

<sup>1</sup>Katedra Chemii środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
 Plac Łódzki 4, 10-718 Olsztyn, Poland  
<sup>2</sup>Katedra Mikrobiologii

Mirosław Wyszkowski<sup>1</sup>, Jadwiga Wyszowska<sup>2</sup>

Skład chemiczny rzepaku jarego i gorczycy białej a aktywność enzymatyczna gleby zanieczyszczonej Treflanem 480 EC

Chemical composition of spring rape and white mustard and the enzymatic activity of soil contaminated with Treflan 480 EC

**ABSTRACT.** The aim of the study was to determine the effect of soil contamination with Treflan 480 EC on the content of macroelements in spring rape and white mustard and the relations between the accumulation of macroelements and the soil enzymatic activity. Soil contamination with Treflan 480 EC in doses from 1.5 to 12 mm<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> of soil modified the chemical composition of spring rape and white mustard. Increasing doses of this herbicide caused a significant increase in the content of the examined macroelements in white mustard and spring rape. The application of Treflan 480 EC caused considerably greater changes in the content of macroelements in white mustard than in spring rape. The application of this herbicide had a particularly great effect on the increase in the content of nitrogen, sodium and magnesium in the above-ground parts of white mustard. In the soil contaminated with Treflan 480 EC, the content of nitrogen was correlated with the activity of urease and the content of phosphorus was correlated with the activity of acid and alkaline phosphatase. These correlations were negative for spring rape, while for white mustard they were generally positive.

**KEY WORDS:** spring rape, white mustard, macroelements content, soil enzymatic activity

Działanie producent w rolnictwie do pozyskania jak najwyższych plonów zmusza ich do stosowania odpowiednio wysokiego nawożenia i chemicznych środków ochrony roślin do zwalczania szkodników i chwastów. Jednak nie cała ilość zastosowanego środka chemicznego trafia bezpośrednio na insekty czy też zwalczane chwasty. Część dostaje się do gleby, gdzie może pozostać przez długi

okres i ulega skomplikowanym przemianom biochemicznym i fizykochemicznym, prowadzącym do ich rozkładu [Griffiths i in. 2001; Johnsen i in. 2001]. Substancja czynna pestycydu może być w glebie sorbowana, przemieszczana w głąb profilu, zmywana do warstwy gruntowych i powierzchniowych oraz pobierana przez rośliny uprawne i chwasty [Sadowski i in. 2001]. Wiąże się to z oddziaływaniem pestycydów na życie gleby, co może wpływać na dostępność podstawowych składników pokarmowych dla roślin i w konsekwencji na ich gospodarkę mineralną [Wyszkowska 2002a]. O ich wpływie na życie biologiczne gleby i rosnące na niej rośliny decyduje intensywność i dynamika procesu rozkładu substancji czynnej w glebie, co wiąże się także z działaniem ci drobnoustrojów [Sadowski i in. 2001]. Dużą rolę odgrywają czynniki rodowiskowe i agrotechniczne, takie jak: temperatura, pH, wilgotność, rodzaj gleby, skład mechaniczny, zawartość substancji organicznej czy nawożenie. Zaburzenia pobierania składników pokarmowych nie są obojętne dla równowagi jonowej roślin, co zazwyczaj ma związek z obniżeniem jakości, niekorzystnym w przypadku przeznaczenia ich części użytkowych na pasz lub do wytwarzania żywności [Digark i Ozcelik 1998; Braschi i in. 2000; Wyszkowska 2002a].

Stąd ostatecznie powodem do przeprowadzenia badań mających na celu określenie wpływu wysokich dawek Treflanu 480 EC na zawartość makroelementów w rzepaku jarym i gorzycy białej. Podjęto także próby uchwycenia relacji między makroelementami w testowanych roślinach a aktywnością enzymatyczną gleby.

#### METODY

W doświadczeniach przeprowadzonych w hali wegetacyjnej UWM w Olsztynie uprawiano rzepak jary odmiany Lisonne i gorzycę białą odmiany Nakieliska. Badania prowadzono w pięciu powtórzeniach w wazonach polietylenowych. Wazony wypełniono 3,4 kg gleby brunatnej wyługowanej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego pylastego, o następujących właściwościach: pH w 1 mol KCl 5,8; Hh 13,5 mmol (H<sup>+</sup>) kg<sup>-1</sup> gleby, C<sub>org</sub> 6,0 g kg<sup>-1</sup>, suma zasad wymiennych (S) 38,0 mmol (+) kg<sup>-1</sup>; pojemność kompleksyjnego (T) 51,5 mmol (+) kg<sup>-1</sup>; wysycenie gleb zasadami (V) 73,8%. Glebę w czasie zakładania do wiadczenia wymieszano z Treflanem 480 EC (0; 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 9,0 i 12,0 mm<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> gleby) i nawozami mineralnymi. Substancją aktywną Treflanu 480 EC jest trifluralina, należąca do grupy toluidyn, pochodnych aniliny (nazwa chemiczna Cc1ccc(cc1)C(F)(F)F, -trifluoro-2,6-dinitro-N-N-dipropylotoluidyna), zaliczana do V klasy toksyczności. Treflan 480 EC wprowadzono do gleby w postaci emulsji wodnej, przygotowanej z preparatu handlowego. We wszyst-

kich obiektach do wiadczenia zaaplikowano jednakowe dawki makro- i mikroelementów w następujących ilościach w  $\text{mg kg}^{-1}$  gleby: N 120  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , P 100  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , K 150  $\text{K}_2\text{HPO}_4 + \text{KCl}$ , Mg 50  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , Zn 5  $\text{ZnCl}_2$ , Cu 5  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , Mn 5  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , Mo 5  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  i B 0,33  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Obsada roślin w każdym wazonie wynosiła: 7 roślin rzepaku jarego i 7 roślin gorczycy białej. Zbiór rzepaku jarego wykonano po uprawie 40 dni, a gorczycy białej po 35 dniach w fazie kwitnienia. W czasie wegetacji roślin utrzymywano stałą wilgotność gleby na poziomie 60% kapilarnej pojemności wodnej.

Próbę do analiz laboratoryjnych pobrano w trakcie zbioru roślin, następnie je rozdrobniono, wysuszono i zmielono. W próbkach roślin oznaczono zawartość: azotu – metodą Kjeldahla, fosforu – metodą wanadowo-molibdenową, potasu, wapnia i sodu – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej (ESA) oraz magnezu – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). W glebie oznaczono również aktywność ureazy (Ure) według Alef i Nannipieri [1998] oraz fosfatazy kwaśnej (Pac) i alkalicznej (Pal) według metody opisanej przez Alef i in. [1998]. Wyniki tych badań wykorzystano do określenia zależności zawartości makroelementów w roślinach a aktywności enzymatycznej gleby. Do opracowania statystycznego wyniku zastosowano analizę wariancji, wykonując ją pakietem Statistica 6 [StatSoft, Inc, 2003]. Obliczono także równania regresji i współczynniki determinacji między zawartością azotu a aktywnością ureazy oraz między zawartością fosforu a aktywnością fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej w obiektach zanieczyszczonych Treflanem 480 EC.

#### WYNIKI

Oddziaływanie pozostałości pestycydów na rośliny jest ściśle związane z rodzajem i właściwościami gleby, szybkością ich rozkładu oraz gatunkiem, a nawet odmianą rośliny. Pestycydy stosowane w warunkach polowych do ochrony roślin, w tym również Treflan 480 EC, zazwyczaj nie powodują istotnego zniszczenia zawartości makroelementów w roślinach [Rola, Kieloch 2001], jakkolwiek w warunkach braku konkurencji z chwastami rośliny uprawne mogą łatwiej i w większych ilościach pobierać poszczególne pierwiastki, co nie jest obojętne dla ich wzrostu i rozwoju oraz składu chemicznego. Stosowanie pestycydów w dawkach ekstremalnych na ogół ogranicza pobieranie i zawartość makro- i mikroelementów w roślinach [Wyszkowski 1996]. W wykonanych badaniach zanieczyszczenie gleby Treflanem 480 EC miało bardzo duży wpływ na kształtowanie się zawartości makropierwiastków w częściach nadziemnych roślin, w szczególności na nagromadzenie azotu, sodu i wapnia głównie w gorczycy białej (tab. 1). Średnia zawartość sodu w częściach nadziemnych gorczycy

białej by zdecydowanie (o 25%), a azotu nieco (o 7%) wyższą niż w rzepaku jarego. Pod wpływem wzrastających dawek tego herbicydu występowały i wysoce istotny wzrost poziomu wymienionych makroelementów, a zwłaszcza azotu, zarówno w gorzycy białej, jak i rzepaku jarym. Po zastosowaniu Treflanu w dawce  $12 \text{ mm}^3 \text{ kg}^{-1}$  gleby zawartość azotu była trzykrotnie (w gorzycy białej) i dwukrotnie (w rzepaku jarym) wyższą niż w obiektach niezanieczyszczonych tym herbicydem. Zakres wzrostu poziomu sodu wynosi odpowiednio 205 i 94%, a magnezu 226% i 62%. Należy jednak nadmienić, że wartości te osiągnięto w przypadku gorzycy białej po zastosowaniu  $6 \text{ mm}^3$  Treflanu na  $\text{kg}$  gleby. Dalszy wzrost ilości tego herbicydu w glebie prowadzi do zmniejszenia stężeń sodu i magnezu w częściach nadziemnych tej rośliny.

Tabela 1. Wpływ Treflanu 480 EC na zawartość makroelementów w częściach nadziemnych rzepaku jarego i gorzycy białej,  $\text{g kg}^{-1}$  s.m.

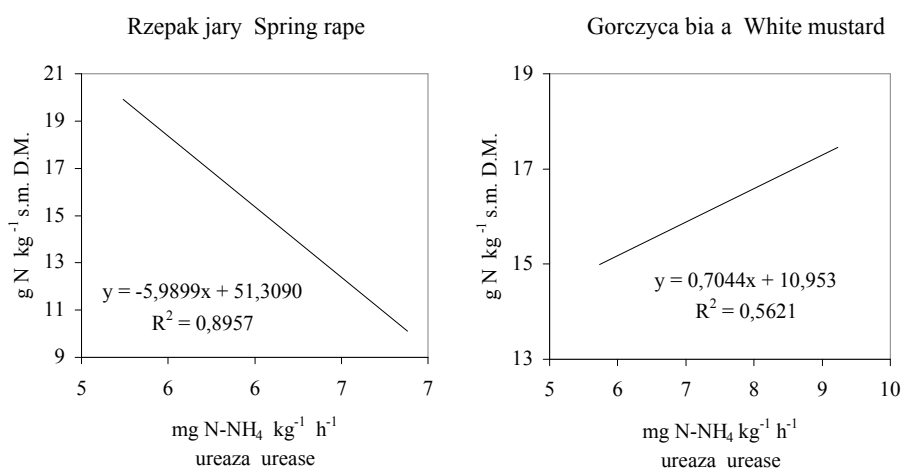
Table 1. Effect of Treflan 480 EC on macroelements content in above-ground parts of spring rape and white mustard,  $\text{g kg}^{-1}$  DM

Dawka Treflanu w $\text{mm}^3 \text{ kg}^{-1}$ gleby Treflan dose in $\text{mm}^3 \text{ kg}^{-1}$ of soil	Zawartość w $\text{g kg}^{-1}$ s.m. Content in $\text{g kg}^{-1}$ D.M.					
	N	P	K	Na	Ca	Mg
Rzepak jary Spring rape						
0	9,84	2,54	16,25	1,93	5,72	1,85
1,5	10,23	2,69	18,23	2,23	6,64	1,96
3,0	13,68	2,96	19,32	2,87	8,53	2,23
4,5	14,82	2,88	22,34	2,96	9,48	2,45
6,0	17,08	2,58	20,36	3,44	9,41	2,88
9,0	19,38	2,67	19,49	3,74	10,98	2,79
12,0	20,46	2,90	18,42	3,49	10,49	3,00
rednio Mean	15,07	2,75	19,20	2,95	8,75	2,45
NIR LSD	0,48	0,07	0,44	0,08	0,45	0,15
Gorzycyca biała White mustard						
0	6,96	2,20	15,50	1,54	4,70	1,14
1,5	7,20	3,29	23,32	2,36	5,57	1,53
3,0	15,88	3,03	20,21	4,31	9,38	2,67
4,5	18,89	2,78	19,13	4,50	9,52	3,12
6,0	21,51	2,47	18,23	4,69	9,69	3,72
9,0	20,44	2,14	17,77	4,53	8,81	3,50
12,0	21,78	3,00	18,81	3,94	7,90	2,80
rednio Mean	16,09	2,70	19,00	3,70	7,94	2,64
NIR LSD	0,59	0,06	0,50	0,10	0,42	0,17

średnia zawartość fosforu i potasu była w obydwu roślinach zbliżona, natomiast wapnia wyraźnie wyższą w częściach nadziemnych rzepaku jarego niż w gorzycy białej (tab. 1). Zastosowanie Treflanu 480 EC zazwyczaj sprzyjało

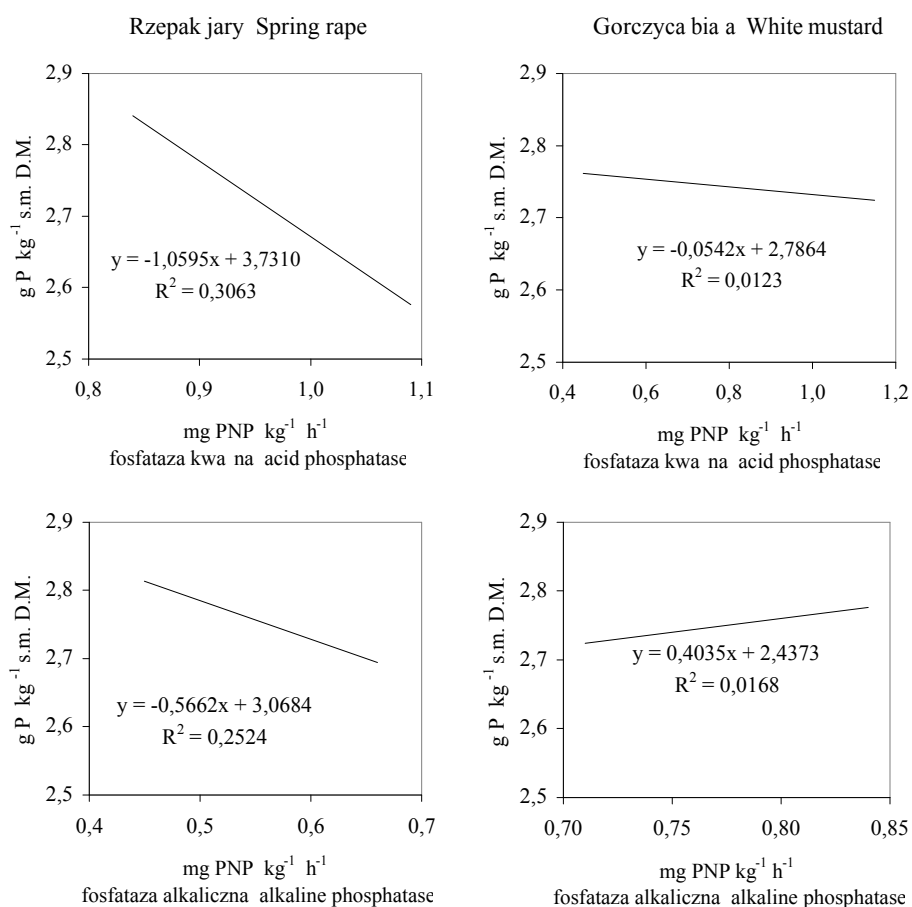
nagromadzeniu się tych makroelementów w roślinach. Największy wzrost ich zawartości występuje zwykle po zastosowaniu średnich dawek testowanego herbicydu, a wysokie jego stężenie w glebie wywołuje zmiany zmierzające w kierunku obniżenia nagromadzenia fosforu, potasu i wapnia. Były one szczególnie widoczne w przypadku wapnia, głównie w gorczycy białej. Średnie dawki Treflanu 480 EC ( $6 \text{ mm}^3 \text{ kg}^{-1}$ ) spowodowały istotny, ponaddwukrotny, wzrost zawartości tego makroelementu w częściach nadziemnych gorczycy białej. Stymulacja nagromadzenia wapnia w rzepaku jarym była nieco mniejsza niż w gorczycy białej i przebiegała do dawki  $6 \text{ mm}^3 \text{ kg}^{-1}$  gleby.

Zanieczyszczenie gleby Treflanem 480 EC modyfikowało nie tylko zawartość podstawowych makroelementów w roślinach, ale także nie pozostawiało bez wpływu na życie gleby, mierzone aktywności ureazy oraz fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej. Z dotychczasowych badań wynika, że aktywność tych enzymów była ujemnie skorelowana z dawką testowanego herbicydu [Wyszowska 2002b]. W niniejszych badaniach zaobserwowano powiązanie między aktywnością tych enzymów a stężeniem herbicydu w glebie oraz zawartością makroelementów w rzepaku jarym i gorczycy białej. Na glebie zanieczyszczonej Treflanem 480 EC zawartość azotu w roślinach była skorelowana z aktywnością ureazy w glebie, a fosforu z aktywnością fosfatazy kwaśnej i alkalicznej (ryc. 1-2). W przypadku rzepaku jarego były to zależności ujemne, a dla gorczycy białej przeważyły relacje dodatnie.



Rycina 1. Relacje między zawartością azotu w rzepaku jarym i gorczycy białej a aktywnością ureazy w glebie w doświadczeniu z Treflanem 480 EC

Figure 1. Correlations between nitrogen content in spring rape and white mustard and urease activity in soil in Treflan 480 EC experiment



Rycina 2. Relacje między zawartością fosforu w rzepaku jarym i gorczycy białej a aktywności fosfataz glebowych w doświadczeniu z Treflanem 480 EC

Figure 2. Correlations between phosphorus content in spring rape and white mustard and phosphatases activity in soil in Treflan 480 EC experiment

Wyniki uzyskane w badaniach w asnych potwierdzają doświadczenia innych autorów, którzy wykazali wzrost pobrania niektórych makroelementów przez rośliny w obiektach z obecnością pestycydów. Przykładem mogą być badania Mazura i Smoczyńskiej [1982] oraz Kopała i in. [1987], w których stwierdzono wzrost zawartości fosforu i potasu w bulwach ziemniaka w wyniku oddziaływania innych pestycydów. Decydując jednak, jak się wydaje, rolę odgrywa rodzaj substancji czynnej pestycydu i szybkość jej rozkładu w glebie [Anderson i in. 1994; Heydari i in. 1997]. Pestycydy przebywające przez krótki okres w glebie na ogólnie wywołują niewielkie zmiany w zawartości makroelementów

kwadratowych liniach, co potwierdzają wcześniejsze badania Wyszkwoskiego [1996], który nie stwierdził wyraźnych zmian w zawartości fosforu, magnezu i wapnia oraz tylko tendencję do zmniejszenia nagromadzenia potasu w bulwach ziemniaka. Niebagatelny wpływ na pobieranie makroelementów przez rośliny ma działanie drobnoustrojów w glebowych, wyrażająca się aktywnością enzymatyczną [Anderson i in. 1994; Heydari i in. 1997], wiązaniem azotu lub zmniejszeniem zawartości dostępnych dla roślin form pierwiastków w roztworze glebowym (zależnym od rodzaju drobnoustrojów i ich liczebności). Aktywność enzymatyczna gleby jest uzależniona także od obecności w niej herbicydów [Nowak 1983; Domsch 1984; Furczak, Kocińska 1997; Wyszkwoska 2002a], zwłaszcza występujących w ilościach ekstremalnych, co zwykle skutkuje jej zmniejszeniem w obiektach silnie zanieczyszczonych. Znalazło to potwierdzenie w badaniach w asnych, w których zazwyczaj dodatnia zależność między aktywnością ureazy a zawartością azotu oraz między aktywnością fosfataz w glebie a zawartością fosforu była zakłócona przez wysokie dawki Treflanu 480 EC. W rezultacie zaobserwowano ujemną korelację między aktywnością ureazy a zawartością azotu i fosforu oraz aktywnością fosfataz a zawartością fosforu w rzepaku jarym. Wiadczą o tym również badania innych autorów, którzy w obiektach zanieczyszczonych pestycydami stwierdzili zmniejszenie aktywności ureazy [Nowak 1983; Wyszkwoska 2002b] lub fosfatazy kwaśnej i alkalicznej [Furczak, Kocińska 1997]. Należy jednak podkreślić, że pestycydy nie zawsze wpływają ujemnie na aktywność enzymatyczną gleby, w pewnych warunkach mogą ją nawet stymulować [Pietrzyk, Jabłońska 1987].

#### WNIOSKI

1. Zanieczyszczenie Treflanem 480 EC w ilości od 1,5 do 12 mm<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> gleby modyfikowało skład chemiczny rzepaku jarego i gorzycy białej.
2. Wzrastające dawki tego herbicydu spowodowały istotny wzrost zawartości badanych makroelementów w gorzycy białej i rzepaku jarym.
3. Aplikacja Treflanu 480 EC wywołała znacznie większe zmiany w zawartości makroelementów w gorzycy białej niż w rzepaku jarym. Pod wpływem tego herbicydu stwierdzono szczególnie duży wzrost zawartości azotu, sodu i magnezu w częściach nadziemnych gorzycy białej.
4. W glebie zanieczyszczonej Treflanem 480 EC zawartość azotu była skorelowana z aktywnością ureazy, a fosforu z aktywnością fosfatazy kwaśnej i alkalicznej. W przypadku rzepaku jarego było to zależność ujemna, a dla gorzycy białej przeważała relacja dodatnia.

## PI MIENICTWO

- Alef K., Nannipieri P. 1998. Urease activity. in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef K., Nannipieri P. (eds), Academic press. Harcourt Brace & Company, Publishers, London, 316-320.
- Alef K., Nannipieri P., Trazar-Cepeda C. 1998. Phosphatase activity. In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef K., Nannipieri P. (eds), Academic press. Harcourt Brace & Company, Publishers, London, 335-344.
- Anderson T.A., Kruger E.L., Coats J.R. 1994. Enhanced degradation of mixture of three herbicides in rhizosphere of a herbicide tolerant plant. *Chemosphere* 28, 8, 1551-1557.
- Braschi I., Pusino A., Gessa C., Bollag J.M. 2000. Degradation of primisulfuron by a combination of chemical and microbiological processes. *J. Agric. Food Chem.* 48, 2565-2571.
- Digark M., Ozcelik S. 1998. Effect of some pesticides on soil microorganisms. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60, 916-922.
- Domsch K.H. 1984. Effects of pesticides and heavy metals on biological processes in soil. *Plant and Soil.* 76, 367-378.
- Furczak J., Ko cielska D. 1997. Ocena ubocznego oddzia ywania fungicydu tetrakonazolu na grzyby saprofityczne oraz aktywno biochemiczn gleby piaszczystej i gliniastej. *Rocz. Gleb.* 48, 1/2, 49-58.
- Griffiths B.S., Ritz K., Wheatley R., Kuan H.L., Boag B., Christensen S., Ekelund F., Sorensen S. 2001. Response of sorption processes of MCPA to the amount and origin of organic matter in a long-term experiment. *Europ. J. Soil Sci.* 52, 279-286.
- Heydari A., Misaghi I.J., McCloskey W.B. 1997. Effects of three soil-applied herbicides on populations of plant disease suppressing bacteria in the cotton rhizosphere. *Plant and Soil.* 195, 1, 75-81.
- Johnsen K., Jacobsen C. S., Torsvik V., Sorensen J. 2001. Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural a review. *Biol. Fertil. Soils* 33, 443-453.
- Kopak R., Byszewska-Wzorek A., Podowska J. 1987. Wp yw herbicyd w na wysoko i jako plon w ziemniak w. *Rocz. Nauk Rol. A*, 106, 4, 171-183.
- Mazur T., Smoczy ska A. 1982. Wp yw nawo enia mineralnego i herbicyd w na plon i sk ad chemiczny ro lin uprawianych w zmianowaniu 4-polowym. *Zesz. Nauk. AR-T Olszt., Rol.* 34, 173-185.
- Nowak A. 1983. Oddzia ywanie uboczne pestycyd w na mikroflor i niekt re wa ciwo ci biochemiczne gleby. *Post. Mikrobiol.* 22, 1, 95-107.
- Pietr S., Jab o ska B. 1987. The effect of action of herbicydes on some chemical parameters and the enzymatic activity of soils. *Polish J. Soil Sci.* 20, 17-23.
- Rola H., Kieloch R. 2001. Wp yw herbicyd w na plonowanie, zdrowotno i sk ad chemiczny nasion wybranych odmian ubinu bia ego i tego. *Biul. Nauk. UWM* 12, 47-55.
- Sadowski J., Kucharski M., Rola H. 2001. Pozosta o ci herbicyd w w rodowisku glebowo-wodnym. *Biul. Nauk. UWM* 12, 23-32.
- Wyszkowska J. 2002a. Microbiological properties of soil contaminated with the herbicide Treflan 480 EC. *Polish J. Natur. Sci.* 10, 1, 58-70.
- Wyszkowska J.: 2002b. Effect of soil contamination with Treflan 480 EC on biochemical properties of soil. *Polish J. Environ. Stud.* 11, 1, 71-77.
- Wyszkowski M. 1996. Wp yw nawo enia azotem i fungicyd w na zawarto sk adnik w mineralnych w bulwach ziemniaka. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., Agricult.* 63, 139-145.