Wpływ ołowiu na wzrost i rozwój *Trifolium repens* L. (koniczyna biała) i *Phleum pratense* L. (tymotka łąkowa) w monokulturach i w uprawie mieszanej na glebie lekkiej o różnej kwasowości

MARIA WIDERA, KRZYSZTOF GEDIGA

Zakład Uprawy Roli, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa,
ul. Witosa 24, 55-250 Jelcz-Laskowice

M. W i d e r a, K. G e d i g a (Department of Tillage, Institute of Soil Science and Cultivation of Plants, Witosa 24, 55-250 Jelcz-Laskowice, Poland). Acta Agrobotanica 47 (1): 89-101, 1994. *The influence of lead on the growth Trifolium repens L. and Phleum pratense L. in the monocultures and plant mixture on light soil of different acidity.*

(Otrzymano dn. 1994.06.27)

A b s t r a c t

The purpose of the microplot experiment, on the light soil, was determination of concentration of lead at different pH, inhibiting growth of *Trifolium repens* L. and *Phleum pratense* L. at the monoculture and at the mixture of these two species. Four levels of the concentration of the lead applicated into the soil were. During vegetation season 1993, harvested 3 cuts of the green fodder. The biometrical analyse of the plants at the all 52 fields made before 1 cut of the green fodder. It was confirmed, that the both species had been growing better at the monocultures than at the mixture treatments. *Trifolium repens* L. plants had been growing better at the less acid soil and *Phleum pratense* L. plants – at the more acid soil. On more acid soil – *Trifolium repens* L. plants growth were strongly inhibited then on the less acid one.

WSTĘP

Gwałtowny rozwój uprzemysłowienia i motoryzacji spowodował w naszym kraju wzrost skażenia środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi, wśród których duże niebezpieczeństwo dla zdrowia ludzi i zwierząt stanowi ołów. Metal ten jest emitowany przez zakłady metalurgiczne w postaci różnych związków, jak również przez silniki spalinowe, pracujące na benzynie etylizowanej. Do organizmów zwierzęcych i człowieka przedostaje się poprzez układ oddechowy, a także z pokarmami skażonymi tym metalem.

Przykłady toksycznego działania ołowiu na zwierzęta i ludzi podają między innymi Hildebrand i in. (1972), White, Harvey (1972), Creason i in. (1976). Przypadki ostrych zatruc ołowiem zwierząt domowych są dość częste, przy czym najbardziej narażone na większe dawki tego metalu są przeżuwacze (Kabata-Pendias, Pendias, 1979).

Stąd coraz częściej zwraca się uwagę na zaniechanie sprzętu siana i wypasu zwierząt w rejonach, gdzie spodziewane jest większe stężenie tego metalu w powietrzu, glebie i roślinności. Do takich rejonów należą między innymi pasy wzdłuż dróg o wzmożonym ruchu motoryzacyjnym (Curyło, 1979). W celu uchronienia organizmów zwierzęcych przed zatrutowaniem paszą skażoną ołowiem, winno się dążyć do wprowadzenia wszelkich metod ograniczających pobierania tego metalu przez rośliny pastewne. Dotychczasowe badania wskazują, że wrażliwość roślin na ołów oraz tempo pobierania tego metalu, zależą w dużym stopniu od warunków glebowych i od gatunku rośliny. Człowiek poprzez różne zabiegi uprawowe i nawożenie może również wpływać na te procesy. Np. według Kabata-Pendias, Pendias (1979) wapnowanie oraz intensywne nawożenie fosforowe z dodatkiem siarki wpływa ograniczająco na pobieranie, a co za tym idzie – na zawartość ołowiu w roślinach. Brak jest natomiast badań, stwierdzających jednoznacznie, czy np. duża tolerancja określonych gatunków roślin na skażenie ołowiem idzie w parze ze zwiększoną kumulacją tego metalu w tkankach. Nie ma również szczegółowych informacji odnośnie wrażliwości różnych gatunków na różne stężenie ołowiu w środowisku oraz w jakich warunkach edaficznych i biotycznych szkodliwe działanie ołowiu na rośliny może zostać zniwelowane. Informacje takie mogą mieć duże znaczenie dla rolników i hodowców zwierząt, gdyż dzięki nim można by wprowadzać na tereny skażone ołowiem, uprawę takich gatunków roślin, które odznaczają się dużą wartością pastewną i dużą odpornością na skażenie środowiska ołowiem.

Chodzi mianowicie o to, by gatunki te produkowały dostateczną ilość biomasy, a równocześnie nie pobierały nadmiernych ilości ołowiu.

Celem niniejszej publikacji jest określenie stężenia ołowiu w glebie, działającego hamująco na wzrost i rozwój roślin *Phleum pratense* L. i *Trifolium repens* L. Gatunki te, jako dobre rośliny pastewne są stosowane na przemienne użytki zielone, zwłaszcza na glebach lekkich (Kosulich, 1982). W pracy wykazano hamujący wpływ ołowiu na wzrost testowanych roślin, na tle różnych wartości odczynu tej samej, pod względem granulometrycznym gleby.

METODYKA BADAŃ

Doświadczenie założono w roku 1993 w Zakładzie Uprawy Roli IUNG w Jelcz-Laskowicach, na glebie brunatnej o składzie granulometrycznym – piasek słabo gliniasty na piasku gliniastym mocnym. Wyznaczono 52 mikropoletka o powierzchni 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m). Schemat doświadczenia przedstawiono obok.

Schemat doświadczenia – Scheme experiment

Powtórzenie I Replication 1				Powtórzenie 2 Replication 2				Powtórzenie 3 Replication 3				Powtórzenie 4 Replication 4			
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

17	18
----	----

Trifolium repens L. – siew czysty (pure sowing)

I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

35	36
----	----

Trifolium repens L. 50 % + *Phleum pratense* L. 50 %

I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52

Dawka ołowiu w mg/kg s.m. gleby I – 0.33 II – 3.33
Load dose in mg/kg d.w. soil III – 6.67 IV – 13.33

Phleum pratense L. – siew czysty (pure sowing)

W roku poprzedzającym, tzn. 1992 uprawiano następujące rośliny: — na poletkach oznaczonych 1, 2, 17-20 i 35-38 – jęczmień jary; — na poletkach 3 do 16 – łubin; — na poletkach od 21 do 34 – słonecznik; na poletkach od 39 do 52 – kukurydzę. Na poletkach 1-16 wysiano nasiona *Trifolium repens* L. w monokulturze – 1g nasion na poletko. Na poletkach o numerach 17-36 wysiano mieszkankę *Phleum pratense* L. i *Trifolium repens* L. (po 0,5 g nasion każdego gatunku na jedno poletko). Poletka o numeracji 37-52 obsiano nasionami *Phleum pratense* L. w monokulturze, stosując 1g nasion tej trawy na jedno poletko. Zatem rośliny *Trifolium repens* L. (koniczyna biała) rosły po jęczmieniu na poletkach 1, 2, 17, 18, 19, 20, 35, 36 (łącznie 8 poletek), po łubinie – na poletkach od 3 do 16 (łącznie 14 poletek), a po słoneczniku na poletkach 21-34 (łącznie 14 poletek).

Rośliny *Phleum pratense* L. (tymotka łąkowa) rosły na poletkach 17-20 i 35-38 (łącznie 8 poletek) po jęczmieniu; na poletkach 21-34 (łącznie 14 poletek) po słoneczniku, a na poletkach od 39 do 52 po kukurydzy. Wysiew nasion *Trifolium repens* L. i *Phleum pratense* L. przeprowadzono 21.05.1993 r. Przed wysiewem nasion pobrano z każdego poletka glebę z warstwy 0-20 cm i oznaczono w niej odczyn gleby (pH w 1 N KCl) – potencjometrycznie. Przeprowadzono następnie jednolite nawożenie wszystkich poletek: – fosforem w ilości 80 kg P na 1 ha, tj. 2 g P na jedno poletko, w postaci superfosfatu potrójnego; – potasem, w ilości 60 kg K na 1 ha, tj. 1,5 g K na jedno poletko, w postaci soli potasowej. Nawożenie azotem zróżnicowano następująco: – pod rośliny *Trifolium repens* w monokulturze zastosowano 30 kg N na 1 ha, tj. 0,75 g N na 1 poletko, w postaci saletry amonowej; – pod rośliny *Phleum pratense* w monokulturze i pod mieszkankę *Phleum pratense* i *Trifolium repens* – 60 kg N na 1 ha, tj. 1,5 g N na 1 poletko, w postaci saletry amonowej. Nawozy rozpraszano w formie roztworu, którym równomiernie podlano każde poletko.

Równoległe z nawożeniem, skażono glebę ołowiem, w postaci azotanu ołowiu $Pb(NO_3)_2$, stosując następujące dawki: I – 100 mg Pb na 1 m², tj. 0,33 mg Pb na 1 kg gleby, II – 1000 mg na 1 m², tj. 3,33 mg Pb na 1 kg gleby, III – 2000 mg Pb na 1 m², tj. 6,67 mg Pb na 1 kg gleby, IV – 4000 mg na 1 m², tj. 13,33 mg Pb na 1 kg gleby. Dawki ołowiu wprowadzono do gleby w postaci roztworu, którym równomiernie podlewano poletka. Dzięki temu można było założyć, że ołów jednolicie nasycił powierzchniową warstwę gleby. Poletka o numerach 17, 18, 35 i 36 stanowiły kontrolę – bez skażenia ołowiem.

Doświadczenie prowadzono w 4 powtórzeniach. W czasie trwania doświadczenia przeprowadzono 3 pokosy zielonki (15.07, 25.08, 21.10). Określono biomasę, jako suchą masę obu gatunków roślin na każdym poletku. Rośliny rosnące w mieszance rozdzielono na gatunki i zważono. W mieszance określono także zagęszczenie, tj. liczbę roślin *Trifolium repens* na każdym poletku, oraz średnią masę 1 osobnika *Trifolium repens*. Bezpośrednio przed I pokosem wykonano analizę biometryczną roślin na każdym poletku, w której uwzględniono następujące cechy: długość ogonków liściowych roślin *Trifolium repens*, szerokość liścia 3-listkowego i pojedynczego roślin *Trifolium repens*, średnią długość i szerokość blaszek liściowych roślin *Phleum pratense*, średnią powierzchnię liścia roślin *Phleum pratense*.

Po I pokosie przeprowadzono nawożenie pogłówne azotem, w postaci saletry amonowej: — pod mieszankę *Trifolium repens* i *Phleum pratense* zastosowano 30 kg N na 1 ha, tj. 0,75 g N na 1 poletko; — pod rośliny *Phleum pratense* w monokulturze – 60 kg N na 1 ha, tj. 1,5 g N na 1 poletko. Po II pokosie przeprowadzono nawożenie pogłówne potasem wszystkich poletok, stosując 80 kg KCl na 1 ha, tj. 2 g KCl na 1 poletko. Nawożenie azotem w postaci saletry amonowej zróżnicowano następująco: – pod rośliny *Phleum pratense* w monokulturze zastosowano 1 g N na 1 poletko; – pod mieszankę *Phleum pratense* z *Trifolium repens* zastosowano 0,5 g N na 1 poletko.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji jednokierunkowej według modelu stałego I (E l a n d t, 1964) dla określenia istotności zróżnicowania badanych cech. Istotność tą określono testem F Snedecora przy poziomie prawdopodobieństwa 0,05 (S c h e f f é, 1959).

WYNIKI BADAŃ

Plonowanie *Trifolium repens* L. (koniczyna biała) i *Phleum pratense* L. (tymotka łąkowa) w monokulturach i w mieszance, na glebie o różnym odczynie i skażeniu ołowiem przedstawiono w tabeli 1. Najwyższe plony (biomasa wyrażona w g s.m. roślin z pow. 0,25 m²) *Trifolium repens* L. i *Phleum pratense* L. w monokulturach i w mieszance stwierdzono w II pokosie, a najniższe w III pokosie obu tych gatunków na obiektach monokulturowych. W mieszance biomasa roślin *Trifolium repens* L. z III pokosu była wyższa od biomasy tych roślin z I pokosu, a rośliny *Phleum pratense* L. wyprodukowały więcej biomasy na obiekcie w monokulturach jak i w mieszance. Gatunek *Trifolium repens* L. najlepiej plonuje w zakresie pH 5,6 -5,8, a *Phleum pratense* L. w zakresie pH 4,4-5,0.

Stresujący wpływ wzrastającego stężenia ołowiu na produkcję biomasy *Trifolium repens* uwidocznił się wyraźnie na obiektach, gdzie stosowano siew mieszany z *Phleum pratense*, o niskiej wartości odczynu (pH 4,4-5,0). Na obiektach tych wraz ze wzrostem stężenia ołowiu w glebie od 0,33 do 13,33 mg Pb w 1 kg gleby, zmniejszała się biomasa roślin *Trifolium repens* (tabela 1). Biomasa roślin *Phleum pratense* w monokulturach i w mieszance z *Trifolium repens* wzrastała wraz ze wzrostem stężenia ołowiu w glebie od 0,33 do 6,67 mg Pb w 1 kg gleby, zwłaszcza na obiektach o bardziej kwaśnej glebie (pH 4,0-5,0). Niższe plony biomasy roślin *Trifolium repens* i *Phleum pratense*, rosnących w mieszankach, w porównaniu z ich biomasa w monokulturach, wskazują na konkurencję o przestrzeń, wodę i sole mineralne między tymi dwoma gatunkami. Na większą zdolność konkurencyjną roślin *Trifolium repens* w stosunku do roślin *Phleum pratense*, w warunkach mniejszej kwasowości gleby (pH 5,4-6,0) i mniejszego skażenia ołowiem, wskazuje wyższa wartość biomasy roślin *Trifolium repens* na tych obiektach. Natomiast na obiektach o niskiej wartości odczynu gleby (pH 4,5-5,0), niezależnie od zastosowanych dawek ołowiu, większą biomasę tworzą rośliny *Phleum pratense*. Wskazuje to na ich większą

zdolność konkurencyjną od roślin *Trifolium repens* w tych warunkach (tabela 1). Pod koniec okresu wegetacyjnego 1993 r., zdolność konkurencyjna roślin *Trifolium repens* w stosunku do *Phleum pratense* znacznie wzrosła. Wskazują na to wyższe plony biomasy roślin *Trifolium repens* z III pokosu, w porównaniu z pokosem I oraz analogicznie – niższe plony roślin *Phleum pratense* (tabela 1).

Wyniki analizy biometrycznej populacji *Trifolium repens* i *Phleum pratense*, wysianych w mieszance na glebie o różnym odczynie i skażeniu ołowiem, przedstawiono w tabeli 2. Natomiast analizę biometryczną obu badanych gatunków, wysianych w monokulturach, podano w tabeli 3.

W siewie mieszanym znacznie większe zagęszczenie populacji *Trifolium repens* występowało na obiektach o glebie mniej kwaśnej (pH 5,4-6,0) niż na obiektach o glebie bardziej kwaśnej (pH 4,5-5,0). Wraz ze wzrostem stężenia ołowiu zmniejszało się zagęszczenie tych populacji na powierzchni 0,25 m²; przy dawce ołowiu równej 13,33 mg Pb, zagęszczenie populacji *Trifolium repens* było dwukrotnie mniejsze niż przy dawce 0,33 mg Pb w 1 kg gleby (tabela 2). Na obiektach o glebie mniej kwaśnej, zarówno w mieszance jak i w monokulturze, rośliny *Trifolium repens* były dorodniejsze niż na obiektach o glebie bardziej kwaśnej. Wyrazem tego była większa masa osobników *Trifolium repens*, dłuższe ogonki liściowe i większa średnica blaszek liściowych na glebie o pH 5,2-6,0 (tabela 2, 3). Hamujący wpływ wzrastającego stężenia ołowiu na wzrost roślin *Trifolium repens* uwidocznił się w monokulturze na obiektach, gdzie zastosowano dawkę ołowiu równą 6,67 mg Pb na 1 kg gleby. Natomiast w mieszance, efekt ten był wyraźny dopiero przy dawce równej 13,33 mg Pb w 1 kg gleby (tabela 2, 3). Porównując wzrost roślin *Trifolium repens* w monokulturze i mieszance stwierdzono, że w zakresie pH nieodpowiednim dla wzrostu i rozwoju roślin *Trifolium repens* (4,0-5,0), rośliny te w mieszance były na ogół drobniejsze, o mniejszej średnicy liści. Natomiast na obiektach z glebą o odczynie zbliżonym do obojętnego (pH 5,4-6,0), rośliny *Trifolium repens* w siewie mieszanym były zwykle dorodniejsze niż w monokulturze (tabela 2, 3). W siewie mieszanym z *Trifolium repens*, rośliny *Phleum pratense* odznaczały się większą dorodnością na glebie o odczynie bardziej kwaśnym (pH 4,7-5,0), czego wyrazem jest większa wysokość roślin i powierzchnia liści tej trawy niż na glebie mniej kwaśnej (pH 5,4-6,0). Na ogół najmniejsze rośliny *Phleum pratense*, o najmniejszej powierzchni liści występowały na obiektach, na których zastosowano dawkę ołowiu równą 13,33 mg Pb w 1 kg gleby (tabela 2). W monokulturach roślin *Phleum pratense* trudno było uchwycić zależność wzrostu tej trawy od odczynu gleby oraz od stężenia ołowiu w glebie. Stwierdzono jedynie, że najlepszy wzrost wykazywał gatunek *Phleum pratense* na glebie o pH 4,2-4,5, czego wyrazem są najwyższe rośliny o największej powierzchni liści. Stężenie ołowiu na tym obiekcie wynosiło 6,67 mg Pb w 1 kg gleby (tabela 3). Rośliny *Phleum pratense* w siewie mieszanym z roślinami *Trifolium repens* były z reguły niższe, o mniejszej powierzchni asymilacji liści niż rośliny w monokulturze (tabela 2, 3).

Tabela 1 – Table 1

Plonowanie roślin *Trifolium repens* L. i *Phleum pratense* L. na glebie lekkiej o różnym odczynie i skażeniu ołowiem
 Yielding *Trifolium repens* L. and *Phleum pratense* L. plants on light soil a different reaction and contamination of lead

Pb w mg/kg s.m. gleby Pb in mg/kg d.w. soil	Pokos Cut	pH w 1 N KCl pH in 1 N KCl	Monokultura – Monoculture		pH w 1 N KCl pH in 1 N KCl	Mieszanka – Plant mixture		
			Biomasa – Biomass			Biomasa – Biomass		
			g s.m. roślin/0,25 m ² – g d.w. plants/0,25 m ²			g s.m. roślin/0,25 m ² – g d.w. plants/0,25 m ²		
			<i>Trifolium repens</i>	<i>Phleum pratense</i>		<i>Trifolium repens</i>	<i>Phleum pratense</i>	Łącznie – Summ
0,33	I	4,3-4,8	69,4	45,5	4,5-5,0	22,9	44,9	67,8
	II		81,3	97,0				93,0
	III		56,6	33,1		32,7	24,6	57,3
0,33	I	5,8	77,5	58,0	6,0	44,0	33,00	77,0
	II		80,0	88,0				99,0
	III		63,1	32,1		38,3	13,1	51,4
3,33	I	4,2-4,8	77,7	48,8	4,8-5,0	15,9	47,1	63,0
	II		82,0	106,3				94,3
	III		61,9	35,5		23,2	25,4	48,6
3,33	I	5,6-5,8	87,5	61,0	5,9	34,2	28,6	62,8
	II		87,0	93,0				101,0
	III		57,5	30,0		36,8	14,2	51,0
6,67	I	4,0-5,0	77,2	61,1	4,7-5,0	15,4	53,1	68,5
	II		83,0	108,5				102,0
	III		63,9	40,8		24,9	31,6	56,5
6,67	I	5,3-5,7	71,0	52,0	5,4-6,0	36,3	32,0	68,3
	II		80,0	106,5				95,0
	III		49,9	39,4		39,3	12,5	51,8
13,33	I	4,0-4,6	58,3	43,4	4,7-4,9	14,2	46,2	56,8
	II		76,5	122,5				122,8
	III		55,5	42,9		19,2	34,2	53,4
13,33	I	5,2-5,8	78,9	57,2	5,9-6,0	20,2	33,2	53,4
	II		80,0	100,0				92,5
	III		57,9	28,9		30,9	15,9	46,8
0	I	–	–	–	4,6-5,0	10,4	33,5	43,9
	II							110,5
	III					24,3	28,7	53,0
NIR – I pokos (LSD – I cut)			5,65	9,25	–	7,39	10,51	–
NIR – II pokos (LSD – II cut)			6,90	14,53				
NIR – III pokos (LSD – III cut)			6,61	22,23		9,29	8,82	

Tabela 2 – Table 2

Cechy populacji *Trifolium repens* L. i *Phleum pratense* L. w mieszkankach na glebie o różnym odczynie i skażeniu ołowiem – I pokos 1993
 Characteristic of *Trifolium repens* L. and *Phleum pratense* L. populations in plant mixtures on soil a different reaction and contamination of lead – I cut 1993

Pb w mg/kg s.m. gleby Pb in mg/kg d.w. soil	pH w 1 N KCl pH in 1 N KCl	<i>Trifolium repens</i>					<i>Phleum pratense</i>		
		Zagęszczenie na pow. 0,25 m ² Density/0,25m ²	Masa 1 osobnika Mass of 1 plant mg	Długość ogonków liściowych Length of leaf stalk cm	Szerokość liścia Breadth of leaf mm	Szerokość pojedynczego listka Breadth of leaflet mm	Wysokość roślin Height of plants cm	Szerokość liścia Breadth of leaf cm	Powierzchnia liścia Surface of leaf cm ²
0	4,6-5,0	537	19,4	14,0	29,8	14,0	28,6	6,2	8,9
0,33	4,5-5,0	1206	19,0	16,4	34,7	15,0	34,3	7,0	12,0
0,33	6,0	1775	24,8	22,3	40,0	20,0	32,7	7,0	11,4
3,33	4,8-5,0	698	22,8	16,9	35,0	16,1	34,7	6,7	11,6
3,33	5,9	1451	23,6	19,0	40,3	19,3	29,4	6,0	8,8
6,67	4,7-5,0	715	18,8	17,4	32,7	14,7	36,6	7,2	13,2
6,67	5,4-6,0	1056	34,4	19,5	41,2	20,0	32,3	6,3	10,2
13,33	4,7-4,9	598	23,7	16,7	33,5	14,8	31,8	6,5	10,3
13,33	5,9-6,0	853	23,7	16,5	37,7	18,2	30,8	6,7	10,3
NIR – LSD		173,16	7,23	2,31	2,64	3,60	0	0	2,12

Tabela 3 – Table 3

Cechy populacji *Trifolium repens* L. i *Phleum pratense* L. w monokulturach na glebie o różnym odczynie i skażeniu ołowiem – I pokos
 Characteristic of *Trifolium repens* L. and *Phleum pratense* L. populations in monocultures on soil a different reaction and contamination of lead – I cut

Pb w mg/kg s.m. gleby Pb in mg/kg d.w. soil	pH w 1 N KCl pH in 1 N KCl	<i>Trifolium repens</i>			<i>Phleum pratense</i>			
		Długość ogonków liściowych Length of leaf stalk cm	Szerokość liścia Breadth of leaf mm	Szerokość pojedynczego listka Breadth of leaflet mm	pH w 1 N KCl pH in 1 N KCl	Wysokość roślin Height of plants cm	Szerokość liścia Breadth of leaf cm	Powierzchnia liścia Surface of leaf cm ²
0,33	4,5-4,8	17,0	30,3	16,3	4,3-4,4	36,0	6,0	10,8
0,33	5,8	19,7	35,6	17,9	5,8	39,5	7,5	14,8
3,33	4,2-4,8	17,3	38,6	18,0	4,5-4,6	36,5	7,0	12,8
3,33	5,6	19,0	41,3	20,0	5,8	36,5	7,0	12,8
6,67	4,0-5,0	11,7	37,7	17,0	4,2-4,5	43,5	8,0	17,4
6,67	5,7	20,0	40,8	17,7	5,3-5,7	37,0	7,0	13,0
13,33	4,0-4,6	15,0	37,0	16,8	4,2	35,5	7,0	12,4
13,33	5,2-5,7	18,0	40,0	17,9	5,4-5,8	37,5	7,3	13,7
NIR – LSD		3,56	6,45	0		2,93	0	2,85

Na wzrost i rozwój roślin *Trifolium repens* i *Phleum pratense* znaczny wpływ wywarł rodzaj przedplonu w roku poprzedzającym założenie doświadczenia, szczególnie wyraźny po I pokosie tych roślin. Rośliny *Trifolium repens* odznaczały się największą biomasa (średnio 75 g na pow. 0,25 m²) na obiektach gdzie przedplonem był łubin, a najmniejszą (średnio 25 g na pow. 0,25 m²) na obiektach gdzie przedplonem był jęczmień i słonecznik. Najlepszym przedplonem dla roślin *Phleum pratense* okazała się kukurydza, a najgorszym – jęczmień. Średnia wartość biomasy *Phleum pratense* na pow. 0,25 m² kształtowała się następująco: po kukurydzy 54 g, po słoneczniku 41 g, po jęczmieniu 34 g.

DYSKUSJA

Szkodliwy wpływ podwyższonych zawartości ołowiu w środowisku na metabolizm roślin wykazują różni autorzy (T o r n a b e n e i in., 1973; C a r l s o n i in., 1975; A r v i k i Z i m d a h l, 1974). Trudno jest jednak ustalić toksyczne stężenia dla różnych gatunków roślin, ponieważ, jak zauważa A n t o n o v i c i in. (1971), wrażliwość na takie czy inne stężenie ołowiu w środowisku glebowym jest zależna od gatunku i odmiany rośliny, a także od warunków glebowych. Według Ś w i e b o d y (1976) zawartość ołowiu w pożywce wodnej nieco większa od 0,5 mg/l ograniczała już rozwój roślin. Również R u s z k o w s k a (1978) stwierdza, że pierwiastek ten nawet w niewielkich dawkach działa toksycznie na mikroorganizmy glebowe i rośliny wyższe. Szczególnie wrażliwe na działanie ołowiu są rośliny młode. Dlatego w niniejszych badaniach przed wysiewem testowanych roślin zastosowano niskie dawki tego metalu, aby uchronić wschodzące rośliny przed ewentualnym szokiem, w przypadku niekontrolowania wysokiej dawki ołowiu. Przyjęto za K a b a t a - P e n d i a s (1979) i D u d k a (1992), że tzw. tło, tj. naturalna zawartość ołowiu w glebie lekkiej, na której założono doświadczenie, wynosi 12 mg/kg. Zatem najwyższa, zastosowana dawka ołowiu, wynosząca 13,33 mg/kg po nałożeniu na tło, stanowi dwukrotnie wyższe stężenia tego metalu w glebie. Zastosowane dawki ołowiu pozwoliły uchwycić wpływ tego metalu na wzrost testowanych roślin, przy czym okazało się, że rośliny *Phleum pratense* L. są bardziej wytrzymałe na wyższe stężenia ołowiu niż rośliny *Trifolium repens* L., zwłaszcza na glebie bardziej kwaśnej (pH 4,0-5,0). Wyniki te potwierdzają pogląd C a n n o n'a (1971), który twierdzi, że spośród roślin wyższych, trawy wykazują właściwości akumulacyjne w stosunku do ołowiu, a co za tym idzie, małą wrażliwość na skażenie środowiska tym pierwiastkiem. Według K a b a t a - P e n d i a s, P e n d i a s (1979) rośliny najłatwiej pobierają ołów z gleb lekkich kwaśnych, zaś wzrost odczynu gleby ogranicza przyswajalność tego metalu. Być może więc, że rośliny *Trifolium repens* L. na glebie o odczynie zbliżonym do obojętnego wykazują znacznie lepszy wzrost niż na glebach bardziej kwaśnych, ponieważ pobierają wówczas mniej ołowiu, który mógłby zahamować metabolizm tych roślin, a tym samym spowodować ich niższy plon. Zdaniem E l l e n b e r g a (1952) gatunki roślin łąkowych cechuje dwojaka reakcja na czynniki, którą określa

jako ich zachowanie fizjologiczne (gdy gatunki rosną w monokulturze) lub ekologiczne (gdy rosną w towarzystwie innych gatunków). Stąd optimum fizjologiczne danego gatunku nie pokrywa się zwykle z optimum ekologicznym. Pogląd ten potwierdzają również niniejsze badania, odnośnie zachowania się populacji *Trifolium repens* i *Phleum pratense*, rosnących w monokulturach i w dwugatunkowej mieszance, względem odczynu gleby, w zakresie 4,0-6,0. Populacje *Trifolium repens*, rosnące w monokulturze uzyskiwały największą biomasa na glebie o pH 5,8-5,6, a w mieszance z populacjami *Phleum pratense* – na glebie o pH 5,9-6,0. Natomiast populacje *Phleum pratense* rosły najlepiej w monokulturze na glebie o pH 4,2-5,8, a w mieszance na glebie o pH 4,7-5,0. Optimum fizjologiczne populacji *Trifolium repens* względem odczynu gleby, tj. zakresu pH w którym populacje te rosnące w monokulturze uzyskiwały największą biomasa, mieści się w granicy 4,8-5,6, a optimum fizjologiczne dla tych populacji, rosnących w mieszance z *Phleum pratense*, wynosi 6,0. Optimum fizjologiczne populacji *Phleum pratense* mieści się w przedziale pH 4,2-5,8, a optimum ekologiczne tych populacji – w przedziale pH 4,7-5,0. Zatem optimum fizjologiczne dla obu badanych gatunków jest szersze od optimum ekologicznego. Dzieje się tak na skutek konkurencyjnego oddziaływania na siebie tych gatunków roślin, rosnących wspólnie na danej powierzchni.

Analizując wpływ różnych przedplonów na wzrost i rozwój roślin *Trifolium repens* i *Phleum pratense* wykazano, że najgorszym przedplonem dla obu tych gatunków był jęczmień. Jedną z przyczyn najniższego plonu roślin *Trifolium repens* może być niska wartość odczynu po jęczmieniu (śr. pH = 4,7). Natomiast najniższy plon roślin *Phleum pratense* wynika być może, zgodnie z M a c A r t h u r e m (1971), z podobnej „funkcji użytkowania zasobów” przez rośliny *Phleum pratense* i jęczmienia. Można zatem przypuszczać, że te same składniki pokarmowe, które są niezbędne dla wzrostu i rozwoju roślin *Phleum pratense*, zostały uprzednio wykorzystane przez jęczmień; efektem tego był niższy plon populacji *Phleum pratense* na obiektach po jęczmieniu.

Najwyższy plon roślin *Trifolium repens* po łubinie wiąże się prawdopodobnie z większą zasobnością gleby w azot, obfitującej w bakterie brodawkowe, żyjące w symbiozie z łubinem, należącym do roślin motylkowatych.

WNIOSKI

1. Rośliny *Phleum pratense* odznaczają się większą tolerancją na stężenie ołowiu w zakresie 0,33-13,33 mg Pb w 1 kg gleby niż rośliny *Trifolium repens*.

2. Na glebie mniej kwaśnej (pH 5,4-6,0) rośliny *Trifolium repens* wytwarzają więcej biomasy niż na glebie o mniejszej wartości odczynu (pH 4,09-5,0) i są bardziej odporne na skażenie środowiska ołowiem. Natomiast rośliny *Phleum pratense* preferują gleby o większej kwasowości, wykazując równocześnie większą tolerancję na skażenie gleby ołowiem.

3. Stresujący wpływ zastosowanych dawek ołowiu, na wzrost i rozwój roślin *Trifolium repens* i *Phleum pratense*, pogłębia się gdy gatunki te rosną razem.

4. Zdolność konkurencyjna badanych gatunków zmienia się w ciągu okresu wegetacyjnego. Na początku wegetacji zaznacza się przewaga populacji *Phleum pratense* nad populacjami *Trifolium repens*. Pod koniec okresu wegetacyjnego przewaga populacji *Phleum pratense* znacznie maleje na korzyść populacji *Trifolium repens*.

5. Ilość wytworzonej przez badane gatunki biomasy zależy między innymi od rodzaju przedplonu. Zarówno populacje *Trifolium repens* jak i *Phleum pratense* najmniej biomasy wytworzyły na obiektach, gdzie uprzednio uprawiano jęczmień.

S t r e s z c z e n i e

W doświadczeniu polowym, założonym na glebie lekkiej o zróżnicowanym odczynie, zbadano wpływ 4 różnych doglebowych dawek ołowiu na wzrost i rozwój populacji *Trifolium repens* L. i *Phleum pratense* L. rosnących w monokulturach i w mieszanke w stosunku 1:1. W ciągu pierwszego, po założeniu doświadczenia, sezonu wegetacyjnego zebrano 3 pokosy zielonki. Określono wartość biomasy z każdego obiektu oraz inne cechy grupowe i osobnicze obu badanych populacji. Wykazano, że rośliny *Phleum pratense* L. są mniej wrażliwe na skażenia gleby ołowiem, w zakresie od 0,33 do 13,33 mg Pb w 1 kg gleby aniżeli rośliny *Trifolium repens*. Potencjał biotyczny roślin *Trifolium repens* L. jest większy na glebie o wartości odczynu zbliżonej do obojętnej niż na bardziej kwaśnej. Natomiast rośliny *Phleum pratense* odznaczają się większym potencjałem biotycznym i większą odpornością na skażenie ołowiem na glebie kwaśnej. Stresujący wpływ zastosowanych dawek ołowiu na wzrost i rozwój badanych gatunków jest większy, gdy gatunki te rosną razem. Populacje *Trifolium repens* odznaczają się większą zdolnością konkurencyjną pod koniec okresu wegetacyjnego niż na jego początku w przeciwieństwie do populacji *Phleum pratense*. Większość wytworzonej przez oba gatunki biomasy zależy w znacznym stopniu od przedplonu w roku poprzedzającym założenie doświadczenia. Np. najgorszym przedplonem zarówno dla populacji *Trifolium repens* jak i populacji *Phleum pratense* jest jęczmień.

LITERATURA

- Antonovič J., Bradshaw A. D., Turner R. G., 1971. Heavy metal tolerance in plants. Adv. Ecol. Res. 7.
- Arvik J. H., Zimdahl R. L., 1974. Barriers to the foliar uptake of lead. J. Env. Quality 3-4: 369-373.
- Cannon H., 1971. The use of plant indicators in ground water surveys, geological mapping and mineral prospecting. Taxon 20: 227-256.
- Carlson R. W., Bazzaz F. A., Rolf G. L., 1975. The effect of heavy metals on plants. Env. Res. 10: 113-120.
- Creason J. P., Svendsgaard D., Bumgerner J. et al., 1976. Material-fetal, tissue levels of 16 trace elements in 8 selected continental United States communities. Trace Subst. Env. Health 10: 53-62.
- Curzydło J., 1979. Skażenie roślin ołowiem spalin samochodowych przy drogach regionu krakowskiego. Acta Agraria et Silv. Ser. Agraria 18 (2): 229-239.
- Dudka S., 1992. Ocena całkowitej zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. IUNG Puławy, R (293), 48 s.
- Ellenberg H., 1952. Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzen – Arten. Ber. dtsh. Bot. Ges. 65: 351-362.
- Hildebrand D., Olds M., Fahin M. S., 1972. Effect of lead acetate on reproduction and metabolism. Trace Subst. Env. Health 6: 237-246.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1979. Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geol. Warszawa, 300 s.
- Kostuch R., 1982. Przemienne użytki zielone. PWRiL, Warszawa, 140 s.

- MacArthur R., 1971. Biologia populacji. PWRiL, Warszawa.
- Ruszkowska M., 1978. Fizjologiczne aspekty nadmiaru pierwiastków śladowych. [W:] Wpływ zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi na przyrodnicze warunki rolnictwa. Mat. I Kraj. Konf. Puławy, IUNG, 25-33.
- Scheffé H., 1959. The analysis of variance. New York-London, J. Willey and Sons Inc., 477 pp.
- Świeboda M., 1976. The use of biological tests for establishing the influence of flue dust from lead and zinc works of plant development. Acta Soc. Bot. Pol. 45: 17-31.
- Tornabene T. G., Bennet L. G., Peterson S. L., Edwards H. W., 1973. Effects of lead on *Micrococcus luteus* cells and membrane lipid components. Impact of Man Env. Contam. by Lead. 265-291. Fort Collins, Colo.
- White J. M., Harvey D. R., 1972. Defective synthesis of alfa and beta globulin chains in lead poisoning. Nature 236: 71-73.