

¹Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 4, 10-718 Olsztyn, Poland

²Katedra Mikrobiologii

Mirosław Wyszowski¹, Jadwiga Wyszowska²

Współzależność między zawartością makroelementów w jęczmieniu
jarym a aktywnością enzymatyczną gleby zanieczyszczonej
Chwastoxem Trio 540 SL i Granstarem 75 WG

Correlation between the content of macroelements in spring barley and the enzymatic activity
of soil contaminated with Chwastox Trio 540 SL and Granstar 75 WG

ABSTRACT. The aim of the study was to determine the effect of soil contamination with Chwastox Trio 540 SL and Granstar 75 WG (optimum and 5 and 10-fold greater than the recommended) on the content of macroelements in spring barley and the correlation between the macroelement accumulation in the plants and soil enzymatic activity. The macroelements content in the above-ground parts of spring barley was determined by the type, dose and method of application of Chwastox Trio 540 SL and Granstar 75 WG into the soil. Accumulation of nitrogen, potassium, sodium, calcium and magnesium in spring barley increased with increasing doses of Chwastox Trio 540 SL. High doses of Granstar 75 WG (5 and 10-fold greater than the recommended) caused an increase in the content of all macroelements in the experimental series with foliar application and a decrease in the concentration of nitrogen, sodium, calcium and magnesium was observed in the experimental series with its application to soil. In the Chwastox and Granstar contaminated soil, the activity of urease was correlated with the content of nitrogen in the plants and the activity of acid and alkaline phosphatase was correlated with the content of phosphorus in the above-ground parts of spring barley. The latter correlation was positive in the series with soil application and it was negative in the series with foliar application.

KEY WORDS: spring barley, macroelements content, soil enzymatic activity

Intensywna produkcja rolnicza wiąże się ze stosowaniem racjonalnego nawożenia oraz z prawidłową ochroną przed chwastami i szkodnikami. Są one niezbędne do uzyskania wysokiego plonu roślin o pożądanych cechach jakości-

wych. Wśród chemicznych środków stosowanych w rolnictwie przeważają herbicydy i insektycydy ze względu na olbrzymie znaczenie zwalczania chwastów i szkodników w tworzeniu się i wykształcaniu plonów roślin o odpowiedniej wielkości. Nie jest to niestety obojętne dla otaczającego środowiska, w którym nagromadza się coraz większa ilość ksenobiotyków [Węgorek 1994; Griffiths i in. 2001; Johnsen i in. 2001]. Zalegają one zwykle w środowisku przez dość długi czas, powodując powolną degradację ekosystemów w wyniku oddziaływania na życie biologiczne gleby i jakość uzyskiwanych produktów rolniczych. Niekorzystny wpływ środków ochrony roślin na liczebność drobnoustrojów i aktywność enzymatyczną gleby znajduje odbicie w ilości dostępnych dla roślin form pierwiastków w roztworze glebowym i pobieranie ich przez rośliny, co wiąże się następnie z kształtowaniem wielkości i jakości ich plonu [Digark, Ozcelik 1998; Klimach, Wieczorek 1998; Braschi i in. 2000; Rola, Kieloch 2001; Wyszowska 2002a; Wyszowska 2002b].

Mając to na uwadze, przeprowadzono doświadczenia, których celem było określenie wpływu wysokich dawek Chwastoxu Trio 540SL i Granstaru 75 WG na zawartość makroelementów w jęczmieniu jarym i relacji między nimi a aktywnością enzymatyczną gleby.

METODY

Badania przeprowadzono w hali wegetacyjnej UW-M w Olsztynie w wazonach plastikowych, stosując dla każdej kombinacji pięć powtórzeń. W doświadczeniu uprawiano jęczmień jary odmiany Start. Wazony wypełniono 5,4 kg gleby lekko kwaśnej (pH w 1 mol KCl – 6,3) o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba cechowała się następującymi parametrami: kwasowość hydrolityczna (Hh) – 12,85 mmol H⁺ kg⁻¹ gleby; C_{org} – 5,80 g kg⁻¹; suma zasad wymiennych (S) – 55,53 mmol (+) kg⁻¹; pojemność kompleksu sorpcyjnego (T) – 68,38 mmol (+) kg⁻¹; stopień wysycenia zasadami (V) – 81,21%. Glebę przed założeniem doświadczenia zwapnowano do 1 kwasowości hydrolitycznej i wymieszano z nawozami mineralnymi oraz w odpowiednich obiektach z Chwastoxem Trio 540 SL lub z Granstarem 75 WG. Obydwa herbicydy stosowano doglebowo i dolistnie w postaci emulsji wodnej. Najniższe dawki herbicydów były dawkami optymalnymi (według zaleceń producenta), a kolejne – 5 i 10-krotnie wyższymi. Dawki optymalne były następujące: Chwastox Trio 540 SL – 0,5 mm³ kg⁻¹, Granstar 75 WG – 6,7 µg kg⁻¹ gleby. Substancją biologicznie czynną Chwastoxu Trio 540 SL jest: mekoprop – 300 g, MCPA (związki z grupy fenoksy kwasów) w formie soli potasowych – 200 g oraz dikamba (związek z grupy pochodnych kwasu benzoowego) w postaci soli pota-

sowej – 40 g, natomiast Granstaru 75 WG: 75% tribenuron metylu. Dodatkowo we wszystkich kombinacjach glebę wymieszano z makro- i mikroskładnikami w jednakowych dawkach, wynoszących w mg kg^{-1} gleby: N – 120 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; P – 50 KH_2PO_4 ; K – 120 $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$, Mg – 40 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Zn – 5 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 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, B – 0,33 H_3BO_3 . Po wschodach roślin w każdym wazonie pozostawiono 18 roślin jęczmienia jarego. W trakcie wegetacji roślin utrzymywano stałą wilgotność gleby na poziomie 60% kapilarnej pojemności wodnej. Po upływie 50 dni jęczmień jary zebrano w fazie kłoszenia.

W czasie zbioru pobrano próbki materiału roślinnego do analiz, które następnie rozdrobniono, wysuszono i zmielono. W tak przygotowanych próbach wykonano oznaczenie zawartości 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 także aktywność ureazy (Ure) według Alef i Nannipieri [1998] oraz fosfatazy kwaśnej (Pac) i alkalicznej (Pal) według Alef i in. [1998]. Wyniki tych badań posłużyły do określenia zależności między zawartością makroelementów w roślinach a aktywnością enzymatyczną gleby. Opracowanie statystyczne wyników badań wykonano z wykorzystaniem analizy wariancji [StatSoft, Inc, 2003]. Ponadto obliczono 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 Chwastoxem Trio 540 SL i Granstarem 75 WG.

WYNIKI

Wyniki badań dotyczących stanu zanieczyszczenia środowiska pozostałościami pestycydów wskazują na incydentalny charakter występowania przekroczeń dopuszczalnych poziomów dla tych ksenobiotyków w glebach i roślinach Polski. Dają one jednak powód do funkcjonowania w opinii publicznej negatywnych opinii o chemicznych środkach ochrony roślin [Sadowski i in. 2001]. Jeżeli ich zawartość w środowisku glebowym jest wysoka, może w konsekwencji oddziaływać na skład chemiczny roślin, powodując zaburzenia w prawidłowym pobieraniu niezbędnych do właściwego wzrostu i rozwoju makroelementów. Znalazło to potwierdzenie w badaniach własnych, w których zawartość makropierwiastków w roślinach była uzależniona zarówno od dawki rodzaju herbicydu, jak i sposobu aplikacji (tab. 1–2).

Średnia zawartość azotu w masie nadziemnej jęczmienia jarego w obiektach z Granstarem 75 WG była niższa niż w wazonach z Chwastoxem Trio 540 SL,

Tabela 1. Wpływ Chwastoxu Trio 540 SL i Granstaru 75 WG na zawartość azotu (N), fosforu (P) i potasu (K) w częściach nadziemnych jęczmienia jarego, g kg⁻¹ s.m.Table 1. Effect of Chwastox Trio 540 SL and Granstar 75 WG on content of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in above-ground parts of spring barley, g kg⁻¹ D.M.

Dawka herbicydu w mm ³ kg ⁻¹ gleby Herbicide dose in mm ³ kg ⁻¹ of soil	N		P		K	
	sposób stosowania herbicydu herbicide application method					
	g	l	g	l	g	l
Chwastox Trio 540 SL						
0	7,98	7,93	2,96	2,97	24,17	27,33
optymalna	8,22	8,02	2,79	2,83	24,81	26,01
5-krotnie wyższa	9,25	10,62	2,76	3,17	26,15	30,26
10-krotnie wyższa	9,77	9,58	3,00	2,98	27,51	29,74
Średnio Mean	8,80	9,04	2,88	2,99	25,66	28,33
	8,92		2,94		27,00	
NIR LSDa	ni ns		0,08		0,66	
b	1,98		0,11		0,86	
a × b	ni ns		0,15		1,21	
Granstar 75 WG						
0	8,01	7,02	2,88	2,79	25,98	25,61
optymalna	7,36	8,32	2,80	3,00	26,41	27,00
5-krotnie wyższa	7,02	8,49	2,85	3,21	26,56	27,74
10-krotnie wyższa	6,15	8,67	2,78	3,13	23,02	27,86
Średnio Mean	7,13	8,38	2,83	3,03	25,49	27,05
	7,76		2,93		26,27	
NIR LSDa	0,64		0,09		0,88	
b	0,86		0,12		1,13	
a × b	ni ns		0,17		1,61	

g – doglebowo to soil, l – dolistnie foliar, a – sposób stosowania herbicydu herbicide application method, b – dawka herbicydu herbicide dose

a w serii doglebowej niższa niż w dolistnej (tab. 1). Wzrastające dawki Chwastoxu Trio 540 SL spowodowały we wszystkich badanych obiektach zwiększenie zawartości azotu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego. Wpływ ten był większy w serii z dolistnym niż z doglebowym stosowaniem tego herbicydu. Był on największy w obiektach, w których zaaplikowano dolistnie w najwyższej dawce (10-krotnie wyższej od optymalnej) oraz doglebowo w średniej dawce Chwastox Trio 540 SL (5-krotnie wyższej od optymalnej) i wynosił odpowiednio 22% i 34%. Wpływ Granstaru na nagromadzenie azotu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego był zupełnie inny niż Chwastoxu. W pierwszej serii badań, w której stosowano Granstar doglebowo, odnotowano zmniejszenie, a w obiektach z dolistnym stosowaniem tego herbicydu zwiększenie zawartości azotu o 24%.

Stosowanie różnych dawek Chwastoxu, zarówno doglebowo jak i dolistnie, nie miało jednoznacznego wpływu na zawartość fosforu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego (tab. 1). Wzrastające dawki tego herbicydu wywoływały zwiększenie zawartości potasu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego, szczególnie w serii z doglebowym stosowaniem Chwastoxu. Wniesienie Granstaru do gleby nie spowodowało istotnych zmian w zawartości fosforu i potasu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego, natomiast opryskiwanie dolistne wywołało niewielki, ale istotny wzrost zawartości obydwu makroelementów w porównaniu z obiektami kontrolnymi (bez Granstaru).

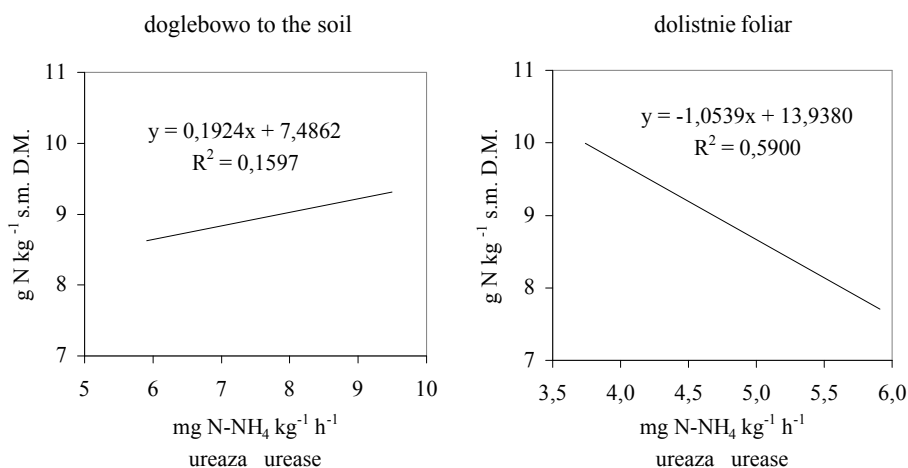
Sposób stosowania Chwastoxu i Granstaru miał stosunkowo niewielki wpływ na zawartość sodu, ale spowodował duże zmiany w nagromadzeniu wapnia i magnezu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego (tab. 2). Średnia zawartość wapnia w masie nadziemnej jęczmienia jarego była wyższa o 46%, a ma

Tabela 2. Wpływ Chwastoxu Trio 540 SL i Granstaru 75 WG na zawartość sodu (Na), wapnia (Ca) i magnezu (Mg) w częściach nadziemnych jęczmienia jarego, g kg⁻¹ s.m.
Table 2. Effect of Chwastox Trio 540 SL and Granstar 75 WG on content of sodium (Na), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in above-ground parts of spring barley, g kg⁻¹ D.M.

Dawka herbicydu w mm ³ kg ⁻¹ gleby Herbicide dose in mm ³ kg ⁻¹ of soil	Na		Ca		Mg	
	sposób stosowania herbicydu herbicide application method					
	g	l	g	l	g	l
Chwastox Trio 540 SL						
0	1,90	1,93	2,34	2,71	0,96	1,12
optymalna	1,86	1,90	2,83	2,84	1,02	1,14
5-krotnie wyższa	2,12	2,29	3,20	5,50	1,13	2,04
10-krotnie wyższa	2,29	2,40	3,38	6,15	1,28	2,21
Średnio Mean	2,04	2,13	2,94	4,30	1,10	1,63
	2,09		3,62		1,37	
NIR LSDa	0,05		0,19		0,04	
b	0,07		0,25		0,05	
a × b	0,10		0,35		0,07	
Granstar 75 WG						
0	1,99	1,95	2,77	2,96	1,01	1,12
optymalna	1,83	1,96	3,08	3,45	1,15	1,33
5-krotnie wyższa	1,80	2,19	2,90	3,45	1,11	1,46
10-krotnie wyższa	1,64	2,03	1,98	3,89	0,80	1,59
Średnio Mean	1,82	2,03	2,68	3,44	1,02	1,38
	1,93		3,06		1,20	
NIR LSDa	0,07		0,31		0,12	
b	0,09		0,35		0,16	
a × b	0,12		0,56		0,23	

g – doglebowo to soil, l – dolistnie foliar, a – sposób stosowania herbicydu herbicide application method, b – dawka herbicydu herbicide dose

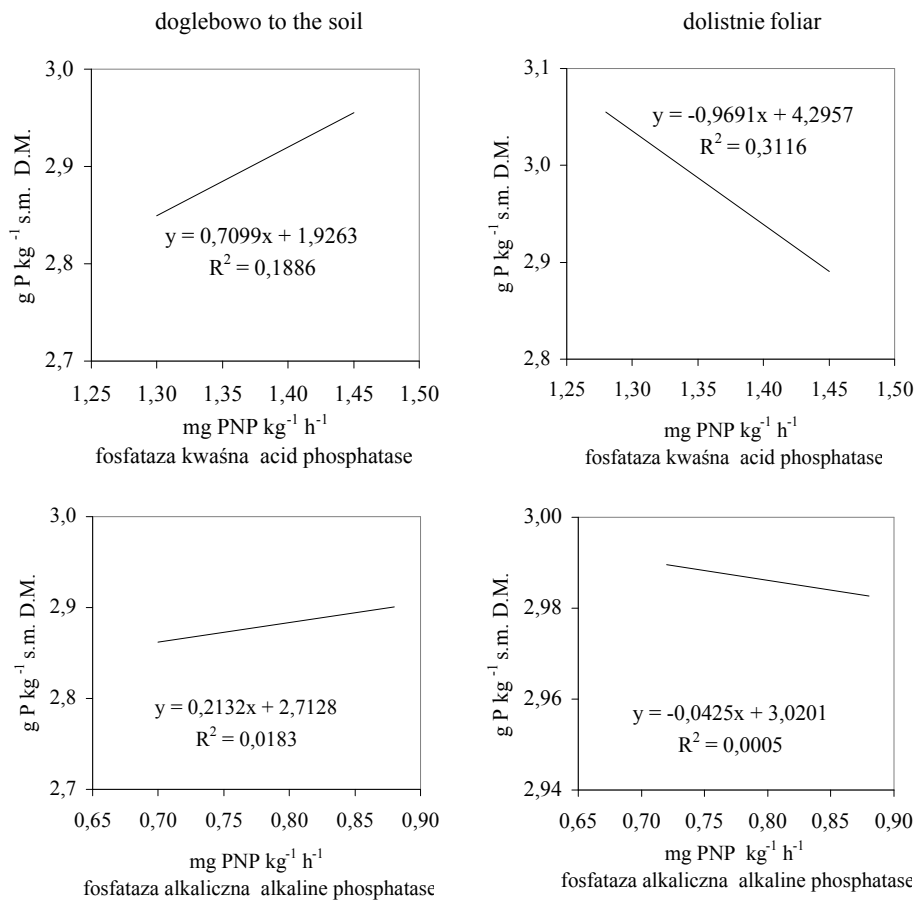
gnezu o 48% w serii z dolistną niż z doglebową aplikacją Chwastoxu. W przypadku Granstaru różnice te były znacznie mniejsze. Stosowanie różnych dawek herbicydu, zarówno doglebowo, jak i dolistnie, wpłynęło na zwiększenie zawartości sodu, wapnia i magnezu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego. Był on największy w obiektach z dawką Chwastoxu 10-krotnie wyższą od optymalnej. W przypadku sodu wynosił on 21% w serii doglebowej i 24% w obiektach, gdzie stosowano go dolistnie, dla wapnia odpowiednio – 44% i aż 127%, a dla magnezu – 33 i 97%. Wniesienie Granstaru do gleby spowodowało istotne zmniejszenie zawartości sodu, wapnia i magnezu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego, przy czym najmniejsza jego dawka działała w kierunku zwiększenia nagromadzenia Ca i Mg. W serii, w której zastosowano ten herbicyd dolistnie, odnotowano istotny wzrost zawartości wszystkich analizowanych makroelementów w porównaniu z obiektami kontrolnymi (bez Granstaru). Był on największy w przypadku wapnia i magnezu, dla których po zaaplikowaniu dawki 10-krotnie wyższej od optymalnej wynosił odpowiednio 31 i 42%.



Rycina 1. Relacje między zawartością azotu w jęczmieniu jarym a aktywnością ureazy w glebie serii z Chwastoxem Trio 540 SL

Figure 1. Correlations between the nitrogen content in spring barley and urease activity in soil, in Chwastox Trio 540 SL series

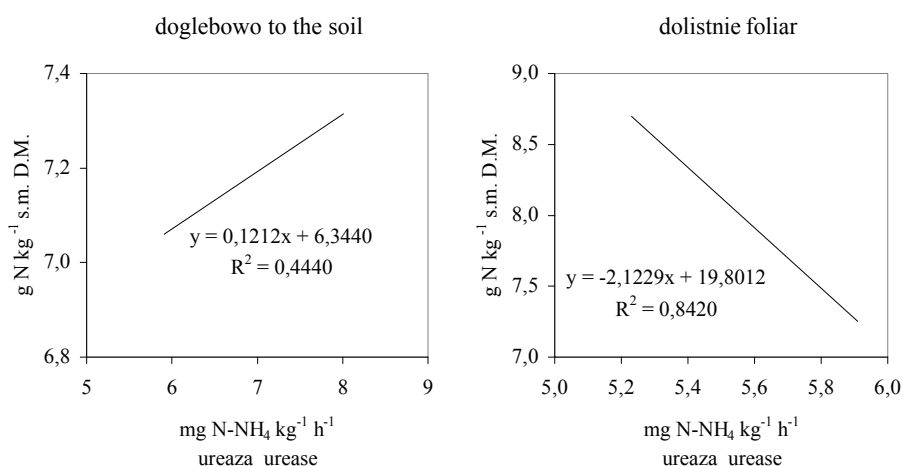
Zastosowanie Chwastoxu Trio 480 SL i Granstaru 75 WG, oprócz wpływu na zawartość makroelementów w roślinach, modyfikowało także właściwości biologiczne gleby, wyrażone aktywnością ureazy oraz fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej. Aktywność tych enzymów glebowych była istotnie niższa w obiektach z wysokimi dawkami testowanych herbicydów [Wyszkowska, Kucharski



Rycina 2. Relacje między zawartością fosforu w jęczmieniu jarym a aktywnością fosfataz glebowych w serii z Chwastoxem Trio 540 SL

Figure 2. Correlations between the phosphorus content in spring barley and phosphatases activity in soil, in Chwastox Trio 540 SL series

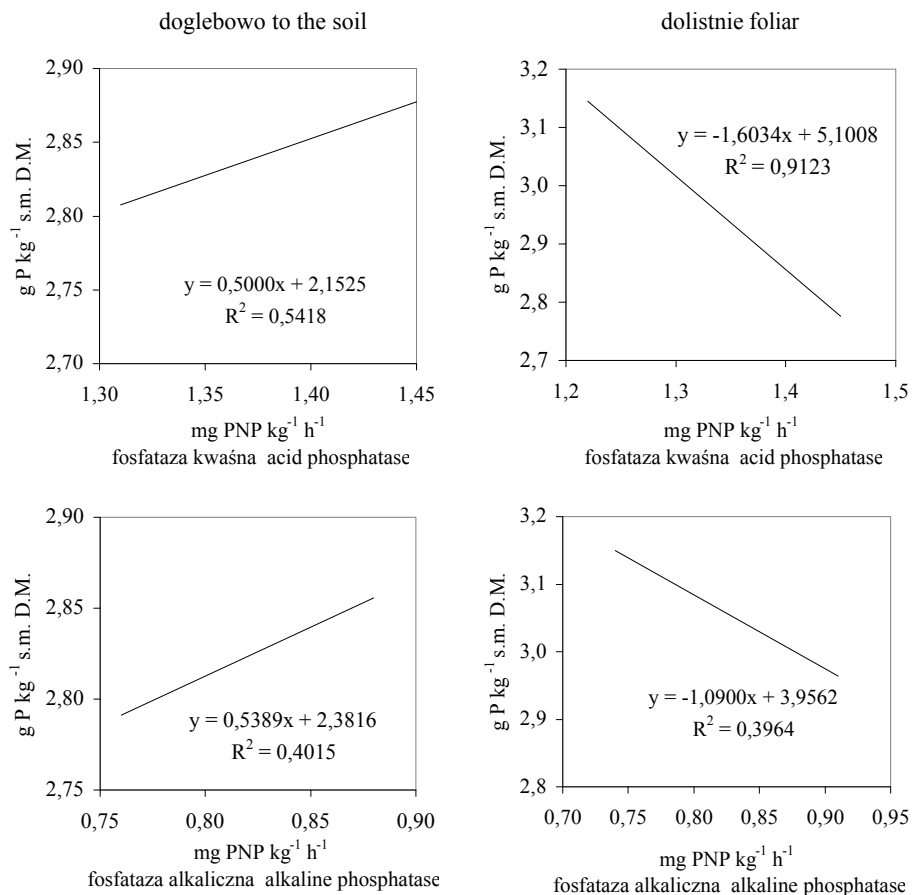
2004]. Badania własne wskazują na istnienie korelacji między aktywnością ureazy oraz fosfatazy kwaśnej i alkalicznej w glebie a zawartością makroelementów w jęczmieniu jarym. Zawartość makroelementów w jęczmieniu jarym była uzależniona od aktywności enzymatycznej gleby (ryc. 1–4). W obiektach zanieczyszczonych Chwastoxem Trio 480 SL i Granstarem 75 WG stosowanymi doglebowo aktywność ureazy była dodatnio skorelowana z zawartością azotu w roślinach, a fosfatazy kwaśnej i alkalicznej z zawartością fosforu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego. W serii z dolistnym stosowaniem obydwu herbicydów zaobserwowano zależności odwrotne.



Rycina 3. Relacje między zawartością azotu w jęczmieniu jarym a aktywnością ureazy w glebie serii z Granstarem 75 WG

Figure 3. Correlations between the nitrogen content in spring barley and urease activity in soil, in Granstar 75 WG series

Wpływ środków ochrony roślin na skład chemiczny roślin jest najczęściej zróżnicowany i silnie uzależniony nie tylko od gatunku rośliny, ale także, podobnie jak w badaniach własnych, od rodzaju zastosowanej substancji czynnej [Rola i Kieloch 2001]. Zanalizowało to potwierdzenie w badaniach prowadzonych przez Rotkiewicz i in. [2001], w których tylko w przypadku jednej odmiany rzepaku stwierdzono zmniejszenie zawartości fosforu. Także w badaniach własnych oddziaływanie herbicydów na zawartość fosforu w jęczmieniu jarym, w porównaniu z innymi makropierwiastkami, było najmniejsze. W doświadczeniu Roli i Kieloch [2001] po zastosowaniu różnych herbicydów nie wystąpiło istotne zróżnicowanie zawartości azotu, fosforu i potasu, jakkolwiek w przypadku fosforu przeważała tendencja do zmniejszenia jego nagromadzenia w łubinie białym i żółtym w obiektach z pestycydami. Wyszowski [1996] w badaniach z ziemniakiem odnotował obniżenie poziomu potasu i brak wpływu na zawartość fosforu, magnezu i wapnia. Odmienne wyniki, także w doświadczeniu z ziemniakiem, otrzymali Mazur i Smoczyńska [1982] oraz Kołpak i in. [1987], którzy pod wpływem opryskiwania go pestycydami zaobserwowali tendencję do zwiększania zawartości fosforu i potasu w bulwach tej rośliny, podobnie jak w badaniach własnych z jęczmieniem jarym. Wpływ herbicydów na aktywność enzymatyczną gleby jest uzależniony od ich dawki. Herbicydy stosowane zgodnie z zaleceniami, w dawkach optymalnych, zwykle nie oddziałują istotnie na liczebność drobnoustrojów i aktywność enzymatyczną gleby [Węgorzek 1994; Wyszowska 2002a; Wyszowska 2000b], ale gdy zgromadzą się w glebie w ilościach nadmiernych, mogą modyfikować liczebność drobnoustrojów gle-



Rycina 4. Relacje między zawartością fosforu w jęczmieniu jarym a aktywnością fosfataz glebowych w serii z Granstarem 75 WG

Figure 4. Correlations between the phosphorus content in spring barley and phosphatases activity in soil, in Granstar 75 WG series

bowych i aktywność enzymatyczną gleby [Furczak, Kościelska 1997; Wyszowska 2002a; Wyszowska 2002b; Wyszowska, Kucharski 2004], co nie może nie być skorelowane z dostępnością biopierwiastków i ich pobieraniem przez rośliny. Zostało to potwierdzone w badaniach własnych. Należy jednak nadmienić, że właściwości mikrobiologiczne i biochemiczne gleby są ściśle uzależnione od szybkości rozkładu herbicydów w glebie [Anderson i in. 1994; Kaszubiak i in. 1994; Pędziwiłk 1995; Heydari i in. 1997]. Wskazują na to wcześniej przeprowadzone badania Wyszowskiej i Kucharskiego [2004], w których Chwastox Trio 540 SL zakłócał równowagę biologiczną gleby nie tylko gdy aplikowano go w dużych dawkach (5 i 10-krotnie wyższych), ale i w dawce zalecanej dla praktyki rolniczej.

WNIOSKI

1. Zawartość makroelementów w częściach nadziemnych jęczmienia jarego była determinowana rodzajem, dawką i sposobem stosowania Chwastoxu Trio 540 SL i Granstaru 75 WG.

2. Pod wpływem wzrastających dawek Chwastoxu Trio 540 SL stwierdzono zwiększenie nagromadzenia azotu, potasu, sodu, wapnia i magnezu w jęczmieniu jarym. Większe zmiany w zawartości makroelementów w częściach nadziemnych jęczmienia jarego wystąpiły w wyniku dolistnego stosowania wyżej wymienionych herbicydów, w porównaniu do ich aplikacji do gleby.

3. Wysokie dawki Granstaru 75 WG (5 i 10-krotnie wyższe od zalecanych) wywołały wzrost zawartości wszystkich makroelementów w serii z dolistną oraz tendencje do zmniejszenia zawartości azotu, sodu, wapnia i magnezu w obiektach z jego doglebową aplikacją.

4. W glebie zanieczyszczonej Chwastoxem i Granstarem aktywność ureazy była skorelowana z zawartością azotu w roślinach, a fosfatazy kwaśnej i alkalicznej z zawartością fosforu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego, przy czym w serii doglebowej była to zależność dodatnia, a w dolistnej – ujemna.

PIŚMIENICTWO

- 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.
- Furczak J., Kościelska D. 1997. Ocena ubocznego oddziaływania fungicydu tetrakonazolu na grzyby saprofityczne oraz aktywność biochemiczną 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. Soil* 33, 443–453.
- Kaszubiak H., Muszyńska M., Durska G. 1994. Evaluation of microbial response to herbicides using various methods. *Polish J. Soil Sci.* 27, 2, 131–136.
- Klimach D., Wieczorek W. 1998. Ocena wpływu kilku środków ochrony roślin na wybrane organizmy glebowe. *Progress in Plant Protect.* 38, 2, 587–589.
- Kołpak R., Byszewska-Wzorek A., Płodowska J. 1987. Wpływ herbicydów na wysokość i jakość plonów ziemniaków. *Rocz. Nauk Rol. A*, 106, 4, 171–183.
- Mazur T., Smoczyńska A. 1982. Wpływ nawożenia mineralnego i herbicydów na plon i skład chemiczny roślin uprawianych w zmianowaniu 4-półowym. *Zesz. Nauk. AR-T Olszt., Rol.* 34, 173–185.
- Pędziwiłk Z. 1995. The numbers and the fungistatic activity of Actinomycetes in different soils supplemented with pesticides and organic substances. *Polish J. Soil Sci.* 28, 1, 45–52.
- Rola H., Kieloch R. 2001. Wpływ herbicydów na plonowanie, zdrowotność i skład chemiczny nasion wybranych odmian łubinu białego i żółtego. *Biul. Nauk. UW-M* 12, 47–55.
- Rotkiewicz D., Konopka I., Murawa D., Warmiński K. 2001. Wpływ wybranych kombinacji środków ochrony roślin na zawartość związków fosforu w nasionach i oleju rzepakowym. *Biul. Nauk. UW-M* 12, 391–397.
- Sadowski J., Kucharski M., Rola H. 2001. Pozostałości herbicydów w środowisku glebowo-wodnym. *Biul. Nauk. UW-M* 12, 23–32.
- Węgorek W. 1994. Badanie wpływu pestycydów na środowisko rolnicze. *Post. Nauk Rol.* 2, 59–64.
- 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. Number of cellulolytic, ammonifying, nitrogen immobilizing and Azotobacter sp. bacteria in soil contaminated with Treflan 480 EC. *Polish J. Natur. Sci.* 10, 1, 71–83.
- Wyszkowska J., Kucharski J. 2004. Biologiczne właściwości gleby zanieczyszczonej Chwastoxem Trio 540 SL. *Rocz. Gleb.* 50. (w druku)
- Wyszkowski M. 1996. Wpływ nawożenia azotem i fungicydów na zawartość składników mineralnych w bulwach ziemniaka. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., Agricult.* 63, 139–145.

