

Występowanie barwników chlorofilowych i karotenowych w trawach leśnych

W. ZIELEWICZ, S. KOZŁOWSKI

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Occurrence of chlorophyll and carotene dyes in forest grasses

Abstract. Forest grasses are poorly known with respect to their chemical composition. This remark also refers to plant dyes. Chlorophyll plays a vital part, primarily, in physiological processes, whereas carotenes, especially beta-carotene – in determining plant fodder value. Our own investigations undertook these issues with regard to 13 species of forest grasses. In the light of the obtained research results, it can be said that the occurrence of the above-mentioned dyes is a characteristic trait of individual species. Levels of dye concentrations depend on the dynamics of plant growth and development as well as site conditions, especially moisture levels. Moreover, considerable changes in chlorophyll content occurred during the vegetation season which can affect plant vitality and fodder value as well as landscape.

Key words: forest grasses, vitality, chlorophyll dyes, carotene dyes

1. Wstęp

W grupie barwników roślinnych chlorofile i karoteny zajmują miejsce szczególne. Barwniki chlorofilowe poza swoją funkcją fizjologiczną w fotosyntezie determinują żywotność roślin. Uznawane są też jako wiarygodne wskaźniki reakcji roślin na oddziaływanie warunków siedliskowych, pogodowych i o antropogenicznym charakterze (FALKOWSKI i KUKUŁKA, 1977b; KOZŁOWSKI i WSP., 2001). Pośrednio wpływają również na skład chemiczny roślin, czego dowodem ich udział w różnych korelacjach o charakterze fizjologiczno-chemicznym (FALKOWSKI i WSP., 1986; ZIELEWICZ i KOZŁOWSKI, 2007). Barwniki chlorofilowe determinują też barwę rośliny. Cecha ta ma szczególne znaczenie przy wykorzystaniu gatunków i odmian traw do celów darniowych i ozdobnych (GOLIŃSKA, 2005; KOZŁOWSKI i WSP., 2002). Ostatnio wykorzystuje się także barwniki chlorofilowe jako wskaźniki kondycji nawozowej rośliny, a wykorzystanie chlorofilomierza (N-testera) ułatwia jej określenie (GÁBORČIK, 2003; 2006; GOLIŃSKI, 2001; GOLIŃSKA, 2007). Barwniki karotenowe kształtują w niewielkim stopniu barwę rośliny. Główna ich rola to zwiększanie wartości pokarmowej roślin. Dzieje się tak przede wszystkim za sprawą beta karotenu (FALKOWSKI i KUKUŁKA, 1977b).

Trawy łąkowe są dobrze rozpoznane w sferze występowania w nich barwników chlorofilowych i karotenowych. Stwierdzenie to można też odnieść do traw darniowych i trawnikowych. Nikłe jest jednak rozpoznanie traw leśnych pod tym względem. FALKOWSKI i WSP., (1977b) zauważają wysoką zawartość chlorofilu w *Bromus Benekeni*, KOZŁOWSKI i WSP. (1997) w *Dactylis Aschersoniana* i *Melica altissima* uznając ją za cechę charakterystyczną poszczególnych taksonów i odmian hodowlanych. Na duże zróżnicowanie gatunków i odmian traw nitrofilnych w sferze karotenu wskazują KOZŁOWSKI i KUKUŁKA (1996) oraz OLSZEWSKA (2002). Poznanie traw leśnych pod względem zasobności w te barwniki może mieć istotne znaczenie dla określenia ich żywotności, wartości pokarmowej oraz barwy rośliny – istotnego elementu determinującego efekt wizualny tej grupy traw w wielkiej przestrzeni lasu. Las jest niewątpliwie trudnym dla traw środowiskiem wzrostu i rozwoju, zwłaszcza w odniesieniu do warunków wodnych, świetlnych czy też żyznościowych.

Celem pracy jest poznanie zakresu występowania barwników chlorofilowych i karotenowych w trawach leśnych.

2. Materiał i metody

Prace badawcze prowadzono w latach 2008–2010, w lasach zlokalizowanych w centralnej części Wielkopolski. Obiektem badawczym były trawy leśne, to znaczy takie gatunki których wzrost i rozwój jest związany niepodzielnie z siedliskiem leśnym. Badaniami objęto: *Brachypodium silvaticum*, *Brachypodium pinnatum*, *Bromus Benekeni*, *Calamagrostis arundinacea*, *Dactylis Aschersoniana*, *Deschampsia flexuosa*, *Festuca gigantea*, *Melica nutans*, *Melica uniflora*, *Milium effusum*. Zwrócono także uwagę na inne trawy dla których las jest jedną z wielu powierzchni egzystencjalnych, a mianowicie *Calamagrostis epigeios*, *Molinia coerulea* i *Poa nemoralis*.

Materiał analityczny stanowiły blaszki liściowe środkowego piętra pędów generatywnych traw rosnących w ich naturalnych warunkach siedliskowych. Analizowano środkową część blaszek liściowych. Barwniki chlorofilowe oznaczano przy wykorzystaniu metody opisanej przez SMITHA i BENITEZA (1955), natomiast barwniki karotenowe według metody podanej przez BERGERA (1953). Pobieranie prób miało miejsce, przede wszystkim, latem, w pełni rozwoju generatywnego traw. Ogółem zebrano 316 prób 13 gatunków traw występujących w lasach. Badania nad karotenem miały nieco mniejszy zakres ilościowy z uwagi na dużą czasochłonność analityczną.

W podjętych pracach badawczych zwrócono też uwagę na zmiany w ilościowym występowaniu barwników w okresie wegetacji oraz na poszukiwanie zależności pomiędzy wilgotnością siedliska w którym rosły rośliny poszczególnych gatunków, a zawartością chlorofilu w ich liściach. W przypadku większości gatunków warunki siedliskowe były podobne. Największe zróżnicowanie obu barwników (tab. 6) stwierdzono w obrębie *Milium effusum*, *Melica nutans*, *Dactylis Aschersoniana* i dla ich scharakteryzowania wykorzystano koncepcję metody stworzonej przez OŚWITA (2000). Miejsca pozyskiwania próbek przypisano do czterech grup różniących się wilgotnością – od wykazującego najlepsze uwilgotnienie (H_1) po najslabsze (H_4).

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Barwniki chlorofilowe

Wyniki badań wszystkich taksonów objętych badaniami zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość chlorofilu $a+b$ w blaszkach liściowych traw leśnych (mg% s.m.)

Table 1. Chlorophyll content $a+b$ in leaf blades of forest grasses (mg% DM)

Gatunek Species	Średnia Mean	Maksymalna Maximum	Minimalna Minimum	Współczyn- nik zmienno- ści (%) Variation coefficient	Chlorofil $a:b$ Chlorophyll $a:b$
<i>Brachypodium silvaticum</i>	1078,2	1242,8	941,5	10	2,72
<i>Brachypodium pinnatum</i>	987,9	1546,8	522,4	25	3,06
<i>Bromus Benekeni</i>	981,3	1201,8	826,3	11	2,68
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	591,8	671,2	496,2	9	2,97
<i>Calamagrostis epigeios</i>	489,9	770,5	320,4	32	2,36
<i>Dactylis Aschersoniana</i>	912,0	1010,6	534,4	11	2,63
<i>Deschampsia flexuosa</i>	699,6	884,8	628,1	9	2,71
<i>Festuca gigantea</i>	1049,3	1109,0	976,8	4	2,34
<i>Melica nutans</i>	999,5	1418,2	624,3	21	2,86
<i>Melica uniflora</i>	983,3	1216,8	687,4	12	2,68
<i>Milium effusum</i>	1116,8	1543,6	812,3	19	2,48
<i>Molinia coerulea</i>	505,4	671,9	389,8	16	2,81
<i>Poa nemoralis</i>	1031,8	1212,7	888,8	14	2,38

Jak się okazało zróżnicowanie w ilościowym występowaniu barwników chlorofilowych było bardzo duże. Cztery gatunki – *Milium effusum*, *Brachypodium silvaticum*, *Festuca gigantea* i *Poa nemoralis* zazwyczaj wykazywały powyżej 1000 mg% tych barwników w suchej masie blaszek liściowych. Niewiele ustępowały im gatunki z rodzaju *Melica*, a także *Brachypodium pinnatum* i *Bromus Benekeni*. Natomiast najmniejsze ilości chlorofilu $a+b$ na poziomie około 500 mg%, wykrywano w blaszkach liściowych *Calamagrostis epigeios*, *Calamagrostis arundinacea* i *Molinia coerulea*.

Wszystkie badane trawy leśne wyróżniają się co najmniej dwukrotną przewagą chlorofilu a nad chlorofilem b . W odniesieniu do średniej z całego okresu badań rzadko ta przewaga osiągała poziom trzykrotnej różnicy (tab. 1). W tej sferze wyróżniały się *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis arundinacea*, *Melica nutans*. Większe różnice występują wiosną niż w pozostałych porach roku, zwłaszcza u *Melica nutans*.

Uwagę zwraca też duża stabilność w występowaniu chlorofilu w trawach leśnych. Współczynniki zmienności u większości badanych gatunków mieszczą się w przedziale od 4% do 25%, tylko u *Calamagrostis* współczynnik zmienności klasyfikuje się na poziomie 32% (tab. 1). Należy jednak zauważyć, że podstawą do określenia wartości tego współczynnika były dane analityczne z materiałów roślinnych zbieranych przede wszystkim w okresie lata, a więc z jednej pory roku.

Tabela 2. Zmiany zawartości barwników chlorofilowych ($a+b$) w blaszkach liściowych traw leśnych w okresie wegetacji (mg% s.m.)Table 2. Changes of chlorophyll ($a+b$) content in leaf blades of forest grasses in vegetation season (mg% DM)

Gatunek Species	Pora roku Year season	Zawartość Content	Chlorofil $a:b$ Chlorophyll $a:b$
<i>Brachypodium pinnatum</i>	wczesna wiosna – early spring	1391,7	2,05
	wiosna – spring	1175,5	2,84
	lato – summer	937,3	2,47
	początek jesieni – early autumn	764,9	2,72
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	wczesna wiosna – early spring	671,2	2,86
	wiosna – spring	643,7	2,67
	lato – summer	589,1	2,71
	początek jesieni – early autumn	519,0	2,44
<i>Dactylis Aschersoniana</i>	wczesna wiosna – early spring	882,3	3,12
	wiosna – spring	930,0	2,21
	lato – summer	873,1	2,43
	początek jesieni – early autumn	993,6	2,20
<i>Melica nutans</i>	wczesna wiosna – early spring	840,8	4,10
	wiosna – spring	865,1	2,82
	lato – summer	930,5	3,06
	początek jesieni – early autumn	536,1	2,31
<i>Melica uniflora</i>	wczesna wiosna – early spring	928,0	3,26
	wiosna – spring	969,8	2,37
	lato – summer	1112,4	3,19
	początek jesieni – early autumn	708,0	2,44
<i>Milium effusum</i>	wczesna wiosna – early spring	818,1	3,02
	wiosna – spring	1479,6	2,63
	lato – summer	1111,8	2,19
	początek jesieni – early autumn	1062,1	2,49

Niektóre gatunki były obiektem systematycznych badań w okresie wegetacji (tab. 2). Analizując wyniki badań z tego zakresu można zauważyć, że zmiany w zawartości chlorofilu w okresie wegetacji są niewątpliwie daleko idące, lecz są one rezultatem żywotności właściwej poszczególnym gatunkom. Prosownica oceniana jest jako gatunek o bardzo wysokim udziale barwników chlorofilowych. Wczesną wiosną wykazuje jednak niewielką ich obecność – przeciętnie 818 mg%. Tymczasem *Calamagrostis arundinacea*, ubogi w chlorofil, wykazywał powolny, lecz ciągle postępujący spadek tych barwników w okresie wegetacji. Natomiast *Brachypodium pinnatum* wyróżnia się najbardziej gwałtownym spadkiem stężenia chlorofilu. Jesienią, u tego gatunku w porównaniu do wiosny stwierdzono o połowę mniej tych barwników. W przypadku *Dactylis Aschersoniana* można mówić o pewnej stabilizacji występowania barwników chlorofilowych w jej blaszkach. Natomiast u perłówek największe stężenie w blaszkach liściowych stwierdzano latem.

Niewątpliwie poziom barwników chlorofilowych determinowany jest warunkami siedliskowymi. W naszych badaniach zwróciliśmy uwagę na uwilgotnienie. Wyniki badań z tego zakresu, przeprowadzonych na trzech gatunkach traw leśnych, zamiesz-

czono w tabeli 3. Wpływ uwilgotnienia jest widoczny u wszystkich badanych taksonów. W przypadku *Milium effusum* zmniejszenie uwilgotnienia spowodowało spadek stężenia chlorofilu o 32%, *Melica nutans* o blisko 35%, natomiast u *Dactylis Aschersoniana* tylko o 8%. Takie zachowanie się badanych traw wpisuje się w ich tożsamość gatunkową.

Tabela 3. Zawartość barwników chlorofilowych ($a+b$) w blaszkach liściowych traw leśnych w zależności od wilgotności siedliska (mg% s.m.)

Table 3. Chlorophyll ($a+b$) content in leaf blades of forest grasses depending on the humidity of the habitat (mg% DM)

Gatunek Species	Skala uwilgotnienia Moisture levels	Zawartość Content	Chlorofil $a:b$ Chlorophyll $a:b$
<i>Dactylis Aschersoniana</i>	H ₁	922,4	3,75
	H ₂	882,3	3,11
	H ₃	894,1	3,05
	H ₄	853,4	3,09
<i>Melica nutans</i>	H ₁	998,9	3,23
	H ₂	847,1	2,91
	H ₃	840,8	2,87
	H ₄	652,9	2,87
<i>Milium effusum</i>	H ₁	1195,3	3,12
	H ₂	983,8	2,87
	H ₃	885,3	2,81
	H ₄	818,0	3,01

Odnosząc wykryte ilości barwników chlorofilowych w trawach leśnych do wykazywanych przez trawy nitrofilne należy dostrzec duże podobieństwo pomiędzy tymi grupami. ZIELEWICZ i KOZŁOWSKI (2007) stwierdzili obecność tych barwników w roślinach sorgo na poziomie 824 mg%, a KOZŁOWSKI i SWĘDRZYŃSKI (2007) w blaszkach życicy trwałej wielokrotnie defoliowanej na poziomie 850 mg% u odmian diploidalnych i 931 mg% u odmian tetraploidalnych. Uzyskane w badaniach własnych wartości chlorofilu $a+b$ w trawach leśnych umożliwia rozbudowanie stworzonego przez nich sekwensu traw na odniesienie do występowania w nich tej grupy barwników (KOZŁOWSKI i WSP., 2000). Badania własne nad chlorofilem u traw leśnych stanowią też podkreślenie roli tych barwników jako wskaźników żywotności. Trawy leśne występują, przede wszystkim, w trudnych warunkach siedliskowych spełniając dla nich dużą rolę darniotwórczą.

Wielu autorów wskazuje na rolę światła w występowaniu barwników chlorofilowych. FALKOWSKI i WSP. (1977a) za najzasobniejsze pod względem chlorofilu uznają więc trawy skiofilne. Właściwość ta nie znajduje jednak pełnego odzwierciedlenia w naszych badaniach, czego dowodem *Deschampsia flexuosa* czy *Calamagrostis arundinacea*. Niewątpliwie o ilościowym występowaniu chlorofilu decydują także inne warunki siedliskowe.

Zróznicowana barwa liści poszczególnych gatunków determinuje też dużą zmienność kolorystyczną najniższego piętra leśnego runa. Stwierdzenie to można również

odnieść do wielogatunkowej runi łąk trwałych (GOLIŃSKI i KOZŁOWSKI, 2001). Wizualny efekt potęgowany jest powierzchnią zajmowania przez rośliny danego taksonu. Jasnozielony śmiałek pogięty występuje zawsze płatowo, natomiast ciemnozielona kostrzewa olbrzymia – w rozproszeniu. Ich wizualny odbiór staje się zróżnicowany, co podkreślają też KOZŁOWSKI i SWĘDRZYŃSKI (2009).

3.2. Barwniki karotenowe

Rezultaty badań wszystkich uwzględnionych przez nas traw leśnych w odniesieniu do sumy barwników karotenowych zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4. Zawartość barwników karotenowych w blaszkach liściowych traw leśnych (mg% s.m.)
Table 4. Content of carotene dyes in leaf blades of forest grasses (mg% DM)

Gatunek Species	Średnia Mean	Maksymalna Maximum	Minimalna Minimum	Współczynnik zmienności Variation coefficient (%)
<i>Brachypodium pinnatum</i>	108,97	180,11	71,56	27
<i>Brachypodium silvaticum</i>	74,67	82,46	64,82	8
<i>Bromus Benekeni</i>	53,76	64,22	42,56	14
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	49,87	56,43	45,24	6
<i>Calamagrostis epigeios</i>	83,32	102,10	63,44	14
<i>Dactylis Aschersonia</i>	97,01	167,61	54,46	39
<i>Deschampsia flexuosa</i>	49,62	56,47	40,37	20
<i>Melica nutans</i>	90,12	123,60	46,71	26
<i>Melica uniflora</i>	89,77	124,34	55,83	24
<i>Milium effusum</i>	73,43	106,91	41,16	31
<i>Molinia coerulea</i>	54,22	63,17	49,35	19

Jak się okazuje różnica w występowaniu barwników karotenowych w badanej grupie traw jest duża gdyż przekraczała 118%. *Brachypodium pinnatum*, *Melica nutans*, *Melica uniflora* i *Dactylis Aschersonia* wykazywały bardzo duże ilości barwników karotenowych – około 100 mg% w s.m. Mniejsze ilości wytwarzały *Calamagrostis epigeios*, *Brachypodium silvaticum* i *Milium effusum*. Niższy poziom wykryto natomiast w blaszkach liściowych *Bromus Benekeni* i *Calamagrostis arundinacea*, a najmniej tych barwników stwierdzono w blaszkach *Deschampsia flexuosa* i *Molinia coerulea*. Oceniając w sferze ilościowej poziom barwników karotenowych w trawach leśnych przez pryzmat odniesienia ich występowania do nitrofilnych gatunków traw (FALKOWSKI i WSP., 1977b) można stwierdzić, że jest on zbliżony przede wszystkim w odniesieniu do *Brachypodium pinnatum* i *Dactylis Aschersoniana*. Niewiele mniejszy jest też jeżeli chodzi o *Melica nutans* i *Melica uniflora*. Toteż te trawy zasługują na wysoką ocenę i stanowią cenne źródło witaminy A dla roślinożernych zwierząt leśnych. Takie zróżnicowanie gatunkowe w występowaniu karotenu nie jest paralelne do zróżnicowania w sferze barwników chlorofilowych. Wykazywana przez FALKOWSKIEGO (1977a; 1977b) korela-

cja w występowaniu tych dwóch grup barwników nie znajduje więc potwierdzenia w odniesieniu do traw leśnych.

Zmienność występowania karotenów u poszczególnych gatunków jest zróżnicowana, ale wyższa niż w przypadku barwników chlorofilowych (tab. 4). Największą stabilność wykazywały *Brachypodium silvaticum* i *Calamagrostis arundinacea*, natomiast największą zmienność, dochodzącą do 40% w odniesieniu do współczynnika zmienności, prezentowała *Dactylis Aschersoniana*.

Różnice pomiędzy taksonami utrzymują się przez cały okres wegetacji o czym świadczą wyniki zamieszczone w tabeli 5. Łatwo też zauważyć, że zmiany w okresie wegetacji mają bardzo indywidualny przebieg. U *Milium effusum* obserwuje się systematyczny, blisko 40%, spadek zawartości karotenu od wiosny do jesieni. Podobnie zachowuje się też *Calamagrostis arundinacea*. Natomiast u perlówek i *Dactylis Aschersoniana* uwagę zwraca letnie apogeum. W przypadku *Brachypodium pinnatum* zmiany są bardzo nieregularnie. Powyższe stwierdzenia mają też swoje pełne odniesienie w sferze występowania β -karotenu.

Tabela 5. Zmiany zawartości barwników karotenowych w blaszkach liściowych traw leśnych w okresie wegetacji (mg% s.m.)

Table 5. Changes of carotene dyes content in leaf blades of forest grasses in vegetation season (mg% DM)

Gatunek Species	Pora roku Year season	Zawartość – Content	
		suma karotenów carotene sum	β -karoten β -carotene
<i>Brachypodium pinnatum</i>	wczesna wiosna – early spring	54,3	40,7
	wiosna – spring	48,8	37,7
	lato – summer	81,2	47,9
	początek jesieni – early autumn	74,0	45,7
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	wczesna wiosna – early spring	72,8	32,5
	wiosna – spring	67,1	30,1
	lato – summer	49,5	22,9
	początek jesieni – early autumn	44,3	25,4
<i>Dactylis Aschersoniana</i>	wczesna wiosna – early spring	73,3	34,7
	wiosna – spring	64,7	31,9
	lato – summer	159,9	63,9
	początek jesieni – early autumn	89,9	48,4
<i>Melica nutans</i>	wczesna wiosna – early spring	93,7	41,1
	wiosna – spring	99,6	49,2
	lato – summer	113,2	52,5
	początek jesieni – early autumn	47,0	31,1
<i>Melica uniflora</i>	wczesna wiosna – early spring	93,0	44,5
	wiosna – spring	95,0	52,8
	lato – summer	119,4	52,5
	początek jesieni – early autumn	55,9	31,8
<i>Milium effusum</i>	wczesna wiosna – early spring	108,1	51,3
	wiosna – spring	154,8	74,0
	lato – summer	96,0	47,3
	początek jesieni – early autumn	82,9	48,6

Nie można więc mówić o stabilności w występowaniu karotenów w okresie wegetacji. Różnice są zdecydowanie duże. Podczas pełni lata trawy utrzymywały najwyższy pułap stężenia tych barwników. Kończąca się wegetacja zmniejsza koncentrację karotenów w liściach. Konsekwencją takiego zróżnicowania jest zmienność wartości pokarmowej runi poszczególnych taksonów przy ich zjadaniu przez leśną zwierzyńnię.

Poszukiwanie zależności pomiędzy wilgotnością siedliska a zawartością karotenów nie dało spodziewanych efektów tak jak w przypadku chlorofilu (tab. 6). Daje się zauważyć na ogół znaczną stabilizację w występowaniu zarówno sumy karotenów jak i β -karotenu. Tylko największe ograniczenie wilgotności (H_4) wywołało istotny spadek zawartości tych barwników. Sytuacja powyższa sugeruje, że zmiany w zawartości karotenu i chlorofilu dokonują się niezależnie od siebie.

Tabela 6. Zawartość barwników karotenowych w blaszkach liściowych traw leśnych w zależności od wilgotności siedliska (mg% s.m.)

Table 6. Carotene dyes content in leaf blades of forest grasses depending on the humidity of the habitat (mg% DM)

Skala uwilgotnienia Moisture levels	<i>Milium effusum</i>		<i>Melica nutans</i>	
	suma karotenów carotene sum	β -karoten β -carotene	suma karotenów carotene sum	β -karoten β -carotene
H ₁	117,1	44,9	93,7	41,1
H ₂	113,5	52,6	92,7	44,5
H ₃	108,1	51,3	87,3	42,5
H ₄	99,4	66,2	66,2	32,7

4. Wnioski

- Ilościowe występowanie barwników chlorofilowych i karotenowych jest cechą charakterystyczną traw leśnych. Właściwość ta zauważalna jest przez cały okres wegetacji bez względu na panujące warunki siedliska.
- Skiofilne gatunki traw leśnych odznaczają się wysoką zawartością barwników chlorofilowych i karotenowych na poziomie zbliżonym do wykazywanego przez trawy nitrofilne, co korzystnie wpływa na wartość użytkową tej grupy roślin.
- Trawy leśne wykazują blisko trzykrotnie większą przewagę zawartości chlorofilu *a* nad chlorofilem *b*. Taka sytuacja ma istotne znaczenie dla barwy roślin.
- Trawy leśne wykazujące wysoką zawartość barwników karotenowych przypuszczalnie stanowią cenne źródło witaminy A dla zwierzyńni leśnej.
- Zawartość chlorofilu w liściach traw leśnych uznać należy za wskaźnik żywotności roślin i cenny element tworzenia kolorystyki w sferze krajobrazowej.

Literatura

- BERGER S., 1953. Metoda ilościowego oznaczania beta karotenu (Prowitamina A) i sumy karotenoidów w niektórych produktach roślinnych. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 4, 473–479.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., 1977a. Zawartość chlorofilu jako wskaźnika biologicznych właściwości roślin łąkowych. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria F, 79, 2, 87–104.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., 1977b. Zawartość karotenu jako cecha charakterystyczna roślin łąkowych. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria F, 79, 3, 105–112.
- FALKOWSKI M., OLSZEWSKA L., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 1986. Reakcja odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) na azot i wodę. Biuletyn Oceny Odmian, (9), 16, 103–112.
- GÁBORČIK N., 2003. Relationship between contents of chlorophyll ($a + b$) (SPAD values) and nitrogen of some temperate grasses. Photosynthetica, 41, (2), 285–287.
- GÁBORČIK N., 2006. Koncentrácia minerálnych živin chlorofylu a+b (SPAD hodnoty) v listoch tokajských odrôd viniča. Vinič a Vino, 3, 2–4.
- GOLIŃSKA B., KOZŁOWSKI S., 2001. Plant colour – a feature in *Alopecurus pratensis* (Poaceae) taxonomy. In: Studies on grasses in Poland. FREY L. (ed.). W. Szafer Institute of Botany, PAS, Kraków, 103–106.
- GOLIŃSKA B., 2005. Colour of leaf blades of *Poa pratensis* as a factor determining the lawn usefulness of this species. In: Biology of grasses. FREY L. (ed.). W. Szafer Institute of Botany, PAS, Kraków, 374–377.
- GOLIŃSKA B., 2007. Chlorofil jako wskaźnik azotowej kondycji *Poa pratensis* (Poaceae) w warunkach wielokrotnej defoliacji jej runi. Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica, 9, 137–145.
- GOLIŃSKI P., 2001. Efektywność nawożenia azotem w produkcji nasion *Lolium perenne* L. Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Poznaniu, 321, 103 ss.
- KOZŁOWSKI S., KUKUŁKA I., 1996. Zróżnicowanie polskich odmian hodowlanych *Lolium perenne* pod względem barwników. Prace z Zakresu Nauk Rolniczych PTPN, 81, 103–111.
- KOZŁOWSKI S., SWĘDRZYŃSKI A., 1997. Żywotność odmian hodowlanych kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.). Biuletyn Oceny Odmian, 28, 103–112.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKI P., GOLIŃSKA B., 2000. Pozapaszowa funkcja traw. Łąkarstwo w Polsce, 3, 79–94.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKI P., GOLIŃSKA B., 2001. Barwniki chlorofilowe jako wskaźniki wartości użytkowej gatunków i odmian traw. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 215–223.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKA B., GOLIŃSKI P., 2002. Zawartość chlorofilu jako kryterium oceny barwy trawnika wiechlinowego. Prace z Zakresu Nauk Rolniczych PTPN, 93, 141–148.
- KOZŁOWSKI S., SWĘDRZYŃSKI A., 2007. Zmienność występowania barwników chlorofilowych i karotenoidowych w odmianach hodowlanych *Lolium perenne* (Poaceae). Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica, 9, 163–171.
- KOZŁOWSKI S., SWĘDRZYŃSKI A., 2009. Traw śródleśnych piękno. Materiały Ośrodka Kultury Leśnej, 8, 47–58.
- KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 1993. Żywotność odmian uprawowych *Festuca pratensis*. Biuletyn IHAR, 188, 13–23.
- OLSZEWSKA M., 2002. Wpływ stresu wodnego na intensywność fotosyntezy, zawartość chlorofilu i plonowanie *Lolium perenne*. Łąkarstwo w Polsce, 5, 163–172.

- OŚWIT J., 2000. Metoda przyrodniczej waloryzacji mokradeł i wyniki jej zastosowania na wybranych obiektach. Wydawnictwo IMUZ, 79, 3–32.
- SMITH J. H. C., BENITEZ A., 1955. Chlorophylls: analysis in plant materials. In: *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse*. PEACH K., TRACEY M.V. (eds). Band 4, Verlag Springer, Berlin, 142–196.
- ZIELEWICZ W., KOZŁOWSKI S., 2007. Żywność *Sorghum saccharatum* (L.) Pers. w aspekcie możliwości jego uprawy w Polsce. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 9, 173–181. Kraków.

Occurrence of chlorophyll and carotene dyes in forest grasses

W. ZIELEWICZ, S. KOZŁOWSKI

*Department of Grassland and Natural Landscape Sciences, Poznań University
of Life Sciences*

Summary

The aim of our investigations was to determine the range of occurrence of chlorophyll and carotene dyes in forest grasses. Experiments were conducted in years 2008–2010 on thirteen grass species whose growth and development is closely associated with forest sites. The results of our studies made it possible to conclude that quantities of the determined chlorophyll and carotene dyes constituted a characteristic feature of forest grasses. This property was observed throughout the vegetation season irrespective of the existing site conditions. *Sciophilous* species of forest grasses are characterized by high concentrations of chlorophyll and carotene dyes at levels similar to those found in nitrophilous grasses, which exerts a favourable effect on the fodder value of this group of plants. Forest grasses exhibit nearly threefold advantage of the content of chlorophyll *a* over chlorophyll *b* and this exerts a significant influence on the colour of these plants. Forest grasses, with their high content of carotene dyes, can provide a valuable source of vitamin A for forest animals. Chlorophyll content in leaves of forest grasses should be considered as an indicator of their vitality as well as a valuable element affecting landscape colour.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Stanisław Kozłowski

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań

tel. 61 848 74 12, fax. 61 848 74 24

e-mail: sknardus@up.poznan.pl