

Streszczenie

Wzorce różnorodności gatunkowej zbiorowisk łąkowych w zależności od uwarunkowań siedliskowych, użytkowania oraz sposobu zbioru danych

W skład niniejszej dysertacji wchodzi trzy spójnie tematycznie i powiązane ze sobą artykuły naukowe opublikowane w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports* (Thomson Reuters). Prace tworzone były we współpracy z naukowcami z różnych instytucji badawczych, w tym jednostki zagranicznej. Do badań wykorzystano zasoby polskiej bazy danych o roślinności Polish Vegetation Database, jak również dane zebrane podczas badań terenowych w latach 2013-2014.

Pierwszy z artykułów stanowiący Rozdział 5. dysertacji poświęcony jest zróżnicowaniu łąk trzęślicowych ze związku *Molinion* (klasa *Molinio-Arrhenatheretea*) w skali Polski. Pierwszym z celów mojej pracy doktorskiej było stworzenie spójnego i powtarzalnego systemu klasyfikacji tych zbiorowisk z wykorzystaniem formalnych definicji (*Cocktail method*) ujętych w system komputerowy (*expert system*) umożliwiającą klasyfikację dużych zbiorów danych. W pracy doktorskiej podjąłem się stworzenia formalnych definicji zbiorowisk łąk trzęślicowych na dwóch szczeblach hierarchicznego systemu klasyfikacji zgodnie z zasadami szkoły środkowoeuropejskiej Braun-Blanqueta. Wykorzystując grupy socjologiczne gatunków, tj. grupy utworzone na podstawie wzorców współwystępowania gatunków określonych na podstawie dużego zbioru danych z całej Polski, przedstawione zostały formalne definicje związku *Molinion* Koch 1926 oraz czterech zespołów roślinnych: *Junco effusi-Molinietum caeruleae* Tüxen 1954, *Selino carvifoliae-Molinietum caeruleae* Kuhn 1937, *Galio veri-Molinietum* Kącki 2007, *Galietum borealis* Nowiński 1927. Jest to pierwsza propozycja dwupoziomowego sformalizowanego systemu zbiorowisk łąkowych z wykorzystaniem metody *Cocktail* i *expert system*. W pracy wykazano, że utworzenie hierarchicznego sformalizowanego systemu klasyfikacyjnego jest także możliwe w klasyfikacji silnie zróżnicowanych typów roślinności jakim są łąki trzęślicowe. Zaproponowana klasyfikacja jest w pełni zgodna z koncepcją hierarchicznego systemu syntaksonomicznego bowiem jednostki niższego rzędu (zespoły) muszą zawierać się w jednostce nadrzędnej (związek). Każdy z syntaksonów musi charakteryzować się również swoistą kompozycją gatunkową, odmiennymi warunkami środowiskowymi oraz posiadać gatunki identyfikujące dany typ roślinności.

Zaproponowany system formalnej klasyfikacji zbiorowisk został wykorzystany w kolejnych etapach mojej pracy doktorskiej do zdefiniowania obiektu badań, tj. do przyporządkowania zebranych prób do związku *Molinion*. Badania terenowe przeprowadzono w kompleksie łąk trzęślicowych na Dolnym Śląsku na obszarze Natura 2000 „Zagórzyckie Łąki”. Zbiór danych terenowych polegał na wykonaniu spisów gatunków roślin wraz ich ilościowym pokryciem (zdjęcia fitosocjologiczne) na powierzchni 25 m². Łącznie wykonano 295 zdjęć fitosocjologicznych. Z każdej powierzchni badawczej pobrano także próby glebowe do analiz fizyko-chemicznych (pH, zawartość materii organicznej, azot całkowity oraz przyswajalne formy fosforu, potasu, wapnia i magnezu). Wilgotność podłoża została zmierzona bezpośrednio w terenie. Dane zebrano z dwóch typów łąk: koszonych ekstensywnie (średnio raz na 2 lata) oraz nieużytkowanych ok. 10 lat z wyraźnymi zmianami sukcesyjnymi. Powyższe dane wykorzystano do realizacji celów określonych w Rozdziałach 6 i 7.

W drugim etapie moich badań zaprezentowanych szczegółowo w Rozdziale 6. podjąłem się tematyki związanej wpływem schematu zbioru danych na wyniki i ich interpretację. Badanie te miały na celu poznanie wpływu różnych schematów zbioru danych na ocenę różnorodności gatunkowej łąkowych zbiorowisk roślinnych oraz zależności pomiędzy roślinnością a warunkami środowiskowymi. Analizie porównawczej poddano trzy schematy zbioru danych, tj. preferencyjny, losowy i systematyczny, w obrębie pojedynczego i dobrze zdefiniowanego typu roślinności. Zastosowanie przygotowanej definicji związku *Molinion* miało kluczowe znaczenie w poprawnej identyfikacji syntaksonomicznej zebranych prób. Uzyskane wyniki potwierdzają znane już ograniczenia w stosowaniu prób nieprobabilistycznych (preferencyjnych) do oceny wzorców różnorodności gatunkowej, co udowodniono w badaniach przeprowadzonych w szerszych gradientach środowiskowych obejmujących różne typy roślinności. W niniejszej pracy wykazano, że średnie bogactwo gatunkowe (różnorodność alfa) było istotnie wyższe w próbach preferencyjnych niż próbach losowych i systematycznych. Jednak wyniki moich badań ukazują, że interpretacja zależności pomiędzy kompozycją gatunkową a właściwościami fizyko-chemicznymi gleb, nawet w małych skalach przestrzennych i w zbiorowiskach relatywnie homogenicznych, jest uwarunkowana sposobem zbioru danych terenowych. Zbiory danych preferencyjny, losowy i systematyczny nie różniły się względem właściwości fizyko-chemicznych gleb, natomiast wykazano zasadnicze różnice w zależności pH i potasu oraz kompozycji gatunkowej pomiędzy preferencyjnym zbiorem danych, a dwoma obiektywnymi

technikami (losowym i systematycznym). Wynika to z faktu, iż w preferencyjnym próbkowaniu wykluczane są płaty roślinności o znikomym ilościowym i jakościowym udziale gatunków identyfikujących dany typ siedliska, a także płaty o zaburzonej kompozycji gatunkowej, np. wskutek inwazji gatunków obcych. W efekcie próbkowania preferencyjnego zawężana jest rzeczywista heterogeniczność zbiorowisk roślinnych danego obszaru badań. Próby probabilistyczne reprezentują natomiast szerszy zakres zmienności danego typu roślinności w małych skalach przestrzennych.

Trzecia część dysertacji poświęcona została zagadnieniom związanym z wpływem czynników środowiskowych i użytkowania na roślinność zbiorowisk łąkowych, szczegółowo opisanych w Rozdziale 7. W oparciu o wyniki badań dotyczących schematów zbioru danych, do analiz wykorzystano jedynie próby probabilistyczne. Celem tej części pracy było poznanie wpływu czynników fizyko-chemicznych gleb i użytkowania (łąki użytkowane kośnie oraz nieużytkowane ok. 10 lat) na wzorce różnorodności i kompozycji gatunkowej zbiorowisk łąkowych, a także określenie wpływu zarzucenia gospodarki kośnej na różnorodność i kompozycję gatunkową oraz warunki edaficzne. Z wykorzystaniem analizy dzielenia wariancji wykazano, że wpływ warunków edaficznych na kompozycję gatunkową jest ponad czterokrotnie wyższy niż wpływ użytkowania terenu (łąki koszone/niekoszone). Jednocześnie wykazano, że zarzucenie gospodarki kośnej na okres ok. 10 lat prowadzi do obniżenia bogactwa i różnorodności gatunkowej oraz sprzyja procesom ekspansji gatunków inwazyjnych, drzew i krzewów. Stwierdzono także zmiany warunków edaficznych w efekcie sukcesji wtórnej na nieużytkowanych powierzchniach łąkowych. Gleba łąk niekoszonych charakteryzowała się mniejszą zawartością materii organicznej, azotu, potasu, wapnia i magnezu, a także niższą wilgotnością. Powyższe parametry gleby były negatywnie skorelowane ze wzrastającym udziałem nawłoci późnej *Solidago gigantea* – gatunku inwazyjnego w Polsce, oraz udziałem krzewów i drzew. Ekspansja tych gatunków w początkowych etapach sukcesji może prowadzić do spowolnienia obiegu pierwiastków ze względu na akumulację trudno rozkładalnej biomasy oraz immobilizację pierwiastków w podziemnych i nadziemnych organach roślin.

Summary

Patterns of plant species diversity in meadow communities in relation to environmental conditions, management and sampling methods

My PhD thesis consists of three, thematically coherent, research articles, published in the international journals listed in the *Journal Citation Reports* (Thomson Reuters). These publications were prepared in cooperation with scientists from different institutions, including one from abroad. In my research projects, data from the *Polish Vegetation Database* was used, as well as my own field data collected in the years 2013–2014.

In the first stage of my research, I defined and described a nationwide survey of the diversity of *Molinia* meadows, details of which are presented in Chapter 5. The goal was to classify *Molinia* meadows using formal definitions of vegetation units (*Cocktail method*) gathered in a single computer system (*expert system*) enabling the consistent and repeatable classification of large data sets. The proposed expert system classifies vegetation data into two levels of the hierarchical classification system, in accordance with the principles of the Central European Braun–Blanquet school. Using sociological species groups, i.e. groups of co-occurring species determined based on a large data set from Poland, a formal definition of the alliance *Molinion* Koch 1926, as well as four subordinated associations (*Junco effusi-Molinietum caeruleae* Tüxen 1954, *Selino carvifoliae-Molinietum caeruleae* Kuhn 1937, *Galio veri-Molinietum* Kački 2007 and *Galietum borealis* Nowiński 1927) was proposed. This is the first proposal of a two-level formalised classification system of meadow communities using the *Cocktail method* and *expert system*. This research supports the notion that hierarchical formalised classification systems can be created even for complex and heterogenous vegetation such as that found in *Molinion* meadows. The proposed classification system complies with the concept of hierarchical syntaxonomical system, which states that lower-order units (associations) must be included in the superior unit (alliance). Additionally, each syntaxon must be characterised by a specific species composition and have at least a few indicator species of the respective vegetation type.

The proposed system of formalised classification of vegetation was used in the next stages of my doctoral thesis to define the research object, i.e. to evaluate whether vegetation

found in the study area could be classified as vegetation of the alliance *Molinion*. Field research was conducted in the Natura 2000 site 'Zagórzyskie Łąki'. During field work, 295 vegetation plots, each 25 m², were collected. Within each plot, vascular species were recorded and the cover of each species was visually estimated. From each plot, soil samples were collected and analysed for pH and content of organic matter, total nitrogen and exchangeable forms of phosphorous potassium, calcium and magnesium. Moisture content in the soil was measured directly during the field work.

The second stage of my research, presented in detail in Chapter 6, was devoted to comparison of different sampling methods. The goal was to study the performance of sampling methods in the assessment of species composition and diversity patterns, as well as the relationships between vegetation and environmental conditions. Three standard, widely used sampling methods (i.e. preferential, random and systematic) were included in comparative analysis within a single well-defined vegetation type. In order to achieve the goals of this study, the previously prepared formal definition of the alliance *Molinion* was key for unambiguous identification of the vegetation type. The results from this study support the already recognised properties of non-probabilistic sampling methods, which tend to produce biased estimates of diversity measures, as previously shown using the example of a wider spectrum of environs comprising various community types. Similarly to previous studies, the present study showed that preferential sampling differed significantly in terms of mean number of species per sampling plot (alpha diversity) from the two probabilistic methods. However, the results of my study give new insight into how the interpretation of environment–vegetation relationships varies depending on sampling methods used, even on a small scale and within a single vegetation type. The preferential, random and systematic data sets did not differ in terms of soil physicochemical properties, but there were significant differences in pH– and potassium–species composition interactions between preferential sampling and the two non-preferential sampling methods. This results from the fact that in preferential sampling, vegetation patches with a negligible quantitative and qualitative contribution of indicator species for a given type of habitat are excluded from sampling, as well as those patches with disturbed species composition, e.g. due to alien species invasion. As a consequence of preferential sampling, the actual heterogeneity of plant communities in the research area is narrowed due to the subjective decisions of the surveyor. This leads to different results and interpretation of the relationship between vegetation and the environment

in comparison with probabilistic sampling methods, which, in contrast, represent a wider range of variability of a given research area, even on a small spatial scale.

The third part of the dissertation was focussed on the impact of environmental factors and management on the vegetation of meadow communities, described in detail in Chapter 7. Based on the results of research on sampling methods, only probabilistic data were used for this part of the study. The aim here was to assess the relative role of the physicochemical properties of soil and management (mown meadows vs meadows abandoned for ca. 10 years) on species composition and diversity patterns, as well as to investigate the effects of abandonment on diversity and species composition and edaphic conditions. Using the method of variance partitioning, it was shown that the impact of edaphic conditions on species composition is more than four times higher than the impact of management (mown/abandoned meadows). It has been also shown that abandonment for ca. 10 years leads to a decrease in species richness and diversity and promotes the processes of expansion of invasive species and woody species. This study also showed that abandonment led to changes in edaphic conditions as a result of secondary succession and vegetation changes after cessation of management. Soil from abandoned meadows had a lower content of organic matter, nitrogen, potassium, calcium and magnesium, as well as a lower moisture content. These soil parameters were negatively correlated with the percentage contribution of tall goldenrod *Solidago gigantea*, an invasive species in Poland, as well as the contribution of shrubs and trees. The expansion of these species in the early stages of succession may lead to slowed circulation of elements due to the accumulation of poorly decomposable biomass and the immobilisation of nutrients in above- and belowground organs.