

Anna Śliwińska-Wyrzychowska

Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska, Akademia im. J. Długosza w Częstochowie

42-2001 Częstochowa, ul. Armii Krajowej 13/15

e-mail: a.wyrzychowska@ajd.czyst.pl

MIKROZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW SIEDLISKOWYCH W BORACH SOSNOWYCH NA WYŻYNIE OLKUSKIEJ

Streszczenie: Celem badań było ustalenie, czy wartości fitoindykacyjnych wskaźników ekologicznych Ellenberga ujawnią różnice pomiędzy płatami boru sosnowego o zróżnicowanym wieku drzewostanu oraz czy wskaźniki te wykażą wewnętrzną zmienność badanych powierzchni. Pięć powierzchni badawczych wytyczono w użytkowanych gospodarczo, typowych płatach *Leucobryo–Pinetum* na Wyżynie Olkuskiej o drzewostanie w wieku: 30, 50, 70, 90, 130 lat. Czynniki środowiskowe określono poprzez średnie wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych Ellenberga: wilgotność gleby, intensywność oświetlenia, odczyn, zasobność w azot. Wilgotność gleby, jej odczyn i zasobność w azot wykazują przestrzenną zmienność wewnątrz badanych powierzchni, zajmowanych przez fitocenozę borową. W badanych płatach nie udało się zaobserwować tendencji w zmianach ich wartości, które można byłoby powiązać ze zmianą wieku drzewostanu, a co za tym idzie – warunków pod jego okapem. Zróżnicowana jest przede wszystkim ilość światła docierająca do dna lasu wykazana poprzez wskaźnik intensywności oświetlenia. Za zmiany wartości tego wskaźnika odpowiedzialne jest zwarcie warstwy drzewostanu i stopień rozwoju warstwy krzewów. Bioindykacyjna metoda oceny warunków siedliskowych charakteryzuje się wystarczającą czułością, aby mogła być wykorzystywana do oceny zróżnicowania warunków mikro-siedliskowych w płatach borów sosnowych.

Wstęp

Roślinność jest istotnym składnikiem kompleksowych układów ekologicznych, powiązanych z pozostałymi komponentami tych układów poprzez zależności o charakterze sprzężeń zwrotnych. Metoda bioindykacji środowiska opiera się na założeniu, iż znając strukturę tych zależności, można na podstawie rozpoznania roślinności wnioskować

o innych składnikach ekosystemów. Najwcześniej fitoindykacja znalazła zastosowanie w diagnozowaniu czynników środowiska abiotycznego na podstawie występowania określonych gatunków roślin (metoda autekologiczna). Pierwszy system takich wskaźników ekologicznych dla terenu Polski opracował Zarzycki (1984). Równie często stosowane są wskaźniki opracowane dla Europy zachodniej przez Ellenberga (Ellenberg i inni 1992). Z sześciu ekologicznych liczb wskaźnikowych Ellenberga w wykrywaniu zróżnicowania warunków siedliskowych wewnątrz zbiorowiska leśnego stosuje się tylko cztery wskaźniki: wilgotności gleby (F), wymagań świetlnych (L), odczynu gleby (R) i zawartości azotu w glebie (N). (Kimsa 1991; Kwiatkowska 1993). Wyniki uzyskane tą drogą wykazują dużą zbieżność z danymi otrzymanymi z bezpośrednich pomiarów (Degórski 1982). Pamiętać jednak należy, iż przy ich zastosowaniu uzyskuje się jedynie przybliżoną charakterystykę warunków siedliskowych, np. dla określenia odczynu gleby używa się określeń: mocno kwaśne, kwaśne, obojętne itp. Zaletą tej metody jest łatwość zbioru i analizy danych (nie wymaga skomplikowanej aparatury). Celem badań było wykazanie, czy wartości fitoindykacyjnych wskaźników ekologicznych różnią się pomiędzy płatami o zróżnicowanym wieku drzewostanu i czy wskaźniki te wykażą wewnętrzną zmienność badanych powierzchni.

Teren i obiekt badań

Południowa część Wyżyny Olkuskiej, w której zlokalizowane są powierzchnie badawcze, pod względem administracyjnym należy do województwa małopolskiego, powiat Olkusz, gmina Olkusz. Wszystkie powierzchnie badawcze założone zostały w lasach Nadleśnictwa Olkusz, podlegających Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach.

Obiekt badań stanowiły typowe płaty boru świeżego *Leucobryo-Pinetum* MAT. 1973. Ten, dominujący na Wyżynie Olkuskiej, zespół zajmuje spłaszczone lub lekko sfalowane obszary, czasem lekko nachylone zbocza (Medwecka-Kornaś 1952) oraz obniżenia terenowe wypełnione piaskami (Wika 1983), na których wykształcają się ubogie gleby biellicowe z niskim poziomem wód gruntowych (Matuszkiewicz 1984).

Metody

W pięciu gospodarczo użytkowanych płatach, z jednogatunkowym, jednowiekowym, sztucznym nasadzanym, sosnowym drzewostanem wytyczono po jednej powierzchni badawczej, o wymiarach 32 m x 64 m (2042 m²). Płaty różniły się wiekiem występujących na nich drzewostanów, budowanych przez (odpowiednio): 30, 50, 70, 90, 130-letnie sosny zwyczajne. Każda z powierzchni badawczych została podzielona kratą Greig-Smitha (Greig-Smith 1967) na 512 podstawowych poletek („permanent quadrats”), każde o wymiarach 2 x 2 m.

Spisy gatunkowe warstw runa prowadzono od czerwca do połowy września w latach 1996–1998. W obrębie każdego poletka (kwadratu 2 x 2 m) zarejestrowany został skład

florystyczny wraz z procentowym pokryciem projektywnym występujących tam gatunków roślin naczyniowych (Kershaw, 1978) w skali 1, 5, 10, 20 ..., 100%. (Kimsa 1991; Kimsa i inni 1992). Dane te posłużyły do obliczenia średniej wartości wybranych wskaźników ekologicznych dla poszczególnych poletek. Obliczenia przeprowadzono w pakiecie programów MULVA-5 (Wildi, Orlóci 1990) ze zmodyfikowanym plikiem landda (Kimsa 1996) i z zastosowaniem opcji „weighted scores”, co pozwoliło na uzyskanie średnich ważonych wartości wskaźników ekologicznych Ellenberga: wymagań świetlnych – L (intensywności oświetlenia), odczynu gleby – R, wilgotności gleby – F oraz zasobności gleby w azot – N (Ellenberg i inni 1992). Zastosowane przez tego autora skale mają 10 stopni – od 1 do 9 oraz 0 (z wyjątkiem wskaźnika wilgotności gleby mającego 13 stopni). Poszczególnym wartościom liczb ekologicznych przypisane są określone warunki lub intensywność czynnika środowiskowego. Gatunkom mającym określony stosunek do danego czynnika środowiskowego przypisana jest odpowiednia (większa od zera) wartość danego wskaźnika. Wartość zero oznacza brak określonego stosunku gatunku do danego czynnika środowiskowego (gatunek wykazuje bardzo dużą tolerancję w stosunku do natężenia danego czynnika). Na niektórych poletkach występowały wyłącznie rośliny nie niosące informacji o szczegółowych warunkach siedliska (dotyczy to przede wszystkim wskaźnika wilgotności gleby), czyli wskaźnik przyjmował dla nich wartość zero. Poletka te zostały pominięte zarówno w analizie statystycznej (gdyż spowodowałyby nieuzasadnione rzeczywistymi warunkami obniżenie średniej tego wskaźnika), jak i przy kreśleniu kartogramów (gdyż spowodowałyby błędną interpretację tych miejsc jako całkowicie pozbawionych wilgoci). Mapy izochromatyczne (Faliński 1990; Kwiatkowska 1993), będące graficznym przedstawieniem zmienności badanych czynników środowiskowych, wykreślono przy użyciu programu Surfer (Keckler 1997) metodą „kringowania” (Kuuluvainen i inni 1993; Legendre, Fortin 1989).

Istotność różnic wartości wskaźników ekologicznych pomiędzy badanymi powierzchniami zbadano testem Tukeya przy $p < 0,01$ (uprzednio sprawdzono, czy ogólna analiza wariancji wykazała istotne różnice pomiędzy grupami dla $p < 0,01$). Zmienność wartości wskaźników zbadano również za pomocą współczynnika zmienności będącego stosunkiem odchylenia standardowego do średniej. (Łomnicki 1995)

Aby ustalić, czy warstwa krzewów może być odpowiedzialna za modyfikację ilości światła docierającego do warstwy runa, wykonano analizę korelacji pomiędzy wskaźnikiem intensywności oświetlenia L a pokryciem warstwy krzewów. Ze względu na różny stopień pochłaniania ilości światła przez poszczególne drzewostany analiza była wykonywana niezależnie dla każdej powierzchni.

Wyniki

Średnie wartości badanych wskaźników różnią się pomiędzy badanymi płatami (Tab. 1). Różnice te są w większości przypadków istotne statystycznie (Tab. 2–5). Nie jest jednak możliwe określenie trendu zmian ich wartości w płatach boru sosnowego o wzrastającym wieku drzewostanów (Tab. 1). Podobnie w przypadku współczynnika zmienności nie przejawiają się wyraźne tendencje wzrostu lub zmniejszania się jego wartości.

Tab. 1. Ogólna charakterystyka wybranych abiotycznych czynników ekologicznych (przedstawionych za pomocą średnich wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych) w płatach świeżego boru sosnowego o zróżnicowanym wieku drzewostanu.

Wiek drzew	Wskaźnik wilgotności gleby		Wskaźnik wymagań świetlnych		Wskaźnik odczynu gleby		Wskaźnik zawartości azotu w glebie	
	$x_i \pm s$	V	$x_i \pm s$	V	$x_i \pm s$	V	$x_i \pm s$	V
30 lat	4,6 ± 0,65	0,14	5,7 ± 0,41	0,07	3,0 ± 0,48	0,16	2,2 ± 0,26	0,12
50 lat	4,7 ± 0,75	0,16	5,7 ± 0,28	0,05	2,7 ± 0,35	0,13	2,3 ± 0,29	0,13
70 lat	4,2 ± 0,60	0,14	6,3 ± 0,20	0,03	2,1 ± 0,25	0,12	1,9 ± 0,29	0,15
90 lat	4,3 ± 0,29	0,07	6,0 ± 0,33	0,06	3,0 ± 0,50	0,17	2,1 ± 0,23	0,11
130 lat	4,5 ± 1,14	0,25	6,2 ± 0,40	0,06	2,6 ± 0,42	0,16	2,5 ± 0,58	0,23

Gdzie: $x_i \pm s$ – średnia wartość wskaźnika ± odchylenie standardowe,
V – współczynnik zmienności.

Tab. 2. Test istotności różnic wartości liczby wskaźnika wilgotności gleby pomiędzy badanymi powierzchniami. Różnice statystycznie istotne przy poziomie prawdopodobieństwa $p < 0,01$ zostały wytłuszczone

Wiek drzew na powierzchni	30 lat	50 lat	70 lat	90 lat
50 lat	0,28964			
70 lat	0,00002	0,00002		
90 lat	0,00002	0,00002	0,19223	
130 lat	0,50164	0,00818	0,00002	0,00642

Tab. 3. Test istotności różnic wartości liczby wskaźnika wymagań świetlnych pomiędzy badanymi powierzchniami. Różnice statystycznie istotne przy poziomie prawdopodobieństwa $p < 0,01$ zostały wytłuszczone

Wiek drzew na powierzchni	30 lat	50 lat	70 lat	90 lat
50 lat	0,97685			
70 lat	0,00002	0,00002		
90 lat	0,00002	0,00002	0,00002	
130 lat	0,00002	0,00002	0,02720	0,00002

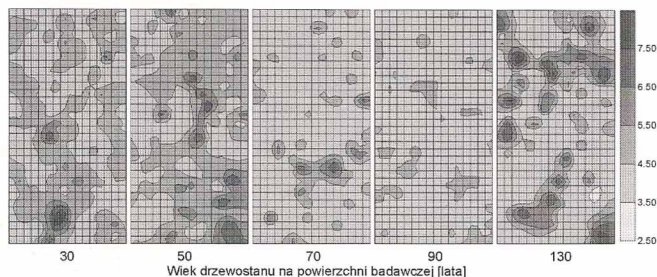
Tab. 4. Test istotności różnic wartości liczby wskaźnika odczynu gleby pomiędzy badanymi powierzchniami. Różnice statystycznie istotne przy poziomie prawdopodobieństwa $p < 0,01$ zostały wytłuszczone

Wiek drzew na powierzchni	30 lat	50 lat	70 lat	90 lat
50 lat	0,00002			
70 lat	0,00002	0,00002		
90 lat	0,58066	0,00002	0,00002	
130 lat	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002

Tab. 5. Test istotności różnic wartości liczby wskaźnika zawartości azotu pomiędzy badanymi powierzchniami. Różnice statystycznie istotne przy poziomie prawdopodobieństwa $p < 0,01$ zostały wytłuszczone

Wiek drzew na powierzchni	30 lat	50 lat	70 lat	90 lat
50 lat	0,99613			
70 lat	0,00002	0,00002		
90 lat	0,00002	0,00002	0,00002	
130 lat	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002

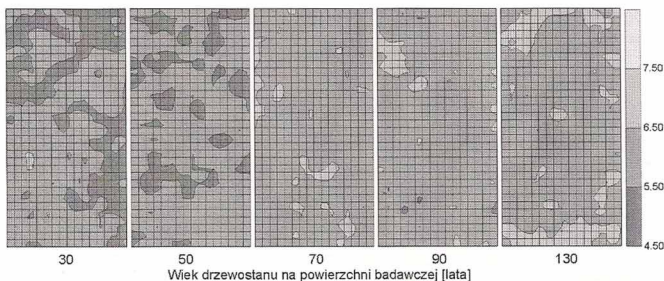
Wskaźnik wilgotności gleby F. Na przeważającej części powierzchni badawczej w 30-letnim drzewostanie wskaźnik wilgotności gleby przyjmuje wartości z przedziałów: 4,50–5,49 oraz 3,50–4,49, wskazujące na występowanie świeżych i nieco suchych warunków (Rys. 1). Na większej części powierzchni założonej w 50-letnim drzewostanie wskaźnik wilgotności gleby przyjmuje wartości z zakresu 4,50–5,49, wskazując na warunki wilgotności gleby określane jako świeże. Na przeważającej części powierzchni badawczej w 70-letnim drzewostanie wskaźnik wilgotności przyjmuje wartości z zakresu 3,50–4,49, co pozwala określić panujące tu warunki jako pośrednie pomiędzy świeżymi a suchymi. Dla większej części powierzchni badawczej w 90-letnim drzewostanie wskaźnik wilgotności przyjmuje wartości zawierające się w przedziale 3,50–4,49, co odpowiada warunkom przejściowym pomiędzy glebami suchymi a świeżymi. Dla większej części powierzchni badanej w 130-letnim drzewostanie wskaźnik wilgotności gleby przyjmuje wartości z przedziału 3,50–4,49. Na powierzchni tej występują także obszary o większej wilgotności gleby (wartości wskaźnika $\geq 4,50$).



Rys. 1. Zróżnicowanie wartości wskaźnika wilgotności gleby w płatach świeżego boru sosnowego o wzrastającym wieku drzewostanu.

Wskaźnik wymagań świetlnych L. Na większej części powierzchni założonej w 30-letnim drzewostanie panują warunki świetlne, które można określić jako pośrednie pomiędzy 10 a 30% względnego natężenia światła (wartości wskaźnika wymagań świetl-

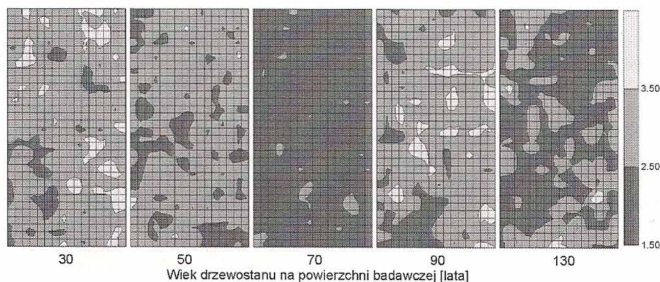
nych 5,50–6,49) (Rys. 2). Powierzchni nie można jednak uznać za jednorodną pod względem tego czynnika, gdyż do pozostałej części powierzchni dociera znacznie mniej światła i panuje półcień (względne natężenie światła do 10%). Powierzchnia badawcza w 50-letnim drzewostanie jest mało zróżnicowana pod względem warunków świetlnych, określonych przez wskaźnik wymagań świetlnych. Dla większej części powierzchni wskaźnik ten przyjmuje wartości z zakresu 5,50–6,49, choć obecne są obszary, gdzie dociera mniej światła (warunki takie określa się mianem półcienia). Powierzchnia badawcza w 70-letnim drzewostanie jest stosunkowo mało urozmaicona. Jeśli chodzi o wskaźnik wymagań świetlnych, przyjmuje on wartości z zakresu 5,50–6,49 (warunki przejściowe pomiędzy półświatłem a półcieniem). Obszary, gdzie wskaźnik ten przyjmuje większe wartości (panują warunki określone jako półświatło), są bardzo niewielkie. Na przeważającej części powierzchni badanej w drzewostanie 90-letnim wskaźnik wymagań świetlnych przybiera wartości z przedziału 5,50–6,49, wskazujące na warunki określone jako przejściowe pomiędzy półświatłem a półcieniem. Na powierzchni badawczej w drzewostanie 130-letnim występują niewielkie obszary, gdzie wartość wskaźnika wymagań świetlnych zawiera się w przedziale od 6,5 do 7,5 (warunki określone jako półświatło). Na pozostałej części powierzchni (około 70%) wskaźnik wymagań świetlnych przyjmuje wartości z przedziału 5,50–6,49, wskazując na nieco mniejszą intensywność oświetlenia.



Rys. 2. Zróżnicowanie wartości wskaźnika wymagań świetlnych w płatach świeżego boru sosnowego o wzrastającym wieku drzewostanu.

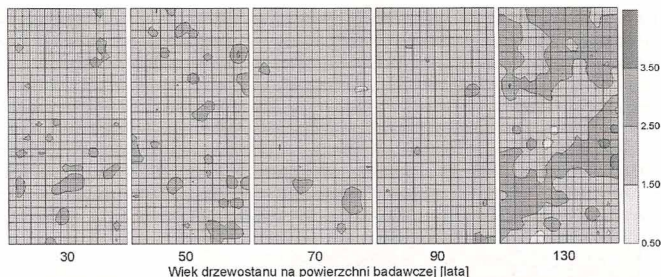
Wskaźnik odczynu gleby R. Na przeważającej części powierzchni badawczej wytyczonej w drzewostanie 30-letnim, według wartości wskaźnika odczynu gleby, jest ona określana jako kwaśna (Rys. 3), z licznymi obszarami, gdzie gatunki runa wskazują na bardziej kwaśne (na rysunku ciemniejszy kolor) lub mniej kwaśne (na rysunku jaśniejszy kolor) partie gleby. Na większej części powierzchni 2, wytyczonej w drzewostanie 50-letnim, odczyn gleby jest określany jako kwaśny (przedział wartości 2,50–3,49). Na powierzchni badawczej w 70-letnim drzewostanie wskaźnik odczynu gleby nie wykazuje większego zróżnicowania wartości. Na powierzchni tej przeważają wartości z przedziału 1,50–2,49, wskazujące na gleby o kwaśności przejściowej pomiędzy glebami kwaśnymi a mocno kwaśnymi. Powierzchnia badawcza w 90-letnim drzewostanie

ujawnia niejednorodność pod względem wskaźnika odczynu gleby. O ile na większej części badanej powierzchni wskaźnik przyjmuje wartości z przedziału 2,50–3,49 (co odpowiada glebom kwaśnym), o tyle zaobserwować można obszary o znacznej powierzchni, na których wskaźnik ten przyjmuje wyższe (mniej kwaśne partie gleby) bądź niższe (bardziej kwaśne partie gleby) wartości. Także powierzchnia badawcza założona w 130-letnim drzewostanie wykazuje niejednorodność pod względem wartości wskaźnika odczynu gleby. Na przeważającej części powierzchni przyjmuje on wartości z przedziału od 1,50 do 2,49. Na znacznym, jakkolwiek bardzo rozczłonkowanym, obszarze wskaźnik ten przyjmował większe wartości, wskazując na nieco mniej kwaśne partie gleby.



Rys. 3. Zróznicowanie wartości wskaźnika odczynu gleby w płatach świeżego boru sosnowego o wzrastającym wieku drzewostanu.

Wskaźnik zawartości azotu w glebie N. Na przeważającej części powierzchni nr 1, założonej w 30-letnim drzewostanie, wartość wskaźnika zawartości azotu w glebie przyjmuje wartości z przedziału 1,50–2,49 z niewielkimi obszarami, gdzie większe wartości tego wskaźnika wskazują na większą zawartość azotu w glebie (Rys. 4). Na przeważającej części powierzchni badawczej nr 2, założonej w drzewostanie 50-letnim, wskaźnik zawartości azotu w glebie przyjmuje wartości z przedziału 1,50–2,49. Występują tutaj również niewielkie obszary o nieco większej jego zawartości w glebie. Na powierzchni badawczej w drzewostanie 70-letnim wskaźnik zawartości azotu w glebie najczęściej przyjmował wartości z przedziału 1,50–2,49. Obecne są także niewielkie obszary o większych wartościach tego wskaźnika (2,50–3,49), wskazujące na nieco bardziej zasobne w azot partie gleby. Powierzchnię badawczą w 90-letnim drzewostanie można uznać za jednorodną pod względem zawartości azotu w glebie. Mimo dwóch niewielkich obszarów, gdzie siedlisko jest nieco zasobniejsze w azot, na większości powierzchni wskaźnik ten przyjmuje wartości z przedziału 1,50–2,49. Na powierzchni badawczej w 130-letnim drzewostanie wskaźnik zasobności gleby w azot na 50% powierzchni przyjmuje wartości z przedziału 2,50–3,49. Wyższa wartość tego wskaźnika na pozostałych 45% powierzchni wskazuje na nieco zasobniejsze partie gleby (Rys. 4), dlatego też powierzchni nie można uznać za jednorodną pod względem zawartości azotu w glebie.



Rys. 4. Zróżnicowanie wartości wskaźnika zawartości azotu w glebie w płatach świeżego boru sosnowego o wzrastającym wieku drzewostanu.

Analiza korelacji wykazała istotną zależność pomiędzy wskaźnikiem wymagań świetlnych (L) a pokryciem procentowym warstwy podszycia na powierzchni 90- i 130-letniej (Tab. 6). Korelacje są ujemne, co oznacza, iż wartość tego wskaźnika zmniejsza się wraz ze zwiększeniem pokrycia warstwy podszycia. Zmiany średniego sumarycznego pokrycia warstwy podszycia w płatach boru sosnowego o różnym wieku drzewostanu oraz wartości współczynnika jego korelacji są związane z wskaźnikiem wymagań świetlnych (L). Korelacje statystycznie istotne przy $p < 0,05$ zaznaczono grubszą czcionką.

Tab. 6. Zmiany średniego sumarycznego pokrycia warstwy podszycia w płatach boru sosnowego o różnym wieku drzewostanu oraz wartości współczynnika jego korelacji z wskaźnikiem wymagań świetlnych (L). Korelacje statystycznie istotne przy $p < 0,05$ zaznaczono grubszą czcionką.

Wiek drzew na powierzchni	Wartość współczynnika korelacji	Średnie pokrycie warstwy podszycia ± odchylenie standardowe	
50 lat	-0,07	0,1	± 0,59
70 lat	0,08	7,9	± 11,27
90 lat	-0,14	10,2	± 18,81
130 lat	-0,15	8,6	± 16,10

Dyskusja

Zakres wartości (minimum i maksimum) osiąganych przez wskaźniki warunków środowiska w obecnych badaniach jest podobny do uzyskanych przez Kimśę (1991) w *Leucobrya-Pinetum* na tym terenie. Z powodu braku danych co do ich średniej wartości i odchylenia standardowego, nie jest możliwe porównanie stopnia tej zmienności.

Średnie wartości wskaźników ekologicznych Ellenberga w płacie 70-letnim odbiegają nieco od wartości na pozostałych powierzchniach. Pewnym wytłumaczeniem mogą być zabiegi, jakie były tutaj przeprowadzane. Na powierzchni tej w 1991 r. w wyoranych

bruzdach zostały zasadzone gatunki mające docelowo stanowić warstwę krzewów. Podobne zabiegi przeprowadzano w 1991 r. na powierzchni w płacie 130-letnim. Wskaźnik odczynu na obu tych powierzchniach przyjmuje niższe wartości w porównaniu z pozostałymi powierzchniami. Za jego obniżoną wartość odpowiedzialne może być zjawisko przyspieszonej mineralizacji, które zachodzi po zaburzeniu poziomów glebowych przy uprawie gleby. Ponieważ zabieg ten poprzedzony był usunięciem części drzew, ubytki mogły nie być zrównoważone przez opad igliwia z pozostałych drzew. W takich warunkach duża część zmineralizowanego azotu ulega nityfikacji, z czym jest związana ekwiwalentna produkcja jonów wodorowych zakwaszających środowisko glebowe (Kowalkowski 1983). Z kolei Latocha (1986) podaje, że orka średnio głęboka (ok. 50 cm) powoduje zmniejszenie kwasowości gleby oraz zmniejszenie zawartości azotu ogólnego, jak również przyswajalnych form potasu i magnezu w przeoranej warstwie gleby. Występowanie warstwy krzewów łagodzi intensywność tych procesów (Tuszyński 1977). Intensywność tego wpływu zależy od stopnia wykształcenia tej warstwy (Mąkosa 1992). Kowalkowski (1983) twierdzi, że działania podejmowane przez człowieka w trakcie uprawy (a w szczególności wycinka i zaoranie) mają charakter katastrof ekologicznych i powodują załamanie obiegu składników odżywczych, ze skrajnymi wahaniami jego pojemności. Kirby (1990, 1993) podaje, iż w drzewostanach trzebionych występują rośliny o wyższych wartościach wskaźnika zawartości azotu w glebie (N) Ellenberga. Z kolei Królikowski (1973 cyt. za Ilmurzyńskim 1980) podaje, iż trzebież nie powoduje podwyższenia wartości pH gleby ani zmian w zasobie związków mineralnych.

Małe wartości wskaźnika dostępności azotu w glebie występujące w płacie 70-letnim można próbować tłumaczyć trudniejszym jego przyswajaniem przez rośliny ze względu na większą kwasność gleby (Puchalski i Prusinkiewicz 1975). Przy takich założeniach niewytłumaczalna staje się wysoka wartość wskaźnika zawartości azotu w glebie na powierzchni z drzewostanem 130-letnim przy równoczesnej niskiej wartości wskaźnika odczynu.

Wskaźnik wymagań świetlnych przyjmował najniższe wartości w najmłodszych i najbardziej zwartych drzewostanach (płaty 30- i 50-letni). Wysokie wartości tego wskaźnika zanotowane w płacie 50- i 70-letnim wynikają z przeredzenia tych drzewostanów. Dlatego też na powierzchni założonej w płacie 90-letnim (o większej liczbie drzew w porównaniu do powierzchni z 70- i 90-letnim drzewostanem) przyjął on niższe wartości.

Na badanych powierzchniach pierwsze gatunki przechodzące z warstwy runa do warstwy podszycia pojawiają się w drzewostanie 50-letnim, ale dopiero w starszych, bardziej prześwietlonych drzewostanach może się ona wykształcić w stopniu pozwalającym na istotne ograniczenie ilości światła docierającego do warstwy runa.

Warstwa krzewów może wpływać na runo poprzez modyfikację panujących w nim warunków. Jest to możliwe bezpośrednio poprzez zmniejszenie dopływu światła i pośrednio poprzez opad liści i martwych gałązek współtworzących ściółkę (Tuszyński 1977). Wielkość tego wpływu zależy od stopnia rozwoju i składu gatunkowego. Ze względu na zróżnicowany skład gatunkowy tej warstwy na poszczególnych powierzchniach badawczych nie dokonywano analizy związków pomiędzy pokryciem a wskaźnikiem zasobności w azot i odczynu.

Kwiatkowska (1993) w swoich badaniach wykazała zmniejszenie wartości wskaźnika warunków świetlnych Ellenberga na powierzchniach, na które wkrczał *Carpinus*

betulus. Inwazja grabu powodowała znaczne ograniczenie dostępności światła do warstwy runa, indukując zmniejszenie liczebności gatunków światłolubnych. Wyniki te pozwalają sądzić, iż metoda oceny warunków świetlnych przy pomocy wskaźników ekologicznych Ellenberga jest wystarczająco czuła, aby ujawnić zróżnicowanie warunków świetlnych wewnątrz zbiorowiska, a nie tylko pomiędzy różnymi typami zbiorowisk.

Istotne ujemne korelacje wykazane pomiędzy wartością wskaźnika wymagań świetlnych a pokryciem warstwy krzewów na powierzchniach 90- i 130-letniej (nr 4 i 5) wskazują, iż nawet w stosunkowo niewielkim pokryciu (8–10%) warstwa krzewów znacząco ogranicza ilość światła dostępnego dla roślin niższych warstw. Natomiast nie jest możliwe wyjaśnienie braku tej zależności w płacie 70-letnim (powierzchnia nr 3), mimo iż wartości pokrycia warstwy krzewów na tej powierzchni były podobne jak na powierzchniach nr 4 i 5.

Na wilgotność powierzchniowych warstw gleby mają wpływ wszystkie występujące w zbiorowisku warstwy. W drzewostanie przeredzonym (w porównaniu do drzewostanu przed trzebieżą) ilość opadów docierających do dna lasu jest większa. Wynika ona z łatwiejszego przenikania opadów atmosferycznych przez wyżej położone warstwy. Równocześnie nasilają się prądy powietrzne i zwiększa się ilość energii świetlnej docierającej do dna lasu (co pociąga za sobą wzrost temperatury). Obydwa te procesy wzmagają parowanie. Jego intensywność może być na tyle duża, iż równoważy zwiększoną ilość opadów docierających do dna lasu, wskutek czego względna wilgotność powietrza nie ulega zmianie (Ilmurzyński 1980).

Kirby (1990, 1993) podaje, iż w drzewostanach trzebieżnych występują rośliny o wyższych wartościach wskaźnika wilgotności gleby F Ellenberga. W obecnych badaniach wartości wskaźnika F wskazują, iż bardziej wilgotne są powierzchnie najmłodsze (o największym zwarciu).

Ustalenie generalnie występujących prawidłowości dotyczących oddziaływania cięć trzebieżowych o różnym nasileniu na stosunki wilgotnościowe w poszczególnych warstwach gleby utrudnia duża zmienność modyfikujących ją czynników (Ilmurzyński 1980). Ma tutaj znaczenie większa lub mniejsza zdolność retencyjna gleby, obecność lub brak pokrywy roślinnej, charakter pokrywy martwej oraz warunki meteorologiczne w okresie dokonywania badań. Nie bez znaczenia jest także zróżnicowana metodyka przeprowadzanych badań.

W tłumaczeniu poziomych zmian wilgotności gleby w skali kilku metrów pomocna może być znajomość stopnia rozwoju (pokrycia) warstwy mszystej. Zwarte darnie mchów zatrzymują duże ilości wilgoci i chronią glebę przed nadmiernym parowaniem (Kornaś 1957; Mickiewicz, Sobotka 1973). Struktura ilościowa i jakościowa warstwy mszystej może być dobrym wyznacznikiem kondycji zbiorowisk borowych (Korlacka 1994, 1995). Niestety, warstwa ta została pominięta w dodatkowych badaniach prowadzonych na tej powierzchni (Śliwińska-Wyrzychowska 2000), co uniemożliwia wykorzystanie jej w próbie wy tłumaczenia zmian wartości wskaźnika wilgotności gleby. Znajomość struktury tej warstwy mogłaby być także pomocna w próbach tłumaczenia przestrzennej zmienności wskaźnika odczynu, jako że mchy mogą powodować zakwaszenie podłoża (Oechel, Van Cleve 1986, cyt. za Holeksa 1998). Zatem przy planowaniu tego typu badań w przyszłości wydaje się ona niezbędna.

Przy tłumaczeniu zmienności wartości wskaźników ekologicznych (a co za tym idzie – zmienności czynników środowiskowych) może być także pomocna znajomość zasięgu

koron drzew (ich pionowego rzutu na płaszczyznę runa). Niestety, w dodatkowych badaniach wykonano jedynie pomiary średnic koron losowo wybranych drzew (Śliwińska-Wyrzychowska 2000). Na podstawie uzyskanych w ten sposób danych nie można zakładać, iż korony każdego z drzew oddziałują na taką samą powierzchnię runa (zwykle w kształcie okręgu, w którego centrum jest pień drzewa) i nie mogą być wykorzystane do tłumaczenia zmienności czynników środowiskowych. W przypadku kontynuacji badań zasadne wydaje się wykreślenie zasięgu koron, a nie tylko podstaw pni drzew.

Podsumowanie

Bioindykacyjna metoda oceny warunków siedliskowych charakteryzuje się wystarczającą czułością, aby mogła być wykorzystywana do oceny zróżnicowania warunków mikrosiedliskowych w płatach borów sosnowych.

Czynniki środowiskowe (określone wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych Ellenberga): wilgotność gleby, jej odczyn i zasobność w azot, wykazują przestrzenną zmienność wewnątrz biochory zajmowanej przez fitocenozę borową. Niestety, w badanych płatach nie udało się zaobserwować wyraźnych trendów w zmianach wartości wskaźników ekologicznych, które bezpośrednio byłyby związane ze zmianą wieku drzewostanu (a co za tym idzie, modyfikowaną przez jego okap intensywnością czynników środowiska).

Zróżnicowana jest przede wszystkim ilość światła docierająca do dna lasu, wykazana poprzez wskaźnik intensywności oświetlenia. Za zmiany wartości tego wskaźnika odpowiedzialne jest zwarcie warstwy drzewostanu (bezpośrednio poprzez ilość zatrzymanego światła i pośrednio poprzez indukowanie rozwoju warstwy krzewów) i stopień rozwoju warstwy krzewów (przechwytywanie części światła, które przeniknęło przez warstwę koron).

Bibliografia

1. Degórski M.L. 1982. Usefulness of Ellenberg bioindicators in characterizing plant communities and forest habitats on the basis of data from the Range „Grabowy” in Kampinos Forest. *Ekol. Pol.* t. 30, nr 34, 453–477.
2. Ellenberg H., Weber H.E., Pül R., Wirth V., Werner W., Pauliße N., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in mittel Europa. *Scripta geobotanica*, vol. 18. s. 258.
3. Faliński J.B. 1990. Kartografia geobotaniczna. tom I. Zagadnienia ogólne, kartografia florystyczna i fitogeograficzna. PPWK. Warszawa, Wrocław s. 284.
4. Greig-Smith P. 1967. Kolicestviennaja ekologija rastenij. Wydawnictwo. „Mir” Moskwa.
5. Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnowienia świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoreglowego. *Monographiae botanicae*, vol. 82, s. 209.
6. Ilmurzyński E. 1980. Wpływ trzebieży na środowisko leśne. W: Zakrzewski W. (Red.) Trzebieże. PWRiL. Warszawa. s. 396.
7. Keckler D. 1997. Surfer for Windows. User’s Guide. Version 6. Golden Software Inc. Copyright by Golden Software.

8. Kershaw K.A. 1978. Ilościowa i dynamiczna ekologia roślin. PWN Warszawa, s. 384.
9. Kimsa T. 1991. Horizontal microstructure of the herb layer of a Leucobryo-Pinetum. *Phytocoenosis*, Vol. 3 (N.S.), Supplementum Cartographiae 2: 231–234.
10. Kimsa T., Bąbczyńska-Sendek B., Wika S. 1992. Analysis of the spatial structure of a pine wood community. Spatial variability of the floristic composition and diversity of the herb layer. *Acta Biologia Silesiana*. T. 21(38): 22–29.
11. Kimsa T. 1996. Liczby wskaźnikowe flory Polski. (oparte na danych Ellenberga, Franka & Klotza i Zarzyckiego) wraz z synonimami (według Jasiewicza) Uniwersytet Śląski w Katowicach, manuskrypt.
12. Kirby K.J. 1990. Changes in the Ground Flora of a Broadleaved Wood within a Clear Fell, Group Fells and a Coppiced Blok. *Forestry*, vol. 63, No. 3: 241–249.
13. Kirby K.J. 1993. The Effects of Plantation Management on Wildlife in Great Britain s. 15–29. In: Watkins CH. (Ed.) *Lessons from Ancient Woodland for the Development of Afforestation Sites. Ecological Effects of Afforestation. Studies in the history and ecology of afforestation in Western Europe*. C.A.B. International.
14. Korlacka I. 1994. Ogólna charakterystyka fitosocjologiczna runa na stałych leśnych powierzchniach badawczych, zróżnicowanych pod względem klimatycznym i stężeń zanieczyszczeń. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowanych Katowice (manuskrypt) s. 70.
15. Kornaś J. 1957. Zbiorowiska roślin zarodnikowych i ich klasyfikacja. *Wiad. Bot.* 1(1–2): 3–18.
16. Kowalkowski A. 1983. Wpływ pozyskania biomasy w drzewostanach sosnowych na obieg składników mineralnych oraz właściwości gleb siedlisk borowych. *Prace IBL nr 598*. Warszawa s. 89.
17. Kuuluvainen T., Hokkanen T.J., Järvinen E., Pukkala T. 1993. Factors related to seedling growth in a boreal Scots pine stand: a spatial analysis of a vegetation-soil system. *Can. J. For. Res.* 23: 2101–2109.
18. Kwiatkowska A.J. 1993. Phytoidication analysis of temporal and spatial variation of light, trophic and moisture conditions in oak forest habitat. *Fragm. Flor. Geobot.* 38 (1): 173–182.
19. Latocha E. 1986. Wpływ niektórych rębni i sposobów przygotowania gleby na wzrost drzew kilku gatunków w rejonach przemysłowych. *Prace IBL nr 654. PWRiL* s. 75.
20. Legendre P., Fortin M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107–138.
21. Łomnicki A. 1995. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. Wydawnictwo Naukowe PWN. s. 245.
22. Matuszkiewicz W. 1984. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN Warszawa, s. 298.
23. Mąkosa K. 1992. Wprowadzenie gatunków liściastych w drzewostanach sosnowych na siedliskach borowych. *Sylwan CXXXVI Nr 2*: 61–95.
24. Medwecka-Kornaś A. 1952. Zespoły leśne Jury Krakowskiej. *Ochrona Przyrody R.* 20: 133–236.
25. Mickiewicz J., Sobotka D. 1973. *Zarys briologii*. PWN Warszawa, s. 256.

26. Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1975. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, s. 463.
27. Śliwińska-Wyrzychowska A. 2000. Struktura przestrzenna różnowiekowych borów sosnowych (*Leucobryo-Pinetum* MAT. 1973) na Wyzynie Olkuskiej. Rozprawa doktorska, manuskrypt w Katedrze Ekologii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.
28. Tuszyński M. 1977. Wpływ podszytu na niektóre elementy siedliska w borach suchych i świeżych. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa nr 541: 138–146.
29. Wika S. 1983. Zbiorowiska borowe środkowej części Wyzyny Krakowsko-Wiełuńskiej. Acta Biol., Katowice nr 12: 49–64.
30. Wildi O., Orlóci L. 1990. Numerical Exploration of Community Patterns. Second ed. SPB Academic Publishing by the Hague, s. 171.
31. Zarzycki K. 1984. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin Polski. Instytut Botaniki PAN Kraków s. 43.

Anna Śliwińska-Wyrzychowska

THE DIFFERENTIATION OF ENVIRONMENTAL FACTORS OF PINWOOD ON OLKUSZ UPLAND

Abstract: The aim of the investigations was to disclose whether values of Ellenberg's bioindicators will describe differences among patches of fresh pine-wood of diverse age of stand as well as whether these bioindicators will show internal changeability of studied patches. In the patches representing a typical variant of *Leucobryo-Pinetum* on Olkusz Upland, five research plots were founded in stands of different age; namely of 30, 50, 70, 90, 130 years old. Environmental factors values were qualified by average values of ecological indicatory numbers of Ellenberg: moisture of soils, intensity of lightings, wealth of nitrogen, reaction. Moisture of soils, its reaction and wealth of nitrogen show spatial changeability on the research plots occupied by pinewood. In studied plots the tendency in changes of their values which could be connected with the age of the stand and, what is more, with the change of conditions, was not observed. First of all, the intensity of lightings reaching to bottom of forest shown by Ellenberg's bioindicator of intensity of lighting is diverse. The change of a density tree stand and degree of development of shrub layer are responsible for the change of the intensity lighting value. Bioindicative method of estimation of ecological factors is sufficiently sensitive to be used to estimate differentiation of conditions inside pinewood.

