

## THE INFLUENCE OF IRRIGATION AND EFFECTIVE MICROORGANISMS ON QUANTITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE YIELDS OF PLANTS CULTIVATION IN ORGANIC CROP ROTATION ON LIGHT SOIL

### Summary

The aim of investigation conducted in the years 2009-2011 was to determine the influence of irrigation and effective microorganisms on quantity of main crops (tubers, grain, seeds) and side-line crops (straw) and chemical composition of crops (content of total nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, copper, iron, manganese, zinc and boron) of the plants species cultivation in organic crop rotation on light soil. The crop rotation contained following agricultural plant species: potato, rye, oat, buckwheat, yellow lupine. This experiment considered four combinations: irrigated (N), irrigated + effective microorganisms (N + EM), non-irrigated (NN), non-irrigated + effective microorganisms (NN + EM). Drip irrigation method (potato) and spray irrigation method (different species plants) was applied in this experiment. The effective microorganisms in form of EM Farming and Humobak in spring were applied and mixed with soil. Significant differences for quantity of main and side-line crops among cultivation plants species were stated, but there were not significant differences regarding research combinations. Significant differences content of nitrogen, phosphorus, copper and manganese in relationship to main crops between combinations and plants species were found, but for of potassium, magnesium, calcium, zinc, boron and iron only between plants species. For side-line crops significant differences content of macro- and micro-elements between plants species were stated.

**Key words:** plants; organic farming; watering; microorganisms; tubers; grain; seeds; straw; yields; field experimentation

## WPLYW NAWADNIANIA I EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW NA WIELKOŚĆ I SKŁAD CHEMICZNY PŁONÓW ROŚLIN UPRAWIANYCH W PŁODOZMIANIE EKOLOGICZNYM NA GLEBIE LEKKIEJ

### Streszczenie

Celem badań przeprowadzonych w latach 2009-2011 było określenie wpływu zabiegu nawadniania i stosowania efektywnych mikroorganizmów na wielkość plonów głównych (bulwy, ziarno, nasiona) i ubocznych (słoma) oraz skład chemiczny plonów (zawartość azotu ogólnego, fosforu, potasu, magnezu, wapnia, miedzi, żelaza, manganu, cynku i boru) gatunków roślin uprawianych w płodozmianie ekologicznym na glebie lekkiej. Zmianowanie obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, żyto, owies, gryka, łubin żółty. W badaniach uwzględniono cztery kombinacje: nawadniana (N), nawadniana + efektywne mikroorganizmy (N+EM), nienawadniana (NN), nienawadniana + efektywne mikroorganizmy (NN+EM). Nawadnianie wykonywano metodą kroplującą (ziemniak) i deszczującą (pozostałe gatunki roślin). Efektywne mikroorganizmy w formie preparatów EM Farming i Humobak stosowano wiosną i mieszano z glebą. Wykazano istotne różnicowanie wielkości plonów głównych i ubocznych pomiędzy uprawianymi gatunkami roślin, natomiast w odniesieniu do badanych kombinacji różnice nie zostały udowodnione statystycznie. Istotne różnicowanie zawartości azotu, fosforu, miedzi i manganu w plonach głównych wykazano w stosunku do kombinacji jak i gatunków roślin, natomiast potasu, magnezu, wapnia oraz cynku, boru i żelaza tylko pomiędzy uprawianymi gatunkami roślin. W plonie ubocznym istotne różnicowanie zawartości makro- jak i mikroelementów stwierdzono pomiędzy uprawianymi gatunkami roślin.

**Słowa kluczowe:** rośliny; uprawa ekologiczna; nawadnianie; mikroorganizmy; bulwy; ziarno; nasiona; słoma; plony; badania polowe

### 1. Wstęp

Ideą rolnictwa ekologicznego jest utrzymanie możliwie wysokiej żyzności gleby i produktywności roślin bez stosowania nawożenia mineralnego. Źródłem składników pokarmowych powinno być wprowadzanie jak największej ilości masy organicznej w formie takich nawozów jak: obornik, kompost, słoma czy zielona masa roślin poplonowych [9, 21]. Jednak susza występująca w okresie po wysiewie roślin poplonowych ograniczać może ich wzrost i rozwój, co spowodować może zmniejszenie przyorywanej biomasy, stanowiąc czynnik limitujący plonowanie roślin uprawianych w następnym roku na tym polu. Z kolei obornik, kompost czy słoma przyorane w warunkach suszy glebowej nie zostają optymalnie wykorzystywane przez rośliny na skutek ograniczonego ich rozkładu i spowolnionego

uwalniania składników pokarmowych. Ponadto, w warunkach deficytu azotu mineralnego wprowadzanie do gleby masy organicznej w formie wyżej wymienionych nawozów naturalnych czy organicznych, skutkować może nieprawidłowościami przebiegu procesów mikrobiologicznych ograniczając ich mineralizację i humifikację, doprowadzać do zaniku pożytecznych drobnoustrojów glebowych na korzyść rozwoju procesów butwienia i gnicia oraz rozwoju drobnoustrojów chorobotwórczych [6, 11]. Zabiegami agrotechnicznymi, które można stosować w systemie ekologicznym są, nawadnianie stabilizujące dostępność wody w glebie dla roślin w okresie ich wegetacji oraz wzbogacanie gleby pożytecznymi mikroorganizmami w formie preparatów mikrobiologicznych. Nawadnianie i stosowanie efektywnych mikroorganizmów może w różnym stopniu kształtować poziom stanu żyzności gleby oraz wielkość

plonów roślin i zawartość w nich składników pokarmowych [14, 15, 18]. Stąd celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zabiegu nawadniania i stosowania efektywnych mikroorganizmów na poziom plonowania oraz skład chemiczny plonów gatunków roślin uprawianych w płodozmianie ekologicznym na glebie lekkiej.

## 2. Metodyka

W latach 2009-2011 przeprowadzono analizę poziomu plonowania i zawartości makro- oraz mikroelementów w plonach gatunków roślin uprawianych na ekologicznym polu doświadczalnym, zlokalizowanym na glebie lekkiej, kompleksu żytniego dobrego należącym do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Jadwisin. Zmianowanie 5-polowe obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, żyto, owies, gryka, łubin żółty. Powierzchnia eksperymentalnego pola doświadczalnego wynosiła ogółem 2 ha a jeden gatunek zajmował powierzchnię 0,4 ha. Technologia uprawy wszystkich gatunków prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. Nawożenie w zmianowaniu stanowił obornik stosowany pod ziemniaki w dawce 25 t·ha<sup>-1</sup> i pod owies w dawce 12,5 t·ha<sup>-1</sup>, przyorywana słoma i biomasa roślin międzyplonowych (seradela wsiewana w żyto, gorczyca biała lub peluszką uprawianą po owsie) oraz wapno węglanowe. Opis badanych w doświadczeniu kombinacji przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Wyszczególnienie badanych kombinacji w latach 2009-2011

Table 1. Specification of research combinations in 2009-2011

Wykaz kombinacji List of combinations	Opis kombinacji Description of combinations
Nawadniana (N)	Połowę powierzchni każdego z pięciu pól płodozmiennych stanowiła kombinacja nawadniana
Nawadniana+Efektywne Mikroorganizmy (N+EM)	Na połowie kombinacji nawadnianej dla wszystkich gatunków roślin z wyjątkiem żyta opryskano glebę wiosną roztworem preparatu EM Farming w dawce 60 l·ha <sup>-1</sup> preparatu rozpuszczone w 300 l wody na 1ha i wymieszano z glebą (lata 2009-2010). W roku 2011 wysiano wiosną preparat Humobak w dawce 11 kg·ha <sup>-1</sup> i wymieszano z glebą.
Nienawadniana (NN)	Połowę powierzchni każdego z pięciu pól płodozmiennych stanowiła kombinacja nienawadniana
Nienawadniana+Efektywne Mikroorganizmy (NN+EM)	Na połowie kombinacji nienawadnianej dla wszystkich gatunków roślin z wyjątkiem żyta opryskano glebę wiosną roztworem preparatu EM Farming w dawce 60 l·ha <sup>-1</sup> preparatu rozpuszczone w 300 l wody na 1ha i wymieszano z glebą (lata 2009-2010). W roku 2011 wysiano wiosną preparat Humobak w dawce 11 kg·ha <sup>-1</sup> i wymieszano z glebą.

Nawadnianie ziemniaków wykonywano metodą kroplującą, przy wykorzystaniu linii z kompensacją ciśnienia, rozmieszczonymi na grzbiecie każdego rzędu. Pozostałe gatunki roślin nawadniano metodą deszczującą przy wykorzystaniu zraszaczy. Nawadnianie poszczególnych gatunków roślin prowadzono w okresie wegetacji w miarę stwierdzenia niedoborów wilgoci w glebie i dla ziemniaków przypadało to od początku kwitnienia do początku zasychania łęcin, dla zbóż od zakończenia kwitnienia do końca dojrzałości młeczej ziarniaków, dla łubinu i gryki od

wschodów do początku dojrzewania roślin. Zabiegi nawodnieniowe wykonywano w oparciu o pomiar siły ssącej gleby przy użyciu tensjometrów umieszczonych na każdym członie zmianowania na głębokości 30 cm.. Decyzja o prowadzeniu nawadniania podejmowana była, kiedy potencjał wody glebowej wzrastał powyżej 40 kPa. Ilości wody zastosowanej z nawadnianiem pod uprawia gatunki roślin w poszczególnych latach prowadzenia eksperymentu przedstawia tab. 2. Z danych w tab. 2 wynika, że w analizowanych latach badań nawadnianie prowadzono w ograniczonym zakresie. Decydujący wpływ na prowadzone w niewielkiej ilości nawadnianie miała dostateczna ilość naturalnych opadów w poszczególnych okresach wegetacji, szczególnie w miesiącach lipiec i sierpień. Warunki meteorologiczne okresu wegetacji oceniono na podstawie odchyleń sumy opadów i średnich temperatur powietrza od średnich z wielolecia (tab. 3).

Tab. 2. Terminy i dawki nawadniania ekologicznego pola eksperymentalnego w latach 2009-2011

Table 2. The irrigation terms and doses of organic field experiment in 2009-2011

Terminy nawadniania Terms of irrigation	Ziemniaki Potato	Żyto Rye	Owies Oat	Gryka Buckwheat	Łubin żółty Yellow lupine
16.07.2010	9 mm	-	-	5 mm	8 mm
19.05.2011	8 mm	16 mm	-	-	-
25.05.2011	-	9 mm	-	-	-
30.06.2011	13 mm	11 mm	11 mm	11 mm	-

Tab. 3. Odchylenia miesięcznych sum opadów (mm) oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza (°C) w latach badań od średnich wieloletnich z lat 1967-2011

Table 3. Deviations of monthly precipitation sums (mm) and of mean monthly air temperature (°C) in the years testing from long-term averages for 1967-2011

Rok/Year	Miesiące /Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Opady/Precipitation							
1967-2011	39	51	77	73	62	49	351
2009	-36,0	27,8	-3,6	12,6	25,1	-30,2	-10,3
2010	-26,3	110,8	-12,0	22,7	46,3	21,3	162,8
2011	-9,2	-22,9	-30,2	200,1	-1,9	-30,5	107,4
Temperatura powietrza /Air temperature							
1967-2011	7,7	13,7	16,5	18,4	17,7	13,2	14,5
2009	1,9	-1,3	0,9	2,9	-0,5	1,1	0,9
2010	0,3	-1,2	0,0	1,5	0,4	-2,0	0,1
2011	1,9	-0,4	1,0	-1,5	-2,4	0,6	0,0

Oceny wielkości i składu chemicznego plonu uprawianych gatunków roślin przeprowadzono z podziałem na główny (bulwy, ziarno, nasiona) i uboczny (słoma). Wielkość plonu bulw ziemniaków oceniono z powierzchni całego poletka, natomiast pozostałych gatunków roślin na podstawie pobranych próbek z powierzchni 0,5 m<sup>2</sup> w 3 powtórzeniach dla każdej kombinacji przy wykorzystaniu ramki. Analizy chemiczne zawartości makroelementów (azotu ogółem, fosforu, potasu, magnezu i wapnia) oraz mikroelementów (miedzi, manganu, cynku, boru i żelaza) w suchej masie materiału roślinnego (bulwy, ziarno, nasiona, słoma) wykonywano w Stacji Chemiczno-Rolniczej według obowiązującej metodyki. Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukey'a.

### 3. Wyniki i dyskusja

Spośród gatunków roślin analizowanych w płodozmianie największym plonem suchej masy plonu głównego charakteryzowała się uprawa ziemniaków. Istotnie niższe plony suchej masy uzyskano w przypadku zbóż (żyto, owies) czy gryki, natomiast istotnie najmniejszy plon stwierdzono w przypadku uprawy łubinu żółtego. Zarówno pod wpływem zabiegu nawadniania, jak i zastosowania efektywnych mikroorganizmów nie stwierdzono istotnego zróżnicowania wielkości plonów głównych uprawianych roślin, a odnotowano jedynie tendencję ich wzrostu po zastosowaniu efektywnych mikroorganizmów, zarówno na kombinacji nawadnianej jak i bez nawadniania (tab. 4). Z kolei największy plon słomy uzyskano w przypadku żyta i gryki, natomiast istotnie niższy z uprawy owsa oraz łubinu. Plony uboczne uprawianych gatunków roślin również nie były istotnie zróżnicowane w odniesieniu do badanych kombinacji, ale tendencja ich wzrostu dotyczyła kombinacji nawadnianej oraz nawadnianej i nienawadnianej w połączeniu ze stosowaniem efektywnych mikroorganizmów w porównaniu do kombinacji nienawadnianej (tab. 4). Generalnie w badaniach z nawadnianiem stwierdza się znaczący przyrost plonu uprawianych roślin w latach dużego deficytu opadów naturalnych [5]. W przypadku uprawy ziemniaków w latach dużego deficytu opadów w wielu badaniach stwierdzono, że nawadnianie zwiększyło plony od 30 do około 50% w porównaniu do kontroli, bez nawadniania [5, 13, 14, 15, 16, 19, 20]. Prowadzenie w różnych systemach uprawy, w tym ekologicznym, technologii z wykorzystaniem nawadniania uzasadnione było również korzystnym wpływem na wielkość plonu roślin zbożowych (pszenica, jęczmień) i strączkowych (groch) [3, 4, 12]. W analizowanych trzech latach prowadzenia niniejszych badań nie stwierdzono na ogół znaczącego deficytu opadów naturalnych w okresie wegetacji roślin, stąd nie odnotowano udowodnionych statystycznie różnic w plonach uprawianych gatunków roślin pomiędzy kombinacjami nawadnianą i bez nawadniania. Duże zainteresowanie budzą w ostatnich latach różnego rodzaju preparaty mikrobiologiczne, z udziałem wielu pożytecznych grup drobnoustrojów. Z uwagi na ich skład i proces wytwarzania dopuszczone są do stosowania w produkcji ekologicznej. Efekt działania różnego rodzaju stosowanych mikroorganizmów wiązany jest głównie z poprawą właściwości gleby, co z kolei przekładać się może w różnym stopniu na wielkość plonu i jakość uprawianych roślin. Z reguły w do-

tychczas przeprowadzonych badaniach wykazuje się dodatni efekt działania efektywnych mikroorganizmów na wielkość plonu oraz cechy jakości roślin [7, 10, 17], a w niektórych stwierdza się brak lub znikome korzyści ich oddziaływania na właściwości plonotwórcze roślin [1], co potwierdziły wcześniejsze badania własne [18] – udowodniony statystycznie, korzystny wpływ preparatu UG max na wielkość plonu bulw ziemniaków. Natomiast obecnie przeprowadzone badania wykazały jedynie tendencje wzrostu wielkości plonu głównego, średnio dla uprawianych gatunków roślin, po zastosowaniu preparatów mikrobiologicznych EM Farming i Humobak. Zróżnicowanie zawartości wszystkich analizowanych makro- i mikroelementów w plonach głównych odnosiło się do uprawianych gatunków roślin (tab. 5 i 6).

Największą zawartością azotu, fosforu, manganu i cynku charakteryzowały się nasiona łubinu, potasu bulwy ziemniaka, natomiast magnezu, wapnia, miedzi, boru i żelaza nasiona gryki. Natomiast zróżnicowanie pomiędzy badanymi kombinacjami składu chemicznego plonu bulw, ziarna i nasion dotyczyło tylko azotu ogółem, fosforu, miedzi i manganu. Średnio, dla uprawianych gatunków roślin, istotnie większe zawartości azotu i fosforu w plonach stwierdzono na kombinacjach nawadnianej i nienawadnianej w połączeniu z EM oraz bez nawadniania w stosunku do kombinacji tylko nawadnianej (tab. 5). Natomiast największą zawartość miedzi i manganu w plonach głównych uzyskano na kombinacji nawadnianej w połączeniu z EM (tab. 6). W plonie ubocznym nie stwierdzono istotnego zróżnicowania zawartości makro- i mikroelementów w obrębie kombinacji, tylko w odniesieniu do uprawianych gatunków roślin (tab. 7 i 8). Istotnie największą zawartością azotu w słomie charakteryzował się łubin żółty, większą fosforu i potasu owies, gryka i łubin w porównaniu do żyta, z kolei magnezu i wapnia gryka oraz łubin w stosunku do słomy żyta i owsa (tab. 7). W odniesieniu do mikroelementów największą zawartość miedzi, manganu, cynku i żelaza uzyskano w słomie łubinu, a boru w słomie łubinu i gryki (tab. 8). Wykazane zawartości pierwiastków w plonach badanych gatunków roślin były na ogół niższe od prezentowanych w literaturze dla systemu konwencjonalnego [8], co wynikało z faktu, że nie stosowano nawożenia mineralnego. Jednak w przypadku niektórych składników w plonach ubocznych, tzn. słomie żyta zawartość azotu, fosforu i boru, w słomie owsa zawartość fosforu i potasu oraz słomie łubinu zawartość wszystkich składników z wyjątkiem wapnia i manganu większe były niż przeciętne wykazane w literaturze dla tych gatunków [8].

Tab. 4. Wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na plonowanie roślin w latach 2009-2011  
Table 4. Influence of irrigation and effective microorganisms on plants yielding in 2009-2011

Kombinacje Combinations	Gatunek rośliny/Plant of species					Średnia Mean
	Ziemniak Potato	Żyto Rye	Owies Oat	Gryka Buckwheat	Łubin Lupine	
Plon główny suchej masy t·ha <sup>-1</sup> /Main crop of dry matter t·ha <sup>-1</sup>						
N	5,62	3,44	2,52	1,64	0,98	2,84
N + EM	5,92	3,33	2,89	1,99	0,76	2,98
NN + EM	6,02	3,13	3,09	2,56	0,90	3,14
NN	6,06	2,60	2,42	2,25	0,82	2,83
Średnia/Mean	5,91A	3,12B	2,73B	2,11C	0,86D	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,54					n.i./n.s.
Plon uboczny suchej masy t·ha <sup>-1</sup> /Side-line crop of dry matter t·ha <sup>-1</sup>						
N	-	4,71	2,48	3,99	3,35	3,63
N + EM	-	4,50	2,59	4,20	3,27	3,64
NN + EM	-	3,99	2,94	4,18	3,30	3,60
NN	-	3,76	2,34	3,87	3,02	3,25
Średnia/Mean	-	4,24A	2,59B	4,06A	3,24B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,80					n.i./n.s.

Tab. 5. Wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na zawartość makroelementów (% suchej masy) w plonie głównym roślin w latach 2009-2011

Table 5. Influence of irrigation and effective microorganisms on the content of macroelements (% of dry matter) in main crop of plants in 2009-2011

Kombinacje Combinations	Gatunek rośliny/Plant of species					Średnia Mean
	Ziemniak Potato	Żyto Rye	Owies Oat	Gryka Buckwheat	Łubin Lupine	
Zawartość azotu ogółem/Content of total nitrogen						
N	1,08	1,25	1,31	1,64	2,69	1,59A
N + EM	1,16	1,24	1,34	1,78	2,98	1,70B
NN + EM	1,17	1,31	1,40	2,00	2,77	1,73B
NN	1,10	1,31	1,42	1,85	3,09	1,75B
Średnia/Mean	1,13D	1,28C	1,37C	1,82B	2,88A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,19					0,10
Zawartość fosforu/Content of phosphorus						
N	0,29	0,32	0,33	0,37	0,42	0,34A
N + EM	0,30	0,32	0,33	0,38	0,46	0,36B
NN + EM	0,28	0,33	0,34	0,43	0,42	0,36B
NN	0,28	0,33	0,35	0,42	0,46	0,37B
Średnia/Mean	0,28D	0,32C	0,34C	0,40B	0,44A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,03					0,02
Zawartość potasu/Content of potassium						
N	1,93	0,39	0,38	0,97	0,86	0,90
N + EM	2,06	0,40	0,39	1,02	0,85	0,94
NN + EM	1,98	0,39	0,38	1,11	0,79	0,93
NN	1,90	0,39	0,38	1,06	0,79	0,90
Średnia/Mean	1,97A	0,39C	0,38C	1,04B	0,82B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,23					n.i./n.s.
Zawartość magnezu/Content of magnesium						
N	0,10	0,11	0,16	0,50	0,24	0,22
N + EM	0,11	0,11	0,16	0,50	0,25	0,22
NN + EM	0,11	0,11	0,16	0,59	0,22	0,24
NN	0,10	0,12	0,17	0,59	0,24	0,24
Średnia/Mean	0,10C	0,11C	0,16B	0,54A	0,24B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,07					n.i./n.s.
Zawartość wapnia/Content of calcium						
N	0,04	0,07	0,11	1,48	0,28	0,39
N + EM	0,04	0,07	0,11	0,89	0,30	0,28
NN + EM	0,03	0,07	0,11	1,02	0,27	0,30
NN	0,04	0,08	0,11	1,60	0,25	0,42
Średnia/Mean	0,03B	0,07B	0,11B	1,25A	0,27B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,10					n.i./n.s.

Tab. 6. Wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na zawartość mikroelementów (mg·kg<sup>-1</sup> suchej masy) w plonie głównym roślin w latach 2009-2011

Table 6. Influence of irrigation and effective microorganisms on the content of microelements (mg·kg<sup>-1</sup> of dry matter) in main crop of plants in 2009-2011

Kombinacje Combinations	Gatunek rośliny/Plant of species					Średnia Mean
	Ziemniak Potato	Żyto Rye	Owies Oat	Gryka Buckwheat	Łubin Lupine	
Zawartość miedzi/Content of copper						
N	4,87	3,82	3,42	6,98	6,32	5,08B
N + EM	4,93	3,80	3,32	7,27	7,66	5,39A
NN + EM	4,43	3,83	3,43	7,22	5,88	4,96B
NN	4,43	3,96	3,34	6,93	6,41	5,01B
Średnia/Mean	4,66C	3,85D	3,38D	7,10A	6,57B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,51					0,40
Zawartość manganu/Content of manganese						
N	7,40	36,96	66,16	56,16	98,50	53,04B
N + EM	7,77	38,36	85,53	73,93	103,16	61,75A
NN + EM	7,41	39,03	76,00	80,86	99,36	60,53B
NN	7,35	43,36	78,96	63,10	111,36	60,83B
Średnia/Mean	7,48D	39,43C	76,66B	68,51B	103,10A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	9,70					8,16
Zawartość cynku/Content of zinc						
N	12,19	32,93	26,53	24,46	37,26	26,67
N + EM	11,71	32,10	28,46	27,53	44,46	28,85
NN + EM	11,43	32,20	30,30	28,66	37,66	28,05
NN	11,12	35,36	24,86	25,60	39,00	27,19
Średnia/Mean	11,61D	33,15B	27,54C	26,56C	39,60A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	3,39					n.i./n.s.



Zawartość boru/Content of boron						
N	5,56	3,33	2,74	20,35	16,64	9,72
N + EM	5,59	3,33	2,87	18,61	16,58	9,39
NN + EM	6,13	2,99	2,84	20,48	16,21	9,73
NN	5,01	3,19	2,55	22,22	15,28	9,65
Średnia/Mean	5,57C	3,21C	2,75C	20,41A	16,18B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	3,60					n.i./n.s.
Zawartość żelaza/Content of iron						
N	52,00	42,20	43,53	91,73	64,23	58,74
N + EM	52,13	43,63	41,80	90,40	70,23	59,64
NN + EM	53,60	42,00	43,76	96,40	62,10	59,57
NN	50,76	47,83	42,50	97,73	64,10	60,58
Średnia/Mean	52,12B	43,91B	42,90B	94,06A	65,16B	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	24,08					n.i./n.s.

Tab. 7. Wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na zawartość makroelementów (% suchej masy) w plonie ubocznym roślin w lata 2009-2011

Table 7. Influence of irrigation and effective microorganisms on the content of macroelements (% of dry matter) in side-line crop of plants in 2009-2011

Kombinacje Combinations	Gatunek rośliny/Plant of species				Średnia Mean
	Żyto/Rye	Owies/Oat	Gryka/Buckwheat	Łubin/Lupine	
Zawartość azotu ogółem/Content of total nitrogen					
N	0,86	0,80	0,94	2,57	1,29
N + EM	0,90	0,80	0,96	2,58	1,31
NN + EM	0,81	0,71	0,94	2,38	1,21
NN	0,93	0,79	0,92	2,40	1,26
Średnia/Mean	0,87B	0,77B	0,94B	2,48A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,42				n.i./n.s.
Zawartość fosforu/Content of phosphorus					
N	0,17	0,35	0,35	0,34	0,30
N + EM	0,17	0,31	0,36	0,36	0,30
NN + EM	0,15	0,33	0,37	0,34	0,30
NN	0,15	0,35	0,36	0,35	0,30
Średnia/Mean	0,16B	0,34A	0,36A	0,35A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,04				n.i./n.s.
Zawartość potasu/Content of potassium					
N	0,97	1,74	1,71	1,86	1,57
N + EM	0,93	1,86	1,83	2,04	1,66
NN + EM	1,00	2,18	2,02	1,97	1,79
NN	0,98	2,07	1,90	1,83	1,69
Średnia/Mean	0,97B	1,96A	1,86A	1,93A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,31				n.i./n.s.
Zawartość magnezu/Content of magnesium					
N	0,08	0,13	0,33	0,38	0,23
N + EM	0,08	0,12	0,34	0,37	0,23
NN + EM	0,08	0,12	0,37	0,34	0,23
NN	0,08	0,13	0,36	0,36	0,23
Średnia/Mean	0,08C	0,12B	0,35A	0,36A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,04				n.i./n.s.
Zawartość wapnia/Content of calcium					
N	0,18	0,22	0,71	0,89	0,50
N + EM	0,18	0,20	0,71	0,77	0,46
NN + EM	0,18	0,20	0,70	0,66	0,43
NN	0,17	0,21	0,71	0,70	0,45
Średnia/Mean	0,18B	0,21B	0,71A	0,75A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,09				n.i./n.s.

Tab. 8. Wpływ nawadniania i efektywnych mikroorganizmów na zawartość mikroelementów (mg·kg<sup>-1</sup> suchej masy) w plonie ubocznym roślin w latach 2009-2011

Table 8. Influence of irrigation and effective microorganisms on the content of microelements (mg·kg<sup>-1</sup> of dry matter) in side-line crop of plants in 2009-2011

Kombinacje Combinations	Gatunek rośliny/Plant of species				Średnia Mean
	Żyto/Rye	Owies/Oat	Gryka/Buckwheat	Łubin/Lupine	
Zawartość miedzi/Content of copper					
N	2,15	2,19	4,43	6,50	3,82
N + EM	2,14	2,00	4,49	6,79	3,85
NN + EM	1,83	2,13	4,88	6,32	3,79
NN	1,87	2,26	4,82	6,55	3,87
Średnia/Mean	2,00C	2,14C	4,66B	6,54A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	1,00				n.i./n.s.

Zawartość manganu/Content of manganese					
N	45,40	61,83	99,10	296,83	125,79
N + EM	47,23	99,73	109,63	258,16	128,69
NN + EM	31,53	74,50	107,43	248,00	115,37
NN	35,03	84,70	97,90	270,66	122,08
Średnia/Mean	39,80C	80,19B	103,52B	268,42A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	41,72				n.i./n.s.
Zawartość cynku/Content of zinc					
N	23,30	15,30	30,60	76,53	36,43
N + EM	22,80	14,73	26,10	61,96	31,40
NN + EM	17,86	16,13	26,93	57,30	29,55
NN	17,86	16,26	31,40	63,36	32,22
Średnia/Mean	20,45B	15,60C	28,75B	64,79A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	11,07				n.i./n.s.
Zawartość boru/Content of boron					
N	3,38	3,93	14,02	14,77	9,02
N + EM	3,26	4,31	14,68	15,17	9,35
NN + EM	3,89	3,71	14,58	13,46	8,91
NN	3,89	3,24	13,96	13,19	8,57
Średnia/Mean	3,60B	3,80B	14,31A	14,15A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	1,83				n.i./n.s.
Zawartość żelaza/Content of iron					
N	45,30	82,73	54,40	190,60	93,26
N + EM	40,63	57,10	55,50	143,26	74,12
NN + EM	55,56	55,96	59,93	150,96	80,61
NN	61,56	69,93	58,80	158,63	87,23
Średnia/Mean	50,77B	66,43B	57,16B	160,87A	
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	27,63				n.i./n.s.

Badania wykazały, że na zawartość niektórych pierwiastków w plonach roślin nie miało istotnego wpływu nawadnianie [2] oraz stosowanie efektywnych mikroorganizmów [18], co potwierdziły też częściowo niniejsze badania. W przypadku czterech składników (azotu, fosforu, miedzi i manganu) spośród dziesięciu oznaczonych stwierdzono istotne ich zmiany w plonach roślin (bulwy, nasiona, ziarno) pod wpływem stosowania nawadniania i efektywnych mikroorganizmów. We wcześniejszych badaniach własnych wykazano, że na dziesięć analizowanych pierwiastków w bulwach ziemniaka, tylko w przypadku pięciu (azotu, potasu, żelaza, miedzi i boru) odnotowano istotne ich zmiany pod wpływem nawadniania i stosowania efektywnych mikroorganizmów [22]. Z przeprowadzonych wcześniej badań własnych oraz innych autorów wynika, że zabiegi nawadniania czy stosowanie efektywnych mikroorganizmów w większym stopniu wpływać mogą na wielkość plonu niż zawartość składników w roślinach [2, 18].

#### 4. Wnioski

1. Nie wykazano istotnego zróżnicowania wielkości plonów głównych (bulwy, ziarno, nasiona) i ubocznych (słoma) w odniesieniu do badanych kombinacji.
2. Istotne zróżnicowanie zawartości azotu, fosforu, miedzi i manganu w plonach głównych (bulwy, ziarno, nasiona) odnosiło się zarówno do kombinacji jak i gatunków roślin, natomiast potasu, magnezu, wapnia oraz cynku, boru i żelaza dotyczyło tylko gatunków roślin.
3. W plonach ubocznych (słoma) nie stwierdzono istotnego zróżnicowania zawartości makro- i mikroelementów w stosunku do badanych kombinacji gatunków roślin.

#### 5. Bibliografia

- [1] Boligłowa E.: Ochrona ziemniaka przed chorobami i szkodnikami przy użyciu Efektywnych Mikroorganizmów (EM) z udziałem ziół. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym

rolnictwie. Monografia, t. 2, pod red. Z. Zbytka, PIMR Poznań, 2005, s. 165-170.

- [2] Borówczak F.: Wpływ deszczowania i systemu uprawy na pobranie w plonach oraz bilans fosforu i potasu w czteropolowym płodozmianie. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, t. 2, pod red. Z. Zbytka, PIMR Poznań, 2005, s. 47-56.
- [3] Borówczak F., Rębarz K.: Efekty produkcyjne i ekonomiczne różnych systemów uprawy jęczmienia jarego odmiany Stratus w zależności od deszczowania. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2010, Vol. 55 (3): 29-32.
- [4] Borówczak F., Rębarz K.: Efekty produkcyjne i ekonomiczne różnych systemów uprawy pszenicy ozimej odmiany Roma w zależności od deszczowania. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2010, Vol. 55 (3): 24-28.
- [5] Chmura K., Dmowski Z., Nowak L.: Znaczenie nawadniania w produkcji roślinnej. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa, 2006, s. 10-18.
- [6] Duer I.: Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy, 2001, ss. 52.
- [7] Frąckowiak K.: Wpływ Użyźniacza Glebowego na wzrost plonu korzeni buraków cukrowych. Rolnik Dzierżawca, 2007, 3/2007, s. 133.
- [8] Górlach E., Mazur T.: Chemia rolna. Wyd. PWN, 2001: 248-251.
- [9] Gruczek T., Nowacki W., Zarzyńska K.: Ekologiczny system produkcji ziemniaków. IHAR Oddział Jadwisin, 2005, ss. 34.
- [10] Kapsa J.: Poprawić wysokość plonu ziemniaka i jego zdrowotność. Top Agrar Polska, 2007, nr 3, s. 143.
- [11] Krysztoforski M., Stachowicz T.: Płodozmian w gospodarstwie ekologicznym. Wyd. CDR Radom, 2008, ss. 44.
- [12] Lenartowicz K., Borówczak F., Rębarz K.: Efekty deszczowania i różnych systemów uprawy grochu siewnego odmiany Ramrod. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2011, Vol. 56 (4): 27-31.
- [13] Mazurczyk W., Głuska A., Trawczyński C., Nowacki W., Zarzyńska K.: Optymalizacja nawadniania plantacji ziemniaka (FertOrgaNic) za pomocą metody kropłowej oraz systemu DSS. Roczn. AR Pozn. CCCLXXX Rolnictwo 66, 2006, s. 235-241.
- [14] Nowacki W.: Nawadnianie czynnikiem modyfikującym opłacalność uprawy ziemniaka w systemie ekologicznym. Journal of

- Research and Applications in Agricultural Engineering, 2009, Vol. 54 (4): 32-35.
- [15] Nowacki W.: Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji. Wyd. IHAR-PIB Radzików, O/Jadwisin, 2010, ss. 56.
- [16] Rębarz. K., Boróweczak F.: Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na wielkość bulw, plon handlowy i występowanie strat w czasie przechowywania ziemniaków. Roczn. AR Pozn., CCCLXXX Rolnictwo 66, 2006, s. 305-313.
- [17] Sulewska H., Koziara W., Ptaszyńska G.: Plonowanie i stan odżywienia roślin kukurydzy po zastosowaniu doglebowych preparatów mikrobiologicznych. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, t. 2, pod red. Z. Zbytka, PIMR Poznań, 2005, s. 133-139.
- [18] Trawczyński C., Bogdanowicz P.: Wykorzystanie Użyźniacza Glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2007, Vol. 52 (4): 94-97.
- [19] Trawczyński C.: Wpływ nawadniania kroplowego i fertygacji na plon i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2009, nr 3: 55-67.
- [20] Trawczyński C.: Plonowanie roślin w ekologicznym systemie uprawy roślin z nawadnianiem. Por. Gosp., 2010, nr 6: 26-28.
- [21] Tyburski J., Żakowska-Biemans S.: Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. Warszawa: Wyd. SGGW, 2007: ss. 277.
- [22] Wierzbicka A., Trawczyński C.: Wpływ nawadniania i mikroorganizmów glebowych na zawartość makro i mikroelementów w bulwach ziemniaków ekologicznych. Fragm. Agron., 2011, 28(4): 139-148.