

## KONKURENCJA POMIĘDZY JĘCZMIENIEM JARYM A GROCHEM SIEWNYM W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH GLEBOWYCH CZ. I. AKUMULACJA BIOMASY I TEMPO WZROSTU ROŚLIN\*

Marzena Michalska, Maria Wanic, Marta K. Kostrzewska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** Doświadczenie wazonowe zrealizowano w laboratorium szklarniowym Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (53°46'26" N; 20°29'30" E) w latach 2003-2005 w trzech seriach, na podłożu gleby lekkiej i ciężkiej. Badano konkurencję pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym w pięciu okresach wyznaczonych przez rytm rozwojowy jęczmienia w siewie czystym, tj. w fazach: wschodów (10-13 – według Zadoksa), krzewienia (25), strzelania w źdźbło (32), kłoszenia (55) i dojrzewania (87-91). Doświadczenie założono według schematu addytywnego w 4. powtórzeniach. W wyznaczonych okresach określono plony suchej masy różnych części roślin (łodyg, liści, kłosów, strąków, korzeni). Dane posłużyły również do wyliczenia szybkości wzrostu łanu. Współrzędna uprawa obu gatunków, na tle siewów czystych, już od początku wegetacji powodowała redukcję masy nadziemnej i korzeni. Proces ten w miarę upływu czasu ulegał pogłębieniu. Konkurencja najmniej ograniczała przyrost suchej masy w łodygach, a najbardziej w kłosach i strąkach. Rodzaj podłoża glebowego nie miał wpływu na akumulację suchej masy w roślinach jęczmienia jarego i w częściach nadziemnych grochu siewnego, w przeciwieństwie do jego korzeni, gdzie większą redukcję biomasy odnotowano w glebie ciężkiej. W mieszanke obu gatunków stwierdzono spowolnienie tempa gromadzenia biomasy w całym okresie wegetacji.

**Słowa kluczowe:** konkurencja, jęczmień jary, groch siewny, gleba lekka i ciężka, biomasa roślin, tempo wzrostu łanu

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: prof. dr hab. Maria Wanic, Katedra Systemów Rolniczych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, pl. Łódzki 3, Olsztyn-Kortowo, e-mail: mwanic@uwm.edu.pl

\* Praca wykonana w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego 2 P06R 082 28

## WSTĘP

Pomiędzy roślinami w łąkach mieszanych dochodzi do różnorodnych oddziaływań. Jednym z ważniejszych jest konkurencja, oddziaływanie o charakterze ujemnym, które dotyczy rywalizacji pomiędzy dwoma osobnikami lub ich większą liczbą (tego samego bądź różnych gatunków) o zasoby środowiska, w okolicznościach, gdy pula tych zasobów nie wystarcza do pokrycia ich łącznych potrzeb [Connolly i in. 2001]. Konkurencja jest procesem bardzo złożonym, a jej przebieg i skutki trudne do przewidzenia. Różnicuje ona liczebność populacji, płodność osobników, ich rytm rozwojowy i morfologię, a także tempo i wielkość gromadzenia biomasy w poszczególnych częściach roślin. Przebieg i siła tego oddziaływania zależą od doboru gatunków i odmian, ich etapu rozwojowego oraz abiotycznych czynników środowiska. Ulegają one również zmianom podczas wegetacji [Sattore i Snaydon 1992, Sobkowicz 2001, 2003, Lamb i in. 2007]. Wzrost zagęszczenia roślin nasila proces konkurencji i jest głównym czynnikiem ograniczającym przyrost biomasy, ale często mniejszy procentowy udział gatunku w zbiorowisku zwiększa jego zdolności konkurencyjne, co udokumentowali w swoich badaniach Keiffer i Ungar [2001]. Czynniki te sprawiają, że w mieszkankach roślin, złożonych z dwu, a niekiedy kilku gatunków, uzyskany plon i jego struktura często różnią się od zakładanego, co jest podstawową wadą tego sposobu siewu [Sobkowicz 2001, 2003, 2005]. Dotyczy to w dużej mierze mieszanek zbożowo-strączkowych. Z reguły charakteryzuje je wysoki potencjał plonowania oraz wyższa w porównaniu ze zbożami wartość żywieniowa. Ujemną ich cechą jest natomiast obserwowana na polach niska zdolność konkurencyjna rośliny strączkowej wobec zboża. Z tego względu udział w plonie komponenta strączkowego jest przeważnie mniejszy od zakładanego, co stanowi podstawową wadę tego sposobu siewu [Nalborczyk 1993, Ceglarek i in. 1997, Rudnicki 1997].

Jakkolwiek w piśmiennictwie w ostatnich latach ukazało się wiele informacji na temat oddziaływań konkurencyjnych w łąkach mieszanych, tym niemniej większość z nich dotyczy relacji pomiędzy zbożami oraz zbożami i chwastami [Jokinen 1991, Sattore i Snaydon 1992, Sobkowicz 2001, 2003]. Niewiele jest natomiast prac dotyczących oddziaływań konkurencyjnych pomiędzy roślinami zbożowymi i strączkowymi [Semere i Froud-Williams 2001]. Tymczasem współrzędna uprawa grochu z jęczmieniem jest dość często stosowana w praktyce, a efekty oddziaływań konkurencyjnych między nimi dotychczas głównie badane były na podstawie efektu końcowego – plonu ziarna i nasion [Wenda-Piesik i Rudnicki 2007]. Niewiele prac przedstawia wpływ konkurencji na akumulację biomasy w całym okresie wegetacji, jej rozmieszczenie w poszczególnych częściach roślin i modyfikujący w tym względzie wpływ warunków edaficznych.

Celem badań była ocena konkurencji zachodzącej pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym pod kątem jej wpływu na biomasę części nadziemnych i korzeni oraz tempo jej gromadzenia w zróżnicowanych warunkach glebowych i różnych okresach współrzędnej uprawy.

## MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiły trzy cykle ścisłego eksperymentu wazonowego, które zrealizowano w laboratorium szklarniowym Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego

w Olsztynie (53°46'26" N; 20°29'30" E). 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 i groch siewny, które wysiewano współrzędnie oraz w siewie czystym na podłożu gleby lekkiej i ciężkiej.

Czynnikami doświadczenia były:

- dwie kategorie gleb: lekka i ciężka;
- dwa sposoby siewu roślin: współrzędny i czysty.

Glebę lekką stanowiła gleba brunatno-rdzawa, wytworzona z piasku gliniastego lekkiego pylastego, zalegającego na piasku słabo gliniastym i luźnym pylastym. W warstwie 0-20 cm zawiera ona: 14% części spławialnych, 36% pyłu i 50% piasku. Charakteryzuje się odczynem lekko kwaśnym (pH w 1 M KCl od 5,8 do 6,4), zawartością substancji organicznej od 1,14 do 1,34%, wysoką zasobnością w fosfor (9,42-10,55 mg·100 g<sup>-1</sup> gleby), a średnią w potas (8,30-10,29 mg) i magnez (2,59-2,71 mg). Pod względem przydatności rolniczej reprezentuje klasę bonitacyjną V, kompleks glebowo-rolniczy 6. Glebą ciężką była gleba brunatna wylugowana, wytworzona z gliny ciężkiej. W warstwie 0-20 cm zawiera ona 64% części spławialnych, 12% pyłu i 24% piasku. Odznacza się ona zawartością substancji organicznej od 1,84 do 2,52%, odczynem lekko kwaśnym (pH w 1 M KCl od 5,6 do 6,2), wysoką zasobnością w fosfor (9,24-11,61 mg·100 g<sup>-1</sup> gleby) i magnez (8,80-9,11 mg) oraz średnią w potas (12,87-14,53 mg). Gleba ta zaliczona została do klasy bonitacyjnej IIIa i kompleksu glebowo-rolniczego 2.

Doświadczenie założono według schematu addytywnego, zgodnie z którym liczba roślin w siewie współrzędnym stanowi sumę obsad gatunków w siewach czystych. Taki układ pozwala na obserwację procesu konkurencji międzygatunkowej bez zaciemniania obrazu przez konkurencję wewnątrzgatunkową. Umożliwia również obserwowanie tego rodzaju oddziaływań od początku wegetacji roślin [Keddy 1989, Snaydon 1991, Semere i Froud-Williams 2001, Sobkowicz 2001].

Oddziaływania konkurencyjne pomiędzy gatunkami badano w 5. okresach wyznaczonych przez rytm rozwojowy jęczmienia uprawianego na glebie lekkiej w siewie czystym, tj. w fazach: wschodów (10-13 według Zadoksa), krzewienia (25), strzelania w źdźbło (32), kłoszenia (55) i dojrzewania (87-91). Łącznie doświadczenie składało się ze 120 wazonów Kick-Brauckmanna (2 rośliny + sposób ich siewu x 5 faz rozwojowych x 2 kategorie gleby x 4 powtórzenia), o średnicy 22 i głębokości 28 cm.

Przed założeniem doświadczenia glebę przesiano przez sito o średnicy oczek 0,25 cm. Z uwagi na jej dobrą zasobność w fosfor i potas w doświadczeniu zastosowano tylko nawożenie azotowe – w postaci mocznika – przed napełnieniem wazonów glebą w ilości czystego składnika (g na wazon): 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<sup>-1</sup>.

Na 1 wazon wysiano 18 zdolnych do skielkowania ziarniaków jęczmienia odmiany Rabel i 9 nasion grochu siewnego odmiany Grapis, co odpowiadało obsadzie roślin: jęczmienia jarego 350, grochu siewnego 100 szt.·m<sup>-2</sup>. Ziarno jęczmienia i nasiona grochu rozmieszczono na powierzchni wazonów w równej odległości od siebie (za pomocą szablonów), a następnie umieszczono w glebie na głębokości 3 (jęczmień) i 5 cm (groch).

W trakcie wegetacji ubytki wody w wazonach codziennie uzupełniano do 50% maksymalnej pojemności wodnej gleby. W laboratorium przez większość okresu wegetacji roślin utrzymywano temperaturę 20-22°C. W celu przejścia przez jęczmień procesu jarowizacji pod koniec fazy wschodów w laboratorium na okres 9. dni obniżono tempe-

ratuę do 6-8°C. W pierwszym i trzecim cyklu, z uwagi na to, że realizowano je w innych niż w rzeczywistości warunkach, stosowano sztuczne doświetlanie roślin; jego długość dostosowano do wymagań obu gatunków.

W okresie, w którym zboże osiągnęło odpowiednią fazę rozwojową, wszystkie rośliny usuwano z wazonów (przeznaczonych dla danej fazy rozwojowej), a następnie oddzielano część nadziemną od korzeni. Korzenie dokładnie wyplukano na sitach i delikatnie oddzielono od siebie. W częściach nadziemnych – w miarę rozwoju roślin – wydzielano łodygi, liście, kłosa i strąki. Wyodrębnione części roślin (korzenie i części nadziemne) suszono do powietrznie suchej masy, a następnie ważono. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia szybkości wzrostu łanu jęczmienia jarego i grochu siewnego (CGR) za pomocą wzoru [Sobkowicz 2003]:

$$\text{CGR} = (\text{dWc}/\text{dt}) \times (1/\text{P})$$

gdzie:

CGR – szybkość wzrostu łanu,

dWc – przyrost biomasy łanu, g s.m.,

dt – okres, w którym odbywa się przyrost biomasy,

P – powierzchnia, m<sup>2</sup>.

Dane liczbowe przedstawiono w postaci wartości średnich z trzech cykli badań. Opracowano je statystycznie analizą wariancji, stosując do oceny różnic międzyobiektywnych test Tukeya.

## WYNIKI

Siew współrzędny jęczmienia jarego z grochem siewnym nie różnicował nadziemnej masy tego zboża tylko w okresie wschodów (tab. 1). Rośliny były wówczas małe, każda z nich dysponowała dostateczną przestrzenią życiową (nie zacięniały się), a dostępność wody i biogenów zapewniała pokrycie ich łącznych potrzeb. Sytuacja uległa zmianie w fazie krzewienia, podczas której dyspozycyjne zasoby okazały się niewystarczające w stosunku do potrzeb roślin; rozpoczęła się konkurencja między nimi, której siła wzrastała do zakończenia kłoszenia. Objawiało się to redukcją nadziemnej masy jęczmienia o blisko 30% w fazie krzewienia, a w czasie kłoszenia już o 55%. Intensywność omawianego procesu uległa nieznacznemu złagodzeniu w okresie dojrzewania roślin (sucha masa jęczmienia w mieszance z grochem była o 50,6% mniejsza niż w siewie czystym). Ujemny wpływ grochu na suchą masę nadziemną roślin jęczmienia był w pewnym stopniu modyfikowany przez warunki glebowe. Reakcja jęczmienia na obecność rośliny strączkowej w obydwu wariantach glebowych okazała się podobna w fazach: krzewienia, kłoszenia i dojrzewania. W okresie strzelania w źdźbło, w którym następuje najbardziej dynamiczny przyrost biomasy, jej redukcja była natomiast zdecydowanie większa na podłożu zwięźlejszym (na glebie lekkiej obniżenie wynosiło 28,0%, a na ciężkiej – aż 45,6%). Być może zaistniałe różnice wynikają z bujniejszego rozwoju na tej glebie masy vegetatywnej grochu, co skutkowało odpowiednio większym pobieraniem biogenów i zmniejszeniem ich zasobów pozostawionych do „dyspozycji” jęczmienia.

Tabela 1. Sucha masa nadziemna roślin, g-wazon<sup>-1</sup>  
 Table 1. Overground dry mass of plants, g-pot<sup>-1</sup>

Faza rozwojowa jęczmienia jarego Development stage of spring barley	Gleba lekka – Light soil		Gleba ciężka – Heavy soil		Średnia – Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Jęczmień jary – Spring barley						
Wschody Seedling growth	1,02	1,01	0,94	0,91	0,98	0,96
Krzewienie Tillering	4,73	3,22	4,98	3,38	4,86	3,30
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	6,60	4,75	8,98	4,89	7,79	4,82
Kłoszenie Heading	34,48	15,89	32,17	13,78	33,33	14,84
Dojrzewanie Ripening	43,89	21,76	56,35	27,73	50,12	24,75
Groch siewny – Field pea						
Wschody Seedling growth	1,06	0,93	1,20	1,17	1,13	1,05
Krzewienie Tillering	3,17	2,30	3,94	3,24	3,56	2,77
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	4,91	3,35	7,85	5,46	6,38	4,41
Kłoszenie Heading	16,60	12,64	25,29	9,73	20,94	11,19
Dojrzewanie Ripening	24,56	11,97	30,09	13,89	27,33	12,93

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

jęczmienia jarego – spring barley:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	1,33
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	2,45
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	3,20
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,80
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	2,36
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns

grochu siewnego – field pea:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	1,90
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	2,20
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,40
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	4,12
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	7,60
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences	

Negatywny wpływ zboża na akumulację suchej masy nadziemnej grochu uwidocznił się już podczas wschodów i w miarę postępującej vegetacji systematycznie się pogłębiał, choć w pierwszych dwóch fenofazach (wschodów i krzewienia) nie zostało to potwierdzone statystycznie. Ostatecznie w okresie dojrzewania groch w siewie współrzędnym wytworzył masę aż o 52,8% mniejszą. Należy sądzić, iż w miarę upływu czasu zasoby środowiska ulegały stopniowemu wyczerpywaniu, redukując „plon” obu współegzystujących gatunków. Ujemne oddziaływanie zboża na przyrost biomasy grochu obserwowano na obydwu glebach, jednak na lekkiej potwierdzono to statystycznie tylko w fazie dojrzewania, a na ciężkiej – podczas strzelania w źdźbło, kłoszenia i dojrzewania. W okresie wschodów i krzewienia większe różnice pomiędzy sposobami siewu odnotowano na glebie lekkiej; w fazie strzelania w źdźbło jęczmienia oddziaływał na groch podobnie w obu siedliskach, zaś podczas kłoszenia redukcja biomasy w mieszance na glebie ciężkiej była zdecydowanie większa niż na lekkiej (wynosiła 61,5%, wobec 23,9% – na lekkiej). W końcowym okresie vegetacji wpływ badanych podłoży glebowych uległ wyrównaniu, bowiem łączna uprawa grochu z jęczmieniem skutkowała podobną redukcją biomasy (na glebie lekkiej – 51,3%, zaś na ciężkiej – 53,8%).

Wyżej zobrazowane zmiany w suchej masie nadziemnej obu gatunków wywołane sposobami siewu były pochodną jej akumulacji w poszczególnych częściach roślin (łodygach, liściach i kwiatostanach). Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że uprawa jęczmienia z grochem, w porównaniu z siewem czystym, sukcesywnie zmniejszała suchą masę źdźbeł w fazach: strzelania w źdźbło i kłoszenia, a podczas dojrzewania odnotowano osłabienie tego negatywnego wpływu. Redukcja biomasy wynosiła kolejno: w fazie strzelania w źdźbło – 44,0, kłoszenia – 53,5, zaś dojrzewania – 43,1%. Z wyjątkiem fazy dojrzewania, spadek masy źdźbeł przybierał podobne rozmiary jak całej masy nadziemnej. Natomiast w okresie dojrzewania jej redukcja była relatywnie mniejsza. Ujemny wpływ grochu na gromadzenie suchej masy w źdźbłach jęczmienia odnotowano na obydwu glebach. W fazach kłoszenia i dojrzewania redukcja masy przybierała podobną wielkość na obu podłożach, zaś w okresie strzelania w źdźbło gorzej wypadła gleba zwięźlejsza; spadek masy źdźbeł w stosunku do siewu czystego wyniósł: na glebie lekkiej – 34,8%, a na ciężkiej – prawie 50%. Analogicznie do źdźbeł jęczmienia, pod wpływem sposobów siewu następowały również zmiany w biomase łodyg grochu. Siew współrzędny ograniczał ich przyrost do samego końca vegetacji, przy czym proces ten z nieco mniejszym nasileniem przebiegał w fazie krzewienia jęczmienia (redukcja o 23,3%), z większym zaś w dalszych okresach (spadek od 30,9 do 37,0%). Należy zaznaczyć, że w okresach odpowiadających fazie krzewienia i strzelania w źdźbło jęczmienia masa łodyg grochu zmieniała się pod wpływem sposobów siewu proporcjonalnie do masy całych roślin, zaś podczas kłoszenia i dojrzewania była zdecydowanie mniejsza. Relacje pomiędzy sposobami siewu ulegały modyfikacjom w zależności od warunków glebowych. Na glebie lekkiej najsilniejszą reakcję na ten czynnik odnotowano w okresie krzewienia i strzelania w źdźbło, zaś najslabszą w czasie kłoszenia jęczmienia. Z kolei na glebie ciężkiej do fazy kłoszenia jęczmienia różnica pomiędzy sposobami siewu ulegała pogłębianiu (w fazie kłoszenia masa łodyg grochu w mieszance była mniejsza prawie aż o 60%), a pod koniec vegetacji nieco się zmniejszyła (do 45,5%); jednakże w tych warunkach edaficznych ograniczenie masy łodyg było mniejsze niż całej części nadziemnej.

Tabela 2. Sucha masa łodyg roślin, g-wazon<sup>-1</sup>  
 Table 2. Dry mass of plant stems, g-pot<sup>-1</sup>

Faza rozwojowa jęczmienia jarego Development stage of spring barley	Gleba lekka – Light soil		Gleba ciężka – Heavy soil		Średnia – Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Jęczmień jary – Spring barley						
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	2,56	1,67	3,94	1,98	3,25	1,82
Kłoszenie Heading	17,63	8,37	16,61	7,54	17,12	7,96
Dojrzewanie Ripening	18,27	10,37	22,43	12,77	20,35	11,57
Groch siewny – Field pea						
Wschody Seedling growth	1,06	0,93	1,20	1,17	1,13	1,05
Krzewienie Tillering	1,82	1,26	2,10	1,71	1,93	1,48
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	3,24	2,08	4,84	3,50	4,04	2,79
Kłoszenie Heading	8,37	7,72	12,17	5,22	10,27	6,47
Dojrzewanie Ripening	7,81	5,78	10,18	5,55	8,99	5,67

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

jęczmienia jarego – spring barley:

strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,52
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,73
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	2,04
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	2,55
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns

grochu siewnego – field pea:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	0,21
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,32
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,52
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	1,07
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	2,85
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	4,03
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	2,32
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	1,01

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

Sposób siewu znacząco (istotnie) różnicował masę liści obu gatunków od fazy krzewienia jęczmienia do dojrzewania roślin; zawsze na niekorzyść siewu mieszanego (tab. 3).

Tabela 3. Sucha masa liści roślin, g-wazon<sup>-1</sup>  
 Table 3. Dry mass of plant leaves, g-pot<sup>-1</sup>

Faza rozwojowa jęczmienia jarego Development stage of spring barley	Gleba lekka – Light soil		Gleba ciężka – Heavy soil		Średnia – Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Jęczmień jary – Spring barley						
Wschody Seedling growth	1,02	1,01	0,94	0,91	0,98	0,96
Krzewienie Tillering	2,69	1,76	2,75	1,90	2,72	1,83
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	4,04	3,08	5,04	2,91	4,54	3,00
Kłoszenie Heading	13,00	6,07	12,64	5,54	12,82	5,81
Dojrzewanie Ripening	10,53	5,40	12,04	5,06	11,29	5,23
Groch siewny – Field pea						
Krzewienie Tillering	1,35	1,04	1,84	1,53	1,60	1,29
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	1,95	1,27	3,01	1,96	2,48	1,62
Kłoszenie Heading	3,40	2,22	4,41	2,32	3,91	2,27
Dojrzewanie Ripening	1,50	0,84	2,25	0,88	1,88	0,86

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

jęczmienia jarego – spring barley:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	0,34
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,38
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,84
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,20
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	6,08
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	1,15
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	4,60

grochu siewnego – field pea:

krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	0,30
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,35
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,73
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,82
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,56
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,12
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	1,00
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,57

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

U jęczmienia przewaga siewu czystego nad współrzędnym systematycznie wzrastała, przybierając największe rozmiary w dwóch końcowych fazach, tj. kłoszenia (o 54,7%) i dojrzewania (o 53,7%). Tak więc przez cały okres współrzędnej uprawy komponent



strąckowy – poprzez zacienianie – hamująco wpłynął na rozwój liści jęczmienia, a w konsekwencji na tempo przebiegu fotosyntezy. Zmniejszenie biomasy liści wykazało jeszcze silniejszy związek z redukcją masy całej części nadziemnej niż w przypadku źdźbeł. Groch wpływał ujemnie na przyrost aparatu asymilacyjnego jęczmienia bez względu na warunki edaficzne, przy czym – z wyjątkiem fazy krzewienia – siła jego oddziaływania była zdecydowanie większa na glebie ciężkiej. Tu redukcja masy liści, spowodowana łączną uprawą obu gatunków, ułożyła się proporcjonalnie do obniżenia całej nadziemnej masy jęczmienia od fazy krzewienia do końca kłoszenia, zaś podczas dojrzewania była wyraźnie większa (masa liści mniejsza o prawie 60%, zaś całych roślin o około 50%). Podobnie na współrzędną uprawę reagował groch. Masa liści tej rośliny w fazie krzewienia w siewie współrzędnym była mniejsza niż w czystym o prawie 20%, zaś pod koniec wegetacji prawie aż o 55%. Redukcja ta do końca fazy kłoszenia jęczmienia była podobna jak całej masy wegetatywnej, zaś podczas dojrzewania nieco mniejsza. Zbożowy komponent grochu na glebie lekkiej w fazie krzewienia silniej niż na ciężkiej ograniczał przyrost masy liści; w fazie strzelania w źdźbło na obu podłożach wpływy te uległy wyrównaniu, a w końcowych etapach wegetacji roślin zdecydowanie silniej redukowało on masę liści na podłożu zwięźlejszym. Ich masa w stosunku do siewu czystego była mniejsza: na glebie lekkiej o 44%, zaś na ciężkiej – o ponad 60%. Sugeruje to konkluzję, iż w mocniejszym siedlisku, w drugiej części wspólnej wegetacji, zboże silniej redukowało masę liści grochu aniżeli jego łodyg.

Sposób siewu w istotny sposób wpływał także na gromadzenie suchej masy w kłosach jęczmienia. Z danych przedstawionych w tabeli 4 wynika, że w obydwu siedliskach stwierdzono negatywny wpływ grochu na ich dorodność. Z największą siłą ujawnił się on na glebie ciężkiej w fazie kłoszenia, gdzie masa kłosów w siewie czystym była ponad 4-krotnie większa niż we współrzędnym. Najprawdopodobniej był to skutek bujnego rozwoju masy wegetatywnej grochu, który „przerósł” rośliny jęczmienia, ograniczając ich przestrzeń życiową i dopływ światła. Różnica spowodowana sposobem siewu na glebie lekkiej utrzymała się do końca wegetacji, zaś na ciężkiej – choć w stosunku do fazy kłoszenia uległa znacznemu zmniejszeniu – masa kłosów w siewie współrzędnym pozostała ponad 2-krotnie mniejsza niż w czystym. Pod wpływem sposobu siewu w największym stopniu różnicowana była masa strąków grochu. W siewie czystym – w stosunku do współrzędnego – przeciętnie dla obu kategorii gleb była ona większa: prawie 3-krotnie w fazie kłoszenia jęczmienia i 2-krotnie podczas dojrzewania. Skalę redukcji masy strąków różnicowały warunki glebowe. Na glebie lekkiej w okresie kłoszenia jęczmienia, siew współrzędny w niewielkim (nieistotnym) stopniu wpływał ujemnie na dorodność strąków, ale już podczas dojrzewania w bardzo dużym stopniu redukowało ich masę; w siewie czystym była ona aż 2,6-krotnie większa. Z kolei na glebie ciężkiej zacienianie przez zboże skutkowało późniejszym niż w siewie czystym wejściem grochu w okres rozwoju generatywnego; w fazie kłoszenia jęczmienia rozpoczął się dopiero proces zawiązywania strąków. Sprawilo to, że różnice pomiędzy sposobami siewu przybrały bardzo duże wartości; masa strąków w siewie czystym była aż ponad 5-krotnie większa niż we współrzędnym. Groch „starał się nadrobić straty” w okresie późniejszym; liczba strąków na roślinie była nawet większa niż w siewie czystym, a ich wypełnienie nasionami niewiele mniejsze [Michalska i Wanic 2008], niemniej wyraźnie ustępował on grochowi z siewu czystego. Pod koniec wegetacji masa strąków w siewie czystym okazała się 1,7-krotnie większa niż w mieszance.

Tabela 4. Sucha masa kłosów i strąków roślin, g-wazon<sup>-1</sup>  
 Table 4. Dry mass of plant heads and hulls, g-pot<sup>-1</sup>

Faza rozwojowa jęczmienia jarego Development stage of spring barley	Gleba lekka – Light soil		Gleba ciężka – Heavy soil		Średnia – Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Jęczmień jary – Spring barley						
Kłoszenie Heading	3,85	1,45	2,92	0,70	3,38	1,07
Dojrzewanie Ripening	15,09	5,99	21,88	9,90	18,49	7,95
Groch siewny – Field pea						
Kłoszenie Heading	3,30	2,70	8,71	1,50	6,01	2,10
Dojrzewanie Ripening	10,80	4,15	16,07	9,32	13,44	6,74

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

jęczmienia jarego – spring barley:

kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,18
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	1,23
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	2,92
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	4,13

grochu siewnego – field pea:

kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	0,86
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	1,22
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	2,36
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	5,27

Dane zawarte w tabeli 5 przedstawiają zmiany w masie korzeni jęczmienia i grochu, zachodzące pod wpływem sposobu siewu. Wynika z nich, że od fazy krzewienia do końca wegetacji obecność grochu w zdecydowanie większym stopniu ograniczała masę korzeni jęczmienia niż ich długość [Michalska i Wanic 2008]. Różnice pomiędzy siewem współrzędnym a czystym w miarę upływu czasu ulegały pogłębieniu (poza fazą strzelania w źdźbło); w fazie krzewienia wynosiły one 37,6%, a podczas dojrzewania już 52,3%. Siew współrzędny na obydwu ocenianych podłożach redukował masę korzeniową w stopniu zbliżonym od krzewienia do dojrzewania. W fazie dojrzewania natomiast spadek ten na glebie ciężkiej był ponad 2-krotnie większy niż na lekkiej. Także jęczmień wpływał ujemnie na masę korzeni grochu (z wyjątkiem okresu strzelania w źdźbło), jednakże w poszczególnych fenofazach i w odmiennych warunkach edaficznych siła tego oddziaływania była różna. Na glebie lekkiej, podczas wschodów roślin wpływ ten nie ujawniał się w ogóle (tymczasem na ciężkiej, podczas masy korzeniowej osiągnęła wartość 35,8%), a w okresie krzewienia skutkowało ponad 40,0% jej zmniejszeniem. W fazie strzelania w źdźbło odnotowano korzystny wpływ jęczmienia na biomasa korzeni grochu (ale nie potwierdzony statystycznie), jednak w dalszych etapach wegetacji roślin sytuacja uległa odwróceniu. W siewie współrzędnym masa korzeni grochu była mniejsza: w fazie kłoszenia o ponad 35%, a dojrzewania – o około 60%.

Tabela 5. Sucha masa korzeni roślin, g-wazon<sup>-1</sup>  
 Table 5. Dry mass of plant roots, g-pot<sup>-1</sup>

Faza rozwojowa jęczmienia jarego Development stage of spring barley	Gleba lekka – Light soil		Gleba ciężka – Heavy soil		Średnia – Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Jęczmień jary – Spring barley						
Wschody Seedling growth	0,51	0,72	0,40	0,40	0,46	0,56
Krzewienie Tillering	1,39	0,90	0,95	0,56	1,17	0,73
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	3,22	2,05	1,70	1,27	2,46	1,66
Kłoszenie Heading	4,59	2,92	4,42	2,50	4,51	2,71
Dojrzewanie Ripening	2,56	1,75	4,32	1,52	3,44	1,64
Groch siewny – Field pea						
Wschody Seedling growth	0,94	0,92	0,95	0,61	0,95	0,77
Krzewienie Tillering	1,59	0,95	0,94	0,63	1,27	0,79
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	1,62	1,72	1,40	1,25	1,51	1,49
Kłoszenie Heading	2,76	1,79	2,89	0,93	2,83	1,36
Dojrzewanie Ripening	2,38	0,92	2,42	1,07	2,40	1,00

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

jęczmienia jarego – spring barley:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	0,34
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,63
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,26
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	1,09
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	2,74

grochu siewnego – field pea:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,27
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	0,47
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,59
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	1,29
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,86
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	0,73
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	1,07

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

W siedlisku zwięźlejszym obecność zboża ograniczała rozwój korzeni grochu przez cały okres wegetacji: najslabiej w fazie strzelania w źdźbło (redukcja o 10,7% – nieistotna), najwyraźniej w okresie kłoszenia (w stosunku do siewu czystego o 67,8%). Należy zaznaczyć, że zaistniałe różnice w końcowym okresie wegetacji uległy wyraźnemu zmniejszeniu (do 55,8%), co prawdopodobnie wynika z nieco dłuższego okresu wegetacji roślin w łanie mieszanym niż jednogatunkowym. W siewie czystym groch wcześniej wszedł w okres dojrzewania, w związku z tym jego korzenie zaczęły zamierać, a w mieszance ich rozwój trwał nadal.

Zestawione w tabeli 6 liczby obrazują sumaryczną masę części nadziemnej i korzeniowej obu roślin. Wynika z nich, że współrzędna uprawa z grochem wpłynęła dodatnio na dorodność jęczmienia tylko podczas wschodów na glebie lekkiej (na ciężkiej siew współrzędny nie różnicował tej cechy). Ujemny jego wpływ zaznaczył się natomiast (i to z dużą siłą) już od fazy krzewienia i w miarę upływu czasu ulegał systematycznemu wzrostowi. Redukcja suchej masy nastąpiła w stopniu zbliżonym na obydwu kategoriach gleby (z wyjątkiem fazy strzelania w źdźbło, w której na glebie ciężkiej proces ten przebiegał z większym nasileniem). Ostatecznie, jednostkowa wydajność suchej masy jęczmienia w siewie współrzędnym była o 49,4% (na glebie lekkiej) i o 51,8% (na ciężkiej) mniejsza niż w czystym. Podobną reakcję na obecność komponenta wykazywał groch. Na glebie lekkiej siew współrzędny najmniej (nieistotnie) redukował biomasę w fazie wschodów; od momentu krzewienia do dojrzewania różnica mieściła się w przedziale od 22,4 (faza strzelania w źdźbło) do 31,7% (krzewienie), zaś najwyższe wartości przybrała podczas dojrzewania (spadek aż o 52,2%). Z kolei na glebie ciężkiej łączna uprawa grochu ze zbożem, w stosunku do siewu czystego, prowadziła do systematycznego zmniejszenia masy od początku wegetacji do fazy kłoszenia (redukcja w granicach 17,2-27,5%), bardzo dużego w fazie kłoszenia (o 62,2%) i nieco mniejszego (ale również wysokiego) podczas dojrzewania (o 54,0%). Jakkolwiek proces różnicowania się biomasy na obydwu glebach przebiegał różnie, niemniej jednak ostatecznie doprowadził do podobnej jej redukcji.

W obecności rośliny strączkowej przyrosty łanu jęczmienia były mniejsze niż w siewie czystym (tab. 7). Istotne różnice pomiędzy siewem współrzędnym a czystym zaznaczyły się już na początku wspólnej wegetacji i ulegały powiększaniu do fazy kłoszenia, osiągając największą wartość pomiędzy strzelaniem w źdźbło a kłoszeniem (61,3%). W ostatnim etapie wzrostu i rozwoju uległy one zmniejszeniu (do 40%) i okazały się nieistotne. Proces ten ulegał pewnym zmianom pod wpływem warunków glebowych. W obu siedliskach siew współrzędny w podobnym stopniu spowalniał tempo akumulacji suchej masy pomiędzy wschodami a krzewieniem oraz strzelaniem w źdźbło a kłoszeniem. W pierwszym z wymienionych okresów przewaga siewu czystego nad współrzędnym wynosiła zarówno na glebie lekkiej, jak i ciężkiej 0,09 g na dzień, natomiast w drugim – na podłożu lżejszym – 0,49, a zwięźlejszym – 0,42 g na dzień. Różności pomiędzy ocenianymi siedliskami dotyczyły czasu pomiędzy krzewieniem a strzelaniem w źdźbło oraz kłoszeniem a dojrzewaniem. W obu tych okresach różnice pomiędzy dziennymi przyrostami suchej masy pomiędzy siewem czystym a współrzędnym były większe na glebie ciężkiej niż na lekkiej. Na glebie lekkiej ujawniły się one w postaci tendencji, a na ciężkiej przybrały charakter istotny.

Tabela 6. Całkowita sucha masa roślin, g·wazon<sup>-1</sup>  
Table 6. Total dry mass of plants, g·pot<sup>-1</sup>

Faza rozwojowa jęczmienia jarego Development stage of spring barley	Gleba lekka – Light soil		Gleba ciężka – Heavy soil		Średnia – Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Jęczmień jary – Spring barley						
Wschody Seedling growth	1,53	1,73	1,34	1,31	1,44	1,52
Krzewienie Tillering	6,12	4,12	5,93	3,94	6,03	4,03
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	9,82	6,80	10,68	6,16	10,25	6,48
Kłoszenie Heading	39,07	18,81	36,59	16,28	37,83	17,55
Dojrzewanie Ripening	46,45	23,51	60,67	29,25	53,56	26,38
Groch siewny – Field pea						
Wschody Seedling growth	2,00	1,85	2,15	1,78	2,08	1,82
Krzewienie Tillering	4,76	3,25	4,88	3,87	4,82	3,56
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	6,53	5,07	9,25	6,71	7,89	5,89
Kłoszenie Heading	19,36	14,43	28,18	10,66	23,77	12,55
Dojrzewanie Ripening	26,94	12,89	32,51	14,96	29,73	13,93

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

jęczmienia jarego – spring barley:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,13
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	1,53
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	2,64
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	3,73
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	7,90
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	11,8
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns

grochu siewnego – field pea:

wschody – seedling growth: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,34
krzewienie – tillering: sposób siewu – sowing method	1,04
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,98
strzelanie w źdźbło – stem elongation: sposób siewu – sowing method	1,89
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	1,28
kłoszenie – heading: sposób siewu – sowing method	11,11
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	15,44
dojrzewanie – ripening: sposób siewu – sowing method	12,03
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	13,67
ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences	

Tabela 7. Szybkość wzrostu łanu jęczmienia jarego, g·dzień<sup>-1</sup>·wazon<sup>-1</sup>  
 Table 7. Growth rate of spring barley, g·day<sup>-1</sup>·pot<sup>-1</sup>

Międzyfazy Interphases	Gleba lekka Light soil		Gleba ciężka Heavy soil		Średnia Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Wschody – krzewienie Seedling growth – tillering	0,22	0,13	0,24	0,15	0,23	0,14
Krzewienie – strzelanie w źdźbło Tillering – stem elongation	0,18	0,14	0,37	0,14	0,28	0,14
Strzelanie w źdźbło – kłoszenie Stem elongation – heading	0,82	0,33	0,68	0,26	0,75	0,29
Kłoszenie – dojrzewanie Heading – ripening	0,25	0,16	0,65	0,37	0,45	0,27

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

wschody – krzewienie – seedling growth – tillering: sposób siewu – sowing method	0,08
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – strzelanie w źdźbło – tillering – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,11
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,19
strzelanie w źdźbło – kłoszenie – stem elongation – heading: sposób siewu – sowing method	0,39
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
kłoszenie – dojrzewanie – heading – ripening: sposób siewu – sowing method	ni – ns
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,20
ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences	

Obecność jęczmienia spowalniała tempo wzrostu grochu już od początku wegetacji (tab. 8). Proces ten w miarę upływu czasu ulegał nasileniu. W okresie między wschodami a krzewieniem różnica pomiędzy siewem czystym a współrzędnym średnio dla obu gleb wynosiła 50,0% (0,05 g na dzień), natomiast między kłoszeniem a dojrzewaniem była już 4-krotna (0,14 g na dzień). Siew współrzędny, z wyjątkiem okresu pomiędzy wschodami a krzewieniem, w większym stopniu ograniczał akumulację suchej masy w nadziemnych częściach roślin na glebie ciężkiej niż na lekkiej. Na obiekcie tym szczególnie wyraźnie uwidoczniło się to w czasie dynamicznego wzrostu (strzelania w źdźbło – kłoszenia), w którym tempo wzrostu grochu w siewie współrzędnym z jęczmieniem było wolniejsze niż w siewie czystym aż o 74,5%. W mieszance na glebie lekkiej pomiędzy kłoszeniem a dojrzewaniem odnotowano spadek masy w stosunku do poprzedniego okresu, co należy wiązać z wcześniejszym zakończeniem okresu wegetacji przez groch. Tymczasem na glebie ciężkiej trwał on nadal, o czym świadczy zachodzący do samego końca proces gromadzenia suchej masy.

Z przedstawionej dokumentacji wynika, że w uprawie współrzędnej oba gatunki wysiane w zagęszczeniu dwukrotnie większym niż w siewie czystym zareagowały na taki sposób uprawy spowolnieniem procesu akumulacji biomasy w całym okresie wegetacji. Oddziaływanie grochu na jęczmień nasilało się do fazy kłoszenia, a w ostatnim etapie wegetacji uległo osłabieniu, a jęczmienia na groch sukcesywnie wzrastało do końca wegetacji. Z wyjątkiem okresu pomiędzy kłoszeniem a dojrzewaniem groch w większym stopniu spowalniał proces akumulacji suchej masy w częściach nadziemnych jęczmienia, niż miało to miejsce w sytuacji odwrotnej.

Tabela 8. Szybkość wzrostu łanu grochu siewnego, g·dzień<sup>-1</sup>·wazon<sup>-1</sup>  
 Table 8. Growth rate of field pea, g·day·pot<sup>-1</sup>

Międzyfazy Interphases	Gleba lekka Light soil		Gleba ciężka Heavy soil		Średnia Mean	
	Sposób siewu – Sowing method					
	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture	czysty pure	współrzędny mixture
Wschody – krzewienie Seedling growth – Tillering	0,13	0,08	0,16	0,12	0,15	0,10
Krzewienie – strzelanie w źdźbło Tillering – Stem elongation	0,16	0,10	0,37	0,21	0,27	0,15
Strzelanie w źdźbło – kłoszenie Stem elongation – heading	0,34	0,27	0,51	0,13	0,43	0,20
Kłoszenie – dojrzewanie Heading – Ripening	0,23	-0,02	0,14	0,12	0,19	0,05

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub> dla – for:

wschody – krzewienie – seedling growth – tillering: sposób siewu – sowing method	0,03
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns
krzewienie – strzelanie w źdźbło – tillering – stem elongation: sposób siewu – sowing method	0,10
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,05
strzelanie w źdźbło – kłoszenie – stem elongation – heading: sposób siewu – sowing method	0,17
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	0,20
kłoszenie – dojrzewanie – heading – ripening: sposób siewu – sowing method	0,11
współdziałanie – interaction: kategoria gleby x sposób siewu – soil category x sowing method	ni – ns

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

## DYSKUSJA

W badaniach własnych uprawa współrzędna skutkowała mniejszą akumulacją suchej masy w nadziemnych częściach zarówno jęczmienia jarego, jak i grochu siewnego w całym okresie wegetacji (z wyjątkiem jego początkowego okresu u jęczmienia). Od krzewienia do końca wegetacji zdecydowanie lepszy okazał się siew czysty, a różnice pomiędzy siewem współrzędnym a czystym w przypadku jęczmienia narastały do końca kłoszenia, po czym uległy niewielkiemu złagodzeniu, natomiast w odniesieniu do grochu trwały do końca wspólnej uprawy, kształtując w efekcie końcowy plon nadziemnej masy obu gatunków na poziomie o połowę mniejszym niż w siewie czystym. Tymczasem z badań Lamba i in. [2007] wynika, że ujemne efekty wspólnej uprawy wyraźniej uwidaczniają się u roślin młodszych niż z zaawansowaną wegetacją. Pod koniec wegetacji siła negatywnych oddziaływań często ulega osłabieniu, co związane jest głównie z różnym okresem dojrzewania gatunków. W sytuacji gdy jeden z gatunków wcześniej kończy wegetację, jego potrzeby życiowe stają się niewielkie, drugi może więc bez przeszkód korzystać ze światła i pozostałych tylko do jego dyspozycji czynników środowiska [Bulson i in. 1997, Sobkowicz 2003]. Stwierdzenie to w badaniach własnych odnieść można jednak tylko do oddziaływania grochu na jęczmień. Sobkowicz [2005], obserwując proces konkurencji pomiędzy pszenżytem jarym a bobikiem w początkowym okresie wegetacji w siewie mieszanym odnotował redukcję nadziemnej suchej masy zboża o 11, a bobiku o 22%. Jeszcze większe różnice pomiędzy siewem mieszanym a czystym kukurydzy i grochu – 41 i 47% wykazali Semere i Froud-Williams [2001]. Stwierdzili również redukcję powierzchni liści tych roślin, co

jest pośrednio zbieżne z wynikami badań własnych. Michalski i Kowalik [2006] udowodnili, że wydajność suchej masy kukurydzy uprawianej łącznie z łubinem była mniejsza niż w siewie czystym. Tymczasem w innym doświadczeniu Sobkowicz [2003] nie odnotował zmian w gromadzeniu suchej masy w poszczególnych organach (również liściach) pod wpływem mieszanego sposobu siewu.

Masa korzeniowa obu gatunków przyrastała do fazy kłoszenia jęczmienia, po czym nastąpiła jej redukcja. Jest to zbieżne z wynikami uzyskanymi przez Malickiego i Pałysa [1985], z których wynika, że zboża najobfitsze korzenie mają w czasie kłoszenia, po czym w czasie dojrzwania ich masa maleje. Zdaniem autorów pod koniec wegetacji następuje stopniowe zamieranie i rozkład korzeni, a w konsekwencji również ubytek ich masy. Od fazy wschodów do końca strzelania w źdźbło bardziej sprzyjające warunki do wytwarzania masy korzeniowej jęczmienia panowały w glebie lekkiej. W okresie kłoszenia różnice pomiędzy ocenianymi siedliskami uległy zatarciu, a podczas dojrzwania lepszą okazała się gleba ciężka. W przypadku grochu siewnego przewaga w tym względzie gleby lekkiej nad ciężką trwała do fazy kłoszenia jęczmienia, a podczas dojrzwania relacje uległy odwróceniu. Wyniki badań własnych po części wykazują zbieżność z uzyskanymi przez Malickiego i Pałysa [1985], zgodnie z którymi masa korzeniowa zbóż, bez względu na ich gatunek, jest większa na glebach lżejszych niż zwięzłych. Masa korzeniowa obu gatunków w siewie współrzędnym była mniejsza niż w czystym w całym okresie wegetacji, zwłaszcza w środowisku gleby ciężkiej. Trudno podjąć szerszą dyskusję na powyższy temat z racji braku stosownych w tym zakresie badań. Pośrednio można tylko powołać się na pracę Ignaczaka i Andrzejewskiej [1997], z której wynika, że jedną z przyczyn zmniejszenia się wydajności bobiku wysiewanego razem ze zbożami jest redukcja jego masy korzeniowej. Także Treder i in. [2008], obserwując proces konkurencji pomiędzy pszenicą jarą a jęczmieniem jarym, stwierdzili redukcję masy korzeniowej obu zbóż, a jej skala była podobna jak w przypadku części nadziemnych.

## WNIOSKI

1. Siew współrzędny jęczmienia jarego z grochem siewnym, na tle siewów czystych obydwu gatunków, skutkował redukcją zarówno ich masy nadziemnej, jak i korzeni. U jęczmienia uwidoczniło się to już podczas wschodów, a u grochu – w fazie krzewienia jęczmienia. Różnice na niekorzyść siewu współrzędnego w miarę zaawansowania wegetacji ulegały pogłębieniu.

2. Współrzędna uprawa obu gatunków najslabiej ograniczała gromadzenie suchej masy w łodygach, a najbardziej – w kłosach i strąkach.

3. W siewie współrzędnym zmniejszenie całkowitej masy jęczmienia oraz części nadziemnych grochu na glebach obu kategorii przebiegało podobnie, natomiast w przypadku korzeni grochu silniejszą reakcją na taki sposób siewu w pierwszym etapie wegetacji (od wschodów do strzelania w źdźbło jęczmienia) odnotowano na glebie ciężkiej, zaś w końcowym jej okresie (kłoszenie – dojrzwanie) była ona niezależna od kategorii gleby.

4. Siew współrzędny u obu gatunków spowalniał tempo gromadzenia masy w całym okresie wegetacji. Groch w większym stopniu hamował jej przyrosty u jęczmienia aniżeli w relacji odwrotnej (wpływ jęczmienia na groch).



**PIŚMIENNICTWO**

- Bulson H.A.J., Snaydon R.W., Stopes C.E., 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agric. Sci. Camb.* 128, 59-71.
- Ceglarek F., Brodowski H., Buraczyńska D., Piąza A., 1997. Plonowanie mieszanek bobiku z pszenicą jarym w warunkach Polski środkowo-wschodniej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446, 383-387.
- Connolly J., Wayne P., Bazzaz F.A., 2001. Interspecific competition in plants: how well do current methods answer fundamental questions? *Americ. Nat.* 157(2), 107-125.
- Ignaczak S., Andrzejewska J., 1997. Rozwój i produktywność bobiku oraz zbóż w siewach jednogatunkowych lub mieszankach. Cz. I. Rozwój roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446, 355-363.
- Jokinen K., 1991. Competition and yield performance in mixtures of oats and barley – nitrogen fertilization, density and proportion of the components. *J. Agric. Sci. Fin.* 63, 321-340.
- Keddy P.A., 1989. Competition. Chapman and Hall. London New York.
- Keiffer C.H., Ungar I.A., 2001. The effect of competition and edaphic conditions on the establishment of halophytes on brine affected soils. *Wetlands Ecology and Management* 9, 469-481.
- 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(1), 21-33.
- Michalska M., Wanic M., 2008. Zmiany w obsadzie i cechach morfologicznych jęczmienia jarego i grochu siewnego pod wpływem oddziaływań konkurencyjnych. *Fragm. Agron.* (w druku).
- Michalski T., Kowalik I., 2006. Reakcja roślin strączkowych na współrzedną uprawę z kukurydzą. *Mat. Konf. Znaczenie gospodarcze i biologia plonowania upraw mieszanych*, Poznań, 37-38.
- Malicki L., Pałys E., 1985. Resztki poźniwe ważniejszych gatunków zbóż na różnych glebach. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura* 40, 1-9.
- Nalborczyk E., 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. *Fragm. Agron.* 4(40), 147-150.
- Rudnicki F., 1997. Potencjalna przydatność odmian grochu do mieszanek ze zbożami. *Fragm. Agron.* 1(53), 8-18.
- 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.
- Snaydon R.W., 1991. Replacement or additive designs for competition studies? *J. Appl. Ecol.* 930-946.
- 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 we Wrocławiu, Rozprawy CXCV*, 5-105.
- Sobkowicz P., 2005. Shoot and root competition between spring triticale and field beans during early growth. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4(1), 117-126.
- Treder K., Wanic M., Nowicki J., 2008. Competition between spring wheat and spring barley under conditions of diversified fertilization. Part II. Influence on the biomass of plants and rate of its accumulation. *Acta Agrophys.* 11(3), 781-797.
- Wenda-Piesik A., Rudnicki F., 2007. Znaczenie doboru zbóż jarych i odmian grochu do mieszanki na glebie kompleksu żyniego dobrego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 516, 277-290.

**COMPETITION BETWEEN SPRING BARLEY AND FIELD PEAS UNDER  
DIVERSIFIED SOIL CONDITIONS  
PART I. BIOMASS ACCUMULATION AND PLANTS GROWTH RATE**

**Abstract.** During a pot experiment run at the greenhouse laboratory of University of Warmia and Mazury in Olsztyn (53°46'26" N; 20°29'30" E) in three series over 2002-2005 on light and heavy soils, the process of competition between spring barley and field peas was investigated for three periods determined by the development rhythm of barley as single crop, i.e. during the stages of: seedling growth (Zadoks 10-13), tillering (25), stem elongation (32), heading (55) and ripening (87-91). The experiment was established according to the additive pattern in 4 repetitions. During the determined periods the yields of dry mass from different parts of plants (stems, leaves, heads, hulls and roots) were determined. The data was used for computation of crop growth rate. It was shown that joint cultivation of both species, as compared to single crop cultivation, from the very beginning of vegetation led to reduction of their overground and root mass. The process intensified with the passage of time. The negative influence of the added component was less limiting for the dry mass increase in stems but it was the most pronounced in the heads and hulls. The type of soil base had no influence on the accumulation of dry mass in the plants of spring barley and in the overground parts of field pea as opposed to its roots where a larger reduction in roots biomass was recorded in heavy soil. In case of mixture crop, the biomass accumulation rate decrease was recorded for both species over the entire vegetation period.

**Key words:** competition, spring barley, field peas, light soil, heavy soil, plant biomass, crop growth rate

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.06.2008