

Katarzyna Malinowska\*, Anna Krakos\*

**ZMIENNOŚĆ PARAMETRÓW FIZJOLOGICZNYCH ROŚLIN  
WYSTĘPUJĄCYCH W OBRĘBIE ELEKTROWNI DOLNA ODRA**

**VARIABILITY OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF PLANTS FOUND  
IN THE REGION OF THE DOLNA ODRA POWER STATION**

**Słowa kluczowe:** barwniki asymilacyjne, bilans wodny, *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*.

**Key words:** photosynthetic pigments, water balance, *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*.

*The studies were carried out within the area of the Dolna Odra Power Station. Four research areas were established around the Station. The control material was from the Wkrzańska Primeval Forest. Leaves of dandelion (*Taraxacum officinale*) and ribwort plantain (*Plantago lanceolata*) were taken from the established areas to determine the content of chlorophyll a and b, carotenoids and water indicators. It was observed that the content of dyes in the leaves of the studied plants found in all the determined areas around the Dolna Odra Power Station was lower than that in the control plants. The amount of chlorophyll a and b in the assimilation apparatus of dandelion and ribwort plantain gathered from the area in the vicinity of the Dolna Odra Power Station was respectively lower by 26% and 23% in relation to their concentration in the control leaves. The studies showed that the leaves of the examined plants growing on the outer side in relation to the source of pollution contained much lower amount of total chlorophyll than the control plants and the plants growing windward in relation to the emitter. Dandelion and ribwort plantain collected from the area around the Dolna Odra Power Station were characterised by a lower index of the relative water content by 17.5% and 16.4%, respectively, in comparison to the control plants.*

---

\* *Dr inż. Katarzyna Malinowska, mgr Anna Krakos – Zakład Fizjologii Roślin, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin; tel.: 91 449 63 81; e-mail: katarzyna.malinowska@zut.edu.pl*

## 1. WPROWADZENIE

Zespół Elektrowni Dolna Odra w Nowym Czarnowie jest podstawowym źródłem energii elektrycznej w województwie zachodniopomorskim oraz zasila w ciepło miasto Gryfino. Osiem bloków energetycznych zakładu emituje do atmosfery dwutlenek siarki, tlenki azotu oraz pyły. Emisja zanieczyszczeń wynikająca z działalności Elektrowni Dolna Odra mieści się jednak w obowiązujących w naszym kraju normach, traktujących o zanieczyszczeniu powietrza [Landsberg-Ucziwek i in. 2009].

Do określania stanów stresowych roślin stosuje się wiele metod badawczych. Do najbardziej powszechnych i jednocześnie dokładnych należą metody opierające się na pomiarach procesów fizjologicznych: fotosyntezy, oddychania i transpiracji, a także na określeniu parametrów biochemicznych [Kalaji, Rutkowska 2004]. Podstawowe procesy fizjologiczne roślin oraz zawartość barwników fotosyntetycznych wykazują zaburzenia w warunkach skażonego środowiska [Sawicka-Kapusta 1990, Farmer 2004, Legge, Krupa 2004, Woźny 2004, Zimny 2006]. Wykorzystanie parametrów fizjologicznych roślin odgrywa zatem znaczącą rolę w ocenie zasięgu gazowych i pyłowych zanieczyszczeń [Brej i in. 1982, Zimny, Żukowska-Wieszczek 1983].

Zastosowanie roślin wskaźnikowych odgrywa ważną rolę w śledzeniu zasięgu skażenia powietrza atmosferycznego. Mniszek pospolity (*Taraxacum officinale*, Weber) i babka lancetowata (*Plantago lanceolata*, Weber) – ze względu na powszechność występowania w naszej strefie geograficzno-klimatycznej, stosunkowo dużą masę ulistnienia oraz dużą zdolność kumulacji zanieczyszczeń chemicznych w liściach – są wykorzystywane w monitoringu biologicznym. Rośliny posiadające wymienione cechy ułatwiają prowadzenie badań porównawczych w różnych regionach kraju [Kabata-Pendias, Dudka 1991, Czarnowska, Milewska 2000, Motowicka-Terelak, Terelak 2000, Królak, Raczuk 2001, Jankowska i in. 2007].

Celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości barwników asymilacyjnych i bilansu wodnego u mniszka pospolitego i babki lancetowatej, występujących wokół Elektrowni Dolna Odra, oraz wykazanie przydatności badanych parametrów fizjologicznych w monitoringu zasięgu zanieczyszczeń.

## 2. MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano dwa gatunki roślin: mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale*) i babkę lancetowatą (*Plantago lanceolata*). Badania przeprowadzono wokół Elektrowni Dolna Odra oraz na obszarze Puszczy Wkrzańskiej. Wyznaczono pięć obszarów badawczych o powierzchni około 600 m<sup>2</sup>, w różnych odległościach i kierunkach od źródła emisji: nr 1 – Puszcza Wkrzańska (punkt kontrolny), nr 2 – obszar w kierunku północnym od emitora (okolice wsi Nowe Czarnowo), nr 3 – obszar w kierunku południowym od emitora (są-

siedztwo wsi Krajnik), nr 4 – obszar w kierunku wschodnim 0,5 km od emitora (okolice składowiska popiołu i żużlu), nr 5 – obszar w kierunku zachodnim, 0,6 km od emitora (okolice bramy wjazdowej zakładu).

Z wyznaczonych obszarów badawczych, trzykrotnie w czasie wegetacji roślin (czerwiec, lipiec, sierpień) pobierano po 12 roślin do analiz laboratoryjnych. Zawartość barwników asymilacyjnych (chlorofil a i b, całkowity i karotenoidy) w liściach oznaczono metodą Lichtenthalera i Welburna [1983]. Bilans wodny określano na podstawie dwóch wskaźników RWC (względnej zawartości wody) i WSD (deficytu wysycenia wodą) [Bandurska 1991]. RWC – to stosunek aktualnej zawartości wody w tkance lub pędu ( $W_{akt.}$ ) do zawartości wody w tych tkankach, gdy wykazują pełny turgor, czyli są w pełni wysycane wodą ( $W_s$ ), WSD natomiast określa ile wody brakuje w tkance do pełnego jej wysycenia.

Uzyskane wyniki opracowano metodą dwuczynnikowej wariancji, wykorzystując test Duncana na poziomie istotności  $NIR_{0,05}$ .

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość oznaczanych barwników fotosyntetycznych zmieniała się w zależności od gatunku i odległości od źródła zanieczyszczenia. Analiza dwuczynnikowej wariancji wykazała istotność wpływu obszaru badawczego i terminu badań na zawartość chlorofilu i karotenoidów w liściach badanych roślin (tab. 1). Stwierdzono mniejszą ilość barwników asymilacyjnych u badanych roślin na wszystkich wyznaczonych obszarach zlokalizowanych wokół Elektrowni Dolna Odra w porównaniu do koncentracji tych parametrów u roślin kontrolnych (tab. 1, rys. 1).

Liście mniszka pospolitego zebrane w sąsiedztwie elektrowni zawierały o około 26% mniej chlorofilu a+b i o około 27% mniej karotenoidów niż rośliny rosnące w Puszczy Wkrzańskiej. W liściach babki lancetowatej natomiast zawartość chlorofilu a+b oraz karotenoidów stanowiła odpowiednio 76,8% i 82% w stosunku do roślin rosnących na obszarze kontrolnym. Najmniejszą zawartość chlorofilu a oraz b stwierdzono u roślin występujących na obszarze zlokalizowanym przy bramie składowiska popiołu i żużlu – dla mniszka pospolitego odpowiednio średnio 1,01 i 0,47  $mg \cdot g^{-1}$  ś.m. oraz dla babki lancetowatej 0,86 i 0,38  $mg \cdot g^{-1}$  ś.m. (tab.1, rys. 1). Średnia ilość chlorofilu a oraz b w liściach roślin z tego stanowiska stanowiła odpowiednio dla *Taraxacum officinale* około 57% i 61% oraz dla *Plantago lanceolata* około 63% i 59% średniej jego zawartości u roślin kontrolnych.

Zawartość karotenoidów w aparacie asymilacyjnym badanych roślin, występujących na badanym obszarze wokół zakładu, była nieznacznie zróżnicowana. U mniszka pospolitego wahała się od 0,57 do 0,99  $mg \cdot g^{-1}$  ś.m., u babki lancetowatej natomiast od 0,52 do 0,70  $mg \cdot g^{-1}$  ś.m. (tab. 1, rys. 1).

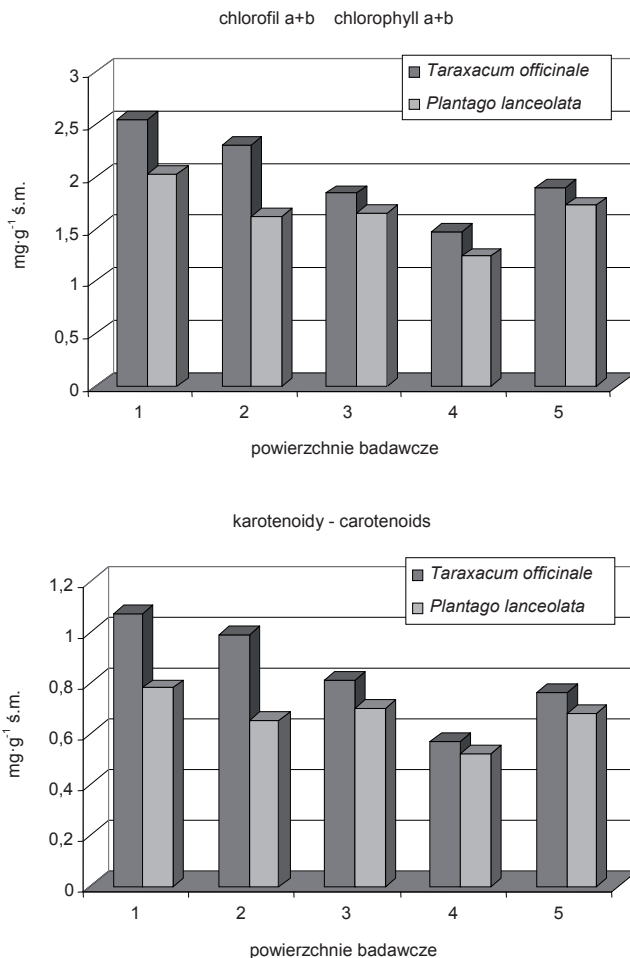
**Tabela 1.** Zawartość barwników fotosyntetycznych ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  ś.m.) w liściach badanych roślin występujących w obrębie Elektrowni Dolna Odra**Table 1.** The content of photosynthetic pigments ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  f. m.) in the leaves of examined plants found in the area of Dolna Odra Power Station

Chlorofil a [ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ś.m.]										
Termin	<i>Taraxacum officinale</i>					<i>Plantago lanceolata</i>				
	Obszary badawcze									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
VI	1,56±0,37	1,27±0,17	0,86±0,15	0,92±0,11	1,35±0,18	1,51±0,21	1,39±0,18	1,29±0,08	1,28±0,09	1,25±0,16
VII	1,89±0,22	1,80±0,09	1,61±0,25	1,39±0,16	1,74±0,15	1,30±0,11	1,05±0,14	1,06±0,08	0,91±0,06	1,11±0,19
VIII	1,89±0,29	1,78±0,12	1,42±0,19	0,71±0,08	0,86±0,09	1,26±0,15	1,00±0,10	1,18±0,11	0,40±0,04	1,16±0,12
NIR LSD <sub>0,05</sub>	Powierzchnia – 0,24; Termin – 0,15; Interakcja P x T – 0,41					Powierzchnia – 0,19; Termin – 0,12; Interakcja P x T – 0,33				
Chlorofil b [ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ś.m.]										
VI	0,67±0,09	0,59±0,08	0,39±0,05	0,42±0,08	0,62±0,09	0,61±0,09	0,58±0,08	0,49±0,12	0,57±0,09	0,51±0,04
VII	0,85±0,06	0,78±0,10	0,66±0,07	0,58±0,09	0,72±0,10	0,58±0,05	0,43±0,04	0,47±0,09	0,37±0,06	0,45±0,03
VIII	0,78±0,08	0,69±0,09	0,62±0,06	0,42±0,07	0,42±0,08	0,73±0,05	0,41±0,03	0,46±0,05	0,20±0,02	0,70±0,03
NIR LSD <sub>0,05</sub>	Powierzchnia – 0,12; Termin – 0,08; Interakcja P x T – 0,21					Powierzchnia – 0,07; Termin – 0,05; Interakcja P x T – 0,12				
Karotenoidy [ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ś.m.]										
VI	0,90±0,07	0,77±0,06	0,48±0,05	0,53±0,04	0,78±0,06	0,89±0,19	0,81±0,11	0,72±0,13	0,85±0,15	0,76±0,09
VII	1,31±0,09	1,25±0,10	0,97±0,08	0,81±0,06	1,06±0,08	0,77±0,10	0,60±0,08	0,72±0,08	0,52±0,05	0,67±0,02
VIII	1,00±0,09	0,96±0,08	0,98±0,09	0,37±0,03	0,45±0,03	0,68±0,09	0,55±0,04	0,65±0,10	0,19±0,04	0,61±0,03
NIR LSD <sub>0,05</sub>	Powierzchnia – 0,18; Termin – 0,12; Interakcja P x T – 0,32					Powierzchnia – 0,12; Termin – 0,08; Interakcja P x T – 0,21				

**Uwaga!** Numery obszarów badawczych odpowiadają opisowi podanemu w rozdziale 2. Materiał i metody.

Obniżoną zawartość chlorofilu w roślinach rosnących w obszarze skażonego powietrza atmosferycznego uzyskali Brey i in. [1982], Łukasik [2003] oraz Łukasik i in. [2004]. Wykazali oni, że spadek koncentracji tego barwnika zależny był od gatunku rośliny, a także od odległości od źródła emisji zanieczyszczeń. Sawicka-Kapusta [1990] podaje, że już niskie stężenie  $\text{SO}_2$  powoduje powstawanie nekroz, którym towarzyszy spadek koncentracji chlorofilu. Zimny i Żukowska-Wieszczyk [1983] stwierdzili, że pod wpływem skażenia powietrza atmosferycznego ulega zmianie stosunek chlorofilu a i b do feofityny. Woźny [2004] uważa, że dwutlenek siarki przyczynia się do zaburzeń w biosyntezie chlorofilu, a także do rozpadu karotenoidów.

Istotnym czynnikiem decydującym o zanieczyszczeniu gazowym powietrza jest wiatr. W województwie zachodniopomorskim od marca do września dominują wiatry zachodnie [Czarnecka 1996]. Przeprowadzone badania wykazały, że liście badanych roślin rosnących po stronie zawietrznej w stosunku do źródła zanieczyszczenia zawierały znacznie mniejszą zawartość chlorofilu całkowitego niż rośliny kontrolne i rośliny rosnące po stronie nawietrznej w stosunku do źródła emisji zanieczyszczeń. U roślin zebranych po stronie zawietrznej średnia zawartość chlorofilu całkowitego stanowiła u mniszka pospolitego 76% i u babki lancetowatej 72% jego koncentracji u roślin rosnących po stronie nawietrznej i odpowied-



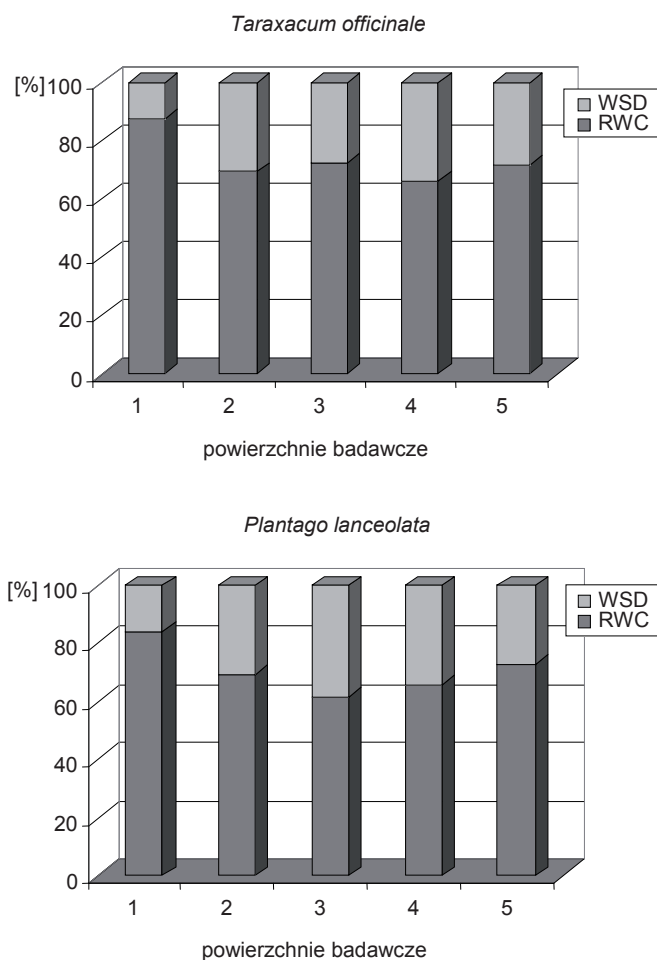
**Rys. 1.** Średnia zawartość chlorofilu a+b oraz karotenoidów (mg·g<sup>-1</sup> f.m.) w liściach badanych roślin występujących w obrębie Elektrowni Dolna Odra

**Fig. 1.** The average content of chlorophyll a+b and carotenoids (mg·g<sup>-1</sup> f.m.) in the leaves of examined plants found in the area of Dolna Odra Power Station

nio 58% i 61% w stosunku do koncentracji chlorofilu u roślin kontrolnych. W każdym terminie przeprowadzania badań wystąpiła zgodność co do tego, że po stronie zewnętrznej zanotowano mniejsze zawartości chlorofilu w liściach badanych roślin.

Przeprowadzone badania wykazały wyraźne zróżnicowanie w gospodarce wodnej badanych roślin, występujących w obrębie Elektrowni Dolna Odra. Wskaźnik względnej zawartości wody (RWC) w tkankach kształtował się w granicach 66–87% u mniszka pospo-

litego oraz 61–83% u babki lancetowatej. Wartość tego wskaźnika u roślin występujących na obszarze wokół elektrowni była mniejsza w stosunku do wartości u roślin kontrolnych o 17,5% u *Taraxacum officinale* i o 16,4% u *Plantago lanceolata* (rys. 2). Największy wskaźnik deficytu wysycenia wodą tkanek roślinnych stwierdzono u mniszka pospolitego (33,7%) występującego przy bramie składowiska popiołu i żużlu, u babki lancetowatej (38,2%) natomiast rosnącej na obszarze w kierunku południowym od emitora (rys. 2). Obniżoną wartość wskaźnika RWC u mniszka pospolitego występującego w pobliżu Zakładów Chemicznych „Police” uzyskała Malinowska i in. [2010]. Obserwowane zmiany intensywności badanych parametrów fizjologicznych mogą być w niekorzystnych warunkach efektem zarówno stresu, jak i mechanizmów naprawczych [Starck 2002].



**Rys. 2.** Wskaźniki wodne (%) u badanych roślin występujących w obrębie Elektrowni Dolna Odra  
**Fig. 2.** Water indices (%) of examined plants found in the area of Dolna Odra Power Station

#### 4. WNIOSKI

1. Wykazano istotność różnic w zawartości barwników fotosyntetycznych w liściach badanych gatunków roślin w zależności od obszaru i terminu badań.
2. Zawartość chlorofilu a+b w aparacie asymilacyjnym mniszka pospolitego i babki lancetowatej zebranych z obszaru wokół Elektrowni Dolna Odra była odpowiednio mniejsza o 26% i 23% w stosunku do ich koncentracji w liściach kontrolnych roślin.
3. Mniszek pospolity i babka lancetowata występujące wokół Elektrowni Dolna Odra charakteryzował mniejszy odpowiednio o 17,5% i 16,4% wskaźnik względnej zawartości wody w porównaniu do roślin kontrolnych.
4. Oznaczone parametry fizjologiczne mogą być przydatne w ocenie wielkości i zasięgu gazowych i pyłowych zanieczyszczeń.

#### PIŚMIENNICTWO

- BANDURSKA H. 1991. The effect of proline on nitrate reductase activity in water – stressed barley leaves. *Acta Physiol. Plant.* 1: 3–11.
- BREJ T., FABISZEWSKI J., BIELECKI K. 1982. Photosynthesis, respiration and chlorophyll content as indicators of industrial pollution. In: *Proceedings of the IV international conference – Bioindicators Regionis* (Edited by Paukert J., Ružicka V., Boháč J. Liblice near Prague, Czechoslovakia 28.VI – 2.VII.1982: 43–54.
- CZARNECKA M. 1996. Współczesny stan klimatu Szczecina. (red. Kożuchowski K.), *Klimat Szczecina i współczesne zmiany klimatyczne w rejonie Morza Bałtyckiego*, Uniwersytet Szczeciński, *Rozprawy i Studia*, T (CCXVIII) 224: 12–45.
- CZARNOWSKA K., MILEWSKA A. 2000. The content of heavy metals in an indicator plant (*Taraxacum officinale*) in Warsaw. *Pol. J. Environ. Stud.* 92: 125–128.
- FARMER A.M. 2004. Wpływ zanieczyszczeń pyłowych. *Zanieczyszczenia powietrza, a życie roślin*. (red. Bell J.N.B., Treshow M.), *Wyd. Nauk. Tech. Warszawa*: 209–222.
- JANKOWSKA J., SOSNOWSKI J., CIEPIELA G.A., JANKOWSKI K. 2007. Zawartość ołowiu w wybranych gatunkach roślin dwuliściennych rosnących na użytkach zielonych w pobliżu trasy szybkiego ruchu. *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.* 30: 99–104.
- KABATA-PENDIAS A., DUDKA S. 1991. Trace metal contents of *Taraxacum officinale* (dandelion) as a convenient environmental indicator. *Environ. Geochem. Health* 13(2): 108–113.
- KALAJI H.M., RUTKOWSKA A. 2004. Reakcje aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 496: 545–558.
- KRÓLAK E., RACZUK J. 2001. Zawartość Cd, Pb i Zn w glebach i mniszku pospolitym (*Taraxacum officinale* Webb.) na nizinie południowo-podlaskiej [w: *Obieg pierwiastków w przyrodzie*]. *Inst. Ochr. Środ.*, Tom I, Warszawa: 24–32.

- LANDSBERG-UCZCIWEK M., REWAJ R., PAŁYSKA R., SZCZEPANKIEWICZ M. 2009. Roczna ocena jakości powietrza dla województwa zachodniopomorskiego – raport za 2008 rok. WIOŚ w Szczecinie.
- LEGGE A.H., KRUPA S.V. 2004. Wpływ dwutlenku siarki. Zanieczyszczenia powietrza, a życie roślin. (red. Bell J.N.B., Treshow M.), Wyd. Nauk. Tech. Warszawa: 151–179.
- LICHTENTHALER H.K., WELLBURN A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. Bioch. Soc. Trans. 11: 591–592.
- ŁUKASIK I. 2003. Effect of heavy metals on the chlorophyll concentration in some plants around steelworks KH „Huta Katowice”. Ecol. Chem. and Engin. 10(3–4): 265–273.
- ŁUKASIK I., PALOWSKI B., CIEPAŁ R. 2004. Correlation between heavy metals contents and chlorophyll pigments concentration in plant tissues around power plant „Elektrownia Jaworzyno SA”. Ecol. Chem. and Engin. 11(2–3): 201–208.
- MALINOWSKA K., MARSKA B., STEPANIUK S. 2010. Content of assimilation dyes and water balance in common dandelion (*Taraxacum officinale* Weber) found in the region of Chemical Works “Police”. Ecol. Chem. and Engin. (praca w druku).
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H. 1997. Dandelion (*Taraxacum officinale*) as an indicator of sulphur contamination of Poland’s agricultural environment. In: Obieg pierwiastków w przyrodzie. Materiały II międzynarodowej konferencji, Warszawa, 27–29.10.1997: 208–213.
- SAWICKA-KAPUSTA K. 1990. Reakcja roślin na dwutlenek siarki i metale ciężkie w środowisku – bioindykacja. Wiad. Ecol. 36(3): 95–108.
- STARCK Z. 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 481:113–123.
- WOŹNY A. 2004. Wybrane gazowe czynniki stresowe (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i O<sub>3</sub>). W: Komórki roślinne w warunkach stresu, t. I, cz. II (red. Woźny A., Przybył K.): 78–102.
- ZIMNY H., ŻUKOWSKA-WIESZCZEK D. 1983. A practical use bioindication in the detection of natural environment pollution. Aquilo Ser. Bot. 19: 401–405.
- ZIMNY H. 2006. Ekologiczna ocena stanu środowiska. Bioindykacja i biomonitoring. Warszawa.