

WPLYW ODDZIAŁYWAŃ KONKURENCYJNYCH POMIĘDZY JĘCZMIENIEM JARYM I GROCHEM SIEWNYM NA ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENÓW W RÓŻNYCH CZĘŚCIACH ROŚLIN

MARIA WANIC, MARZENA MICHALSKA

Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

mwanic@uwm.edu.pl

Synopsis. W doświadczeniu wazonowym, realizowanym w trzech seriach (lata 2003–2005) wg schematu addytywnego, oceniano wpływ konkurencji pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym na zawartość w ich suchej masie (nadziemnej i korzeniach) azotu, fosforu i potasu. Eksperyment prowadzono na podłożach z gleby lekkiej i ciężkiej. Badania przeprowadzono w 5. fazach rozwojowych jęczmienia: wschody (BBCH 10–13), krzewienie (23), strzelanie w źdźbło (32), kłoszenie (55) i dojrzewanie (87–89). Wykazano, że konkurencja prowadziła do większych zmian w akumulacji azotu, fosforu i potasu w nadziemnych częściach roślin, niż w korzeniach. Siew mieszany zwiększał ich koncentrację w masie nadziemnej jęczmienia w czasie rozwoju generatywnego. W okresie tym stwierdzono większe nagromadzenie azotu i potasu w źdźbłach a fosforu w źdźbłach i liściach. Wspólna uprawa obu roślin słabiej różnicowała akumulację makroelementów w grochu siewnym. Na glebie lekkiej w mieszance większą niż w siewie czystym zawartością azotu odznaczały się łodygi i liście w fazach kłoszenia i dojrzewania jęczmienia oraz korzenie od strzelania w źdźbło do dojrzewania. Sposób siewu nie różnicował zawartości tego makroelementu na glebie ciężkiej. W obu sposobach siewu koncentracja fosforu w roślinach grochu utrzymywała się na zbliżonym poziomie. W mieszance, w stosunku do uprawy jednogatunkowej, w korzeniach stwierdzono spadek zawartości potasu w fazie strzelania w źdźbło jęczmienia jarego oraz jego wzrost w czasie kłoszenia i dojrzewania.

Słowa kluczowe – *key words*: konkurencja – *competition*, jęczmień jary – *spring barley*, groch siewny – *field pea*, gleba lekka i ciężka – *light and heavy soil*, zawartość w roślinach azotu, fosforu i potasu – *content of nitrogen, phosphorus and potassium in plants*

WSTĘP

W łąkach mieszanych pomiędzy roślinami zachodzą różnorodne oddziaływania. Do jednych z powszechniejszych należy konkurencja – oddziaływanie o charakterze ujemnym, które rzutuje na zagęszczenie łąnu, rytm biologiczny, cechy morfologiczne oraz płodność roślin [Vandermeer 1992]. Natężenie konkurencji może być różne, zależy to od doboru gatunków i odmian w mieszance, ich liczebności, proporcji i rozmieszczenia w łąnie oraz abiotycznych czynników środowiska. Zmienia się ono także w trakcie wegetacji roślin [Lamb i in. 2007]. W ostatnich latach ukazało się wiele publikacji omawiających powyższe zagadnienie. Jednakże niewiele znajdujemy w nich informacji na temat przebiegu konkurencji w całym okresie wegetacji [Michalska i in. 2008] i jej wpływu na akumulację i rozmieszczenie makroelementów w różnych częściach roślin.

Celem badań była ocena wpływu konkurencji pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym na glebie lekkiej i ciężkiej na akumulację w roślinach azotu, fosforu i potasu.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w oparciu o doświadczenie wazonowe, realizowane w trzech seriach w laboratorium szklarniowym Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Pierwsza seria trwała od 31 marca do 1 lipca 2003 roku, druga – od 4 lutego do 24 maja 2004, a trzecia – od 16 września 2004 do 7 stycznia 2005 roku. Przedmiotem oceny był jęczmień jary (odmiana Rabel) i groch siewny (Grapis), które wysiewano w mieszance oraz uprawie jednogatunkowej na podłożu gleby z lekkiej i ciężkiej.

Glebę lekką stanowiła gleba brunatno-rdzawa, wytworzona z piasku gliniastego lekkiego pylastego, zalegającego na piasku słabo gliniastym i luźnym pylastym. Odnaczała się ona odczynem lekko kwaśnym (pH w 1 M KCl od 5,8 do 6,4), zawartością próchnicy od 1,14 do 1,34%, wysoką zasobnością w fosfor (94–106 mg·kg⁻¹ gleby), a średnią w potas (83–103 mg·kg⁻¹) i magnez (26–27 mg·kg⁻¹). Glebę ciężką była gleba brunatna wylugowana, wytworzona z gliny ciężkiej, o zawartości próchnicy od 1,84 do 2,52%, odczynem lekko kwaśnym (pH w 1 M KCl od 5,6 do 6,2), wysokiej zasobności fosforu (92–116 mg·kg⁻¹ gleby) i magnezu (88–91 mg·kg⁻¹), a średniej potasu (129–145 mg·kg⁻¹). Obie gleby pochodziły ze Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Tomaszku. Glebę, którą wypełniano wazonu pobierano z warstwy do 25 cm głębokości.

Czynnikami doświadczenia były:

I – dwie kategorie gleb: lekka i ciężka;

II – dwa sposoby siewu roślin: w mieszance i czysty.

Doświadczenie założono według schematu addytywnego, w którym liczba roślin w siewie mieszanym stanowiła sumę obsad gatunków w siewach czystych [Semere i Froud-Williams 2001]. Łącznie składało się ono ze 120 wazonów Kick–Brauckmanna (2 gatunki + sposób ich siewu × 5 faz rozwojowych × 2 kategorie gleby × 4 powtórzenia), o średnicy 22 i głębokości 28 cm. Każdy wazon był wypełniony 8 kg gleby. Z uwagi na dobrą jej zasobność w fosfor i potas w doświadczeniu zastosowano tylko nawożenie azotowe – w postaci mocznika – przed napełnieniem wazonów glebą w ilości czystego składnika (g·wazon⁻¹): jęczmień jary – 0,500; groch siewny – 0,125; mieszanka – 0,300. W przeliczeniu na 1 ha wynosiło to: jęczmień – 66,7; groch – 16,7; mieszanka – 40 kg·ha⁻¹. W jednym wazonie wysiano 18 ziarniaków jęczmienia jarego i 9 nasion grochu siewnego, co odpowiadało zagęszczeniu roślin: jęczmienia 350, grochu 100 szt·m⁻². W trakcie wegetacji ubytki wody w wazonach codziennie uzupełniano do 50% maksymalnej pojemności wodnej gleby. W drugiej i trzeciej serii, których realizacja przypadała w okresie zimowo-wiosennym i jesienno-zimowym, stosowano sztuczne doświetlenie roślin; jego długość dostosowano do wymagań obu gatunków.

Przebieg konkurencji pomiędzy gatunkami badano w pięciu okresach wyznaczonych przez rytm rozwojowy jęczmienia uprawianego na glebie lekkiej w siewie czystym, tj. w fazach: wschody (BBCH 10–13), krzewienie (23), strzelanie w źdźbło (32), kłoszenie (55) i dojrzewanie (87–89).

Gdy jęczmień jary osiągnął odpowiednią fazę rozwojową, wszystkie rośliny usuwano z wazonów (przeznaczonych dla danej fazy rozwojowej), a następnie oddzielano część nadziemną od korzeni. Korzenie dokładnie wypłukano na sitach i oddzielono od siebie. W częściach nadziemnych – w miarę rozwoju roślin – wydzielano łodygi, liście, kłosa i strąki. Wyodrębnione części roślin (korzenie i części nadziemne) wysuszono do powietrznie suchej masy, zmielono, a następnie oznaczono w nich zawartość azotu, fosforu i potasu. Próby do analiz pochodziły z trzech serii i czterech powtórzeń. Azot ogólny oznaczono metodą potencjometrycznego miareczkowania (PB 05), fosfor – kolorymetrycznie (PB 04), a potas – metodą fotometrii płomieniowej (PB 03). Analizy wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie. W pracy

zamieszczono uśrednione wyniki pochodzące z trzech serii. Zawartość badanych makroelementów dla całej masy nadziemnej obliczono uwzględniając wielkość suchej masy poszczególnych części roślin (średnia ważona). Informacje dotyczące wpływu sposobu siewu analizowanych roślin na plon ich suchej masy zamieszczono we wcześniejszej pracy [Michalska i in. 2008].

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie analizą wariancji. Do oceny różnic międzyobiektywnych posłużono się testem Tukey'a, wyliczając NIR przy prawdopodobieństwie błędu $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Sposób siewu tylko w niektórych okresach różnicował akumulację azotu w jęczmieniu jarym (tab. 1). Do fazy strzelania w źdźbło rośliny uprawiane samodzielnie gromadziły go więcej niż w mieszance, ale tylko w tym ostatnim okresie zostało to potwierdzone statystycznie. Od momentu wejścia zboża w okres rozwoju generatywnego przewagę uzyskał siew mieszany; z wyjątkiem korzeni w fazie kłoszenia, gdzie udział azotu, zwłaszcza na glebie ciężkiej był mniejszy (różnice istotne). Wspólna uprawa jęczmienia z grochem najbardziej zwiększała zawartość azotu w źdźbłach, a najmniej w kłosach oraz liściach podczas dojrzewania. Stwierdzone różnice pomiędzy sposobami siewu w niektórych fazach zmieniały się pod wpływem warunków glebowych. Na glebie ciężkiej, w porównaniu z lekką, przyjęły one większe rozmiary w fazie strzelania w źdźbło (rezultat istotnie mniejszej koncentracji azotu w liściach tego zboża w mieszance), a mniejsze w fazie kłoszenia (efekt mniejszych różnic pomiędzy sposobami siewu w akumulacji w źdźbłach i liściach) i dojrzewania (z racji uboższych w ten pierwiastek źdźbeł jęczmienia w mieszance). W korzeniach natomiast w fazie kłoszenia w mieszance, w porównaniu z uprawą samodzielną nastąpiło istotne zmniejszenie zawartości tego pierwiastka, a na lekkiej odnotowano tylko tendencję.

W masie nadziemnej jęczmienia w czasie wschodów i krzewienia nie stwierdzono różnic w akumulacji fosforu spowodowanych sposobami siewu (tab. 2). W fazie strzelania w źdźbło istotnie więcej tego pierwiastka znajdowało się w roślinach mieszanki, ale tylko na podłożu z gleby lekkiej. Na obu glebach przewaga siewu mieszanego nad czystym uwidoczniła się podczas dalszej wegetacji. Uprawa mieszana, w porównaniu z czystą, w fazie kłoszenia zapewniła znacząco większą koncentrację fosforu w źdźbłach, a podczas dojrzewania we wszystkich częściach roślin. Relatywnie małą reakcją na taki sposób siewu wykazywały korzenie. Jedynie pod koniec wegetacji na podłożu gleby ciężkiej stwierdzono istotny wzrost zawartości tego pierwiastka. Różnice w akumulacji fosforu wywołane sposobami siewu w niewielkim stopniu zmieniały się pod wpływem warunków glebowych. Tylko na podłożu zwięźlejszym w fazie kłoszenia były one istotnie większe w liściach jęczmienia uprawianego w mieszance, a mniejsze podczas dojrzewania w kłosach.

Na glebie lekkiej siew mieszany zmniejszał koncentrację potasu w roślinach jęczmienia do fazy strzelania w źdźbło (z wyjątkiem liści; tab. 3). Słabsze jego gromadzenie jedynie w źdźbłach przybrało charakter istotny. W pozostałych przypadkach uwidoczniło się ono w postaci tendencji. Od kłoszenia do zakończenia wegetacji istotnie więcej potasu znajdowało się w roślinach uprawianych w mieszance. W fazie kłoszenia przewaga mieszanki nad siewem czystym wynikała przede wszystkim z większej jego akumulacji w całej masie nadziemnej (ale istotnie tylko w liściach), a podczas dojrzewania w źdźbłach. Nieco inny, a zarazem bardziej nieregularny przebieg miało gromadzenie potasu na glebie ciężkiej. W mieszance siewki jęczmienia okazały się istotnie bogatsze w ten pierwiastek niż w siewie czystym, podczas krzewienia zawartość w obu sposobach siewu była podobna, w fazie strzelania w źdźbło rośliny w siewie czystym zawierały go więcej, a w czasie rozwoju generatywnego, analogicznie jak

Tabela 1. Zawartość azotu w jęczmieniu jarym ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 Table 1. Content of nitrogen in spring barley ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Faza rozwojowa jęczmienia (BBCH)/części roślin <i>Development stage of barley (BBCH)/plant part</i>		Gleba lekka <i>Light soil</i>		Gleba ciężka <i>Heavy soil</i>		Średnio <i>Average</i>		NIR _(0,05) LSD _(0,05)
		C*	M	C	M	C	M	
<i>Część nadziemna – Above ground part</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		52,2	51,7	50,6	48,9	51,4	50,3	I**, II– r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		44,9	44,0	42,1	40,4	43,5	42,2	I, II– r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)	źdźbła <i>stems</i>	31,4	25,4	30,7	23,8	31,1	24,6	I– 4,1; II– r.n.
	liście <i>leaves</i>	42,8	38,8	43,9	34,7	43,4	36,8	I– 3,2; II– 7,5
	średnio <i>average</i>	37,2	34,1	38,1	30,9	37,7	32,5	I– 3,6; II– 4,7
Kłoszenie <i>Inflorescence emergence</i> (55)	źdźbła <i>stems</i>	4,3	10,0	7,0	8,9	5,7	9,5	I– r.n., II– 2,8
	liście <i>leaves</i>	9,3	17,7	15,7	19,2	12,5	18,5	I– r.n., II– 7,7
	kłosa <i>heads</i>	15,4	18,3	16,6	16,8	16,0	17,6	I, II– r.n.
	średnio <i>average</i>	7,4	13,7	11,3	13,4	9,4	13,6	I– 3,5; II– r.n.
Dojrzwianie <i>Ripening</i> (87–89)	źdźbła <i>stems</i>	3,4	6,3	1,9	3,2	2,7	4,8	I– 1,8; II– 2,0
	liście <i>leaves</i>	7,4	8,7	5,8	6,9	6,6	7,8	I, II– r.n.
	kłosa <i>heads</i>	14,6	15,7	14,1	14,6	14,4	15,2	I, II– r.n.
	średnio <i>average</i>	8,4	9,5	7,5	7,9	8,0	8,7	I– 0,6; II– r.n.
<i>Korzenie – Roots</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		14,1	11,6	15,2	13,2	14,7	12,4	I– r.n., II– r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		15,6	16,4	17,7	15,4	16,7	15,9	I, II– r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)		16,1	11,6	13,9	12,0	15,0	1,18	I– 1,9; II– r.n.
Kłoszenie – <i>Inflorescence emergence</i> (55)		9,6	8,7	12,4	8,0	11,0	8,4	I– r.n., II– 3,3
Dojrzwianie – <i>Ripening</i> (87–89)		9,8	12,8	6,5	8,7	8,2	10,8	I– 2,1; II– r.n.

C* – siew czysty – *sole crop*, M – siew mieszany – *mixture*, I** – sposób siewu – *sowing method*, II – interakcja (sposób siewu x gleba) – *interaction (sowing method x soil)*
 r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Tabela 2. Zawartość fosforu w jęczmieniu jarym ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
 Table 2. Content of phosphorus in spring barley ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Faza rozwojowa jęczmienia (BBCH)/części roślin <i>Development stage of barley (BBCH)/plant part</i>		Gleba lekka <i>Light soil</i>		Gleba ciężka <i>Heavy soil</i>		Średnio <i>Average</i>		NIR _(0,05) LSD _(0,05)
		C*	M	C	M	C	M	
<i>Część nadziemna – Above ground part</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		5,96	6,10	5,24	5,09	5,60	5,60	I**, II–r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		6,01	6,32	4,97	4,88	5,50	5,60	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)	źdźbła <i>stems</i>	5,20	6,87	4,71	5,03	4,96	5,95	I–r.n., II–1,41
	liście <i>leaves</i>	4,67	5,33	3,73	3,96	4,20	4,65	I–r.n., II–0,50
	średnio <i>average</i>	4,92	5,91	4,09	4,41	4,51	5,16	I–r.n.; II–0,89
Kłoszenie <i>Inflorescence emergence</i> (55)	źdźbła <i>stems</i>	2,19	4,43	1,71	3,17	1,95	3,80	I–1,40; II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	1,80	2,20	1,68	2,49	1,74	2,35	I–r.n., II–0,57
	kłosa <i>heads</i>	4,03	4,41	4,08	4,30	4,06	4,36	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	2,18	3,60	1,93	2,99	2,06	3,30	I–0,61; II–r.n.
Dojrzewanie <i>Ripening</i> (87–89)	źdźbła <i>stems</i>	1,11	2,74	0,71	1,17	0,91	1,96	I–0,83; II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	1,03	1,80	0,58	1,69	0,81	1,75	I–0,68; II–r.n.
	kłosa <i>heads</i>	2,55	3,82	4,24	4,79	3,40	4,31	I–0,57; II–0,11
	średnio <i>average</i>	1,52	2,83	1,97	2,56	1,75	2,70	I–0,72; II–r.n.
<i>Korzenie – Roots</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		4,62	4,10	3,17	4,11	3,90	4,11	I, II–r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		5,00	4,97	4,11	4,64	4,56	4,81	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)		4,62	4,10	3,67	3,90	4,15	4,00	I, II–r.n.
Kłoszenie – <i>Inflorescence emergence</i> (55)		4,12	4,51	3,68	3,48	3,90	4,00	I, II–r.n.
Dojrzewanie – <i>Ripening</i> (87–89)		3,68	3,92	2,26	3,47	2,97	3,70	I–r.n., II–1,10

C* – siew czysty – *sole crop*, M – siew mieszany – *mixture*, I** – sposób siewu – *sowing method*,
 II – interakcja (sposób siewu x gleba) – *interaction (sowing method x soil)*
 r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Tabela 3. Zawartość potasu w jęczmieniu jarym (g·kg⁻¹)Table 3. Content of potassium in spring barley (g·kg⁻¹)

Faza rozwojowa jęczmienia (BBCH)/części roślin <i>Development stage of barley (BBCH)/plant part</i>		Gleba lekka <i>Light soil</i>		Gleba ciężka <i>Heavy soil</i>		Średnio <i>Average</i>		NIR _(0,05) LSD _(0,05)
		C*	M	C	M	C	M	
<i>Część nadziemna – Above ground part</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		73,7	71,4	76,0	80,3	74,9	75,9	I**–r.n., II–3,2
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		67,7	64,1	63,4	60,3	65,6	62,2	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)	źdźbła <i>stems</i>	60,4	48,8	79,7	56,1	70,1	52,5	I–11,2; II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	40,8	41,8	67,1	45,2	54,0	43,5	I–r.n., II–17,8
	średnio <i>average</i>	48,4	44,3	72,6	49,6	60,5	47,0	I–6,3; II–r.n.
Kłoszenie <i>Inflorescence emergence</i> (55)	źdźbła <i>stems</i>	16,0	22,7	15,1	22,4	15,6	23,6	I–7,1; II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	21,3	31,7	25,9	27,6	23,6	29,7	I–r.n., II–8,6
	kłosa <i>heads</i>	12,0	16,4	16,3	17,3	14,2	16,9	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	17,6	25,6	19,5	24,2	18,6	24,9	I–4,9; II–r.n.
Dojrzewanie <i>Ripening</i> (87–89)	źdźbła <i>stems</i>	8,5	13,6	12,1	14,4	10,3	14,0	I–r.n., II–3,9
	liście <i>leaves</i>	21,9	24,6	22,9	24,9	22,4	24,8	I, II–r.n.
	kłosa <i>heads</i>	10,3	11,4	9,5	10,8	9,9	11,1	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	12,6	15,7	13,4	15,0	13,0	15,4	I–1,7; II–r.n.
<i>Korzenie – Roots</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		12,8	11,0	11,4	14,4	12,1	12,7	I, II–r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		15,8	12,3	20,6	16,6	18,2	14,5	I–3,4; II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)		9,8	7,8	13,3	12,6	11,6	10,2	I, II–r.n.
Kłoszenie – <i>Inflorescence emergence</i> (55)		6,3	5,1	10,0	10,3	8,2	7,7	I, II–r.n.
Dojrzewanie – <i>Ripening</i> (87–89)		6,1	5,3	10,9	10,0	8,5	7,7	I, II–r.n.

C* – siew czysty – *sole crop*, M – siew mieszany – *mixtue*, I** – sposób siewu – *sowing method*,II – interakcja (sposób siewu x gleba) – *interaction (sowing method x soil)*r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

na glebie lekkiej większą jego koncentracją odznaczały się rośliny mieszanki. Zasobniejsze w ten pierwiastek okazały się wszystkie części roślin, jednak tylko w źdźbłach w fazie kłoszenia potwierdzono to statystycznie. Należy przy tym zaznaczyć, że w tym ostatnim okresie różnice pomiędzy sposobami siewu na glebie lekkiej w porównaniu z ciężką były większe. Sposób siewu pozostał natomiast bez istotnego wpływu na zawartość potasu w korzeniach jęczmienia prawie w całym okresie wegetacji. Jedynie w fazie krzewienia odnotowano istotnie większe jego nagromadzenie w mieszance na obu podłożach glebowych.

Różnice w ilości zasymilowanego azotu w masie nadziemnej grochu wywołane sposobami siewu były mniejsze niż u jęczmienia (tab. 4). Na glebie lekkiej w całym okresie wegetacji wspólna uprawa z jęczmieniem pozostała bez istotnego wpływu na akumulację azotu w grochu. Zarysowała się tylko tendencja do mniejszej jego koncentracji w fazie strzelania w źdźbło jęczmienia a większej – podczas kłoszenia tego zboża (efekt zasobniejszych w ten pierwiastek lodyg i strąków). Z kolei w siedlisku zwężlejszym, w siewie mieszanym istotnie większą niż w siewie mieszanym akumulację azotu stwierdzono w siewkach oraz roślinach pod koniec wegetacji (zwłaszcza w lodygach), a mniejszą – w liściach w czasie strzelania w źdźbło jęczmienia i w strąkach podczas kłoszenia jęczmienia. W całym okresie wegetacji wspólna uprawa z jęczmieniem na glebie lekkiej bardziej różnicowała zawartość azotu w korzeniach niż na ciężkiej. Zaistniałe różnice w większości przypadków przybrały charakter nieregularnej tendencji. Z prezentowanych liczb można jedynie odczytać, że na glebie lekkiej siew mieszany, w przeciwieństwie do masy nadziemnej przyczynił się do mniejszej akumulacji azotu od strzelania w źdźbło do końca wegetacji (różnice istotne podczas strzelania w źdźbło i kłoszenia, tendencja podczas dojrzewania).

Sposób siewu w niewielkim stopniu różnicował zawartość fosforu w roślinach grochu (tab. 5). Odnotowano tylko, że w okresie wschodów groch rosnący razem z jęczmieniem na obu glebach nieco zwiększył zawartość fosforu w liściach (tendencja), natomiast w siedlisku uboższym w mieszance gromadził go więcej w strąkach, a w zasobniejszym mniej w fazie kłoszenia (różnice istotne). Akumulacja fosforu w korzeniach grochu nie wykazywała istotnego związku ze sposobami siewu.

Także w masie nadziemnej grochu w większości badanych faz sposób siewu nie różnicował istotnie akumulacji potasu (tab. 6). Jedynie w mieszance, w stosunku do siewu czystego, na glebie lekkiej w fazach kłoszenia i dojrzewania jęczmienia odnotowano wyraźną tendencję do większej jego akumulacji we wszystkich ocenianych częściach roślin, zaś na ciężkiej wzrost w siewkach i obniżenie w lodygach, liściach i strąkach podczas kłoszenia i dojrzewania zboża. Jednak tylko w przypadku liści w fazie dojrzewania zostało to poparte analizą statystyczną. Z kolei w korzeniach w obu warunkach edaficznych uprawa z jęczmieniem istotnie zmniejszała akumulację potasu w fazie strzelania w źdźbło, a zwiększała podczas kłoszenia. Na glebie lekkiej wzrost ten utrzymał się do końca wegetacji, zaś na ciężkiej stwierdzono wyraźne (choć nieistotne) obniżenie jego koncentracji.

DYSKUSJA

W badaniach własnych wykazano, że uprawa jęczmienia jarego z grochem siewnym bardziej różnicowała zawartość azotu, fosforu i potasu w zbożu niż w roślinie strączkowej. Siew mieszany wpływał dodatnio na zawartość azotu, fosforu i potasu w masie nadziemnej jęczmienia w okresie rozwoju generatywnego, wyraźnie nie różnicując ich akumulacji w roślinach grochu. We wcześniejszych fazach wegetacji koncentracja biogenów w masie nadziemnej obu gatunków była podobna jak w siewie czystym bądź nieco mniejsza. Trudno jest przeprowa-

Tabela 4. Zawartość azotu w grochu siewnym (g·kg⁻¹)
 Table 4. Content of nitrogen in field pea (g·kg⁻¹)

Faza rozwojowa jęczmienia (BBCH)/części roślin <i>Development stage of barley (BBCH)/plant part</i>		Gleba lekka <i>Light soil</i>		Gleba ciężka <i>Heavy soil</i>		Średnio <i>Average</i>		NIR _(0,05) LSD _(0,05)
		C*	M	C	M	C	M	
<i>Część nadziemna – Above ground part</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		56,2	60,2	44,7	56,2	50,5	58,2	I**–r.n., II–9,8
Krzewienie <i>Tillering</i> (23)	łodygi <i>stems</i>	32,6	30,4	29,9	32,3	31,3	31,4	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	46,8	50,2	46,9	47,1	46,9	48,7	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	39,7	40,3	38,4	39,7	39,1	40,0	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)	łodygi <i>stems</i>	26,0	23,8	20,5	21,6	23,3	22,7	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	42,5	41,4	43,2	38,6	42,9	40,0	I–r.n., II–3,7
	średnio <i>average</i>	32,2	30,3	29,2	27,7	30,7	29,0	I, II–r.n.
Kłoszenie <i>Inflorescence emergence</i> (55)	łodygi <i>stems</i>	12,8	14,6	15,5	15,7	14,2	15,2	I–r.n., II–1,2
	liście <i>leaves</i>	26,2	30,5	34,7	34,2	30,5	32,4	I, II–r.n.
	strąki <i>husks</i>	33,4	38,6	39,8	36,0	36,6	37,3	I–r.n., II–3,3
	średnio <i>average</i>	20,3	22,5	27,2	23,8	23,8	23,2	I–r.n., II–2,7
Dojrzewanie <i>Ripening</i> (87–89)	łodygi <i>stems</i>	11,3	15,9	6,8	11,0	9,1	13,5	I–3,8; II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	18,3	26,0	21,2	19,8	19,8	22,9	I–r.n., II–5,9
	strąki <i>husks</i>	35,3	37,2	34,2	36,4	34,8	36,8	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	24,7	24,9	23,4	26,5	24,1	22,7	I–r.n., II–2,9
<i>Korzenie – Roots</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		17,8	19,4	12,4	16,1	15,1	17,8	I, II–r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		17,1	21,1	22,7	21,2	19,9	21,2	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)		20,8	17,2	19,1	20,1	20,0	18,7	I–r.n., II–3,0
Kłoszenie – <i>Inflorescence emergence</i> (55)		20,1	14,8	17,7	20,5	18,9	17,7	I–r.n., II–4,1
Dojrzewanie – <i>Ripening</i> (87–89)		15,9	14,0	15,2	14,4	15,6	14,2	I, II–r.n.

C* – siew czysty – *sole crop*, M – siew mieszany – *mixture*, I** – sposób siewu – *sowing method*, II – interakcja (sposób siewu x gleba) – *interaction (sowing method x soil)*
 r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Tabela 5. Zawartość fosforu w grochu siewnym ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)Table 5. Content of phosphorus in field pea ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Faza rozwojowa jęczmienia (BBCH)/części roślin <i>Development stage of barley (BBCH)/plant part</i>		Gleba lekka <i>Light soil</i>		Gleba ciężka <i>Heavy soil</i>		Średnio <i>Average</i>		NIR _(0,05) LSD _(0,05)
		C*	M	C	M	C	M	
<i>Część nadziemna – Above ground part</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		7,81	8,09	5,38	6,27	6,60	7,18	I**, II–r.n.
Krzewienie <i>Tillering</i> (23)	łodygi <i>stems</i>	4,40	4,11	3,37	3,39	3,89	3,75	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	4,40	5,13	4,39	3,84	4,40	4,49	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	4,42	4,58	3,91	3,72	4,17	4,15	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)	łodygi <i>stems</i>	3,80	3,93	3,42	3,37	3,61	3,65	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	4,22	4,19	4,37	4,20	4,30	4,20	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	3,99	4,03	3,87	3,66	3,93	3,85	I, II–r.n.
Kłoszenie <i>Inflorescence emergence</i> (55)	łodygi <i>stems</i>	1,60	1,72	1,91	1,47	1,76	1,60	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	2,22	2,30	2,59	2,61	2,41	2,46	I, II–r.n.
	strąki <i>husks</i>	2,89	5,72	6,60	5,38	4,75	5,55	I–r.n., II–1,13
	średnio <i>average</i>	2,03	2,66	3,57	2,43	2,80	2,55	I–r.n., II–0,61
Dojrzewanie <i>Ripening</i> (87–89)	łodygi <i>stems</i>	1,22	1,41	0,99	1,03	1,11	1,22	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	1,68	1,73	1,74	1,72	1,71	1,73	I, II–r.n.
	strąki <i>husks</i>	4,79	5,90	4,72	4,88	4,76	5,39	I–r.n., II–1,00
	średnio <i>average</i>	3,18	3,19	3,00	3,26	3,09	3,23	I, II–r.n.
<i>Korzenie – Roots</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		2,32	2,44	1,61	2,03	1,97	2,24	I, II–r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		2,41	2,42	2,69	2,37	2,55	2,40	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)		3,10	2,77	2,10	2,64	2,60	2,71	I, II–r.n.
Kłoszenie – <i>Inflorescence emergence</i> (55)		2,22	2,00	1,68	2,31	1,95	2,16	I, II–r.n.
Dojrzewanie – <i>Ripening</i> (87–89)		1,60	1,99	1,87	1,52	1,74	1,76	I, II–r.n.

C* – siew czysty – *sole crop*, M – siew mieszany – *mixture*, I** – sposób siewu – *sowing method*, II – interakcja (sposób siewu x gleba) – *interaction (sowing method x soil)*
r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Tabela 6. Zawartość potasu w grochu siewnym (g·kg⁻¹)
 Table 6. Content of potassium in field pea (g·kg⁻¹)

Faza rozwojowa jęczmienia (BBCH)/części roślin <i>Development stage of barley (BBCH)/plant part</i>		Gleba lekka <i>Light soil</i>		Gleba ciężka <i>Heavy soil</i>		Średnio <i>Average</i>		NIR _(0,05) LSD _(0,05)
		C*	M	C	M	C	M	
<i>Część nadziemna – Above ground part</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		38,5	38,5	39,5	50,8	39,0	44,7	I**, II–r.n.
Krzewienie <i>Tillering</i> (23)	łodygi <i>stems</i>	40,2	44,5	50,5	53,1	45,4	48,8	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	33,0	31,2	40,3	40,5	36,7	35,9	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	36,6	37,9	45,4	46,8	41,0	42,4	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)	łodygi <i>stems</i>	34,0	26,4	52,8	48,9	43,4	37,7	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	27,0	25,2	35,2	36,4	31,1	30,8	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	30,5	25,9	46,1	44,4	38,8	35,2	I, II–r.n.
Kłoszenie <i>Inflorescence emergence</i> (55)	łodygi <i>stems</i>	9,8	10,4	19,9	17,6	14,9	14,0	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	15,8	17,6	25,4	23,4	20,6	20,5	I, II–r.n.
	strąki <i>husks</i>	7,1	15,1	19,8	13,9	13,5	14,5	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	10,6	12,7	20,8	18,5	15,7	15,6	I, II–r.n.
Dojrzewanie <i>Ripening</i> (87–89)	łodygi <i>stems</i>	7,0	9,2	17,3	11,8	12,2	10,5	I, II–r.n.
	liście <i>leaves</i>	14,8	16,1	20,6	14,9	17,7	15,5	I–r.n., II–5,6
	strąki <i>husks</i>	9,1	10,8	11,3	10,3	10,2	10,6	I, II–r.n.
	średnio <i>average</i>	8,7	10,4	14,2	11,1	11,5	10,8	I, II–r.n.
<i>Korzenie – Roots</i>								
Wschody – <i>Germination</i> (10–13)		18,4	17,5	15,3	17,9	16,9	17,7	I, II–r.n.
Krzewienie – <i>Tillering</i> (23)		14,3	14,8	16,9	19,9	15,6	17,4	I, II–r.n.
Strzelanie w źdźbło <i>Stem elongation</i> (32)		15,4	9,3	21,4	13,3	18,4	11,3	I–5,8; II–r.n.
Kłoszenie – <i>Inflorescence emergence</i> (55)		7,6	9,8	8,3	11,3	8,0	10,6	I–1,9; II–r.n.
Dojrzewanie – <i>Ripening</i> (87–89)		5,6	9,1	8,3	6,6	7,0	7,9	I–r.n., II–2,9

C* – siew czysty – *sole crop*, M – siew mieszany – *mixture*, I** – sposób siewu – *sowing method*,
 II – interakcja (sposób siewu x gleba) – *interaction (sowing method x soil)*
 r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

dzić pełną konfrontację uzyskanych wyników z piśmiennictwem, z racji tego, że większość pozycji literatury dotyczy tylko oceny efektu końcowego mierzonego plonem ziarna/nasion i nie wszystkich ocenianych makroelementów. Ceglarek i in. [2000] wykazali, że w nasionach analizowanej mieszanki (po 50% udziału jęczmienia i grochu) znajdowało się więcej białka niż wynosiła średnia wartość tego składnika uzyskana z siewów czystych obu roślin. Autorzy nie podają jednak, czy było to zasługą większej jego akumulacji w nasionach grochu, czy ziarnie jęczmienia. Uzyskany w badaniach własnych wynik po części znajduje także potwierdzenie w pracy Pisulewskiej [1997], która na glebie kompleksu pszennego dobrego odnotowała zwiększenie zawartości białka (a więc i azotu) w ziarnie zbóż wysiewanych w mieszankach z roślinami strączkowymi. Borowiecki i Księżak [2000] twierdzą, że ilość przyswajanego azotu przez roślinę strączkową, zacienianą przez zwarty łan zboża jest mniejsza niż w siewie czystym. Nie potwierdza tego niniejsza praca. Rośliny w mieszance rosły w zagęszczeniu dwukrotnie większym niż w siewie czystym, a więc dostęp do nich światła był ograniczony. Nadto z wcześniejszych badań własnych, dotyczących omawianego eksperymentu wynika, że jęczmień był silniejszym konkurentem od grochu prawie w całym okresie wegetacji [Michalska i in. 2008]. Pomimo tego akumulacja w masie nadziemnej azotu była taka sama, a w niektórych etapach wegetacji większa niż w siewie czystym. Z „obecności” grochu korzystał jęczmień. Gromadził on więcej azotu w fazach kłoszenia i dojrzewania. Fujita i in. [1992] oraz Ledgard i Steele [1992] dowiedli, że rośliny z rodziny traw przyswajają azot wydzielany przez korzenie rośliny strączkowej bądź też uwalniany w wyniku rozkładu brodawek korzeniowych.

Z pracy Ceglarka i in. [2000] wynika, że sposób siewu jęczmienia jarego z grochem siewnym pozostał bez wpływu na zawartość w ich plonie potasu, co pokrywa się z badaniami własnymi, w których przy obu sposobach siewu jego koncentracja w kłosach i strąkach była podobna. Inne prace wykazały, że jare mieszanki zbożowe kumulują w swojej masie azot, fosfor i potas w ilościach zbliżonych do wydajniejszego komponenta [Sobkowicz 2003]. Należy zachować jednak dużą ostrożność w przekładaniu tych informacji na badania własne, gdyż dotyczą one innego zestawu gatunków.

Relatywnie niewielkie zmiany pod wpływem konkurencji następowały w akumulacji badanych makroelementów w korzeniach obu gatunków. Wilson [1988] jest zdania, że wpływ systemów korzeniowych na przebieg konkurencji jest niewielki, a więc teoretycznie nie powinno to prowadzić do zmian w zawartości w roślinach pierwiastków. Jednakże cytowane wcześniej badania własne dowodzą, że siła oddziaływań konkurencyjnych pomiędzy korzeniami grochu i jęczmienia była podobna, a w niektórych okresach nawet większa niż pomiędzy ich częściami nadziemnymi.

WNIOSKI

1. Wspólna uprawa jęczmienia jarego z grochem siewnym bardziej różnicowała akumulację azotu, fosforu i potasu w nadziemnych częściach roślin niż w ich korzeniach.
2. Siew mieszany zwiększał koncentrację analizowanych pierwiastków w masie nadziemnej jęczmienia w fazach kłoszenia i dojrzewania. Pod wpływem konkurencji następowało zwiększenie akumulacji azotu i potasu (zwłaszcza w warunkach gleby lekkiej) w źdźbłach jęczmienia a fosforu we wszystkich częściach roślin.
3. Sposób siewu słabiej różnicował zawartość azotu, fosforu i potasu w roślinach grochu siewnego niż jęczmienia jarego. Na glebie lekkiej w mieszance większą koncentrację azotu odnotowano w łodygach i liściach grochu w czasie kłoszenia i dojrzewania jęczmienia, a w korzeniach mniejszą począwszy od fazy strzelania w źdźbło do dojrzewania tego zboża. Na glebie ciężkiej nie stwierdzono różnic w ich zawartości spowodowanych sposobem siewu.

4. Zawartość fosforu w roślinach grochu oraz potasu w jego częściach nadziemnych przy obu sposobach siewu kształtowała się na zbliżonym poziomie. W korzeniach grochu rosnącego w mieszance, w stosunku do uprawy jednogatunkowej, stwierdzono spadek zawartości potasu w fazie strzelania w źdźbło oraz jego wzrost w czasie kłoszenia jęczmienia.
5. W przypadku obu gatunków warunki glebowe w niewielkim stopniu modyfikowały wielkość różnic pomiędzy akumulacją pierwiastków spowodowanych sposobem siewu.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiecki J., Książak J. 2000. Rośliny strączkowe w mieszankach ze zbożami w produkcji pasz. *Post. Nauk Rol.* 2: 89–100.
- Ceglarek F., Buraczyńska D., Brodowski H. 2000. Plonowanie i skład chemiczny wybranych mieszanek strączkowo-zbożowych. *Rocz. AR Poznań* 326, Rol. 58: 7–21.
- Fujita K., Ofosu-Budu K.G., Ogata S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant Soil* 141: 155–175.
- Lamb E.G., Shore B.H., Cahill J.F. 2007. Water and nitrogen addition differentially impact plant competition in a native rough fescue grassland. *Plant Ecol.* 192: 21–33.
- Ledgard S.F., Stelle K.W. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant Soil* 141: 137–153.
- Michalska M., Wanic M., Jastrzębska M. 2008. Konkurencja pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym w zróżnicowanych warunkach glebowych. Cz. II. Intensywność oddziaływań konkurencyjnych. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(2): 87–99.
- Pisulewska E. 1997. Wysokość i jakość plonu jarych i ozimych mieszanek zbożowo-strączkowych. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozpr.* 221: ss. 88.
- Semere T., Froud-Williams R.J. 2001. The effect of pea cultivar and water stress on root and shoot competition between vegetative plants of maize and pea. *J. Appl. Ecol.* 38: 137–145.
- Sobkowicz P. 2003. Konkurencja międzygatunkowa w jarych mieszankach zbożowych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 458, *Rozpr.* 194: ss. 105.
- Vandermeer J. 1992. *The ecology of intercropping.* Cambridge University Press, Cambridge: ss. 231.
- Wilson J.B. 1988. Shoot competition and root competition. *J. Appl. Ecol.* 25: 279–296.

M. WANIC, M. MICHALSKA

THE INFLUENCE OF COMPETITION BETWEEN SPRING BARLEY AND FIELD PEA ON CONTENT OF MACROELEMENTS IN DIFFERENT PARTS OF THE PLANTS

Summary

In the pot experiment conducted in three series (years 2003–2005) according to the additive design, the influence of competition between spring barley and field pea on content of nitrogen, phosphorus and potassium in dry mass (over ground and roots) was assessed. The experiment was conducted on light and heavy soils. The tests were conducted for 5 periods determined by the development rhythm of barley cultivated on light soil in pure stand, i.e. the stages of: seedling growth (BBCH 10–13), tillering (23), stem elongation (32), inflorescence emergence (55) and ripening (87–89).

It has been shown that competition lead to larger changes in accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in over ground parts of the plants than in the roots. Mixed sowing increased their concentration in the over ground biomass of barley during the generative development. During that period a larger accumulation of nitrogen and potassium in the stems and phosphorus in the stems and leaves were found. Mixed cropping resulted in less pronounced diversification of studied macronutrients in plants of field pea.

In case of that crop on light soil in the mixed sowing a higher than in the pure stand content of nitrogen was found in the stems and leaves during the stages of inflorescence emergence and ripening and in the roots from stem elongation to ripening of that crop. The sowing method did not diversify the content of that microelement on heavy soil. In both sowing methods the concentration of phosphorus in pea plants (over ground part and roots) stayed at similar levels. On the other hand, in the mixture, as compared to pure stand cultivation, a decrease in content of potassium in the roots was found during stem elongation phase and an increase in its content during inflorescence emergence and ripening.