

MIROSŁAWA CHWIL

**Oddziaływanie ołowiu na cechy morfologiczne kwiatów
Sinapis alba L. i *Glycine max* (L.) Merr.**

Influence of Lead on Morphological Character of *Sinapis Alba* L.
and *Glycine Max* (L.) Merr. Flowers

Nieliczne prace dotyczą wpływu ołowiu na organy generatywne roślin. Dotychczas stwierdzono translokację niewielkich ilości Pb do części nadziemnych (Michalak i Wierzbicka, 1997). Duża grupa roślin pyłkodajnych ma części generatywne odkryte, na których osadzają się zanieczyszczenia powietrza. Konopacka i wsp., (1993) wykazały, że zawartość ołowiu w ziarnach pyłku może przekraczać dopuszczalne normy. Badanie pyłku ma duże znaczenie w ocenie stopnia zanieczyszczenia środowiska (Lipińska i Zalewski, 1989). Wiadomo, że obecny w podłożu ołów zakłóca pobieranie przez korzeń różnych składników pokarmowych (Burzyński, 1993; Kabata-Pendias i Pendias, 1993; Jasiewicz, 1996). W warunkach nieprawidłowego odżywiania roślin może powstać pyłek sterylny, niefunkcjonalny (Iwanami i wsp., 1988).

Badania przeprowadzono w celu porównania zmian w morfologii kwiatów i ziarn pyłku gorczycy białej oraz soi owłosionej pod wpływem stosowanych dawek ołowiu.

MATERIAŁ I METODA

Przeprowadzono trzyletnie doświadczenia wazonowe z gorczycą białą (*Sinapis alba* L.) odm. 'Borowska' i soją (*Glycine max* (L.) Merr.) odm. 'Polan'. Rośliny rosły w hali wegetacyjnej w plastikowych wazonach zawierających 7,6 kg piasku. Zastosowano następujące ilości składników pokarmowych na wazon: N - 350 mg, P - 122 mg, K - 350 mg, Mg - 42 mg, w postaci roz-

tworu soli: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NH_4NO_3 , KNO_3 , KH_2PO_4 i $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Pożywkę dzielono, 2/3 dawki zastosowano przed siewem, resztę pogłównie w czasie wegetacji. Ponadto do wazonów wprowadzono jednakowe dla wszystkich roślin dawki mikroelementów: 21 mg Fe (jako cytrynian); 0,6 mg B (w postaci H_3BO_3); 2,8 mg Mn; 0,5 mg Cu i 0,20 mg Zn (w formie siarczanów) oraz 0,1 mg $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ i 0,05 mg CoCl_2 . Ołów zastosowano w fazie dwóch liści w postaci PbCl_2 w dawce: 0, 200, 500 i 750 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ piasku. Wazony podlewano wodą redestylowaną do stałej masy (60% całkowitej pojemności wodnej). W jednym wazonie rosło 7 roślin gorczycy lub 4 rośliny soi.

W fazie kwitnienia badano: długość i szerokość płatków korony oraz wielkość ziarn pyłku. W przypadku gorczycy zmierzono także średnicę kwiatów, długość głównej osi kwiatostanu i jego odgałęzień drugiego rzędu. Wykonano półtrwałe preparaty w glicerożelatynie i analizowano morfologię ziarn pyłku (barwionych 1% roztworem safraniny) gorczycy i soi na podstawie pomiaru długości osi biegunowej i średnicy równikowej dla 150 ziarn przy każdym poziomie ołowiu. Uzyskane wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej.

WYNIKI I DYSKUSJA

W fazie kwitnienia kwiatostany roślin gorczycy traktowanych ołowiem różniły się długością i wielkością kwiatów. Długość głównej osi kwiatostanu gorczycy u roślin kontrolnych wynosiła średnio 32,08 cm, a w obiektach z ołowiem stwierdzono istotne zmniejszenie tego parametru. Przy stężeniu 200 i 500 mg PbCl_2 długość osi kwiatostanowej stanowiła odpowiednio 95% i 61% długości kwiatostanu roślin kontrolnych, zaś przy najwyższej dawce Pb tylko 14% (tab. 1, ryc. 1).



Fot. 1. Rośliny gorczycy uprawiane w obecności różnych stężeń PbCl_2 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
White mustard plants cultivated at varied lead concentrations PbCl_2 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Główna oś kwiatostanu gorczycy białej tworzyła pojedyncze odgałęzienia tylko w trzech pierwszych obiektach, przy czym najdłuższe stwierdzono u roślin kontrolnych (14,61 cm). Przy dwóch kolejnych stężeniach ołowiu (200 i

500 mg · kg⁻¹) stanowiły one odpowiednio 71% i 49% długości odgałęzień roślin kontrolnych (tab. 1). Tylko dawka 500 mg PbCl₂ istotnie wpływała na długość odgałęzień drugiego rzędu w kwiatostanie w stosunku do kontroli. Przy najwyższym stężeniu PbCl₂ w kwiatostanach gorczycy białej o silnie zahamowanym wzroście nie tworzyły się odgałęzienia boczne. W wyniku oddziaływania ołowiu skróceniu uległa oś kwiatostanu soi. Ograniczenie przez Pb prawidłowego wytwarzania kwiatostanów wyjaśnia jedną z przyczyn ich zmniejszonego plonu (Zheljaskov i wsp., 1996).

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że rośliny gorczycy w obiekcie drugim i trzecim zakwitły z opóźnieniem i miały obniżoną liczbę kwiatów w porównaniu do kontroli (ryc.1.), podobną reakcję na Pb wykazała soja. Natomiast inne gatunki roślin w obecności toksykanta charakteryzowały się przyspieszonym kwitnieniem (Wierzbička i Panufnik 1998; Weryszko-Chmielewska i Chwil, 2000).

Średnica kwiatów roślin kontrolnych gorczycy oraz z obiektu 200 mg PbCl₂ · kg⁻¹ była zbliżona. Natomiast przy wyższych dawkach ołowiu (500 i 750 mg PbCl₂) istotnie zmniejszyła się, odpowiednio o 82% i 66% w stosunku do średnicy kwiatów roślin kontrolnych (tab. 1).

Tab.1. Wyniki pomiarów kwiatów i kwiatostanów roślin gorczycy białej uprawianej przy różnych dawkach ołowiu w podłożu

Results of measurements flowers of and inflorescences for white mustard cultivated at varied lead rates in a substrate

Badane cechy Traits under study	Dawki PbCl ₂ (mg · kg ⁻¹) PbCl ₂ rates (mg · kg ⁻¹)				NIR LSD p=0,05
	0	200	500	750	
Długość głównej osi kwiatostanu (cm) Length of the main inflorescence axis (cm)	32,08	30,67	19,63	4,55	12,08
Długość odgałęzień II rzędu w kwiatostanie (cm) Length of the 2 st order branches in the inflorescence (cm)	14,71	10,45	7,20	0	5,80
Średnica kwiatów (cm) Flower diameter (cm)	2,19	2,05	1,79	1,44	0,35
Długość płatków korony (mm) Petal length (mm)	12,86	13,56	12,41	10,44	1,42
Szerokość płatków korony (mm) Petal width (mm)	7,91	8,23	8,13	5,95	0,87

Przy stężeniu 200 i 500 mg $PbCl_2$ nie stwierdzono istotnych różnic w długości i szerokości płatków korony w porównaniu z kontrolą, natomiast w obecności 750 mg $PbCl_2$ wielkość tych parametrów różniła się istotnie od kontroli (tab. 1).

Rośliny soi owłosionej wytworzyły kwiaty, których płatki korony przy poszczególnych poziomach ołowiu różniły się pod względem wielkości. Najwyraźniejsze różnice dotyczyły długości i szerokości największego płatka – żagielka. Jego wielkość w kombinacji 500 i 750 mg $PbCl_2$ istotnie zmniejszyła się w porównaniu z kontrolą (tab. 2). W tej kombinacji rośliny wytwarzały również najmniej kwiatów.

Pyłek gorczycy białej ma barwę żółtą. Sporomorfy gorczycy są trójbrzdowe. Brzduki są wydłużone i zwężają się ku biegunom. Seksyna tworzy powierzchnię siatkowatą. Ziarna pyłku w obiekcie kontrolnym i przy zastosowanych stężeniach ołowiu miały zbliżoną wielkość (tab. 3). Długość osi biegunowej dla poszczególnych obiektów zawarta była w przedziale 35,79-36,36 μm , zaś średnicy równikowej wahała się od 36,21 do 36,35 μm . Nie stwierdzono istotnych różnic wywołanych obecnością ołowiu w długości osi biegunowej i średnicy równikowej ziarn pyłku gorczycy białej. Stosunek P/E przy badanych poziomach ołowiu mieścił się w przedziale 0,98-1,00 co pozwala na zaklasyfikowanie ziaren pyłku gorczycy do kulistych lub spłaszczone-kulistych.

Tab. 2. Wielkość płatków korony kwiatów soi owłosionej uprawianej przy różnych stężeniach ołowiu w podłożu

Size of petals in soybean cultivated at varied lead rates in a substrate

Badana cecha Traits under study		Dawki $PbCl_2$ ($mg \cdot kg^{-1}$) $PbCl_2$ rates ($mg \cdot kg^{-1}$)				NIR LSD
		0	200	500	750	p = 0,05
Żagielek	A	5,50	5,82	4,88	4,91	0,56
Vaxillum	B	5,36	5,77	4,72	4,94	0,57
Skrzydółka	A	4,92	5,18	4,70	4,75	nie ist. – n.s.
Wings	B	1,75	1,63	1,52	1,56	nie ist. – n.s.
Łódeczka	A	4,24	4,17	4,44	3,99	nie ist. – n.s.
Carina	B	1,56	1,52	1,54	1,46	nie ist. – n.s.

A – długość, length (mm)

B – szerokość, width (mm)

Ziarna pyłku soi zaliczone są do trójbrzdowoporowych. Pory są położone w płaszczyźnie równikowej ziarn. Przy stosowanych stężeniach ołowiu średnie wymiary długości P i E określały odpowiednio przedziały 22,71-22,76 μm i 22,28-22,76 μm . Mimo zbliżonych wielkości badanych ziarn różnice między niektórymi wynikami pomiarów okazały się statystycznie istotne. Istotnie mniej-

szą wartość osiągnęła długość osi biegunowej i średnicy równikowej ziarn pyłku wytwarzanych przez soję uprawianą odpowiednio przy 500 i 750 mg $PbCl_2$ w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 3). Brak różnic lub niewielkie odchylenie w wielkości ziarn pyłku badanych roślin pod wpływem ołowiu jest wynikiem istnienia biologicznych barier w roślinie, które wiążąc jony Pb^{2+} ograniczają jego toksyczność (Wierzbicka, 1987).

Tab. 3. Wymiary ziarn pyłku (μm) badanych gatunków roślin przy różnych dawkach ołowiu
Pollen grains size (μm) for the studied species at varied lead rates in a substrate

Gatunek rośliny Species	Wielkość ziaren Grains size	Dawki $PbCl_2$ ($mg \cdot kg^{-1}$) $PbCl_2$ rates ($mg \cdot kg^{-1}$)				NIR LSD p=0,01
		0	200	500	750	
Gorczyca biała White mustard	P	35,79	36,36	35,94	35,95	nie ist. – n.s.
	E	36,35	36,35	36,21	36,32	nie ist. – n.s.
	P/E	0,98	1,0	0,99	0,99	-
Soja owłosiona Soybean	P	22,75	22,76	22,37	22,71	0,37
	E	22,47	22,28	22,47	22,76	0,30
	P/E	1,01	1,02	1,00	1,00	-

P – długość osi biegunowej, polar axis length (μm)

E – długość średnicy równikowej, equatorial diameter length (μm)

Testowane rośliny gorczycy i soi po traktowaniu ołowiem wykazywały redukcję wielkości kwiatów i kwiatostanów przy najwyższych dawkach $PbCl_2$. U gorczycy toksykant wywoływał zmniejszenie długości osi głównej kwiatostanu i płatków korony, zaś w kwiatach soi istotne były tylko różnice dotyczące wielkości żągielka. Znalezione niewiele prac na temat zmian w kwiatach wywołanych toksycznością ołowiu. Oprócz ogólnych informacji, znajdowały się też doniesienia, że odchylenia te są niewielkie z powodu translokacji bardzo małych ilości Pb do części nadziemnych (Michalak i Wierzbicka, 1993, 1997). Płatki korony roślin *Papaver macrostomum* występujących na glebach zanieczyszczonych Pb i Zn wykazywały zmianę pokroju na skutek wytworzenia wielokrotnych wcięć (Małaszczka, 1960 cyt. za Szkolnikiem, 1980).

W pracy nie stwierdzono zmian w wielkości ziaren pyłku gorczycy po traktowaniu roślin ołowiem. Natomiast u soi sporomorfy różniły się długością osi biegunowej i średnicą równikową w porównaniu z kontrolą. Uzyskane wyniki mogą wskazywać większą wrażliwość soi niż gorczycy na oddziaływanie Pb. Z innych badań wynika, iż metale ciężkie mogą wywoływać zmiany morfologiczne ziarn pyłku. Według Weryszko-Chmielewskiej i wsp. (1991) przy dużych dawkach cynku występowały wyraźne deformacje ziarn pyłku grochu.

WNIOSKI

1. Wpływ ołowiu zaznaczył się w redukcji długości kwiatostanów gorczycy. Badane rośliny przy najwyższej dawce $750 \text{ mg PbCl}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ nie wytwarzały odgałęzień bocznych.
2. Średnica kwiatów i wielkość płatków korony gorczycy uległa istotnemu zmniejszeniu w porównaniu z kontrolą, natomiast u soi zmiany dotyczyły rozmiarów tylko największego płatka – żagielka.
3. Nie stwierdzono różnic w wielkości ziarn pyłku gorczycy, zaś ziarna pyłku soi wykazały skrócenie długości osi biegunowej przy stężeniu $500 \text{ mg PbCl}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ i średnicy równikowej w obecności $750 \text{ mg PbCl}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$.

PIŚMIENNICTWO

- Burzyński M., 1993. Wpływ kadmu i ołowiu na aktywność kwaśnych fosfataz w siewkach ogórka i pomidora. Acta Univer. Wratisl. Prace Bot., 46: 43-49.
- Iwanami Y., Sasakuma T., Yamada Y. 1988. Pollen: Illustrations and Scanning Electronmicrographs. Kodansha Tokyo, Springer Verlag.
- Jasiewicz Cz., 1996. Wpływ ołowiu na plon i skład chemiczny pietruszki. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 434: 789-792.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Konopacka Z., Pohorecka K., Syrocka K., Chaber J., 1993. Zawartość kadmu, ołowiu, azotanów i azotynów w obnóżach pyłkowych pochodzących z różnych miejsc w okolicach Puław. Pszczel. Zesz. Nauk, 37: 181-187.
- Lipińska J., Zalewski W., 1989. Zawartość w produktach pszczelich mikroelementów oraz pierwiastków szkodliwych dla zdrowia człowieka. Pszczel. Zesz. Nauk., 33: 113-120.
- Michalak E., Wierzbička M., 1993. Różnica w tolerancji na ołów pomiędzy korzeniami przybyszowymi a korzeniami siewek *Allium cepa* L. Warsztaty z fizjologii i biochemii roślin. Streszczenia referatów i plakatów. Toruń 15-16.03.
- Michalak E., Wierzbička M., 1997. Accumulating heavy metals in the *Allium cepa* storage organ. International Scientific Meeting. Ecophysiological aspects of plant responses to stress factors. Kraków 12-14.06: 261-266.
- Szkolnik M., 1980. Mikroelementy w życiu roślin. PWRiL, Warszawa.
- Weryszko-Chmielewska E., Chwil M. 2000. Wpływ wzrastających stężeń ołowiu na wzrost i rozwój organów bobu (*Vicia faba* var. Major Harz.). Bibl. Fragm. Agron. 8: 281-287.
- Weryszko-Chmielewska E., Stpiczyńska M., Michońska M., 1991. Morphological anomalies in pea (*Pisum sativum* L. cv. Hamil.) pollen grains under high doses of zinc. Acta Soc. Bot. Pol., 60, 3-4: 259-272.
- Wierzbička M. 1987. Lead accumulation and its translocation barriers in roots of *Allium cepa* L.- autoradiographic and ultrastructural studies. Plant Cell Environ. 10: 17-26
- Wierzbička M., Panufnik D. 1998. The adaptation of *Silene vulgaris* to growth on a calamine waste heap (S. Poland). Environm. Pollut. 101: 415-426.

Zheljaskov V., Zheljaskova E., Pank F., 1996. Uptake and distribution of Cd, Mn, Cu and Fe in three cultivars from *Salvia sclarea* L. grown on polluted soils. International symposium. Breeding research on medicinal and aromatic plants, Quedlinburg, Germany. 30 June 4 July. Beitrage zur Zuchtungsforchung Bundesanstalt fur Zuchtungsforchung an Kulturpflanzen, 2, 1; 210-213.

SUMMARY

Lead influence was manifested as the reduction of flower number and inflorescence shortening in white mustard that did not form the side branches due to high $PbCl_2$ rates. Flower diameter and petal size significantly decreased as compared to the control for white mustard; for soybean the changes were associated only with the size of the largest petal - vexillum. No variations regarding white mustard pollen grain size were found. Significant shortening of polar axis and equatorial diameter length of soybean pollen grain was observed.

nadmierny cynk

1. Wzrostek białej chrząstki (*Brassica alba* L.) podlegał działaniu Zm. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Rosły wykazywały różnicowanie się w zależności od stężenia cynku w glebie. Wzrostek białej chrząstki (*Brassica alba* L.) podlegał działaniu Zm. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Arabidopsis thaliana w organach nadziemnych i podziemnych. Wzrostek białej chrząstki (*Brassica alba* L.) podlegał działaniu Zm. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401,