subsp. <i>maritima</i> (Mill.) Willd.	I	4		
<i>Luzula campestris</i> L. DC.	I	57	I	11
<i>Polygonum amphibium</i> L.	I	19	I	2
<i>Briza media</i> L.	I	11		
<i>Carex ovalis</i> Gooden.	I	2	I	4
<i>Phleum hubbardii</i> D. Kováts	I	2	I	22
<i>Carex elongata</i> L.	I	2	I	4
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.			I	22
<i>Potentilla argentea</i> L. s. str.	I	11		
<i>Cardaminopsis arenosa</i> (L.) Hayek	I		I	
<i>Fragaria vesca</i> L.			I	2
<i>Veronica spicata</i> L.			I	2
<i>Agrostis vinealis</i> Schreb.				0
<i>Cerastium semidecandrum</i> L.			I	2
<i>Rumex acetosella</i> L.	I			
<i>Cerastium arvense</i> L. s. str.	I	9		
<i>Dianthus deltoides</i> L.	I	56		
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	I	2		
<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.	I	2		
<i>Danthonia decumbens</i> DC	I	56		
<i>Hieracium pilosella</i> L.	I	9		
<i>Nardus stricta</i> L.	I	56		
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	I			
<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó	I	2		
<i>Mentha arvensis</i> L.	I	9		
<i>Pimpinella saxifraga</i> L.			I	2
<i>Pyrus communis</i> L.	I			
<i>Rumex palustris</i> Sm.			I	2
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	I	2		
<i>Salix pentandra</i> L.	I			

Objaśnienia: *S* – stałość, *D* – współczynnik pokrycia. Explanations: *S* – constancy; *D* – mean cover.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 3. Parametry zespołu *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931, podawane w literaturze**Table 3.** Parameters of *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931 community given by other authors

Źródło danych Source of data	Udział gatunków, % Share of, %		Średnia liczba gatunków drzew i krzewów w zdjęciu Mean number of tree and shrub species per phytosociological relevé	Wartości wskaźników Ellenberga Ellenberg indicator values			
	charakterystycznych dla <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> species characteristic of the <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	synantropijnych synanthropic species		<i>L</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>N</i>
TRĄBA i in. [2004]	58	11	0,4	6,6	6,1	6,6	6,5
TRĄBA <i>et al.</i> [2004]							
KRYSZAK [2001]	37	–	–	7,12	6,52	5,04	6,13
KRYSZAK i in. [2007]	38	–	–	7,05	6,11	5,25	6,3
KRYSZAK <i>et al.</i> [2007]							

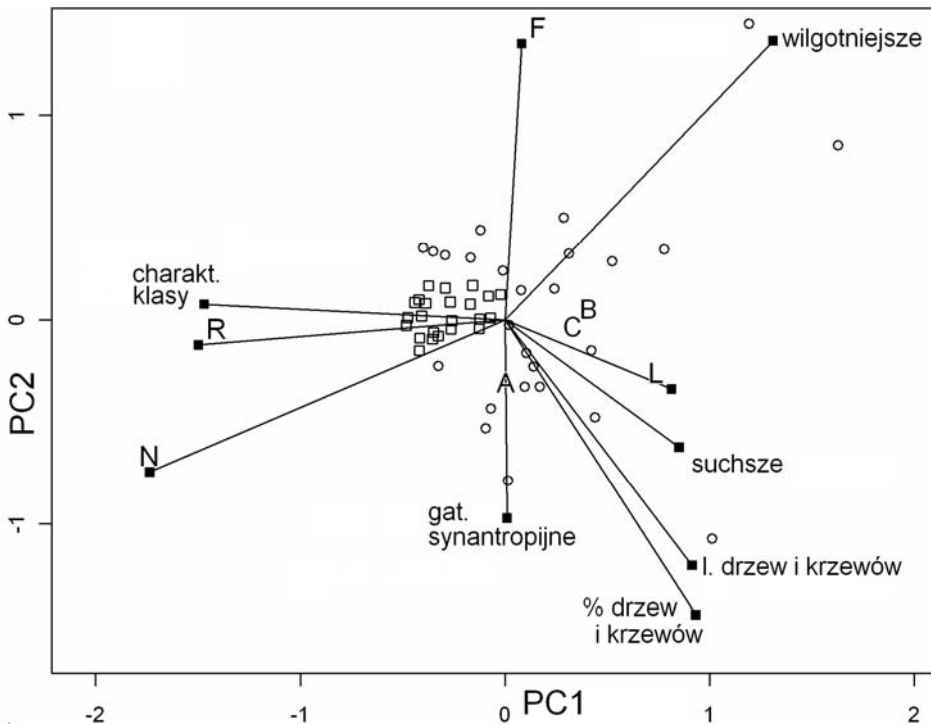
Objaśnienia: *L* – wskaźnik świetlny, *F* – wskaźnik uwilgotnienia, *R* – wskaźnik odczynu gleby, *N* – wskaźnik zawartości azotu w glebie.

Explanations: *L* – light, *F* – moisture, *R* – soil pH, *N* – soil nitrogen.

Źródło: zestawienie własne na podstawie danych z literatury. Source: own set based on the literature.

Obliczone zakresy wartości wskaźników Ellenberga są potwierdzeniem szerokiej skali ekologicznej *Alopecuretum pratensis* w stosunku do czynnika *F* – uwilgotnienia. Rozpatrywane parametry obserwowanych fitocenoz (względne pokrycie gatunkami różnych klas, wskaźniki Ellenberga) w poszczególnych zdjęciach posłużyły do utworzenia wykresu GGE biplot (rys. 1). Na podstawie przeprowadzonych analiz znaczną część płatów zaliczono do postaci niezaburzonej, co jest dowodem na względnie niewielkie przekształcenia tej fitocenozy.

Wyniki uzyskane metodą GGE biplot (rys. 1) są zgodne z intuicyjnym postrzeganiem związku między rozpatrywanymi parametrami. Na przykład udział gatunków charakterystycznych dla klasy nie jest liniowo zależny od uwilgotnienia *F* (linie łączące punkty wymienionych parametrów przecinają się pod kątem prostym). Można to interpretować w ten sposób, że zarówno zbyt duże, jak i zbyt małe uwilgotnienie nie sprzyja utrzymaniu się tej fitocenozy w dobrym stanie. W przypadku zespołu opisanego w dolinie Bugu wariant niezaburzony (tab. 4) wykształcał się w podobnych warunkach wilgotnościowych (wskaźnik *F*), jak zespoły opisywane w dolinach rzecznych Wielkopolski [KRYSZAK 2001; KRYSZAK i in. 2007] oraz nieco bardziej wilgotnych niż w dolinie Sanu [TRĄBA i in. 2004] (tab. 3). Zauwa-



Rys. 1. Wykres podwójny dla wartości dwu pierwszych składowych głównych, opisujących sumę efektów głównych zdjęć i efektów interakcji zdjęcia \times parametry; zaczernione kwadraty – badane parametry zdjęć fitosocjologicznych; względny procent pokrycia: gatunków charakterystycznych dla klasy – charakt. klasy; charakterystycznych dla siedlisk wilgotniejszych – wilgotniejsze; charakterystycznych dla siedlisk suchszych – suchsze; klas synantropijnych – gat. synantropijne; drzew i krzewów – % drzew i krzewów; liczba gatunków drzew i krzewów odnotowana w płacie – l. drzew i krzewów; wskaźniki fitoindykacyjne Ellenberga: *L* – wskaźnik świetlny, *F* – uwilgotnienia, *R* – odczynu gleby, *N* – zawartości azotu w glebie; puste kwadraty – zdjęcia fitosocjologiczne, reprezentujące płaty określone jako niezburzone; okręgi – zdjęcia fitosocjologiczne, reprezentujące płaty określone jako zaburzone; *A* – *Alopecuretum pratensis* opisany przez TRĄBĄ i in. [2004]; *B* – *Alopecuretum pratensis* opisany przez KRYSZAK [2001]; *C* – *Alopecuretum pratensis typicum* opisany przez KRYSZAK i in. [2007]; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. GGE biplot for phytosociological relevés described with different parameters; filled squares represent the parameters of phytosociological relevés: the relative cover for species characteristic of *Molinio-Arrhenatheretea* class – charakt. klasy; characteristic of wetter habitats – wilgotniejsze, characteristic of drier habitats – suchsze; synanthropic – gat. synantropijne, of trees and shrubs – % drzew i krzewów; number of species of trees and shrubs – l. drzew i krzewów; the Ellenberg indicators: *L* – light indicator, *F* – moisture, *R* – soil pH, *N* – soil nitrogen; empty squares – phytosociological relevés representing undisturbed phytocoenoses; circles – phytosociological relevés representing disturbed phytocoenoses; *A* – *Alopecuretum pratensis* described by TRĄBĄ *et al.* [2004]; *B* – *Alopecuretum pratensis* described by KRYSZAK [2001]; *C* – *Alopecuretum pratensis typicum* described by KRYSZAK *et al.* [2007]; source: own elaboration

Tabela 4. Średnie parametry dla grupy zdjęć, opisujących niezaburzoną postać *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931**Table 4.** Mean parameters for the group of phytosociological relevés describing the undisturbed form of *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931

Parametr Parameter	Średnia Mean	SD
Względny procent pokrycia Relative species cover		
– gatunki charakterystyczne dla <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> species characteristic of <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	92,4	8,5
– gatunki klas synantropijnych synanthropic species	2,7	6,1
– gatunki charakterystyczne dla siedlisk wilgotniejszych species characteristic of wetter habitats	2,7	4,4
– gatunki charakterystyczne dla siedlisk suchszych species characteristic of drier habitats	1,4	2,3
– gatunki drzew i krzewów tree and shrub species	0	0
Liczba gatunków drzew i krzewów The number of tree and shrub species	0	0
<i>L</i> – wskaźnik świetlny light indicator	6,5	0,3
<i>F</i> – wskaźnik uwilgotnienia moisture indicator	6,3	0,5
<i>N</i> – wskaźnik zawartości azotu w glebie soil nitrogen indicator	6,4	0,5
<i>R</i> – wskaźnik odczynu gleby pH indicator	6,1	0,3

Objaśnienia: *SD* – odchylenie standardowe. Explanations: *SD* – standard deviation.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

zono również, że płaty z większym udziałem gatunków charakterystycznych (punkty zdjęć usytuowane na wykresie w kierunku punktu parametru, określającego względny udział procentowy gatunków charakterystycznych) dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea* były do siebie bardziej podobne (tworzą na wykresie zwarte skupienie, oznaczono je kwadratem) niż płaty o zaburzonym składzie florystycznym (większy udział gatunków towarzyszących). Na podstawie analizy wykresu można także stwierdzić, że większy udział gatunków charakterystycznych dla klasy odnotowano w zdjęciach z większymi wartościami wskaźników *R* i *N* (parametry odczynu gleby i zawartości azotu w glebie leżą w tym samym kierunku, więc linie – półproste – przecinają się pod kątem ostrym), a mniejszy w zdjęciach z większymi wartościami wskaźnika *L* (półprosta dla gatunków charakterystycznych i dla wskaźnika świetlnego tworzą kąt rozwarty). Udział gatunków synantropijnych był mniejszy (ujemnie skorelowany) w płatach o dużej wilgotności i z większym udziałem gatunków siedlisk wilgotniejszych (punkty tych parametrów leżą po przeciwnej stronie wykresu, duży kąt rozwarty między półprostymi). Na tej podstawie można wnioskować, że synantropizacja zespołu *Alopecuretum pratensis* jest zwykle związana z przesychnianiem siedliska i wkraczaniem gatunków o większych wymaganiach świetlnych. Pozostaje to w zgodzie z obserwacjami innych autorów, według których do głównych czynników, które powodują degradację fitocenozy ze-

społu *Alopecuretum pratensis*, należy zaliczyć przesuszenie siedliska oraz zaprzestanie użytkowania [KRYSZAK i in. 2005; TRĄBA i in. 2004].

Również obecność siewek drzew i krzewów, świadcząca o zapoczątkowaniu sukcesji wtórnej, była wyraźnie związana z większym udziałem gatunków siedlisk suchszych oraz większym udziałem gatunków synantropijnych. Na wykresie widoczny jest też przeciwny związek między udziałem gatunków charakterystycznych dla klasy i procentowym udziałem gatunków siedlisk wilgotniejszych lub suchszych. Dobrze ilustruje to fakt, że mniejszy udział gatunków charakterystycznych kompensowany jest innymi gatunkami, czyli albo gatunkami z siedlisk wilgotniejszych (głównie z klas *Phragmitetea* i *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*), albo z siedlisk suchszych. Udział gatunków towarzyszących w płatach określonych jako zaburzone był czterokrotnie większy (44%) niż w płatach niezaburzonych (11%), natomiast udział gatunków charakterystycznych dla *Alopecuretum pratensis* był o 12% większy w płatach niezaburzonych (38%).

W celu porównania stanu zespołu *Alopecuretum pratensis* z opisanymi zespołami typowymi na innych terenach umieszczono obliczone za pomocą wzoru (4) na wykresie (rys. 1) trzy punkty reprezentujące warianty, opisane jako typowe. Płaty zespołu opisanego na terenie Parku „Podlaski Przełom Bugu” odznaczały się dużym udziałem gatunków charakterystycznych dla klasy *Molinio-Arrhenatehreteae* w porównaniu z *Alopecuretum pratensis*, opisanym z terenu Wielkopolski [KRYSZAK 2001] i w dolinie Sanu [TRĄBA i in. 2004]. Świadczy to o dobrej kondycji zbadanych fitocenozy. W zespole z doliny Sanu odnotowano więcej gatunków synantropijnych i większy udział w pokryciu gatunków drzew i krzewów niż z doliny Bugu. Znajdował się on na terenach trochę suchszych i o nieco większym wskaźniku zawartości azotu niż średnia wszystkich opisanych płatów w dolinie Bugu (parametry porównywalne do wariantu niezaburzonego).

WNIOSKI

1. Znaczna część płatów zespołu *Alopecuretum pratensis*, występujących na terenie Parku „Podlaski Przełom Bugu”, wykształciła się w warunkach siedliskowych zbliżonych do optymalnych dla tego syntaksonu i została zaliczona do postaci niezaburzonej, co jest dowodem na względnie niewielkie przekształcenia tej fitocenozy na badanym obszarze.

2. Metoda GGE biplot może okazać się przydatna do oceny stopnia zagrożenia różnych fitocenozy półnaturalnych zbiorowisk trawiastych. Mając do dyspozycji szerszy materiał fitosocjologiczny, można byłoby podjąć próbę opracowania mierników zagrożeń oraz ich skali, właściwej dla poszczególnych fitocenozy, która umożliwiłaby określenie ich nasilenia, dając podstawy do uznania zbiorowiska za zagrożone bądź za ekologicznie cenne.

3. Uwzględnienie w analizie GGE jako parametrów gatunków charakterystycznych dla jednostek niższych rangą od klasy (rzędu, związku, ewentualnie zespołu) umożliwiłoby prawdopodobnie wyodrębnienie na podstawie biplotu wariantów rozpatrywanego zespołu.

LITERATURA

- DEMBEK R. 1993. Zróznicowanie socjologiczne wybranych zbiorowisk łągowych w dolinie środkowej Wisły. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 412 s. 69–72.
- GABRIEL K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. Vol. 58 s. 453–467.
- ELLENBERG H., WEBER H., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D. 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica*. Vol. 18 ss. 258.
- FIJAŁKOWSKI D. 1994. *Flora roślin naczyniowych Lubelszczyzny*. T. 1. Lublin. Lubelskie Towarzystwo Naukowe ss. 389.
- FIJAŁKOWSKI D., CHOJNICKA-FIJAŁKOWSKA E. 1990. Zbiorowiska z klas *Phragmitetea*, *Molinio-Arrhenatheretea* i *Scheuchzeria-Caricetea fuscae* w makroregionie lubelskim. *Roczniki Nauk Rolniczych*. Ser. D. Nr 217 ss. 414.
- GRYNIA M. 1975. Przekształcanie się zbiorowisk łąkowo-pastwiskowych w ostatnich dziesiątkach lat, jako wskaźnik zmian w środowisku przyrodniczo-rolniczym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 169 s. 31–39.
- KRYSZAK A. 2001. Różnorodność florystyczna zespołów łąk i pastwisk klasy *Molinio-Arrhenatheretea* w Wielkopolsce w aspekcie ich wartości gospodarczej. *Roczniki AR Poznań. Rozprawy Naukowe*. Nr 314 ss. 182.
- KRYSZAK A., KRYSZAK J., CZEMKO M. 2005. Degradacja zbiorowisk łągowych w dolinie rzeki Samicy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 507 s. 307–313.
- KRYSZAK A., KRYSZAK J., KLARZYŃSKA A. 2007. Walory przyrodniczo-użytkowe łąk doliny środkowej Mogilnicy. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. Vol. 6 nr 4 s. 15–24.
- KRYSZAK J., KRYSZAK A., KLARZYŃSKA A., STRYCHAŁSKA A. 2009. Waloryzacja użytkowa i przyrodnicza zbiorowisk łągowych klasy *Molinio-Arrhenatheretea* wybranych dolin rzecznych Wielkopolski. *Fragmenta Agronomica*. Vol. 26 nr 1 s. 49–58.
- KUCHARSKI L., HAJDUK D. 1994. Przegląd zespołów łągowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* stwierdzonych w Polsce. *Wiadomości Botaniczne*. Vol. 38 nr 1/2 s. 95–104.
- MATUSZKIEWICZ W. 2008. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN ss. 340.
- MOSEK B., MIAZGA S. 1993. Porównanie składu botanicznego zespołu *Alopecuretum pratensis* przed i po regulacji doliny Bystrzycy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 412 s. 151–155.
- NOWIŃSKI M. 1967. *Polskie zbiorowiska trawiaste i turzycowe*. Warszawa. PWRiL ss. 283.
- OŚWIT J. 1992. Identyfikacja warunków wilgotnościowych w siedliskach łągowych za pomocą wskaźników roślinnych (metoda fitoindykacji). W: *Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 79 s. 39–68.
- PADEREWSKI J., GAUCH H.G., MAĐRY W., DRZAZGA T., RODRIGUES P.C. 2011. Yield response of winter wheat to agro-ecological conditions using additive main effects and multiplicative interaction and cluster analysis. *Crop Science*. Vol. 51 s. 969–980.
- TRĄBA CZ., WOLAŃSKI P., OKLEJEWICZ K. 2004. Zbiorowiska roślinne nieużytkowanych łąk i pól w dolinie Sanu. *Łąkarstwo w Polsce*. Nr 7 s. 207–238.

- TRĄBA CZ., WYŁUPEK T. 2001. Fitoindykacyjna ocena uwilgotnienia łąk wyczyńcowych w Kotlinie Zamojskiej. *Łąkarstwo w Polsce*. Nr 4 s. 199–212.
- YAN W., KANG M.S. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Boca Raton, FL. CRC Press ss. 288.
- ZARZYCKI J. 2005. Wartość paszowa runi łąk Pienińskiego Parku Narodowego użytkowanych zgodnie z wymogami ochrony przyrody. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. Vol. 4 nr 2 s.119–132.

Dorota SIENKIEWICZ-PADEREWSKA, Jakub PADEREWSKI

**A POSSIBILITY OF USING THE GGE BIPLLOT METHOD
TO EVALUATE THE STATE OF AND RISKS FOR *Alopecuretum pratensis* ASSOCIATION
DESCRIBED IN THE BUG RAVINE LANDSCAPE PARK**

Key words: evaluation of semi-natural ecosystems, grassland phytocoenosis, non-forest ecosystems, secondary succession, synanthropisation

S u m m a r y

The *Alopecuretum pratensis* association (Regel 1925) Steffen 1931 in the Bug Ravine Landscape Park was described by 50 relevés with the use of Braun-Blanquet method. The aim of this study was to define the conditions and symptoms of degeneration of *Alopecuretum pratensis*. Each of the relevés was described by the relative cover of: characteristic species of *Molinio-Arrhenatheretea* class, characteristic species of wetter and drier habitats, synanthropic species, tree and shrub species. The Ellenberg indicators (*L* – light, *F* – moisture, *R* – soil pH, *N* – soil nitrogen) were also calculated. Above mentioned parameters were described synthetically by the GGE biplot method (Genotype and Genotype-by-environment interaction effects). The graph designated the group of undisturbed and disturbed phytocoenoses of *Alopecuretum pratensis*. The disturbed phytocoenosis were often located in drier habitats or in markedly wetter sites. In the first case it was associated with greater participation of synanthropic species. Summing up, most of the described phytocoenoses of *Alopecuretum pratensis* developed in conditions close to the optimal for that syntaxon and were classified as undisturbed, which indicated their good condition in the Bug Ravine Landscape Park. Selection of appropriate parameters of examined plant community allowed the use of the GGE biplot method for assessing the state of *Alopecuretum pratensis* and determining the directions of its change.

Recenzenci:

mgr Anna Dembek
dr Marek Wierzba

Praca wpłynęła do Redakcji 28.04.2011 r.