

**ZESZYTY NAUKOWE  
UNIwersYTETU  
PRZYRODNICZEGO  
WE WROCŁAWIU**

**NR 592**

**ROLNICTWO**

**AGRONOMY**

**CIV**



**ZESZYTY NAUKOWE  
UNIwersYTETU  
PRZYRODNICZEGO  
WE WROCLAWIU**

**NR 592**

**ROLNICTWO**

**AGRONOMY**

**CIV**



**WROCLAW 2013**

*Redaktor merytoryczny*  
prof. dr hab. Zofia Spiak

*Redakcja*  
Justyna Murdza

*Korekta:*  
Justyna Murdza  
Elżbieta Winiarska-Grabosz

*Łamanie*  
Teresa Alicja Chmura

*Projekt okładki*  
Grażyna Kwiatkowska

**Covered by: Agro, Ulrich's Database, Copernicus Index, EBSCOhost**

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2013

Print edition is an original (reference) edition

ISSN 1897-208X  
ISSN 1897-2098

**WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU**

**Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki**  
**ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel./fax 71 328-12-77**  
**e-mail: [wyd@up.wroc.pl](mailto:wyd@up.wroc.pl)**

---

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 5,9. Ark. druk. 6,0  
Druk i oprawa: PRINT sp. j. Z. Przyborowski, H. Ambroży  
ul. Wykładowa 62, 51-520 Wrocław

## SPIS TREŚCI

1. R. Gaj, J. Przybył, D. Górski, K. Rębarz – Wpływ zróżnicowanego nawożenia fosforem i potasem na zawartość oraz pobranie mikroelementów (Zn, Cu, Mn) przez pszenżyto ozime. I zawartość składników .....	7
2. R. Gaj, J. Przybył, D. Górski, K. Rębarz – Wpływ zróżnicowanego nawożenia fosforem i potasem na zawartość oraz pobranie mikroskładników (Zn, Cu, Mn) przez pszenżyto ozime. II pobranie składników .....	19
3. M. Gramza – Pozostałości środków ochrony roślin stosowanych w sadzie jabłoniowym produkującym żywność dla niemowląt i małych dzieci .....	27
4. K. Jankowski, W. Czeluściński, J. Jankowska, J. Sosnowski – Wpływ zastosowanej dawki odpadu popieczarkowego na aspekt ogólny muraw trawnikowych .....	37
5. K. Jankowski, J. Sosnowski, J. Jankowska – Wpływ głębokości umieszczenia hydrożelu w podłożu oraz rodzaju okrywy glebowej na doskonałość liścia muraw trawnikowych.....	47
6. S. Kalembasa, B. Symanowicz – Wpływ nawożenia fosforem i potasem na zawartość boru i manganu w rutwicy wschodniej ( <i>Galega orientalis</i> Lam.) i glebie.....	57
7. L. Kordas – Wpływ sposobu uprawy roli i regeneracji stanowiska w monokulturze żyta ozimego na właściwości biologiczne gleby .....	67
8. M. Marczyk, J. Kaszubkiewicz, A. Patrzalek, P. Bartoszczuk – Dynamika zawartości niektórych metali ciężkich i właściwości fizyczno-chemicznych rekultywowanych odpadów poflotacyjnych.....	75
9. D. Zalewski, R. Galek, E. Sawicka-Sienkiewicz – Wielocechowa statystyczna analiza kolekcji łubinu wąskolistnego ( <i>Lupinus angustifolius</i> L.).....	87

## CONTENTS

1.	R. Gaj, J. Przybył, D. Górski, K. Rębarz – The effect of different phosphorus and potassium fertilization on the content and uptake of micronutrients (Zn, Cu, Mn) by winter triticale. I content of micronutrients .....	7
2.	R. Gaj, J. Przybył, D. Górski, K. Rębarz – The effect of different phosphorus and potassium fertilization on the content and uptake of micronutrients (Zn, Cu, Mn) by winter triticale. II uptake of micronutrients.....	19
3.	M. Gramza – Residue levels of plant protection products used in apple orchard producing baby food for infants and young children.....	27
4.	K. Jankowski, W. Czeluściński, J. Jankowska, J. Sosnowski – Impact of applied dose of mushroom’s substrate on the general aspect of turf lawn .....	37
5.	K. Jankowski, J. Sosnowski, J. Jankowska – The effect of depth of hydrogel placement in subsoil and type of soil cover on leaf fineness of turf lawns.....	47
6.	S. Kalembasa, B. Symanowicz – The effect of the phosphorus and potassium fertilization on the content of boron and manganese in goat’s rue ( <i>Galega orientalis</i> Lam.) and soil .....	57
7.	L. Kordas – The effect of tillage system and regenerative practices of the site of winter triticale growing in continuous cropping on biological properties of soil .....	67
8.	M. Marczyk, J. Kaszubkiewicz, A. Patrzalek, P. Bartoszczuk – Dynamics of some heavy metals content and physical-chemical properties of reclaimed floatation tailings.....	75
9.	D. Zalewski, R. Galek, E. Sawicka-Sienkiewicz – Multivariate statistical analysis of narrow-leafed lupin collection ( <i>Lupinus angustifolius</i> L.) .....	87

**Renata Gaj<sup>1</sup>, Jacek Przybył<sup>2</sup>, Dariusz Górski<sup>3</sup>, Katarzyna Rębarz<sup>4</sup>**

**THE EFFECT OF DIFFERENT PHOSPHORUS AND POTASSIUM  
FERTILIZATION ON THE CONTENT AND UPTAKE  
OF MICRONUTRIENTS (ZN, CU, MN) BY WINTER TRITICALE.  
I CONTENT OF MICRONUTRIENTS**

**WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM  
I POTASEM NA ZAWARTOŚĆ ORAZ POBRANIE  
MIKROELEMENTÓW (ZN, CU, MN)  
PRZEZ PSZENŻYTO OZIME.  
I ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW**

<sup>1</sup> *Department of Agricultural Chemistry and Environmental Biogeochemistry, Poznań University of Life Sciences*

*Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

<sup>2</sup> *Institute of Agricultural Engineering, Poznań University of Life Sciences*

*Institut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

<sup>3</sup> *Institute of Plant Protection – National Research Institute – IPP – Regional Experimental Station Toruń*

*Institut Ochrony Roślin – PIB, Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu*

<sup>4</sup> *Department of Agronomy, Poznań University of Life Sciences*

*Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

The main aim of the study was to evaluate the contents of zinc, copper and manganese in triticale grain and straw under the conditions of optimal and reduced rates of P and K applied. The study was carried out in the period of 2008–2011 on the static experimental treatments established in the year 2000 at the Brody Agricultural Experimental Station (Poznań University of Life Sciences). Winter triticale of variety Hortenso was cultivated under the conditions of one-factor experiment. The factor tested was a differentiated level of mineral fertilization with phosphorous and potassium.

In view of the production of good quality food, an increase of micronutrients in grain is the issue of particular importance. The contents of Zn, Cu and Mn in triticale grain and straw depended mainly on weather conditions during the years of experiment. The content of Mn in grain and straw was also significantly shaped by differentiated P and K fertilization. The results of regression analysis indicated that grain yield was determined by the content of Cu and Mn in grain while straw yield

---

Do cytowania – For citation: Gaj R., Przybył J., Górski D., Rębarz K., 2013. The effect of different phosphorus and potassium fertilization on the content and uptake of micronutrients (Zn, Cu, Mn) by winter triticale. I content of micronutrients. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIV, 592: 7–18.

depended significantly only on the content of Mn. Differentiated mineral fertilization P and K had no significant effect on the value of transfer coefficient (TCc). In this study, there was observed that as in the case of nutrient contents the weather factor also significantly differentiated micronutrient transfer coefficients.

KEY WORDS: winter triticale, fertilization rates, grain, straw

## INTRODUCTION

A prerequisite for appropriate functioning of all plants is adequate supply of not only basic macronutrients but also micronutrients. **Not absolute contents of nutrients but reciprocal proportions of respective macro- and microelements are essential in plant metabolism.** In view of the production of good quality food, an increase of micronutrients in grain is the issue of particular importance. According to the World Health Organization's data, all through the world more than two billion people suffer from iron and zinc deficiency in their everyday diet [WHO 1992]. The reason of disorders in functioning of individual nutrients as well as their low utilization by plants is lacking nutrient balance with regard to plant nutritional requirements (Öborn et al. 2005, Zhang et al. 2007, Roberts 2008). The content of nutrients in plants is shaped by their availability in soil as well as mutual relations between the plant and elements in soil (Zhang et al. 2007). A suitable level of NPK fertilization applied can increase availability of soil copper, zinc and manganese, and as a result – can increase their contents in plants (Zhang et al. 2004). **Yield enhancing activity of micronutrients is revealed under the conditions of their deficiency as well as at higher production levels.** Micronutrients control nitrogen management in triticale which results both in higher grain yields and improvement of fodder quality. **Acknowledgment of triticale cultivation in Poland rises from better plant performance of triticale on medium and weak sites when compared to wheat, as well as its higher resistance to soil acidification, leaf diseases, abiotic factors and lower demands towards the preceding crop** (Liu et al. 2004, Radzka et al. 2008, Ścigalska and Łabuz 2008, Buraczyńska and Ceglarek 2009, Mikhailova et al. 2009). According to the data of the Central Statistical Office (GUS 2010), 90% of triticale cultivation area is dedicated to the winter type which is used almost entirely as poultry and herd fodder. A lot of research has been focused on the effects of nitrogen fertilization on microelement contents (Kimball et al. 2001, Yue et al. 2007, Shi et al. 2010). Then again, not much attention has been drawn to effects of PK mineral fertilization on the content of micronutrients and their transport from soil into plant vegetative organs and their accumulation in grain.

In the present study, a research hypothesis was assumed that differentiated phosphorus-potassium fertilization influenced micronutrient content in triticale. The aim of research was to evaluate copper, zinc and manganese contents in triticale grain and straw at optimum and reduced rates of P and K fertilization.

## MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in the period of 2008–2011 on the static experimental objects established in the year 2000 at the Brody Agricultural Experimental Station (52°26'N,



16°18'E), which is the part the Poznań University of Life Sciences. Winter triticale, variety Hortenso was cultivated under the conditions of one-factor experiment with four replications of each tested treatment. The experiment factor was a differentiated level of mineral fertilization with phosphorus and potassium. Taking into account soil richness, unit uptake and expected yield at 7 t·ha<sup>-1</sup>, the optimal level of mineral fertilization (RBF – Recommended Balanced Fertilization) was determined. Each year of the experiment, phosphorus rate for RBF treatment was 17.5 kg·ha<sup>-1</sup> P. Potassium rates during 3 experimental years were 100, 75 and 83 kg K·ha<sup>-1</sup>, respectively. NawSald software (IUNG, Puławy) was used for determination of the optimal NPKMg rate. Based on the level of phosphorus and potassium fertilization balanced with regard to nitrogen, further tested rates of P and K were determined by reduction of P and K fertilization to 25% and 50% of the optimally balanced treatment. Fertilizer treatments are presented in table 1. In addition, the control treatments RBF-K (NPMg) and RBF-P (NKMg) were established where potassium and phosphorus were not applied, respectively. Following the experiment design, fertilization with phosphorus, potassium and magnesium was applied at the same rate after harvesting the preceding crop (winter wheat every year). Potassium was applied as potassium chloride salt (60% K<sub>2</sub>O), phosphorus as single superphosphate, and magnesium as kieserite (27% MgO). In the case of RBF–PAPR treatment, phosphorus was applied as partially acidulated phosphate rock (PAPR) which was a source of phosphorus alternative for single superphosphate. In the study, there was used rock phosphate with P overall content 10.2% P and acidification 50% (i.e. the amount of sulphuric acid utilized during the technological process on obtaining the product was 50% of the amount necessary for the production of single superphosphate). Fertilization with nitrogen as ammonium nitrate at a rate 180 kg N·ha<sup>-1</sup> was carried out during 4 timings (I) 30 kg (kg N·ha<sup>-1</sup>) – before autumn sowing; (II) 60 kg N·ha<sup>-1</sup> before the start of spring vegetation; (III) 50 kg N·ha<sup>-1</sup> – the end of tillering, (IV) 30 kg N·ha<sup>-1</sup> – the beginning of earing stage.

The experiment was established on lessive soil-formed on loam, and shallow-lying on glacial till. The soil was of the bonitation class IV a, with high contents of available phosphorus (92 mg P·kg<sup>-1</sup>), while the content of available potassium ranged from low to medium (80–120 mg K·kg<sup>-1</sup>), and that of magnesium was medium (37 mg Mg·kg<sup>-1</sup>). Depending on the treatment, soil reaction ranged from acidic to slightly acidic (pH 5.1 – 5.94 1mol in KCl·dm<sup>-3</sup>).

The samples of triticale grain and straw were collected at the stage of full ripening. The content of zinc, copper and manganese was determined in ground and dry-ashed plant material with the use of atomic absorption spectroscopy (ASA).

The results obtained were statistically analyzed. The synthesis of single-year results was carried out using mixed-model ANOVA, with assumption of the fertilization level as the constant effect and the observation year as the random effect. Significance of differences between obtained means was tested with Tukey's test at significance level  $p < 0.05$ . Simple correlation and multiple regression analyses were applied for evaluation of cause and effect relationships between the parameters analyzed. Regression analysis was performed using backward stepwise regression. The calculations were carried out until all variables in the equation were significant at  $p < 0.05$ . All calculations were performed with Microsoft Excel® 2007 and Statistica® 10.

Table 1  
Tabela 1Field experiment design  
Schemat doświadczenia polowego

Treatments Obiekty	Comments Wyjaśnienie
Control (KA)	no mineral fertilization applied during the period of experiment, brak nawożenia mineralnego w okresie prowadzenia badań
RBF-P	10-year-long lack of fertilization with phosphorus, optimal fertilization with other nutrients (N, K, Mg), 10-lat brak nawożenia fosforem, optymalne nawożenie innymi składnikami (N, P, Mg)
RBF-K	10-year-long lack of fertilization with potassium, optimal fertilization with other nutrients (N, P, Mg), 10 lat brak nawożenia potasem, optymalne nawożenie N i Mg
RBF-1/4 P K	25% of recommended PK rate as regards optimum fertilizer treatment, optimal fertilization with N and Mg, 25% zalecanej dawki PK względem wariantu optymalnie zbilansowanego, optymalne nawożenie N i Mg
RBF-1/2P	50% of recommended P rate as regards optimum fertilizer treatment, optimal fertilization with other nutrients 50% zalecanej dawki P względem wariantu optymalnie zbilansowanego, optymalne nawożenie N i Mg
RBF-1/2K	50% of recommended K rate as regards optimum fertilizer treatment, optimal fertilization with other nutrients N and Mg 50% zalecanej dawki K względem wariantu optymalnie zbilansowanego, optymalne nawożenie N i Mg
RBF	100% of recommended P and K rate, treatment optimally balanced with regard to N 100% zalecanej dawki P i K, wariant optymalnie zbilansowany względem N
RBF-PAPR (P as PAPR)	100% of recommended P and K rate, P applied as partially acidulated phosphate rock (PAPR) 100% zalecanej dawki P i K, wariant optymalnie zbilansowany względem N, P – zastosowano w formie częściowo zakwaszonego fosforytu

**RESULTS AND DISCUSSION**

In view of nutritive and fodder value, the assessment of nutrients in final yield is essential in the age of intensive plant production. Microelement composition in plants is greatly important in evaluation of plant biological value (Stanisławska-Głubiak et al. 1996). Appropriate content of microelements in plants is a key issue in agrotechnology, and at the same time being an important quality feature in consumption and fodder criteria. Both deficiency and excess of micronutrients in grain can result in lessening fodder biological value and can negatively influence metabolism of animal organisms (Szyal and Sykut 1992). According to Zhang et al. (2004), application of appropriate rates of N, P and K fertilizers

can increase soil Cu, Zn and Mn availabilities and the concentrations of micronutrients in wheat. The results of the present study indicated that average contents of micronutrients (Zn, Cu, Mn) in winter triticale grain and straw were determined mainly by weather factors in the years of observations, and in the case of manganese – also by PK mineral fertilization level (tab. 3). Ascher et al. (1994), stresses that changes in micronutrient contents in grain are controlled not only by the soil type and availability of mineral elements, but also by other factors such as the system of cultivation or the vegetation season. Especially disadvantageous weather conditions for triticale development were observed in the years 2009 and 2011 (tab. 2). Then water deficiencies were accompanied by corresponding high or low temperatures, and as a result these decided about micronutrient contents in grain and straw. The contents of zinc and manganese in grain were the highest in the year 2008, which was characteristic of optimal precipitation distribution and temperatures favourable for triticale vegetation, especially during the stages of its intensive growth. According to Khan et al. (2009) sufficient supply of zinc and manganese increases plant resistance to drought. The contents of micronutrients in triticale grain and straw observed in this study were comparable to data on cereal plants reported in domestic and foreign literature (Rengel et al. 1999, Parylak and Waławowicz 2000, Li et al. 2007).

The level of PK fertilization significantly influenced only the content of Mn in triticale grain and straw. The highest content of this micronutrient was observed at the optimal level of mineral fertilization with regard to nitrogen (RBF). The reduction of P and K rate by 25% and 50% of RBF resulted in a significant decrease of Mn concentration in grain. Regardless of the treatment analyzed, the content of manganese observed in triticale grain was in the range reported as optimal for cereals (Jiang 2006). A significant decrease of Mn content in triticale straw was observed only when P and K fertilization was not applied and P fertilization was reduced by 50% (tab. 3). Special attention should be drawn to the treatments where phosphorus or potassium had been not applied for 10 years (RBF-P or RBF-K, respectively). The lack of P and K fertilization had no significant effect on changes of Zn content in triticale grain and straw as well as Cu content in triticale straw. Burns et al. (1974) showed that fertilization with potassium or else high contents of this element in soil resulted in a decrease of Zn, Ca and Mg in plant tissues. Opposite to numerous literature data indicating reduction of Zn contents in plants as a result of phosphorus fertilization (Shuman 1988, Kaushik et al. 1993, Bednarek and Lipiński 1996, Buerkert et al. 1998), such relationship was not observed in the present study. Contradictory to the results obtained by Verma and Minhas (1987), in this study there was not observed enhancement of transporting zinc out of vegetative organs under the influence of increasing rates of phosphorus applied. The average content of Zn in grain on fertilized treatments was  $26.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , whereas that observed on control objects was  $24.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . The lack of distinctive differences in zinc concentration can be connected with high contents of zinc available forms in soil. A tendency towards increasing Zn contents under mineral fertilization was noted only in straw. Also, the form of applied phosphorus had no significant effect on the contents of zinc, copper as well as manganese in triticale grain and straw. There were observed similar contents of analyzed micronutrients in the treatment where partially acidulated phosphate rock (RBF-PAPR) was applied when compared to single superphosphate treatment.

Table 2  
Tabela 2

Weather conditions during the vegetation season of winter triticale cultivation  
Warunki meteorologiczne w sezonie wegetacyjnym uprawy pszenżyta ozimego

Vegetation season Sezon wegetacyjny	Months – Miesiące											
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Temperature (°C) – Temperatura											
2007/2008	18.1	13.2	8.2	3.1	2.1	2.3	4.2	4.1	8.7	15.2	19.1	20
2008/2009	18.8	13.9	10	5.7	1.6	-2.4	0.1	4.6	11.7	13.4	15.7	19.7
2009/2010	19.7	15.6	7.9	6.7	-0.4	-9.5	-3.9	0.3	3.8	8.5	11.4	15.6
2010/2011	18.2	12.4	6.2	4.4	-5.6	0.5	0	3.1	11.7	14.1	18.6	17.9
Long-term period	17.4	13.1	8.5	3.4	-0.2	-1.8	-0.6	2.8	7.7	13.1	16.3	17.8
	Precipitation (mm) – Opady											
2007/2008	70.9	48.8	21.3	68	53	113	30.5	75.7	120.7	19.5	8.6	80.1
2008/2009	171.5	29.8	74.9	34.3	36.6	22.6	52.6	65.1	13.3	85.3	79.3	68.1
2009/2010	31.4	50	73.3	45.4	41.4	46.8	19.9	56.3	38.9	92.7	17	98.2
2010/2011	109.6	93	7.5	133.8	74.1	31	60.4	25	13.9	34	52.6	175.4
Long-term period	62	50.3	41.8	44.7	47.1	36.5	30.6	38.8	38	54.7	65.7	56

Table 3  
Tabela 3

Micronutrient content in triticale grain and straw according as phosphorus and potassium fertilization (four year means)  
Zawartość mikrośkładników w ziarnie i w słomie pszenżyta w zależności od poziomu nawożenia fosforem i potasem (średnia z 4 lat)

Factors Czynniki		Nutrients – Składniki					
		Zn		Cu		Mn	
		grain ziarno	straw słoma	grain ziarno	straw słoma	grain ziarno	straw słoma
Years Lata	2008	38.22 <sup>a</sup>	15.97 <sup>a</sup>	3.58 <sup>c</sup>	1.64 <sup>d</sup>	36.29 <sup>a</sup>	28.90 <sup>c</sup>
	2009	19.63 <sup>c</sup>	4.87 <sup>c</sup>	3.54 <sup>c</sup>	3.76 <sup>b</sup>	21.78 <sup>c</sup>	25.01 <sup>b</sup>
	2010	28.57 <sup>b</sup>	10.34 <sup>b</sup>	4.45 <sup>a</sup>	2.54 <sup>c</sup>	33.63 <sup>b</sup>	25.12 <sup>b</sup>
	2011	19.94 <sup>c</sup>	4.55 <sup>c</sup>	3.62 <sup>c</sup>	4.20 <sup>a</sup>	20.15 <sup>c</sup>	10.01 <sup>a</sup>
Treatments Obiekty	Control (KA)	26.41 <sup>a</sup>	7.01 <sup>a</sup>	4.87 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>	20.74 <sup>c</sup>	14.82 <sup>d</sup>
	RBF-P	26.90 <sup>a</sup>	7.95 <sup>a</sup>	3.77 <sup>b</sup>	3.25 <sup>a</sup>	24.60 <sup>b</sup>	22.13 <sup>bc</sup>
	RBF-K	26.75 <sup>a</sup>	8.77 <sup>a</sup>	3.70 <sup>b</sup>	2.75 <sup>a</sup>	27.92 <sup>b</sup>	18.82 <sup>cd</sup>
	RBF-1/4 P K	26.20 <sup>a</sup>	9.79 <sup>a</sup>	3.70 <sup>b</sup>	2.63 <sup>a</sup>	27.91 <sup>b</sup>	21.47 <sup>bc</sup>
	RBF-1/2P	26.91 <sup>a</sup>	10.01 <sup>a</sup>	3.70 <sup>b</sup>	3.02 <sup>a</sup>	26.91 <sup>b</sup>	25.50 <sup>ab</sup>
	RBF-1/2K	25.77 <sup>a</sup>	8.54 <sup>a</sup>	3.61 <sup>b</sup>	2.94 <sup>a</sup>	27.21 <sup>b</sup>	23.61 <sup>ab</sup>
	RBF	26.38 <sup>a</sup>	10.11 <sup>a</sup>	3.56 <sup>b</sup>	3.16 <sup>a</sup>	33.69 <sup>a</sup>	26.51 <sup>a</sup>
	RBF-PAPR (P as PAPR)	27.40 <sup>a</sup>	9.27 <sup>a</sup>	3.48 <sup>b</sup>	3.15 <sup>a</sup>	34.75 <sup>a</sup>	25.22 <sup>ab</sup>
Interaction Year × Treatment		n.s.	n.s.	s.	ns.	s.	s.

Means indicated by different letters are significantly different (Tukey Test,  $p < 0.05$ )

n.s. – no significant, s. – significant

Średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie (test Tukeya dla  $p < 0,05$ )

The results of respective analyses indicated that application of mineral fertilization significantly reduced the content of copper in triticale grain, whereas only a trend toward decreased copper was observed in triticale straw. Correlation analysis between phosphorus and micronutrient contents showed significant negative relationships for copper and manganese (tab. 4). As distinct from phosphorus, for potassium there were observed significant positive correlation relationships. A decrease of copper content in wheat grain under mineral fertilization was also reported by Stanisławska-Głubiak et al. (1996). On the other hand, the results of Błaziak et al. (1996), on various cereal species showed that mineral fertilization had no significant effect on copper content.

Regression analysis with choice of best variable sub-set was performed in order to identify a domineering part which elements take in forming grain and straw yields. Based on designated equations it was found that triticale grain yield (Gaj 2012) was positively determined by manganese content in grain, and negatively – by copper content (equation 1).

The increase of grain manganese content by  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  raised triticale yield on average by  $78 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , while the increase of copper concentration in grain by  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  resulted in the decrease of grain yield on average by  $964 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Standardized regression coefficients obtained for both variables were same ( $\pm 0,46$ ), thus direct effects of manganese and copper contents in grain were equivalent – but with antagonistic direction. Straw yield depended only on manganese concentration (equation 2).

$$(1) Y (\text{Yield of grain, t}\cdot\text{ha}^{-1}) = 0.078(\text{Mn}) - 0.964(\text{Cu}) + 6.989$$

$$R^2 = 0.43; n = 128; p < 0.000$$

$$(2) Y (\text{Yield of straw, t}\cdot\text{ha}^{-1}) = 0.092(\text{Mn}) + 3.453$$

$$R^2 = 0.33; n = 128; p < 0.000$$

Table 4

Tabela 4

Correlation coefficients between content of phosphorus and potassium in grain and micronutrients,  $n = 128$

Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością fosforu i potasu w ziarnie a zawartością mikroskładników,  $n = 128$

Nutrients Składniki	Zn	Cu	Mn
P	-0.088	-0.192*	-0.345*
K	0.309*	0.191*	0.418*

\* correlation significant at  $p < 0.05$

Differentiated mineral fertilization had no significant effect on the value of transfer coefficient (TCc) (tab. 5). TCc is recognized as a measure of mineral micronutrient replenishment in cereal plants (Ziętecka 1989), and it shows grain/straw micronutrient content ratio. Nutrient transfer from vegetative organs to grain can constitute an important resource of micronutrients, however mechanisms which determine these processes have not yet been fully understood (Pearson and Rengel 1995). In this study, there was observed that as in the case of nutrient contents the weather factor also significantly differentiated micronutrient transfer coefficients. In the years of observations particularly high differentiation of TCc was observed for manganese. The lowest TCc values were found in the year 2009, and the highest in 2011. The lack of differences in this parameter under high mineral fertilization was also observed by Parylak and Waclawowicz (2000). On the other hand, Li et al. (2007) observed different TCc values under the influence of various levels of mineral NPK fertilization applied.

Table 5  
Tabela 5

Transfer coefficients from vegetative organs to grain for Zn, Cu, Mn  
Współczynniki przemieszczenia (TCc) Zn, Cu, Mn z części wegetatywnych do ziarna

Factors Czynniki		Nutrients Składniki		
Years Lata	2008	Zn	Cu	Mn
			2.53 <sup>b</sup>	2.23 <sup>a</sup>
	2009	4.26 <sup>a</sup>	1.39 <sup>ab</sup>	0.94 <sup>c</sup>
	2010	2.87 <sup>b</sup>	1.79 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>
	2011	4.67 <sup>a</sup>	0.90 <sup>b</sup>	2.19 <sup>a</sup>
Treatments Obiekty	Control (KA)	4.37 <sup>a</sup>	1.87 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>
	RBF-P	4.02 <sup>a</sup>	1.41 <sup>a</sup>	1.29 <sup>a</sup>
	RBF-K	3.67 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>
	RBF-1/4 P K	3.0 <sup>a</sup>	235 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>
	RBF-1/2P	3.79 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.24 <sup>a</sup>
	RBF-1/2K	3.47 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>
	RBF	3.21 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>
	RBF-PAPR (P as PAPR)	3.11 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.46 <sup>a</sup>
	Interaction Year × Treatment	n.s.	n.s.	n.s.

Means indicated by different letters are significantly different (Tukey Test,  $p < 0.05$ )

n.s. – no significant

## CONCLUSIONS

1. The contents of microelements in triticale grain and straw depended on the course of weather conditions during the vegetation period. Water deficiency and high temperatures during the spring season significantly reduced triticale micronutrient contents.

2. Differentiated rates of phosphorus and potassium applied had no effect on zinc contents in triticale grain and straw, yet the content of manganese was significantly diversified.

3. Ten-year-long lack of fertilization with phosphorus or potassium had no significant effect on changes of zinc content in triticale grain and straw.

4. Grain yield of winter triticale was positively affected by manganese content in grain.

## REFERENCES

- Ascher J.S., Graham R.D., Elliott D.E., Skott J.M., Jessop R.S., 1994. Managing soils to enhance mycorrhizal benefits in mediterranean agriculture. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 15: 213–228.
- Bednarek W., Lipiński W., 1996. Providing the spring barley with manganese and zinc in conditions of differentiated phosphorus and magnesium fertilization and liming. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 30–35.
- Błaziak J., Łabuda S., Chwil S., 1996. Influence of differentiated minearal fertilization on microelements content in spring cereals. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 263–268 (in Polish).
- Buraczyńska D., Ceglarek F., 2009. Winter triticale yielding according to the previous crop. *Fragm. Agron.*, 26(1): 9–18.
- Buerkert A., Haake C., Ruckwied M., Marschner H., 1998. Phosphorus application affects the nutritional quality of millet grain in the Sahel. *Field Crops Res.*, 57: 223–235.
- Burns J.C., Rhykerd C.L., Noller C.H., Cummings K.R., 1974. Influence nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the mineral concentration in *Medicago sativa* L.I. Seasonal changes. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 5: 247–259.
- Gaj R., 2012. The effect of different phosphorus and potassium fertilization on plant nutrition in critical stage and yield of winter triticale. *J. Europ. Central.*, 13(4): 704–716.
- GUS, 2009. Statistical Year book of Agriculture. Central Statistical Office.
- Jiang W.Z., 2006. Mn use efficiency in different wheat cultivars. *Environ. Experimental Botany*, 57: 41–50.
- Kalayci M., Torun B., Eker S., Aydin M., Oztruk L., Cakmak I., 1999. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivars grown in zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. *Field Crops Res.*, 63: 87–98.
- Kaushik R.D., Gupta V.K., Singh J.P., 1993. Distribution of zinc, cadmium, and copper forms in soils as influenced by phosphorus application. *Arid Soil Res. Rehabil.*, 7: 163–171.
- Khan C., McDonald G.K., Engel Z., 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea. *Plant Soil*, 249: 389–400.
- Kimball B.A., Morris C.F., Pinter J.P.J., Wall G.W., Hunsaker D.J., Damsen F.J., Lamorte R.L., Leavitt S.W., Tompson T.L., Mathias A.D., Brooks T.J., 2001. Elevated CO<sub>2</sub>, drought and soil nitrogen effects on wheat grain quality. *New Phytologist.*, 150: 295–303.
- Li B.Y., Zhou D.M., Cang L., Zhang H.L., Fan X.H., Qin S.W., 2007. Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Soil & Tillage Res.*, 96: 166–173.
- Liu D.L., Helyar K.R., Conyers M.K., Fisher R., Poile G.J., 2004. Response of wheat, triticale and barley to lime application in semi-arid soils. *Field Crops Res.* 90: 287–301.
- Mikhailova L.A., Merezko A.F., Funtikova E.Yu., 2009. Triticale diversity in leaf rust resistance. *Russian Agricult.Sci.*, 35(5): 320–323.
- Öborn I., Andrist-Randel Y., Askegaard, M., Grant, C.A., Watson, C.A., Edwards, A.C., 2005. Critical aspects of potassium management in agricultural systems. *Soil Use and Management*, 21: 102–112.
- Parylak D., Waclawowicz R., 2000. Manganese uptake by wheat under differentiated nitrogen fertilization rates. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 419–426.
- Pearson J.N., Rengel Z., 1995. Uptake and distribution of <sup>65</sup>Zn and <sup>54</sup>Mn in wheat grown at sufficient and deficient levels of Zn and Mn. II During grain development. *J. Exp. Bot.*, 46: 841–845.
- Radzka E., Koc G., Rak J., 2008. Precipitation- and temperature-related conditions of winter triticale production for feed purposes. *Fragm. Agron.*, XXV, 3(99): 135–143.



- Rengel Z., Natten G.D., Crowley D.E., 1999. Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field Crops Res.*, 60: 27–40.
- Roberts T.L. 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turk J. Agric. For.*, 32:177–182.
- Shi R., Zhang Y., Chen X., Sun Q., Zhang F., Römhed V., Zou Ch., 2010. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci.*, 51: 165–170.
- Shuman L.M., 1988. Effect of phosphorus level on extractable micronutrients and their distribution among soil fractions. *Soil Sci. Am. J.*, 52: 136–141.
- Stanisławska-Głubiak E., Strączyński S., Sienkiewicz-Cholewa U., 1996. Effect of yield level differentiation on micronutrient content in wheat grain. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 77–81.
- Ścigalska B., Łabuz B., 2008. Productivity of winter and dpring triticale in crop rotation and grain crop monoculture systems on good wheat complex soils. *Fragm. Agron.*, XXV, 3(99): 197–205.
- Szynal J., Sykut A., 1992. Influence of treatment with herbicides on wheat on macro- and microelements content in the grain. *Bromat. Chem. Toksykol.* XXV, 3: 243–249 (in Polish).
- Verma T.S., Minhas R.S., 1987. Zinc and phosphorus interaction in wheat – maize cropping system. *Fert. Res.*, 13: 77–86.
- World Health Organization, 1992. National Strategies for Overcoming Micronutrient Malnutrition. WHO, Geneva.
- Zhang K., Greenwood D.J., White P.J., Burns I.G., 2007. A dynamic model for the combined effects of N, P and K fertilizers on yield and mineral composition; description and experimental test. *Plant Soil*, 298: 81–98.
- Zhang R., Guo Y.X., Nan C.Q., 2004. Study of trace elements of wheat grain in different fertilizer treatments. *Acta Bot. Boreal. Occident. Sin.*, 24: 125–129.
- Yue H.W., Jing D., Dai T.B., Qin X.D., Jing Q., Cao W.X. 2007. Effect of nitrogen application rate on content of glutenin macropolymer and high molecular weight glutenin subunits in grains of two winter wheat cultivars. *J. Cereal Science*, 45: 248–256.
- Ziętecka M. 1989. Effect of nitrogen and copper fertilization on the magnitude and chemical composition of the winter wheat yield. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 325: 71–77.

## **WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM I POTASEM NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE MIKROELEMENTÓW (ZN, CU, MN) PRZEZ PSZENŻYTO OZIME I ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW**

### **Streszczenie**

Głównym celem badań była ocena zawartości cynku, miedzi i manganu w ziarnie i w słomie pszenżyta w warunkach stosowania dawki optymalnej oraz zredukowanego poziomu nawożenia P i K. Badania przeprowadzono w latach 2008–2011 na obiektach statycznego doświadczenia założonego w 2000 r. w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Brody, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Pszenżyto ozime odmiany Hortenso uprawiano w warunkach doświadczenia jednoczynnikowego. Czynnikiem badawczym był zróżnicowany poziom nawożenia mineralnego fosforem i potasem.

Prawidłowa zawartość mikroelementów w roślinach uprawnych jest podstawowym zagadnieniem agrotechnicznym, a także ważną cechą jakościową w kryteriach konsumpcyjnych

i paszowych. Zawartość Zn, Cu i Mn w ziarnie i w słomie pszenżyta ozimego była głównie warunkowana pogodą w latach badań. W przypadku Mn zawartość składnika w ziarnie i w słomie pszenżyta ozimego była także istotnie kształtowana przez zróżnicowane nawożenie PK. Analiza regresji wykazała, że plon ziarna determinowany był przez zawartość Cu i Mn w ziarnie, natomiast plon słomy w istotny sposób zależał tylko od zawartości Mn.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pszenżyto ozime, dawki potasu i fosforu, ziarno, słoma

**Renata Gaj<sup>1</sup>, Jacek Przybył<sup>2</sup>, Dariusz Górski<sup>3</sup>, Katarzyna Rębarz<sup>4</sup>**

**THE EFFECT OF DIFFERENT PHOSPHORUS AND POTASSIUM  
FERTILIZATION ON THE CONTENT AND UPTAKE  
OF MICRONUTRIENS (ZN, CU, MN) BY WINTER TRITICALE.  
II UPTAKE OF MICRONUTRIENTS**

**WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM  
I POTASEM NA ZAWARTOŚĆ ORAZ POBRANIE  
MIKROSKŁADNIKÓW (ZN, CU, MN)  
PRZEZ PSZENŹYTO OZIME.  
II POBRANIE SKŁADNIKÓW**

<sup>1</sup> *Department of Agricultural Chemistry and Environmental Biogeochemistry, Poznań University of Life Sciences*

*Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

<sup>2</sup> *Institute of Agricultural Engineering, Poznań University of Life Sciences  
Instytut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

<sup>3</sup> *Institute of Plant Protection – National Research Institute – IPP – Regional Experimental Station Toruń*

*Instytut Ochrony Roślin – PIB, Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu*

<sup>4</sup> *Department of Agronomy, Poznań University of Life Sciences*

*Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

The aim of the field study was to evaluate accumulation of zinc, copper and manganese in triticale at selected plant growth stages – with respect to optimal and reduced rates of potassium and phosphorus fertilization. Determination of specific uptake of both macro- and micronutrients constitutes an essential aspect of knowledge for appropriate preparation of triticale fertilization plan. Accumulation of micronutrients in triticale was significantly diversified depending on the element, plant development stage and a level of mineral fertilization with phosphorus and potassium. Mineral fertilization significantly increased accumulation of all micronutrients analyzed when compared with the control treatment. The lack of fertilization with phosphorus resulted in significant reduction of

---

Do cytowania – For citation: Gaj R., Przybył J., Górski D., Rębarz K., 2013. The effect of different phosphorus and potassium fertilization on the content and uptake of micronutrients (Zn, Cu, Mn) by winter triticale. II uptake of micronutrients. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIV, 592: 19–26.

accumulation of zinc, copper and manganese in winter triticale grain when compared to the treatment with no potassium fertilization. Increasing rates of phosphorus caused raised accumulation of zinc in triticale grain and straw. Triticale grain yield at tillering and earing stages was significantly shaped mainly by the total uptake of zinc. The factor which differentiated micronutrient uptake, especially as regards zinc and manganese, was also weather course during the years of experiment. Rainfall deficit in the spring months, at the stage of intensive growth of winter triticale, resulted in significant reduction of Zn and Mn uptake in grain and straw.

KEY WORDS: accumulation micronutrients, winter triticale, grain, straw

## INTRODUCTION

Greater than ever allotment of triticale cultivation area calls for deeper understanding of triticale requirements not only in terms of macro- but also micronutrients. Utilization of plant yield enhancing potential depends not so much on amounts of nutrients introduced into soil as mineral fertilizers but on physical and chemical conditions that influence element uptake by plants. A level of plant yielding is directly connected with the amount of macro- and microelements accumulated in plants (Bergmann 1992, Czuba 2000). Furthermore, knowledge on volume of microelement uptake is critical for sustainable fertilization, i.e. fertilization which ensures returning back to soil the amounts of nutrients which were removed from the field with yields (Gorlach and Gambuś 1992). Triticale yielding relies upon not only plant genetic features, but also upon agrotechnological factors including fertilization. The results of up to date research have indicated that mineral fertilization is one of several factors which differentiate the content and accumulation of micronutrients in plants (Marschner 1986, Rabikowska 2000, Li et al. 2007).

The aim of the field study carried out was to evaluate accumulation of zinc, copper and manganese in triticale at selected plant growth stages with respect to optimal and reduced rates of potassium and phosphorus fertilization.

## MATERIALS AND METHODS

Experiment characteristics are presented in Part I of the study. Triticale nutrient uptake was computed in  $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$  by multiplying obtained nutrient concentrations by yields of grain and straw. The total uptake of nutrients was calculated by adding each nutrient uptake into triticale grain and straw. Evaluations of nutrient uptake were carried out at four timings related to the following plant growth stages: BBCH 31, BBCH 55, BBCH 65 and BBCH 92. The synthesis of single-year results was carried out using mixed model ANOVA, which assumed the fertilization level as the constant effect and the year of observations as the random effect. Significance of differences between means was tested with Tukey's test at  $p < 0.05$ . Simple correlation and multiple regression analyses were applied for evaluation of cause and effect relationships between the parameters analyzed. Regression analysis was performed using backward stepwise regression. The calculations were carried out until all variables in the equation were significant at  $p < 0.05$ . All calculations were performed with Microsoft Excel<sup>®</sup> 2007 and Statistica<sup>®</sup> 10.

## RESULTS AND DISCUSSION

Triticale is a plant considered by farmers as low demanding with regard to nutritional requirements when cultivated. This approach can result in lower yields harvested, which most often stay a great deal below triticale production potential defined by the Research Centre for Cultivar Testing (COBORU). Determination of specific uptake of both macro- and micronutrients constitutes an essential aspect of knowledge for appropriate preparation of triticale fertilization plan. Unit uptake index connects the amount of yield with that of nutrients accumulated in above-ground biomass at the time of harvest. The effects of micronutrient application are not always visible as profitable crop enhancement, since opposite to macronutrients they are not incorporated into plant structural compounds but fulfill their role in metabolism during each of plant growth stages (Grusak et al. 1999). According to Ruszkowska et al. (1986) it is possible to meet plant needs with regard to micronutrients through controlling their availability in soil, without application of microelement fertilizers. Several authors state that plant growth rate as well as metabolic activity are main components which set up nutrient uptake (Greenwood et al. 1991). Mazur and Mazur (2004) emphasize that the main factor which limits uptake of most micronutrients from soil is mainly the content of their available forms in soil, and this depends on soil reaction as well as contents of organic matter. Considerable research has been focused on the effects of nitrogen fertilization on micronutrient accumulation (Shi et al. 2010), whereas less attention has been drawn to the effects of phosphorus and potassium.

In the present study, accumulation of micronutrients in winter triticale was differentiated according as plant growth stage, the element analyzed and the year of observations. Regardless the treatment investigated and triticale growth stage, mineral fertilization significantly increased Zn, Cu and Mn total uptake when compared to the control treatment (fig. 1, 2, 3). Most intensive uptake of all micronutrients was observed from the beginning of stem elongation stage to the stage of tillering. On the whole, this results in the increase of micronutrient concentration in plants, high biomass increment as well as intensification of metabolic processes. The experiment factor differentiated micronutrient uptake intensity, especially with regard to zinc. In the treatments with reduced phosphorus and potassium rates, there was observed the highest accumulation of Zn at flowering stage. Triticale plants fertilized with optimal P and K rates with regard to nitrogen (RBF and RBF-PAPR) prolonged Zn accumulation till the end of vegetation. Regardless P and K fertilization levels, the largest accumulation of copper was observed at triticale flowering stage, whereas that of manganese was observed at the stage of full ripening (fig. 2 and 3).

Another factor which differentiated uptake of analyzed micronutrients during the years of experiment was weather course. The biggest differences in nutrient accumulation were observed for zinc and manganese, especially in the years 2008 and 2011. The differences found were a result of particularly unfavorable for triticale growth precipitation distribution in the year 2011, followed by significant reduction of accumulation of zinc and manganese – both in triticale grain and straw (tab. 1). The lack of rainfall during the spring period in 2011, at the essential time in terms of triticale needs for water, constrained Zn and Mn mobility in the humus layer of soil. The latter constitutes natural source of micronutrients, and consequently significant differences in element uptake were observed more than ever in 2011.

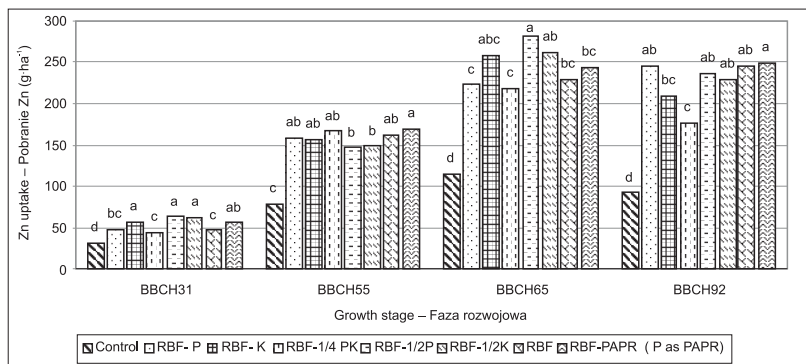


Fig. 1. Total zinc uptake depending on winter triticale growth stage (g·ha<sup>-1</sup>)

Ryc. 1. Całkowite pobranie cynku w zależności od fazy rozwojowej pszenżyta ozimego

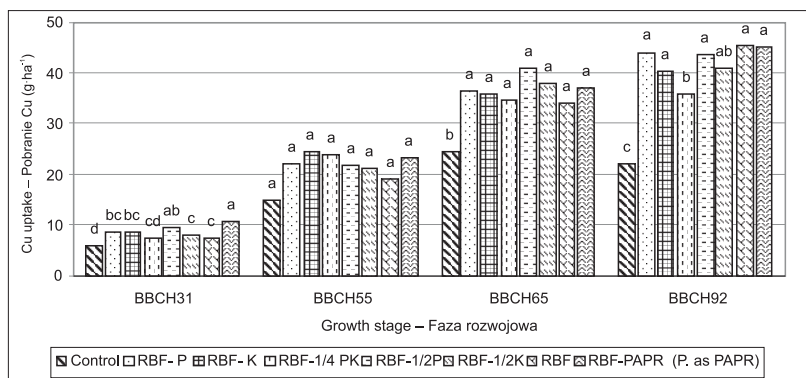


Fig. 2. Total copper uptake depending on winter triticale growth stage (g·ha<sup>-1</sup>)

Ryc. 2. Całkowite pobranie miedzi w zależności od fazy rozwojowej pszenżyta ozimego

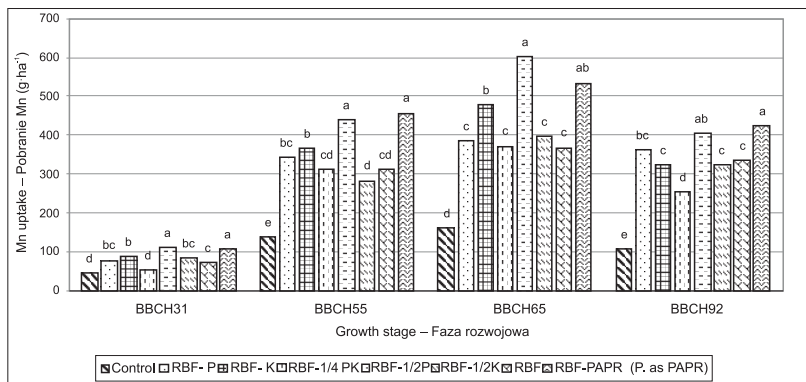


Fig. 3. Total manganese uptake depending on winter triticale growth stage (g·ha<sup>-1</sup>)

Ryc. 3. Całkowite pobranie manganu w zależności od fazy rozwojowej pszenżyta ozimego

Table 1  
Tabela 1

Uptake of micronutrients by winter triticale grain and straw according as the level of phosphorus and potassium fertilization at stage BBCH 92 (4 year means)  
Pobranie mikrośladników przez pszenżyto ozime w zależności od poziomu nawożenia fosforem i potasem oraz fazy rozwojowej roślin (średnia z 4 lat)

Factors Czynniki		Nutrients – Składniki					
		Zn		Cu		Mn	
		grain ziarno	straw słoma	grain ziarno	straw słoma	grain ziarno	straw słoma
Years Lata	2008	236.85 <sup>a</sup>	121.03 <sup>a</sup>	20.47 <sup>b</sup>	12.17 <sup>d</sup>	229.36 <sup>a</sup>	219.93 <sup>a</sup>
	2009	126.49 <sup>c</sup>	38.00 <sup>c</sup>	22.58 <sup>a</sup>	29.53 <sup>a</sup>	145.36 <sup>c</sup>	193.16 <sup>b</sup>
	2010	149.03 <sup>b</sup>	65.40 <sup>b</sup>	22.81 <sup>a</sup>	16.03 <sup>c</sup>	181.23 <sup>b</sup>	162.97 <sup>c</sup>
	2011	81.33 <sup>d</sup>	22.71 <sup>d</sup>	14.63 <sup>c</sup>	20.30 <sup>b</sup>	83.94 <sup>d</sup>	50.64 <sup>d</sup>
Treatments Obiekty	Control (KA)	69.31 <sup>c</sup>	23.24 <sup>d</sup>	11.65 <sup>d</sup>	10.62 <sup>c</sup>	55.65 <sup>c</sup>	51.49 <sup>c</sup>
	RBF-P	130.46 <sup>b</sup>	47.13 <sup>c</sup>	17.69 <sup>c</sup>	18.39 <sup>b</sup>	118.42 <sup>d</sup>	133.98 <sup>b</sup>
	RBF-K	175.27 <sup>a</sup>	69.96 <sup>ab</sup>	24.00 <sup>a</sup>	21.30 <sup>ab</sup>	183.95 <sup>bc</sup>	151.43 <sup>b</sup>
	RBF-1/4 P K	157.20 <sup>ab</sup>	70.88 <sup>ab</sup>	21.40 <sup>ab</sup>	19.31 <sup>b</sup>	168.35 <sup>c</sup>	155.41 <sup>b</sup>
	RBF-1/2P	169.30 <sup>a</sup>	75.83 <sup>a</sup>	22.43 <sup>ab</sup>	21.57 <sup>ab</sup>	167.36 <sup>c</sup>	195.68 <sup>a</sup>
	RBF-1/2K	148.49 <sup>ab</sup>	60.35 <sup>b</sup>	20.49 <sup>bc</sup>	19.78 <sup>ab</sup>	156.51 <sup>c</sup>	167.44 <sup>ab</sup>
	RBF	160.60 <sup>ab</sup>	75.39 <sup>a</sup>	21.34 <sup>ab</sup>	22.04 <sup>ab</sup>	205.17 <sup>ab</sup>	198.10 <sup>a</sup>
	RBF-PAPR (P as PAPR)	176.75 <sup>a</sup>	71.50 <sup>ab</sup>	21.98 <sup>ab</sup>	23.06 <sup>a</sup>	224.38 <sup>a</sup>	199.85 <sup>a</sup>
	Interaction Year × Treatments	n.s.	s.	n.s.	s.	n.s.	s.

Means indicated by different letters are significantly different (Tukey Test,  $p < 0.05$ )

n.s. – no significant, s. – significant

Accumulation of micronutrients in final triticale yield relied upon their buildup in the primary (grain) and secondary (straw) yields. In the case of zinc, much higher accumulation was observed in grain when compared to straw. Average Zn accumulation in triticale grown on fertilized treatments was  $159.7 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  in grain and  $67.3 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  in straw. Accumulations of copper and manganese, both in grain and straw, were at a comparable levels (tab. 1). Among all fertilization treatments tested, the lowest accumulation of all observed micronutrients was found at the site without phosphorus fertilization (RBF-P), which can be a sign of the lack of nutritional balance. Micronutrient accumulation in triticale at full ripening stage was affected to much bigger extent by the lack of phosphorus than potassium. In the treatment with no application of phosphorus for 10 years (RBF-P) there was found significantly lower uptake of the micronutrients analyzed than that in the

treatment without potassium (RBF-K). In the case of zinc, the difference was 25.6% and for copper and manganese this was 26.3% and 35.6%, respectively. Contrary to numerous literature data (Buerkert et al. 1998) indicating antagonistic activity of phosphorus with regard to zinc, in the present study the largest reduction of Zn uptake was observed in the treatment without phosphorus fertilization (RBF-P). Increasing P rates resulted in raised accumulation of zinc in triticale grain as well as in its straw.

The results of regression analysis between triticale grain yield and nutrient uptake showed that at tillering and earing stages grain yield (GY) was significantly shaped by the total uptake of zinc. Zinc accumulation at BBCH 31 and BBCH 55 stages determined grain yield in 33% and 45%, respectively. These relationships are presented in the following regression equations (1 and 2).

$$(1) \text{ GY} = 6.23 (\text{Zn}) + 229.51 \quad n = 128; \quad R^2 = 0.33; \quad p < 0.000$$

$$(2) \text{ GY} = 2.11 (\text{Zn}) + 234.14 \quad n = 128; \quad R^2 = 0.45; \quad p < 0.000$$

The effect of manganese total uptake on formation of triticale grain yield was indicated to much bigger extent at the stage of flowering (equation 3).

$$(3) \text{ GY} = 0.28 (\text{Mn}) + 431.52 \quad n = 128; \quad R^2 = 0.21; \quad p < 0.000$$

## CONCLUSIONS

1. Accumulation of Zn, Cu and Mn in winter triticale significantly depended on the level of mineral fertilization with P and K as well weather conditions during the years of observations. Rainfall deficiency during the spring months, at the stage of intensive winter triticale growth, resulted in reduced uptake of Zn and Mn in triticale grain and straw.

2. The level of P and K fertilization significantly influenced intensity of zinc uptake. Triticale fertilized with reduced rates of phosphorus and potassium indicated zinc uptake until its flowering stage, whereas zinc uptake lasted till the end of vegetation when winter triticale was treated with P and K rates balanced with regard to nitrogen.

3. The lack of phosphorus fertilization resulted in significant reduction of zinc, copper and manganese accumulation in winter triticale grain in comparison with the treatment with no potassium applied.

4. Increasing rates of phosphorus caused the increase of zinc accumulation in grain and straw of winter triticale.

5. At the stage of beginning of tillering as well at earing stage, winter triticale grain yield was significantly shaped by the total micronutrient uptake, and especially that of zinc.

## REFERENCES

- Bergmann W., 1992. *Nutritional Disorders of Plants, Development, Visual and Analytical Diagnosis*. Gustaw Fisher Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Buerkert A., Haake C., Ruckwied M., Marschner H., 1999. Phosphorus application affects the nutritional quality of millet grain in the Sahel. *Field Rops Research*, 57: 223–235.



- Czuba R., 1996. Propriety and possibilities of plant micronutrient deficiencies supplying. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 55–64.
- Czuba R., 2000. The micronutrients in recent fertilization systems. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 161–170.
- Gorlach E., Gambuś F., 1992. Microelements in plant fertilisation. Needs and application. *Mat. VII Symp. Micronutrients in agriculture. AR Wrocław*: 13–19.
- Greenwood D.J., Gastal F., Lemaire G., Draycott A., Miliard P., Neeteson J.J., 1991. Growth rate % N of field grown crops: theory and experiments. *Annals of Botany*, 67: 181–190.
- Grusak M., Pearson J.N., Marentes E., 1999. The physiology of micronutrient homeostasis in field crops. *Field Crops Res.*, 60: 41–56.
- Grzyś E., 2004. The role and importance of micronutrients in plants nutrition. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 502: 89–99.
- Li B.Y., Zhou D.M., Cang L., Zhang H.L., Fan X.H., Qin S.W., 2007. Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Soil & Tillage Res.*, 96: 166–173.
- Marschner H., 1986. Mineral nutrition in higher plants. **Part 11. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests.** Academic Press, London: 369–390.
- Mazur T., Mazur Z., 2004. Uptake by plants and concentration in soil of copper, manganese and zinc as dependent on the fertilization system. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 502: 235–245.
- Rabikowska B., 2000. Copper, manganese and zinc contents and their accumulation in spring barley cultivated under conditions of long-term differentiated farmyard manure and nitrogen fertilization. Part I. Contents of Cu, Mn and Zn in grain and straw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 463–471.
- Ruszkowska M., Myszka A., Kukurenda H., 1986. Uptake and importance of mineral components in plants under conditions of intensive fertilization. IUNG Puławy.
- Shi R., Zhang Y., Chen X., Sun Q., Zhang F., Römhed V., Zou Ch., 2010. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), *J. Cereal Sci.*, 51: 165–170.

**WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM I POTASEM  
NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE MIKROSKŁADNIKÓW (ZN, CU, MN)  
PRZEZ PSZENŻYTO OZIME  
II POBRANIE SKŁADNIKÓW**

**Streszczenie**

Celem pracy była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego fosforem i potasem na akumulację cynku, miedzi i manganu w pszenżycie w wyznaczonych fazach rozwojowych rozważana w aspekcie dawki optymalnej oraz zredukowanego poziomu nawożenia fosforem i potasem. Akumulacja mikroskładników w pszenżycie była istotnie zróżnicowana w zależności od pierwiastka, analizowanej fazy rozwojowej oraz poziomu nawożenia mineralnego fosforem i potasem. Nawożenie mineralne w porównaniu z wariantem kontrolnym istotnie zwiększyło akumulację wszystkich analizowanych mikroskładników. Brak nawożenia fosforem skutkowało istotną redukcją akumulacji cynku, miedzi i manganu w ziarnie pszenżyta ozimego w porównaniu z wariantem bez nawożenia potasem. Wzrastające dawki fosforu powodowały wzrost akumulacji cynku w ziarnie

i w słomie pszenżyta. W fazie początku strzelania w źdźbło oraz kłoszenia, plon ziarna pszenżyta ozimego był istotnie kształtowany przez całkowite pobranie głównie cynku. Czynnikiem istotnie różnicującym pobranie mikrośladników były również warunki pogodowe, szczególnie w przypadku do cynku i manganu. Niedobór opadów w miesiącach wiosennych, w fazie intensywnego wzrostu pszenżyta ozimego skutkował znaczną redukcją pobrania Zn i Mn w ziarnie oraz w słomie pszenżyta ozimego.

SŁOWA KLUCZOWE: akumulacja składników, pszenżyto ozime, ziarno, słoma

**Mateusz Gramza**

**POZOSTAŁOŚCI ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN  
STOSOWANYCH W SADZIE JABŁONIOWYM  
PRODUKUJĄCYM ŻYWNOSĆ DLA NIEMOWLĄT  
I MAŁYCH DZIECI**

**RESIDUE LEVELS OF PLANT PROTECTION PRODUCTS USED  
IN APPLE ORCHARD PRODUCING BABY FOOD FOR INFANTS  
AND YOUNG CHILDREN**

*Biotek Agriculture Polska Sp. z o.o.*

Powszechnie wzrastające ilości stosowanych środków ochrony roślin służących produkcji sadowniczej stanowią poważne ryzyko kumulacji szkodliwych substancji czynnych w owocach. Ten niekorzystny proces jest szczególnie istotny w przypadku produkcji owoców jabłoni, które stanowią jeden z pierwszych składników pokarmowych przeznaczonych dla niemowląt i małych dzieci. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki dwuletnich badań pozostałości zastosowanych środków ochrony przeprowadzone w komercyjnym sadzie jabłoniowym ukierunkowanym na produkcję owoców dla niemowląt i małych dzieci. Badania stanowią materiał pomocniczy, przydatny przy konstruowaniu nowoczesnego programu ochrony sadu jabłoniowego z uwzględnieniem poziomów pozostałości środków ochrony roślin.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pozostałości środków ochrony roślin w produktach spożywczych, żywność dla niemowląt i małych dzieci, uprawa jabłoni wolnych od pozostałości

**WSTĘP**

Jedną z metod ochrony upraw sadowniczych przed działaniem szkodliwych organizmów jest stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje czynne lub ich mieszaniny. Konsekwencją ich stosowania mogą być szkodliwe pozostałości środków ochrony roślin w przetworzonych produktach żywnościowych (Łozowicka i wsp. 2011a,b).

---

Do cytowania – For citation: Gramza M., 2013. Pozostałości środków ochrony roślin stosowanych w sadzie jabłoniowym produkującym żywność dla niemowląt i małych dzieci. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIV, 592: 27–36.

Prawodawstwo Unii Europejskiej sporządziło wykaz produktów spożywczych, do których stosuje się najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości środków ochrony roślin<sup>1</sup>. W konsekwencji ustalenia przepisów unijnych, nastąpiła także nowelizacja prawa polskiego. W Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 17 października 2007 r. określono najwyższy dopuszczalny poziom pozostałości substancji aktywnych środków ochrony roślin w produktach do początkowego, a także dalszego żywienia niemowląt i małych dzieci (Machowska i Sadło 2009). W myśl tego rozporządzenia najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości tych środków w produktach spożywczych przeznaczonych dla niemowląt i małych dzieci nie mogą przekroczyć  $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i zaliczane są do specjalnego przeznaczenia żywieniowego (Cielecka i Dereń 2011, Kalisz i Mitek 2006, Nowacka i wsp. 2011).

Celem badania przeprowadzonego w 2009 i 2011 r. było określenie pozostałości środków ochrony roślin w jabłkach przeznaczonych dla niemowląt i małych dzieci, przy zastosowaniu optymalnej ochrony sadu. Dodatkowo, zbadano wpływ odmiany jabłoni na wielkość poziomu pozostałości w owocach po zastosowaniu programu ochrony.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie zostało przeprowadzone w owocującym, komercyjnym sadzie jabłoniowym w województwie dolnośląskim. Badaniem objęto dwie odmiany jabłoni: ‘Golden Delicious Reinders’ oraz ‘Idared’. Program ochrony sadu obejmował następujące ograniczenia, które w konsekwencji zmniejszyły ilości stosowanych preparatów:

- dawkę środków ochrony roślin obniżono do połowy dawki stosowanych pestycydów na początku sezonu wegetacyjnego (do fazy rozwojowej rośliny BBCH 11: rozwinięty pierwszy liść, pozostałe dopiero się rozwijają) i w końcowej fazie ochrony sadu, tj. do około drugiej połowy czerwca, kiedy owoc osiąga połowę typowej wielkości (faza rozwojowa BBCH 75),
- ograniczono stosowanie preparatów kontaktowych w ochronie sadu przed parchem jabłoni oraz wyznaczono maksymalny termin stosowania tych preparatów, tj. połowę czerwca (faza rozwojowa jabłoni BBCH 75),
- zrezygnowano z ochrony chemicznej przed infekcją wtórną parcha jabłoni w drugiej części sezonu oraz przed chorobami przechowalniczymi.

Próbki owoców do analizy laboratoryjnej pozostałości środków ochrony roślin zostały pobrane przed zbiorem z obu odmian jabłoni. Owoce zostały zebrane losowo, z 10 drzew rosnących po przekątnej wyznaczonej uprzednio kwatery, z różnych stron korony drzew. Pojedyncza próbka każdej odmiany zawierała minimum 10 zdrowych owoców podobnej wielkości (nie mniej niż 1,5–2,0 kg). Próbki przeznaczone do celów analitycznych, zaraz po pobraniu, umieszczono w czystym opakowaniu, zapewniającym ochronę przed uszkodzeniami, zabrudzeniami i ubytkiem. Próbki zostały oznaczone

<sup>1</sup> Nadrzędnym dokumentem regulującym jakość żywności dla dzieci i niemowląt jest Rozporządzenie Wspólnot Europejskich Nr 396/2005 parlamentu europejskiego i rady z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności pochodzenia roślinnego oraz na ich powierzchni.

w sposób umożliwiającą ich dokładną identyfikację oraz zarejestrowane zostały w systemie elektronicznym odbiorcy. Po pobraniu – próbki zostały niezwłocznie wysłane z gwarancją ich dostarczenia w czasie nieprzekraczającym 24 h. Analizę próbek owoców z sezonu 2009 wykonano we włoskim laboratorium Neutron SPA w Modenie 21 września 2009 r., a próbki jabłek z sezonu 2011 w niemieckim laboratorium CLF Central Laboratories Friedrichsdorf GmbH 12 września 2011 r.

## WYNIKI I OMÓWIENIE

W pierwszym roku badań (2009) szczegółowy program ochrony sadu jabłoniowego (tab. 1) został oparty na dostępnych na rynku, zarejestrowanych środkach ochrony roślin, powszechnie stosowanych w uprawie sadów jabłoniowych w Polsce. Zgodnie z założeniami w przeprowadzonym badaniu ograniczono ilości stosowanych środków ochrony roślin (tab. 1).

Tabela 1  
Table 1

Przebieg ochrony sadu jabłoniowego w 2009 r.  
Spray programme of an apple orchard in 2009

Data zabiegu Date of treatment	Nazwa preparatu Product	Substancja czynna Active substance	Program ograni- czony Limited protection	Dawka standard Standard rate
09.04.2009	Merpan 80 WG	captan	0,95 kg·ha <sup>-1</sup>	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
15.04.2009	Merpan 80 WG	captan	0,95 kg·ha <sup>-1</sup>	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
15.04.2009	Calypso 480 SC	thiacloprid	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
22.04.2009	Nimrod 250 EC	bupirimate	1,00 l·ha <sup>-1</sup>	1,00 l·ha <sup>-1</sup>
22.04.2009	Mythos 300 SC	pyrimethanil	1,50 l·ha <sup>-1</sup>	1,50 l·ha <sup>-1</sup>
25.04.2009	Runner 240 SC	methoxyfenozide	0,40 l·ha <sup>-1</sup>	0,40 l·ha <sup>-1</sup>
25.04.2009	Nissorun 050 EC	hexythiazox	0,90 l·ha <sup>-1</sup>	0,90 l·ha <sup>-1</sup>
08.05.2009	Captan 80 WG	captan	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>	2,80 kg·ha <sup>-1</sup>
16.05.2009	Captan 80 WG	captan	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>	2,80 kg·ha <sup>-1</sup>
16.05.2009	Score 250 EC	difenoconazole	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
20.05.2009	Ortus 05 SC	fenpyroximate	1,50 l·ha <sup>-1</sup>	1,50 l·ha <sup>-1</sup>
25.05.2009	Calypso 480 SC	thiacloprid	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
25.05.2009	Delan 700 WG	dithianon	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
02.06.2009	Score 250 EC	difenoconazole	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
10.06.2009	Delan 700 WG	dithianon	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
15.06.2009	Steward 30 WG	indoxacarb	0,20 kg·ha <sup>-1</sup>	0,20 kg·ha <sup>-1</sup>
17.06.2009	Delan 700 WG	dithianon	0,375 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
24.06.2009	Captan 80 WG	captan	–	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>

Fungicydy kontaktowe, stanowiące trzon ochrony przed chorobami, zastosowane w 2009 r. zostały ograniczone o ponad 40% w przypadku substancji aktywnej captan (3a,4,7,7a-tetrahydro-2-[(trichloromethyl)thio]-1H-isoindole-1,3(2H)-dione) oraz blisko 17% w przypadku substancji aktywnej dithianon (5,10-dihydro-5,10-dioxonaphto[2,3-b]-1,4 dithiine-2,3-dicarbonitrile). W 2009 r. nie zaistniała potrzeba stosowania zabiegów ochrony przed chorobami przechowalniczymi (Sadło i Walorczyk 2011) oraz ochrony przed infekcją wtórną parcha jabłoni.

W 2009 r. założony nieprzekraczalny poziom dla pozostałości na poziomie 0,01 mg·kg<sup>-1</sup> udało się osiągnąć w przypadku wszystkich użytych substancji aktywnych oprócz dithianonu (5,10-dihydro-5,10-dioxonaphto[2,3-b]-1,4dithiine-2,3-dicarbonitrile) w odmianie 'Golden Delicious Reinders' (tab. 2); został on zastosowany 25.05.2009 r. oraz 10.06.2009 r. w dawce 0,75 kg·ha<sup>-1</sup>, a 17.06.2009 r. w dawce 0,375 kg·ha<sup>-1</sup>.

W programie ochrony sadu jabłoniowego w sezonie 2011 (tab. 3) zrealizowano założenia ograniczenia wykorzystania kontaktowych preparatów fungicydowych zarówno w przypadku substancji aktywnej captan, jak i dithianon na poziomie 40%. Captan 80 WG zastosowano w ilości mniejszej o 4,75 kg·ha<sup>-1</sup>, a Delan 700 WG o 1,375 kg·ha<sup>-1</sup>.

W sezonie 2011, w przypadku obu badanych odmian jabłoni, przekroczone zostały założone poziomy pozostałości środków ochrony roślin w produkcji żywności dla niemowląt i małych dzieci (tab. 4). Poziom substancji czynnej captan (3a,4,7,7a-tetrahydro-2-[(trichloromethyl)thio]-1H-isoindole-1,3(2H)-dione) oznaczony został na poziomie 0,014 mg·kg<sup>-1</sup> w przypadku odmiany 'Idared' oraz 0,020 mg·kg<sup>-1</sup> w przypadku odmiany 'Golden Delicious Reinders'. Poziom drugiej kontaktowej substancji czynnej dithianon (5,10-dihydro-5,10-dioxonaphto[2,3-b]-1,4 dithiine-2,3-dicarbonitrile) przekroczone został w analizowanych próbkach odmiany 'Golden Delicious Reinders' (0,041 mg·kg<sup>-1</sup>) oraz osiągnął wartość graniczną 0,01 mg·kg<sup>-1</sup> w analizowanych próbkach odmiany 'Idared'. Substancja czynna owadobójcza indoxacarb (methyl (4aS)-7-chloro-2,5-dihydro-2-[[[(methoxycarbonyl)[4-(trifluoromethoxy) phenyl]amino] carbonyl]indeno[1,2-e][1,3,4] oxadiazine-4a(3H)-carboxylate methyl (4aS)-7-chloro-2,5-dihydro-2-[[[(methoxycarbonyl)[4-(trifluoromethoxy) phenyl] amino]carbonyl]indeno[1,2-e][1,3,4] oxadiazine-4a(3H)-carboxylate) oznaczona została na poziomie 0,013 mg·kg<sup>-1</sup>, co oznacza przekroczenie normy o 0,003 mg·kg<sup>-1</sup> w świeżych owocach odmiany 'Golden Delicious Reinders'.

Tabela 2  
Table 2Pozostałości środków ochrony roślin w 2009 r.  
Pesticide residues in 2009

Substancja aktywna Active substance	Pozostałości ś.o.r. 'Idared' (mg·kg <sup>-1</sup> ) w 2009 r. Pesticide residues in 'Idared'		Pozostałości ś.o.r. 'Golden' (mg·kg <sup>-1</sup> ) w 2009 r. Pesticide residues in 'Golden'	
	LQ*	wynik result	LQ*	wynik result
<b>bupirimate</b> 5-butyl-2-(ethylamino)-6-methyl-4-pyrimidinyl dimethylsulfamate	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>captan</b> 3a,4,7,7a-tetrahydro-2-[(trichloromethylthio)- -1H-isoindole-1,3(2H)-dione	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>difenoconazole</b> 1-[2-[2-chloro-4-(4-chlorophenoxy)phenyl]-4-methyl- -1,3-dioxolan-2-ylmethyl]-1H-1,2,4-triazole	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>dithianon</b> 5,10-dihydro-5,10-dioxonaphto[2,3-b]-1,4 dithiine- -2,3-dicarbonitrile	0,01	<0,01	0,01	0,017
<b>fenpyroximate</b> 1,1-dimethylethyl 4-[[[(E)-[(1,3-dimethyl-5-phenoxy- 1H-pyrazol-4-yl)methylene]amino]oxy]methyl]benzoate	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>hexythiazox</b> (4R,5R)-rel-5-(4-chlorophenyl)-N-cyclohexyl-4-methyl- -2-oxo-3--thiazolidinecarboxamide	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>indoxacarb</b> methyl (4aS)-7-chloro-2,5-dihydro-2- [[methoxycarbonyl] [4-(trifluoromethoxy)phenyl]amino]carbonyl]indeno [1,2-e][1,3,4] oxadiazine-4a(3H)-carboxylate	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>methoxyfenozide</b> 3-methoxy-2-methylbenzoic acid 2-(3,5-dimethylbenzoyl)-2-(1,1-dimethylethyl)hydrazide	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>pyrimethanil</b> 4,6-dimethyl-N-phenyl-2-pyrimidinamine	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>thiacloprid</b> (Z)-[3-[(6-chloro-3-pyridinyl)methyl]- -2-thiazolidinylidene]cyanamide	0,01	<0,01	0,01	<0,01

\*- lower than Quantification Limit

Tabela 3  
Table 3Przebieg ochrony sadu jabłoniowego w 2011 r.  
Spray programme of an apple orchard in 2011

Data zabiegu Date of treatment	Nazwa preparatu Product	Substancja aktywna Active substance	Program ograniczony Limited protec- tion	Dawka standard Standard rate
11.04.2011	Delan 700 WG	dithianon	0,375 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
18.04.2011	Delan 700 WG	dithianon	0,375 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
27.04.2011	Captan 80 WG	captan	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
27.04.2011	Score 250 EC	difenoconazole	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
28.04.2011	Calypso 480 SC	thiacloprid	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
04.05.2011	Captan 80 WG	captan	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
09.05.2011	Captan 80 WG	captan	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
16.05.2011	Delan 700 WG	dithianon	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
20.05.2011	Calypso 480 SC	thiacloprid	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
20.05.2011	Nissorun 050 EC	hexythiazox	0,90 l·ha <sup>-1</sup>	0,90 l·ha <sup>-1</sup>
25.05.2011	Delan 700 WG	dithianon	0,375 kg·ha <sup>-1</sup>	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
31.05.2011	Captan 80 WG	captan	0,95 kg·ha <sup>-1</sup>	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
06.06.2011	Steward 30 WG	indoxacarb	0,17 kg·ha <sup>-1</sup>	0,17 kg·ha <sup>-1</sup>
06.06.2011	Captan 80 WG	captan	–	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
13.06.2011	Calypso 480 SC	thiacloprid	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
19.06.2011	Score 250 EC	difenoconazole	0,20 l·ha <sup>-1</sup>	0,20 l·ha <sup>-1</sup>
19.06.2011	Captan 80 WG	captan	–	1,90 kg·ha <sup>-1</sup>
06.08.2011	Delan 700 WG	dithianon	–	0,75 kg·ha <sup>-1</sup>
06.08.2011	Actara 25 WG	thiamethoxam	–	0,20 kg·ha <sup>-1</sup>



Tabela 4  
Table 4Pozostałości środków ochrony roślin w 2011 r.  
Pesticide residues in 2011

Substancja aktywna Active substance	Pozostałości ś.o.r. 'Idared' (mg·kg <sup>-1</sup> ) w 2011 r. Pesticide residues in 'Idared'		Pozostałości ś.o.r. 'Golden' (mg·kg <sup>-1</sup> ) w 2011 r. Pesticide residues in 'Golden'	
	LQ	wynik result	LQ	wynik result
<b>bupirimate</b> 5-butyl-2-(ethylamino)-6-methyl-4-pyrimidynyl dime- thylsulfamate	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>captan</b> 3a,4,7,7a-tetrahydro-2-[(trichloromethyl)thio]-1H-iso- indole-1,3(2H)-dione	0,01	0,014	0,01	0,02
<b>difenoconazole</b> 1-[2-[2-chloro-4-(4-chlorophenoxy)phenyl]-4-methyl- 1,3-dioxolan- 2-ylmethyl]-1H-1,2,4-triazole	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>dithianon</b> 5,10-dihydro-5,10-dioxonaphto[2,3-b]-1,4 dithiine- -2,3-dicarbonitrile	0,01	0,01	0,01	0,041
<b>hexythiazox</b> (4R,5R)-rel-5-(4-chlorophenyl)-N-cyclohexyl- -4-methyl-2-oxo-3-thiazolidinecarboxamide	0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>indoxacarb</b> methyl (4aS)-7-chloro-2,5-dihydro-2- -[[[methoxycarbonyl] [4-(trifluoromethoxy)phenyl]amino]carbonyl] indeno[1,2-e][1,3,4] oxadiazine-4a(3H)-carboxylate	0,01	<0,01	0,01	0,013
<b>thiacloprid</b> (Z)-[3-[(6-chloro-3-pyridinyl)methyl]-2-thiazolidinyli- dene]cyanamide	0,01	<0,01	0,01	<0,01

## WNIOSKI

1. Na różnych odmianach jabłoni w badaniach na poziom pozostałości zastosowanych pestycydów, stwierdzono zróżnicowane wielkości zawartości substancji czynnych, pomimo jednolitego programu ochrony przyjętego dla całego badanego obszaru sadu.

2. Produkcja owoców jabłoni w analizowanych latach 2009 i 2011 spełniła kryteria najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości, które są stawiane składnikom żywności dla niemowląt i małych dzieci jedynie w przypadku odmiany 'Idared' w roku 2009.

Poziomy pozostałości zastosowanych środków ochrony roślin mieściły się w normie 0,01 mg·kg<sup>-1</sup> świeżych owoców.

3. W 2009 r. w jabłkach odmiany 'Golden Delicious Reinders' przekroczona została norma zawartości substancji czynnej dithianon (0,017 mg·kg<sup>-1</sup>), zaś w 2011 r. przekroczona została norma zawartości substancji czynnej captan (0,02 mg·kg<sup>-1</sup>), dithianon (0,041 mg·kg<sup>-1</sup>) oraz indoxacarb (0,013 mg·kg<sup>-1</sup>). Owoce tej odmiany nie spełniły kryterium najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości stawianych składnikom żywności dla niemowląt i małych dzieci.

4. Przy planowaniu programu ochrony sadu należy rozważyć stosowanie tej samej substancji aktywnej w bloku jedna po drugiej, zwłaszcza w końcowej części sezonu, która może powodować kumulację danej substancji w owocach.

5. Zarówno odmiana 'Idared', jak i 'Golden Delicious Reinders' spełniły normy dla konwencjonalnej ochrony sadu jabłoniowych wynoszącą 3 mg·kg<sup>-1</sup> świeżych owoców oraz najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości substancji czynnych pestycydów w owocach eksportowanych do Federacji Rosyjskiej wynoszące 0,25 mg·kg<sup>-1</sup> owoców (Sad Nowoczesny 2010).

## PIŚMIENNICTWO

- Cielecka E., Dereń K., 2011. Jakość żywności dla niemowląt i małych dzieci. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 92(2): 187–192.
- Kalisz S., Mitek M., 2006. Żywność dla najmłodszych. *Przemysł Spożywczy*, 12: 20–23.
- Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M., 2011a. Narażenie dzieci na pozostałości pestycydów w jabłkach. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 44(4): 1079–1086.
- Łozowicka B., Rynko I., Rutkowska E., Jankowska M., Kaczyński P., Janowicz T., 2011b. Pozostałości środków ochrony roślin w owocach i warzywach z północno-wschodniej Polski (2008–2011). *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 52(2): 423–430.
- Łozowicka B., Kaczyński P., 2011. Pesticide residues in Apple (2005–2010), *Archives of environmental protection*, 37(3): 43–54.
- Machowska A., Sadło S., 2009. Zanikanie pozostałości pirymikarbu w owocach i liściach jabłoni odmiany Jonagold, *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 49(3): 1435–1439.
- Nowacka A. (red.), 2011. Pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 51(4): 1723–1738.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 14 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego. *Dziennik Ustaw z roku 2008*, Nr 208, poz. 1313.
- Sadło S., Walorczyk S., 2011. Pozostałości wybranych fungicydów w dojrzałych jabłkach oraz ich zmiany bezpośrednio po zabiegu i podczas przechowywania owoców. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 2011, 51(2): 732–736.
- Sad Nowoczesny 2010, nr 02, Tabela sporządzona na podstawie norm określonych przez Federację Rosyjską opracowanych m.in. według Głównej Normy Higienicznej 1.2.1323–03, uzupełnionej 1–10, przygotowanej przez Ministerstwo Ochrony Zdrowia Federacji Rosyjskiej.

---

## **RESIDUE LEVELS OF PLANT PROTECTION PRODUCTS USED IN APPLE ORCHARD PRODUCING BABY FOOD FOR INFANTS AND YOUNG CHILDREN**

### **S u m m a r y**

The commonly increasing use of plant protection products in commercial fruit production constitutes a significant risk of accumulation of active substances in fruits. This negative process is particularly relevant in the case of the production of apples that are among the first nutrients intended for infants and young children. The article presents the results of a two-year studies aimed at determining the residue levels of plant protection products applied in a commercial apple orchard oriented on fruit growing intended for baby food for infants and young children. The studies constitute a guidance material that may be taken into consideration during the creation of a modern spray program for apple orchards, with account being taken in particular of the plant protection products residue level.

**KEY WORDS:** plant protection product residue in the food, plant protection product residues in baby foods for infants and young children, pesticide residue-free apple growing



**Kazimierz Jankowski<sup>1</sup>, Wiesław Czełuściński<sup>1</sup>, Jolanta Jankowska<sup>2</sup>,  
Jacek Sosnowski<sup>1</sup>**

**WPŁYW ZASTOSOWANEJ DAWKI ODPADU  
POPIECZARKOWEGO NA ASPEKT OGÓLNY MURAW  
TRAWNIKOWYCH**

**IMPACT OF APPLIED DOSE OF MUSHROOM'S SUBSTRATE  
ON THE GENERAL ASPECT OF TURF LAWN**

<sup>1</sup> *Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach*

*Department of Grassland and Green Areas Creation, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities*

<sup>2</sup> *Pracownia Agrometeorologii i Podstaw Melioracji, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach*

*Laboratory of Agrometeorology and Land Reclamation, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce*

Doświadczenie polowe założono w roku 2004 na terenie obiektu rolniczego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, w układzie split-plot. W prowadzonym doświadczeniu czynnikami badawczymi były mieszanki trawnikowe: Wembely (M1); Parkowa (M2); Relax (M3); Półcień (M4); dawki podłoża popieczarkowego (0, 2, 4, 6 kg/m<sup>2</sup>).

W badaniach wykorzystano cztery dostępne w handlu mieszanki traw produkowane przez firmę Graminex z Piotrkowa Trybunalskiego o różnym przeznaczeniu i zróżnicowanym udziale procentowym *Lolium perenne*: Wembley (80%) – M1; Parkowa (60%) – M2; Relax (40%) – M3 i Półcień (20%) – M4. Na wszystkich obiektach doświadczalnych stosowano nawożenie mineralne w postaci nawozu Pokon. W każdym roku badań oceniano aspekt ogólny muraw trawnikowych. Oceny tej dokonywano według metodyki IHAR. Stosowano 9-stopniową skalę bonitacyjną, w której 9 oznaczało najwyższą wartość tej cechy. Ogólny aspekt muraw trawnikowych był uzależniony od dawki zastosowanego podłoża popieczarkowego. W miarę zwiększania porcji tego odpadu organicznego poprawiała się wartość wizualnego wyglądu muraw. Wygląd muraw oceniany w różnych

---

Do cytowania – For citation: Jankowski K., Czełuściński W., Jankowska J., Sosnowski J., 2013. Wpływ zastosowanej dawki odpadu popieczarkowego na aspekt ogólny muraw trawnikowych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CII, 592: 37–46.

porach roku (wiosna, lato, jesień), mimo dość dużego zróżnicowania wartości tej cechy, generalnie nie wykazywał istotnych różnic. Jedynie mieszanka Parkowa z 60% udziałem życicy trwałej uprawiana na obiekcie kontrolnym i zasilanym dawką 2 kg/m<sup>2</sup> odpadu popieczarkowego miała istotnie niższą wartość tej cechy we wszystkich porach roku.

SŁOWA KLUCZOWE: trawnik, aspekt ogólny, mieszanki, odpad popieczarkowy

## WSTĘP

Zdaniem Rak i wsp. (2001) wykorzystanie podłoża popieczarkowego jest mało znane. Podłoże takie to wyjątkowo cenny nawóz organiczno-torfowy, który uzyskujemy po zakończeniu cyklu uprawy pieczarek. Jak podają Szudyga i Maszkiewicz (1995), podłoże z pieczarkarni po zlikwidowaniu uprawy nie nadaje się do ponownego użycia. Jest jednak cennym źródłem próchnicy. W świeżej masie zawiera 0,5% azotu, 0,5% fosforu, 0,5% potasu, 4–6% wapnia oraz 18% substancji organicznej, a jego pH wynosi 6,2–6,5. Nie zawiera szkodliwych drobnoustrojów, grzybów chorobotwórczych i nasion chwastów, nie ma zapachu i odznacza się dobrą konsystencją (krótkie włókna, łatwo się dzieli). Jest on nawozem o znacznych zdolnościach odkwaszających, ponieważ zawiera nawet do 20% wapna nawozowego, niezależnie od jego pH. Również pozostałości środków chemicznych stosowanych profilaktycznie przed zbiorem grzybów nie stanowią żadnego zagrożenia dla uprawianych później roślin, nawet tych o najkrótszym okresie wegetacji, ze względu na krótki okres karencji tych środków (Szudyga 2002). Zaletą podłoża popieczarkowego, wykorzystywanego w ogrodnictwie czy rolnictwie, jest duża przyswajalność zawartych w nim składników mineralnych przez rośliny w dwóch pierwszych latach (Gapiński i Woźniak 1999). Zużyte podłoże nie jest więc bezużytecznym odpadem i trzeba je odpowiednio wykorzystać (Niżewski i wsp. 2006, Salomez i wsp. 2009).

Podłoże popieczarkowe chętnie używane jest w sadownictwie, przy nawożeniu zieleni miejskiej i w warzywnictwie. Można wykorzystać je także do nawożenia zarówno użytków zielonych (Jankowski i wsp. 2004), jak i muraw trawnikowych.

Dlatego też celem pracy było określenie wpływu różnych dawek podłoża popieczarkowego na ogólny aspekt muraw trawnikowych.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe założono w roku 2004 na terenie obiektu rolniczego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. W prowadzonym doświadczeniu zastosowano następujące czynniki badawcze:

- mieszanki trawnikowe, Wembely (M1); Parkowa (M2); Relax (M3) i Półcień (M4)
- dawki podłoża popieczarkowego (0, 2, 4, 6 kg/m<sup>2</sup>)

W badaniach wykorzystano cztery dostępne w handlu mieszanki traw produkowane przez firmę Graminex z Piotrkowa Trybunalskiego o różnym przeznaczeniu i zróżnicowanym udziale procentowym *Lolium perenne*: Wembely (80%) – M1; Parkowa (60%) – M2; Relax (40%) – M3 i Półcień (20%) – M4 (tab. 1). Pod względem zawartości składników

nawozowych (NPK) odpad popieczarkowy (tab. 2) zawierał 1,4% azotu, 0,2 % fosforu i 0,5% potasu a także liczne mikroelementy. Na wszystkich obiektach doświadczalnych stosowno nawożenie mineralne w postaci nawozu Pokon, który należał do grupy nawozów szybko działających i stosowano go w dwóch jednakowych dawkach w ilości 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 1  
Table 1

Skład gatunkowy i odmianowy poszczególnych mieszanek trawnikowych  
Species and varieties composition of some lawn mixtures

Nazwa mieszanki Mixture name	Gatunki traw Grass species		Udział w mieszance (%) Share in mixture	Nazwa odmiany Variety name
WEMBLEY (M1)	rajgras angielski	perennial reygrass	40	TAYA
	rajgras angielski	perennial reygrass	30	CARTEL
	rajgras angielski	perennial reygrass	10	PRESTER
	kostrzewa czerwona	red fescue	20	BORCEL
PARKOWA (M2)	rajgras angielski	perennial reygrass	40	NAKI
	rajgras angielski	perennial reygrass	20	SAKINI
	kostrzewa czerwona	red fescue	30	ECHO
	kostrzewa trzcinowa	red fescue	10	FINE LAWN
RELAX (M3)	rajgras angielski	perennial reygrass	40	NAKI
	kostrzewa czerwona	red fescue	15	ECHO
	kostrzewa czerwona	red fescue	15	PERNILLE
	kostrzewa trzcinowa	tall fescue	30	FINE LAWN
PÓŁCIEŃ (M4)	rajgras angielski	perennial reygrass	20	SAKINI/GRAFITTI
	kostrzewa czerwona	red fescue	10	ELANOR
	kostrzewa czerwona	red fescue	10	PERNILLE
	kostrzewa czerwona	red fescue	20	ECHO
	kostrzewa czerwona	red fescue	15	CARINA
	kostrzewa owcza	sheep's fescue	15	RIDU
	wiechlina łąkowa	kantucky – bluegrass	5	BALIN
	wiechlina łąkowa	kantucky – bluegrass	5	CONNI

W każdym roku badań oceniano aspekt ogólny muraw trawnikowych. Oceny tej dokonywano według metodyki IHAR (Prończuk 1993). Stosowano 9-stopniową skalę bonitacyjną, w której 9 oznaczało najwyższą wartość tej cechy. Ocenę tę przeprowadzono raz w miesiącu (w dniach 15.–20. każdego miesiąca) przez cały okres wegetacyjny od maja do października włącznie.

Badania polowe przeprowadzono na glebie zaliczanej do działu gleb antropogenicznych, rzędu kulturoziemnych, typu hortisoli (Dobrzański i Zawadzki 1995).

Tabela 2  
Table 2Skład chemiczny odpadu popieczarkowego  
Chemical composition of mushroom's refuse

Substancja organiczna Organic substances	Zawartość s.m. (%) Content DM					
	S.m. DM	N	P	K	Ca	Mg
36,5	59,4	1,4	0,2	0,5	0,5	0,1
Zawartość s.m. (mg·kg <sup>-1</sup> ) – Content DM						
pH	Zn	Cu	Cd	Pb		
6,4	47,5	5,1	0,32	7,4		

Dane meteorologiczne z lat 2004–2006 uzyskano ze Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Siedlcach. W celu określenia czasowej i przestrzennej zmienności elementów meteorologicznych oraz oceny ich wpływu na przebieg wegetacji roślin obliczono współczynnik hydrometryczny (K) Sielianinowa (Bac i wsp. 1993), dzieląc sumę opadów miesięcznych przez jedną dziesiątą sumy średnich dobowych temperatur tego miesiąca (tab. 3).

Tabela 3  
Table 3Współczynnik hydrometryczny (K) Sielianinowa w poszczególnych miesiącach okresów wegetacyjnych w latach 2002–2004  
Hydrometrical Sielianinow indexes (K) in individual months of vegetation seasons of 2002–2004

Miesiące – Month	Rok użytkowania Study year		
	2004	2005	2006
IV	1,58	0,35	1,18
V	2,29	1,94	0,97
VI	0,96	1,06	0,46
VII	0,99	1,59	0,24
VIII	1,20	0,49	4,21
IX	0,44	0,41	0,45
X	1,05	0,08	0,74

( $K \leq 0,5$  silna posucha; 0,51–0,69 – posucha; 0,70–0,99 słaba posucha;  $K > 1$  – brak posuchy)  
( $K < 0,5$  high drought; 0,51–0,69 drought; 0,70–0,99 poor drought;  $K > 1$  – no drought)

Otrzymane wyniki poddano 2-czynnikowej analizie wariancji z wykorzystaniem modelu losowego (synteza z lat) a dla istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tukeya przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$  (Trętowski i Wójcik 1992).



## WYNIKI I OMÓWIENIE

Aspekt ogólny jest oceną syntetyczną. Według Prończuka (1993) waloryzacja ogólnego aspektu stanowi jedną z podstawowych cech decydujących o zakwalifikowaniu genotypu do traw gazonowych.

Aspekt ogólny muraw trawnikowych należy do bardzo istotnych cech świadczących o stopniu ich pielęgnacji. W prowadzonych badaniach (tab. 4) wartość aspektu ogólnego ulegała zmianom zarówno w zależności od rodzaju mieszanki, jak i dawki zastosowanego odpadu popieczarkowego.

Tabela 4

Table 4

Aspekt ogólny muraw trawnikowych w zależności od rodzaju mieszanki i dawki odpadu popieczarkowego w latach 2005–2006  
General aspect of turf lawns in the depend on the kind of mixture and dose of mushroom's refuse in 2005–2006

Mieszanka Mixture (C)	Dawka odpadu Refuse's dose (B)	Rok – Year (A)		Średnia Mean
		2005	2006	
1		2	3	4
M1	D <sub>0</sub>	7,6	5,6	6,6
	D <sub>1</sub>	7,5	5,7	6,6
	D <sub>2</sub>	7,7	5,9	6,8
	D <sub>3</sub>	7,8	5,8	6,8
M2	D <sub>0</sub>	6,4	5,1	5,8
	D <sub>1</sub>	6,6	5,9	6,3
	D <sub>2</sub>	6,8	5,3	6,0
	D <sub>3</sub>	7,2	6,1	6,7
M3	D <sub>0</sub>	6,9	5,7	6,3
	D <sub>1</sub>	7,6	5,6	6,6
	D <sub>2</sub>	7,3	6,1	6,7
	D <sub>3</sub>	7,7	5,8	6,8
M4	D <sub>0</sub>	7,9	6,0	7,0
	D <sub>1</sub>	7,9	5,8	7,0
	D <sub>2</sub>	7,5	5,7	6,7
	D <sub>3</sub>	7,2	5,6	6,4
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		A × B × C – 1,1 B × A × C – 0,7		B × C – 0,7
Średnie mieszanek – Mean for mixtures				
M1		7,7	5,8	6,8
M2		6,8	5,6	6,6
M3		7,4	5,8	6,4
M4		7,2	5,3	6,7
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		A × C – r.n., C × A – 1,3		C – 0,5

Tabela 4 cd.  
Table 4 cont.

1	2	3	4
Średnie dawki odpadu – Mean for dose of refuse			
D <sub>0</sub>	7,0	5,5	6,3
D <sub>1</sub>	7,1	5,7	6,4
D <sub>2</sub>	7,4	5,8	6,6
D <sub>3</sub>	7,6	5,9	6,8
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	A × B – r.n. B × A – 0,6		B – r.n.
Średnia – Mean	7,3	5,7	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	A – 1,5		

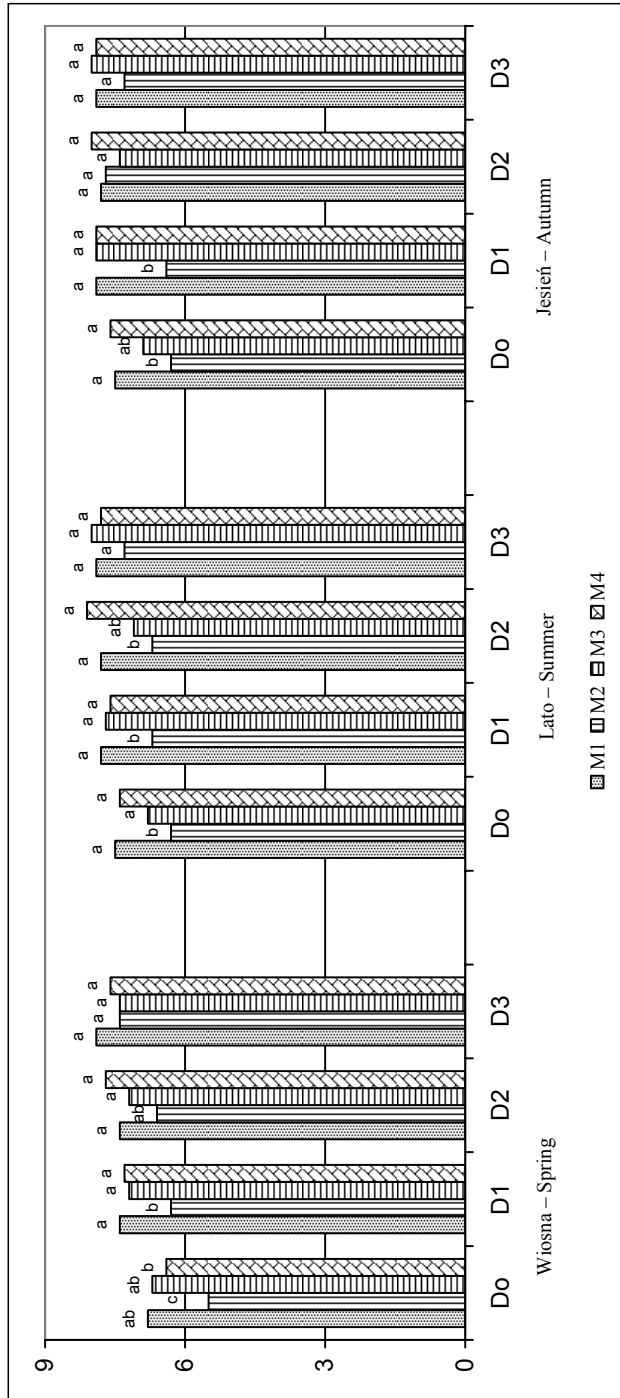
M1 – Wembley, M2 – Parkowa, M3 – Relax, M4 – Półcień; D<sub>0</sub> – bez odpadu – no refuse; D<sub>1</sub> – 2 kg/m<sup>2</sup>, D<sub>2</sub> – 4 kg/m<sup>2</sup> bez odpadu – no refuse; D<sub>3</sub> – 6 kg/m<sup>2</sup>

Uwzględniając rodzaj mieszanki trawnikowej, można stwierdzić, że najlepszy ogólny aspekt (6,8°) miała mieszanka Wembley z 80% udziałem życicy trwałej. Również podobne wyniki badań uzyskano w pracy Jankowskiego i wsp. (2010), w których mieszanka Wembley osiągała wysokie wartości aspektu ogólnego zwłaszcza na podłożu za hydrozelem. Mimo, że wystąpiły różnice w wyglądzie między mieszankami trawnikowymi, to i tak różnice te nie były statystycznie istotne. Poszczególne mieszanki lepiej prezentowały się w pierwszym roku (2005) badań (6,8–7,7°) niż w drugim (5,3–5,8°). Różnica w wyglądzie muraw między latami badań była statystycznie istotna. Jak podają Domański (1992) oraz Jankowski i wsp. (2001) wartość aspektu ogólnego uzależniona jest w dużej mierze od pogody, która oddziałuje na wzrost i rozwój roślin w runi. Z kolei zastosowane dawki odpadu popieczarkowego w porównaniu z obiektem kontrolnym poprawiały ogólny aspekt badanych muraw trawnikowych. Wraz ze wzrostem dawki odpadu popieczarkowego zwiększała się wartość tej cechy od 6,3 do 6,8°. Analiza statystyczna nie wykazała jednak istotnych różnic między tymi dawkami w wartości ogólnego aspektu muraw.

W badaniach tych przedstawiono istotne współdziałanie dawki odpadu popieczarkowego i lat badań. Wyniki tej interakcji wskazują na znaczne różnice między latami badań w obrębie poszczególnych dawek odpadu popieczarkowego. W miarę zwiększania się dawki odpadu popieczarkowego, zwiększeniu ulegała także różnica wartości aspektu ogólnego i najwyższa była przy dawce 6 kg/m<sup>2</sup> – 1,7°. Podobne wyniki uzyskano w badaniach Grabowskiego i wsp. (2008), w których stosowano zróżnicowane dawki osadu ściekowego.

Prowadzone badania wykazały także istotne współdziałanie trzech czynników, tj. lat badań, dawki odpadu popieczarkowego i mieszanki.

Wygląd muraw trawnikowych zależy zwłaszcza od ilości opadów atmosferycznych występujących w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego (Jankowski i wsp. 2011). W latach prowadzenia pełnych badań (2005–2006) wystąpiły zróżnicowane warunki meteorologiczne (tab. 3), które w różny sposób oddziaływały na wzrost i rozwój roślin w runi.



Rys. 1. Aspekt ogólny muraw trawnikowych w zależności od dawki odpadu popieczarkowego w 3 porach roku  
 Fig. 1. General aspect of turf lawns in depend on the dose of mushroom's refuse in three seasons of the year

Uwzględniając porę roku (rys. 1) wykazano, że w okresie wiosennym najkorzystniejszy aspekt wizualny (7,2–7,9°) osiągnęły wszystkie badane mieszanki trawnikowe przy wyższych dawkach odpadu popieczarkowego tj. 4 i 6 kg/m<sup>2</sup>. W okresie tym niższą wartość aspektu ogólnego (5,5°) miała mieszanka Parkowa z 60% udziałem życicy trwałej uprawiana na obiekcie kontrolnym. Również niską wartość tej cechy posiadała murawa tej mieszanki zasilana 2 kg/m<sup>2</sup> dawką odpadu popieczarkowego (6,3°), jak i mieszanka Półcień (6,4°) na obiekcie kontrolnym. Z kolei w okresie letnim, mimo dość zróżnicowanego poziomu oceny aspektu ogólnego badanych muraw, jedynie mieszanka Parkowa uprawiana na obiekcie kontrolnym (6,3°) oraz zasilana dawką 2 i 4 kg/m<sup>2</sup> odpadu popieczarkowego (6,7°) miała gorszy wygląd niż pozostałe badane murawy (7,3–8,1°). Również w okresie jesiennym stwierdzono podobne zależności oceny wizualnej muraw jak w okresie letnim, z tym że niższe oceny tej cechy uzyskiwała mieszanka Parkowa (6,3°) tylko na obiekcie kontrolnym i zasilana najniższą (2 kg/m<sup>2</sup>) dawką odpadu popieczarkowego (6,4°). Pozostałe murawy badanych mieszanek niezależnie o dawki odpadu popieczarkowego nie wykazywały istotnego zróżnicowania aspektu ogólnego, mimo że wartość tej cechy nie była wyrównana (7,3–8,0°).

W badaniach Grabowskiego i wsp. (2008) dotyczących oceny muraw trawnikowych w następstwie zastosowania osadu ściekowego, niższe wartości aspektu ogólnego uzyskano w okresie wiosny i jesieni niż w lecie. Z kolei w badaniach Kwietniewskiego (2006) aspekt ogólny muraw trawnikowych nie przedstawiał znacznych różnic między latem, wiosną i jesienią.

Uzyskane wyniki badań trudno było wnikliwie przedyskutować w oparciu o literaturę, gdyż brak jest danych na temat oddziaływania podłoża popieczarkowego na murawy trawnikowe.

## WNIOSKI

1. Ogólny aspekt muraw trawnikowych był uzależniony od dawki zastosowanego podłoża popieczarkowego. W miarę zwiększania się dawki tego odpadu organicznego poprawiał wizualny aspekt tych muraw.

2. Wygląd muraw oceniany w różnych porach roku (wiosna, lato, jesień) mimo dość dużego zróżnicowania wartości tej cechy, nie wykazywał istotnych różnic. Niezależnie od pory roku, wyższe wartości aspektu ogólnego uzyskiwały badane mieszanki trawnikowe na obiekcie z najwyższą dawką odpadu popieczarkowego.

3. Pozytywne oddziaływanie odpadu popieczarkowego na wygląd muraw trawnikowych, skłania do szerszego stosowania tego odpadu organicznego do zasilania różnego rodzaju trawników.

## PIŚMIENNICTWO

- Bac S., Koźmiński C., Rojek M., 1993. Agrometeorologia. PWN, Warszawa: 32–33.  
Dobrzański B., Zawadzki S., 1995. Gleboznawstwo. PWN, Warszawa.  
Gapiński M., Woźniak W., 1999. Pieczarka. Technologia uprawy i przetwarzania. PWRiL, Poznań: 212–217.

- Domański P., 1992. System badań i oceny traw gazonowych w Polsce. Biuletyn IHAR, 183: 251–263.
- Grabowski K., Grzegorzczak S., Głowacka-Gil A., 2008. The effect of sludge bon initial growth and development of lawn grasses in background of different mix types and sowing times. Polish J. Environ. Stud., 17, 960: 975–980.
- Jankowski K., Jodełka J., Ciepela G.A., Kolczarek R., 2001. Ocena bonitacyjna traw gazonowych. Pam. Puł., 125: 343–348.
- Jankowski K., Ciepela G.A., Jodełka J., Kolczarek R., 2004. Możliwość wykorzystania kompostu pieczarkowego do nawożenia użytków zielonych. Annales UMCS, Sec., E, 2004, 59, 4: 1763–1770.
- Jankowski K., Czeliński W., Jankowska J., Ciepela G.A., 2010. Wpływ hydrożelu na początkowy rozwój muraw trawnikowych oraz estetykę ich w latach użytkowania. Journ. Res. Apel. Agric. Eng., 55(2): 36–41.
- Jankowski K., Sosnowski J., Jankowska J., 2012. Aspekt ogólny muraw trawnikowych założonych na bazie śmiałka darniowego. Fragmenta Agronomica (w druku).
- Kwietniewski H., 2006. Walory użytkowe odmian gazonowych *Festuca ovina* wysiewanych w siewie czystym i w mieszankach na trawnikach ozdobnych. Ann. UMCS, LXI, Sec. E: 389–396.
- Niżewski P., Dach J., Jędrus A., 2006. Zagospodarowanie zużytego podłoża z pieczarkarni metodą kompostowania. Jour. of Res. and Appl. in Agricul. Engineering, 51(1): 24–27.
- Loschinkohl C., Boeham M.J., 2001. Composed biosolids incorporation improves turf grass establishment on disturbed urban soil and reduced leaf rust severity. Hort. Science, 36: 790.
- Prończuk S., 1993. System oceny traw gazonowych. Biuletyn IHAR, 186: 127–132.
- Rak J., Koc G., Jankowski K., 2001. Zastosowanie kompostu pieczarkowego w regeneracji runi łąkowej zniszczonej pożarem. Pam. Puł., 125: 401–408.
- Salomez J., De Bolle S., Sleutel S., De Neve S., Hofman G., 2009. Nutrient Legislation in flanders (Belgium). Procedings, More sustainability in agriculture New fertilizers and fertilization management, Rome: 546–551.
- Szudyga K., 2002. Uprawa pieczarki. Hortpress, Warszawa.
- Szudyga K., Maszkiewicz J., 1995. Uprawa pieczarek. Hortpress, Warszawa: 114–115.
- Trętowski J., Wójcik A.R., 1992. Metody doświadczeń rolniczych. WSRP, Siedlce.

## IMPACT OF APPLIED DOSE OF MUSHROOM'S SUBSTRATE ON THE GENERAL ASPECT OF TURF LAWN

### Summary

The field experiment was established in 2004 on the object of the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. The experiment was put on in split-plot modul. In the conducted experiment, the following factors were used: type of lawn mixture : Wembely (M1); Parkowa (M2), Relax (M3), Półcień (M4); and doses of mushroom's substrate (0, 2, 4, 6 kg/m<sup>2</sup>). In the study mixtures of four commercially available grasses produced by Graminex from Piotrków Trybunalski with different purposes and different percentage of *Lolium perenne* were used: Wembley (80%) – M1; Parkowa (60%) – M2; Relax (40%) – M3 and Półcień (20%) – M4. On the all experimental objects mineral fertilization in the form of Pokon fertilizer was used. In each year of the study the overall aspect of lawn grasses was evaluated. This evaluation was made according to the IHAR methodology.

Valuation used 9-steps scale, where 9 meant the highest value of this feature. The general aspect of turf lawns was depend on the applied dose of mushroom's substrate. With the increase of organic waste dose improved the value of the visual aesthetic appearance of these lawns. General aspect of lawns assessed in different seasons (spring, summer, autumn), despite the relatively large variation of this feature, generally did not show significant differences. Only Parkowa mixture with 60% share of perennial ryegrass cultivated on the control object and supplied with a dose of 2 kg/m<sup>2</sup> mushroom's refuse had a significantly lower value of this feature in all seasons of the year.

KEY WORDS: lawn, general aspect, mixtures, mushroom's refuse

**Kazimierz Jankowski<sup>1</sup>, Jacek Sosnowski<sup>1</sup>, Jolanta Jankowska<sup>2</sup>**

**WPLYW GLEBOKOŚCI UMIESZCZENIA HYDROŻELU  
W PODŁOŻU ORAZ RODZAJU OKRYWY GLEBOWEJ  
NA DOSKONAŁOŚĆ LIŚCIA MURAW TRAWNIKOWYCH**

**THE EFFECT OF DEPTH OF HYDROGEL PLACEMENT  
IN SUBSOIL AND TYPE OF SOIL COVER ON LEAF FINENESS  
OF TURF LAWNS**

<sup>1</sup> *Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach*

*Department of Grassland and Green Areas Creation, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities*

<sup>2</sup> *Pracownia Agrometeorologii i Podstaw Melioracji, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach*

*Laboratory of Agrometeorology and Land Reclamation, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce*

Zastosowanie w podłożach superabsorbentów, zwanych także hydrożelami, przyczynia się do znacznej oszczędności wody. Celem pracy jest ocena doskonałości liścia różnych muraw trawnikowych w zależności od głębokości umieszczenia hydrożelu w podłożu, jak i rodzaju okrywy glebowej.

Badania realizowano, opierając się na dwóch doświadczeniach polowych założonych w trzech powtórzeniach, prowadzonych w układzie split-plot. Jednostką doświadczalną było poletko o powierzchni 1m<sup>2</sup>. Pierwszym doświadczeniem był trawnik monokulturowy, gdzie w siewie czystym badano cztery gatunki traw gazonowych. W drugim doświadczeniu użyto czterech zaprojektowanych mieszanek tych samych gatunków traw. W każdej mieszance zastosowano wysiew jednego gatunku trawy jako dominującego (40%) zaś pozostałe trzy gatunki stanowiły po 20%: M1 – życica trwała 40%; M2 – kostrzewa czerwona 40%; M3 – wiechlina łąkowa 40%; M4 – mietlica pospolita 40%. W każdym z doświadczeń zastosowano takie czynniki badawcze jak: rodzaj podłoża: a/ bez hydrożelu (0) kontrola; b/ z dodatkiem hydrożelu umieszczonego na głębokości: 5 cm, 10 cm i 15 cm; okrywa glebowa: a/ gleba uprawna (P); b/ torf ogrodniczy (T).

---

Do cytowania – For citation: Jankowski K., Sosnowski J., Jankowska J., 2013. Wpływ głębokości umieszczenia hydrożelu w podłożu oraz rodzaju okrywy glebowej na doskonałość liścia muraw trawnikowych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CII, 592: 47–56.

Doskonałość liścia badanych muraw trawnikowych zależała głównie od składu gatunkowego murawy trawnikowej, jak i rodzaju podłoża glebowego. Wszystkie badane murawy trawnikowe doskonałość liścia miały w wyniku umieszczenia hydrożelu w podłożu na głębokości 5 cm. Z kolei rodzaj okrywy glebowej nie miał istotnego wpływu na wartość badanej cechy.

SŁOWA KLUCZOWE: doskonałość liścia, hydrożel, trawniki, rodzaj okrywy glebowej

## WSTĘP

Z perspektywy czasu można zaobserwować, że susze, a co za tym idzie – niedobory wody są coraz częstsze i trwają znacznie dłużej. Zmieniający się klimat stawia przed światem nauki wymagania dotyczące rozwiązania tego problemu. Stosowanie nowoczesnych systemów nawodnieniowych nie jest doskonałym rozwiązaniem. Z reguły są to urządzenia zbyt kosztowne i nie każde gospodarstwo stać na taką inwestycję. Zastosowanie w podłożach superabsorbentów, zwanych także hydrożelami przyczynia się do dużej oszczędności wody.

Superabsorbenty, jak określają Martyn i Onuch-Amborska (1993), są to związki chemiczne posiadające właściwości zatrzymywania znacznej ilości wody i łatwego udostępniania jej roślinom. Związki te pod wpływem wody pęcznią, tworząc galaretowaty żel, kurczą się natomiast do objętości wyjściowej w chwili oddawania tej wody roślinom. Na skutek dodania hydrożelu do podłoża glebowego (Łuczak 1995) wzrasta jego pojemność wodna do tego stopnia, że możliwe jest ograniczenie nawodnienia podłoża nawet o 70%. W wyniku cyklicznego procesu pęcznienia i kurczenia się substancji czynnej zwiększa się porowatość gleby i jej napowietrzenie (Sady i Domagała 1995).

Właściwości, jakie posiada hydrożel stosowany w podłożu trawników, wzbudziły zainteresowania wśród wielu autorów (Eliot 1992, Austin i Bonderik 1992, Fontano i Bilderback 1993). Światowa produkcja akrylowych hydrożeli kształtuje się na poziomie 200 tys. ton rocznie i wykazuje tendencje wzrostowe. Hydrożele produkowane są głównie w Stanach Zjednoczonych, Japonii oraz w Europie Zachodniej, chociaż inne kraje (w tym Polska) również mają swój udział w ich produkcji (Michalak i Hetman 2002).

W czasach, gdy człowiek jest zabiegany i nie może zapewnić należytej pielęgnacji przy zakładaniu trawników, z pomocą może przyjść zastosowanie hydrożelu.

Jakość muraw trawnikowych zależy w dużym stopniu od częstego podlewania, a co za tym idzie – od wydatków związanych z utrzymaniem muraw trawnikowych (Jankowski i wsp. 2010, 2011a–d, Wolski 2003). Największy wpływ na wartość użytkową trawników wywiera zwarte i równomierne zadarnienie, co zapewniają wąskie blaszki liściowe traw. Jak podają Rutkowska i Pawluśkiewicz (1996), jakość zadarnienia w znacznym stopniu zależy od warunków siedliskowych, stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych, a także od właściwego doboru gatunków traw i odmian do obsiewu trawników.

Dlatego celem pracy jest ocena doskonałości liścia różnych muraw trawnikowych w zależności od głębokości umieszczenia hydrożelu w podłożu oraz rodzaju okrywy glebowej.



## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono w 2007 r. i było ono prowadzone do 2009 r. na terenie obiektu doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Badania realizowano, opierając się na dwóch doświadczeniach polowych założonych w trzech powtórzeniach, prowadzonych w układzie split-plot. Jednostką doświadczalną było poletko o powierzchni 1 m<sup>2</sup>.

Pierwszym doświadczeniem był trawnik monokulturowy (tab. 1), gdzie w siewie czystym badano cztery gatunki traw gazonowych.

W drugim doświadczeniu użyto czterech zaprojektowanych mieszanek tych samych gatunków traw. W każdej z nich zastosowano wysiew jednego gatunku trawy jako dominującego (40%), a pozostałe trzy gatunki stanowiły 20%:

- M1 – życica trwała 40%;
- M2 – kostrzewa czerwona 40%;
- M3 – wiechlina łąkowa 40%;
- M4 – mietlica pospolita 40%.

W każdym z doświadczeń zastosowano następujące czynniki badawcze:

Rodzaj podłoża:

- a/ bez hydrożelu (0) – kontrola;
- b/ z dodatkiem hydrożelu umieszczonego na głębokości 5 cm, 10 cm i 15 cm.

Okrywa glebowa:

- a/ gleba uprawna – (P);
- b/ torf ogrodniczy – (T).

Lata badań: 2007–2009

Tabela 1

Table 1

Monokultury traw zastosowane w doświadczeniu  
Monocultures of grasses used in the experiment

Oznaczenie Marker	Gatunek trawy Grass species	Odmiana Cultivar	Wysiew nasion (g/m <sup>2</sup> ) Seeds sowing
O1	Życica trwała	Inka	3,10
O2	Kostrzewa czerwona	Nil	3,90
O3	Wiechlina łąkowa	Alicja	2,40
O4	Mietlica pospolita	Tolena	1,10

Po wytyczeniu poletek doświadczalnych zastosowano hydrożel w ilości 50 g/m<sup>2</sup> w wierzchniej warstwie gleby na głębokości 5, 10 i 15 cm. Wysiewu nasion dokonano pod koniec kwietnia 2007 r., a powierzchnię gleby w sposób losowy przysypano cienką warstwą torfu ogrodniczego lub gleby uprawnej.

W okresach wegetacyjnych w latach prowadzonych badań (2007–2009) dokonano oceny wybranych cech użytkowych traw gazonowych (Prończuk 1993, Domański 1992),

m.in. doskonałość liścia. Stosowano 9-stopniową skalę bonitacyjną, w której 9 oznaczało najwyższą wartość cechy. Oceny cech użytkowych dokonywano raz w miesiącu (w dniach 15.–20. każdego miesiąca) przez cały okres wegetacyjny od maja do października włącznie. Doświadczenia zostały przeprowadzone na glebie zaliczanej do działu gleb antropogenicznych, rzędu kulturoziemnych, typu hortisoli wytworzonej z piasku słabo gliniastego. Jak wynika z przeprowadzonych badań gleby, ma ona odczyn zasadowy, wysoką zawartość magnezu (8,4 mg Mg/100 g) oraz fosforu (90 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g), a niską zawartość potasu (19 mg K<sub>2</sub>O/100 g).

W badaniach wykorzystano zmienność czynników meteorologicznych, które miały wpływ na przebieg wegetacji oraz rozwój roślin w latach 2007–2009, na podstawie których obliczono współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (Bac i wsp. 1993).

W roku założenia doświadczenia (2007) wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa wskazywały na silną posuchę w miesiącach kwiecień–październik. Okres wegetacyjny był bardzo niekorzystny dla roślin, gdyż dominowała silna posucha. W 2008 r. w kwietniu, czerwcu, lipcu, sierpniu i październiku stwierdzono silną posuchę, a w roku 2009 odnotowano ją w kwietniu, lipcu, sierpniu oraz wrześniu.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej, przeprowadzając analizę wariancji. Dla istotnych źródeł zmienności (czynników i interakcji) dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tukeya, przy poziomie istotności  $p \leq 0,5$  (Trętowski i Wójcik 1992).

Tabela 2

Table 2

Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (K) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 2007–2009

Hydrometrical Sielianinow indexes (K) in individual months of vegetation seasons of 2007–2009

Lata Years	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2007	0,24	0,40	0,32	0,37	0,16	0,51	0,20
2008	0,30	0,67	0,28	0,37	0,40	0,51	0,01
2009	0,07	0,53	0,92	0,13	0,45	0,17	1,45

Do 0,5 – silna posucha – high drought; 0,51–0,69 – posucha – drought ; 0,70–0,99 – słaba posucha – poor drought; powyżej 1 – brak posuchy; over 1 – no drought

## WYNIKI I OMÓWIENIE

Zdaniem Prończuka i wsp. (1997, 2003) doskonałość liścia jest cechą, która w dużym stopniu uzależniona jest od gatunku trawy.

W przeprowadzonym doświadczeniu dotyczącym trawników monokulturowych (tab. 3) wykazano, że na wartość doskonałości liścia miał wpływ gatunek trawy gazonowej i rodzaj podłoża. Biorąc pod uwagę rodzaj trawnika, można stwierdzić, że najwyższą wartość doskonałości liścia miała murawa kostrzewy czerwonej (8,0°) – istotnie

wyższą od pozostałych gatunków traw. Najgorszą doskonałość liścia, a więc najszersze blaszki liściowe (2,0°) miały życica trwała i wiechlina łąkowa – istotnie różniąc się od blaszek liściowych zarówno kostrzewy czerwonej, jak i mietlicy pospolitej (5,0°). Również Jankowski i wsp. (1999) dodają, że największą doskonałością liścia charakteryzują się odmiany mietlicy psiej, kostrzewy czerwonej, kostrzewy różnolistnej odmiana Sawa i mietlicy pospolitej odmiany Igeka.

Tabela 3

Table 3

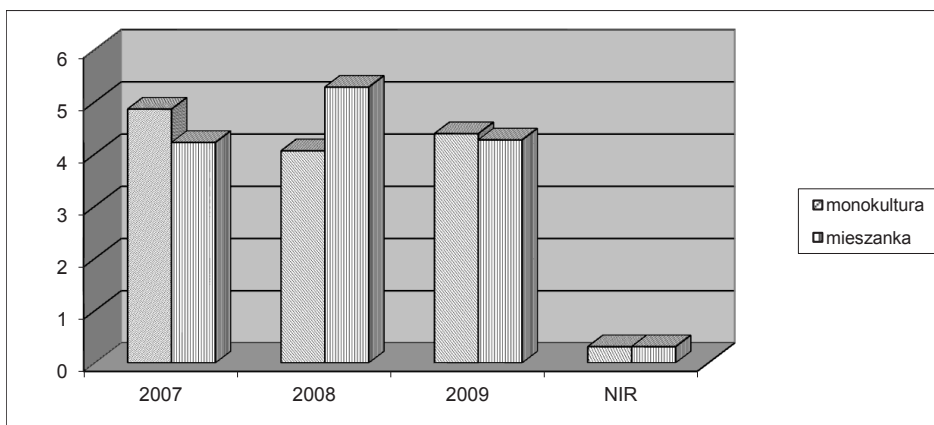
Doskonałość liścia muraw trawnikowych (9-stopniowa skala) w zależności od rodzaju podłoża i okrywy glebowej (średnio z lat 2007–2009)  
Leaf fineness of turf lawns (9-steps scale) depending on the type of substrate and type of soil cover (average from the years 2007–2009)

Rodzaj podłoża – Type of substrate												
Obiekt (cm)	Trat-ment	Monokultura – Monoculture					Mieszanka – Mixture					
		G1	G2	G3	G4	Średnia Mean	M1	M2	M3	M4	Średnia Mean	
	0	2,0	8,4	2,0	5,0	4,3	4,0	7,7	2,3	5,0	4,7	
	5	2,0	9,0	2,0	5,0	4,5	3,8	7,5	3,2	5,0	4,9	
	10	2,0	5,5	2,0	5,0	3,6	3,2	7,7	2,2	4,7	4,4	
	15	2,0	9,0	2,0	5,0	4,5	3,0	7,4	2,0	5,0	4,4	
Rodzaj okrywy glebowej – Type of soil cover												
Rodzaj okrywy	Type of soil cover	P	2,0	8,1	2,0	5,0	4,3	3,4	7,6	2,4	4,9	5,0
	T	2,0	7,8	2,0	5,0	4,2	3,6	7,5	2,4	4,9	4,6	
	Średnia Mean	2,0	8,0	2,0	5,0		3,5	7,6	2,4	4,9		
NIR <sub>≤0,05</sub> dla – LSD <sub>≤0,05</sub> for						NIR <sub>≤0,05</sub> dla – LSD <sub>≤0,05</sub> for						
Monokultura – Monoculture (A)						Mieszanka – Mixture (A)						
GUH – (B)						GUH – (B)						
Rodzaj okrywy						Rodzaj okrywy						
Type of soil cover (C)						Type of soil cover (C)						
współdziałanie – interaction:						współdziałanie – interaction:						
(A × B)						(A × B)						
(C × A)						(C × A)						

Jak podaje Domański (1998) duże różnice co do smukłości liścia występują nie tylko między poszczególnymi gatunkami traw gazonowych, ale także między odmianami w obrębie tego samego gatunku. Dlatego też przy komponowaniu mieszanek traw gazonowych ważną rolę odgrywa gatunek trawy, a także jego odmiana.

Uwzględniając rodzaj podłoża, można stwierdzić, że jedynie kostrzewa czerwona wyraźnie reagowała na ten czynnik badawczy. Również rodzaj okrywy glebowej nie wykazał istotnych różnic w ocenie doskonałości liścia. W badaniach tych stwierdzono znaczne różnice we współdziałaniu okrywy glebowej i rodzaju murawy monokulturowej.

Analizując z kolei doskonałość liścia muraw mieszankowych (tab. 3), zaobserwowano najwyższą wartość tej cechy w mieszance M2 z największym udziałem (40%) kostrzewy czerwonej (7,6°). Ponadto wykazano duże różnice między wszystkimi badanymi mieszankami, przy czym najniższą wartość doskonałości liścia, a więc najszersze liście posiadała murawa z dominacją wiechliny łąkowej (2,4°). Niezależnie od rodzaju mieszanki analiza wyników wykazała, że wartość doskonałości liścia badanych muraw ulegała pogorszeniu wraz z głębokością umieszczenia hydrożelu. Najniższą wartość tej cechy (4,4°) uzyskały murawy na obiekcie z 15 cm głębokością umieszczenia hydrożelu istotnie niższą od obiektu kontrolnego (4,7°). Najkorzystniejsze blaszki liściowe (4,9°) miały mieszanki trawnikowe uprawiane na obiekcie z 5 cm głębokością umieszczenia hydrożelu. Kolejnym badanym czynnikiem doskonałości liścia była okrywa glebowa, w przypadku której nie stwierdzono istotnych różnic w doskonałości liścia danych mieszanek. W badaniach tych wykazano natomiast istotną różnicę w doskonałości liścia dla współdziałania okrywy glebowej i rodzaju mieszanki trawnikowej. Najkorzystniejsze blaszki liściowe miała mieszanka M2 z dominacją kostrzewy czerwonej (7,6°) uprawiana na obiekcie z okrywą z gleby uprawnej, najgorsze zaś (2,4°) mieszanka M3 z dominacją wiechliny łąkowej przy obu rodzajach okrywy glebowej.



Rys. 1. Doskonałość liścia muraw trawnikowych (9-stopniowa skala) w zależności od rodzaju murawy w latach 2007–2009

Fig. 1. Leaf fineness of turf lawns (9-steps scale) depending on the type of substrate and type of soil cover (average from the years 2007–2009)

Analiza doskonałości liścia badanych traw gazonowych w latach badań (rys. 1) wykazała, że najwyższą ocenę wartości tej cechy ( $5,2^\circ$ ) miały murawy mieszankowe w 2008 r. Badania statystyczne tej cechy wykazały istotną różnicę między murawami mieszankowymi w roku 2007 i 2009. Spośród muraw monokulturowych najwyższą wartością doskonałości liścia cechowała się murawa trawnikowa w 2007 r., osiągając wartość  $4,8^\circ$  – istotnie różniąc się od muraw monokulturowych w roku 2008 i 2009, przy czym najgorszą doskonałością liścia charakteryzowały się murawy w drugim roku badań. Przeprowadzone badania w zakresie oceny doskonałości liścia muraw monokulturowych i mieszankowych pozwalają stwierdzić, że wartość badanej cechy z okresu trzech lat była dość zróżnicowana, zwłaszcza w odniesieniu do muraw mieszankowych. Natomiast w przypadku muraw monokulturowych stwierdzono pogorszenie się wartości tej cechy w kolejnych latach badań (zwłaszcza w stosunku do pierwszego roku). Na wartość ocenianej cechy duży wpływ wywarły również warunki meteorologiczne (tab. 2) występujące w okresie badań, co szczególnie uwidoczniło się w ostatnim roku badań zarówno w odniesieniu do muraw monokulturowych, jak i mieszankowych. W roku 2009 wystąpiła bardzo silna posucha w kwietniu (K-0,07), a także w lipcu (K-0,13) i wrześniu (K-0,17).

## WNIOSKI

1. Największy wpływ na smukłość liścia badanych muraw trawnikowych miał skład gatunkowy danej murawy, jak również głębokość umieszczenia hydrożelu w podłożu glebowym.
2. Niezależnie od rodzaju podłoża czy rodzaju okrywy glebowej najwęższe blaszki liściowe miała murawa monokulturowa kostrzewy czerwonej bądź mieszanka trawnikowa z jej dominacją. Z kolei najszersze blaszki liściowe miały murawy życicy trwałej i wiechliny łąkowej bądź mieszanki trawnikowe z dominacją tych gatunków traw.
3. Badane murawy trawnikowe najbardziej smukłe blaszki liściowe miały na podłożu glebowym z 5 cm głębokością umieszczenia hydrożelu.
4. Rodzaj okrywy glebowej nie miał wpływu na doskonałość blaszki liściowej badanych muraw trawnikowych, jedynie w obrębie danego rodzaju okrywy uzyskano istotne różnice wartości tej cechy między poszczególnymi murawami.

## PIŚMIENNICTWO

- Austin M., Bonderik K., 1992. Hydrogel as a field medium amendment for blueberry plants. *Hort Science*, 27: 973–974.
- Bac S., Koźmiński C., Rojek M., 1993. *Agrometeorologia*. PWN, Warszawa.
- Domański P., 1992. System badań i oceny traw gazonowych w Polsce. *Biuletyn IHAR*, 183: 251–263.
- Domański P., 1998. *Metodyka badań wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych*. COBORU, Słupia Wielka, Wyd. I: 1–33.

- Eliot G.C., 1992. Inhibition of water by rockwool-peat container media amended with hydrophilic gel or wetting agent. *J. Amer. Soc. Hort Sci.*, 117(5): 757–761.
- Fontano W.C., Bilderback T.E., 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Reieight, 118(2): 217–222.
- Jankowski K., Kolczarek R., Ciepela G., 1999. Ocena wybranych gatunków traw gazonowych uprawianych ekstensywnie. *ZN AR Szczecin*, 75: 147–152.
- Jankowski K., Czeluściński W., Jankowska J., Ciepela G.A., 2010. Wpływ hydrożelu na początkowy rozwój muraw trawnikowych oraz estetykę ich w latach użytkowania. *J. Agric. Applic. Eng.*, 55(2): 36–41.
- Jankowski K., Czeluściński W., Jankowska J., 2011a. Wpływ hydrożelu i rodzaju nawozu mineralnego na zadarnienie muraw trawnikowych o zróżnicowanym udziale życicy trwałej. *Fol. Pom. Univ. Techn. Stetin, Agricultura*, 286(18): 13–22.
- Jankowski K., Czeluściński W., Jankowska J., Sosnowski J., 2011b. Wpływ hydrożelu oraz różnych rodzajów nawozów na tempo odrostu runi trawników założonych na bazie życicy trwałej. *Woda, środowisko, obszary wiejskie*, 11, 2(34): 73–82.
- Jankowski K., Sosnowski J., Szczykutowicz A., 2011c. Zadarnienie muraw trawnikowych założonych na bazie kostrzewy czerwonej przy zastosowaniu hydrożeli w podłożu. *Wiadomości Mel. i Łąk*, 2: 89–92.
- Jankowski K., Sosnowski J., Jankowska J., 2011d. Effect of Hydrogel and different types of fertilizers on the numer of turf shoots In lawns created by monocultures of red fescue (*Festuca rubra* L.) Cultivars and its mixtures. *Acta Agrobotanica*, 64(3): 109–118.
- Łuczak P., 1995. Zastosowanie superabsorbentów w rolnictwie. *Poradnik gospodarski*, 3: 38.
- Martyn W., Onuch-Amborska J., 1993. Ocena tempa wysychania podłoża ogrodnichych w zależności od udziału w nich hydrożelu. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 461: 291–298.
- Michalak B., Hetman J., 2002. Hydrożele jako składniki podłoży ogrodnichych stosowane w produkcji rozsady jednorocznych roślin kwietnikowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 485: 217–229.
- Prończuk M., Laudański Z., Prończuk S., 2003. Porównanie gatunków i odmian *Festuca ssp.* w wieloletnim użytkowaniu trawnikowym. *Biuletyn IHAR*, 225: 239–257.
- Prończuk S., 1993. System oceny traw gazonowych. *Biuletyn IHAR, Radzików*: 127–132.
- Prończuk S., Prończuk M., Żyłka D., 1997. Metody syntetycznej oceny wartości użytkowej traw gazonowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 451: 125–133.
- Rutkowska B., Pawluśkiewicz M., 1996. Trawniki. *Poradnik zakładania i pielęgnowania*. PWRiL, Warszawa.
- Sady W., Domagała I., 1995. Ekożel MI może być przydatny do zakładania trawników. *Ogrodnictwo I*: 26–27.
- Trętowski J., Wójcik A.R., 1992. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSR-P, Siedlce.
- Wolski K., 2003. Znaczenie traw w życiu człowieka i ochronie środowiska. *Polskie Towarzystwo Nauk Agronomicznych, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe*: 1–10.

---

**THE EFFECT OF DEPTH OF HYDROGEL PLACEMENT IN SUBSOIL  
AND TYPE OF SOIL COVER ON LEAF FINENESS OF TURF LAWNS****S u m m a r y**

Application of superabsorbents in the subsoil, also called hydrogels contributes to significant water savings. Evaluation of coloring of different turf lawns depending on the depth of the hydrogel in the subsoil and the type of soil cover was the aim of this study. There were carried out two field experiments, which were established in triplicate, and conducted in a split-plot system. The experimental unit was a plot with an area of 1m<sup>2</sup>. The first experiment was a lawn where were studied four species of lawn grasses sown as monocultures. In the second experiment were used four mixtures of the same grass species. In each mixture was applied one grass species as the dominant (40%) and the other three species accounted for 20%. There were : M1 – 40% Perennial ryegrass, M2 – 40% Red fescue, M3 – Kentucky bluegrass 40%; M4 – 40% Common bent. In each experiment, the following research factors were applied : the type of subsoil : a / without hydrogel (0) – control, b / with the addition of hydrogel placed at a depth: 5, 10 and 15 cm, Soil cover : a / cultivation soil – (P) b / horticultural peat – (T). The leaf fineness of studied turf lawns depended mainly on lawn grass species composition and the kind of subsoil. All tested turf lawns the best leaf fineness achieved by placing the hydrogel in the ground at a depth of 5 cm. The type of soil cover had no significant effect on the value of this feature.

KEY WORDS: leaf fineness, hydrogel, lawns, type of soil cover





**Stanisław Kalembasa, Barbara Symanowicz**

**WPLYW NAWOŻENIA FOSFOREM I POTASEM  
NA ZAWARTOŚĆ BORU I MANGANU  
W RUTWICY WSCHODNIEJ (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.)  
I GLEBIE**

**THE EFFECT OF THE PHOSPHORUS AND POTASSIUM  
FERTILIZATION ON THE CONTENT OF BORON  
AND MANGANESE IN GOAT'S RUE  
(*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) AND SOIL**

*Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny  
w Siedlcach*

*Soil Science and Plant Nutrition Department, Siedlce University of Natural Sciences  
and Humanitie*

W pracy przedstawiono zmiany w zawartości boru i manganu w rutwicy wschodniej i glebie pod wpływem nawożenia fosforowo-potasowego. Obliczono także pobranie B i Mn z plonem biomasy rośliny testowej. Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2005–2007 w obiekcie doświadczalnym należącym do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. W badaniach uwzględniono sześć obiektów nawozowych (obiekt kontrolny  $P_{50}$ ,  $K_{100}$ ,  $P_{50}K_{150}$ ,  $P_{50}K_{200}$ ,  $P_{50}K_{250}$ ). W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Zawartość całkowitą boru i manganu w roślinie i glebie oznaczono metodą ICP-AES na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie.

Nawożenie fosforowe ( $P_{50}$ ) wpłynęło znacząco na zwiększenie zawartości boru i manganu w biomacie rutwicy wschodniej. Wzrastające dawki potasu powodowały zmniejszenie tych pierwiastków w roślinie. Najwięcej boru i manganu oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką  $P_{50}$ . Maksymalne pobranie boru przez rutwicę wschodnią w ciągu okresu wegetacyjnego uzyskano pod wpływem nawożenia  $P_{50}K_{150}$ , a manganu przy dawce  $P_{50}K_{200}$ . Najwięcej boru oznaczono w glebie nawożonej dawką  $P_{50}K_{250}$ , a manganu w glebie pobranej z obiektu nawozowego  $K_{100}$ .

**SŁOWA KLUCZOWE:** nawożenie PK, rutwica wschodnia, bor, mangan, pobranie

---

Do cytowania – For citation: Kalembasa S., Symanowicz B., 2013. Wpływ nawożenia fosforem i potasem na zawartość boru i manganu w rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) i glebie. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIV, 592: 57–66.

## WSTĘP

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) to wieloletnia roślina bobowata od wielu lat uprawiana w Polsce. Jest ona bogatym źródłem makro- i mikroelementów. Wprowadzenie do gleby bakterii *Rhizobium galegae* może znacznie zwiększyć ilość azotu wykorzystanego przez rutwicę pochodzącego z procesu biologicznej redukcji  $N_2$  (Andrzejewska i Ignaczak 2001, Borowiecki 2004, Kalembasa i Symanowicz 2010, Peoples i wsp. 1995, Reichel i wsp. 1984, Symanowicz i wsp. 2004, Vanace 1998). Decydujący wpływ na plonowanie rutwicy oraz zawartość w jej biomacie makro- i mikroelementów mają: jakość gleby, warunki atmosferyczne, nawożenie, faza rozwojowa, rok uprawy i duża jej odporność na choroby grzybowe i wirusowe (Sowiński i Szyszkowska 2000, Valkonen 1993, Virkajärvi i Varis 1991). Ruskowska i wsp. (1996) podają, że zawartość w glebie boru może być związana z procesem biologicznej redukcji  $N_2$ . Według Kabaty-Pendias (2010) i Spiak (2000) bor i mangan należą do pierwiastków niezbędnych do życia roślin, ale antagonistycznych w stosunku do potasu i fosforu. Brakuje jednak danych dotyczących jakościowych i ilościowych zmian zawartości boru i manganu w biomacie rutwicy wschodniej i w glebie w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego.

Celem przedstawionych badań było określenie wpływu nawożenia fosforem i potasem na zmiany zawartości boru i manganu w biomacie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) i glebie oraz pobranie tych pierwiastków z plonem biomasy rośliny testowej.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 na plantacji założonej w 1997 r. na polu doświadczalnym należącym do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach (52°17'N, 22°28'E). Gleba, na której uprawiano rutwicę, wytworzona była z piasku gliniastego (LS) i charakteryzowała się odczynem obojętnym. Zasobność w przyswajalny fosfor i potas oznaczoną metodą Egnera-DL określono jako średnią, a zasobność w przyswajalny magnez oznaczony metodą Schachtschabela jako niską. W badaniach uwzględniono następujące obiekty nawozowe: obiekt kontrolny  $P_{50}$ ,  $K_{100}$ ,  $P_{50}K_{150}$ ,  $P_{50}K_{200}$ ,  $P_{50}K_{250}$ . Nawozy fosforowe (superfosfat potrójny) stosowano jesienią, a potasowe (sól potasowa 60%) stosowano w dwóch dawkach (pierwsza – wczesną wiosną do  $K_{150}$  i druga – po I pokosie uzupełniająca do  $K_{200}$  i  $K_{250}$ ).

Dane dotyczące opadów i temperatur powietrza w sezonach wegetacyjnych 2005–2007 podano w tabeli 1. Średnia miesięczna temperatura w kolejnych okresach wegetacyjnych kształtowała się na zbliżonym poziomie (15) i była znacznie wyższa w stosunku do danych z wielolecia. Średnia suma opadów w okresie wegetacji była niższa w odniesieniu do sumy wieloletniej. Tylko w 2006 r. była nieznacznie wyższa (o 15 mm). Wynikało to z dużej ilości opadów w sierpniu, przekraczających średnią z wielolecia.

W kolejnych latach badań (2005–2007) zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Podczas zbioru kolejnych pokosów zielonej masy rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) pobierano próbki całych roślin, które następnie wysuszono i rozdrobniono. Jesienią, w każdym roku badań, pobierano również próby glebowe, które wysuszono i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Roztwory analityczne uzyskano

po mineralizacji rośliny testowej oraz gleby w piecu muflowym nastawionym na zwiększenie temperatury i po rozpuszczeniu popiołu czystego w 10% HCl i przeniesieniu do kolby miarowej o objętości 100 cm<sup>3</sup>. Zawartość całkowitą B i Mn w roślinie testowej oraz w glebie oznaczono metodą ICP-AES na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (Szczepaniak 2005). Na podstawie wielkości plonów zamieszczonych w pracy Symanowicz i Kalembasa (2010) obliczono pobranie boru i manganu z plonem rutwicy wschodniej.

Tabela 1

Table 1

Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań 2005–2007. Dane IMGW z punktu pomiarowego w Siedlcach  
 Meteorological conditions during the studies 2005–2007. Reported IMGW by the measurement centre in Siedlce

Lata – Years	Miesiące – Months						Średnia Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura powietrza (°C) – Air temperature							
2005	8,6	13,0	15,9	20,2	17,5	15,0	15,0
2006	8,4	13,6	17,2	22,3	18,0	15,4	15,8
2007	8,3	14,5	18,2	18,5	18,6	13,1	15,2
Średnia – Mean 1981–1995	7,7	10,0	16,1	19,3	18,0	13,0	11,4
Miesięczne sumy opadów (mm) – Total monthly rainfall							Suma Sum
2005	12,3	64,7	44,4	86,5	45,4	15,8	268,8
2006	29,8	39,6	24,0	16,2	227,6	22,0	359,2
2007	21,2	59,1	59,9	70,2	31,1	67,6	309,1
Średnia – Mean 1981–1995	52,3	50,0	68,2	45,7	66,8	60,7	343,7

Wyniki oznaczeń opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji trzyczynnikowej (ANOVA), a istotne różnice obliczono, wykorzystując test Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . W celu określenia zależności pomiędzy zawartością B i Mn w roślinie testowej oraz glebie a pobraniem tych pierwiastków z plonem obliczono współczynniki korelacji (pakiet STATISTICA 9.1, StatSoft). Istotność stwierdzonych korelacji określono przez porównanie wartości empirycznych z wartościami krytycznymi  $r$  przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I OMÓWIENIE

Średnia zawartość boru oznaczona w suchej masie rutwicy wschodniej zbieranej w fazie pąkowania wynosiła 22,57 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2) i była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników i ich współdziałania. Największą ilość boru (24,39 mg·kg<sup>-1</sup>) oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką 50 kg P·ha<sup>-1</sup>. Tylko ta zawartość była istotnie wyższa w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Kolejne wzrastające dawki potasu powodowały nieistotną zniżkę zawartości boru w biomase rośliny testowej. Pod wpływem nawożenia P<sub>50</sub>K<sub>150</sub> oznaczono nieistotnie większe ilości boru w odniesieniu do obiektu kontrolnego Kabata-Pendias (2010) oraz Ruzzkowska i wsp. (1996) podają, że optymalna zawartość fosforu w glebie ma stymulujący wpływ na zawartość boru w roślinie, natomiast zwiększona zawartość potasu w glebie zmniejsza pobranie boru przez roślinę. Istotnie największe ilości boru oznaczono w II pokosie, co było związane z koncentracją tego pierwiastka w mniejszym plonie. Z trzech pokosów najwyższą średnią zawartość boru w roślinach oznaczono w roku 2005. W kolejnych latach badań odnotowano istotnie mniejsze zawartości tego pierwiastka. Uzyskane dane były o około 30% mniejsze od tych, jakie zdobyto we wcześniejszych badaniach z rutwicą (Symanowicz i wsp. 2004), w których nie stosowano nawożenia PK. Również Kabata-Pendias (2010) podaje, że zawartość boru zmienia się znacznie w okresie wegetacji, w różnym stopniu w poszczególnych organach roślin. Dla roślin bobowatych zawartość ta może wynosić 60–80 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a dla kukurydzy na paszę 10–12 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (Wysokiński i wsp. 2008, Symanowicz i Kalembasa 2010). Obliczone współczynniki korelacji prostej wykazały istotną dodatnią zależność między zawartością boru w biomase I pokosu a zawartością manganu w biomase III pokosu (0,93\*) oraz zawartością B w biomase II pokosu a pobraniem B z plonem II pokosu (0,85\*).

Tabela 2

Table 2

Zawartość boru (mg·kg<sup>-1</sup>s.m.) w biomase rutwicy wschodniej  
The content of boron in biomass of goat's rue (mg·kg<sup>-1</sup>d.m.)

Nawożenie Fertilization	Pokosy – średnie z 3 lat Cuts – means of 3 years			Lata – średnie z 3 pokosów Years – means of 3 cuts			Średnia Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	20,48	25,59	21,22	29,06	24,01	14,23	22,43
P <sub>50</sub>	20,74	26,87	25,56	33,68	24,16	15,34	24,39
K <sub>100</sub>	18,42	24,45	21,78	27,44	23,27	13,94	21,55
P <sub>50</sub> K <sub>150</sub>	19,07	28,29	24,42	32,11	25,46	14,21	23,93
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	18,79	23,81	19,73	26,66	21,27	14,41	20,78
P <sub>50</sub> K <sub>250</sub>	18,16	21,60	27,24	35,28	17,58	14,14	22,33
Średnia – Mean	19,28	25,10	23,32	30,70	22,62	14,38	22,57

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub>; pokosy – cuts (C) – 0,99; lata – years (Y) – 0,99; nawożenie – fertilization (F) – 1,71; Y × C – 1,71; C × Y – 1,71; F × C – 2,09; C × F – 1,71; F × Y – 2,95; Y × F – 2,42

Mangan należy do mikroelementów niezbędnych zarówno dla roślin (Kabata-Pendias 2010, Spiak 2000), jak i zwierząt (Jamroz i wsp. 2001). Zawartość tego pierwiastka w roślinie testowej wynosiła średnio  $34,95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. (tab. 3) i była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników oraz ich współdziałania. Istotnie największą zawartość manganu oznaczono w biomase rośliny testowej zebranej w II pokosie ( $42,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.), a także w 2005 r. ( $42,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.). Były to ilości optymalne dla pasz (Gorlach 1991). Obliczenia statystyczne wykazały znaczne różnice w zawartości manganu pomiędzy pokosami rutwicy wschodniej. W kolejnych latach badań oznaczono istotnie mniejsze ilości manganu w roślinie testowej. Nawożenie PK w dużym stopniu wpłynęło na zmiany zawartości manganu w biomase analizowanej rośliny. Pod wpływem nawożenia fosforowego ( $P_{50}$ ) nastąpił wzrost zawartości Mn o 12,4% w stosunku do obiektu kontrolnego. Nawożenie solą potasową w dawce  $K_{100}$  spowodowało także znaczne zwiększenie zawartości Mn w rutwicy wschodniej w odniesieniu do obiektu kontrolnego o 6,8%. Kolejne wzrastające dawki potasu wpłynęły na zmniejszenie zawartości manganu w roślinie porównaniu z obiektem  $K_{100}$ , co wynikało z antagonizmu pomiędzy Mn i K. Uzyskane wyniki pod wpływem nawożenia PK (poniżej  $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) wskazują na niedobór manganu w paszy (Gorlach 1991, Kabata-Pendias 2010). Zróżnicowanie zawartości manganu (od 20,2 do  $51,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w zależności od fazy rozwojowej rzepaku wykazały w badaniach Spiak i Piszcz (2009) oraz Kalemby i Symanowicz (2009) w badaniach z rutwicą (od 30,69 do  $54,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.).

Tabela 3

Table 3

Zawartość manganu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w biomase rutwicy wschodniej  
The content of manganese in biomass of goat's rue ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  d.m.)

Nawożenie Fertilization	Pokosy – średnie z 3 lat Cuts – means of 3 years			Lata – średnie z 3 pokosów Years – means of 3 cuts			Średnia Mean 2005 - 2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	25,15	40,34	37,64	43,16	34,82	25,15	34,38
$P_{50}$	26,85	50,47	38,62	48,52	33,58	33,84	38,65
$K_{100}$	29,66	48,85	31,66	43,86	34,01	32,30	36,72
$P_{50}K_{150}$	28,73	39,72	32,56	41,37	29,79	29,86	33,67
$P_{50}K_{200}$	28,07	34,01	32,54	41,12	27,63	25,87	31,54
$P_{50}K_{250}$	27,58	43,42	33,29	38,81	31,49	33,99	34,76
Średnia – Mean	27,67	42,80	34,39	42,81	31,89	30,17	34,95

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub>: pokosy – cuts (C) – 1,07; lata – years (Y) – 1,07; nawożenie – fertilization (F) – 1,85; Y × C – 1,86; C × Y – 1,86; F × C – 2,27; C × F – 1,86; F × Y – 3,20; Y × F – 2,63

Średnie pobranie boru i manganu z plonem rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w latach 2005–2007 wyniosło: boru –  $188 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 4), manganu  $294 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 5). Najwięcej pierwiastków roślina testowa pobrała z plonem I pokosu zebrany w fazie pąkowania. Pobranie boru z plonem I pokosu było istotnie związane z pobraniem manganu z plonem I pokosu ( $0,87^*$ ) oraz III pokosu ( $0,81^*$ ). Największe sumaryczne

ilości boru i manganu z trzech pokosów oznaczono w pierwszym roku badań (B – 282 g·ha<sup>-1</sup>, Mn – 393 g·ha<sup>-1</sup>). Rozpatrując nawożenie PK, należy stwierdzić, że najwięcej boru zgromadziła rutwica nawożona dawką P<sub>50</sub>K<sub>150</sub>, a manganu dawką P<sub>50</sub>K<sub>200</sub>. Przedstawione obliczenia wykonano na podstawie plonów zamieszczonych w pracy Symanowicz i Kalembasy (2010). Obliczone współczynniki korelacji w kolejnych latach badań (0,90\*; 0,89\*; 0,80\*) wykazały dużą zależność między ilością boru pobranego z plonem rutwicy a ilością pobranego manganu.

Tabela 4  
Table 4

Pobranie boru z plonem rutwicy wschodniej (g B·ha<sup>-1</sup>)  
Boron uptake with the yield of goat's rue

Nawożenie Fertilization	Pokosy – średnie z 3 lat Cuts – means of 3 years			Lata – średnie z 3 pokosów Years – means of 3 cuts			Średnia Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	72	53	21	216	180	76	152
P <sub>50</sub>	81	79	51	347	204	102	207
K <sub>100</sub>	69	54	40	239	180	97	168
P <sub>50</sub> K <sub>150</sub>	78	88	53	343	231	119	225
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	101	69	46	317	225	137	220
P <sub>50</sub> K <sub>250</sub>	62	42	41	214	125	105	153
Średnia – Mean	77	63	42	282	190	106	188

Tabela 5  
Table 5

Pobranie manganu z plonem rutwicy wschodniej (g Mn·ha<sup>-1</sup>)  
Manganese uptake with the yield of goat's rue

Nawożenie Fertilization	Pokosy – średnie z 3 lat Cuts – means of 3 years			Lata – średnie z 3 pokosów Years – means of 3 cuts			Średnia Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	88	84	45	321	262	134	239
P <sub>50</sub>	105	148	65	500	284	226	337
K <sub>100</sub>	111	108	59	382	264	224	290
P <sub>50</sub> K <sub>150</sub>	117	124	71	443	270	250	321
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	151	99	77	489	293	246	343
P <sub>50</sub> K <sub>250</sub>	94	85	50	235	225	251	237
Średnia – Mean	111	108	62	393	268	222	294

Średnia całkowita zawartość boru w glebie z poziomu próchnicznego wynosiła 6,92 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 6). Obliczenia statystyczne wykazały istotne zróżnicowanie zawartości B w glebie pod wpływem nawożenia. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia zawartość boru w glebie istotnie się zmniejszała w porównaniu z pierwszym rokiem badań (2005). W 2007 r. odnotowano o 23,5% spadek zawartości boru w stosunku do roku 2005. Systematyczne zmniejszanie ilości pierwiastka w glebie w kolejnych latach badań związane było z wynoszeniem tego składnika z plonem rośliny testowej. Rozpatrując wpływ kolejnych dawek PK na zawartość B w glebie, należy stwierdzić istotne zwiększanie zawartości tego pierwiastka w glebie w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Największą ilość (7,3 mg·kg<sup>-1</sup>) oznaczono w glebie pobranej z obszaru nawozowego P<sub>50</sub>K<sub>250</sub>. Należy przypuszczać, że źródłem boru mogą być nawozy fosforowo-potasowe.

Tabela 6  
Table 6

Zawartość boru w glebie (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.)  
The content of boron in soil (mg·kg<sup>-1</sup> d.m.)

Nawożenie Fertilization	Lata – Years			Średnia – Mean 2005–2007
	2005	2006	2007	
0	6,56	6,36	5,82	6,25
P <sub>50</sub>	8,75	6,51	6,39	7,22
K <sub>100</sub>	8,53	5,95	5,78	6,76
P <sub>50</sub> K <sub>150</sub>	7,81	6,41	6,42	6,88
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	8,73	6,45	6,10	7,09
P <sub>50</sub> K <sub>250</sub>	8,20	7,00	6,71	7,30
Średnia – Mean	8,10	6,45	6,20	6,92

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub>: lata – years (Y) – 0,19; nawożenie – fertilization (F) – 0,33; F × Y – 0,57; Y × F – 0,47

Średnia całkowita zawartość manganu, którą oznaczono w glebie wynosiła 135,06 mg·kg<sup>-1</sup> i kształtowała się według Kabaty-Pendias (2010) na średnim poziomie (tab. 7). Analiza statystyczna wykazała istotnie największe ilości tego pierwiastka w glebie pobranej po pierwszym roku badań (148,10 mg·kg<sup>-1</sup>). Zastosowane nawożenie fosforowo-potasowe różnicowało nieistotnie zawartość manganu w glebie. Największe ilości analizowanego pierwiastka (138,16 mg·kg<sup>-1</sup>) oznaczono w glebie z obiektu nawozowego K<sub>100</sub>. Zbliżoną zawartość manganu oznaczyli Kalembasa i wsp. (2009) w warstwie torfu gleb torfowo-murszowych doliny górnego Liwca oraz Żarczyński i wsp. (2011) w badaniach gleb wyłączonych z uprawy (odłogowanych lub ugorowanych). Wykonane obliczenia wykazały istotną zależność (0,90\*) pomiędzy zawartością manganu w glebie a jego zawartością w roślinie testowej na podstawie średnich z trzech lat prowadzenia badań.

Tabela 7  
Table 7Zawartość manganu w glebie (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.)  
The content of manganese in soil (mg·kg<sup>-1</sup> d.m.)

Nawożenie Fertilization	Lata – Years			Średnia – Mean 2005–2007
	2005	2006	2007	
0	141,73	135,32	126,41	134,48
P <sub>50</sub>	151,62	130,82	128,33	136,92
K <sub>100</sub>	150,54	134,17	129,79	138,16
P <sub>50</sub> K <sub>150</sub>	147,07	133,44	122,94	134,48
P <sub>50</sub> K <sub>200</sub>	143,92	127,13	121,86	130,97
P <sub>50</sub> K <sub>250</sub>	153,76	132,33	119,86	135,32
Mean	148,10	132,20	124,86	135,06

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub>; lata – years (Y) – 7,47; nawożenie – fertilization (F) – n.s.; F × Y – n.s.; Y × F – n.s.

## WNIOSKI

1. Nawożenie fosforowe (P<sub>50</sub>) wpłynęło istotnie na zwiększenie ilości boru i manganu w biomase rutwicy wschodniej, natomiast wzrastające dawki potasu spowodowały zmniejszenie zawartości tych pierwiastków w roślinie testowej.

2. Oznaczona zawartość manganu w biomase rutwicy wschodniej wskazuje na niedobór tego pierwiastka w paszy przeznaczony dla zwierząt.

3. Największe, średnie dla trzech lat badań, pobranie boru przez rutwicę wschodnią (0,225 kg B·ha<sup>-1</sup>) uzyskano pod wpływem nawożenia P<sub>50</sub>K<sub>150</sub>, a manganu (0,343 kg Mn·ha<sup>-1</sup>) przy dawce P<sub>50</sub>K<sub>200</sub>. Niezależnie od zastosowanego nawożenia i lat badań największe pobranie B i Mn stwierdzono dla I pokosu. Największe, średnie dla trzech pokosów, pobranie badanych składników uzyskano w pierwszym roku badań (2005) i w kolejnych latach ulegało ono obniżeniu.

4. Nawożenie PK istotnie różnicowało zawartość B i Mn w glebie. Najwięcej boru oznaczono w glebie nawożonej dawką P<sub>50</sub>K<sub>250</sub>, a manganu dawką K<sub>100</sub>.

## PIŚMIENNICTWO

- Andrzejewska J., Ignaczak S., 2001. Effectiveness of symbiosis between fodder Galega (*Galega orientalis* Lam.) and *Rhizobium galegae* on fallow land. EJPAU, S. Agronomy, 4(2).
- Borowiecki J., 2004. Nowe aspekty symbiotycznego wiązania azotu. Post. Nauk Rol., 2: 9–18.
- Gorlach E., 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 34(262): 13–22.
- Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J., 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN., Warszawa, 437.
- Kabata-Pendias A., 2010. Trace elements in soils and plants. (4rd ed.) CRC Press. 548 p.



- Kalembasa D., Pakuła K., Becher M., 2009. Profile differences of Fe, Al and Mn in the peat- muck soils in the upper Liwiec river valley. *Acta Sci. Pol., seria Agricultura*, 8(2): 3–8.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 2009. Wpływ procesu biologicznej redukcji  $N_2$  na zmiany zawartości żelaza i manganu w biomacie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w kolejnych latach uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 541: 181–188.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 2010. Quantitative abilities of biological nitrogen reduction for *Rhizobium galegae* cultures by goat's rue. *Ecol. Chem. and Eng., seria A.*, 17(7): 757–764.
- Peoples M.B., Herridge D.F., Ladha J.K., 1995. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. *Plant and Soil.*, 174: 3–28.
- Raig H., Nõmmsalu H., Meripõld H., Metliskaja J., 2001. Fodder Galega. *Mon. ERIA Saku*: 141.
- Reichel G.H., Barnes D.K., Vance C.P., Henjum K.J., 1984.  $N_2$  fixation and N and dry matter partitioning during a 4-year alfa alfa stand. *Crop Sci.*, 24: 811–815.
- Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M., 1996. Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434: 85–98.
- Sowiński J., Szyszkowska A., 2000. The effect of harvesting methods on the quantity and quality of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) forage. *Reu Technical, Ser.*, 66: 110–112.
- Spiak Z., 2000. Mikroelementy w rolnictwie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 29–34.
- Spiak Z., Piszcz U., 2009. Dynamika pobierania mikroelementów przez wybrane odmiany rzepaku ozimego. Cz. III. Zmiany zawartości oraz dynamika nagromadzenia manganu w okresie wegetacji. *Zesz. Nauk. UP Wroc., XCV*, 574: 109–116.
- Symanowicz B., Appel Th., Kalembasa S., 2004. Goat's rue (*Galega orientalis* Lam.), a plant with multi-directional possibilities of use for agriculture. Part III. The influence of the infection of *Galega orientalis* seeds on the content of trace elements. *Polish J. Soil Sci.*, 37(1): 11–20.
- Symanowicz B., Kalembasa S., 2010. Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na plon i zawartość makroelementów w biomacie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). *Fragm. Agron.*, 27(1): 177–185
- Szczepaniak W., 2005. *Metody instrumentalne w analizie chemicznej*. PWN, Warszawa, 165–168.
- Valkonen Jari P.T., 1993. Resistance to six viruses in the legume goat's rue (*Galega orientalis* Lam.). *Ann. of Applied Biol.*, 123(2): 309–314.
- Vance C.P., 1998. Legume symbiotic nitrogen fixation. *Agronomic aspects*, [in:] *The rhizobiaceae*. (eds.): H. P., Spaink, A., Kondorosi, P.J. J., Hooykaas, Kluwer Acad. Pub. Dordrecht/ Boston/ Londyn: 509–530.
- Virkajärvi P., Varis E., 1991. The effect of cutting times on goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) leys. *J. Agricult. Sci. Finland*, 63: 391–402.
- Wysokiński A., Kalembasa S., Symanowicz B., 2008. Wpływ alkalizacji oraz kompostowania osadów ściekowych na zawartość boru i molibdenu w roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 526: 487–495.
- Żarczyński P., Sienkiewicz S., Krzebietke S., 2011. Effect of the way set-aside land is maintained on the content of available forms of selected micronutrients in soil. *J. Elem.*, 16(4): 651–657.

**THE EFFECT OF THE PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION  
ON THE CONTENT OF BORON AND MANGANESE IN PLANT  
AND SOIL AND UPTAKE BY BIOMASS GOAT'S RUE  
(*GALEGA ORIENTALIS* LAM.)**

**S u m m a r y**

The paper presents the changes in boron and manganese in soil and biomass of goat's rue the influence PK fertilization. Also calculated uptake of B and Mn from the biomass yield of the tested plant. The experiment was conducted in 2005–2007 years in the experimental object, belonged to the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities. The study included six objects with variable PK fertilization. The three cut of the test plant at the stage of budding were collected in each year of the study. The total content of B i Mn in the plant and soil was determined by emission spectrophotometr with inductively coupled plasma (ICP-AES).

Phosphorus fertilization ( $P_{50}$ ) significantly influenced the increase boron and manganese content in the biomass of the goat's rue. The increasing doses of potassium caused a decrease of these elements in plant. The most B and Mn was determined in a test plant fertilized with dose  $P_{50}$ . The largest boron goat's rue download with in the growing season was obtained under the influence of fertilization  $P_{50}K_{150}$  and manganese for doses  $P_{50}K_{200}$ . The most boron was determined in soil fertilized with  $P_{50}K_{250}$  dose and manganese in the soil form the taken fertilizer  $K_{100}$ .

KEY WORDS: PK fertilization, goat's rue, boron, manganese, uptake

**Leszek Kordas**

**WPŁYW SPOSOBU UPRAWY ROLI I REGENERACJI  
STANOWISKA W MONOKULTURZE ŻYTA OZIMEGO  
NA WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE GLEBY**

**THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND REGENERATIVE  
PRACTICES OF THE SITE OF WINTER TRITICALE GROWING  
IN CONTINUOUS CROPPING ON BIOLOGICAL PROPERTIES  
OF SOIL**

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Department of Agroecosystems and Green Areas Management, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

W dwuczynnikowym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2009–2011 badano wpływ sposobu uprawy roli: tradycyjnego i uproszczonego (bezorkowy) i trzech zabiegów regeneracyjnych: międzyplonu ścierniskowego w postaci gorczycy białej (*Sinapis alba*); preparatu z efektywnymi mikroorganizmami oraz połączenia obu zabiegów na aktywność mikrobiologiczną gleby w uprawie monokulturowej żyta ozimego. Badania wykazały, że aktywność enzymatyczna gleby wzrasta wraz z uproszczeniem uprawy roli, choć nie w stopniu istotnym, a zmniejszyła się po jednoczesnym zastosowaniu EM-A i międzyplonu. Każdy sposób regeneracji stanowiska znacznie zwiększał natomiast respirację gleby.

**SŁOWA KLUCZOWE:** uprawa tradycyjna, uprawa uproszczona, regeneracja stanowiska, żyto ozime

---

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę 2008–2012 jako projekt badawczy nr N N310 14435

---

Do cytowania – For citation: Kordas L., 2013. Wpływ sposobu uprawy roli i regeneracji stanowiska w monokulturze żyta ozimego na właściwości biologiczne gleby. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIV, 592: 67–74.

## WSTĘP

Znaczenie żyta ozimego (*Secale cereale* L.) w Polsce wynika z dużego udziału gleb należących do kompleksów żytnych, odpowiednich dla tej rośliny. Jest ono jednym z najpowszechniej uprawianych zbóż, które stanowią obecnie około 75% powierzchni zasiewów (GUS 2010). Powoduje to szereg niekorzystnych zmian w środowisku glebowym: ograniczenie bioróżnorodności, wyczerpanie składników pokarmowych i wody, a dodatkowo sprzyja rozwojowi patogenów (Jaskulski i Jaskulska 2006). Małe wymagania glebowe i klimatyczne, a szczególnie oszczędna gospodarka wodna oraz duża tolerancja na kwaśny odczyn powodują jego wyraźną przewagę nad innymi roślinami uprawnymi. Choć żyto słabiej reaguje od nich na rodzaj przedplonu, jednak w płodozmianach uproszczonych bądź w monokulturze należy liczyć się z obniżką plonu oraz innymi negatywnymi skutkami jak narastająca inwazyjność chorób, szkodników, zachwaszczenie oraz wyczerpanie składników pokarmowych z gleby.

Intensyfikacja produkcji rolnej może powodować degradację środowiska glebowego. Według Janasa (2009) ponad połowa użytków rolnych na świecie podlega temu procesowi. Istnieją jednak zabiegi i elementy agrotechniki pozwalające zachować i przywrócić naturalny stan równowagi. Jednym z nich jest uproszczona uprawa roli. Coraz częściej płuzna uprawa roli polegająca na wykonywaniu wielu uprawek zastępowana jest uprawą z użyciem kultywatorów i bron talerzowych lub zestawów uprawowo-siewnych. Potwierdzają to badania Majchrowkiego i wsp. (2007), którzy wykazali wzrost wilgotności gleby w warstwie 5–10 cm po uprawie uproszczonej w stosunku do uprawy tradycyjnej, nie stwierdzili natomiast zmian wilgotności głębszych warstw. Również Lepiarczyk i wsp. (2007) odnotowali, że gleba uprawiana bezorkowo miała wyższą wilgotność niż uprawiana tradycyjnie. Inne rezultaty uzyskali Majchrzak i wsp. (2004), wskazując na mniejszą wilgotność gleby w całym sezonie wegetacyjnym po uprawie uproszczonej niż po tradycyjnej. Obecnie uprawa międzyplonów jest także istotnym elementem w kształtowaniu bioróżnorodności agroekosystemów (Jaskulski i Jaskulska 2006). Pozytywny ich wpływ w przywracaniu równowagi zdegradowanego siedliska zauważają Jaskulska i Gałęzewski (2009). Biomasa międzyplonu ogranicza straty makroelementów, a dodatkowo podczas rozkładu dostarcza składników pokarmowych roślinie uprawianej (Parylak i wsp. 2002) i zwiększa zawartość próchnicy (Siuta 1999). Międzyplon korzystnie wpływa również na właściwości fizyczne gleby.

Właściwości biologiczne gleby można poprawić poprzez stosowanie szczepionek mikroorganizmów. Higa (2003) opracował preparat, który zawiera 80 gatunków mikroorganizmów: bakterii fotosyntetycznych, bakterii kwasu mlekowego, drożdży, grzybów i promieniowców. Wyniki polskich badań nad jego działaniem na właściwości gleby nie są jednoznaczne.

Jednoroczne stosowanie efektywnych mikroorganizmów wpłynęło niekorzystnie na właściwości fizyczne, odczyn, zawartość węgla organicznego, a nawet na liczebność bakterii (Dziamba i wsp. 2009). Piskier (2007) wskazuje na mało istotny wpływ szczepionki na właściwości fizyczne. Jedynie zwiążłość gleby uległa zmniejszeniu w porównaniu z obiektem kontrolnym. Kucharski i Jastrzębska (2005) uważają, że stosowanie EM-A obniża aktywność dehydrogenaz odpowiedzialnych za prawidłowe procesy metaboliczne.

Odmienne rezultaty uzyskali Kaczmarek i wsp. (2008), którzy udowodnili pozytywne działanie japońskiej technologii na aktywność enzymów glebowych. Rozbieżność donieśń można tłumaczyć tym, że stosowanie technologii EM-A jest zasadne na glebach z zachwianą równowagą mikrobiologiczną, czyli zdegradowanych lub ubogich (Janas 2009).

Dzięki badaniom aktywności dehydrogenazy glebowej i zawartości węgla organicznego można rejestrować zmiany żywotności zbiorowisk mikroorganizmów i badać ogólną aktywność mikrobiologiczną gleby. Według Kucharskiego i Niewolak (1997) aktywność tego enzymu związana jest dodatkowo z zawartością węgla.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu sposobu uprawy roli i regeneracji stanowiska żyta ozimego uprawianego po sobie na aktywność życia biologicznego w glebie.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2008–2011 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wykonano dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założone metodą split-plot w czterech powtórzeniach (tab.1). Powierzchnia poletka wynosiła 120 m<sup>2</sup>.

Czynnikami pierwszego rzędu były warianty uprawy roli – tradycyjny i uproszczony (bezorkowy). Drugi czynnik stanowiły zabiegi regeneracyjne, stanowisko: międzyplon ścierniskowy w postaci gorczycy białej, preparat z efektywnymi mikroorganizmami, połączenie obu zabiegów oraz obiekt kontrolny – bez regeneracji.

Doświadczenie wykonano na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego podścielonego piaskiem słabo gliniastym (według PTG 1989). Gleba ta zaliczona jest do klasy bonitacyjnej IV a i kompleksu żyniego dobrego.

Badanie aktywności dehydrogenaz wykonano metodą spektrofotometryczną z TTC według PN-ISO 23753-1 w fazach: w pełnej dojrzałości ziarniaków (BBCH 89). Próbkę glebową zostały pobrane za pomocą laski w dwóch powtórzeniach na poletku, z których utworzono próbkę zbiorczą dla każdego obiektu. Pomiar zdolności respiracyjnej gleby wykonano w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 75) i mierzono za pomocą respirometru CO<sub>2</sub> za pomocą respirometru składającego się z komory systemu zamkniętego SRC1 i z analizatora gazu EGM-1 wersja 4.12. na podstawie rejestracji wydzielanego przez mikroorganizmy CO<sub>2</sub> w ciągu 1 godziny z 1 m<sup>2</sup>. Badanie zostało przeprowadzone w fazie dojrzałości pełnej ziarniaków. Wraz ze zdolnością respiracyjną gleby w tych samych miejscach mierzono wilgotność aktualną za pomocą wilgotnościomierza HH2 z sondą SM 200. Pomiary przeprowadzono w 2 powtórzeniach na poletku. Do oceny istotności różnic zastosowano analizę wariancji programem AWA na poziomie istotności wynoszącym 0,05, zaś do oceny istotności różnic zastosowano test T-Studenta. Do oceny zależności między wilgotnością a respiracją wykonano analizę korelacji.

Tabela 1  
Tabela 1Schemat doświadczenia polowego  
Scheme of the experiment

Czynniki pierwszego rzędu Main factor			
Uprawa Tillage	Sposób uprawy roli – Tillage system		
	poźniwna post harvest	przedsiewna pre-sowing	siew sowing
A Tradycyjna Conventional	podorywka na głębokość 10 cm brona ciężka brona ciężka ploughing 10 cm deep heavy harrow heavy harrow	orka średnia na głębokość 20 cm brona ciężka agregat uprawowy medium plowing 20 cm deep heavy harrow combined implement	siewnikiem tradycyjnym conventional seeder
B Uproszczona Reduced	kultywator podorywkowy na głębokość 15 cm wał strunowy cultivator 15 cm cage roller	kultywator podorywkowy na głębokość 15 cm wał strunowy brona ciężka cultivator 15 cm cage roller heavy harrow	siewnikiem talerzowym disc seeder
Czynniki drugiego rzędu Subplot factor			
Zabiegi regeneracyjne – Regenerative practices			
I	II	III	IV
bez regeneracji (obiekt kontrolny) with no regeneration (control treatment)	efektywne mikroorganizmy EM-A effective microorganisms EM-A	efektywne mikroorganizmy EM-A międzyplon ścierniskowy effective microorganisms EM-A stubble catch crop	międzyplon ścierniskowy stubble catch crop

## WYNIKI I OMÓWIENIE

Dehydrogenazy są enzymami uczestniczącymi w procesie oddychania wszystkich organizmów, dlatego uważane są za dobry wskaźnik aktywności biologicznej gleby.

Kucharski i Niewolak (1997) wykazali, że uprawa żyta ozimego w monokulturze powoduje wzrost aktywności dehydrogenazy o 65% w stosunku do uprawy tej rośliny w płodozmianie. Z kolei Smoliński i wsp. (1997) wskazują na istotne związki pomiędzy elementami agrotechniki, uprawą roli i uprawą międzyplonów, a aktywnością mikrobiologiczną gleby. Z badań własnych wynika, że sposób uprawy roli zmienił, choć

statystycznie nieistotnie, aktywność dehydrogenaz (tab. 2). Po uprawie uproszczonej była ona ponad dwukrotnie wyższa niż po tradycyjnej, natomiast po zastosowaniu zabiegów regeneracyjnych aktywność dehydrogenaz zmniejszyła się w porównaniu z obiektem kontrolnym. Najwyższą aktywność (średnio 0,77  $\mu\text{g TF g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) wykazano wtedy, gdy nie stosowano jakiegokolwiek regeneracji stanowiska, nieco mniejszą (średnio 0,61  $\mu\text{g TF g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) po uprawie międzyplonów, a istotnie najmniejszą wartość (0,38  $\mu\text{g TF g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) po zastosowaniu EM-A z międzyplonem. Aplikacja samego preparatu EM-A spowodowała zmniejszenie, choć nie w stopniu istotnym aktywność dehydrogenaz w porównaniu z obiektem kontrolnym. Podobne rezultaty uzyskali Mayer i wsp. (2010), oraz Kucharski i Jastrzębska (2005), a odmienne Kaczmarek i wsp. (2008) oraz Wielgosz i wsp. (2009). W badaniach własnych nie stwierdzono natomiast interakcyjnego wpływu sposobu uprawy roli i regeneracji stanowiska na aktywność dehydrogenaz.

Tabela 2  
Table 2

Aktywność dehydrogenaz w  $\mu\text{g TF g}^{-1}\text{h}^{-1}$  (średnio 2009–2011)  
The activity of dehydrogenases in  $\mu\text{g TF g}^{-1}\text{h}^{-1}$  (mean 2009–2011)

Sposób regeneracji Regenerative method	Sposób uprawy Tillage system		Średnio Mean
	tradycyjny conventional	uproszczony reduced	
Brak – Lack	0,48	1,07	0,77
EM-A	0,23	0,82	0,53
EM-A+ międzyplon EM-A + catch crop	0,32	0,44	0,38
Międzyplon Catch crop	0,47	0,75	0,61
Średnio Mean	0,38	0,77	

$\text{NIR}_{(0,05)} - \text{LSD}_{(0,05)}$ ; A – r.n.\* – ns.; B – 0,25; A  $\times$  B – r.n. – ns

\* r.n. – różnica nieistotna, n.s. – not significant difference

Na poletkach po uprawie uproszczonej bez stosowania jakiegokolwiek regeneracji i z zastosowaniem EM-A odnotowano największą zdolność respiracyjną gleby (tab. 3) odpowiednio 1,07 i 0,82  $\mu\text{g TF g}^{-1}\text{h}^{-1}$ . Natomiast mniejszą (0,2) odnotowano po uprawie tradycyjnej z zastosowanym EM-A.

Zdolność respiracyjną gleby po uprawie uproszczonej była nieznacznie większa od tradycyjnej, zatem system uprawy nie miał na nią znaczącego wpływu. Runowska-Hryńczuk i wsp. (1999, 2000) w swoich pracach wykazali natomiast, że zdolność respiracyjną gleby maleje pod wpływem zerowej uprawy. Odmienne wyniki otrzymali Idkowiak i Kordas (2004, 2007), którzy stwierdzili, że aktywność biologiczna gleby po wykonaniu siewu bezpośredniego wzrosła o 62% w porównaniu z uprawą tradycyjną.

W badaniach własnych zastosowane czynniki regenerujące istotnie wpłynęły na wielkość respiracji. Najwyższy jej poziom (średnio 0,61 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·h) stwierdzono na polstkach, na których zastosowano EM-A i EM-A z międzyplonem, a najniższy (średnio 0,49 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·h) na stanowiskach bez regeneracji. Bezwzględnie największa respiracja była na obiektach po uprawie uproszczonej z zastosowaniem EM-A i EM-A z międzyplonem – wyniosła odpowiednio 0,62 i 0,61 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·h. Nie stwierdzono jednak istotnego współdziałania sposobu uprawy roli i regeneracji stanowiska na wydzielanie dwutlenku węgla z gleby.

Współczynnik korelacji pomiędzy pomiarem zdolności respiracyjnej gleby a jej wilgotnością był istotny i wyniósł 0,49. Między zdolnością a wilgotnością występuje zależność liniowa, zatem wraz ze wzrostem wilgotności aktualnej gleby następuje wzrost jej zdolności respiracyjnej.

Tabela 3  
Table 3

Pomiar zdolności respiracyjnej gleby w fazie w mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·h (średnio 2009–2011)  
Measuring the ability of soil respiration in mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>·h (mean 2009–2011)

Sposób regeneracji Regenerative method	Sposób uprawy Tillage system		Średnio Mean
	tradycyjny conventional	uproszczony reduced	
Brak – Lack	0,47	0,51	0,49
EM-A	0,60	0,62	0,61
EM-A+ międzyplon EM-A + catch crop	0,62	0,61	0,61
Międzyplon Catch crop	0,52	0,51	0,52
Średnio Mean	0,55	0,56	

NIR<sub>(0,05)</sub> – LSD<sub>(0,05)</sub>: A – r.n.\* – ns.; B – 0,03; A × B – r.n.– ns  
\* r.n. – różnica nieistotna, n.s. – not significant difference

## WNIOSKI

1. Aktywność enzymatyczna gleby zwiększyła się, choć nieistotnie, po uproszczeniu tradycyjnej uprawy roli, a istotnie zmniejszyła w rezultacie aplikacji preparatu EM-A z jednoczesną uprawą gorczycy białej w międzyplonie ścierniskowym.

2. Zdolność respiracyjna gleby istotnie wzrastała po zastosowaniu (jako czynnika regenerującego stanowisko w monokulturze żyta ozimego preparatu) EM-A i EM-A z uprawą międzyplonu.



## PIŚMIENNICTWO

- Dziamba S., Pranagal J., Wielgosz E., 2009. Niektóre właściwości gleby płowej po jednorocznym zastosowaniu technologii 'Efektywnych Mikroorganizmów' (EM). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 542, 139–145.
- GUS., 2010. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, <http://www.stat.gov.pl>.
- Higa T., 2003. Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja Rozwój SGGW: 152.
- Idkowiak M., Kordas L., 2004. Zmiany właściwości chemicznych i biologicznych gleby w wyniku stosowania uproszczeń w uprawie roli i zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 21(3): 40–48.
- Idkowiak M., Kordas L., 2007. Ocena wpływu różnych systemów uprawy roli i nawożenia azotem na respirację gleby. *Fragm. Agron.*, 24(1): 72–81.
- Janas R., 2009. Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych. *Probl. Inż. Roln.*, 3.
- Jaskulska I., Gałęzowski L., 2009. Aktualna rola międzyplonów w produkcji roślinnej i środowisku. *Fragm. Agron.*, 26(3): 48–57.
- Jaskulski D., Jaskulska I., 2006. Bioróżnorodność agroekosystemów i krajobrazu rolniczego a polowa produkcja roślinna. *Post. Nauk Rol.*, 4: 43–57.
- Kaczmarek Z., Wolna-Maruwka A., Jakubus M., 2008. Zmiany liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych oraz aktywności enzymatycznej w glebie inokulowanej efektywnymi mikroorganizmami (EM). *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 3: 122–127.
- Kucharski J., Niewolak T., 1997. Wpływ systemu uprawy roślin zbożowych na aktywność enzymów glebowych. *Drobnoustroje w środowisku glebowym*. (Red.) Barabasz W. Wyd. AR Kraków: 349–356.
- Kucharski J., Jastrzębska E., 2005. Rola mikroorganizmów efektywnych (EM) i glebowych w kształtowaniu właściwości mikrobiologicznych gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 507: 315–322.
- Lepiarczyk A., Stępnik K., Szylak A., 2007. Wpływ systemów uprawy roli na niektóre właściwości fizyczne gleby pod wybranymi roślinami. *Fragm. Agron.*, 24(1): 155–163.
- Majchrowski P., Kordas L., Parylak D., 2007. Zmiany siedliskowe pod wpływem zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia mineralnego w wieloletniej monokulturze żyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 24(1): 164–173.
- Majchrzak L., Skrzypczak G., Piechota T., 2004. Wpływ uproszczonej uprawy roli pod kukurydzą na fizyczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 21(3): 107–119.
- Mayer J., Scheid S., Widmer F., Fließbach A., Oberholzer H.R., 2010. How effective are 'Effective microorganisms'® (EM)? Result from a field study in temperate climate. *Appl. Soil Ecol.*, 46: 230–239.
- Parylak D., Wojciechowski W., Tendziagolska E., 2002. Zmiany właściwości fizykochemicznych gleby w monokulturze pszenżyta ozimego pod wpływem różnej uprawy przedsięwnej. *Pam. Puł.*, 130: 541–548.
- Piskier T., 2007. Wpływ absorbentu i biostymulatora na zmiany wybranych fizycznych właściwości gleby. *Inż. Roln.*, 8: 201–206.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., 2000. Właściwości biologiczne gleby w zależności od techniki uprawy roli. *Inż. Roln.*, 6: 133.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R., 1999. Aktywność biologiczna gleby w różnych systemach uprawy gleby. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 195, *Agricultura* (74): 59–63.
- Siuta A., 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasa międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyźności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467: 245–251.

- Smoliński S., Kotwica K., Jaskulski D., Tomalak S., 1997. Wpływ poplonu ścierniskowego na aktywność mikrobiologiczną gleby. Zmiany liczebności bakterii uczestniczących w przemianach C i N [w:] Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie. Barabasz W. (red.). Wyd. AR Kraków: 625–630.
- Wielgosz E., Dziamba S., Dziamba J., 2009. Wpływ biopreparatu EM na plonowanie pszenicy jarej oraz na mikroorganizmy glebowe. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 542: 593–601.

## **THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND REGENERATIVE PRACTICES OF THE SITE OF WINTER TRITICALE GROWING IN CONTINUOUS CROPPING ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOIL**

### **Summary**

In two-factor field experiment conducted in 2009–2011, the effect of two tillage systems: conventional and reduced (with no ploughing) and three regenerative practices: stubble catch crop (white mustard (*Sinapis alba*); effective microorganism preparation and combination of those two practices were studied in winter rye continuous crop. The results showed that the enzymatic soil activity increased along with simplification in tillage and decrease the number of tillage and regenerative practices. The use of EM-A and stubble catch crop causes the highest increase of respiration from among all the tested methods of soil regeneration.

**KEY WORDS:** conventional tillage, reduced tillage, regeneration of the site, winter rye

**Magdalena Marczyk<sup>1</sup>, Jarosław Kaszubkiewicz<sup>1</sup>, Anna Patrzalek<sup>2</sup>,  
Paweł Bartoszczuk<sup>3</sup>**

**DYNAMIKA ZAWARTOŚCI NIEKTÓRYCH METALI  
CIĘŻKICH I WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNYCH  
REKULTYWOWANYCH ODPADÓW POFLOTACYJNYCH**

**DYNAMICS OF SOME HEAVY METALS CONTENT  
AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES  
OF RECLAIMED FLOATATION TAILINGS**

<sup>1</sup> *Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

<sup>2</sup> *Instytut Geologii Stosowanej w Gliwicach, Politechnika Śląska*

*Institute of Applied Geology in Gliwice, Silesian University of Technology*

<sup>3</sup> *Instytut Przedsiębiorstwa, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie*

*Institute of Enterprise, Warsaw School of Economics*

W latach 2005–2009 na terenie osadnika poflotacyjnego rud miedzi „Wartowice” zlokalizowanego w gminie Warta Bolesławiecka, w powiecie bolesławieckim, w województwie dolnośląskim przeprowadzono doświadczenia nad przydatnością różnych dodatków mineralnych do celów rekultywacji tego typu składowisk. Na poletkach doświadczalnych dodano następujące odpady mineralne: piasek pochodzący z piaskowni „Jurków” w Jurkowie, odpady górnicze z udostępniania złóż rud miedzi z domieszką odpadów budowlanych zdeponowane na hałdzie K1 w Iwinach oraz nadkład z kopalni piaskowca „Bober” w Wartowicach.

Celem niniejszej pracy jest ocena dynamiki całkowitej zawartości miedzi, cynku i ołowiu oraz odczynu i zasolenia odpadów poflotacyjnych poddanych rekultywacji z wykorzystaniem różnych odpadowych materiałów mineralnych. Stwierdzono, że dodatek odpadów mineralnych spowodował istotne zmiany zasolenia oraz koncentracji metali ciężkich w gruncie poddanym rekultywacji.

**SŁOWA KLUCZOWE:** odpady poflotacyjne, metale ciężkie, zasolenie, skład granulometryczny

---

Do cytowania – For citation: Marczyk M., Kaszubkiewicz J., Patrzalek A., Bartoszczuk P., 2013. Dynamika zawartości niektórych metali ciężkich i właściwości fizyczno-chemicznych rekultywowanych odpadów poflotacyjnych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIV, 592: 75–86.

## WSTĘP

Złoża rud miedzi w Polsce są zlokalizowane w rejonach niecki północnosudeckiej (Stare Zagłębie Miedziowe) oraz niecki przedsudeckiej (Nowe Zagłębie Miedziowe) (Bartosik 1981, Błądek i wsp. 2005). Eksploatacja oraz przetwórstwo rud miedzi jest związane z powstawaniem dużych ilości różnego rodzaju odpadów, z których największą liczbę stanowią odpady poflotacyjne (Lewiński i wsp. 1997, Przeniosło 2005, Przeniosło i wsp. 2006). Powstające w wyniku tego procesu odpady poflotacyjne stanowią ok. 94% masy wydobytej rudy. Są one deponowane na osadnikach zajmujących powierzchnię do 1600 ha (Czaban i wsp. 2000). Jednym ze sposobów zamykania tego rodzaju osadników jest rekultywacja, której elementem jest rozplantowanie na jego powierzchni warstwy gruntu użyźniającego o odpowiednich parametrach, a następnie wprowadzenie roślin (Grotowski i wsp. 2007). Użyźnienie gruntu oraz jego zadarnienie poprzez wysiew odpowiednio dobranej mieszanki traw stanowią bardzo ważne elementy w uzyskaniu trwałości obudowy biologicznej budowli ziemnych z odpadów górniczych (Patrzalek 1984). Wysoki koszt pozyskania i transportu użyźniających surowców mineralnych stanowi poważne ograniczenie w możliwości rekultywacji osadników o dużej powierzchni. Dlatego podejmowane są próby wykorzystania do tego celu różnych odpadów – zarówno mineralnych, jak i organicznych (Chodak i wsp. 2005, Gawron 2007, Grotowski i wsp. 2007, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006, Patrzalek i Pozzi 2007, 2008, Przeniosło i wsp. 2006). Ich zróżnicowanie pod względem składu chemicznego, mineralnego oraz granulometrycznego powoduje, że zastosowanie poszczególnych odpadów do rekultywacji innych rodzajów pozostałości powinno być poprzedzone odpowiednią ekspertyzą, a następnie projektem technicznym. Ich proporcje należy dobrać tak, aby z jednej strony przyspieszyć proces rekultywacji, a z drugiej nie przekroczyć w rekultywowanym gruncie standardów jakości np. metali ciężkich. (Strzyszczyński i Łukasik 2008).

Celem niniejszej pracy jest ocena dynamiki całkowitej zawartości miedzi, cynku i ołowiu oraz pH i zasolenia gruntów z odpadów poflotacyjnych na osadniku „Wartowice” poddanych rekultywacji z wykorzystaniem różnych odpadów mineralnych.

## MATERIAŁ I METODY

### **Charakterystyka osadnika poflotacyjnego „Wartowice”**

Zbiornik osadów poflotacyjnych „Wartowice” zlokalizowany jest w gminie Warta Bolesławiecka, w powiecie bolesławieckim, w województwie dolnośląskim. Osadnik ma powierzchnię 232 ha. Objętość zdeponowanych osadów wynosi 19,3 mln m<sup>3</sup>. Jest to składowisko nadpoziomowe, które powstało w wyniku przegrodzenia bezwodnego zagłębienia terenowego obwałowaniami wykonanymi z pospółki żwirowej oraz płyt betonowych (Piestrzyński 1996). Zbiornik został zaprojektowany i zbudowany według wymogów stawianych wodnym zbiornikom retencyjnym ograniczonym zaporami typu filtracyjnego (Werno 1986). Eksploatację składowiska prowadzono w latach 1971–1989 i po jej zakończeniu powierzchnia osadnika nie została zrekultywowana (Kotarska i wsp. 2006, Mizera i Nierzewska 2002, Piestrzyński 1996).

Negatywne oddziaływanie osadnika poflotacyjnego „Wartowice” na środowisko przyrodnicze polega w szczególności na: utracie terenu zajętego pod zbiornik, obniżeniu walorów estetycznych krajobrazu, zanieczyszczeniu atmosfery, wód, gleb oraz roślinności przez pyły wywiewane ze zbiornika, zanieczyszczeniu wód gruntowych, gleb i gruntów wskutek infiltracji wód nadosadowych w podłoże, podtopieniu terenów przyległych (Krajewski i wsp. 1998, Piestrzyński 1996).

Do najważniejszych problemów rekultywacji powierzchni składowiska „Wartowice”, które należy uwzględnić przy projektowaniu, zalicza się (Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawalko 2006, Szerszeń i wsp. 2004):

- niekorzystne właściwości powietrzno-wodne osadów poflotacyjnych,
- nadmierne zasolenie zróżnicowane przestrzennie,
- wysoką koncentrację form całkowitych metali ciężkich, w szczególności miedzi,
- zasadowy odczyn przy wartościach pH przekraczających 8,
- brak przyswajalnego fosforu oraz azotu,
- niekorzystne warunki termiczne na powierzchni osadnika.

### Zakres badań

Zakres przeprowadzonych prac obejmował badania polowe oraz laboratoryjne. W czasie prac polowych w 2004 r. założono takie doświadczenie na powierzchni osadnika z trzema materiałami użyzającymi grunt.

Poletka o powierzchni 100 m<sup>2</sup> i wymiarach 5 × 20 zlokalizowane na powierzchni osadnika „Wartowice” pokryto 10 cm warstwą odpadowych materiałów mineralnych.

Schemat doświadczenia:

- I odpady poflotacyjne + piasek pochodzący z piaskowni „Jurków” + nawożenie mineralne N, P, K;
- II odpady poflotacyjne + odpady górnicze z udostępniania złóż rud miedzi z domieszką odpadów budowlanych zdeponowane na hałdzie K1 + nawożenie mineralne N, P, K;
- III odpady poflotacyjne + nadkład pochodzący z kopalni piaskowca „Bober” + nawożenie mineralne N, P, K;
- IV odpady poflotacyjne (kontrola) + nawożenie mineralne N, P, K.

Rozłożone na powierzchni dodatki mineralne wymieszano z odpadami poflotacyjnymi poprzez przekopanie do głębokości 20–25 cm. Powierzchnię poletek wyrównano przez zagrabienie.

Kolejnym etapem prac był wysiew mieszanki traw o następującym składzie: kupkówka pospolita *Minora (Dactylis gromelata)*, kostrzewa czerwona *Leo (Festuca rubra)*, kostrzewa trzciniowa *Kord (Festuca arundinacea)*, życica trwała *Niga (Lolium perenne)*.

### Charakterystyka odpadowych materiałów mineralnych

Piasek pochodzący z piaskowni „Jurków” jest odpadem mineralnym o składzie granulometrycznym piasku słabogliniastego (zgodnie z normą PN-R-04033) z dużym udziałem frakcji szkieletowych. Odpady górnicze z udostępniania złóż rud miedzi z domieszką odpadów budowlanych zdeponowane na hałdzie K1 zostały zakwalifikowane, pod wzglę-

dem składu granulometrycznego, jako glina piaszczysta charakteryzująca się znaczną zawartością frakcji szkieletowych, wśród których dominowały części żwirowe. Nadkład pochodzący z kopalni piaskowca „Bober” wykazywał skład granulometryczny gliny lekkiej ze znacznym 36% udziałem frakcji szkieletowych.

### Zakres analiz laboratoryjnych

Dynamikę zawartości badanych metali ciężkich oraz wybranych właściwości fizyczno-chemicznych w powstającej glebie określano w próbach pobranych w okresie późnowiosennym w latach: 2005, 2006, 2008, 2009. Próbkę pobrano zgodnie z normą PN-R-04031 z czterech odkrywek pochodzących z każdego wariantu doświadczenia, z głębokości 0–10, 15–25 i 25–45 cm.

W pobranych próbkach wykonano następujące oznaczenia:

- skład granulometryczny – metodą areometryczno-sitową, zgodnie z PN-78/9180-11 (1989),
- zawartość form całkowitych metali ciężkich: Cu, Zn Pb metodą atomowej spektrofotometrii po mineralizacji w  $\text{HClO}_4$ ,
- pH w  $\text{H}_2\text{O}_{\text{dest}}$  oraz pH w 1 M KCl – metodą potencjometryczną,
- zasolenie – metodą konduktometryczną zgodnie z normą ISO 11265, z wykorzystaniem aparatu firmy Radelkis.

Do analizy statystycznej wyników badań wykorzystano program Statistica 9.0. Wartości zasolenia w poszczególnych wariantach porównywano stosując test T-Studenta dla zmiennych sparowanych.

## WYNIKI I OMÓWIENIE

### Skład granulometryczny

Korzystny wpływ użyźniających dodatków na poprawę właściwości fizyczno-chemicznych odpadów pogórnich wykazały już wcześniejsze doświadczenia (Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawalko 2006, Patrzalek 1984, Patrzalek i Pozzi 2007, Patrzalek i Pozzi 2008). W składzie granulometrycznym odpadów poflotacyjnych przeważają frakcje pyłowo-ilaste (0,02–0,002 mm), co powoduje niekorzystne właściwości powietrzno-wodne gruntu (Chodak i wsp. 2005, Bogda i Chodak 1995, Szerszeń i wsp. 2004). Wymieszanie odpadowych materiałów mineralnych z odpadami poflotacyjnymi spowodowało zmianę składu granulometrycznego poszczególnych wariantów doświadczenia. Przeprowadzone analizy wykazały, że zastosowanie odpadowych materiałów mineralnych w rekultywacji powierzchni osadnika spowodowało zmianę składu granulometrycznego poszczególnych wariantów mieszanin w porównaniu z kontrolą, szczególnie w przypadku warstwy powierzchniowej (tab. 1).

Zróznicowanie uzyskanych wyników może być spowodowane faktem, iż próbki do analiz mogły zostać pobrane z różnych głębokości, jak również z nierównomiernego wymieszania odpadowych materiałów mineralnych oraz odpadów poflotacyjnych. Wszystkie badane profile zostały sklasyfikowane jako gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu. Zmianę składu granulometrycznego osadów poflotacyjnych pod wpływem dodatku

odpadów mineralnych wykazały także inne doświadczenia (Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i wsp. 2007, Grotowski i wsp. 2007). We wszystkich trzech wariantach widoczny był wyraźny wzrost zawartości części piaszczystych oraz części szkieletowych przy jednoczesnym spadku udziału części pyłowych oraz ilastych. Zmiany te są szczególnie wyraźne w warstwie 0–10 cm i w mniejszym stopniu w warstwach położonych głębiej.

Tabela 1

Table 1

Zawartości frakcji glebowych poszczególnych wariantów doświadczenia w latach 2005–2009  
The contents of soil fractions for different variants of experiment in the years 2005–2009

Numer profilu Profile number	Głębokość pobrania próby Depth of sampling (cm)	Części szkieletowe Gravel		Piaski Sands 2–0,05 mm		Pyły Silt 0,05–0,002 mm		Iły Clay <0,002 mm	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
I	0–10	1	23	25	66	24	61	10	14
	15–25	0	20	23	62	32	70	6	10
	25–40	0	1	17	35	60	78	5	5
II	0–10	27	40	48	76	21	38	3	14
	15–25	0	18	15	41	54	75	5	14
	25–40	0	3	8	28	68	87	4	12
III	0–10	0,5	29	25	76	17	61	7	14
	15–25	0	25	16	62	32	74	6	10
	25–40	0	2	5	35	60	89	5	8
IV	0–10	0	0	5	33	62	75	5	20
	15–25	0	0	2	18	69	78	4	29
	25–40	0	0	0	17	67	86	6	33

### Wybrane właściwości chemiczne

Zawartość metali ciężkich, zarówno w mineralnych dodatkach użyźniających, jak również w gruncie, może być czynnikiem ograniczającym możliwości rekultywacji (Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006, Patrzalek 1984, Strzyszc 1980, Strzyszc i Łukasik 2008, Szerszeń i wsp. 2004). Oceny zawartości metali ciężkich w poszczególnych wariantach doświadczenia dokonano zgodnie z wytycznymi IUNG (Obojski i Strączyński 1995) oraz zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U.02.165.1359).

Koncentracje miedzi w osadach poflotacyjnych sięgają nawet 4000 mg·kg<sup>-1</sup> (Mizera i wsp. 2002). Potwierdzeniem tego są badania własne, które w 2005 r. wykazały, że zawartość całkowita miedzi w osadach poflotacyjnych wynosiła: 3901,5 mg·kg<sup>-1</sup>

(0–10 cm), 2812 mg·kg<sup>-1</sup> (15–25 cm), 2324,5 mg·kg<sup>-1</sup> (25–40 cm) (tab. 2). Przy tak wysokich zawartościach tego pierwiastka zachodzi obawa toksycznego oddziaływania na rośliny (Chodak i wsp. 2005, Dziubak i Kutyna 2005b, Gawron 2007, Karczewska i Król 2007, Kaszubkiewicz i Kawalko 2006, Szerszeń i wsp. 2004, Szopka 2003). Zastosowanie odpadowych materiałów mineralnych w doświadczeniu spowodowało spadek całkowitej zawartości miedzi. Porównując jej ilość w pięcioletnim okresie największy spadek koncentracji nastąpił na głębokości 0–10 cm w profilu II (o 80%) oraz III (o 77%). W latach 2005–2009 we wszystkich wariantach doświadczenia stwierdzono zanieczyszczenie przekraczające dopuszczalne poziomy dla gleb kategorii C, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Według klasyfikacji IUNG są one silnie zanieczyszczone. Tylko w jednym przypadku (2009 r.) odnotowano zmianę kategorii zanieczyszczenia. W warstwie 0–10 cm profilu II w 2009 r. zaobserwowano brak zanieczyszczenia według klasyfikacji zgodnej z rozporządzeniem Ministra Środowiska oraz IV kategorię – gleby silnie zanieczyszczone według klasyfikacji IUNG (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Dynamika zawartości wybranych metali ciężkich w poszczególnych wariantach doświadczenia w okresie pięcioletnim

The dynamics of heavy metals content in different variants of experiment during the five-year period

Nr profilu Profile number	Głębokość pobrania próby Depth of sampling (cm)	Całkowita zawartość metali ciężkich (mg·kg <sup>-1</sup> ) Total heavy metal content											
		Cu				Zn				Pb			
		2005	2006	2008	2009	2005	2006	2008	2009	2005	2006	2008	2009
I	0–10	1814	3272	1433	1137	32,5	39,3	20,8	19	28,1	31,2	14	22,5
	15–25	2712	4343	4229	4811	36,3	39,3	39,3	38,5	34,2	38,9	29,8	42,8
	25–40	3092	3754	4158	4884	54,5	58,5	43	39	281	474	45,6	57,6
II	0–10	1929	1929	625	403	44,5	44,5	45,4	16	44,5	44,5	65,7	16,7
	15–25	3038	3038	3292	7494	46	46	42,5	39,5	38,6	38,6	30,7	50,4
	25–40	3097	3097	2339	3217	45,8	56,8	44	41,5	323	323	128	19,5
III	0–10	3272	1814	689	765	39,3	32,5	19,5	44,5	31,2	28,1	10,3	64,4
	15–25	4343	2712	3443	2799	39,3	36,3	39,8	39,5	38,9	34,2	26,7	56,4
	25–40	3754	3092	1984	2261	58,5	54,5	45,5	40,5	474	281	148	105
IV	0–10	3902	–	5207	2801	50	–	43,5	45,5	146	–	37,9	45,8
	15–25	2812	–	3136	1434	52,3	–	41,8	50,5	235	–	79,3	92,8
	25–40	2325	–	2111	1917	46,5	–	47,8	50,5	153	–	68,7	54,2



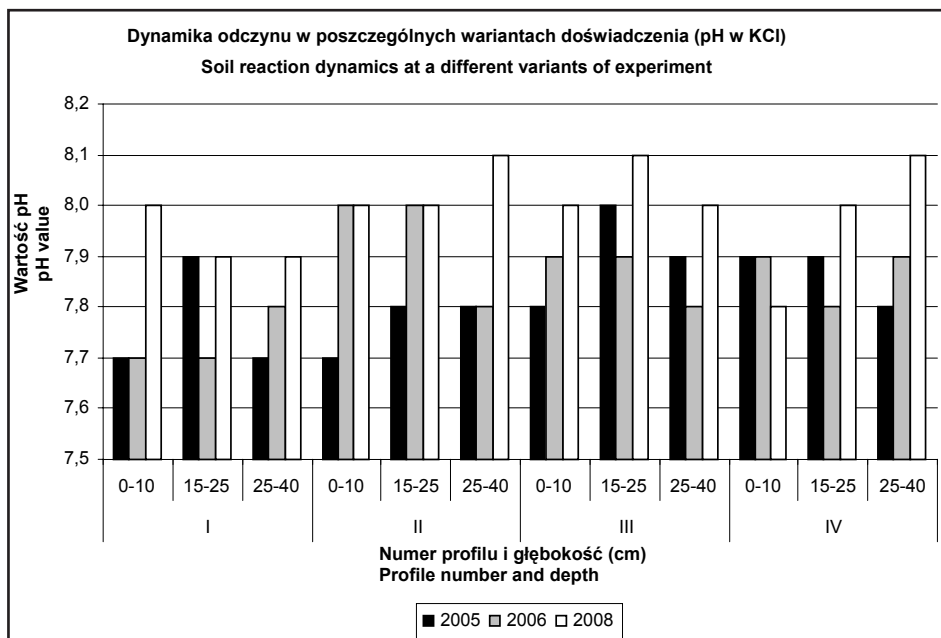
Całkowita zawartość cynku w odpadach poflotacyjnych w poziomie 0–10 cm wynosiła w kolejnych latach odpowiednio  $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (2005),  $43,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (2008) i  $45,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (2009) (tab. 2). W próbkach pochodzących z profilu I oraz II odnotowano spadek zawartości cynku w poszczególnych latach, który w 2009 r. (w odniesieniu do 2005 r.) wyniósł w warstwie powierzchniowej 0–10 cm: 41,5 % (profil nr 1), 64% (profil nr 2) oraz 9% (profil nr 3). Zawartość cynku w każdym z wariantów doświadczenia nie przekracza dopuszczalnych norm określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska. Według klasyfikacji IUNG są to twory o naturalnej zawartości cynku (tab. 2). Podobne wyniki uzyskano we wcześniejszych badaniach (Mizera i wsp. 2002, Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006).

Całkowita zawartość ołowiu w poszczególnych wariantach doświadczenia ulegała zmianom w latach 2005–2009 r., z tendencją malejącą. W 2005 r. stwierdzono II stopień zanieczyszczenia (według IUNG) wszystkich badanych poziomów odpadów poflotacyjnych ( $145,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $234,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $153 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oraz poziomu najgłębszego każdego z profili zawierającego dodatek odpadów mineralnych (I profil –  $281,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  II profil –  $322,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , III profil –  $473,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (tab. 2). W próbkach pochodzących z dwóch poziomów głębokości: 0–10 cm oraz 25–40 cm z profilu II odnotowano zawartość ołowiu na poziomie podwyższonym według klasyfikacji IUNG. W przypadku profilu III oraz odpadów poflotacyjnych stwierdzono podwyższoną zawartość w drugim poziomie głębokości. W 2009 r. taką ilość pierwiastka odnotowano tylko w dwóch przypadkach: w próbkach pochodzących z poziomu najgłębszego profilu III oraz z poziomu powierzchniowego odpadów poflotacyjnych. Analizując całkowitą zawartość metali ciężkich w latach 2005–2009 r. stwierdzono, że największy spadek ołowiu występował w profilu III w poziomie 0–10 cm – 20% w porównaniu z koncentracją w odpadach poflotacyjnych. W żadnym z analizowanych wariantów doświadczenia nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości ołowiu określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska (tab. 2). Zawartość ołowiu na podobnym poziomie odnotowano również w innych badaniach (Mizera i wsp. 2002, Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006).

## Wybrane właściwości fizykochemiczne

### Dynamika odczynu

Odpady poflotacyjne charakteryzują się mocno zasadowym odczynem (Chodak i wsp. 2005, Dziubak i Kutyna 2005a, Gawron 2007, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006, Szerszeń i wsp. 2004). Może to spowodować ograniczenie przyswajalność boru, manganu, żelaza, cynku, magnezu, kobaltu, a także wpływać na wzrost toksyczności miedzi (Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006, Szerszeń i wsp. 2004). Przeprowadzone badania własne potwierdziły również zasadowy odczyn odpadów poflotacyjnych, który mieścił się w przedziale pH 7,9–8,1. W pierwszym roku doświadczenia stwierdzono nieznaczny spadek wartości pH w warstwie 0–10 cm gruntu użyźnionego dodatkami mineralnymi w stosunku do poziomów głębszych (pH 7,7–7,8). Jest to związane prawdopodobnie z wypłukiwaniem w głąb profilu glebowego węglanów wapnia lub niższym pH dodatków mineralnych. W 2009 r. odnotowano wartości pH na poziomie zbliżonym do wartości pH kontroli (pH 7,9–8,1) (rys. 1).

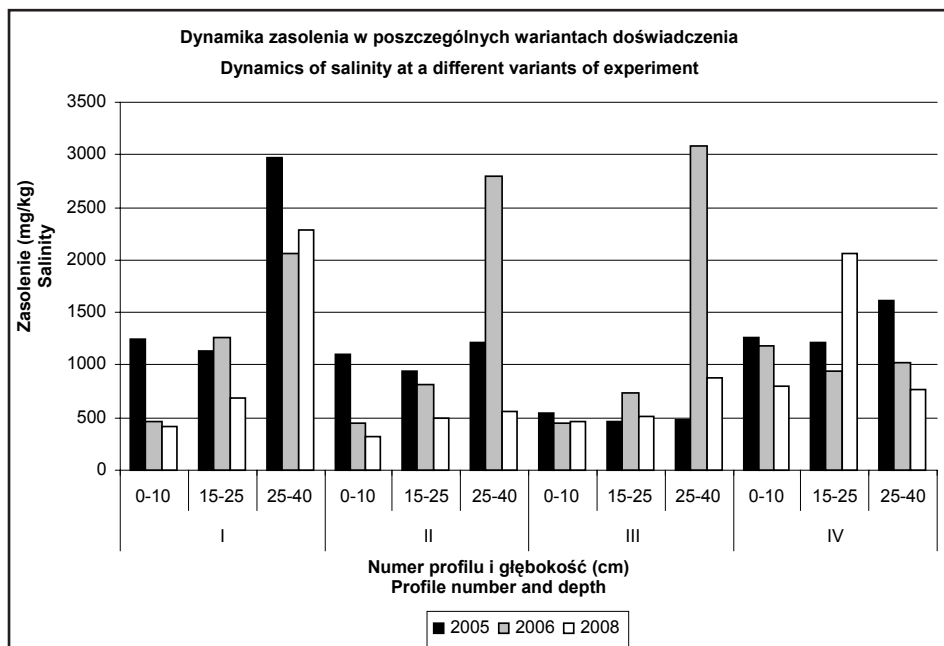


Rys. 1. Dynamika odczynu w latach 2005–2008

Fig. 1. Dynamic of pH during 2005–2008 years

### Dynamika zasolenia

Zawartość soli łatwo rozpuszczalnych w odpadach poflotacyjnych jest wysoka oraz silnie zróżnicowana przestrzennie. W przypadku kontroli zasolenie wahało się w przedziale 764–2057 mg·kg<sup>-1</sup>. Przyczyną zasolenia było zastosowanie hydrotransportu materiału na osadnik, w trakcie którego środkiem nośnym były słone wody kopalniane (Chodak i wsp. 2005, Dziubak i Kutyna 2005a, Gawron 2007, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006, Szerszeń i wsp. 2004). W doświadczeniach własnych stwierdzono, że zastosowanie odpadów mineralnych spowodowało zmniejszenie zasolenia, co było efektem „rozcieńczenia” osadów poflotacyjnych (rys. 2). Jednocześnie na głębokości 0–10 cm można zaobserwować spadek zasolenia w okresie 2005–2008 (istotny statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,05$  dla różnicy pomiędzy wariantem kontrolnym i pozostałymi). Spadek zasolenia w stosunku do kontroli odnotowano w warstwie 0–10 cm wariantu I, II i III doświadczenia. Największy spadek zaobserwowano w profilu I oraz II w 2008 r., ponieważ w porównaniu z 2005 r. uległo ono obniżeniu odpowiednio o 67 i 71% (rys. 2). Związane to było z wypłukiwaniem soli z powierzchniowego poziomu, mieszanin osadów i dodatków mineralnych, przez wody opadowe. Jednak nadal zawartość soli łatwo rozpuszczalnych pozostała na poziomie, przy którym była ona czynnikiem ograniczającym wzrost roślin (Chodak i wsp. 2005, Kaszubkiewicz i Kawałko 2006). Efekt spadku zasolenia nie uwidocznił się na głębokości 25–40 cm. W przypadku profilu III na głębokości 25–40 cm odnotowano zasolenie 3085,4 mg·kg<sup>-1</sup>, które było o 80% wyższe od danych uzyskanych w 2005 r. (rys. 2). Należy to wiązać z dużą zmiennością przestrzenną tego parametru.



Rys. 2. Dynamika zasolenia w latach 2005–2008 r.

Fig. 2. Dynamic of salinity during 2005–2008 years

## WNIOSKI

1. Zastosowanie odpadowych materiałów mineralnych w rekultywacji powierzchni osadnika poflotacyjnego rud miedzi spowodowało zmianę składu granulometrycznego warstwy przypowierzchniowej gruntu 0–40 cm.

2. Całkowita zawartość miedzi w okresie pięcioletnim uległa zmniejszeniu w poziomach powierzchniowych profilu w porównaniu z warstwami głębszymi średnio o 64,4% w poziomie 0–10 cm. Nadal jednak jej zawartość kształtowała się na poziomie bardzo wysokim.

3. Całkowita zawartość ołowiu oraz cynku w poszczególnych wariantach doświadczenia w okresie pięcioletnim ulegała zmianom, z ogólną tendencją malejącą.

4. Nie stwierdzono istotnych różnic w oddziaływaniu poszczególnych zastosowanych dodatków na badane właściwości gleb.

5. Dodatek odpadów mineralnych do gruntu osadnika poflotacyjnego spowodował na początkowym etapie zmniejszenie zasolenia, co było efektem „rozcieńczenia”. Na głębokości 0–10 cm zasolenie z czasem się obniżało, co związane było z wypłukiwaniem soli przez wody opadowe.

## PIŚMIENNICTWO

- Bartosik Z., 1981. Przemysł miedziowy. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk.
- Bogda A., Chodak T., 1995. Niektóre właściwości fizyczne i skład mineralogiczny osadów poflotacyjnych ze zbiornika „Gilów”. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 418, cz. I: 415–420.
- Błądek W., Bryja Z., Paździora J., 2005. Jak powstała potęga Polskiej Miedzi? Materiały konferencyjne I Konferencji „Dziedzictwo i historia górnictwa oraz możliwości wykorzystania pozostałości dawnych robót górniczych”. Łądek Zdrój, 21–23.04.
- Chodak T., Kaszubkiewicz J., Mizera A., 2005. Badania właściwości glebotwórczych odpadów poflotacyjnych i składowiska skały płonnej K 1 w rejonie Iwiny w aspekcie ich podatności na zabiegi rekultywacyjne. *Cuprum*, 1/2005: 57–95.
- Czaban S., Górski R., Angielow Z., Chodak T., Dobrzański Z., Janicki K., Kołacz R., Mizera A., Świerczyński W., Tarasek W., 2000. Składowisko odpadów z flotacji rud miedzi „Żelazny Most”. *Ochr. Środ. Biul. KGHM Polska Miedź S.A. Wrocław*: 1–52.
- Dziubak K., Kutyna I., 2005. Biotop składowiska osadów poflotacyjnych „Gilów”. Część I. Niektóre właściwości chemiczne i fizyczne oraz zawartość makroskładników w osadach poflotacyjnych. *Folia. Univ. Agric. Stetin*, 244. Wydawnictwo AR Szczecin: 53–65.
- Dziubak K., Kutyna I., 2005. Biotop składowiska osadów poflotacyjnych „Gilów”. Część II. Zawartość metali ciężkich w osadach poflotacyjnych. *Folia. Univ. Agric. Stetin*, 244. Wydawnictwo AR Szczecin: 53–65.
- Gawron M., 2007. Ocena możliwości wykorzystania osadów ściekowych i kompostów do biologicznej rekultywacji składowisk odpadów po flotacji rud miedzi. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Grotowski A., Mizera A., Kotarska I., 2007. Zrównoważone wykorzystanie odpadów lokalnych do rekultywacji składowisk odpadów poflotacyjnych. Zrównoważone wykorzystanie zasobów w Europie – surowce z odpadów. Część II. Możliwość odzysku i zagospodarowania odpadów z przemysłu wydobywczego. Wydawnictwo ISGMiE PAN, Kraków: 90–122.
- Karczewska A., Król A., 2007. Zawartość i formy rozpuszczalne Cu, Zn, Pb w glebach rejonu składowiska odpadów poflotacyjnych w rejonie Bolesławca. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych. Instytut Ochrony Przyrody Warszawa*, 31: 131–136.
- Kaszubkiewicz J., Kawalko D., 2006. Modyfikacja właściwości osadów poflotacyjnych, pod kątem ich rekultywacji, poprzez dodatek różnych komponentów mineralnych. *Górnictwo i Geologia*, z. 272: 73–85.
- Kaszubkiewicz J., Marczyk M., Mizera A., 2007. Analiza właściwości żużla włóknistego pod kątem przydatności do rekultywacji starych zbiorników osadów poflotacyjnych przemysłu miedziowego. *Zesz. Nauk. UP Wroc. Rol. XCI*, 560: 13–27.
- Kotarska I., Mizera A., Nierzewska M., 2006. Rozpoznanie rodzajów i ilości odpadów mineralnych i organicznych przydatnych do rekultywacji nieczynnych składowisk odpadów z flotacji rud miedzi. *Czas. Nauk.-Techn. Górnictwa Rud*, 4(41). CBPM Cuprum. Wrocław.
- Krajewski J., Basińska M., Hodorecki W., 1998. Problemy rekultywacji składowisk z flotacji rud miedzi. *Rekultywacja i ochrona środowiska w rejonach górniczo-przemysłowych. cz. 1. Towarzystwo Przyjaciół Nauk w Legnicy. Legnica*: 130–141.
- Lewiński J., Żylińska-Dusza R., 1997. Oddziaływanie eksploatacji górniczej w KGHM Polska Miedź S.A. na środowisko. *Ochrona Środowiska w KGHM Polska Miedź S.A. Lublin*.
- Mizera A., Nierzewska M., 2002. Wstępna koncepcja zamykania i rekultywacji składowisk odpadów poflotacyjnych nr 1, nr 2 i nr 3 oraz składowiska skały płonnej K 1. *CBPM Cuprum Sp. z o.o. – OBR we Wrocławiu*.

- Obojski J., Strączyński S., 1995. Odczyn i zasobność gleb w makro- i mikroelementy, IUNG Puławy.
- Patrzalek A., 1984. Zdolność darniotwórcza mieszanek traw i motylkowatych wysiewanych na zwałowisku węgla kamiennego oraz ich wpływ na wietrzenie gruntu, *Archiwum Ochrony Środowiska*, 3–4, 157–170.
- Patrzalek A., Pozzi M., 2007. Physical and Chemical Properties of Topsoil Used for Biological Restrovation of Coal Mine Waste – Based Structures in Upper Silesian Coal Basin 24th Meeting American Society of Mining and Reclamation, Gillette, Wyoming.
- Patrzalek A., Pozzi M., 2008. Obudowa biologiczna budowli ziemnych z odpadów górnictwa węgla kamiennego. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24, z. 2/3, 51–58.
- Piestrzyński A. (red.), 1996. Monografia KGHM S.A. CBPM Cuprum, Wrocław–Lubin.
- Przeniosło S. (red.), 2005. Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa.
- Przeniosło S., Malon A. Tymiński M., 2006. Analiza zmian ilościowych odpadów pogórnicznych i przerobczych oraz solanek i wód zasolonych w Polsce. *Przegląd Geologiczny*, 54, 8: 667–670.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 02.165,1359). Warszawa 2002.
- Strzyszczyński Z., 1980. Właściwości fizyczne, fizyczno-chemiczne i chemiczne odpadów poflotacyjnych rud cynku i ołowiu w aspekcie ich biologicznej rekultywacji. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2–4, 19–50.
- Strzyszczyński Z., Łukasik A., 2008. Zasady stosowania różnorodnych odpadów do rekultywacji biologicznej terenów przemysłowych na Śląsku, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24, 2–3, 41–49.
- Szerszeń I., Chodak T., Gawron M., 2004. „Niektóre właściwości chemiczne i fizykochemiczne osadów poflotacyjnych ze zbiornika „Konrad nr 3” w Iwinach. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego 131. Seria Inżynieria Środowiska, 12. Zielona Góra: 335–340.
- Szopka K., 2003. Zawartość i rozpuszczalność wybranych metali ciężkich w osadach poflotacyjnych górnictwa miedzi, *Obieg pierwiastków w przyrodzie. Monografia. Tom II*, Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa: 238–241.
- Werno M., 1986. „Geotechniczne aspekty bezpieczeństwa składowisk odpadów poflotacyjnych rud miedzi”. KGHM PAN Lubin–Gdańsk.

**DYNAMICS OF SOME HEAVY METALS CONTENT  
AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES  
OF RECLAIMED FLOTATION TAILINGS**

**S u m m a r y**

During the 2005–2009 years the field experiments on usefulness of some mineral compounds to the reclamation of tailing pond were conducted. Experimental site was located in the copper mine tailing pond at the “Wartowice” in the community of Warta Bolesławiecka (Lower Silesia in Poland). The mineral compounds used for this experiment were taken from sand-pit “Jurków” in Jurków village, stone-pit “Bober” in Wartowice village and vain stockyard “K-1” located in Iwiny. This paper brings some results from analyzed total Cu, Pb, Zn concentration and also pH and salinity dynamic. It was stated that addition of mineral compounds causes the change of analyzed properties as salinity and metal concentration in reclamation of post-flotation wastes.

KEY WORDS: flotation tailings, heavy metals, salinity, granulometric composition

**Dariusz Zalewski, Renata Galek, Ewa Sawicka-Sienkiewicz**

**WIELOCECHOWA STATYSTYCZNA ANALIZA KOLEKCJI  
LUBINU WĄSKOLISTNEGO (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)**

**MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS OF NARROW-  
-LEAFED LUPIN COLLECTION (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)**

*Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Uniwersytet Przyrodniczy  
we Wrocławiu*

*Department of Genetics, Plant Breeding and Seed Production, Wrocław University  
of Environmental and Life Sciences*

Celem przeprowadzonych badań było określenie zróżnicowania linii i odmian łubinu wąskolistnego na podstawie analizy wielo cechowej. Do badań wykorzystano siedem genotypów o zdeterminowanym typie wzrostu (LAE-1, LAE-2, R/24/99, R108/99, R170, Sonet, Wersal) i osiem o tradycyjnym (Boruta, Baron, Elf, LAG-24, linia 451, Mulat, Zeus, Graf). W pracy zastosowano analizę składowych głównych, co pozwoliło na zredukowanie liczby zmiennych charakteryzujących badane materiały oraz wykorzystano hierarchiczną analizę skupień.

Analiza składowych głównych przeprowadzona na podstawie piętnastu cech badanych genotypów wykazała, że 77,7% całkowitej zmienności było efektem działania 3 składowych głównych. Pierwsza z nich najsilniej związana była z długością kwiatostanu, liczbą kwiatów oraz liczbą strąków i nasion z pędów bocznych, zaś druga składowa – z długością kwiatostanu pędu głównego, liczbą kwiatów na pędzie głównym, liczbą nasion z tego pędu i masą 1000 nasion, natomiast trzecia składowa – z liczbą pędów bocznych i indeksem płodności dla pędu głównego.

Badane genotypy na podstawie średnich arytmetycznych piętnastu ocenianych cech pogrupowano – stosując analizę skupień. Wykazała ona, że odmiana Wersal wyraźnie różni się od pozostałych obiektów. Biorąc pod uwagę położenie genotypów na wykresie w przestrzeni dwóch pierwszych składowych głównych, stwierdzono większe zróżnicowanie genotypów o tradycyjnym typie wzrostu, a odmiana Boruta najbardziej odbiegała od pozostałych linii i odmian z tej grupy.

**SŁOWA KLUCZOWE:** analiza składowych głównych, analiza skupień, łubin wąskolistny

## WSTĘP

Mimo wielu zalet agrotechnicznych oraz ekologicznych trzech uprawnych gatunków łubinu powierzchnia ich zasiewów jest niewielka i w roku 2011 wyniosła w Polsce 5 2508 ha, co stanowi 0,5% ogólnej struktury zasiewów (FAOSTAT 2013). Główne przyczyny tego niekorzystnego zjawiska to stosunkowo niskie i zawodne w latach plonowanie, a także konkurencyjność tańszej i dobrze zbilansowanej pod względem wartości paszowej sruoty sojowej (Podleśny 2005, Świącicki i wsp. 2007, Czerwińska-Kayzer i Florek 2012). Możliwości plonotwórcze łubinów są duże, znacznie większe niż uzyskiwane w praktyce rolniczej – 15,6 dt·ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT 2013), na co wskazują wyniki doświadczeń prowadzonych przez COBORU. Średni plon odmian wzorca w doświadczeniach rejestrowych w latach 2011/2012 wyniósł 29,5 dt·ha<sup>-1</sup>, a jednocześnie wykazywał duże wahania w zależności od przebiegu warunków pogodowych (Osiecka 2013). Dla zwiększenia powierzchni uprawy konieczne jest poprawienie wierności plonowania. Można to osiągnąć poprzez uzyskiwanie lepszych odmian, np. o zdeterminowanym typie wzrostu i termoneutralnych, co przyczynia się do równomiernego dojrzewania roślin. Dodatkowo, poprawienie takich cech jak odporność na choroby i niepęknięcie oraz nieopadanie strąków powinno zapewnić łubinowi wąskolistnemu bardziej stabilne plonowanie.

Podczas hodowli nowych odmian należy przeprowadzić właściwą, kompleksową ocenę danego materiału wyjściowego. Hodowcy dokonują weryfikacji materiałów na podstawie oceny szeregu ilościowych ciągłych lub skokowych cech. Najczęściej uwzględnia się masę nasion z pojedynczej rośliny lub plon z jednostki powierzchni w powiązaniu z cechami morfologicznymi, fizjologicznymi i fenologicznymi, a także innymi ważnymi właściwościami, takimi jak: odporność na choroby, szkodniki, suszę czy działanie niskiej temperatury. Scharakteryzowanie zmienności oraz określenie podobieństwa materiałów kolekcyjnych stanowią niezbędne elementy oceny ich przydatności jako form wyjściowych w hodowli odmian. Przeprowadzana najczęściej analiza jednowymiarowa pozwala na stwierdzenie, czy badane genotypy różnią się lub nie pod względem badanych cech. Jednak nie zawsze uzyskana odpowiedź wystarcza hodowcy, ponieważ nie uwzględnia to związków zachodzących między analizowanymi cechami. Dlatego porównanie wielowymiarowe odmian, rodów i linii hodowlanych zastosowane w ocenie zmienności zasobów genowych pozwala na właściwy wybór odpowiednich materiałów. Najczęściej stosuje się analizę składowych głównych. Ta metoda pozwala na zredukowanie liczby zmiennych opisujących obiekty bez znaczącej straty informacji o zmienności danych form. Analizę składowych głównych często stosuje się łącznie z metodą grupującą obiekty pod względem wielu cech (hierarchiczna analiza skupień) – te metody dobrze się uzupełniają. Porównanie wielowymiarowe obiektów jest stosowane w ocenie zmienności materiałów hodowlanych różnych gatunków roślin rolniczych (Ghafoor i wsp. 2002, Ghafoor i Ahmad 2003, Kubicka i wsp. 2004, Mądry 1993, Mądry i Kubicka 1988, Pietrzykowski 2004, Sieczko i wsp. 2004, Tyrka i Mikulski 2004, Wyrzykowska i wsp. 2009, Di Giorgio i wsp. 2009, Ukalska i wsp. 2010).

Celem niniejszej pracy jest wielowymiarowa ocena zmienności piętnastu linii i odmian łubinu wąskolistnego pod względem piętnastu równocześnie analizowanych cech.



## MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były linie i odmiany łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.), zróżnicowane pod względem typu wzrostu: LAE-1, LAE-2, R/24/99, R108/99, R170, Sonet, Wersal (samokończące) oraz Boruta, Baron, Elf, LAG-24, linia 451, Mulat, Zeus, Graf (tradycyjny typ wzrostu). Doświadczenia polowe zakładano na terenie RZD Swojec należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w kolejnych dwóch sezonach wegetacyjnych – 2003 i 2004 metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Na poletkach o powierzchni 1 m<sup>2</sup> wysiewano nasiona punktowo, w rozstawie 10 × 20 cm. Pomiary wykonywano na wybranych losowo 10 roślinach z poletka. Na pędzie głównym i pędach bocznych oceniono następujące cechy: długość kwiatostanu, liczbę kwiatów oraz liczbę zebranych strąków i indeks płodności. Określono również wysokość roślin (cm) i cechy składowe plonu, takie jak: liczbę pędów bocznych, masę i liczbę nasion z rośliny oraz masę 1000 nasion. W celu uniezależnienia wyników od jednostek miar zmienne standaryzowano. W celu wykrycia związków zachodzących między ocenianymi cechami przeprowadzono analizę wielowymiarową danych. Zastosowano analizę składowych głównych jako standardową metodę wielocechowej analizy zróżnicowania obiektów w kolekcji, z wykorzystaniem średnich arytmetycznych z dwulecia (Galek i wsp. 2006). Celem przeprowadzenia klasyfikacji materiałów hodowlanych użyto hierarchicznej analizy skupień metodą pojedynczego wiązania. Do podziału uzyskanych skupień zastosowano kryterium Grabińskiego (1992), które zakłada „odcięcie” dendrogramu w miejscu, gdzie iloraz sąsiednich odległości jest największy. Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistica 9,0.

## WYNIKI I OMÓWIENIE

Opracowane dotychczas wyniki oceny cech morfologicznych i cech struktury plonu w kolekcji łubinu wąskolistnego bazowały na jednocechowej analizie (Galek i wsp. 2006). Wykazała ona istotne zróżnicowanie badanych genotypów pod względem 15 cech. Natomiast analiza ta nie pozwoliła na ocenę zróżnicowania genotypów, biorąc pod uwagę wszystkie cechy, oraz nie wniosła informacji odnośnie udziału poszczególnych cech w ogólnej zmienności w kolekcji. Zastosowana w niniejszym opracowaniu metoda składowych głównych pozwoliła na redukcję 15 wyjściowych cech do trzech hipotetycznych nowych zmiennych. Po przeprowadzeniu wielowymiarowej analizy stwierdzono, że trzy pierwsze składowe główne wyjaśniają 77,7% ogólnej wielocechowej zmienności średnich wszystkich badanych cech 15 ocenianych genotypów (tab. 1). Pierwsza zmienna wyjaśniała 43,5% zmienności wśród badanych materiałów. Największy udział w tworzeniu tej składowej miały: długość kwiatostanu pędu bocznego, liczba kwiatów, strąków i nasion z pędów bocznych (tab. 1). Cechy te są najsilniej związane z pierwszą składową główną, na co wskazują wysokie wartości bezwzględne współczynników korelacji, które zawierały się w przedziale od  $r = 0,88$  do  $r = 0,96$  (tab. 1). Cechy te najsilniej i wyraźnie różnicują badany materiał, a zatem pierwsza składowa główna może być

interpretowana jako zmienna syntetyczna zawierająca informacje o masie nasion z pędów bocznych. Druga składowa główna wyjaśniła 19,0% zmienności w grupie analizowanych genotypów. Największy udział w tworzeniu tej składowej miały: długość kwiatostanu pędu głównego, liczba kwiatów na pędzie głównym, liczba nasion z pędu głównego oraz masa 1000 nasion. W przypadku tych cech stwierdzono najwyższe bezwzględne wartości współczynników korelacji – powyżej 0,59 (tab. 1). Druga składowa główna może być interpretowana jako zmienna syntetyczna opisująca zmienność masy nasion z pędu głównego. Ma ona jednak mniejszą moc dyskryminacyjną dla badanych genotypów niż cechy związane z pierwszą składową główną. Średnia liczba pędów bocznych i indeks płodności pędu głównego były cechami najsilniej powiązane z trzecią składową główną. Otrzymane wartości współczynników korelacji wyniosły dla tych cech odpowiednio: 0,77 i 0,71 (tab. 1). Zmienna ta odzwierciedlała 15,1% ogólnej zmienności.

Tabela 1  
Table 1

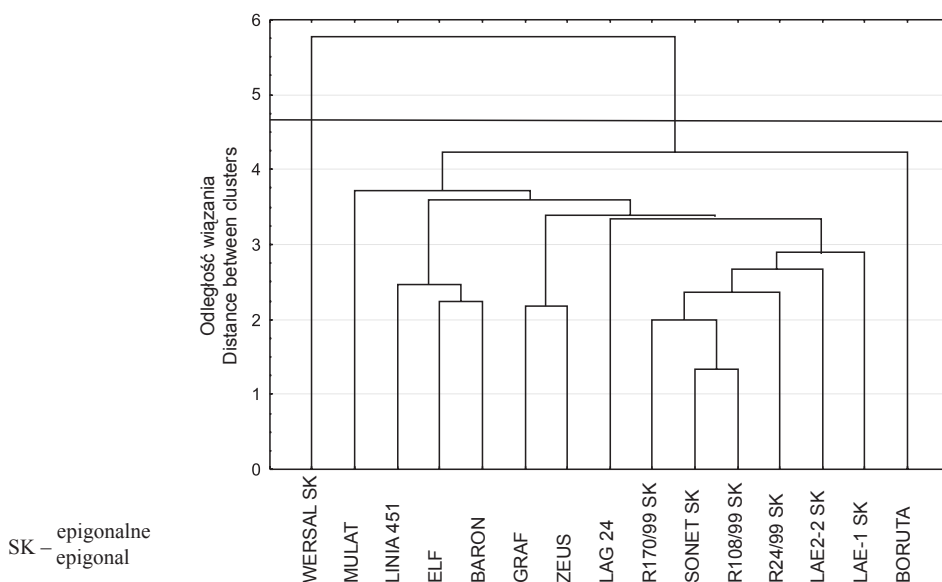
Współczynniki korelacji oraz wartości własne trzech składowych głównych  
Correlation coefficients and eigenvalue of three principal components

Cechy Characters	Składowe główne Principal component		
	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>
1	2	3	4
Wysokość całej rośliny (cm) Plant height	0,11	0,23	0,47
Liczba rozgałęzień bocznych Number of lateral branches	0,50	0,01	<b>0,77</b>
Długość kwiatostanu pędu głównego (cm) Inflorescence length of main stem	-0,28	<b>-0,67</b>	0,40
Liczba zebranych strąków z pędu głównego Number of pods on the main stem	0,77	-0,42	0,43
Liczba kwiatów na pędzie głównym Number of flowers of the main stem	-0,51	<b>-0,79</b>	-0,02
Liczba nasion z pędu głównego Number of seeds from a main stem	-0,69	<b>-0,59</b>	0,40
Indeks płodności na pędzie głównym Harvest index of the main stem	-0,47	0,24	<b>0,71</b>
Długość kwiatostanu pędu bocznego (cm) Inflorescence length of the lateral branches	<b>0,90</b>	-0,14	-0,32
Liczba zebranych strąków z pędu bocznego Number of pods from branches	<b>0,96</b>	-0,14	0,15
Liczba kwiatów na pędzie bocznym Number of flowers per lateral stem	<b>0,88</b>	-0,30	-0,04
Liczba nasion z pędu bocznego Number of seeds on the lateral branches	<b>0,96</b>	-0,20	0,07

Tabela 1 cd.  
Table 1 cont.

1	2	3	4
Indeks płodności na pędzie bocznym Harvest index on lateral branches	0,13	0,45	0,35
Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	0,77	-0,52	0,26
Masa nasion z rośliny Seed weight from plant	0,78	-0,29	0,30
Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds	0,08	<b>0,64</b>	0,30
Wartości własne – Eigenvalue	6,52	2,86	2,27
Procent wyjaśnionej wielocechowej zmienności obiektów Percentage of elucidated multifactor variability factor	43,51	19,04	15,14
Wariancja skumulowana Cumulative variance	43,51	62,55	77,69

Analiza skupień pozwoliła pogrupować badane linie i odmiany na podstawie średnich arytmetycznych 15 ocenianych cech (rys. 1). Do podziału uzyskanych skupień zastosowano kryterium Grabińskiego (1992), przy którym możliwe było wyodrębnienie dwóch skupień. Samodzielne skupienie utworzyła odmiana Wersal. W drugiej grupie znalazły się pozostałe linie i odmiany. Na wykresie można zauważyć, że genotypy w zależności od typu wzrostu wykazały się podobieństwem. Wyjątek stanowiła odmiana Boruta, która wyraźnie różniła się od pozostałych genotypów o tradycyjnym typie wzrostu.

Rys. 1. Dendrogram odległości euklidesowych *Lupinus angustifolius* L.Fig. 1. Dendrogram of euclides distances for *Lupinus angustifolius* L.

Odmiana Wersal najsilniej zareagowała na opóźniony siew. Wytworzyła wyższe rośliny i znaczną liczbę pędów bocznych (Galek i wsp. 2006). Ponadto charakteryzowała się też wyższymi wartościami cech związanymi z pędami bocznymi w porównaniu ze średnią z wszystkich genotypów (tab. 2). Łubin, tak jak i inne rośliny strączkowe, wymaga do prawidłowego wzrostu i rozwoju krótkiego okresu chłodu, czyli tzw. jarowizacji. Aby spełnić to wymaganie, nasiona łubinu muszą zostać wysiane możliwie wczesną wiosną, gdy prawdopodobieństwo wystąpienia niskich temperatur jest duże. Odmiana ta w przypadku przejścia prawidłowej jarowizacji zachowuje cechy formy o zdeterminowanym typie wzrostu, nie tworząc nadmiernej ilości bocznych rozgałęzień.

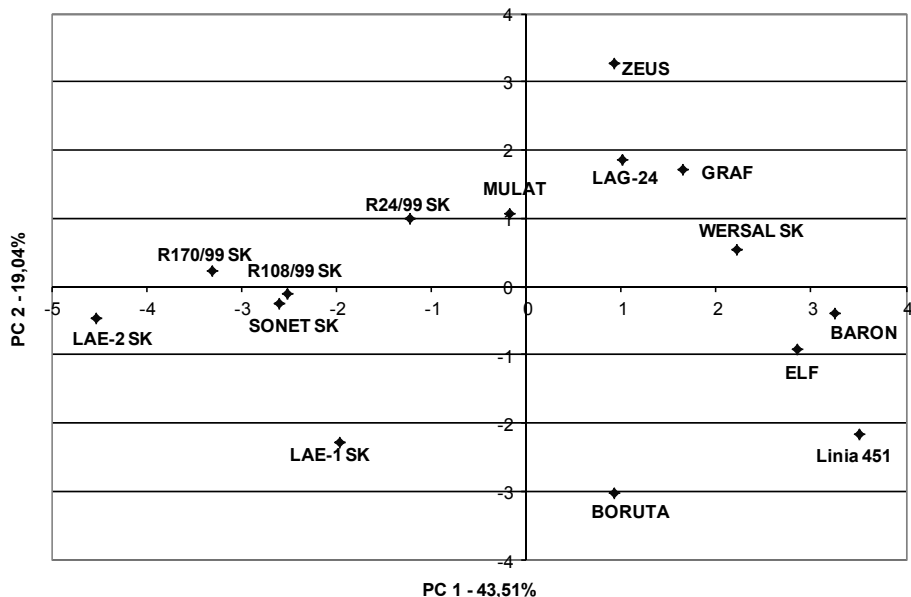
Tabela 2

Table 2

Porównanie średnich arytmetycznych 15 cech odmiany samokończącej Wersal i pozostałych obiektów  
Comparison of mean value for 15 characters of determined type of growth Wersal with remain investigated objects

Cechy – Characters	Wersal	Średnia – Mean
Wysokość całej rośliny (cm) Plant height	78,2	57,5
Liczba rozgałęzień bocznych Number of lateral branches	11,8	3,87
Długość kwiatostanu pędu głównego (cm) Inflorescence length of main stem	13,3	18,9
Liczba zebranych strąków z pędu głównego Number of pods on the main stem	21,7	26,6
Liczba kwiatów na pędzie głównym Number of flowers per the main stem	10,67	9,30
Liczba nasion z pędu głównego Number of seeds from a main stem	50,6	36,9
Indeks płodności na pędzie głównym Harvest index of the main stem	4,05	4,09
Długość kwiatostanu pędu bocznego (cm) Inflorescence length of the lateral branches	9,03	6,66
Liczba zebranych strąków z pędu bocznego Number of pods from branches	17,18	10,65
Liczba kwiatów na pędzie bocznym Number of flowers per lateral stem	56,6	50,5
Liczba nasion z pędu bocznego Number of whorls on the lateral branches	42,0	37,7
Indeks płodności na pędzie bocznym Fertility index on lateral branches	62,3	41,6
Liczba nasion z rośliny Number of seeds from plant	104,2	79,4
Masa nasion z rośliny Seed weight from plant	13,5	10,8
Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds	136,8	146,9

Stopień zróżnicowania badanych genotypów pod względem wszystkich analizowanych cech przedstawiono w przestrzeni dwóch pierwszych składowych głównych (rys. 2). Taki sposób ilustracji przedstawia graficznie w dwóch wymiarach przybliżone podobieństwo 15-cechowe między genotypami, określone za pomocą odległości euklidesowej standaryzowanych cech. Stopień przybliżenia był dobry, ponieważ dwie pierwsze składowe główne wyjaśniają 62,6% zmienności wielocechowej w kolekcji. Odmiany i linie reprezentujące dany typ wzrostu znalazły się na wykresie blisko siebie, co wskazuje na ich wielocechowe podobieństwo. Odmiana Boruta wyraźnie różniła się od grupy genotypów o tradycyjnym typie wzrostu pod względem takich cech jak: liczby zebranych strąków i nasion z pędów bocznych oraz długości kwiatostanów i liczby kwiatów na pędzie głównym (Galek i wsp. 2006), a zatem właściwości najsilniej związanych z dwiema pierwszymi składowymi głównymi. Położenie genotypów na wykresie bliżej środka układu współrzędnych wskazuje na to, że taki genotyp charakteryzuje się poziomem obserwowanych cech zbliżonych do ich średnich wartości (rys. 2). Dla hodowcy najbardziej interesujące są skrajne genotypy odbiegające od średnich najważniejszych cech. Ilustruje to położenie form o tradycyjnym typie wzrostu, reprezentowanych przez odmiany – Baron, Boruta, Zeus i linię 451. Natomiast w przypadku form samokończących taką formą jest linia LAE-2 (rys. 2). Genotypy te mogą stanowić wartościowy materiał wyjściowy do dalszych prac genetyczno-hodowlanych nad łubinem wąskolistnym.



SK – epigonalne – epigonal

Rys. 2. Rozmieszczenie 15 odmian i rodów łubinu wąskolistnego w przestrzeni dwóch pierwszych składowych głównych

Fig. 2. Scatter diagram of 15 genotypes in space of the two principal components

Zastosowane metody składowych głównych i analizy skupień dostarczyły podobnych oraz wzajemnie uzupełniających się informacji dotyczących oceny wielo cechowej zmienności genotypowej analizowanych materiałów. Pozwala to na wskazanie cech istotnie różnicujących badany zbiór genotypów oraz pogrupowanie ich w zależności od podobieństwa. Metody wielowymiarowe zastosowane w tej pracy umożliwiły wydzielenie dwóch zasadniczych grup genotypów różniących się pod względem ocenianych cech. Ponadto wyróżniono genotypy wyraźnie odbiegające od pozostałych (rys. 1, rys. 2).

Wykorzystywane dane do analizy wielowymiarowej mogą bazować na średnich z poszczególnych lat lub wielolecia. W tej pracy obliczenia wykonano na średnich z dwulecia (Galek i wsp. 2006). Mańkowski i wsp. (2009) również wskazali na zasadność wykorzystania w analizie wielowymiarowej wartości uśrednionych badanych obiektów z wielolecia. Zastosowanie do obliczeń wartości średnich w miejsce surowych danych z poszczególnych lat spowodowało zwiększenie stabilności obliczeń. Analogiczne podejście do analizy wielowymiarowej mieli Masny i wsp. (2010) w badaniach nad zmiennością u rodzin mieszańcowych truskawki. Analizy wielowymiarowe są często stosowane w przypadku różnych gatunków zbóż, ale również w odniesieniu do roślin strączkowych biorąc pod uwagę cechy morfologiczne, plonotwórcze czy fenologiczne roślin (Ghafoor i wsp. 2001, Ghafoor i Ahmad 2003, Lema i wsp. 2005, Bocianowski i Rybiński 2006). W badaniach Lema i wsp. (2005) przeprowadzono analizę składowych głównych dla 22 cech określanych u 59 genotypów łubinu wąskolistnego. Wykazano, że trzy pierwsze składowe główne wyjaśniają 66% ogólnej zmienności wielo cechowej. Największy udział w tworzeniu pierwszej składowej (41%) miały cechy związane z nasionami (długością, szerokością, ciężarem), a także przepuszczalnością wody przez okrywą nasienną i wczesnością kwitnienia.

W badaniach Ghafoor i wsp. (2001) na zmienność 484 genotypów *Vigna mungo* L. Hepper w największym stopniu wpływała wczesność kwitnienia i termin dojrzałości spośród 11 analizowanych cech ilościowych. W kształtowaniu drugiej składowej głównej odgrywały takie cechy jak: długość strąka i liczba nasion w strąku.

Z kolei w ocenie zmienności 21 genotypów fasoli mungo (*Vigna mungo* L. Hepper) pod względem 13 cech – fenologicznych i struktury plonu na tworzenie pierwszej składowej głównej najbardziej wpłynęły: liczba strąków z rośliny, długość strąka oraz masa nasion z rośliny (Ghafoor i Ahmad 2003).

## WNIOSKI

1. Wielowymiarowa ocena zróżnicowania kolekcji łubinu wąskolistnego pozwoliła przyjąć, że trzy pierwsze składowe główne w dostatecznym stopniu wyjaśniają zmienność badanych genotypów pod względem 15 cech.

2. Pierwsza składowa główna najsilniej związana była z długością kwiatostanu, liczbą kwiatów oraz liczbą strąków i nasion z pędów bocznych, a druga składowa – z długością kwiatostanu pędu głównego, liczbą kwiatów na pędzie głównym, liczbą nasion z pędu głównego i masą 1000 nasion, trzecia składowa – z liczbą pędów bocznych i indeksem płodności dla pędu głównego.

3. Zastosowanie analizy wielowymiarowej cech w hodowli łubinu wąskolistnego jest skutecznym narzędziem oceny zróżnicowania materiałów kolekcyjnych i wybranie wyróżniających się genotypów do programów hodowlanych.

## PIŚMIENNICTWO

- Bocianowski J., Rybiński W., 2006. Wykorzystanie wielowymiarowej metodyki cech ilościowych mutantów lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) uzyskanych działaniem chemotagenów i światła lasera helowo-neonowego. *Acta Agrophysica*, 8(4): 791–802.
- Czerwińska-Kayzer D., Florek J., 2012. Opłacalność wybranych upraw roślin strączkowych. *Fragm. Agron.* 29(4): 36–44.
- FAOSTAT, 2013, [www.faostat.org](http://www.faostat.org)
- Galek R., Kalińska H., Sawicka-Sienkiewicz E., 2006. Analiza wybranych cech morfologicznych i struktury plonu w kolekcji łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). *Biul. IHAR*, 240/241: 243–252.
- Ghafoor A., Sharif A., Ahmad Z., Zahid M.A., Rabbani M.A., 2001. Genetic diversity in blacgram (*Vigna mungo* L. Hepper). *Field Crops Research.*, 69: 183–190.
- Ghafoor A., Ahmad Z., Quereshi A.S., Bashir M., 2002. Genetic relationship in *Vigna mungo* (L.) Hepper and *V. variata* (L.) R. Wilczek based on morphological traits and SDS-PAGE. *Euphytica*, 123: 367–378.
- Ghafoor A., Ahmad Z., 2003. Exploitation of *Vigna mungo* (L.) Hepper germplasm using multivariate analysis based on agronomic traits. *Pak. J. Bot.*, 35(2): 187–196.
- Di Giorgio G., Graziano D., Ruisi P., Amato G., Giambalvo D., 2009. Phen-morphological and agronomic diversity among *Scorpiurus muricatus* (Fabaceae) natural populations collected in Sicily. *Journal of Agricultural Science* 147: 411–422.
- Grabiński T., 1992. Podstawy kwantyfikacji zmiennych przestrzennych. *Badania przestrzenne rynku konsumpcji*, Red. Mynarski S., PWN, Warszawa.
- Kubicka H., Mądry W., Sieczko L., Komar A., Puchalski J., 2004. Wielowymiarowa analiza różnorodności genotypowej linii wsobnych żyta ozimego (*Secale cereale* L.) dla cech rolniczych i fenologicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 497(2): 375–390.
- Lema M., Santalla A.P., Rodino A.P., De Ron A.M., 2005. Field performance of natural narrow-leaved lupin from the northwestern Spain. *Euphytica*, 144: 341–351.
- Lista Opisowa Odmian, 2011. *Rośliny rolnicze, cz. 2. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych*, Słupia Wielka: 103–108.
- Mańkowski D.R., Laudański Z., Martyniak D., Flaszka M., 2009. Struktura wielocechowej zmienności odmianowej wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.). *Biul. IHAR*, 254: 189–199.
- Masny A., Sieczko L., Żurawicz E., Mądry W., 2010. Zmienność i współzależność cech ilościowych u rodzin mieszańcowych truskawki powtarzającej owocowanie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 555: 561–577.
- Mądry W., 1993. *Studia statystyczne nad wielowymiarową oceną zróżnicowania cech ilościowych w kolekcjach zasobów genowych zbóż*. Wyd. SGGW, Warszawa, Rozprawy Naukowe i Monografie.
- Mądry W., Kubicka H., 1988. Wielocechowa ocena zróżnicowania linii wsobnych wyselekcjonowanych z odmian uprawnych żyta ozimego (*S. cereale* L.). *Hod. Rośl. Aklim. i Nas.*, 32, 3/4: 15–26.
- Osiecka A., 2013. *Rośliny Strączkowe 2012 (bobik, groch siewny, łubin wąskolistny, łubin żółty, soja)*. Wyniki Porejestrowych Doświadczeń Odmianowych, COBORU, 99: 26–32

- Podleśny J., 2005. Rośliny strączkowe w Polsce – Perspektywy uprawy i wykorzystanie nasion. *Acta Agrophysica*, 6(1): 213–224.
- Pietrzykowski R. 2004. Wykorzystanie nowej wielowymiarowej metody statystycznej do badania zmienności somaklonalnej na przykładzie żyta ozimego (*Secale cereale* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 497(2): 495–502.
- Sieczko L., Mądry W., Zieliński A., Paderewski J., Urbaś-Szwed K., 2004. Zastosowanie analizy składowych głównych w badaniach nad wielo cechową charakterystyką zmienności genetycznej w kolekcji zasobów genowych pszenicy twardej (*Triticum durum* L.). *Coll. Biom.*: 223–239.
- Święcicki W., Szukała J., Mikulski W., Jerzak M., 2007. Możliwości zastąpienia białka śrutu sojowej krajowymi surowcami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522: 515–521.
- Tyrka M., Mikulski W., 2004. Porównanie zmienności fenotypowej i genotypowej odmian i linii pszenicy zwyczajnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 497(2): 613–620.
- Ukalska J., Ukalski K., Kociuba W., Kramek A., 2010. Porównanie genotypów kolekcyjnych pszenżyta jarego x *Triticosecale* WITTMACK. Cz. I Analiza zmienności genotypowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 555: 437–445.
- Wyrzykowska M., Ziemińska J., Stankiewicz C., Lisowska M., 2009. Evaluation of seed yield variability in lp-type lucerne (*Medicago sativa* ssp. *media* L.) based on selected yield components. *Pol. J. Natur. Sc.*, 24(2) L: 93–101.

## MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS OF NARROW-LEAFED LUPIN COLLECTION (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)

### Summary

Objective of the study was to determine the diversity of breeding lines and cultivars of narrow-leafed lupin on the basis of multivariate analysis. The plant material consisted of seven genotypes of determined type of growth (LAE-1, LAE-2, R/24/99, R108/99, R170, cvs.: Sonet, Wersal) and eight of the traditional (indeterminate) type of growth (cvs.: Boruta, Baron, Elf, breeding lines LAG-24, stock 451, cvs. Mulat, Zeus, Graf). The principal component analysis, which allows to reduce the number of variables was used. In addition, hierarchical cluster analysis was applied.

Principal component analysis showed that the first three principal components accounted for 77.7% of the total variability. Length of inflorescence, number of flowers and number of pods and seeds from the lateral branches were associated with the first principal component and the second principle component was influenced by the main stem inflorescence length, number of flowers of the main stem, number of seeds from the main stem and the weight of 1000 seeds. The third principal component showed the greatest discriminatory power for the number of lateral branches and fertility index for the main stem.

Cluster analysis enabled to group genotypes on the basis of means of 15 traits. It showed that cultivars Wersal formed a separate cluster. Analyzing the position of genotypes in the graph in the first two principal components were more diverse genotypes within a traditional type of growth. ‘Boruta’ was most differ from the other lines and cultivar in the group.

KEY WORDS: cluster analysis, narrow-leafed lupin, principal component analysis