

¹TADEUSZ ZAJĄC, ²JACEK ANTONKIEWICZ

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

²Katedra Chemii Rolnej

Akademia Rolnicza im H. Kołłątaja w Krakowie

ZAWARTOŚĆ I NAGROMADZENIE MAKROELEMENTÓW W BIOMASIE MIĘDZYPLONÓW ŚCIERNISKOWYCH I WSIEWEK ŚRÓDPLONOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD DOBORU GATUNKÓW I SPOSOBU ICH SIEWU

Content and accumulation of macroelements in biomass of catch crops and undersown crops
in dependence on selected species and method of their sowing

ABSTRAKT: Obserwowane współcześnie w Polsce zwiększenie się udziału zbóż w strukturze zasiewów, któremu towarzyszy ograniczenie powierzchni uprawy roślin dwuliściennych i spadek produkcji oraz stosowania obornika, są czynnikami skłaniającymi do poszukiwania roślinnych – międzyplonowych źródeł substancji organicznej i składników pokarmowych dla roślin następczych, głównie pszenicy ozimej. W latach 1997–1999 w doświadczeniu polowym przeprowadzonym na czarnoziemie zdegradowanym w Prusach koło Krakowa porównano plonowanie uprawianych po jęczmieniu ozimym wsiewek i międzyplonów. Oceną objęto zawartość w nich suchej masy oraz N, P, K, Mg, Ca, Na. Badaniami objęto plon suchej masy i jej skład chemiczny w odniesieniu do wsiewek życicy wielokwiatowej i koniczyny czerwonej oraz międzyplonów: owsa, gryki, bobiku i gorczycy białej, a także trzech mieszanek: bobik 50% + gorczyca 50%, gorczyca 33% + rzodkiew oleista 33% + facelia 33%, bobik 33% + peluszka 33% + wyka jara 33%. Stwierdzono, że w dobrych warunkach siedliska międzyplony ścierniskowe są lepszym źródłem biomasy nawozowej i makropierwiastków w porównaniu z wsiewkami śródplonowymi czy pozostawieniem nieobsianej zaoranej roli, na której rosną chwasty i samosiewy.

Wykazano że uprawa bobiku w mieszance z innymi roślinami strączkowymi umożliwia uzyskanie najwyższej zawartości azotu i w konsekwencji największy zbiór tego pierwiastka w nadziemnej biomacie, dlatego ten sposób siewu bobiku jest lepszy niż uprawa indywidualna (siew czysty). Natomiast gorczyca biała uprawiana jako międzyplon ścierniskowy w czystym siewie lub w dwu-trójgatunkowych mieszankach plonowała wysoko, a jej nadziemna biomasa jest wydajnym źródłem azotu, potasu i fosforu. Owies w uprawie międzyplonowej z uwagi na silne lub kłęskowe występowanie chorób na roślinach i w konsekwencji niski poziom plonowania łąno jest mniej odpowiednim gatunkiem w porównaniu z gryką, roślinami oleistymi, bobikiem i 2–3-gatunkowymi mieszankami.

słowa kluczowe – key words:

międzyplon – *catch crop*, gatunki – *species*, plonowanie – *yielding*, pierwiastki – *elements*, zawartość – *content*, pobranie – *uptake*

WSTĘP

Uprawa międzyplonów jest rozwiązaniem agrotechnicznym dobrze znanym nauce i praktyce rolniczej, niemniej poszukiwane są nowe możliwości dostosowujące ją do współczesnych warunków produkcji (1, 7, 11, 15, 18, 20, 21). W większości badań wykonanych wcześniej nad wykorzystaniem biomasy międzyplonów traktowano je jako źródło paszy dla zwierząt, dostarczające głównie białka (2, 10, 25). Uważano, że międzyplony złożone z jednorocznych roślin powinny się wysiewać po roślinach wcześniej schodzących z pola, czyli rzepaku ozimym i jęczmieniu, a więc w końcu lipca i na początku sierpnia (5). Krauss (13) podaje, że na początku lat 90. ujawniła się w produkcji rolniczej w skali całego kontynentu stała tendencja do stosowania mniejszych dawek nawożenia mineralnego. Odejście od wysokiego nawożenia mineralnego w krajach Europy Środkowej wywołały reformy polityczne i ekonomiczne, które legły u podstaw transformacji gospodarki narodowej. W Europie Zachodniej zmniejszenie nawożenia mineralnego wiązało się z wdrożeniem metod zintegrowanej uprawy roślin, połączonym z coraz większą dbałością o stan środowiska rolniczego. Zaistniała sytuacja zmusza do uprawy międzyplonów, traktowanych jako źródło makroskładników i materii organicznej (6, 17, 22) oraz poprawiających stanowisko dla zbóż, głównie pszenicy ozimej (15, 18, 21, 23).

Krzymski (14) podkreśla, że struktura zasiewów w Polsce pogarsza się wskutek coraz większego udziału zbóż, a w wielu gospodarstwach nie przestrzega się zaleceń agrotechnicznych dotyczących zmianowania. Budzyński i Szempliński (4) stwierdzili, że zaistniały kierunek przemian spowodował przebudowę struktury zasiewów, w której dominują zboża zajmujące w kraju ponad 77% powierzchni, a lokalnie w Polsce wschodniej aż 80%. Ograniczenie powierzchni uprawy innych grup użytkowych roślin rolniczych na rzecz zbóż uzasadnia rozwijanie uprawy międzyplonów jako czynnika poprawiającego stanowiska dla zbóż, co postulują różni autorzy (7, 11, 15, 16, 21). W ekologicznym systemie rolnictwa międzyplony, złożone głównie z roślin motylkowatych, są standardowym i docenianym elementem zmianowania (6, 12, 20).

Poziom plonowania i zakres zróżnicowania wartości nawozowej międzyplonów zależą od doboru gatunków i sposobu ich uprawy – w siewie czystym lub w mieszankach. W wielu badaniach wykazano, że plonowanie międzyplonów jest bardzo zmienne w czasie i przestrzeni (2, 3, 12, 18). Silna interakcja środowiskowo-gatunkowa ujawniająca się w uprawie międzyplonów sprawia, że ich skład chemiczny i podaż makropierwiastków w plonie przyorywanej biomasy są lokalnie zróżnicowane i zmienne, co uniemożliwia formułowanie precyzyjnych zaleceń uprawowych. Można oczekiwać z dużym stopniem prawdopodobieństwa, że przebadanie przydatności większej liczby gatunków roślin rolniczych do uprawy w członie zmianowania jęczmień ozimy – pszenica ozima umożliwi wytypowanie najlepszych fitocenoz międzyplonów ścierniskowych i wsiewek śródplonowych jako wydajnych źródeł substancji organicznej i makroskładników. Może to mieć istotne znaczenie poznawcze

i praktyczne dla współcześnie prowadzonej produkcji roślinnej w kraju, zwłaszcza w jego części południowej, gdzie w wielu gospodarstwach zaprzestano chowu zwierząt gospodarskich.

W podjętych badaniach porównano zawartość: N, P, K, Mg, Ca, Na w suchej masie 11 międzyplonów, obejmujących wsiewki poplonowe i międzyplony ścierniskowe, wysiane w czystym siewie i jako mieszanki 2–3-gatunkowe. Zasięg porównań poszerzono o plonowanie i nagromadzenie pierwiastków w nadziemnej biomacie roślin.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 1997–1999 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roli i Roślin AR Kraków w Prusach koło Krakowa. Badania wykonano na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego i I klasy bonitacyjnej, o pH 5,5–6,5. Dobór gatunków i odmian roślin uprawianych jako wsiewki i międzyplony wraz z ilością wysiewu i przedsięwną dawką azotu zamieszczono w części wynikowej. Uprawa roli pod międzyplony ścierniskowe po sprzęcie jęczmienia ozimego była przeprowadzana w sposób typowy i umożliwiała jak najszybszy siew międzyplonu ścierniskowego. Wysiewu nasion wsiewek życicy i koniczyny w łąn jęczmienia dokonano corocznie w I dekadzie kwietnia, a rośliny międzyplonu ścierniskowego zasiano w II dekadzie lipca w roku 1997 i w III dekadzie lipca w pozostałych dwóch latach. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w 4 powtórzeniach. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 40 m². W doświadczeniu zastosowano dwa obiekty kontrolne. Pierwszy obejmował przyoranie ścierni zgodnie z zasadami klasycznej uprawy. W drugim przyorywano rozdrobnioną na sieczkę słomę jęczmienia ozimego z dodatkiem azotu, nawiązując do nawozowego znaczenia tego źródła masy organicznej w porównaniu z oddziaływaniem biomasy międzyplonów. W trakcie

Tabela 1

Przebieg warunków atmosferycznych w czasie wegetacji międzyplonów
Weather conditions during vegetation of catch crops

Lata Year	Miesiące; Months											
	opady; precipitation (mm)				temperature; temperature (°C)				global radiation (MJ·m ⁻²)			
	IV–VI	VII	VIII	IX	IV–VI	VII	VIII	IX	IV–VI	VII	VIII	IX
1997	202,5	260,7	52,2	38,3	11,91	17,21	18,36	13,79	477,7	473,8	545,2	365,1
1998	259,0	46,3	58,9	60,3	12,80	14,87	14,07	10,01	509,0	518,2	506,5	356,5
1999	262,1	61,5	41,1	50,3	13,34	19,54	17,30	16,24	502,6	552,1	491,5	403,9
Średnia Average*	204,5	80,5	73,8	60,0	13,01	18,43	18,19	13,56	463,4	524,2	458,9	296,8

* średnia z 22 lat; 22-year averages

wegetacji międzyplonów również w tych obiektach rozwijała się spontaniczna roślinność – samosiewy jęczmienia, dlatego uwzględniono je w analizie porównawczej. W okresie wegetacji prowadzono obserwacje stanu roślin. W roku 1999 wsiewki wypadły z uwagi na suszę glebową w kwietniu. W czasie zbioru roślin, pod koniec drugiej dekady września, na każdym poletku wycięto po trzy próbki z powierzchni 1,5 m². Poddano je analizie botaniczno-wagowej, a następnie po pocięciu na sieczkę i zważeniu, suszono w termostacie w temperaturze 75°C. Po wysuszeniu materiał roślinny zmielono w młynku udarowym. W materiale roślinnym każdego gatunku oznaczono zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla w aparacie firmy Tecator, a po mineralizacji na sucho oznaczono: Mg, Ca, Na, K w poszczególnych kombinacjach, metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej, aparatem Philips PU 9100X, a fosfor metodą ICP-AES (inductively coupled plasma – atomowa spektrofotometria emisyjna oparta na palniku indukcyjnie wzbudzonej plazmy).

Do obliczeń wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel dla Windows oraz procedury statystyczne programu SAS (19). Wyniki opracowano statystycznie stosując dwuczynnikową analizę wariancji w modelu GLM oraz test rozstępu NRI (LSD). Analizowanymi czynnikami były: obiekty międzyplonów i rok uprawy roślin. Różnice pomiędzy obiektami doświadczalnymi uznawano za statystycznie istotne na poziomie $\alpha < 0,05$. Wyliczono także podstawowe parametry statystyczne: średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności.

WYNIKI

Warunki pogodowe w ciągu trzech lat prowadzenia doświadczeń były bardzo zróżnicowane, co znacząco wpłynęło na plonowanie uprawianych roślin, a także na kształtowanie się zawartości suchej masy międzyplonów (tab. 1). Obfite opady w lipcu 1977 roku umożliwiły bardzo dobry wzrost wszystkich roślin międzyplonowych, a w szczególności wsiewek – życicy wielokwiatowej i koniczyny czerwonej, które w tym roku plonowały najlepiej. W pozostałych latach, w okresie wegetacji międzyplonów, miesięczne sumy opadów były znacznie niższe, co spowodowało gorsze plonowanie wsiewek oraz utratę większości liści przez rośliny krzyżowe, głównie gorczycę białą. Należy podkreślić dobry rozwój w tych warunkach gryki i roślin motylkowatych, szczególnie bobiku, który był obficie ulistniony, podobnie jak peluszka. We wszystkich latach łąn owsa uprawianego jako międzyplon był silnie opanowany przez choroby.

Wystąpiła duża zmienność w plonach suchej masy badanych roślin (tab. 2). Najlepiej plonowała gorczyca biała uprawiana w czystym siewie. Również mieszanki z jej udziałem odznaczały się wysokim poziomem plonowania. Wysoko i stabilnie w uprawie międzyplonowej plonowała gryka, o czym świadczą małe wartości odchylenia standardowego. Bobik w czystym siewie i jego mieszanka z peluszką i wyką jarą dały średni plon biomasy. Należy podkreślić fakt lepszego plonowania obu gatunków wsiewek w porównaniu z owsem, aczkolwiek te różnice nie były

Tabela 2

Dobór gatunków i odmian roślin uprawianych w międzyplonach oraz ich plon
Selection of species and cultivars cultivated as catch crops and their yield

Obiekty międzyplonów Catch crop objects	Nazwa rolnicza Common name	Odmiana Cultivar	Ilość siewu Seeding rate (kg·ha ⁻¹)	Dawka azotu Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	Plon suchej masy Dry matter yield (t·ha ⁻¹)
I. Zaorana ścierniś Ploughing stubble	samosiewy jęczmienia oz. self-sown plant. of winter barley	Kroton		0	0,74 ± 0,661a*
II. Zaorana słoma Ploughing straw		Kroton		30	0,90 ± 0,904a
III. Siew czysty Pure sown	życica wielokwiatowa ryegrass	Kroto	24	30	4,01 ± 3,070b
IV. Siew czysty Pure sown	koniczyna czerwona red clover	Nike	18	0	4,93 ± 1,885b
V. Siew czysty Pure sown	owies oats	Santor	122	30	3,65 ± 1,810b
VI. Siew czysty Pure sown	gryka buckwheat	Hruszowska	85	30	6,14 ± 1,243bc
VII. Siew czysty Pure sown	bobik faba bean	Nadwiślański	300	0	4,28 ± 1,643b
VIII. Siew czysty Pure sown	gorczyca biała white mustard	Nakielska	24	30	7,12 ± 1,860c
IX. Mieszanka Mixture	bobik 50% faba bean	Nadwiślański	150		1,74 ± 0,678
	+ gorczyca biała 50% mustard	Nakielska	12	15	4,05 ± 1,224
Razem; Total					5,79 ± 1,441bc
X. Mieszanka Mixture	gorczyca biała 33% mustard	Nakielska	8		3,33 ± 2,103
	+ rzodkiew ol. 33% radish	Reasal	10	30	2,78 ± 0,745
	+ facelia 33% phacelia	Stala	2		1,00 ± 0,892
Razem; Total					7,10 ± 3,277 c
XI. Mieszanka Mixture	bobik 33% faba bean	Nadwiślański	100		1,41 ± 0,726
	+ peluszka 33% field pea	Helia	50	0	2,08 ± 0,527
	+ wyka jara 33% spring vetch	Kwarta	36		0,49 ± 0,233
Razem; Total					3,97 ± 0,901b

* Różne litery oznaczają istotne różnice pomiędzy obiektami; Different letters show significant differences

istotnie statystycznie. Samosiewy jęczmienia ozimego i chwasty, jakie rozwinęły się w obiektach z podorywką i przyoraną słomą, dostarczyły 4–5-krotnie mniej biomasy w porównaniu z roślinami celowo uprawianymi jako międzyplony w stanowisku po jęczmieniu ozimym, a w stosunku do gorczycy białej prawie 10 razy mniej.

Rośliny motylkowate, niezależnie od gatunku, charakteryzowały się niską zawartością suchej masy w biomacie nadziemnej (tab. 3). Pomimo wegetacji w okresie lata zawartość suchej masy wynosiła $15 \pm 1\%$, co było związane z ich dobrym ulistnieniem. Pozostałe gatunki, przede wszystkim samosiewy i gorczyca biała, zawierały znacznie więcej suchej masy. Wysoka zawartość suchej masy niestety była powiązana negatywnie z zawartością azotu. Najmniejszą zawartością azotu w nadziemnej masie odznaczyły się gryka i gorczyca biała uprawiana w czystym siewie i zwłaszcza jako komponent gatunkowy obydwu mieszanek. Zawartość azotu w nadziemnej biomacie wsiewki życicy wielokwiatowej i owsa była podobna jak w mieszance bobiku z gorzycą białą.

Ważnym kryterium oceny międzyplonów ścierniskowych uprawianych na cele nawozowe jest plon azotu zgromadzony w masie roślinnej. Spośród porównywanych obiektów najwięcej azotu w plonie zgromadził międzyplon złożony z bobiku, peluszy

Tabela 3

Porównanie zawartości suchej masy i azotu oraz pobranie tego pierwiastka przez nadziemną biomasę międzyplonów

Comparison of dry matter and nitrogen content and nitrogen uptake by biomass catch crop

Obiekty międzyplonów Catch crop objects*	Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	Zawartość azotu (% s.m.) Nitrogen content (% d.m.)	Pobranie azotu Nitrogen uptake (kg·ha ⁻¹)
I	26,13 ± 12,49 d	2,46 ± 0,494 bc	15,76 ± 12,71a
II	24,47 ± 9,60 c	2,74 ± 0,424 c	21,81 ± 22,14 ab
III	21,75 ± 0,35 bc	1,98 ± 0,622 ab	61,08 ± 89,97 abc
IV	15,80 ± 1,27 a	2,93 ± 0,155 cd	97,34 ± 95,03 abc
V	25,13 ± 6,57 c	2,06 ± 0,655 ab	82,22 ± 55,75 abc
VI	22,17 ± 2,70 bc	1,56 ± 0,476 a	97,86 ± 39,72 abc
VII	15,43 ± 1,85 a	3,28 ± 0,561 de	135,13 ± 49,64 c
VIII	24,43 ± 6,41 c	1,58 ± 0,674 a	117,29 ± 62,86 bc
IX	14,73 ± 2,41	3,32 ± 0,080	57,27 ± 23,55
	24,13 ± 8,08	1,40 ± 0,390	58,64 ± 26,51
średnia; mean	19,43 ± 5,23 b	2,09 ± 0,187ab	115,91 ± 25,71 bc
X	25,80 ± 5,83	1,32 ± 0,447	45,92 ± 33,09
	13,53 ± 3,02	1,86 ± 0,511	50,10 ± 9,94
	16,23 ± 3,62	1,74 ± 0,607	25,00 ± 13,17
średnia; mean	18,52 ± 3,46 b	1,61 ± 0,446 a	121,01 ± 54,87bc
XI	15,23 ± 0,91	3,57 ± 0,372	48,35 ± 24,34
	16,07 ± 4,63	3,77 ± 0,646	76,17 ± 8,59
	15,27 ± 3,28	3,38 ± 0,311	17,01 ± 9,82
średnia; mean	15,52 ± 0,81 a	3,62 ± 0,380 e	141,53 ± 25,50 c

* opis obiektów jak w tabeli 1; description as in table 1

ki i wyki jarej oraz bobiku wysianego w czystym siewie. Gatunkiem decydującym o ilości azotu w plonie mieszanki strączkowej była peluszka, która plonowała lepiej od bobiku i miała nieco wyższą zawartość azotu w nadziemnej masie. Stosunkowo duże ilości azotu w plonie zgromadziły także pozostałe mieszanki – gorczyca biała z bobikiem oraz gorczyca z rzodkwią oleistą i facelią błękitną. W tej trójgatunkowej mieszance pierwszoplanową rolę w ilości zdeponowanego azotu odegrała rzodkiew. Bezpośrednie porównanie obydwu trójgatunkowych mieszanek wskazuje na podobną i zarazem dominującą rolę gatunków o średniej wysokości i dobrze plonujących, a przy tym z wysoką zawartością azotu. Międzyplon ścierniskowy z gryki oraz wsiewka koniczyny zgromadziły podobną ilość azotu, pomimo diametralnie różnej jego zawartości w roślinach tych gatunków. Najmniej azotu zostało zgromadzone w plonie roślinności spontanicznej, czyli w chwastach i towarzyszących im samosiewach jęczmienia ozimego.

W tabeli 4 przedstawiono zawartość i pobranie w plonie innych makroelementów. Poza azotem jedynie potas był gromadzony w znacznych ilościach w plonie nadziemnej biomasy, zwłaszcza przez mieszankę gorczyca z rzodkwią i facelią. Również gorczyca biała oraz gryka uprawiana w czystym siewie gromadziły duże ilości tego pierwiastka w nadziemnym plonie suchej masy. Podobne zależności ujawniły się w odniesieniu do fosforu. Rośliny motylkowate, które odznaczały się wysoką zawartością azotu w masie roślinnej, równocześnie posiadały w niej niższą (z wyjątkiem mieszanki XI) zawartość P i K w porównaniu z roślinami krzyżowymi, dlatego też zgromadziły mniejszą ilość tych pierwiastków w plonie suchej masy.

Tabela 4

Kształtowanie się zawartości makroelementów oraz ich pobranie przez nadziemną biomase międzyplonów
Forming of macroelement content and their uptake in above ground catch crop biomass

Obiekty Objects*	Zawartość (% s.m.); Content (% d.m.)					Pobranie; Uptake (kg ha ⁻¹)				
	P	K	Mg	Ca	Na	P	K	Mg	Ca	Na
I	0,37	2,34	0,13	0,21	0,03	2,56	17,45	1,22	1,17	0,19
II	0,44	2,47	0,13	0,34	0,05	4,95	22,24	1,54	2,02	0,34
III	0,31	1,89	0,10	0,38	0,01	8,85	49,63	2,95	11,05	0,50
IV	0,22	1,68	0,23	0,35	0,02	7,07	55,84	7,31	9,77	0,64
V	0,33	2,18	0,12	0,23	0,04	12,69	83,07	3,74	9,52	1,72
VI	0,27	1,64	0,28	0,39	0,02	16,86	100,32	16,85	24,14	1,11
VII	0,26	1,96	0,21	0,34	0,05	10,80	83,18	9,65	15,70	1,96
VIII	0,26	1,39	0,12	0,34	0,04	17,97	100,57	8,10	24,34	2,96
IX	0,23	1,56	0,15	0,46	0,06	13,54	89,78	8,31	27,16	6,38
X	0,32	1,10	0,17	0,42	0,04	22,11	125,42	11,67	34,69	2,64
XI	0,27	1,81	0,21	0,37	0,05	10,31	71,33	8,83	15,05	1,93
Średnia Average	0,30	1,88	0,17	0,35	0,04	11,61	72,62	7,29	15,87	1,85
V%	21,9	10,0	22,9	34,1	103,6	32,3	45,9	66,8	59,2	42,5

* opis obiektów jak w tabeli 1; description as in table 1

DYSKUSJA

Przedstawione wyniki badań wskazują, że dobór gatunków do uprawy międzyplonowej i sposób ich wysiewu istotnie różnicują plony suchej masy, stanowiącej źródło substancji organicznej i makropierwiastków, głównie azotu. Zainteresowanie nauki i praktyki rolniczej w ostatnich latach nowymi, bardziej proekologicznymi metodami w produkcji roślinnej, w tym także uprawą międzyplonów, powinno doprowadzić do zwiększenia znaczenia w nawożeniu tego źródła biogenów oraz dopływu materii organicznej do gleby. Roślinna substancja organiczna wpływa na różnorodne właściwości gleby, a w konsekwencji na jej żyzność. Niestety, współcześnie tego typu analizy są rzadkością. Badania przeprowadzone w tym samym doświadczeniu (z wyjątkiem mieszanek) przez Gondka i Zająca (9) wykazały, że przyoranie biomasy różnych międzyplonów nie różnicowało zawartości azotu ogólnego i węgla organicznego w poziomie próchnicznym gleby, lecz w obiektach z koniczyną czerwoną, gorczycą białą i gryką pod wpływem tego zabiegu następował istotny wzrost niskopolimeryzowanych frakcji związków próchnicznych. Najwięcej kwasów huminowych stwierdzono w obiektach z przyoraną biomasą koniczyny czerwonej i bobiku, a kwasów fulwowych po przyoraniu słomy jęczmienia ozimego i gryki. Jaskulski i Jaskulska (11) stwierdzili, że równoczesne nawożenie rozdrobnioną słomą i międzyplonem grochu decyduje o efektywności energetycznej uprawy jęczmienia jarego jako rośliny następczej. W tych badaniach międzyplon z grochu pod względem nawozowym był lepszy w porównaniu z gorczycą białą, facelią i żytem.

Uzyskane w badaniach własnych plony suchej masy nadziemnych części roślin, zwłaszcza międzyplonów ścierniskowych, należy ocenić jako wysokie, co w pierwszym rzędzie wiąże się z wczesnym – lipcowym terminem siewu. Podobne zależności w warunkach wschodniej Kanady uzyskali także Abdin i in. (1), którzy przy wczesnym wysiewie 12 międzyplonów, głównie z gatunków roślin motylkowatych, w tym koniczyny czerwonej, uzyskali plony nadziemnej biomasy wyższe o 17,5–32%, a także lepsze pokrycie roślinnością powierzchni gleby w porównaniu z siewem późniejszym. Również Richards i in. (18) wykazali w warunkach Anglii przewagę siewu wcześniejszego międzyplonów: facelii, życicy wielokwiatowej, gorczycy białej, rzepy ścierniskowej i żyta nad siewem wykonanym w terminie opóźnionym. Przy siewie w III dekadzie sierpnia (termin wczesny) uzyskano plon 1280 kg s.m.·ha⁻¹, w którym zgromadzone było 38 kg azotu. W cieplejszych częściach tego kraju próbuje się uprawiać międzyplony złożone z aklimatyzowanych gatunków subtropikalnych, których reakcję fotoperiodyczną i plonowanie odnosi się do bobiku, wyki, koniczyny perskiej i lubinu (12).

Generalną zasadą w badaniach związanych z produkcją biomasy nawozowej z wsiewek śródplonowych i międzyplonów ścierniskowych jest uprawa gatunków i reprezentujących je odmian w czystym siewie (7, 11, 18, 20, 25). Wyniki w niniejszej pracy uzyskano w dobrych warunkach siedliska, wysiewając międzyplony ścierniskowe w stanowisku po jęczmieniu ozimym. Okazało się, że w tych warunkach agroekologicznych są lepszym i bardziej stabilnym źródłem biomasy nawozowej i ma-

kroelementów w porównaniu z wsiewkami śródplonowymi. We wcześniej wykonanej pracy Zająca i Witkowicza (24) wykazano, że nagromadzenie makroskładników w częściach nad- i podziemnych koniczyny czerwonej Nike było bardziej zależne od plonu ściernianki niż od ich zawartości, która bez względu na wielkość roślin (małe, duże) była podobna. Podjęta w niniejszej pracy uprawa międzyplonów ścierniskowych w formie mieszanek skomponowanych z gatunków o zbliżonych właściwościach botanicznych i rolniczych dała podobne wyniki produkcyjne jak w przypadku gatunków przewodnich, a więc bobiku i gorczycy białej. Lepszym rozwiązaniem, które zasadza się na przebadanej mieszance bobiku i gorczycy białej, jest postulat wprowadzenia do uprawy w ramach międzyplonów ścierniskowych mieszanek, w których zestawione będą gatunki pochodzące z różnych rodzin botanicznych. Szczególnie przydatne do tego celu wydają się peluszka, rzodkiew oleista i gryka. Taki układ wyników jest zbliżony z rezultatami Ziółka (25), który podkreśla, że w okresie siedmiu lat badań wystąpiła duża zmienność w plonach masy roślinnej międzyplonów ścierniskowych oraz w zawartości azotu. W doświadczeniach tego autora zlokalizowanych przed 30 laty w Prusach największe i zarazem najwierniejsze plony zielonej i suchej masy w grupie roślin strączkowych dała peluszka, w grupie roślin zbożowych – gryka i żyto jare, a spośród oleistych słonecznik i rzodkiew oleista.

Liczba mieszanek, jakie można skomponować poprzez dobór gatunków, jest bardzo duża, lecz prawdopodobnie najlepszymi zestawami okażą się te, które łączą będą rośliny motylkowate i niemotylkowate. Tego typu mieszanki poprzez większą zawartość azotu w masie roślinnej zgromadzą go więcej w plonie. Azot jest głównym pierwiastkiem, dla którego prowadzona jest uprawa wsiewek i międzyplonów, dlatego w warunkach zachodniej półkuli występują w tej roli prawie wyłącznie rośliny motylkowate, głównie koniczyny i lucerny (1, 16, 20). Oceniano również mieszanki koniczyny czerwonej z życią wielokwiatową oraz żyta z wyką kosmatą (1, 12).

W Polsce I miejsce w praktyce i w badaniach dotyczących międzyplonów zajmuje gorczyca biała, dlatego współcześnie w kraju ten gatunek jest synonimem międzyplonu przeznaczonego na cele nawozowe. Dworakowski (7) stwierdził, że w Polsce północno-wschodniej uprawa gorczycy białej w międzyplonie, dostarczająca od 2,50 do 4 t suchej masy z 1 ha, istotnie zwiększa wartość stanowiska dla zbóż jarych, które w tych warunkach plonowały o 9,2% lepiej. Wydaje się, że ostateczną weryfikację jakości nawozowej biomasy roślin i nawozów organicznych daje wysokość plonu rośliny następczej. W ocenie wartości technologicznej ziarna pszenicy ozimej Sakwa, przeprowadzonej przez Gambuś i in. (8), a uprawianej po obiektach omówionych w pracy (z wyjątkiem mieszanek), wykazano, że najbardziej odpowiednimi dla niej przedplonami były: koniczyna czerwona, bobik i owies oraz jęczmień ozimy w przypadku przyorania słomy. Wadas (22) ustaliła, że efekt plonotwórczy przyoranej biomasy facelii i bobiku na plonowanie ziemniaka i kapusty w warunkach gleby lekkiej był analogiczny jak obornika, natomiast w przypadku wyki i żyta – większy. W tych badaniach nie analizowano składu chemicznego roślin, a międzyplony wysiano w III dekadzie lipca, a więc należy stwierdzić, że postąpiono

podobnie jak w omawianym doświadczeniu. W dobrych warunkach glebowych dla uprawy międzyplonów ścierniskowych, jak to ustalili Duer i Jończyk (6), zwiększeniu ulega plon suchej masy roślin, zwłaszcza gorczycy białej. Z badań własnych i danych piśmiennictwa wynika, że o wyborze konkretnego międzyplonu do uprawy w gospodarstwie decydują wielorakie uwarunkowania, tak pochodzenia ekonomicznego (cena nasion) jak i agrobiologicznego, spośród których pierwszoplanowe znaczenie mają wielkość i stabilność plonu, a także zawartość i gromadzenie azotu (16, 18, 21, 24). Dotychczasowe tradycyjne zasiewy jednogatunkowe tak charakterystyczne dla aktualnego sposobu uprawy międzyplonów ścierniskowych i wsiewek śródplonowych powinny zostać zastąpione przez siewy mieszane, będące propozycją ekologicznie lepszą i bardziej spójną z kodeksem dobrej praktyki rolniczej. Warto podkreślić pozaprodukcyjne funkcje roślin uprawianych w międzyplonach – w czasie kwitnienia są cennym pożytkiem dla pszczoły miodnej i fauny dzikich pszczołowatych. Dlatego obecność roślin oleistych, gryki, facelii i bobiku jest wskazana w zasiewach, najlepiej mieszanych.

WNIOSKI

1. Pomimo krótkiego okresu wegetacji międzyplony ścierniskowe uprawiane w członie zmianowania jęczmień ozimy – pszenica ozima plonowały na wysokim poziomie. Z rolniczego punktu widzenia w ramach zrównoważonego rolnictwa, w międzyplonach ścierniskowych wskazana jest uprawa mieszanek, do których obok gorczycy białej lub bobiku należy włączać peluszkę, grykę i rzodkiew oleistą. Mało przydatne do uprawy w trójgatunkowych mieszankach okazują się wyka jara i facelia. Spośród badanych międzyplonów jedynie stanowisko po owsie nie może być rekomendowane dla pszenicy ozimej, z uwagi na coroczne silne lub klęskowe występowanie chorób grzybowych na liściach i źdźbłach roślin w okresie lata.

2. W dobrych warunkach siedliska, w stanowisku po jęczmieniu ozimym międzyplony ścierniskowe są lepszym źródłem biomasy nawozowej i makroelementów w porównaniu z wsiewkami śródplonowymi lub samosiewami spontanicznie rozwijającymi się na zaoranej roli.

3. Największy plon nadziemnej biomasy dała gorczyca biała, uprawiana w czystym siewie lub w dwu-trójgatunkowych mieszankach. Gatunek ten w uprawie indywidualnej oraz mieszanki z jego udziałem są wydajnym źródłem potasu, azotu i fosforu dla roślin następczych. Dobór gatunków spośród roślin niemotylikowatych i sposoby ich siewu mają istotne znaczenie dla kreowania produktywności międzyplonów ścierniskowych.

4. Najwięcej azotu dla rośliny następczej dostarczyła nadziemna biomasa mieszanki bobiku z wyką jarą i peluszką, dlatego ze względów agrotechnicznych ten sposób jego uprawy jest lepszy niż siew czysty.

LITERATURA

1. Abdin O.A., Coulman B. E., Cloutier D. C., Faris M. A., Smith D. L.: Establishment, development and yield of forage legumes and grasses as cover crops in grain corn in eastern Canada. *J. Agron. Crop Sci.*, 1997, **179**: 19–27.
2. Bochniarz J.: Warunki i możliwości uprawy poplonów ścierniskowych w Polsce. IUNG Puławy, 1977, **R(125)**.
3. Brandsóter L.O., Netland J.: Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions. I. Field experiments. *Crop Sci.*, 1999, **39**: 1369–1379.
4. Budzyński W., Szempliński W.: Rośliny zbożowe. W: Szczegółowa uprawa roślin, red. Z. Jasińska i A. Kotecki. Wyd. AWA Wrocław, **I**: 33-262.
5. Demidowicz G., Gonet Z.: Bonitacja klimatu Polski dla uprawy poplonów ścierniskowych. *Pam. Puł.*, 1976, **66**: 202-213.
6. Duer I., Jończyk K.: Nawożenie pod ziemniak uprawiany w gospodarstwach ekologicznych. *Fragm. Agron.* 1998, **XV**, 85-95.
7. Dworakowski T.: Działanie międzyplonu ścierniskowego w ogniwie zmianowania zboża ozime-zboża jare. *Fragm. Agron.*, 1998, **XV**, **3**: 90-99.
8. Gambuś H., Cygankiewicz A., Zając T.: Wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach. *Żywność*. 2001, **2(27)**: 78-91.
9. Gondek K., Zając T.: Skład frakcyjny próchnicy czarnoziemiu zdegradowanego w zależności od gatunku przyoranych roślin poplonowych. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.*, 2003, **41**: 3-12.
10. Gonetowa I., Gonet Z.: Dynamika przyrostu masy roślin pastewnych uprawianych w poplonie ścierniskowym oraz ich wartość pastewna. *Pam. Puł.*, 1976, **66**: 183-201.
11. Jaskulski D., Jaskulska I.: Wpływ nawożenia słomą, międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na efekt energetyczny uprawy jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 2004, **XXI**, **3**: 49-59.
12. Keatinge J.D.H., Aiming Qi, Wheeler T. R., Ellis R.H., Summerfield R. J.: Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. *Field Crops Res.* 1998, **57**: 139-152.
13. Krauss A.: Current trends in global food production and fertilizer use. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Poznań: 2000, 11-22.
14. Krzymuski J.: Zmiany w strukturze zasiewów i wartości przedplonów zbóż w latach 1971-1995. *Rocz. Nauk Rol.* 1998, ser. A, **113**: 9-20.
15. Kuś J., Jończyk K.: Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2000, **470**: 59-65.
16. Nelson J.B., King L.D.: Green manure as a nitrogen source for wheat in the southeastern United States. *Am. J. Alter. Agric.*, 1996, **11**: 182-189.
17. Płaza A.: Wsiewki międzyplonowe substytutem obornika w uprawie ziemniaka. *Post. Nauk Rol.* 2003, **1**: 93-102.
18. Richards I.R., Wallace P. A., Turner I.D.S.: A comparison of six cover crop types in terms of nitrogen uptake and effect on response to nitrogen by a subsequent spring barley crop. *J. Agric. Sci.*, 1996, **127**: 441-449.
19. SAS Institute. SAS/STAT Users Guide, Version 6.12. SAS Institute, Cary, NC. 1996.
20. Stopes C., Millington S., Woodward L.: Dry matter accumulation by three leguminos green manure species and the yield of a following wheat crop in an organic production system. *Agric. Ecosyst.& Environ.*, 1996, **57**: 189-196.
21. Stute J.K., Posner J. L.: Legume cover crop options for grain rotation in Wisconsin. *Agron. J.*, 1993, **85**: 1128-1132.
22. Wadas W.: Plonotwórcze działanie nawozów zielonych i słomy w uprawie warzyw. *Fragm. Agron.*, 1997, **XIV**, **3**: 63-71.

23. Wojciechowski W.: Międzyplony ścierniskowe jako czynnik zapobiegający negatywnym skutkom wysycenia struktury zasiewów zbożami. *Post. Nauk Rol.*, 1998, **5**: 29-36.
24. Zając T., Witkowicz R.: Skład chemiczny biomasy wsiewki koniczyny czerwonej uprawianej na cele nawozowe. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo*, 1996, **62**: 553-559.
25. Ziółtek E.: Ocena plonowania różnych gatunków roślin w poplonach ścierniskowych w świetle 7-letnich doświadczeń. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.*, 1977, **17**: 101-116.

CONTENT AND ACCUMULATION OF MACROELEMENTS IN BIOMASS OF CATCH CROPS
AND UNDERSOWN CROPS IN DEPENDENCE ON SELECTED SPECIES AND METHOD
OF THEIR SOWING

Summary

In conditions of increasing share of cereals in the cropping system currently observed in Poland, which is accompanied by a reduction of the area of the dicotyledonous crops, decrease of agricultural production and use of farmyard manure causes attempts are undertaken to seek different catch crop sources of organic matter and nutrients for consecutive crops, mainly for winter wheat. A field experiment was conducted in 1997–1999 on degraded chernozem at Prusy near Krakow to compare yielding of undersown and catch crops cultivated after winter barley. Content of dry matter and N, P, K, Mg, Ca and Na was assessed. Additionally dry matter yield and chemical composition of undersown Italian ryegrass and red clover, and catch crops: oats, buckwheat, horse bean and white mustard, and also three mixtures: horse bean 50 + white mustard 50%, mustard 33 + radish 33 + phacelia 33%, horse bean 33 + fodder maize 33 + spring vetch 33% was determined. On good site conditions, catch crops are a better source of fertilizer biomass and macroelements than the undersown crops, or not sown arable fields settled by voluntary crops composed of self seedings and weeds.

It was shown that by cultivation of a horse bean in a mixture with pulses it was possible to obtain the highest nitrogen concentrations and in result the highest yield of this element in the aboveground biomass, therefore this method of horse bean sowing is better than in a pure stand.

Praca wpłynęła do Redakcji 15 VI 2005 r.