

Katedra Systemów Rolniczych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn Kortowo,
e-mail: mwanic@uwm.edu.pl

KINGA TREDER, MARIA WANIC, MAGDALENA JASTRZĘBSKA

**Wpływ oddziaływań pomiędzy pszenicą jara a jęczmieniem
jarym na akumulację w roślinach azotu,
fosforu i potasu**

The Influence of interaction between spring wheat and spring barley
on accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in plants

Streszczenie. W badaniach wazonowych oceniano wpływ oddziaływań pomiędzy pszenicą jara a jęczmieniem jarym na zawartość azotu, fosforu i potasu w roślinach. Eksperyment realizowano wg schematu addytywnego. Czynnikiem doświadczenia były: 1. poziomy nawożenia mineralnego NPK (dawka standardowa i podwyższona w stosunku do niej o 50%), 2. sposoby siewu roślin (w mieszance i uprawie jednogatunkowej). Materiał roślinny do oznaczeń pochodził z 5 faz: wschody, krzewienie, strzelanie w źdźbło, kłoszenie i dojrzewanie.

Wykazano, że w mieszance, w stosunku do uprawy jednogatunkowej, pszenica zawierała mniej azotu i potasu w fazach kłoszenia i dojrzewania, a fosforu – podczas wschodów i strzelania w źdźbło. Siew mieszany zwiększał w jej masie zawartość fosforu w fazie dojrzewania, a potasu od wschodów do kłoszenia. Jęczmień w mieszance charakteryzował się większą zawartością azotu podczas dojrzewania, a fosforu w czasie wschodów. W jego częściach nadziemnych odnotowano zmniejszenie akumulacji potasu w okresie od wschodów do kłoszenia.

Słowa kluczowe: konkurencja, nawożenie, pszenica jara, jęczmień jary, azot, fosfor, potas

WSTĘP

W łąkach mieszanych pomiędzy roślinami dochodzi do różnorodnych oddziaływań. Jednym z nich jest konkurencja, proces o charakterze negatywnym, który zachodzi w okolicznościach, gdy zasoby środowiska (przestrzeń, woda, biogeny, światło, ciepło) występują w ilościach niewystarczających w stosunku do łącznych wymagań roślin. Zjawisko konkurencji jest procesem złożonym, a jej przebieg i efekty końcowe trudne do przewidzenia. W trakcie wegetacji siła oddziaływań konkurencyjnych pomiędzy roślinami przebiega z różnym nasileniem i jest modyfikowana przez biotyczne i abio-

tyczne czynniki środowiska [Aerts i in. 1991, Sattore i Snaydon 1992, Sobkowicz 2001, 2003]. Wynikiem oddziaływań konkurencyjnych są zmiany w liczebności, morfologii i płodności roślin [Sattore i Snaydon 1992, Semere i Froud-Williams 2001].

Jakkolwiek ostatnimi czasy ukazało się wiele prac dotyczących konkurencji, tym niemniej niewiele znajdujemy w nich informacji o jej przebiegu w całym okresie wspólnej wegetacji roślin, a zwłaszcza jej wpływie na koncentrację pierwiastków w roślinach [Parylak 1996, Sobkowicz 2003, Treder i in. 2008a, 2008b]. Tymczasem konkurencja, oprócz modyfikacji rytmu rozwojowego komponentów, ich morfologii i biomasy, teoretycznie powinna również wpływać na pobieranie z podłoża i gromadzenie w poszczególnych organach roślin składników pokarmowych.

Niniejsza praca stanowi częściowe uzupełnienie, a zarazem poszerzenie wiedzy na powyższy temat. Jej celem było zbadanie wpływu oddziaływań konkurencyjnych pomiędzy pszenicą jarą a jęczmieniem jarym na akumulację makroelementów w ich masie nadziemnej w całym okresie wspólnej wegetacji.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiły trzy serie doświadczenia wazonowego, realizowanego w 4 powtórzeniach w latach 2003–2004 w Laboratorium Szklarniowym UWM w Olsztynie. Przedmiotem badań były dwa zboża jare: pszenica (odmiana Torka) i jęczmień (odmiana Rabel), wysiewane w uprawie jednogatunkowej oraz w mieszance. Pierwsza seria doświadczenia trwała od 10 kwietnia do 7 lipca 2003 r., druga obejmowała okres od 26 lutego do 25 maja 2004 r., a trzecia od 18 września do 20 grudnia 2004 r. Eksperyment realizowany był wg schematu addytywnego, którego istota polega na tym, że liczba roślin każdego z gatunków w mieszance jest taka sama jak w siewie czystym. Pozwala on na badanie konkurencji międzygatunkowej bez zniekształcenia obrazu przez konkurencję wewnątrzgatunkową oraz umożliwia śledzenie tego procesu już od początku wegetacji roślin [Keddy 1989, Semere i Froud-Williams 2001, Sobkowicz 2001].

Czynnikami doświadczenia były:

1. poziomy nawożenia mineralnego NPK:

– dawka standardowa: N – 0,50, P – 0,20, K – 0,45g · wazon⁻¹ czystego składnika, co dla warunków polowych wynosiło odpowiednio: N – 70, P – 26, K – 66 kg · ha⁻¹ (łącznie 162 kg);

– dawka podwyższona o 50%: N – 0,75, P – 0,30, K – 0,675 g · wazon⁻¹ (na 1 ha: N – 105, P – 39, K – 99; łącznie 243 kg).

2. sposoby siewu roślin:

– w mieszance,

– w uprawie jednogatunkowej.

W pracy dawkę standardową będzie się określać jako 1 NPK, a podwyższoną – 1,5 NPK.

Pszenicę i jęczmień w mieszance i siewie czystym wysiano w wazonach Kick-Brauckmanna o średnicy 22 cm i głębokości 28 cm w zagęszczeniu 19 kiełkujących ziarniaków w wazonie, co odpowiadało obsadzie – 350 roślin na 1 m². W wazonach ziarniaki rozmieszczono na powierzchni w jednakowej odległości jeden od drugiego (za pomocą szablonów) i umieszczono w glebie na głębokości 3 cm. Ubytki wody uzupełniano codziennie do 50% maksymalnej pojemności wodnej gleby. W laboratorium przez

większość okresu wegetacji utrzymywano temperaturę 20–22°C. W pełni wschodów zbóż, by rośliny mogły przejść proces jarowizacji, temperaturę w laboratorium na okres 10 dni obniżono do 6–8°C. Z uwagi na to, że trzecia seria doświadczenia prowadzona była jesienią, w warunkach skracającego się dnia, stosowano sztuczne doświetlanie roślin, którego długość dostosowano do wymagań zbóż.

Podłożem w doświadczeniu była gleba średnia, brunatna właściwa, wytworzona z piasku słabogliniastego pylastego podścielona piaskiem luźnym pylastym. Charakteryzowała się ona zawartością substancji organicznej od 1,22 do 1,91%, odczynem lekko kwaśnym (pH w 1 M KCl 5,9–6,3) oraz dużą zasobnością w przyswajalne formy (g · kg⁻¹ gleby): fosforu (117–136), potasu (83–123) i magnezu (14–17). Pod względem przydatności rolniczej reprezentuje ona kompleks żytnej bardzo dobry, klasę bonitacyjną R IIIb. Przed napełnieniem wazonów glebę przesiano przez sito, a następnie dokładnie wymieszano z odpowiednimi dawkami nawozów mineralnych, w postaci mocznika, fosforanu potasu i siarczanu potasu. Azot stosowano dwukrotnie w czasie wegetacji: pierwszą połowę dawki wprowadzono do gleby przed siewem (razem z fosforem i potasem), a drugą na początku fazy strzelania w źdźbło jęczmienia.

Materiał roślinny do oznaczeń azotu, fosforu i potasu w jego nadziemnej suchej masie pobierano w 5 fazach, wyznaczonych przez rytm rozwojowy jęczmienia w siewie czystym, tj. podczas wschodów (Zadoks 10–13), krzewienia (25), strzelania w źdźbło (37), kłoszenia (55) i dojrzewania (87–91). Wyniki dotyczące tych pomiarów zamieszczono w odrębnej pracy [Treder i in. 2008b]

W wyszczególnionych okresach z wazonów (przewidzianych dla danego etapu) usuwano wszystkie rośliny. Począwszy od fazy kłoszenia dzielono je na źdźbła, liście i kłosy, a następnie suszono do powietrznie suchej masy. Po dokładnym rozdrobieniu materiału roślinnego oznaczono w nim zawartość azotu, fosforu i potasu, a uzyskane wyniki przedstawiono w procentach suchej masy. Próby do analiz pochodziły z 3 serii i 4 powtórzeń. Analizy wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie zgodnie z przyjętymi metodami. Wyniki dotyczące suchej masy roślin zamieszczono w odrębnej pracy [Treder i in. 2008b]. Przeciętną zawartość pierwiastków w całych roślinach obliczono jako średnie ważone udziałem analizowanych części roślin w ich całkowitej biomacie.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie dwuczynnikową analizą wariancji opartą na modelu liniowym w układzie całkowicie losowym. Do oceny różnic międzyobiekto- wych posłużono się testem Tukeya, wyliczając NIR przy prawdopodobieństwie błędu $p = 0,05$.

WYNIKI

W fazach wschodów i krzewienia koncentracja azotu w masie nadziemnej pszenicy jarej kształtowała się na zbliżonym poziomie (tab. 1). Podczas strzelania w źdźbło odnotowano spadek jego zawartości, który utrzymał się do końca wegetacji. Największe rozmiary przybrał on pomiędzy strzelaniem w źdźbło a kłoszeniem; zawartość azotu uległa średnio 1,7-krotnemu obniżeniu. Pomiędzy kłoszeniem a dojrzewaniem redukcja ta była zdecydowanie mniejsza i dotyczyła głównie liści i źdźbeł.

Na obu obiektach nawozowych łączna uprawa pszenicy z jęczmieniem, z pominięciem fazy strzelania w źdźbło, skutkowałą mniejszym nagromadzeniem azotu w jej częściach nadziemnych. Początkowo różnice pomiędzy sposobami siewu były niewielkie,

ale w okresie rozwoju generatywnego przybrały znaczące (istotne) rozmiary. Należy przy tym nadmienić, że wielkość tych rozbieżności modyfikowały poziomy nawożenia. I tak w podłożu uboższym w NPK w fazie kłoszenia siew mieszany w największym stopniu ograniczył akumulację tego pierwiastka w kłosach, a w fazie dojrzewania – w liściach i źdźbłach. Z kolei na glebie zasobniejszej w makroelementy taki rodzaj siewu w fazie kłoszenia najbardziej hamował gromadzenie azotu w źdźbłach, a w fazie dojrzewania – w całej masie nadziemnej (proporcjonalny spadek w źdźbłach, liściach i kłosach). Jedynym okresem, w którym obecność jęczmienia wpływała dodatnio na koncentrację azotu w roślinach pszenicy była faza strzelania w źdźbło, na podłożu uboższym w NPK.

Zawartość fosforu w suchej masie pszenicy największa była w okresie wschodów (tab. 2). W fazie krzewienia i strzelania w źdźbło nastąpiła jej redukcja, ponowny (ale nie na wszystkich obiektach) wzrost podczas kłoszenia i spadek w czasie dojrzewania. Największe zmniejszenie koncentracji fosforu odnotowano pomiędzy krzewieniem a strzelaniem w źdźbło (średnio 1,7-krotnie). Siew mieszany redukował zawartość fosforu od wschodów do strzelania w źdźbło. W fazie kłoszenia jego koncentracja w obu sposobach siewu była podobna, z wyjątkiem kłosów, gdzie w mieszance było go istotnie mniej (o 20,4%). Z kolei podczas dojrzewania w mieszance jego zawartość okazała się większa. Było to spowodowane większym nagromadzeniem tego składnika przede wszystkim w źdźbłach (różnica pomiędzy sposobami siewu wynosiła 50,0%) oraz w liściach (31,8%), ale jednoczesnym jego zmniejszeniem w kłosach (o 8,5%). Opisany proces w obu wariantach nawozowych przebiegał w tych samych kierunkach, ale w przypadku liści i kłosów istotność różnic między sposobami siewu dowiedziono tylko przy 1,5 NPK.

Także zawartość potasu ulegała zmianom w trakcie wegetacji pszenicy (tab. 3). W czasie wschodów i krzewienia rośliny były najbardziej zasobne w ten składnik. W dalszym okresie wegetacji jego zawartość uległa zmniejszeniu; największy spadek wystąpił pomiędzy strzelaniem w źdźbło a kłoszeniem (średnio 1,8-krotnie). Przeciętnie siew mieszany wpływał dodatnio na akumulację potasu do fazy kłoszenia, aczkolwiek w fazie krzewienia uwidoczniło się to tylko w postaci tendencji, a w pozostałym okresie rozwoju ujemnie (z wyjątkiem liści w fazie kłoszenia, w których zawartość przy obu sposobach siewu była taka sama). W fazie kłoszenia redukcja ta w podobnym stopniu objęła źdźbła i kłosa, a podczas dojrzewania wyraźniej uwidoczniła się w źdźbłach (mniej niż w siewie czystym o 52,2%), słabiej w liściach (o 14,9% – tendencja), a naj-słabiej w kłosach (zmniejszenie o 20,9%). Proces gromadzenia potasu w niektórych etapach rozwoju i częściach roślin ulegał istotnym zmianom pod wpływem dawek nawozowych. W mieszance uprawianej na obiekcie ze standardową dawką NPK w fazie wschodów odnotowano większą zawartość tego składnika niż w siewie czystym, krzewienia – mniejszą, w strzelaniu w źdźbło znacząco większą (i to o 23,5%) oraz mniejszą podczas kłoszenia (szczególnie w kłosach) i dojrzewania (zwłaszcza w źdźbłach – o 44,2%). Z kolei w kombinacji z dawką podwyższoną w pierwszych trzech etapach rozwoju zboże to uprawiane razem z jęczmieniem charakteryzowało się większą zawartością potasu, w fazie kłoszenia mniejszą w źdźbłach, bez wyraźnych zmian w liściach i kłosach, a podczas dojrzewania spadkiem jego zawartości we wszystkich analizowanych częściach, który w największym stopniu zaznaczył się w źdźbłach (ponad 2-krotne zmniejszenie). Prawie w całym okresie wegetacji zawartość potasu w masie wegetatywnej pszenicy uprawianej razem z jęczmieniem na obiekcie zasobniejszym w biogeny była taka sama jak na uboższym. Istotnie większą jego ilość na obiekcie z 1,5 NPK stwierdzono tylko w czasie kłoszenia (efekt bogatszych w ten pierwiastek kłosów).

Tabela 1. Zawartość azotu w częściach nadziemnych pszenicy jarej (%)
 Table 1. Content of nitrogen in over the ground parts of spring wheat (%)

Faza rozwojowa/części roślin Development stage/plant parts	I NPK			1,5 NPK			Średnia – Average			NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	sposób siewu – sowing method									
	C	M	C	C	M	C	M	C	M	
Wschody – Germination	5,00	4,88	4,56	4,35	4,35	4,78	4,62			I i II – n.i.
Krzewienie – Tillering	4,45	4,22	4,26	4,26	4,26	4,36	4,24			I i II – n.i.
Strzelanie w źdźbło – Stem elongation	2,63	2,93	2,97	3,09	3,09	2,80	3,01			I – n.i.; II – 0,29
Kłoszenie źdźbła – stems	0,87	0,80	1,51	0,93	0,93	1,19	0,87			I – 0,30; II – 0,31
liście – leaves	1,96	1,77	2,30	2,19	2,19	2,13	1,98			I i II – n.i.
Inflorescence kłosy – heads	2,58	1,87	2,66	2,40	2,40	2,62	2,14			I – 0,42; II – 0,55
emergence średnio – average	1,72	1,43	2,01	1,73	1,73	1,87	1,58			I – 0,23; II – n.i.
Dojrzewanie źdźbła – stems	0,46	0,36	0,66	0,51	0,51	0,56	0,44			I – 0,11; II – 0,08
liście – leaves	0,86	0,61	1,31	1,04	1,04	1,09	0,83			I – 0,23; II – n.i.
Ripening kłosy – heads	2,14	1,91	2,51	1,96	1,96	2,33	1,94			I – 0,31; II – 0,49
średnio – average	1,30	1,04	1,52	1,37	1,37	1,41	1,21			I – 0,14; II – n.i.

C – czysty – pure, M – mieszany – mixture

I – sposób siewu – sowing method

II – współdziałanie (sposób siewu × nawożenie) – interaction (sowing method × fertilisation)

n.i. – nieistotne – insignificant

Tabela 2. Zawartość fosforu w częściach nadziemnych pszenicy jarej (%)
 Table 2. Content of phosphorus in over the ground parts of spring wheat (%)

Faza rozwojowa/części roślin Development stage/plant parts	I NPK			1,5 NPK			Średnia – Average			NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	sposób siewu – sowing method									
	C	M	C	C	M	C	M	C	M	
Wschody – Germination	0,77	0,74	0,78	0,66	0,78	0,66	0,78	0,70		I – 0,04; II – n.i.
Krzewienie – Tillering	0,56	0,50	0,58	0,52	0,58	0,52	0,57	0,51		I i II – n.i.
Strzelanie w źdźbło – Stem elongation	0,45	0,29	0,28	0,24	0,28	0,24	0,37	0,27		I – 0,08; II – n.i.
Kłoszenie	0,26	0,29	0,30	0,28	0,30	0,28	0,28	0,29		I i II – n.i.
Inflorescence	0,32	0,37	0,34	0,38	0,34	0,38	0,33	0,38		I i II – n.i.
emergence	0,47	0,37	0,51	0,40	0,51	0,40	0,49	0,39		I – 0,09; II – n.i.
	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,34		I i II – n.i.
Dojrzewanie	0,08	0,14	0,12	0,16	0,12	0,16	0,10	0,15		I – 0,04; II – n.i.
Ripening	0,22	0,26	0,22	0,31	0,22	0,31	0,22	0,29		I – n.i.; II – 0,06
	0,44	0,42	0,50	0,44	0,50	0,44	0,47	0,43		I – n.i.; II – 0,04
	0,29	0,30	0,29	0,34	0,29	0,34	0,29	0,32		I – 0,02; II – n.i.

C – czysty – pure, M – mieszany – mixture

I – sposób siewu – sowing method

II – współdziałanie (sposób siewu × nawożenie) – interaction (sowing method × fertilisation)

n.i. – nieistotne – insignificant

Tabela 3. Zawartość potasu w częściach nadziemnych pszenicy jarej (%)
Table 3. Content of potassium in over the ground parts of spring wheat (%)

Faza rozwojowa/części roślin Development stage/plant parts	I NPK			1,5 NPK			Średnia – Average			NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	sposób siewu – sowing method									
	C	M	C	M	C	M	C	M		
Wschody – Germination	6,64	7,44	6,51	7,10	6,58	7,27	6,58	7,27	I – 0,51; II – n.i.	
Krzewienie – Tillering	6,81	6,67	6,44	6,87	6,63	6,77	6,63	6,77	I – n.i.; II – 0,12	
Strzelanie w źdźbło – Stem elongation	4,17	5,15	4,72	5,15	4,45	5,15	4,45	5,15	I – 0,64; II – n.i.	
Kłoszenie	1,96	1,74	2,66	2,36	2,31	2,05	2,31	2,05	I – 0,16; II – n.i.	
liście – leaves	3,22	3,09	3,57	3,72	3,40	3,41	3,40	3,41	I i II – n.i.	
kłosa – heads	1,86	1,44	1,86	1,89	1,86	1,67	1,86	1,67	I – n.i.; II – 0,36	
średnio – average	2,63	2,35	3,01	3,02	2,82	2,69	2,82	2,69	I – n.i.; II – 0,13	
źdźbła – stems	2,26	1,26	3,72	1,59	2,99	1,43	2,99	1,43	I – 1,15; II – n.i.	
liście – leaves	3,32	2,92	3,39	2,80	3,36	2,86	3,36	2,86	I – n.i.; II – n.i.	
kłosa – heads	1,25	1,13	1,53	1,06	1,39	1,10	1,39	1,10	I – 0,29; II – n.i.	
średnio – average	2,37	1,96	2,71	1,76	2,54	1,86	2,54	1,86	I – 0,62; II – n.i.	

C – czysty – pure, M – mieszany – mixture

I – sposób siewu – sowing method

II – współdziałanie (sposób siewu × nawożenie) – interaction (sowing method × fertilisation)

n.i. – nieistotne – insignificant

Tabela 4. Zawartość azotu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego (%)
Table 4. Content of nitrogen in over the ground parts of spring barley (%)

Faza rozwojowa/części roślin Development stage/plant parts	I NPK			1,5 NPK			Średnia – Average			NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	sposób siewu – sowing method									
	C	M	C	C	M	C	C	M	M	
Wschody – Germination	4,42	5,38	5,03	5,03	5,03	4,73	5,21	5,21	5,21	I – n.i.; II – 0,84
Krzewienie – Tillering	4,35	4,16	4,24	4,29	4,29	4,30	4,23	4,23	4,23	I – n.i.; II – 0,16
Strzelanie w źdźbło – Stem elongation	2,52	3,14	3,15	3,15	2,68	2,84	2,91	2,91	2,91	I – n.i.; II – 0,45
Kłoszenie źdźbła – stems	1,26	1,03	1,35	1,35	1,51	1,31	1,27	1,27	1,27	I – n.i.; II – 0,20
liście – leaves	2,22	1,80	2,06	2,06	1,77	2,14	1,79	1,79	1,79	I i II – n.i.
Inflorescence emergence	2,06	2,06	2,24	2,24	2,98	2,15	2,52	2,52	2,52	I – n.i.; II – 0,63
średnio – average	1,88	1,54	1,81	1,81	1,71	1,85	1,63	1,63	1,63	I – n.i.; II – 0,23
Dojrzewanie Ripening	0,41	0,68	0,74	0,74	0,86	0,58	0,77	0,77	0,77	I – 0,12; II – n.i.
liście – leaves	0,84	0,91	0,91	0,91	1,36	0,88	1,14	1,14	1,14	I – n.i.; II – 0,21
kłosa – heads	1,91	1,76	2,21	2,21	2,36	2,06	2,06	2,06	2,06	I i II – n.i.
średnio – average	1,22	1,16	1,24	1,24	1,50	1,23	1,33	1,33	1,33	I – 0,0,09; II – 0,07

C – czysty – pure, M – mieszany – mixture

I – sposób siewu – sowing method

II – współdziałanie (sposób siewu × nawożenie) – interaction (sowing method × fertilisation)

n.i. – nieistotne – insignificant

Tabela 5. Zawartość fosforu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego (%)
Table 5. Content of phosphorus in over the ground parts of spring barley (%)

Faza rozwojowa/części roślin Development stage/plant parts	I NPK			1,5 NPK			Średnia – Average			NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	sposób siewu – sowing method			sposób siewu – sowing method			Średnia – Average			
	C	M		C	M		C	M		
Wschody – Germination	0,62	0,74		0,74	0,78		0,68	0,76		I – 0,06; II – n.i.
Krzewienie – Tillering	0,56	0,53		0,57	0,51		0,57	0,52		I – n.i.; II – 0,05
Strzelanie w źdźbło – Stem elongation	0,53	0,57		0,55	0,48		0,54	0,52		I – n.i.; II – 0,05
Kłoszenie Inflorescence	0,44	0,36		0,40	0,37		0,42	0,37		I – 0,03; II – 0,07
liście – leaves	0,26	0,26		0,30	0,33		0,28	0,30		I i II – n.i.
kłosa – heads	0,48	0,49		0,49	0,48		0,49	0,49		I i II – n.i.
średnio – average	0,34	0,31		0,34	0,35		0,34	0,33		I i II – n.i.
Dojrzewanie Ripening	0,19	0,20		0,26	0,28		0,23	0,24		I i II – n.i.
liście – leaves	0,56	0,59		0,60	0,53		0,58	0,56		I i II – n.i.
kłosa – heads	0,48	0,44		0,48	0,46		0,48	0,45		I i II – n.i.
średnio – average	0,46	0,47		0,48	0,45		0,47	0,46		I i II – n.i.

C – czysty – pure, M – mieszany – mixture

I – sposób siewu – sowing method

II – współdziałanie (sposób siewu × nawożenie) – interaction (sowing method × fertilisation)

n.i. – nieistotne – insignificant

Tabela 6. Zawartość potasu w częściach nadziemnych jęczmienia jarego (%)
Table 6. Content of potassium in over the ground parts of spring barley (%)

Faza rozwojowa/części roślin Development stage/plant parts	I NPK			1,5 NPK			Średnia – Average			NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	sposób siewu – sowing method			sposób siewu – sowing method			Średnia – Average			
	C	M	C	C	M	C	C	M	M	
Wschody – Germination	7,30	7,20	7,20	7,20	6,67	7,25	6,94	6,94	6,94	I – 0,28; II – n.i.
Krzewienie – Tillering	6,94	6,81	7,04	7,04	6,87	6,99	6,84	6,84	6,84	I i II – n.i.
Strzelanie w źdźbło – Stem elongation	4,95	5,56	5,10	5,10	4,15	5,02	4,86	4,86	4,86	I – 0,12; II – 0,55
Kłoszenie źdźbła – stems	2,52	2,02	2,46	2,46	2,46	2,49	2,24	2,24	2,24	I – n.i.; II – 0,41
liście – leaves	3,40	3,32	3,52	3,52	3,32	3,46	3,32	3,32	3,32	I i II – n.i.
Inflorescence kłosy – heads	1,71	1,81	1,81	1,81	1,89	1,76	1,85	1,85	1,85	I – n.i.; II – n.i.
średnio – average	2,99	2,74	3,08	3,08	2,91	3,04	2,83	2,83	2,83	I – n.i.; II – 0,14
Dojrzewanie źdźbła – stems	4,65	5,71	5,18	5,18	4,15	4,92	4,93	4,93	4,93	I – n.i.; II – 1,03
liście – leaves	2,62	2,92	2,92	2,92	3,32	2,77	3,12	3,12	3,12	I – 0,22; II – n.i.
Dojrzewanie kłosy – heads	1,39	1,26	1,43	1,43	1,26	1,41	1,26	1,26	1,26	I – 0,13; II – n.i.
średnio – average	2,46	2,84	3,02	3,02	2,98	2,74	2,91	2,91	2,91	I i II – n.i.

C – czysty – pure, M – mieszany – mixture

I – sposób siewu – sowing method

II – współdziałanie (sposób siewu × nawożenie) – interaction (sowing method × fertilisation)

n.i. – nieistotne – insignificant

W fazach wschodów i krzewienia koncentracja azotu w masie wegetatywnej jęczmienia była średnio prawie 1,5 razy większa niż w okresie strzelania w źdźbło (tab. 4). Od tego okresu do końca wegetacji następował sukcesywny spadek jego zawartości. Wynik powyższy prawdopodobnie należy wiązać z dynamicznym przyrostem biomasy jęczmienia, za którym niestety nie szło większe pobieranie azotu z podłoża (ilość tego pierwiastka w roślinie ulegała więc „rozcieńczeniu”). Siew mieszany na obu obiektach nawozowych wpływał korzystnie (istotnie) na akumulację azotu w jęczmieniu w fazie dojrzewania; zboże to bytujące w sąsiedztwie pszenicy zgromadziło tego pierwiastka odpowiednio o 8,1% więcej niż w uprawie samodzielnej. Rośliny okazały się zasobniejsze w analizowany składnik dzięki większej jego koncentracji w źdźbłach oraz w liściach (ale tylko na obiekcie z 1,5 NPK). Na obiekcie zasilanym standardową dawką NPK siew mieszany skutkował istotnie większą koncentracją azotu w biomase nadziemnej także w fazach wschodów (o 21,7%) i strzelania w źdźbło (o 24,6%), mniejszą zaś w okresie krzewienia (o 4,40%) i kłoszenia (o 18,1%) – efekt mniejszej akumulacji w źdźbłach (różnice istotne) i liściach (tendencja). Z kolei w kombinacji z 1,5 NPK łączna uprawa z pszenicą ujemnie wpływała na akumulację azotu w czasie kłoszenia; różnica w stosunku do uprawy samodzielnej wynosiła 5,5%, jednakże nie była ona statystycznie istotna. Nastąpiło to głównie dzięki większemu nagromadzeniu azotu w kłosach.

Także zawartość fosforu w jęczmieniu ulegała zmianom w zależności od etapu rozwojowego (tab. 5). Największą jego koncentrację stwierdzono w fazie wschodów, po czym obniżenie trwające do fazy kłoszenia i wzrost w ostatnim etapie wegetacji. Na obu obiektach nawozowych siew mieszany prowadził do istotnego wzrostu akumulacji fosforu w jęczmieniu w czasie wschodów (większego na dawce podstawowej), jego zmniejszenia podczas krzewienia (wyraźniejszego – istotnego na dawce podwyższonej) i strzelania w źdźbło (ale tylko w warunkach obfitszego nawożenia). W fazie kłoszenia na obiekcie zasilanym dawką standardową, niewielkie (nieistotne) zmniejszenie akumulacji fosforu było pochodną mniejszej jego akumulacji w źdźbłach, a z dawką podwyższoną brak różnic pomiędzy sposobami siewu wynikał z tendencji do wzrostu jego zawartości w liściach, któremu towarzyszył proporcjonalny spadek w źdźbłach. Z kolei podczas dojrzewania w obu obiektach nawozowych sposób siewu nie spowodował istotnych różnic w akumulacji tego pierwiastka w analizowanych częściach roślin.

Podobnym zmianom podlegała także zawartość potasu (tab. 6). W okresie wschodów i krzewienia rośliny zawierały zbliżoną jego ilość, podczas strzelania w źdźbło uległa ona niewielkiemu obniżeniu (średnio dla wszystkich obiektów z 6,92 do 4,94%) oraz znacznemu zmniejszeniu (1,7-krotnemu) w okresie rozwoju generatywnego. W obu obiektach nawozowych łączna uprawa z pszenicą prowadziła do mniejszej zawartości potasu do fazy dojrzewania (z wyjątkiem obiektu z dawką standardową w czasie strzelania w źdźbło). W fazach wschodów i strzelania w źdźbło zostało to poparte statystycznie. W okresie wschody – strzelanie w źdźbło większe różnice pomiędzy siewem czystym i mieszanym stwierdzono w kombinacji zasobniejszej w NPK. W kolejnym etapie rozwoju (kłoszenie) na obiekcie z dawką standardową siew mieszany prowadził do spadku koncentracji potasu, ale tylko w źdźbłach (o 198%), a podczas dojrzewania do wzrostu w źdźbłach (o 22,8%) i liściach (o 11,5%), a zmniejszenia w kłosach (o 9,4%). Na podłożu zasobniejszym w fazie kłoszenia nie stwierdzono różnic pomiędzy sposobami siewu, a podczas dojrzewania w uprawie mieszanej większą koncentracją potasu charakteryzowały się liście (o 13,7%), a mniejszą źdźbła i kłosy (odpowiednio o 19,9 i 11,9%).

Uwagę zwraca fakt, że jęczmień uprawiany w mieszance z pszenicą na obiekcie obficie zasilanym składnikami pokarmowymi, w fazie strzelania w źdźbło odznaczał się mniejszą koncentracją potasu niż w takim samym sposobie siewu na podłożu uboższym (o 25,4%). W pozostałych okresach w siewie mieszanym jego zawartość na obu obiektach nawozowych kształtowała się na zbliżonym poziomie.

DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość azotu w roślinach pszenicy i jęczmienia była zbliżona i zmniejszała się z każdą fazą rozwojową zbóż. Podobne zależności w swych doświadczeniach wykazali Parylak [1996] i Sobkowicz [2003], u tego ostatniego jednak po 12. tygodniu wegetacji nastąpił niewielki wzrost zawartości tego pierwiastka w suchej masie jęczmienia. Ilość zgromadzonego makroelementu była wyraźnie modyfikowana przez zastosowane poziomy nawożenia. Od strzelania w źdźbło do końca wegetacji zarówno w siewie czystym, jak i w mieszance rośliny kumulowały go więcej na stanowisku zasobniejszym w biogeny, co jest zbieżne z wynikami Majkowskiego i in. [1993]. Odmienne zdania są Noworolnik i Sułek [2000], którzy twierdzą, że korzystniejsze warunki do gromadzenia białka (a więc i azotu) zapewnia gleba uboższa w biogeny. Przedmiotowe badania wykazały, że siew mieszany wywarł negatywny wpływ na gromadzenie azotu w częściach nadziemnych pszenicy jarej w okresie rozwoju generatywnego. Z kolei Ponce [1987] w przeprowadzonym eksperymencie odnotował, iż konkurencyjne oddziaływanie *Avena sterilis* spowodowało wzrost koncentracji N i P w liściach i źdźbłach pszenicy. Według autora było to prawdopodobnie wynikiem konkurencji o wodę i większego na nią zapotrzebowania przez *Avena sterilis*, co wpłynęło na ograniczenie wzrostu pszenicy i większą akumulację obu pierwiastków w biomase. W biomase jęczmienia jarego przez większość okresu wegetacji sposób siewu pozostawał bez wpływu na akumulację azotu; jedynie w fazie dojrzewania w mieszance było go więcej niż w siewie czystym. Zmiany te u obu zbóż szły w parze z redukcją ich biomasy: większą u pszenicy, mniejszą u jęczmienia [Treder i in. 2008b]. Tymczasem Sobkowicz [2000] nie wykazał znaczącego wpływu sposobu siewu na zawartość białka ogólnego w uprawianych razem zbożach (jęczmieniu, owsie i pszenżycie). Także Zawiślak i Kostrzewska [2000], badając konkurencję pokarmową chwastów w łąkach żyta ozimego i pszenicy ozimej w fazie kwitnienia, stwierdziły zbliżoną zawartość azotu w nadziemnych częściach żyta i pszenicy, niezależnie od zastosowanej ochrony chemicznej i płodozmianu. W badaniach własnych wielkość dawki nawozowej NPK nie wpływała na zmianę wielkości różnic w zawartości tego pierwiastka pomiędzy siewem czystym a mieszanym, w przeciwieństwie do rezultatów Satorre i Snaydon [1992], którzy stwierdzili, że w podłożu zasobniejszym w azot konkurencja o ten biogen jest słabsza.

Jęczmień w badaniach własnych charakteryzował się większą niż pszenica zawartością fosforu od fazy strzelania w źdźbło niezależnie od czynników doświadczenia. Największe ilości tego pierwiastka odnotowano w czasie wschodów, po czym następował stopniowy jego spadek do fazy kłoszenia i nieznaczny wzrost w końcowym stadium rozwojowym. Redukcję koncentracji fosforu następującą wraz ze wzrostem jęczmienia odnotowała w swym eksperymencie Parylak [1996]. Jęczmień lepiej od pszenicy wykorzystywał stanowisko zasobniejsze w składniki pokarmowe, kumulując więcej fosforu w nadziemnych częściach w czasie wschodów, w liściach podczas kłoszenia

i w źdźbłach w okresie dojrzewania. W mieszance pszenica gromadziła mniej tego biogenu podczas wschodów i strzelania w źdźbło, więcej zaś – podczas dojrzewania, a u jęczmienia wzrost jego zawartości odnotowano tylko w fazie wschodów. W pozostałych okresach wegetacji sposób siewu nie różnicował jego zawartości. Dyskusja odnośnie zmian w zawartości fosforu pod wpływem sposobu siewu jest niemożliwa, z uwagi na brak w literaturze informacji na powyższy temat.

Zawartość potasu w nadziemnych częściach roślin obu analizowanych gatunków była zbliżona i ulegała zmniejszeniu wraz z ich wzrostem. Jedynie w końcowym okresie wegetacji u jęczmienia odnotowano nieznaczny jej wzrost. Nie potwierdzają tego badania Parylak [1996] i Sobkowicza [2003], w świetle których redukcja ilości zgromadzonego potasu trwała do czasu dojrzewania roślin. Uzyskane wyniki wskazują na lepsze wykorzystanie dodatkowej porcji składników pokarmowych przez pszenicę jarą, która od fazy strzelania w źdźbło do końca wegetacji gromadziła większą ilość potasu niż na obiektach z niższym poziomem nawożenia. W mieszance zboże to kumulowało go więcej niż w siewie czystym do fazy kłoszenia, podczas gdy jęczmień zgromadził go tyle samo bądź mniej.

WNIOSKI

1. W mieszance, w stosunku do uprawy jednogatunkowej, pszenica jara akumulowała w masie nadziemnej mniej azotu w fazach kłoszenia i dojrzewania, fosforu – od wschodów do strzelania w źdźbło, a potasu – w fazach kłoszenia i dojrzewania. Siew mieszany zwiększał w pszenicy zawartość fosforu w czasie dojrzewania, potasu zaś od wschodów do kłoszenia.

2. W pszenicy uprawianej razem z jęczmieniem, w fazie kłoszenia na obiekcie uboższym w NPK większą aniżeli w pozostałych częściach roślin redukcję azotu i potasu odnotowano w kłosach, na zasobniejszym – w źdźbłach, a w fazie dojrzewania bez względu na wielkość dawki nawozowej – w źdźbłach. Siew mieszany w największym stopniu zwiększał koncentrację fosforu w kłosach w fazie dojrzewania, a na obiekcie z 1,5 NPK także w liściach.

3. Jęczmień jary w mieszance, w porównaniu z uprawą samodzielną, charakteryzował się większą zawartością azotu podczas dojrzewania, a fosforu w czasie wschodów. W jego częściach nadziemnych notowano mniejszą koncentrację potasu w okresie od wschodów do dojrzewania.

4. W mieszance w fazie kłoszenia u jęczmienia, w stosunku do siewu czystego stwierdzono mniejszą koncentrację azotu, fosforu i potasu w źdźbłach, a w fazie dojrzewania – większą azotu w źdźbłach i liściach, fosforu w źdźbłach, a potasu w liściach. Kłosa okazały się natomiast uboższe w ten składnik.

PIŚMIENNICTWO

- Aerts R., Boot R. G. A., Van der Aart P. J. M., 1991. The relation between above-and belowground biomass allocation patterns and competitive ability. *Oecologia* 87, 551–559.
- Keddy P.A., 1989. Competition. Population and community biology series. Chapman and Hall, London.

- Majkowski K., Szempliński W., Budzyński W., Wróbel E., Dubis B., 1993. Uprawa jęczmienia jarego i owsa w siewie czystym i mieszanym. Roczn. AR w Poznaniu, 243, 73–83.
- Noworolnik K., Sułek A., 2000. Wpływ gęstości siewu na plonowanie mieszanki jęczmienia z pszenicą w zależności od udziału komponentów, terminu siewu i jakości gleby. Roczn. AR w Poznaniu, 325, Rolnictwo, 58, 83–8.
- Parylak D., 1996. Competitive uptake of nutrients by spring barley and weeds. *Fragm. Agron.*, 13(4), 68–74.
- Ponce R. G., 1987. Competition between wheat and wild oat (*Avena Sterilis L.*) according to the proximity of their time of emergence. *Plant and Soil*, 102, 133–136.
- Satorre E.H., Snaydon R.W., 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua*. *Weed Res.*, 32, 45–55.
- 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., 2000. Wpływ konkurencji między jęczmieniem, owsem i pszenżytem, w mieszankach uprawianych w zróżnicowanej ilości wysiewu, na plon białka. Roczn. AR w Poznaniu, 325, Rolnictwo, 58, 111–123.
- Sobkowicz P., 2001. Nadziemna i podziemna konkurencja między jęczmieniem jarym i owsem w mieszance w początkowym okresie wzrostu. *Fragm. Agron.*, 2(70), 103–119.
- Sobkowicz P., 2003. Konkurencja międzygatunkowa w jarych mieszankach zbożowych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław.*, 458, Rozprawy 194, 5–105.
- Treder K., Wanic M., Nowicki J., 2008a. Competition between spring wheat and spring barley under conditions of diversified fertilisation. Part 1. Influence on selected morphological characteristics of plants. *Acta Agroph.*, 11(3), 767–780.
- Treder K., Wanic M., Nowicki J., 2008b. Competition between spring wheat and spring barley under conditions of diversified fertilisation. Part 2. Influence on biomass of plants and rate of its accumulation. *Acta Agroph.*, 11(3), 781–797.
- Zawiślak K., Kostrzevska M., 2000. Konkurencja pokarmowa chwastów w łąkach pszenicy oziemej uprawianej w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. I. Zagęszczenie i skład florystyczny zbiorowiska chwastów. *Ann. UMCS, sec. E, Agricultura, Suppl.*, 16, 245–251.

Summary. In a pot experiment, the influence of interaction between spring wheat and spring barley on content of nitrogen, phosphorus and potassium in plants was assessed. The experiment was conducted according to the additive pattern. The experimental factors were: 1. the level of NPK mineral fertilisation: standard and the dose increased in relation to it by 50%; 2. method of plants sowing: in the mix and in pure stand. The plants for determination originated from 5 growth stages: germination, seedling growth, tillering, stem elongation, inflorescence emergence and ripening. It was shown that in the mix, as compared to pure stand cultivation, wheat contained less nitrogen and potassium during the inflorescence emergence and ripening stages and less phosphorus during germination and stem elongation. Mixed sowing increased the content of phosphorus in its mass during ripening and of potassium from germination until inflorescence emergence. Barley in the mix was characterised by a higher content of nitrogen during ripening and phosphorus during germination. In its over the ground parts a decrease in the accumulation of potassium during the period from germination until inflorescence formation was recorded.

Key words: competition, fertilisation, spring wheat, spring barley, nitrogen, phosphorus, potassium