

ELŻBIETA WERYSZKO-CHMIELEWSKA, JADWIGA KOSTRZEWSKA-
-KUCZUMOW, MAGDALENA MICHONSKA

Kwitnienie gorczycy białej (*Sinapis alba* L.) w warunkach nadmiaru cynku

Flowering of White Mustard (*Sinapis alba* L.) under Conditions of Zinc Excess

Rośliny wykazują zróżnicowaną odporność na toksyczne stężenia cynku w zależności od gatunku (Łyszcz i Ruszkowska, 1991; Kostrzevska-Kuczumow i Weryszko-Chmielewska, 2000) i odmiany (Polson i Adams, 1970).

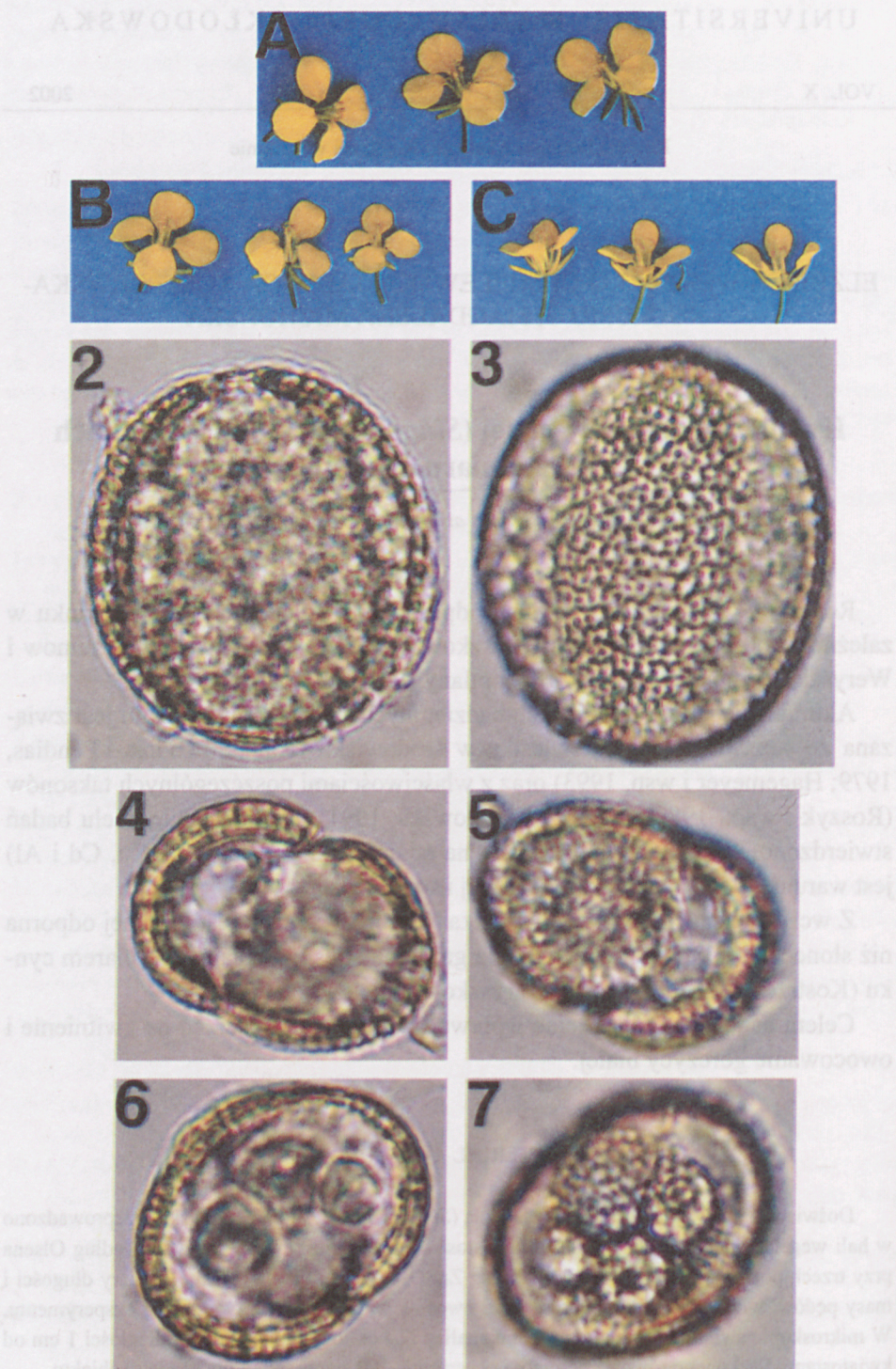
Akumulacja cynku w organach nadziemnych i podziemnych roślin jest związana ze stężeniem tego pierwiastka w środowisku (Kabata-Pendias i Pendias, 1979; Hagemeyer i wsp. 1993) oraz z właściwościami poszczególnych taksonów (Roszyk i wsp., 1988; Łyszcz i Ruszkowska, 1991). Na podstawie wielu badań stwierdzono, że tolerancyjność roślin na oddziaływanie metali (Cu, Zn, Cd i Al) jest warunkowana genetycznie (Verkeij i wsp., 1991).

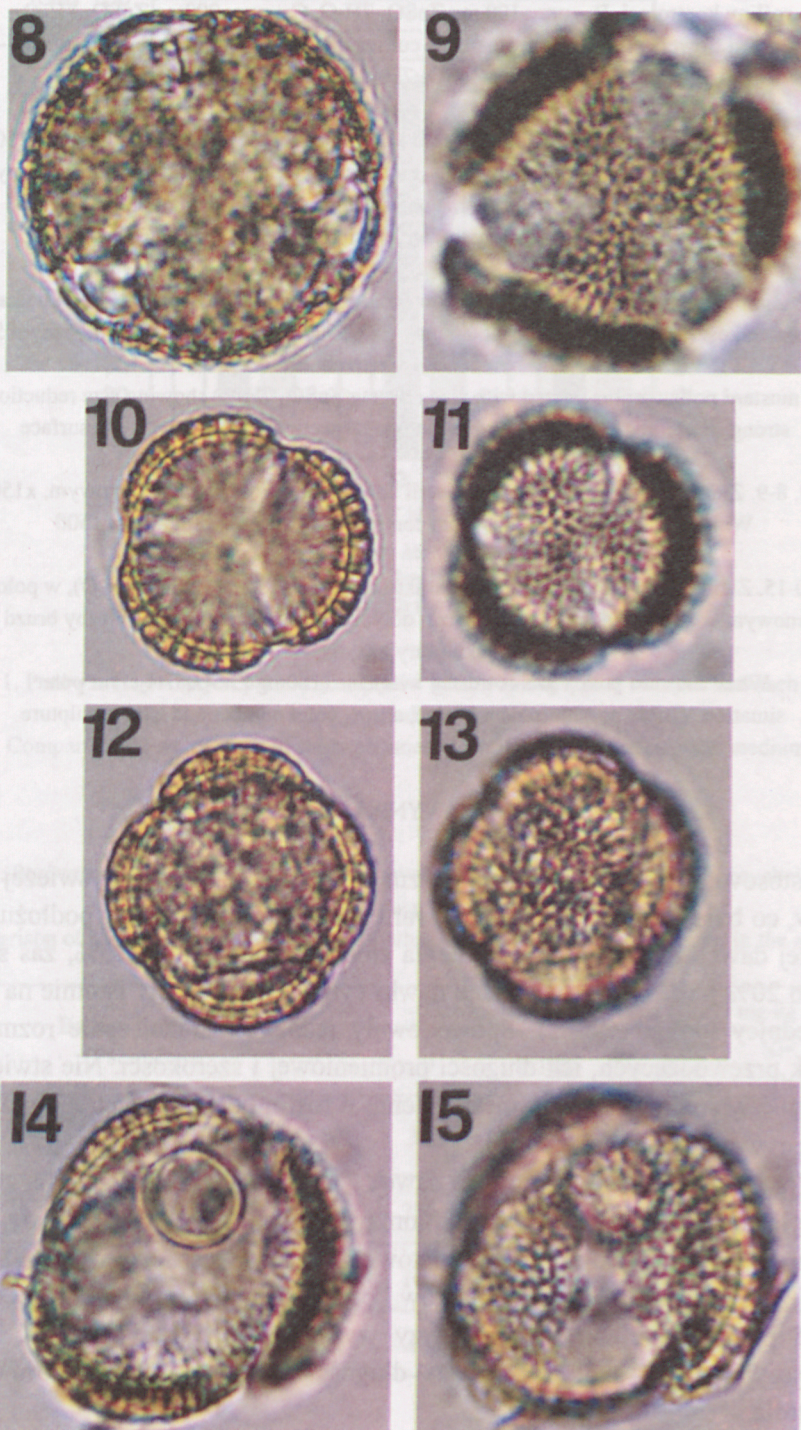
Z wcześniejszych obserwacji wynika, że gorczyca biała jest bardziej odporna niż słonecznik i bardziej wrażliwa niż groch na stres wywołany nadmiarem cynku (Kostrzevska-Kuczumow i Weryszko-Chmielewska, 2000).

Celem badań było określenie wpływu nadmiernych ilości Zn na kwitnienie i owocowanie gorczycy białej.

MATERIAŁ I METODA

Doświadczenia wazonowe z gorczycą białą (*Sinapis alba* L.) odm. Borowska przeprowadzono w hali wegetacyjnej w latach 1998-2001. Zastosowano zmodyfikowaną pożywkę według Olsena przy trzech poziomach cynku: 0, 100, 200 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ na 1 kg piasku. Pomiary długości i masy pędów, wielkości płatków korony oraz owoców wykonano po 8 tygodniach eksperymentu. W mikroskopie świetlnym przeprowadzono analizy tkanek łodygi pobranej w odległości 1 cm od kwiatostanu. Wykonano również pomiary i obserwacje 200 ziaren pyłku dla każdego obiektu.





Fot. 1. Kwiaty gorzycy białej pochodzące z roślin uprawianych przy różnych stężeniach Zn: A – rośliny kontrolnej, B – przy 100 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, C – przy 200mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
 White mustard flowers originating from plants cultivated at different zinc concentrations: – control plant; B – at 100 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, C – at 200mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Fot. 2-3. Ziarna pyłku gorzycy białej z serii kontrolnej w położeniu równikowym, x1500.
 2 – w przekroju optycznym, 3 – z widoczną retikularną powierzchnią egzyny.
 White mustard pollen grains from control series at equatorial position: 2 – at optical section; 3 – with visible reticular exine surface

Fot. 4-7. Ziarna pyłku gorzycy białej po traktowaniu cynkiem (200mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) wykazujące redukcję wielkości i silne skrócenie osi biegunowej, x 1500. 4,6 – w przekroju optycznym 5,7 – z widoczną powierzchnią
 White mustard pollen grains treated with zinc (200mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) showing size reduction and strong shortening of polar axis: 4,6 – at optical section; 5,7 – with visible surface

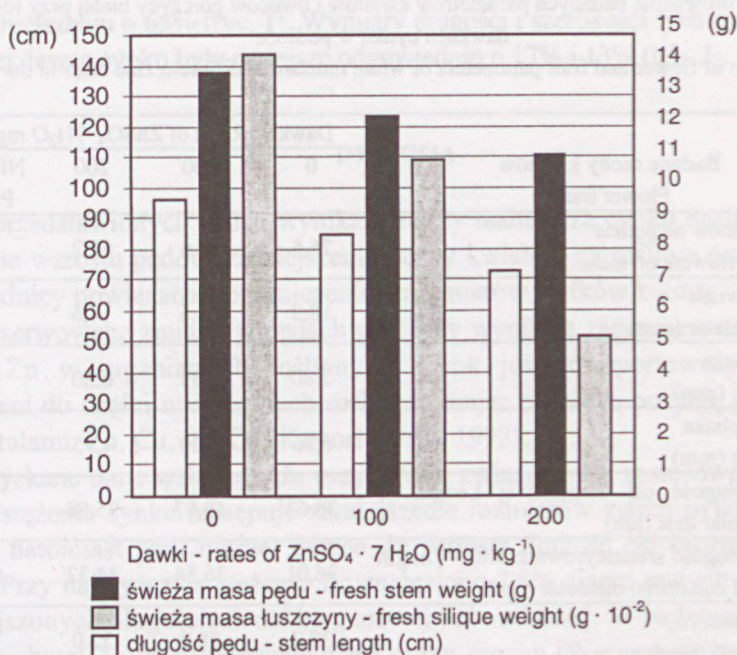
Fot. 8-9. Ziarna pyłku gorzycy białej z serii kontrolnej w położeniu biegunowym, x1500
 White mustard pollen grains from control series at polar situation, x 1500

Fot. 10-15. Ziarna pyłku gorzycy białej po traktowaniu Zn (200mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), w położeniu biegunowym, x 1500. Widoczny polimorfizm dotyczący wielkości, kształtu, liczby bruzd oraz skulptury egzyny
 White mustard pollen grains treated with zinc (200mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) at polar situation. Visible polymorphism of size, shape, colpi number and exine sculpture

WYNIKI

Zastosowane dawki Zn wywołały zmniejszenie długości oraz świeżej masy pędów, co było proporcjonalne do zawartości badanego metalu w podłożu. Przy wyższej dawce Zn długość pędu uległa zmniejszeniu o około 25%, zaś świeża masa o 20% (ryc. 1). Wprowadzone dawki cynku nie wpłynęły istotnie na zmianę średnicy łodygi (tab. 1). Spowodowały jednakże zmniejszenie rozmiarów wiązek przewodzących, ich długości promieniowej i szerokości. Nie stwierdzono różnic w średnicy naczyń metaksylemu u roślin pochodzących z obiektów z cynkiem w porównaniu z kontrolą.

Wprowadzenie podwyższonych dawek Zn do pożywki wpłynęło na zmniejszenie liczby oraz średnicy kwiatów gorzycy (fot.1 A,B,C, tab. 2). Przy zastosowanych dawkach cynku liczba kwiatów zmniejszyła się o około 20%. Stwierdzono zmniejszenie rozmiarów płatków korony. Silniejszej redukcji uległa szerokość płatków niż ich długość. Przy wyższej dawce Zn szerokość płatka zmniejszyła się o około 32%, zaś długość o około 17% w porównaniu z kontrolą.



Ryc. 1. Porównanie badanych parametrów pędów gorczycy białej przy różnych dawkach cynku w podłożu

Comparison of white mustard shoot parameters at different zinc rates in the medium

Tab. 1. Porównanie niektórych cech anatomicznych łodygi gorczycy białej przy różnych dawkach cynku w podłożu

Comparison of some stem anatomical traits of white mustard at different zinc rates in the medium

Badane parametry Parameters	Dawki – Rates of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$			NIR LSD $P=0,01$
	0	100	200	
Średnica łodygi (mm) Stem diameter	3,69	3,52	3,70	ni. n.s
Długość promieniowa wiązki przewodzącej Radial length of vascular bundle (μm)	226,8	197,2	208,1	ni. n.s
Szerokość wiązki przewodzącej Width of vascular bundle (μm)	160,4	122,0	140,7	4,10
Średnica naczynia metaksylemu (μm) Diameter of metaxylem vessel	40,4	39,9	41,6	ni. n.s.

Tab. 2. Porównanie badanych parametrów kwiatów i owoców gorczycy białej przy różnych dawkach cynku w podłożu
Comparison of flower and fruit parameters of white mustard at different zinc rates in the medium

Badane cechy kwiatów Flower traits		Dawki – Rates of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$			
		0	100	200	NIR LSD P=0,01
Liczba kwiatów na pędzie Number of flowers on stem		76,5	60,6	61,2	13,9
Średnica kwiatu Flower diameter (mm)		18,9	16,6	14,6	-
Długość płatka Petal length (mm)		7,80	7,35	6,50	0,64
Szerokość płatka Petal width (mm)		6,95	6,20	4,75	0,81
Ziarna Długość osi biegunowej Length of pyłku polar axis (μm)		38,63	40,87	35,88	0,94
Pollen Długość średnicy równikowej – Length grains of equatorial diameter (μm)		36,01	36,54	34,32	0,90
Długość łuszczyzny Silique length (mm)		38,7	38,8	32,0	2,7
Szerokość łuszczyzny Silique width (mm)		5,1	5,4	4,4	0,5

Średnie wymiary osi biegunowej i średnicy równikowej ziarn pyłku roślin kontrolnych gorczycy białej wynosiły odpowiednio 38,63 μm i 36,01 μm , co pozwala na zaliczenie ich do ziarn średnich, wydłużono-kulistych (fot. 2, 3). Są one trójbruzdowe (fot. 8,9) z siateczkowatą rzeźbą egzyny (fot. 9) Przy niższej dawce cynku nastąpiło zwiększenie wymiarów ziarn pyłku. Natomiast przy wyższym stężeniu Zn stwierdzono zmniejszenie rozmiarów ziarn (tab. 2). Do redukcji wielkości ziaren pyłku przyczyniło się występowanie w tym obiekcie 7,8% ziaren małych (fot. 4-7, 10-13). W serii kontrolnej zawartość ziarn podobnego typu stanowiła 4%.

W obecności cynku notowano polimorfizm wielkości i kształtu ziarn pyłku. Silniejszej redukcji uległa długość osi biegunowej niż średnicy równikowej małych ziarn, co wpłynęło na zmianę ich kształtu na lekko spłaszczony (fot. 4-7). Anomalie morfologiczne ziarn pyłku dotyczyły także wielkości (fot. 5) i liczby bruzd (fot. 12, 13) oraz zwiększenia grubości egzyny (fot. 4, 6, 10, 12). Zaznaczył się również polimorfizm skulptury egzyny, związany z występowaniem siateczkowatej ornamentacji o oczkach różnej wielkości (fot. 11, 13, 15).

Wprowadzenie Zn do podłoża wywołało ograniczenie liczby owoców, co wynikało z redukcji liczby kwiatów. Świeża masa dojrzewającej łuszczyzny uległa śred-

nio zmniejszeniu o 65% (ryc. 1). Wymiary długości i szerokości tych owoców przy wyższej dawce cynku były mniejsze odpowiednio o 17% i 13% (tab. 2).

DYSKUSJA

Z przedstawionych badań wynika, że przy nadmiarze cynku następuje ograniczenie wzrostu pędów, zmniejszenie liczby kwiatów na roślinie oraz redukcja ich średnicy powiązana z ograniczeniem rozmiarów płatków korony.

Obserwowane zmiany w pędach gorczycy wynikają zapewne z dużej mobilności Zn w organizmach roślinnych. Cynk jest transportowany aktywnie z korzeni do części nadziemnych roślin, zajmując pierwszą pozycję przed innymi metalami: Zn, Cu, Pb, Cd (Kastori i wsp., 1992).

Uzyskane dane wskazują, że przy stresie związanym z zastosowaniem wyższego stężenia cynku następuje zmniejszenie rozmiarów ziaren pyłku gorczycy białej, natomiast przy niższej dawce Zn wzrasta długość osi biegunowej tych ziarn. Przy najwyższym stężeniu Zn znaleziono 7,8% ziaren małych o wydatnie zmniejszonych długościach osi biegunowej i równikowej. W badaniach dotyczących wpływu Zn na formowanie ziarn pyłku grochu (Weryszko-Chmielewska i wsp., 1991) stwierdzono, że przy niższych stężeniach cynku (66 mg $ZnSO_4$ na 1 kg piasku) nastąpiło zwiększenie rozmiarów ziarn pyłku oraz występowanie anomalii w skulpturze sporodermi. Przy wyższej dawce cynku (132 mg $ZnSO_4$) 40% ziaren pyłku grochu było silnie zdeformowanych.

W obecnej pracy wykazano, że wpływ nadmiernych dawek cynku zaznaczył się także w obniżeniu masy i wielkości owoców gorczycy białej. O silnej redukcji plonu nasion gorczycy po wprowadzeniu dużych dawek Zn do gleby piaszczystej donoszą również Roszyk i wsp. (1988). Występujący przy stresie cynkowym słabszy rozwój wiązek przewodzących wydaje się być symptomem charakterystycznym dla nadmiaru cynku, gdyż zmiany tego typu notowano również w łodydze grochu (Kostrzewska-Kuczumow i Weryszko-Chmielewska, 2000), bobiku (Weryszko-Chmielewska i wsp. 2000), pędach buka (Hagemeyer i wsp., 1993) i świerka (Hagemeyer i wsp., 1994).

Zahamowanie wzrostu wiązek przewodzących, przy braku różnic w wielkości elementów trachealnych, może się wiązać z mniejszą aktywnością kambium.

WNIOSKI

1. Przy nadmiernych stężeniach cynku stwierdzono zahamowanie wzrostu pędów oraz słabszy rozwój wiązek przewodzących w łodygach gorczycy białej.
2. Podwyższone w podłożu dawki Zn powodują zmniejszenie liczby i wielkości kwiatów oraz owoców gorczycy białej.

3. Stres związany z nadmiarem Zn wywołuje polimorfizm ziarn pyłku gorczycy białej w zakresie ich wielkości, kształtu, liczby apertur oraz grubości i skulptury egzyny.

PIŚMIENICTWO

- Hagemayer J., Lohrmann D., Breckle S. W., 1993. Development of annual xylem rings a shoot growth of young beech (*Fagus sylvatica* L.) grown in soil with various Cd and Zn levels. Water, Air, Soil Pollution 69: 351-361.
- Hagemayer J., Heppel T. H., Breckle S. W., 1994. Effect of Cd and Zn on the development of annual xylem rings of young Norway spruce (*Picea abies*) plants. Trees 8: 223-227.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1979. Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geolog., Warszawa 1979.
- Kastori R., Petrović M., Petrović N., 1992. Effect of excess lead, cadmium, copper, and zinc on water relation in sunflower. J. Plant Nutr. 15, 11: 2427-2439.
- Kostrzevska-Kuczumow J., Weryszko-Chmielewska E., 2000. Zmiany histologiczne w łodygach grochu (*Pisum sativum* L.) w warunkach nadmiaru cynku. Biul. Magnezol. 5, 1: 30-36.
- Łyszcz S., Ruszkowska M., 1991. Zróżnicowana reakcja kilku gatunków roślin na nadmiar cynku. Roczn. Glebozn. XLII, 3-4: 215-221.
- Polson D. E., Adams M. W., 1970. Differential response of navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to zinc. Agron. J. 62: 557-560.
- Roszyk E., Roszyk S., Spiak Z., 1988. Toksyczna zawartość cynku w glebach. Roczn. Glebozn. XXXIX, 3: 57-69.
- Verkeij J. A. C., Lolkema P. C., Neeling A. L. de, Harmens H., Roze ma J., 1991. Heavy metal resistance in higher plants: biochemical and genetic aspects. Ecological responses to environmental stresses. Tasks for Veget. Sci. 22: 8-19.
- Weryszko-Chmielewska E., Michońska M., Kostrzevska-Kuczumow J., 2000. Zmiany anatomiczne w łodygach bobiku (*Vicia faba* L. var. minor Harz) w warunkach stresu wywołanego nadmiarem cynku. Bibl. Fragm. Agron. 8: 297-303.
- Weryszko-Chmielewska E., Stpicyńska M., Michońska M., 1991. Morphological anomalies in pea (*Pisum sativum* L.) c.v. Hamil pollen grains under high doses of zinc. Acta Soc. Bot. Pol. 60, 3-4: 259-272.

SUMMARY

The aim of the studies was to estimate the influence of excessive zinc rates on the formation of flowers and fruits of white mustard (*Sinapis alba* L.) of Borowska cv. Also, stem anatomical traits and pollen grain morphology were compared. Three zinc rates were applied in a pot experiment: 0, 100 and 200 mg ZnSO₄ per 1 kg of sand.

Reduction of the number and size of flowers and fruits as well as weaker development of vascular bundles in stems was found at the excess of zinc. At higher zinc rate, reduction of pollen grain size occurred. Polymorphism of white mustard sporomorphs referring to size, shape, number and size of apertures as well as exine thickness was observed.