

**ZNACZENIE MIĘDZYPLONÓW
ŚCIERNISKOWYCH
W OPTYMALIZACJI NAWOŻENIA AZOTEM
JAKOŚCIOWEJ PSZENICY JAREJ**

Wiesław Wojciechowski

ZNACZENIE MIĘDZYPLONÓW
ŚCIERNISKOWYCH
W OPTYMALIZACJI NAWOŻENIA AZOTEM
JAKOŚCIOWEJ PSZENICY JAREJ



WROCLAW 2009

Opiniodawca

prof. dr hab. Andrzej Blecharczyk

Redaktor merytoryczny

prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Opracowanie redakcyjne

dr Ewa Jaworska

Korekta:

mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

Janina Szydłowska

Łamanie

Teresa Alicja Chmura

Projekt okładki

Halina Sebzda

Monografie LXXVI

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2009

ISSN 1898-1151

ISSN 978-83-60574-73-7

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki

ul. Sopotka 23, 50–344 Wrocław, tel./fax 071 328–12–77

e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 +16 egz. Ark. wyd. 7,45. Ark. druk. 7,65

Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna

ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA	9
2.1. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w kształtowaniu siedliska i plonu roślin uprawnych.....	9
2.2. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość pszenicy	13
3. CEL BADAŃ.....	17
4. OPIS DOŚWIADCZEŃ, METODYKA I ZAKRES BADAŃ	18
4.1. Opis doświadczeń	18
4.2. Zakres i metodyka badań	19
4.2.1. Badania dotyczące międzyplonu ścierniskowego	19
4.2.2. Badania dotyczące wybranych właściwości gleby.....	19
4.2.3. Warunki fitosanitarne ładu	20
4.2.4. Badania dotyczące wzrostu, cech morfologicznych i plonowania pszenicy jarej	21
4.2.5. Efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu przez pszenicę jara.....	21
4.2.6. Uproszczona ocena ekonomiczna uprawy pszenicy jarej.....	22
4.2.7. Ocena wartości technologicznej ziarna	22
4.3. Warunki glebowe	23
4.4. Warunki klimatyczne	23
4.4.1. Warunki pogodowe w czasie wegetacji międzyplonów ścierniskowych	23
4.4.2. Warunki pogodowe w czasie wegetacji pszenicy jarej.....	25
4.5. Zabiegi agrotechniczne	27
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW	29
5.1. Bezpośrednie oddziaływanie międzyplonu i nawożenia azotem na siedlisko oraz plon i jakość pszenicy jarej (doświadczenie polowe).....	29
5.1.1. Plonowanie i wartość nawozowa międzyplonów ścierniskowych.....	29
5.1.2. Kształtowanie wybranych właściwości gleby pod wpływem przyorywanych międzyplonów i nawożenia azotem.....	31
5.1.2.1. Wpływ na właściwości fizyczne gleby	31
5.1.2.2. Aktywność drobnoustrojów celulolitycznych w glebie	39
5.1.2.3. Wpływ na właściwości chemiczne.....	40
5.1.3. Oddziaływanie międzyplonów i nawożenia azotem na warunki fitosanitarne ładu.....	44
5.1.3.1. Zachwaszczenie ładu pszenicy jarej.....	44
5.1.3.2. Zdrowotność roślin pszenicy jarej.....	47

5.2. Bezpośrednie oddziaływanie przyorywanych międzyplonów na pszenicę jara w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem	48
5.2.1. Wpływ na cechy morfologiczne i elementy plonowania.....	48
5.2.2. Wpływ na plonowanie pszenicy	55
5.2.3. Oddziaływanie na skład chemiczny ziarna i słomy.....	63
5.3. Ocena efektywności nawożenia.....	68
5.4. Uproszczona ocena ekonomiczna uprawy pszenicy jarej.....	71
5.5. Wpływ nawożenia azotem i przyorywanego międzyplonu na wybrane właściwości technologiczne ziarna pszenicy	73
5.6. Następce oddziaływanie międzyplonu i nawożenia azotem na produktywność pszenicy jarej (doświadczenie wazonowe).....	83
6. DYSKUSJA.....	88
7. WNIOSKI.....	98
8. PIŚMIENNICTWO.....	100

1. WSTĘP*

Zmiany systemowe w rolnictwie, jakie zaszły pod koniec XX w., doprowadziły do wzrostu udziału roślin zbożowych w zmianowaniu. Dotyczy to zwłaszcza dużych gospodarstw, powyżej 100 ha, powstałych po dawnych Państwowych Gospodarstwach Rolnych. Udział zbóż przekracza w nich 70%, a częstym zmianowaniem obok monokultur zbożowych jest trójpolówka zbożowa lub przemysłowo-zbożowa. Na glebach kompleksów „lepszych” w jej skład wchodzi najczęściej rzepak ozimy albo kukurydza oraz dwukrotnie pszenica ozima [Wyniki Rachunkowości Rolnej Gospodarstw Indywidualnych 2001].

Uprawa po sobie roślin tego samego gatunku prowadzi najczęściej do obniżki plonowania [Kuś 1984, Macuhova 1985, Deryło i Wesołowski 1986, Zawiślak i in. 1990, Blecharczyk i in. 2004, Kwiatkowski i Wesołowski 2005, Wojciechowski i Parylak 2006, Sieling i in. 2007]. W obrębie zbóż pszenica wykazuje największy spadek plonu w wyniku zwiększania jej udziału w zasiewach [Adamiak 1988, Fomsgaard 2006]. Przyczynami ograniczającymi plonowanie zbóż uprawianych w zmianowaniach o dużym ich wysyceniu w strukturze zasiewów są najczęściej: wzrost zachwaszczenia [Duer 1994, Barberi i in. 1997, Doucet i in. 1999, Zawiślak i Kostrzewska 2000, Derksen i in. 2002, Poggio 2005, Blecharczyk i in. 2007], porażenie przez choroby [Claupein i Zoschke 1987, Adamiak 1988, Odorfer i in. 1994, Blecharczyk i in. 2004, Sieling i in. 2007] i tzw. zmęczenie gleby. Zjawisko to dotyczy głównie związków toksycznych powstających w glebie w czasie rozkładu resztek poźniwnych [Lynch i Elliot 1983, Wójcik-Wojtkowiak i in. 1990, Fomsgaard 2006], wydzielin korzeni roślin oraz niekorzystnego kierunku rozwoju mikroorganizmów [Smyk 1980, Wójcik-Wojtkowiak i in. 1998].

W tej sytuacji koniecznością jest szukanie nowych, skuteczniejszych technologii uprawy pszenicy, by uzyskać jak najwyższą wydajność jednostkową, a jednocześnie wysoką jakość pozyskanego ziarna. Dotyczy to zwłaszcza odmian jakościowych mających wysokie walory użytkowe. Szczególne znaczenie w tym zakresie może mieć optymalizacja nawożenia mineralnego azotem oraz poprawa jego efektywności poprzez współdziałanie z nawozami organicznymi lub naturalnymi. Specjalizacja produkcji rolniczej doprowadziła jednak do dużego deficytu najcenniejszego z nawozów – obornika. W związku z tym podjęto badania dotyczące dostarczania do gleby innej materii organicznej jak nawożenie słomą czy przyorywanie zielonej masy roślin międzyplonowych, zwłaszcza ścierniskowych.

* Badania wykonane w ramach projektu badawczego Nr 3 P06R 070 23 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Przyorywanie międzyplonów to jednocześnie cenne źródło materii organicznej w gospodarstwach, w których notuje się największy deficyt obornika. Zużycie obornika w gospodarstwach powyżej 100 ha jest blisko siedmiokrotnie mniejsze niż w gospodarstwach 5–10-hektarowych [Wyniki Rachunkowości Rolnej Gospodarstw Indywidualnych 2001].

Zwiększone zainteresowanie tym typem upraw może wynikać również z faktu, że międzyplony zostały włączone do Krajowego Programu Rolnośrodowiskowego (KPR), co daje rolnikowi możliwość otrzymania dofinansowania. Znalazły się one w pakiecie K01 dotyczącym Ochrony Gleb i Wód.

W zmianowaniach uproszczonych przemysłowo-zbożowych, spotykanych zwłaszcza w dużych gospodarstwach towarowych, składających się najczęściej z kilkakrotnej uprawy pszenicy przeplatanej uprawą rzepaku ozimego czy kukurydzy, jedyną niemalże możliwością uprawy międzyplonów jest zastąpienie pszenicy ozimej formą jarą. Takie „czasowe” oddalenie roślin należących do tego samego gatunku, poprzez „przerywnik” w postaci międzyplonu ścierniskowego może spełniać rolę sanitarną, ograniczając szczególnie patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła i korzeni.

Zastąpienie pszenicy ozimej formą jarą stwarza również możliwość uprawy międzyplonów ścierniskowych niemalże w każdym rejonie klimatycznym Polski i spełnia wymogi stawiane w KPR.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

2.1. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w kształtowaniu siedliska i plonu roślin uprawnych

Liste i in. [1972] dowiedli, że stosowanie międzyplonów w płodozmianie z 70-procentowym udziałem zbóż pozwoliło utrzymać plonowanie na poziomie uzyskiwanym w płodozmianach z 50-procentowym ich udziałem. Bielatowicz [1983], dzięki stosowaniu międzyplonów w monokulturze pszenicy ozimej, uzyskał wzrost jej plonowania nawet o 32% w stosunku do wykazanego w uprawie bez jego udziału. Wynikało to głównie z poprawy zwartości ładu i cech plonotwórczych roślin. Deryło [1990] przez zastosowanie międzyplonu otrzymał wyższy plon ziarna pszenicy, ale tylko o 4,3% w płodozmianie z 75-procentowym udziałem zbóż i o 6% przy 100-procentowym udziale zbóż. Podobnej wielkości wzrost plonów pod wpływem przyorywania międzyplonów stwierdzili Kuś i Jończyk [1999]. Pesik i Kozak [1982] natomiast, uprawiając pszenicę po nawozach zielonych w formie międzyplonu ścierniskowego, wzrost ten określili na poziomie 15,7% w płodozmianie z 80-procentowym udziałem zbóż i 20,2% przy uprawie jej w monokulturze, w porównaniu do otrzymanych w płodozmianach z 50-procentowym udziałem roślin kłosowych. O podobnym, korzystnym wpływie międzyplonów na plonowanie roślin donoszą również: Derco [1983], Kundler i in. [1985], Deryło [1994], Wojciechowski [1998b], Szafranski i Kulig [2001a, 2001b, 2005], Sørensen i Thorup-Kristensen [2003], Helander [2004], Christiansen i in. [2006] oraz Olesen i in. [2007]. Ten plonotwórczy wpływ przyorywanej biomasy międzyplonów, często porównywalny do obornika, obserwowany jest szczególnie w uprawie roślin ogrodniczych i okopowych [Wadas 1998, Dzienia i Szarek 2000, Ostrowska i in. 2001, Płaza 2002, 2007, Buraczyńska 2004, Jabłońska-Ceglarek i in. 2004, 2005, Jabłońska-Ceglarek i Franczuk 2004].

Innego zdania są natomiast Børresen [1995], Kankanen [1995], Richards i in. [1996] oraz Thorsted i in. [2002], którzy wykazali zmniejszenie plonowania zbóż po międzyplonach, chociaż była to obniżka zaledwie kilkuprocentowa. Szylak [1998], oceniając międzyplony w płodozmianach zbożowych, wykazała, że ich przyorywanie zmniejszyło produktywność płodozmiaru wyrażoną plonem suchej masy, jednostkami owsianymi czy plonem białka. Uwidocznilo się to szczególnie, kiedy udział międzyplonu w płodozmianie był dwukrotny. Gutmański i Nowakowski [1992] niekiedy gorsze

plonotwórcze oddziaływanie międzyplonu tłumaczą możliwością sorpcji azotu mineralnego przez przyorany międzyplon, a jego dalsza dostępność dla roślin zależna jest od warunków pogodowych.

Należy zaznaczyć, że międzyplony ścierniskowe wywołują szereg zmian w siedlisku pola uprawnego. Poglądy na temat tego zagadnienia również są rozbieżne. Część badań dowodzi, że stosowanie nawozów organicznych w formie międzyplonów wpływa na wzrost ilości substancji organicznej w glebie [Bachthaler i Wagner 1973, Debruck 1974, Kahnt 1980, Kundler i in. 1985, Puła i Łabza 2004, Thomsen i Christensen 2004, Waclawowicz i Parylak 2004]. Inne pokazują natomiast, że te nawozy ułatwiają jedynie utrzymanie jego aktualnego poziomu [Pommer i in. 1982, Parylak 1998, Gondek i Zajac 2003, Kulig i in. 2004]. Z kolei Waclawowicz i in. [2005], przyorując biomasa międzyplonu i słomy przedplonowej, wykazali zmniejszenie zawartości węgla organicznego w glebie. Znaczna część badań informuje, że przyorane międzyplony są wtórnym źródłem składników pokarmowych [Łoginow i in. 1991, Thomsen 1995, Kuś i Jończyk 1999, Siuta 1999, Stepień 2000, Puła i Łabza 2004]. Jabłoński [1993] udowodnił, że z przyoranej zielonej masy międzyplonów można pozyskać więcej azotu niż z niewłaściwie przefermentowanego obornika. Również Wadas [1998], Płaza [2002, 2007] oraz Buraczyńska [2004] uważają, że mogą one w pełni zastąpić nawożenie obornikiem, natomiast Prośba-Białczyk i Mydlarski [2000] oraz Gondek i Zajac [2003] twierdzą, że uprawa i przyorywanie tego elementu zmianowania nie mają większego wpływu na właściwości chemiczne gleby. Podobne rozbieżności dotyczą wpływu międzyplonów na właściwości fizyczne gleby, chociaż przeważają opinie o korzystnym ich oddziaływaniu [Songin 1990, Parylak 1996, 1998, Wojciechowski 1998a, Waclawowicz i Parylak 2004, Zimny i in. 2005]. Parylak [1999] widzi w międzyplonach, przez ich wpływ na zwiększenie wilgotności gleby, ważny czynnik ograniczający negatywne skutki niedoborów wody dla rośliny. Nieco innego zdania są Jaskulski i Jaskulska [2004] oraz Wojciechowski [1998a, 2004]. Stwierdzają oni, że międzyplony ścierniskowe nie modyfikują istotnie tej cechy, gdyż zależna jest ona często od ilości opadów i typu gleby. Ten element zmianowania, niezależnie czy pozostawiany na powierzchni gleby jako mulcz, czy przyorywany, odgrywa na ogół ważną rolę w zmniejszeniu związłości warstwy ornej [Dzienia i in. 1995, Parylak i in. 2002]. Sprawia to, że międzyplony ścierniskowe są często nieodzownym elementem stosowania bezorkowych systemów uprawy roli i siewu bezpośredniego roślin uprawnych [Dzienia i in. 1995, Kordas 2000, Pabin i in. 2007]. Istotne znaczenie międzyplonów obserwuje się również w uproszczeniach dotyczących następstwa roślin. Parylak i in. [2002] wykazali, że przyorywanie gorczyca w monokulturze pszenżyta ozimego zmniejszyło związłość gleby nie tylko w porównaniu do wykazanej w corocznej jego uprawie, bez międzyplonu, ale nawet w odniesieniu do płodozmianu z 50-procentowym udziałem zbóż.

Niewątpliwą korzyścią płynącą z przyorywania biomasy roślin jest poprawa właściwości biologicznych gleby przez stymulację rozwoju makro- i mikroorganizmów [Mazur 1999, Bis i in. 2001]. Może to być wywołane wzrostem liczebności mikroorganizmów rozkładających celulozę [Waclawowicz, Parylak 2004]. Runowska-Hryńczuk i Hryńczuk [1998] dowiedli, że nawożenie organiczne, w przeciwieństwie do nawożenia wyłącznie mineralnego, powoduje zwiększenie liczby bakterii celulolitycznych o 48–100%, a zdaniem Mazura [1999] o 35%. Górská i in. [1999] dodają, że obecność tej grupy

drobnoustrojów zależy także od wapnowania i nawożenia NPK. Runowska-Hryńczuk i in. [1998] twierdzą, że międzyplony powodują wprawdzie zwiększenie liczebności lub biomasy żywych mikroorganizmów w glebie, jednakże jest ona mniejsza niż w przypadku obornika.

Uprawa międzyplonów spełnia również rolę fitosanitarną, ograniczając występowanie chorób i szkodników roślin uprawnych [Mikołajska i Majchrzak 1990, Deryło 1991, Klima 1991, 1993, Banaszak 2003]. Efekty poprawy zdrowotności podstawy żdźbła roślin zbożowych przez przyoranie międzyplonów uwidaczniają się zwłaszcza w kilkuletnich monokulturach [Parylak i Kita 2000, Parylak i Kordas 2004, Wojciechowski 2008].

Niejednoznaczny natomiast jest wpływ uprawy międzyplonów na zachwaszczenie zbóż, chociaż częściej uzyskuje się jego ograniczenie [Duer 1994, Kretschmer i Berger 1990, Breland 1996, Dworakowski 1998]. Stopień zachwaszczenia przez ten element zmianowania jest dość zróżnicowany. Gonet i Jelinowski [1979] podają, że zastosowanie międzyplonów ścierniskowych z gorczycy i rzodkwi oleistej może zmniejszyć nawet 3–4-krotnie liczebność i 4–6-krotnie powietrznie suchą masę chwastów występujących w zbożach. Bielatowicz [1983], stosując pod uprawę pszenicy w monokulturze międzyplon ścierniskowy z rzepaku, stwierdził zmniejszenie zachwaszczenia o 28%. Deryło [1990] natomiast, przyorując międzyplony z roślin krzyżowych w uprawie pszenicy ozimej, ograniczył liczbę chwastów o 17,9% oraz ich powietrznie suchą masę o 13,3%. Według Deryły i Pawłowskiego [1992] międzyplony ścierniskowe, niezależnie od typu płodozmianu, zredukowały w pszenicy ozimej liczbę chwastów o 21,1% oraz ich powietrznie suchą masę o 45,1%. Najbardziej ograniczone zostało zachwaszczenie w płodozmianach z 50-procentowym udziałem zbóż, najslabiej – w płodozmianie całkowicie wysyconym zbożami. Podobnie korzystny wpływ na zmniejszenie zachwaszczenia roślin następczych przez przyorywanie zielonej biomasy określili również Kretschmer i Berger [1990], a Płaza i Ceglarek [2007] uważają, że nawet w drugim roku po ich zastosowaniu obserwuje się istotne zmniejszenie zachwaszczenia. Waclawowicz i in. [2006] twierdzą, że międzyplony mogą mieć wpływ nie tylko na zachwaszczenie łanu rośliny uprawnej, ale zmniejszają również znacznie zachwaszczenie potencjalne gleby. Rasmussen i in. [2006] natomiast nie zauważyli większego oddziaływania międzyplonu na biomasa chwastów, chociaż powodował on nieco mniejszą ich liczebność w łanie rośliny uprawnej. O małą znaczącą rolę przyorywanych międzyplonów na zachwaszczenie donoszą również Kuraszkiewicz i Pałys [2004] oraz Woźniak [2005]. Hruszka i Brzozowski [2008] uważają, że międzyplony nie chronią dostatecznie rośliny następczej przed chwastami i mogą nawet powodować zwiększenie ich banku nasion. Odmiennego zdania są Boguzas i in. [2006] oraz Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. [1988], twierdząc, że międzyplony powodują zwiększenie zachwaszczenia łanu rośliny następczej. Autorzy ci zjawisko to tłumaczą głównie zaniechaniem wykonania zespołu uprawek późniejszych.

Ważnym aspektem jest również znacząca rola międzyplonów w ochronie środowiska rolniczego. Poprzez stosowanie tego elementu zmianowania można zapobiegać erozji czy wymywaniu składników pokarmowych, zwłaszcza azotu, do głębszych warstw gleby i wód gruntowych [Martinez i Guiraud 1990, Goffart i in. 1992, Jensen 1992, Andersen i Olsen 1993, Lewan 1994, Wallgren i Linden 1994, Lyngstad i Breland 1995, Hansen

i Djurhuus 1997, Kankanen i in. 2001, Hartwig i Ammon 2002, Sørensen i Thorup-Kristensen 2003, Herrera i in. 2005, Tonitto i in. 2006, Kankanen i Eriksson 2007, Sturite i in. 2007].

Wydaje się więc, że umieszczanie w zmianowaniu międzyplonów ścierniskowych jest uzasadnione wszędzie tam, gdzie warunki siedliskowe oraz ekonomiczno-organizacyjne na to pozwolą [Wojciechowski 1998b]. Songin [1998] uważa, że w Polsce wciąż niewystarczające są badania nad międzyplonami z przeznaczeniem na przyoranie jako „zielonego nawozu”, stąd zachodzi konieczność prowadzenia nad nimi dalszych, bardziej szczegółowych badań.

Należałoby również poświęcić więcej uwagi znaczeniu roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie, zwłaszcza ścierniskowym. Większość obecnych informacji na temat tego typu międzyplonu dotyczy uprawy w nim gorczycy czy innych krzyżowych [Bielatowicz 1983, Deryło 1990, Dworakowski 1998, Kuś i Jończyk 1999, Parylak i Kita 2000, Kulig i in. 2004, Puła i Łabza 2004, Wojciechowski 2004, Waclawowicz i in. 2006, Zajac i in. 2007]. Znaczenie natomiast roślin strączkowych w międzyplonie odnieszono głównie do upraw ogrodniczych, a z polowej produkcji roślinnej najczęściej do grupy użytkowej okopowych [Płaza 2002, 2007, Jabłońska-Ceglarek i in. 2004, 2005, Jabłońska-Ceglarek i Franczuk 2004]. Mniejsze zainteresowanie roślinami strączkowymi do uprawy w międzyplonie ścierniskowym niż innymi grupami roślin wynikać może w znacznej mierze z większej ich zawodności w plonowaniu [Jaskulski i Jaskulska 2004, Zajac i Antonkiewicz 2006]. Skinder i in. [2007] twierdzą jednak, że w obecnych warunkach gospodarowania uprawa roślin motylkowatych w międzyplonie ścierniskowym jest możliwa pod warunkiem właściwego doboru gatunku. Uważa się, że w ekologicznych lub proekologicznych systemach rolnictwa rośliny motylkowe w międzyplonie powinny być standardem [Stopes i in. 1996, Pikul i in. 1997, Ghaffarzadeh i in. 1998, Duer i Jończyk 1998, Keatinge i in. 1998, Vigil i Nielsen 1998]. Zajac [2006] twierdzi, że z rolniczego punktu widzenia na cele nawozowe dla pszenicy lepiej jest uprawiać mieszanki z udziałem strączkowych, a szczególnie zaleca się uprawę w nich bobiku, wyki albo grochu. Ten sam autor wspólnie z Antonkiewiczem [2006] wykazali, że wraz z mieszanką strączkową uprawianą w międzyplonie wprowadza się do gleby $141,4 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, co wynika głównie z dużej zawartości tego pierwiastka w masie roślinnej. O pozytywnym wpływie tego typu międzyplonu na plonowanie pszenicy donosi Wojciechowski [1998b], który po przyoraniu mieszanki strączkowo-niemotylkowej uzyskał istotnie większe plony ziarna w odniesieniu do uprawy bez międzyplonu czy po międzyplonie z gorczycy. Podobnego zdania są Szafranski i Kulig [2001a] oraz Wilczewski i in. [2007], chociaż ci pierwsi uważają, że międzyplon z roślin strączkowych ma i tak mniejszy wpływ na plonowanie pszenicy niż bobik uprawiany w plonie głównym. Majchrzak i Skrzypczak [2007] zaznaczają, że międzyplony strączkowe przynoszą nie tylko efekt plonotwórczy, ale powodują również, w porównaniu do gorczycy, większą redukcję chwastów w roślinie następczej.

2.2. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość pszenicy

Składnikiem pokarmowym, najbardziej decydującym o ilości i jakości zebranego plonu, zwłaszcza pszenicy typu jakościowego, jest azot. Obok odmiany [Borkowska i in. 2002, Vyugina i Vyugin 2005], kierunku użytkowania [Achremowicz i Zając 1993], gleby [Podolska i in. 2005], przedplonu [Marko 1990, Lopez-Bellido i in. 2001, Sroller i in. 2002], sposobu uprawy roli [Wesołowski i in. 2005], intensywności pielęgnacji [Ciołek i Makarska 2004, Pietryga i Drzewiecki 2006] a nawet topografii pola [Denys i in. 2006] czy warunków pogodowych [Kuś i in. 1991, Borkowska i in. 2002, Gąsiorowska i Makarewicz 2004] wymienia się również zależność nawożenia mineralnego od stosowania nawozów organicznych [Wojciechowski 1998b]. Większość badań dowodzi korzystnego wpływu zwiększonych dawek azotu na plonowanie pszenicy jarej, a uwidacznia się on głównie na glebach o niższej zawartości substancji organicznej [Karamanos i in. 2005]. Fatyga i in. [1994], oceniając wpływ 7 poziomów nawożenia azotem na dwie odmiany pszenicy jarej, wykazali korzystny wpływ dawki 120 kg N·ha⁻¹ po zastosowaniu której plony ziarna były najwyższe. Za podobnymi dawkami azotu w uprawie pszenicy jarej opowiada się również Orlik [1998]. Mazurek i in. [1992] twierdzą natomiast, że wystarczająca jest dawka 90 kg azotu w uprawie pszenicy jarej, a większe jego dawki mogą być konieczne w gorszych warunkach glebowych. Liszewski [1997] za wystarczającą dawkę uważa również 90 kg N, a w przypadku uprawy tej rośliny w stanowisku po bobiku – nawet 30 kg. Natomiast Noworolnik i Sułek [1999] z czterech proponowanych dawek azotu zalecają 75 kg·ha⁻¹, przy której plon pszenicy jarej był najwyższy, chociaż lepszą efektywność nawożenia tym pierwiastkiem uzyskano dla dawek 25 i 50 kg N·ha⁻¹. Mazurek i Sułek [1995] znaczną rozbieżność w poglądach dotyczących wysokości nawożenia azotowego pszenicy tłumaczą między innymi genetycznym uwarunkowaniem odmian i rodów.

Na ogół nawożenie azotem nie ma znacznego wpływu na kształtowanie się właściwości fizycznych gleby [Dinesh i in. 1990, Suwara i Gawrońska-Kulesza 2005, Lenart i in. 2005, Waclawowicz 2008]. Patel i in. [1993] wykazali jednak, że ten element agrotechniki może zwiększać gęstość gleby oraz zmniejszać jej porowatość, a Koszański i in. [1995] dowiedli zmniejszenia jej wilgotności. Również Zimny i in. [2005] wykazali, że intensyfikacja nawożenia azotem istotnie zmniejsza zwięzłość i porowatość gleby przy jednoczesnym zwiększeniu gęstości objętościowej. Suwara i Gawrońska-Kulesza [2005] donoszą, że nawożenie wyłącznie mineralne ma również negatywny wpływ na strukturę gleby. Hati i in. [2007] twierdzą, że samo nawożenie mineralne nie ma istotnego wpływu na właściwości fizyczne gleby, a jedynie w połączeniu z nawozami organicznymi może je modyfikować.

Trudne pozostaje również wnioskowanie na temat wpływu nawożenia azotem na właściwości chemiczne gleby. Przyjmuje się wprawdzie, że nawożenie to zakwasza glebę, co uwidacznia się szczególnie przy wieloletnim i intensywnym jego stosowaniu [Małecka i Różalski 1998, Rabikowska i Piszcz 2000, Bednarek 2002, Blecharczyk i in. 2002, Janowiak i in. 2005, Kołodziejczyk i in. 2005]. Bednarek i in. [2004] nie wykazali

jednak wpływu tego nawozu na wartość pH gleby. Na ogół intensyfikacja nawożenia mineralnego prowadzi do chemicznej degradacji gleby [Mazur 1995, Badora i Filipek 1998, Felczyński 2005, Janowiak i in. 2005], chociaż nie dotyczy to zawartości mineralnych form azotu [Wiater i Chwil 2005]. To negatywne oddziaływanie nawożenia azotem, szczególnie na zmniejszenie się zawartości fosforu w glebie, Szymańska i in. [2005] tłumaczą tym, że z jednej strony wpływa ono znacznie na wzrost plonów roślin, powodując wynoszenie P z gleby, a z drugiej silnie zakwasza glebę, co zmniejsza zasobność gleby w fosfor. Stępień [2000] oraz Łoginow i in. [1988] w wyniku intensyfikacji nawożenia N stwierdzili zwiększenie zawartości C organicznego w glebie, a Janowiak [1992, 1995] – jego zmniejszenie. Stanisławska-Gołubiak i Korzeniowska [2005] uważają natomiast, że stosowanie wyłącznie nawożenia mineralnego pozwala jedynie utrzymać zawartość węgla organicznego na niezmiennym poziomie.

Brak jest dokładnych wyjaśnień dotyczących wpływu nawożenia azotem na zachwaszczenie łąnu rośliny uprawnej. Szymona [1993], Adamiak i Stępień [1998a], Ross i Acker [2005] oraz Blackshaw [2005] wykazali wzrost zachwaszczenia pod wpływem zwiększonych dawek N, a Podsiadło i Koszański [1995] oraz Rolbiecki i Żarski [1996] – jego ograniczenie. Sowiński [2004] natomiast nie określił istotnego zróżnicowania zachwaszczenia od tego elementu agrotechniki. Z kolei Duer [1994] oraz Małecka i Różalski [1994] uważają, że intensyfikacja nawożenia azotem nie ma wpływu na liczebność, lecz tylko na suchą masę chwastów, powodując jej wzrost. Fuchs i Schmidt [1993] twierdzą natomiast, że większe zachwaszczenie łąnu pszenicy obserwuje się tylko w czasie jej krzewienia, a w późniejszym terminie zmniejsza się ono. Podobne zależności zaobserwował Stępień [2004], chociaż według tego autora w późniejszym okresie rozwoju pszenicy nawożenie azotem może zarówno ograniczać, jak i stymulować występowanie chwastów, a jest to zależne między innymi od typu stosowanego nawożenia organicznego. Pallutt [2002] wykazał, że intensyfikacja nawożenia azotem powoduje wzrost zachwaszczenia zbóż, ale poprawia jednocześnie konkurencyjność zbóż względem chwastów, co znacznie zmniejsza straty plonu rośliny uprawnej.

Zawiązki podstawowych organów roślinnych (liście, źdźbła, kłosa) tworzone są w fazie kielkowania do początku wzrostu [Bindraban i in. 1998]. W tym czasie tworzy się najwięcej zawiązków kwiatowych. Znaczna ich część w późniejszych fazach rozwojowych obumiera, a tempo tego procesu zależne jest od warunków siedliskowych oraz od stopnia odżywiania roślin, a o ostatecznej liczbie ziarniaków decyduje okres 20 dni przed i 10 po kłoszeniu [Savin i Slafer 1991, Ortiz-Monasterio i in. 1994]. Dowodzi to, że oprócz wielkości dawek nawozów azotowych znaczenie ma również termin ich podania. Według Grzebisza [za Sowińskim 2004] chcąc skorelować nawożenie azotem z rozwojem i zapotrzebowaniem pszenicy, jak również uwzględnić wpływ na środowisko, należałoby składnik ten zastosować aż w pięciu terminach:

- przed ruszeniem wegetacji i w fazie krzewienia, ponieważ uzupełnia on wtedy zapas azotu w glebie i przyspiesza krzewienie;
- w końcu krzewienia i początku strzelania w źdźbło, co wpływa głównie na tworzenie kłosów;
- w pełni strzelania w źdźbło, dzięki czemu zmniejsza się redukcja kłosów oraz kwiatków w kłosku;

- pod koniec strzelania w źdźbło, co zwiększa płodność kwiatków i stymuluje masę ziarniaków;
- w fazie kłoszenia, gdyż wtedy wpływa on na zwiększenie masy ziarna i zawartość w nim białka.

Andersson [2005], analizując rozkład zawartości azotu w poszczególnych częściach roślin w zależności od fazy rozwojowej, uważa, że aby poprawić jakość technologiczną ziarna, szczególne znaczenie ma zasilenie pszenicy azotem po kłoszeniu, co jest ważne dla gromadzenia się azotu w ziarnie. Swoją tezę wyjaśnia tym, że system korzeniowy jest ostatnim dojrzewającym organem wegetatywnym i tym samym konkuruje znacznie z ziarnem o azot w okresie dojrzewania. Korzenie gromadzą wtedy do 20% ogólnej ilości azotu.

W praktyce najczęściej spotyka się jednak stosowanie trzech dawek azotu. Budzyński i in. [1995] opowiadają się za 2–3-krotnym podziałem dawki azotu w pszenicy, tłumacząc to znaczną energochłonnością tego elementu jej uprawy. Hevia i Fuenzalida [1988] wyróżniają trzy okresy zaopatrzenia roślin w azot: fazę krzewienia, fazę strzelania w źdźbło oraz początek kwitnienia. Za podobnym podziałem dawek azotu stosowanego w nawożeniu pszenicy jarej opowiadają się również Fatyga i in. [1994], Budzyński i in. [1996], Czapla i Humięcki [1998], Gooding i Smith [1998], Orlik [1998], Mazurek i in. [1999], Fotyma [2000], Demotes-Maynard i Jeuffroy [2001], Podolska i Sułek [2002], Garrido-Lestache i in. [2005] oraz Sułek i Podolska [2008].

Stosowanie większych dawek azotu pod pszenicę jarą ma na celu nie tylko poprawę plonowania, ale również uzyskanie wysokiej wartości użytkowej. Wartość wskaźników technologicznych ziarna pszenicy jarej jest wypadkową wielu czynników, wśród których nawożenie azotem odgrywa szczególną rolę [Achremowicz i Zając 1993, Achremowicz i in. 1995, Klupczyński i in. 2000, Ralcewicz i in. 2002, Kocoń 2005]. Użycie tego składnika wpływa pozytywnie głównie na zawartość białka i mokrego glutenu w ziarnie pszenicy [Peltonen i Virtanen 1994, Budzyński i in. 1996, Sułek i Mazurek 2001, Borkowska i in. 2002, Guttieri i in. 2006, Sexton i in. 2006, Podolska 2008]. Ważne jest odpowiednie dzielenie dawek nawozu i termin ich stosowania [Mazurek i Sułek 1999, Kocoń 2003, Sułek i in. 2002, 2004]. Dobre skutki przynosi nawożenie zwłaszcza w późniejszych fazach niż pełnia kłoszenia [Budzyński i in. 1995, Spiertz i Grashoff 1995, Delogu i in. 1998, Stankowski i Rutkowska 2006].

Azot pochodzący z nawozów mineralnych poprawia wprawdzie zawartość związków azotowych w ziarnie, jednak może ujemnie wpływać na inne wartości przemiałowe czy wypiekowe [Achremowicz i in. 1995, Bichoński 1995a, El Hadal i in. 1995, Garrido-Lestache i in. 2004, Guttieri i in. 2005].

Mazur [1999] twierdzi, że samo nawożenie mineralne roślin daje pozytywne rezultaty produkcyjne tylko w krótkim czasie, natomiast w dłuższym może okazać się niekorzystne, powodując nawet zmniejszenie plonowania roślin. Wynika z tego, że w każdym systemie nawożenia należy stosować łączone nawożenia organiczne i mineralne. To zdanie potwierdzają Adamiak i Stępień [1998b]. Ryan i in. [2008] uważają wręcz za konieczne prowadzenie badań określających kształtowanie się cech jakościowych ziarna pod wpływem nawożenia azotem w systemach, w których uprawiane są rośliny motylkowe. Część badań wskazuje na zwiększoną efektywność nawożenia mineralnego

(zwłaszcza azotowego) przy jednoczesnym stosowaniu nawozów organicznych [Fatyga i in. 1994, Thorup-Kriestensen 1994, Breland 1996, Wojciechowski 1998b]. Odmienne zdania są jednak Adamiak i Stępień [1998b], którzy wykazali gorszą efektywność nawożenia azotem w warunkach łączonego nawożenia N z nawożeniem organicznym, stosowanym bezpośrednio pod roślinę uprawną.

Należałoby określić dokładniej dobór dawek nawozów mineralnych uwzględniający przyorywanie pod roślinę uprawną międzyplonów ścierniskowych (o różnym składzie gatunkowym), które wpłynęłoby korzystnie nie tylko na ilość, ale i jakość pozyskanego plonu. W tym zakresie właściwie brak jest badań dotyczących technologii uprawy pszenic jakościowych. Doniesienia Gila i Narkiewicz-Jodko [1998, 1997], mówiące o lepszej wartości wypiekowej mąki uzyskanej z pszenżyta oraz pszenicy uprawianych po roślinach strączkowych niż po zbożach, pozwalają przypuszczać, że zastosowanie międzyplonów z roślin niezbożowych w uprawie pszenicy po pszenicy powinno poprawiać wartość technologiczną jej ziarna.

3. CEL BADAŃ

Poszczególne elementy technologii uprawy pszenicy jarej, które uwzględnia niniejsza praca (międzyplony ścierniskowe, nawożenie azotem pszenicy), były przedmiotem wielu badań, które jednak nie miały charakteru kompleksowego. Ponadto brakuje jednoznacznych poglądów na temat wpływu tych elementów agrotechniki na kształtowanie siedliska i plonowania roślin. Należy również pamiętać, że nie można obecnych badań dotyczących nawożenia azotem odnosić bezpośrednio do gatunku rośliny uprawnej, lecz powinno się w nich uwzględniać właściwości i potrzeby poszczególnych odmian, zwłaszcza tych o wysokich walorach technologicznych. Chcąc gospodarować zgodnie z zasadami rolnictwa integrowanego, należy dążyć do optymalizacji a nie maksymalizacji nawożenia azotem. Taką możliwość daje między innymi łączenie nawożenia N z nawożeniem organicznym. Brakuje jednak wyraźnych wskazań, który z proponowanych systemów łączonego nawożenia organicznego i mineralnego jest najlepszy z punktu widzenia zachowania sprawności gleby, poprawy stanu fitosanitarnego łanu roślin oraz zwiększenia plonu pszenicy jarej i jakości technologicznej pozyskanego ziarna. Główną hipotezą niniejszej pracy była możliwość określenia optymalnej dawki nawożenia azotem pszenicy jakościowej w warunkach przyorywania bezpośrednio przed nią międzyplonów powszechnie stosowanych (gorczyca biała) oraz ze znacznym udziałem roślin strączkowych na ilość i jakość pozyskanego plonu. Dlatego podstawowymi celami przeprowadzonego doświadczenia były:

- określenie reakcji pszenicy jarej typu jakościowego, w zmianowaniu z dużym udziałem zbóż (66,6%), na zróżnicowane nawożenie azotem w warunkach przyorywania pod nią dwóch rodzajów międzyplonów ścierniskowych (z roślin niemotylkowych i z dużym udziałem strączkowych);
- wykazanie zmian w siedlisku pola uprawnego, jakie wystąpią w wyniku łączonego nawożenia mineralno-organicznego;
- wyznaczenie optimum nawożenia azotem w warunkach przyorywania międzyplonów o zróżnicowanych składzie gatunkowym;
- ocena następczego oddziaływania międzyplonów na wzrost i plonowanie pszenicy jarej.

4. OPIS DOŚWIADCZEŃ, METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Doświadczenia realizowano w latach 2002–2006 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Przeprowadzono dwa doświadczenia: polowe i wazonowe. W pierwszym oceniono bezpośrednie oddziaływanie międzyplonu na siedlisko i pszenicę jarą, a w drugim wazonowym określono jego następcze działanie w odniesieniu tylko do rośliny uprawnej. W doświadczeniu pierwszym obok produktywności określono również jakość technologiczną pozyskanego ziarna.

Doświadczenie wazonowe zostało zainspirowane analizą wyników uzyskanych po pierwszym roku badania polowego w związku z czym przeprowadzono je po drugim i trzecim roku doświadczenia polowego.

4.1. Opis doświadczeń

Doświadczenie polowe

Eksperyment zrealizowano w oparciu o ściśle dwuczynnikowe doświadczenie polowe, które przeprowadzono w latach 2002–2005. Zostało ono założone metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 15 m². Pszenicę jarą uprawiano corocznie po przedplonie z pszenicy ozimej i przedprzedplonie, którym był rzepak ozimy.

Czynnik pierwszego rzędu stanowiły trzy warianty uprawy pszenicy jarej, pod którą przyorywano lub nie biomasę międzyplonów: A1) bez międzyplonów ścierniskowych, A2) międzyplon z gorzycy białej, A3) międzyplon z mieszanki roślin strączkowych z owsem.

Gorzycę białą w międzyplonie wysiewano w ilości 20 kg/ha, natomiast w skład mieszanki wchodziły: groch pastewny (100 kg/ha) + bobik (100 kg/ha) + owies (40 kg/ha).

Skład mieszanki sporządzono według ustaleń Jelinowskich i Sypniewskiego [1972] z wprowadzeniem modyfikacji własnej (z obserwacji praktycznych) polegającej na zastąpieniu słonecznika owsem siewnym.

Czynnikami drugiego rzędu były trzy dawki nawożenia azotem, z kontrolnym obiektem bez tego nawożenia: B1) 0, B2) 40 kg (40I), B3) 80 kg (40I + 40II), B4) 120 kg (40I + 40II + 40III). Termin stosowania azotu: I – przed siewem pszenicy, II – w fazie strzelania w źdźbło (faza BBCH 31–32), III – kłoszenie się roślin (faza BBCH 49).

Doświadczenie wazonowe

Doświadczenie wazonowe założono w wazonach Wagnera w 4 powtórzeniach metodą serii niezależnych. Badania realizowano w latach 2005 i 2006. Czynnikiem pierwszego rzędu była gleba pochodząca z doświadczenia polowego. Pobierano ją po zakończeniu drugiego i trzeciego roku badań polowych z poletek nienawożonych azotem w miejscach z udziałem lub bez udziału międzyplonów. Czynnikiem drugiego rzędu stanowiło nawożenie azotem: 0; 0,5 g (0,5I); 1,0 g (0,5I + 0,5II) i 2,0 g N na wazon (0,5I + 1,0II + 0,5III). Azot stosowano w tych samych terminach jak w doświadczeniu polowym.

4.2. Zakres i metodyka badań

W doświadczeniu polowym badaniami objęto międzyplon ścierniskowy, środowisko glebowe, zachwaszczenie łąnu, pszenicę jarą oraz wartość technologiczną uzyskanego ziarna, natomiast w wazonowym badania dotyczyły wyłącznie rośliny uprawnej.

4.2.1. Badania dotyczące międzyplonu ścierniskowego

Biomasę części nadziemnych i korzeni międzyplonów ścierniskowych pobierano tuż przed przyoraniem w dwóch miejscach na poletku z powierzchni 0,5 m². Po wysuszeniu określono powietrznie suchą masę międzyplonów, a następnie poddano analizie chemicznej.

W uzyskanych próbkach zbiorczych oznaczono zawartość azotu metodą Kjeldahla, fosforu metodą kolorymetryczną i potasu metodą fotopłomieniową.

4.2.2. Badania dotyczące wybranych właściwości gleby

Wilgotność gleby określono dwukrotnie, w fazie kwitnienia pszenicy jarej oraz w czasie jej zbioru, a gęstość objętościową oraz porowatość ogólną i kapilarną tylko w czasie zbioru. Oznaczono je w warstwach 5–10 oraz 15–20 cm w dwóch powtórzeniach na poletku za pomocą cylindrów o pojemności 100 cm³. Zwięzłość gleby dla warstw 0–10 cm i 10–20 cm określono za pomocą sondy uderzeniowej w 12 powtórzeniach na obiekcie.

Ocenę trwałości agregatów glebowych przeprowadzono dla warstw 0–10 i 10–20 cm metodą separacji na sucho i na mokro w aparacie Bakszajewa [Rewut 1980]. Średnie obiektowe próbki glebowe po doprowadzeniu do stanu powietrznie suchego rozdzielono na zestawie sit o średnicy oczek: 0,25; 0,5; 1; 3; 5; 7; 10 mm i określono udział

każdej frakcji agregatów. Na tej podstawie obliczono wskaźnik struktury gleby. Oceny wodoodporności agregatów przeprowadzono w aparacie Bakszejewa, przesiewając na mokro glebę na zestawie sit o średnicy oczek: 0,25; 0,5; 1; 3; 5; 7; 10 mm. Następnie obliczono średnią ważoną średnicę agregatu oraz wskaźnik wodoodporności agregatów glebowych.

W terminie zbioru pszenicy, na średnich próbkach obiektowych, w warstwie 0–20 cm określono podstawowe właściwości chemiczne gleby: wartość pH, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina, azotu ogólnego metodą Kjeldahla, przyswajalnego fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma oraz magnezu metodą Schachtschabela.

W początkowym okresie kwitnienia pszenicy jarej (faza BBCH 61–63) zbadano aktywność drobnoustrojów celulolitycznych metodą Kuźniara w modyfikacji Miklaszewskiego [1974]. Oceny dokonano po upływie 3–4 tygodni, oceniając wagowo stopień zniszczenia bibuły filtracyjnej o wymiarach 5x20 cm umieszczonej na szklanej płytce w glebie do głębokości 25 cm.

4.2.3. Warunki fitosanitarne łąnu

Zachwaszczenie łąnu pszenicy jarej określono dwukrotnie: w fazie 2–3 liści pszenicy (BBCH 12–13) oraz w fazie od pełni do końca kwitnienia (BBCH 65–69). W pierwszym terminie oceniono liczbę i skład gatunkowy chwastów na powierzchni 0,2 m² w dwóch miejscach na poletku, natomiast w drugim obok wymienionych oznaczeń określono również ich suchą masę w czterech powtórzeniach na powierzchni 0,5 m².

Oceny zainfekowania korzeni i podstawy źdźbła dokonywano w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 75). Z każdego poletka, losowo, wykopywano po 35 roślin. Wydzielono pięć klas porażenia korzeni: 0 – zdrowe; 1 – 1–10% korzeni porażonych; 2 – 11–30% porażenia; 3 – 31–60% porażenia i 4 – powyżej 61% korzeni z widocznymi objawami chorób oraz cztery klasy porażenia podstawy źdźbła: 0 – zdrowe; 1 – porażone słabo (do 30%); 2 – porażone średnio (do 60%) i 3 – porażone w stopniu silnym (powyżej 60%). Indeks porażenia obliczono metodą Townsenda-Heubergera [1943].

$$I_p [\%] = \frac{\sum_{i=0}^i n \cdot v}{i \cdot N} \cdot 100$$

gdzie:

I_p – indeks porażenia,

v – klasa porażenia,

n – liczba źdźbeł (roślin) w każdej klasie,

i – najwyższa klasa porażenia,

N – całkowita liczba badanych źdźbeł (roślin).

4.2.4. Badania dotyczące wzrostu, cech morfologicznych i plonowania pszenicy jarej

Wschody pszenicy jarej oznaczono w trzech powtórzeniach na każdym poletku, poprzez określenie liczby roślin w czwartym tygodniu po siewie na 1 mb trzech rzędów.

W terminie zbioru, na każdym poletku, z 1 mb trzech sąsiednich rzędów pobrano rośliny pszenicy w celu określenia liczby roślin i kłosów na 1m². Na 25 reprezentatywnych roślinach wykonano pomiary biometryczne i określono wybrane cechy plonotwórcze, oznaczając rozkrzewienie efektywne, długość źdźbeł i kłosów oraz liczbę i masę ziarna z jednego kłosa.

Plony ziarna ustalono z powierzchni całego poletka, a ich wysokość podano przy 15% wilgotności.

Plon białka wyliczono z iloczynu plonów ziarna i zawartości białka w ziarnie. Zawartość białka w ziarnie przedstawiono w pracy Narkiewicz-Jodko i in. [2008].

Określono współczynniki korelacji pomiędzy ważniejszymi cechami plonotwórczymi oraz wybranymi czynnikami siedliska a plonem ziarna pszenicy jarej.

Przyjmując za cechę objaśnianą plon ziarna (x_8), a za cechy objaśniające: liczbę roślin (x_1), liczbę kłosów (x_2), wysokość roślin (x_3), długość kłosa (x_4), liczbę ziaren w kłosie (x_5), masę ziarna z kłosa (x_6) i masę tysiąca ziaren (x_7), określono następujący model regresji wielokrotnej:

$$X_8 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7$$

Estymacji parametrów modelu dokonano za pomocą najmniejszych kwadratów. Dopasowanie modelu do danych empirycznych oceniono, używając współczynnika determinacji wielokrotnej. Istotność zależności między plonem ziarna a badanymi cechami stwierdzono na podstawie testu F. Poszczególne współczynniki regresji cząstkowej poddano testowi t.

W ziarnie oraz słomie na średnich próbkach dla obiektu oznaczono zawartość azotu metodą Kjeldahla, fosforu metodą kolorymetryczną, potasu metodą fotopłomieniową, a miedzi metodą ASA. Wybór tego mikroskładnika był podyktowany faktem, że badano pszenicę jakościową, a jednym z podstawowych źródeł zaopatrzenia człowieka w ten składnik jest chleb razowy.

W doświadczeniu wazonowym określono: dynamikę wschodów, rozkrzewienie efektywne, długość źdźbeł i kłosów, liczbę i masę ziarna z 1 rośliny, masę tysiąca ziaren oraz masę ziarna i słomy z wazonu.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji. Przedziały ufności poddano testowi Tukeya. W analizie korelacji prostej i wielokrotnej poziom istotności cech określono w programie STATISTICA.

4.2.5. Efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu przez pszenicę jara

Efektywność nawożenia oraz wykorzystanie azotu przez pszenicę określono dla średnich próbek obiektowych. Sposób obliczeń i terminologię związaną ze wskaźnikami

efektywności nawożenia azotem podano za Novoa i Loomis [1981], Moll i in. [1982], Huggins i Pan [1993], Delogu i in. [1998], Fotyma [1999] i wyliczono:

- ◆ efektywność rolniczą – (A_E) wyrażoną w $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$, która jest stosunkiem przyrostu plonu pod wpływem nawożenia azotem (plon przy N_x – plon przy N_0) do zastosowanego nawożenia azotem N_x ;
- ◆ efektywność fizjologiczną – (P_E) wyrażoną w $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$, która jest stosunkiem przyrostu plonu pod wpływem nawożenia azotem (plon przy N_x – plon przy N_0) do przyrostu pobrania azotu (pobranie przy N_x – pobranie przy N_0);
- ◆ współczynnik wykorzystania azotu – wyrażony w procentach, wyliczony z ilorazu efektywności rolniczej do fizjologicznej;
- ◆ wskaźnik końcowej efektywności – wyrażony w $\text{zł} \cdot \text{zł}$ w nawozie⁻¹, będący stosunkiem wartości przyrostu plonu w zł na 1 zł wydatkowany na nawóz;
- ◆ indeks żniwny azotu – wyrażony w procentach, będący stosunkiem ilości azotu w ziarnie pszenicy do całkowitej ilości azotu w roślinie.

4.2.6. Uproszczona ocena ekonomiczna uprawy pszenicy jarej

W ocenie ekonomicznej wielkość kosztów bezpośrednich produkcji ustalono na podstawie technologii stosowanej w doświadczeniu i rzeczywistego zużycia materiału siewnego, nawozów i środków ochrony roślin. Uwzględniono w nich również zakup materiału siewnego międzyplonów i koszty jego wysiewu. W celu określenia wartości produkcji i jej kosztów posłużono się cenami obowiązującymi w 2005 r. opracowanymi w RCD RR i OW we Wrocławiu. Wartość produkcji obliczono wyłącznie dla plonu głównego rośliny.

4.2.7. Ocena wartości technologicznej ziarna

Oceny wartości technologicznej dokonano wspólnie z Katedrą Technologii Zbóż Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Metodykę badań z tego zakresu oraz średnie wyniki dotyczące międzyplonów i nawożenia azotem przedstawiono w dwóch pracach: Gil i in. [2008] oraz Narkiewicz-Jodko i in. [2008]. W niniejszej pracy zaprezentowano plon mąki oraz – biorąc pod uwagę, że objętość chleba jest najważniejszym, bezpośrednim wskaźnikiem jej jakości – przedstawiono również właściwości mąki, które na nią wpływają, takie jak: zawartość białka i glutenu, rozplywalność glutenu, wskaźnik sedymentacji oraz liczbę opadania, a dane poszerzono o wyniki współdziałania czynników badań. Obliczono również współczynniki zależności łączonego nawożenia mineralno-organicznego na wybrane cechy technologiczne ziarna. Przyorywany corocznie z biomasą międzyplonu azot połączono z azotem mineralnym i nazwano go azotem wnoszonym w nawozach.

Określono współczynniki korelacji pomiędzy ważniejszymi cechami mąki oraz wykonano analizę regresji wielokrotnej. Przyjmując za cechę objaśnianą objętość chleba (x_7), a za cechy objaśniające: wydajność mąki (x_1), zawartość białka (x_2), zawartość glutenu (x_3), rozplywalność glutenu (x_4), liczbę opadania (x_5) i współczynnik sedymentacji (x_6), określono następujący model regresji wielokrotnej:

$$X_7 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6$$

Sposób obliczenia przedstawiono wcześniej dla modelu regresji wielokrotnej plonu ziarna.

4.3. Warunki glebowe

Doświadczenie w pierwszym roku założono na madzie rzecznej właściwej wytworzonej z gliny spiaszczonej na utworze piasku gliniastego lekkiego, a w drugim i trzecim na madzie właściwej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego na utworze gliny średniej. Glebę pierwszego roku doświadczenia zalicza się do kompleksu żyniego bardzo dobrego (klasa IIIb) a w dwu następnych do kompleksu żyniego dobrego (klasa IVa).

Glebę do wazonów stanowiła uśredniona próbka z czterech powtórzeń doświadczenia polowego. Pobierano ją po drugim i trzecim roku eksperymentu polowego z poletek pszenicy jarej, nienawozonej azotem, pod którą rok wcześniej przyorywano lub nie międzyplony.

4.4. Warunki klimatyczne

Dane, na podstawie których scharakteryzowano przebieg pogody w okresie doświadczenia, uzyskano w Stacji Agrometeorologicznej Swojec, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wyliczono również współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa, który pozwala określić okresy niekorzystne dla wzrostu i rozwoju rośliny: posuszny – współczynnik K jest mniejszy od 1,0 oraz okres suszy (intensywnej posuchy) – K mniejsze od 0,5 [Radomski 1987].

Warunki pogodowe w poszczególnych latach były zróżnicowane i miały znaczący wpływ na wzrost i plonowanie międzyplonów ścierniskowych oraz pszenicy jarej.

4.4.1. Warunki pogodowe w czasie wegetacji międzyplonów ścierniskowych

Stwierdzono znaczny wpływ warunków klimatycznych na wzrost i plonowanie roślin międzyplonowych. Najbardziej korzystną pogodą dla mieszanki, szczególnie pod względem ilości opadów, charakteryzował się pierwszy rok doświadczenia (tab. 1).

Ilość opadów w okresie wegetacji tego międzyplonu w roku 2002 (2 dekada VIII – 2 dekada XI) wyniosła 256,4 mm i była aż o 106,6 mm wyższa niż w 2003 r. i o 80,8 mm od opadów w 2004 r. Korzystne warunki odnotowano głównie tuż po siewie międzyplonów, kiedy to ilość opadów (2 dekada sierpnia) była blisko 30% większa niż dane dla tego okresu z lat 1968–2001 i ponad trzykrotnie większa niż w dwu pozostałych latach prowadzenia badań. Pozytywne oddziaływanie dużej ilości opadów było dodatkowo potęgowane wyższą temperaturą powietrza.

Tabela 1

Table 1

Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów w czasie wegetacji
międzyplonów ścierniskowych

Monthly mean air temperatures and rainfall sums during growth of catch crops

Rok Year	Miesiące – Months											
	Lipiec-Sierpień; July-August				Wrzesień September			Październik October			Listopad November	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Średnia temperatura – Mean temperature [°C]												
2002	20,2	21,2	20,4	20,9	17,8	13,0	9,8	9,1	7,3	8,2	2,5	6,8
2003	21,9	22,4	20,7	18,6	14,6	14,4	13,6	10,5	5,8	2,0	6,6	3,5
2004	19,8	20,6	21,1	19,1	15,6	15,0	11,3	11,6	7,0	12,3	7,8	4,1
Średnie 2002–2004 Means 2002–2004	20,6	20,6			13,9			8,2			5,2	
Średnie 1968–2001 Means 1968–2001	18,3*	17,9			13,6			9,0			3,9*	
Suma opadów – Precipitation sum [mm]												
2002	0,6	0,1	89,5	13,5	5,7	19,1	39,4	20,1	16,7	25,5	12,5	14,4
2003	18,7	17,3	28,7	7,8	10,7	9,4	8,8	43,8	3,0	11,1	6,5	9,7
2004	11,6	6,3	22,0	4,7	0,0	5,3	20,5	19,3	31,7	0,4	32,3	39,4
Średnie 2002–2004 Means 2002–2004	10,3	21,1			13,2			19,1			19,1	
Średnie 1968–2001 Means 1968–2001	87,7*	70,0			49,7			38,2			41,2*	
Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa – Hydrotermic Sielianinow coefficient												
2002	0,0	0,0	4,4	0,6	0,1	1,5	1,9	2,2	2,3	3,1	5,0	2,1
2003	0,9	1,9	0,3	0,9	0,8	1,4	0,4	4,2	0,5	5,5	1,0	2,8
2004	0,6	0,3	1,0	0,3	0,0	0,4	1,6	1,6	4,5	0,0	4,1	9,6

* dane dotyczą całego miesiąca – data concern whole month

Współczynnik hydrotermiczny w tym okresie wyniósł aż 4,4 – najwyższy ze wszystkich lat badań w okresie siewu i początkowego rozwoju międzyplonu. Najmniej korzystne warunki klimatyczne dla mieszanki obserwowano natomiast w roku 2004. Wynikały one zwłaszcza ze znacznego niedoboru wody w czasie wschodów roślin. W okresie tym wystąpiła intensywne posucha – współczynnik hydrotermiczny przez 3 kolejne dekady od siewu międzyplonu kształtował się zaledwie w granicach od 0 do 0,4. Wprawdzie ilość opadów w 2 i 3 dekadzie sierpnia w tym roku wyniosła 26,7 mm i nie odbiegała znacznie od ilości opadów w roku 2003, jednak opady te wystarczyły jedynie na w miarę dobre uwilgotnienie wierzchniej warstwy roli, co w przypadku dość głębokiego siewu roślin strączkowych mogło mieć negatywny wpływ na kiełkowanie nasion, zwłaszcza, że okres poprzedzający przygotowanie roli i siewu międzyplonów

w tym roku był okresem suchym. Współczynnik K w 3 dekadzie lipca wyniósł 0,6, a w 1 dekadzie sierpnia tylko 0,3.

Odmienny wpływ wywarły warunki pogodowe na wzrost i plonowanie gorczycy białej. Najkorzystniejszym dla tej rośliny był ostatni (odwrotnie niż dla mieszanki) rok eksperymentu, o dość równomiernie rozłożonych i w miarę wysokich opadach w całym okresie wegetacji. Gorsze warunki pogodowe dla gorczycy odnotowano natomiast w latach 2002 i 2003. W pierwszym roku niekorzystne oddziaływanie pogody wynikało zwłaszcza ze znacznych niedoborów opadów w okresie lipca i początku sierpnia, co miało z kolei wpływ na utrudnienia we właściwym przygotowaniu roli do siewu – tworzenie znacznych brył i przestworów powietrznych między nimi. Niemożliwość właściwego przygotowania roli i duże ilości deszczu w 2. dekadzie sierpnia, z czego 42,7 mm spadło tylko w ciągu jednego dnia, powodowały przemieszczenie (wmywanie) nasion gorczycy w głąb gleby, co z kolei utrudniało przedostawanie się siewek roślin na powierzchnię roli i jej gorsze wschody. Mniej korzystne warunki pogodowe dla gorczycy w drugim roku badań wynikały głównie z niedoborów opadów w okresie siewu gorczycy (2 dekada sierpnia) i przesuszenia wierzchniej warstwy gleby. Również późniejszy okres w tym roku był mniej korzystnym dla wzrostu międzyplonów (1. dekada września – 2. listopada). Ilość opadów w tym czasie, w 2003 r., wyniosła 103,0 mm i była o 45,9 mm niższa od opadów w 2003 r. i o 50,4 mm w 2002 r.

4.4.2. Warunki pogodowe w czasie wegetacji pszenicy jarej

Wykazano znaczną zależność wzrostu i plonowania pszenicy jarej od warunków pogodowych, zwłaszcza w późniejszym czasie jej wegetacji (tab. 2).

Dość wysoka temperatura powietrza oraz w miarę wysokie opady deszczu nie miały na ogół negatywnego wpływu na kiełkowanie, wschody i rozwój początkowy pszenicy jarej. W każdym roku badań temperatura powietrza w miesiącach od marca do czerwca była na zbliżonym poziomie, a nawet nieco wyższa niż w tym okresie z wielolecia. Również opady deszczu nie odbiegały znacznie od średniej w tych miesiącach z lat 1968–2002. Nieco mniejsze opady w czasie siewów i kiełkowania pszenicy (kwiecień) w pierwszym i ostatnim roku eksperymentu były wkrótce „uzupełnione” przez wysokie opady w maju. W tym miesiącu, w roku 2003 opady były o 23,1 mm wyższe, a w roku 2005 dwa razy wyższe niż średnia ilość opadów majowych w latach 1968–2002.

Największy wpływ na plonowanie ziarna pszenicy miały natomiast warunki pogodowe w czerwcu i lipcu. Najmniej korzystnym przebiegiem pogody w tym okresie charakteryzował się drugi rok badań. Ilość opadów deszczu w czerwcu 2004 r. była o 29,5 mm, a w lipcu o 19,9 mm mniejsza niż odnotowana w tym okresie z wielolecia. Zaznaczyć należy, że okres niedoborów deszczu w roku tym utrzymywał się niemalże przez cały okres rozwoju pszenicy, od jej siewu aż do zbioru. Negatywny wpływ tego czynnika klimatycznego mógł być potęgowany dodatkowo niską temperaturą powietrza. Niedobory czerwcowych opadów deszczu odnotowane w latach 2003 i 2005 były natomiast rekompensowane w znacznej mierze wysokimi opadami w maju – w roku 2003 były one o 23,1 mm, a w roku 2005 o 68,6 mm większe niż średnie opady dla tego miesiąca z wielolecia.

Tabela 2
Table 2

Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów w czasie wegetacji pszenicy jarej
Monthly mean air temperatures and rainfall sums during growth of spring wheat

Rok Year	Miesiące – Months					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Średnia temperatura – Mean temperature [°C]						
2003	3,9	8,3	16,1	20,0	19,9	20,5
2004	4,6	9,8	12,8	16,7	18,6	19,6
2005	1,7	9,8	14,3	16,9	19,8	17,7
Średnie 2003–2005 Means 2003–2005	3,4	9,3	14,4	17,9	19,4	19,3
Średnie 1968–2002 Means 1968–2002	3,3	8,2	13,8	16,6	18,4	18,0
Suma opadów – Precipitation sum [mm]						
2003	15,2	15,0	75,5	33,1	57,5	53,8
2004	54,9	21,5	39,1	43,9	66,1	33,0
2005	9,3	25,5	121,0	38,3	109,3	51,0
Średnie 2003–2005 Means 2003–2005	26,5	20,7	78,5	38,5	77,6	45,9
Średnie 1968–2002 Means 1968–2002	31,8	38,2	52,4	73,4	86,0	71,0
Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa – Hydrotermic Sielianinow coefficient						
2002	1,3	0,6	1,6	0,6	0,9	0,9
2003	3,7	0,7	1,0	0,9	1,1	0,5
2004	1,7	0,9	2,7	0,6	1,8	0,9

Zaznaczyć należy, że w żadnym z lat badań nie obserwowano korzystnego przebiegu pogody dla wzrostu i plonowania pszenicy jarej. Średnio dla lat 2003–2005, w każdym miesiącu wystąpiły znacznie mniejsze opady niż notowane w wieloleciu. Nieco wyższa, średnia dla okresu badań suma opadów w maju, wynikała wyłącznie z wysokich opadów w 2005 r., a w dwóch pozostałych latach badań była również mniejsza od średniej sumy opadów w latach 1968–2002. Niedobór deszczów był dodatkowo potęgowany wyższą temperaturą powietrza. Średnia temperatura za cały okres badań w kwietniu była o 1,0, w maju o 0,6, w czerwcu o 1,3, w lipcu o 1,0, a w sierpniu o 1,3°C wyższa niż średnia z lat 1968–2002. Te negatywne warunki pogodowe powodowały występowanie okresów posuchy – współczynnik hydrotermiczny w każdym roku prowadzenia eksperymentu, przez cały okres wegetacji pszenicy, osiągał często wartości poniżej 1,0.

4.5. Zabiegi agrotechniczne

Całokształt zabiegów agrotechnicznych zastosowanych w uprawie pszenicy jarej przedstawiono w tabeli 3.

Pszenicę jarą, odmiany Torca, zaliczaną pod względem wartości użytkowej do pszenic elitarnych, wysiewano w ilości zapewniającej obsadę 500 szt. roślin na 1 m². Siew, w zależności od roku, wykonywano pomiędzy 28 marca a 5 kwietnia.

Fosfor w dawce 40 kg·ha⁻¹ dostarczono w postaci superfosfatu potrójnego 40%, a potas w dawce 60 kg·ha⁻¹ w formie soli potasowej 60%. Azot w każdym terminie stosowania dostarczono w formie saletry amonowej 34% N.

Ochrony łanu pszenicy przed chwastami, w dwóch pierwszych latach, dokonano przy użyciu preparatu Lintur 70WG w dawce 150 g/200 l wody/ha, natomiast w 2005 r. zastosowano Chwastox Turbo w dawce 2 l/200 l wody/ha. Ochronę rośliny testowej przed chorobami grzybowymi wykonano za pomocą fungicydu Falcon 460 EC w dawce 0,6 l/200 l wody/ha. Do zwalczania szkodników zastosowano w 2003 r. Decis 2,5 EC, łącznie z herbicydem, a w 2005 r. Fastac 100 EC w dawce 0,1 l, łącznie z fungicydem. Aby zapobiec wyleganiu pszenicy w roku 2004, zastosowano Cerone 480 SL w dawce 0,75 l, a w 2005 r. użyto Antywylegacz płynny 675 SL w dawce 1,5 l/200 l wody/ha. W pierwszym roku nie stosowano tego zabiegu.

W doświadczeniu wazonowym pszenicę jarą odmiany Torca wysiewano w ilości 25 sztuk ziarniaków na 1 wazon. W fazie 12–13 według skali BBCH dokonywano ręcznego przerywania roślin, pozostawiając po 15 sztuk w wazonie. W 2005 r. ochronę roślin przeciw chorobom grzybowym wykonano dwukrotnie: w fazie 31 BBCH stosując Amistar 250 SC w dawce 1 l/200 l wody/ha oraz w fazie 58–59 używając Bumper 250 EC w dawce 0,5 l/200 l wody/ha. W 2006 r. ochronę przeciw chorobom przeprowadzono jeden raz w fazie 31 BBCH za pomocą preparatu Bumper 250 EC. Ochronę pszenicy przeciw insektycydom wykonywano w okresach silnego występowania szkodników, stosując w roku pierwszym Fastac 100 EC w dawce 0,12 l, a w roku drugim Diazel 500 EC w dawce 450 ml/200 l wody/ha.

Tabela 3 – Table 3

Zabiegi agrotechniczne w uprawie pszenicy jarej (doświadczenie polowe)
 Agrotechnical treatments of spring wheat (field experiment)

Zabiegi agrotechniczne Agrotechnical treatments	2002/2003	2003/2004	2004/2005
1. Zbiór przedplonu (pszenica ozima) Harvest of preceding crop (winter wheat)	23.07	26.07	04.08
2. Zbiór słomy Harvest of straw	26.07	28.07	05.08
3. Pożniwna uprawa roli – After harvest tillage:			
a) podorywka – skimming	05.08	01.08	11.08
b) dwukrotne bronowanie broną ciężką twice harrowing with heavy harrow	–	04.08	11.08
c) bronowanie broną wirnikową harrowing with rotary harrow	06.08	–	–
4. Siew międzyplonu ścierniskowego Sowing of catch crops	06.08	04.08	12.08
5. Bronowanie broną posiewną Harrowing with post-sowing harrow	06.08	04.08	12.08
6. Bronowanie broną ciężką (obiekt A1) Harrowing with heavy harrow (treatments 1)	14.08	17.08	27.08
7. Wałowanie międzyplonów Catch crop pressing by smooth roller	14.11	06.11	29.11
8. Nawożenie P, K Fertilization P, K	15.11	07.11	29.11
9. Orka przedzimowa Autumn plowing	15.11	07.11	03.12
10. Uprawa przedsiewna – Pre-sowing tillage:			
a) bronowanie broną ciężką harrowing with heavy harrow	25.03	17.03	30.03
b) bronowanie broną wirnikową harrowing with rotary harrow	28.03	31.03	05.04
11. Siew pszenicy jarej Sowing of spring wheat	28.03	31.03	05.04
12. Nawożenie azotem (obiekt: B2, B3, B4) Nitrogen fertilization (treatments: B2, B3, B4)	02.04	07.04	08.04
13. Oprysk herbicydem Spraying with herbicide	13.05	21.05	13.05
14. Oprysk insektycydem Spraying with insecticide	13.05	–	–
15. Oprysk fungicydem Spraying with fungicide	26.05	–	20.05
16. Nawożenie azotem (obiekt: B3 i B4) Nitrogen fertilization (treatments: B3, B4)	27.05	31.05	01.06
17. Oprysk antywylegaczem Spraying with lodging-preventing agent	–	08.06	02.06
18. Oprysk fungicydem i insektycydem Spraying with fungicide and insekticide	–	08.06	12.06
19. Nawożenie azotem (obiekt B4) Nitrogen fertilization (treatments: B4)	12.06	16.06	22.06
20. Zbiór ziarna – Grain harvesting	08.08	12.08	19.08

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Bezpośrednie oddziaływanie międzyplonu i nawożenia azotem na siedlisko oraz plon i jakość pszenicy jarej (doświadczenie polowe)

5.1.1. Plonowanie i wartość nawozowa międzyplonów ścierniskowych

Najwyższe plony biomasy międzyplonów uzyskano w pierwszym roku badań i były one zbliżone do uzyskanych w 2003 r. oraz istotnie większe od otrzymanych w roku 2004 (tab. 4).

Tabela 4
Table 4

Plon suchej masy międzyplonów ścierniskowych
Dry matter yield of catch crops [t·ha⁻¹]

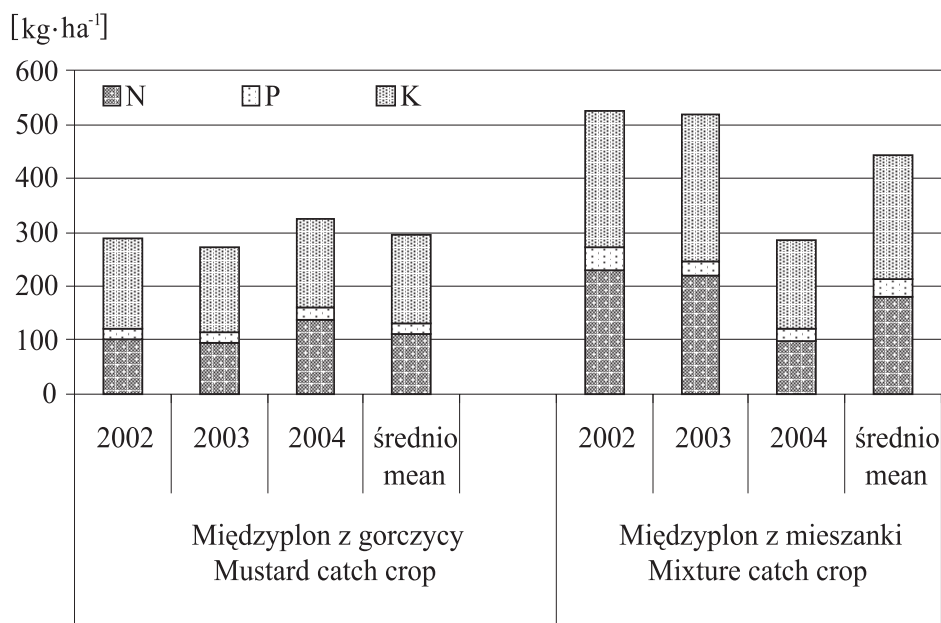
Międzyplon Catch crop	Lata – Years			Średnio Mean
	2002	2003	2004	
Gorzycza – Mustard	4,74	4,65	6,49	5,29
Mieszanka – Mixture	6,49	5,95	3,29	5,24
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,68			r.n.
Średnio – Mean	5,62	5,30	4,89	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,50			–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w wytwarzanej ilości biomasy przez gorzycę oraz mieszankę strączkowo-zbożową. Jednak rodzaj międzyplonu bardzo odmiennie reagował na warunki pogodowe w poszczególnych latach. Najniższe plony mieszanki uzyskano w ostatnim roku uprawy i były one blisko dwukrotnie mniejsze od pozyskanych w latach 2002 i 2003. Wynikało to głównie z suszy, jaka wystąpiła

w okresie przedsiewnym i w czasie kiełkowania nasion mieszanki. Odmienne niż mieszanka na panujące warunki pogodowe w roku 2004 reagowała gorczyca biała, wytwarzając w tym roku najwyższy plon biomasy. Plon suchej masy gorczycy w ostatnim roku badań był blisko 50% wyższy niż w dwóch pozostałych latach badań. Decydowały o tym w miarę wysokie i równomiernie rozłożone opady oraz wyższa temperatura powietrza w całym okresie wegetacji. Mieszanka okazała się bardziej zawodna w plonowaniu niż gorczyca, reagując bardzo niskim plonowaniem w roku o suchym okresie jej siewu i wschodów.

Wartość nawozowa międzyplonów wynikała w znacznej części z ilości produkowanej przez nie biomasy, a szczególnie z zawartości w niej makroskładników (rys. 1). Mimo że plon mieszanki zbożowo-strączkowej był tylko nieznacznie wyższy, średnio o 5,6% od plonu gorczycy białej, to z tym rodzajem międzyplonu wniesiono do gleby aż o 49,5% więcej N, P i K niż z gorczycą. Różnica w poszczególnych makroskładnikach na korzyść mieszanki wynosiła: dla N – 64,0, dla P – 45,5 a dla K – 40,2%.



Rys. 1. Masa makroskładników wprowadzonych do gleby z międzyplonem

Fig. 1. Weight of macroelements incorporated with catch crop in to the soil

Masa podstawowych makroskładników przyorywanych z mieszanką w dwóch pierwszych latach badań była blisko dwukrotnie większa niż z gorczycą. Jedynie w roku 2004 z gorczycą dostarczono do gleby o 9,8% więcej NPK niż z mieszanką, mimo że gorczyca w tym roku wyprodukowała ponad dwukrotnie większą biomasę.

5.1.2. Kształtowanie wybranych właściwości gleby pod wpływem przyorywanych międzyplonów i nawożenia azotem

5.1.2.1. Wpływ na właściwości fizyczne gleby

Nie stwierdzono wpływu nawożenia azotem ani współdziałania tego nawozu z przyorywanym międzyplonem na wilgotność gleby w fazie kwitnienia pszenicy (tab. 5).

Korzystnie natomiast na tę cechę wpłynęło przyorywanie zielonej masy, co uwiódcozniło się szczególnie w warstwie 5–10 cm.

Tabela 5

Table 5

Wilgotność gleby w $\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$ – faza kwitnienia pszenicy jarej (średnie 2003–2005)

Soil moisture in $\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$ – folwering stage of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	18,5	18,1	18,3	17,9	18,2
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	19,8	18,8	19,4	19,3	19,3
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	20,6	21,7	20,8	20,5	20,9
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				1,1
Średnio – Mean	19,6	19,5	19,5	19,2	–
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				–
Warstwa gleby 15–20 cm – Soil layer 15–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	17,2	16,6	16,4	17,1	16,8
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	17,3	16,8	17,9	16,2	17,0
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	18,0	17,1	16,5	16,4	17,0
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	17,5	16,8	16,9	16,5	–
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Po przyoraniu gorczycy wilgotność gleby w tej warstwie była istotnie o 6,0% większa niż w uprawie pszenicy bez tego elementu zmianowania. Jeszcze korzystniejszy wpływ miała mieszanka, po przyoraniu której uwilgotnienie gleby zwiększyło się o 8,3% niż po gorczycy i aż o 14,8% w stosunku do wykazanej w uprawie bez międzyplonu. W warstwie głębszej dostarczenie do gleby biomasy międzyplonu nie miało istotnego wpływu na kształtowanie tej cechy.

Podobnie jak w fazie kwitnienia również w czasie zbioru pszenicy nie wykazano istotnego różnicowania wilgotności gleby od nawożenia azotem i współdziałania badanych czynników (tab. 6).

Tabela 6

Table 6

Wilgotność gleby w $\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$ – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Soil moisture in $\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$ – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Objekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	23,7	23,1	24,2	24,4	23,9
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	26,3	26,2	25,4	26,1	26,0
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	27,5	27,3	27,4	26,9	27,3
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				0,9
Średnio – Mean	25,8	25,5	25,7	25,8	–
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				–
Warstwa gleby 15–20 cm – Soil layer 15–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	24,6	24,1	23,0	23,9	23,9
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	24,8	24,0	24,7	24,2	24,4
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	25,7	25,2	25,0	24,5	25,1
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	25,0	24,4	24,2	24,2	–
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

W okresie tym obserwowano natomiast jeszcze wyraźniejsze i korzystniejsze oddziaływanie przyoranej biomasy międzyplonu na tę cechę. Po mieszance wilgotność gleby w warstwie 5–10 cm była istotnie o 5,0% większa niż po gorczycy i o 14,2% od określonej w uprawie bez międzyplonu. Podobnie w warstwie głębszej gleby wykazano nieco większe uwilgotnienie gleby po przyoraniu międzyplonów, jednak różnice te nie były istotne statystycznie.

Z badanych czynników jedynie przyorywanie międzyplonu miało istotny wpływ na porowatość gleby, natomiast nawożenie azotem oraz współdziałanie czynników nie miały tu większego znaczenia. Dostarczenie do gleby biomasy międzyplonu zwiększyło zarówno porowatość ogólną, jak i kapilarną gleby (tab. 7 i 8).

Tabela 7

Table 7

Porowatość ogólna gleby w [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Total porosity of soil in [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	36,1	35,9	36,2	35,6	36,0
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	37,2	37,0	38,2	37,1	37,4
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	37,1	37,1	36,7	37,0	37,0
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				1,0
Średnio – Mean	36,8	36,7	37,0	36,6	–
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				–
Warstwa gleby 15–20 cm – Soil layer 15–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	34,6	35,0	35,4	35,0	35,0
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	36,5	36,7	37,8	36,5	36,9
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	36,7	35,9	37,0	36,7	36,6
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				0,9
Średnio – Mean	35,9	35,9	36,7	36,1	–
$\text{NIR}_{(a=0,05)} - \text{LSD}_{(a=0,05)}$	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 8

Table 8

Porowatość kapilarna gleby w [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
 Capillary porosity of soil in [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	31,8	33,0	34,0	33,3	33,0
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	34,3	34,9	34,7	34,4	34,6
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	34,7	34,2	34,1	33,9	34,2
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,9
Średnio – Mean	33,6	34,0	34,2	33,9	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–
Warstwa gleby 15–20 cm – Soil layer 15–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	32,2	32,6	32,9	31,8	32,4
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	34,5	34,0	34,8	34,6	34,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	34,8	34,9	34,1	34,4	34,6
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,7
Średnio – Mean	33,8	33,8	34,0	33,6	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Przyoranie gorczycy zwiększyło porowatość ogólną w warstwie 5–10 cm o 13,9%, a w warstwie 15–20 cm o 5,4% w porównaniu do określonej w uprawie bez międzyplonu. Porowatość kapilarna w tych warunkach uprawy była natomiast odpowiednio większa o 4,8 i 6,5%. Po przyoraniu mieszanki wartości tych cech zwiększyły się odpowiednio dla porowatości ogólnej o 2,8 i 4,6%, a dla kapilarnej o 3,6 i 6,8%.

Jedynym czynnikiem, który istotnie zmienił gęstość objętościową gleby było przyoranie biomasy międzyplonów (tab. 9). Gęstość po przyoraniu gorczycy w warstwie 5–10 cm zmniejszyła się o 1,3%, a w warstwie 15–20 cm o 2,5%. Podobnie istotnie zależności wystąpiły po mieszance, ale tylko w warstwie głębszej (różnica o 3,1%)

Zwięzłość, podobnie jak inne fizyczne właściwości gleby, nie była istotnie zróżnicowana pod wpływem nawożenia azotem, chociaż można zauważyć, że wzrastała ona w miarę zwiększania dawek N (tab. 10).

Tabela 9

Table 9

Gęstość objętościowa gleby w [$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$] – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Bulk density of soil in [$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$] – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,59	1,57	1,57	1,56	1,57
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,56	1,55	1,53	1,54	1,55
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,57	1,55	1,56	1,54	1,56
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,02
Średnio – Mean	1,57	1,56	1,55	1,55	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–
Warstwa gleby 15–20 cm – Soil layer 15–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,62	1,61	1,59	1,60	1,61
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,56	1,57	1,55	1,57	1,56
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,54	1,56	1,56	1,56	1,56
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,02
Średnio – Mean	1,57	1,58	1,57	1,58	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Nie wykazano również istotnego wpływu na tę cechę międzyplonu ścierniskowego. Wprawdzie w obydwóch warstwach gleby przyorwanie zarówno gorczycy, jak i mieszanki zmniejszyło zwięzłość warstwy ornej, jednak nie zostało to udokumentowane statystycznie. Wykazano istotny wpływ łączonego stosowania nawożenia azotem i przyorwania międzyplonów na zwięzłość gleby, co uwidoczniło się głównie w głębszej jej warstwie. Najmniejszą zwięzłością na głębokości 10–20 cm charakteryzowała się gleba spod pszenicy uprawianej po przyoraniu gorczycy i nienawożonej azotem, największą natomiast w uprawie pszenicy również po tym międzyplonie, ale nawożoną dawką 80 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Różnica w zwięzłości między tymi obiektami wyniosła 22,8%.

Tabela 10
Table 10

Zwięzłość gleby w [MPa] – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Soil compaction in [MPa] – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 0–10 cm – Soil layer 0–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	3,70	3,57	3,74	3,96	3,74
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	3,71	3,56	3,73	3,83	3,71
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	3,40	3,55	3,45	3,53	3,48
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	3,60	3,56	3,64	3,77	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–
Warstwa gleby 10–20 cm – Soil layer 10–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	7,66	7,73	7,31	8,22	7,73
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	6,70	7,25	8,23	7,63	7,45
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	7,49	7,68	7,34	7,60	7,53
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,88				r.n.
Średnio – Mean	7,28	7,55	7,63	7,82	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Przyorywanie międzyplonów pod pszenicę jarą miało korzystne oddziaływanie na strukturę gleby, powodując wzrost jej wskaźnika (tab. 11). Po przyoraniu gorczycy oraz mieszanki wartość jego w warstwie gleby 0–10 cm była odpowiednio o 45,7 i 51,2% większa od wykazanej w uprawie pszenicy bez przyorywania biomasy roślin. W warstwie 10–20 cm różnice te wyniosły odpowiednio 35,5 i 44,7%. Nie obserwowano wyraźnego wpływu nawożenia azotem na tę cechę, chociaż zauważono nieco większy wskaźnik struktury gleby w warunkach stosowania najwyższej dawki N.

Tabela 11
Table 11

Wskaźnik struktury gleby – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Soil structure index – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 0–10 cm – Soil layer 0–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,20	1,22	1,32	1,41	1,29
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,86	1,88	1,89	1,89	1,88
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,86	1,80	1,93	2,20	1,95
Średnio – Mean	1,64	1,63	1,71	1,83	–
Warstwa gleby 10–20 cm – Soil layer 10–20 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,27	1,51	1,36	1,48	1,41
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,82	1,83	1,91	2,06	1,91
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,68	2,13	2,05	2,28	2,04
Średnio – Mean	1,59	1,82	1,77	1,94	–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Przyorowanie międzyplonów zwiększyło również średnią ważoną średnicę agregatu wodoodpornego (tab. 12), po których w warstwie gleby 0–10 cm był on o 8,7% większy po przyoraniu gorczycy oraz o 11,1% po mieszance w porównaniu do uprawy pszenicy bez międzyplonów. W warstwie głębszej gleby różnice te wyniosły analogicznie 6,3 i 7,7%. Nie wykazano jednoznacznego wpływu nawożenia azotem na tę cechę.

Tabela 12

Table 12

Średnia ważona średnica agregatu – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Weighted mean of aggregate diameter – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,36	1,32	1,18	1,19	1,26
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,39	1,33	1,40	1,35	1,37
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,45	1,41	1,34	1,41	1,40
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,04
Średnio – Mean	1,40	1,35	1,31	1,32	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,47	1,30	1,41	1,53	1,43
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,55	1,50	1,55	1,47	1,52
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,57	1,54	1,54	1,50	1,54
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	1,53	1,45	1,50	1,50	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Wskaźnik wodoodporności agregatów glebowych nie zmieniał się istotnie w zależności od nawożenia azotem, natomiast wykazano znaczne kształtowanie jego przez międzyplony (tab. 13).

Po przyoraniu mieszanki wskaźnik wodoodporności w górnej warstwie gleby (0–10 cm) był większy o 6,1% a po gorczycy o 3,5% od wykazanego w uprawie bez przyorowania zielonej biomasy, jednak nie zostało to potwierdzone statystycznie. W warstwie głębszej nie stwierdzono zmian wskaźnika wodoodporności od typu międzyplonu, a przyorwanie zarówno gorczycy, jak i mieszanki istotnie zwiększyło jego wartość o 12,6 i 12,9% w porównaniu do odnotowanego w uprawie pszenicy bez przyorowania zielonej biomasy.

Tabela 13

Table 13

Wskaźnik wodoodporności agregatów – w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Water resistance index – in harvest time of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	46,9	43,1	45,4	47,2	45,7
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	47,9	45,4	49,1	46,6	47,3
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	50,2	48,7	45,9	49,1	48,5
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	48,3	45,7	46,8	47,6	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–
Warstwa gleby 5–10 cm – Soil layer 5–10 cm					
Bez międzyplonu Without catch crop	44,5	40,7	40,9	45,1	42,8
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	46,9	49,5	47,9	48,7	48,3
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	48,5	50,7	46,9	46,8	48,2
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				3,7
Średnio – Mean	46,6	47,0	45,2	46,9	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.2.2. Aktywność drobnoustrojów celulolitycznych w glebie

Nie wykazano istotnego zróżnicowania aktywności drobnoustrojów celulolitycznych w zależności od nawożenia azotem i współdziałania tego nawozu z przyorywaną biomasa roślin. Istotnie na tę cechę wpłynął natomiast sam międzyplon (tab. 14).

Największą aktywnością biologiczną charakteryzowała się gleba z przyoraną mieszanką strączkowo-zbożową, która była istotnie, o 1,81 punktów procentowych (p.p.) większa niż po przyoraniu gorczycy białej oraz o 3,99 p.p. od stwierdzonej w uprawie pszenicy bez tego elementu zmianowania.

Tabela 14
Table 14

Aktywność drobnoustrojów celuloリティcznych w glebie w [%] (średnie 2003–2005)
Activity of cellulolytic microorganisms in soil in [%] (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Bez międzyplonu Without catch crop	7,52	5,82	6,89	7,68	6,98
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	9,13	8,48	9,58	9,45	9,16
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	12,36	10,73	11,12	9,68	10,97
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				1,58
Średnio – Mean	9,67	8,34	9,20	8,94	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.2.3. Wpływ na właściwości chemiczne

Ani nawożenie pszenicy jarej azotem, ani przyorywanie międzyplonów ścierniskowych nie miały istotnego wpływu na wartość pH gleby (rys. 2).

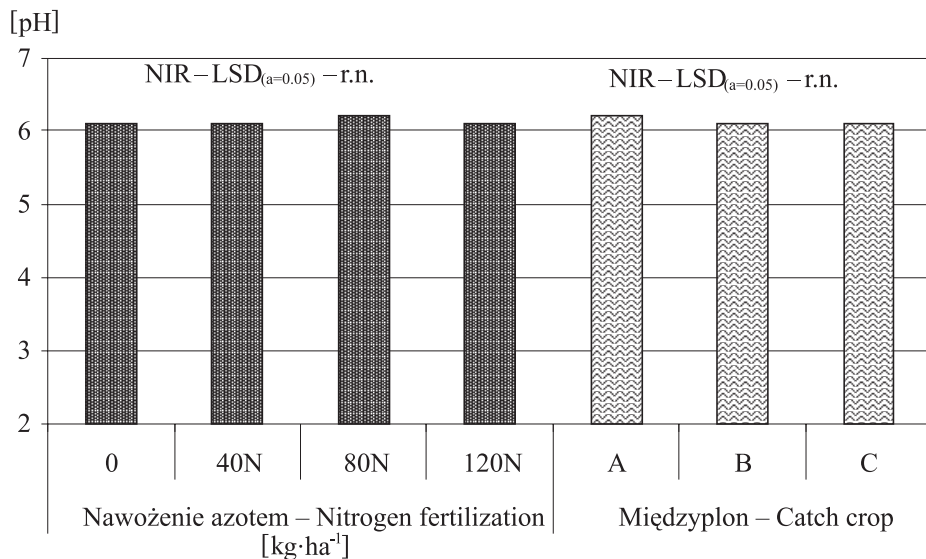
Stwierdzono korzystne oddziaływanie międzyplonu na zawartość węgla w glebie (rys. 3).

W wyniku przyorywania gorczycy białej ilość C_{org} wzrosła o 3,3%, a po mieszance międzyplonowej o 9,6% w stosunku do określonej w uprawie bez międzyplonu.

Każda kolejna dawka azotu stosowana w pszenicy jarej powodowała nieznaczny wzrost zawartości C organicznego w glebie. Najmniej C_{org} (średnio 12,1 g/kg gleby) stwierdzono w glebie nienawożonej azotem. Po nawożeniu pszenicy dawką 40 kg N·ha⁻¹ zawartość węgla wzrosła o 0,6%, po dawce 80 kg N·ha⁻¹ o 1,2%, a po zastosowaniu najwyższej dawki N o 1,4%.

Wykazano również korzystne oddziaływanie międzyplonu ścierniskowego na zawartość azotu ogólnego w glebie (rys. 4). Uwidoczniło się to głównie po przyoraniu mieszanki, po której zawartość N ogólnego w glebie była istotnie o 15,1% wyższa w porównaniu do jego zawartości w uprawie bez międzyplonu. Po przyoraniu gorczycy wzrost ten wyniósł 3,3% (różnica nieistotna statystycznie). Nie stwierdzono wyraźnego wpływu nawożenia mineralnego azotem na tę cechę. Dopiero stosowanie najwyższej dawki N (120 kg) spowodowało większą kumulację azotu ogólnego w glebie. W tych warunkach uprawy była ona o 2,2% większa niż w glebie spod pszenicy nawożonej dawką 80 kg N·ha⁻¹ i o 3,0% od określonej w glebie spod pszenicy nienawożonej azotem oraz kiedy stosowano najniższą dawkę N.

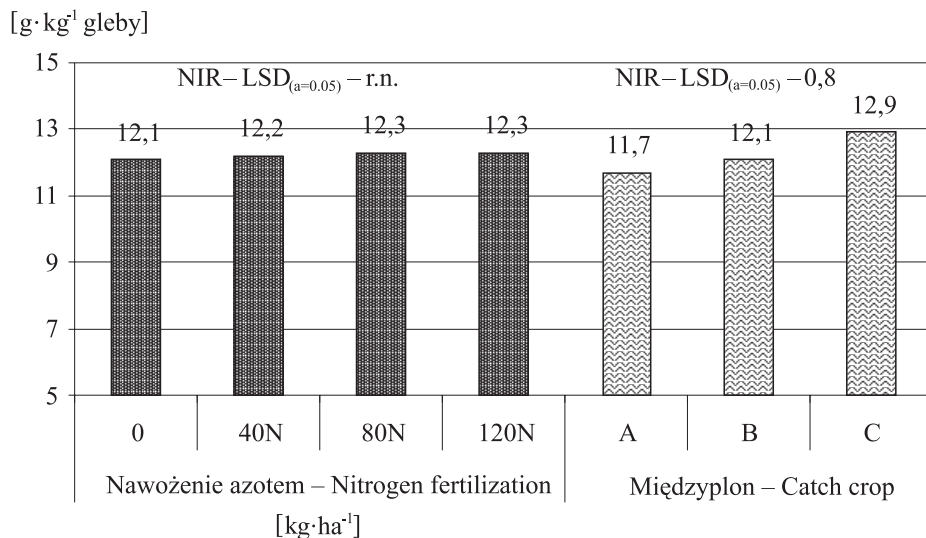
Nawożenie mineralne azotem oraz przyorywanie międzyplonów ścierniskowych nie miało większego wpływu na zawartość fosforu przyswajalnego w glebie (rys. 5). Zaobserwowano jednak nieco mniej tego składnika na obiektach z przyoraną gorczycą.



A – bez międzyplonu – without catch crop; B – międzyplon z gorczycy – mustard catch crop;
 C – międzyplon z mieszanki – mixture catch crop; r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

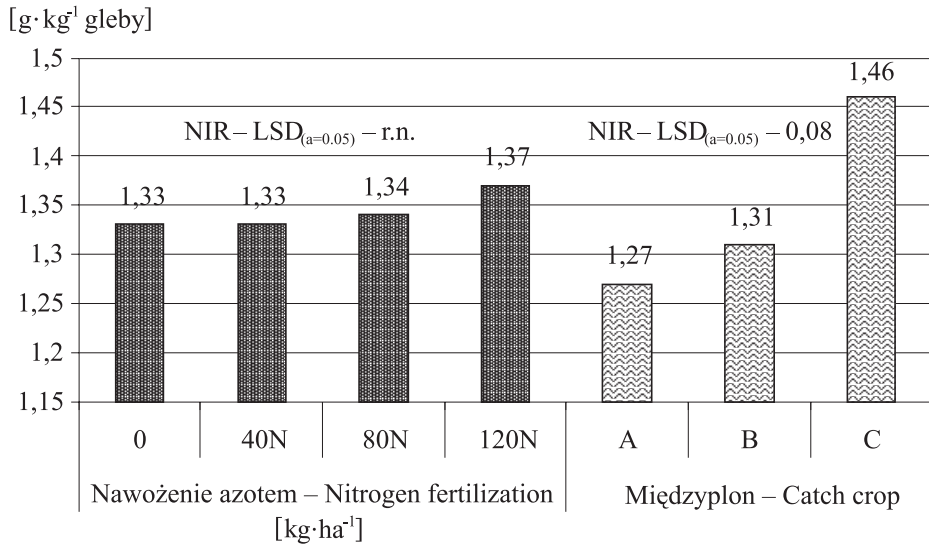
Rys. 2. pH gleby w [1M KCl] (średnie 2003–2005)

Fig. 2. pH soil in [1M KCl] (means 2003–2005)

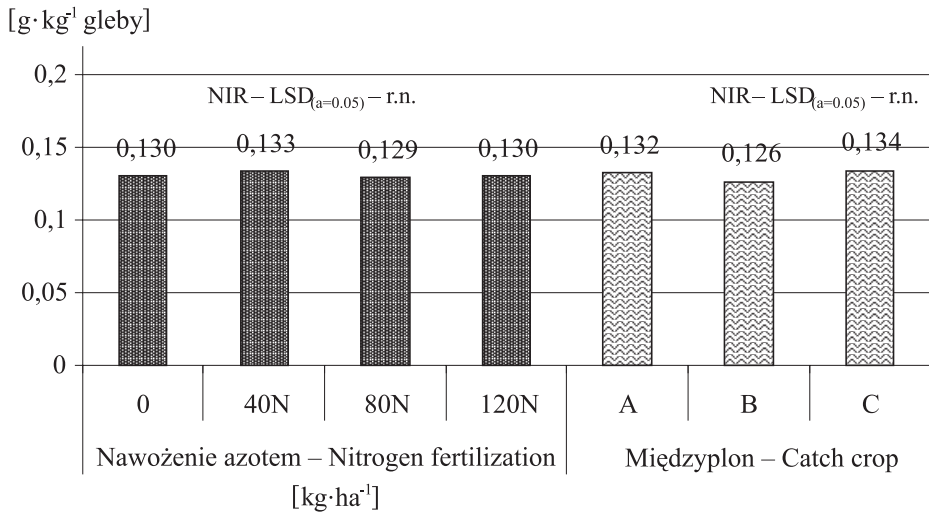


Rys. 3. Zawartość węgla organicznego w glebie (średnie z lat 2003–2005)

Fig. 3. Organic carbon content in soil (means 2003–2005)



Rys. 4. Zawartość azotu ogólnego w glebie (średnie z lat 2003–2005)
 Fig. 4. Content of total nitrogen in soil (means for years 2003–2005)



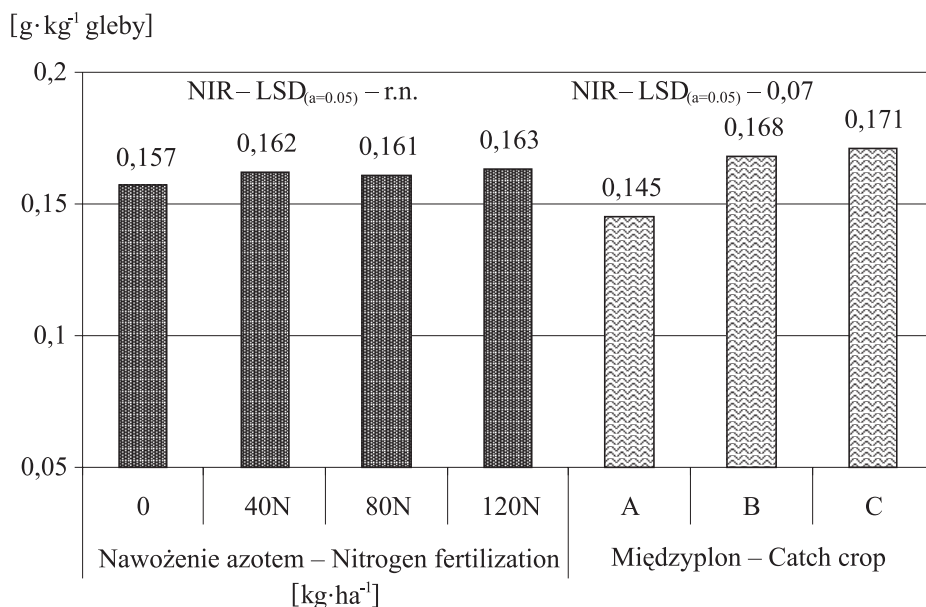
Rys. 5. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie (średnie 2003–2005)
 Fig. 5. Content of available phosphorus in soil (means for years 2003–2005)

Nie określono wyraźnych zmian zawartości potasu przyswajalnego w glebie od poziomu nawożenia azotem (rys. 6).

Zauważyć jednak można, że ilość tego pierwiastka w glebie spod pszenicy nie-nawożonej azotem była nieco mniejsza, niż w glebie nawożonej. Korzystny wpływ na zwiększenie zawartości potasu miał natomiast międzyplon ścierniskowy. Po przyoraniu górczycy zawartość K w glebie wzrosła istotnie o 15,9%, a po przyoraniu mieszanki o 17,2% w stosunku do określonej w uprawie pszenicy bez tego elementu zmianowania.

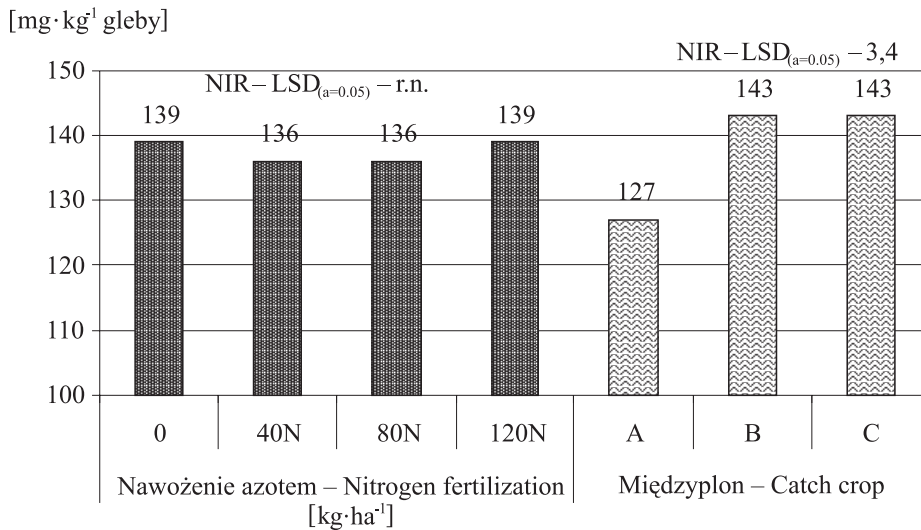
Zawartość magnezu w glebie była bardziej różnicowana przez przyorywany międzyplon niż nawożenie azotem pszenicy (rys. 7).

Zarówno po górczycy, jak i mieszance zawartość Mg w glebie była o 12,6% większa niż w glebie bez przyoranej biomasy zielonej.



Rys. 6. Zawartość potasu przyswajalnego w glebie (średnie 2003–2005)

Fig. 6. Content of available potassium in soil (means for years 2003–2005)



Rys. 7. Zawartość magnezu przyswajalnego w glebie (średnie 2003–2005)
 Fig. 7. Content of available magnesium in soil (means 2003–2005)

5.1.3. Oddziaływanie międzyplonów i nawożenia azotem na warunki fitosanitarne łanu

5.1.3.1. Zachwaszczenie łanu pszenicy jarej

Nawożenie azotem oraz współdziałanie tego nawożenia z przeorywaniem zielonej biomasy nie miało istotnego wpływu na liczebność chwastów w fazie krzewienia pszenicy (tab. 15). Stosowanie międzyplonów oddziaływało natomiast szczególnie, choć niejednoznacznie na tę cechę. Po przyoraniu gorczyicy liczba chwastów w łanie pszenicy pozostawała na podobnym poziomie jak w uprawie bez międzyplonu. Korzystnie natomiast na ograniczenie zachwaszczenia rośliny następczej oddziaływała mieszanka, po przyoraniu której liczba chwastów była o 11,4% mniejsza niż w uprawie bez międzyplonu oraz o 16,6% od określonej po przyoraniu gorczyicy białej.

Gatunkami dominującymi w zachwaszczeniu w tym terminie były: *Chenopodium album*, *Galium aparine*, *Stellaria media*, *Veronica persica* oraz *Viola arvensis*. Żaden z czynników badawczych nie miał większego wpływu na zmiany w liczebności tych gatunków.

Mimo stosowania ochrony chemicznej przed chwastami czynniki badań miały dość znaczny wpływ na zachwaszczenie łanu pszenicy jarej w fazie kwitnienia (tab. 16). Liczba chwastów była istotnie różnicowana przez międzyplony, a ich masa przez nawożenie azotem. Po przyoraniu gorczyicy liczba chwastów była o 19,3% a po mieszance aż o 45,8% mniejsza od określonej w pszenicy uprawianej bez tego elementu zmianowania.

Tabela 15
Table 15

Zachwaszczenie pszenicy w fazie krzewienia (średnie 2003–2005)
Weed infestation in spring wheat at tillering stage (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]	Liczba chwastów Number of weeds [m ⁻²]	Liczba gatunków dominujących Number of dominant weeds				
			CHEAL	GALAP	STEME	VERPE	VIOAR
Bez międzyplonu Without catch crop	0 40	174 177	5,6 7,8	10,0 8,9	18,9 20,0	38,9 55,6	40,0 37,8
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	0 40	192 181	12,6 12,2	8,9 11,1	20,6 19,4	35,6 32,2	38,4 40,6
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	0 40	159 152	8,3 9,4	10,0 8,9	17,2 17,7	39,4 47,2	34,4 28,0
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnio dla obiektów – Average for treatment							
Bez międzyplonu Without catch crop		176	6,7	9,4	19,4	47,2	38,9
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop		187	12,2	10,0	20,0	33,9	39,4
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop		156	8,9	9,4	17,5	43,3	31,2
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)		15,3	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	0 40	175 170	8,7 9,8	9,6 9,6	18,9 19,1	38,0 45,0	37,6 35,4
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

CHEAL – *Chenopodium album* L. GALAP – *Galium aparine* L.; STEME – *Stellaria media* L.;
VERPE – *Veronica persica* L.; VIOAR – *Viola arvensis* L.

Najwyższą masę tworzyły chwasty rosnące w łanie pszenicy nienawożonej. Każda zastosowana dawka N powodowała jej zmniejszenie, chociaż istotną różnicę wykazano wyłącznie w stosunku do masy chwastów w łanie pszenicy nawożonej dawką 120 kg N·ha⁻¹. W tych warunkach uprawy masa chwastów była o 32,4% mniejsza niż w uprawie pszenicy bez nawożenia N, o 28,6% od określonej po zastosowaniu 40 kg N·ha⁻¹ oraz nieznacznie mniejsza od stwierdzonej po nawożeniu pszenicy dawką 80 kg N·ha⁻¹. Wprawdzie nie wykazano istotnego oddziaływania międzyplonu na masę chwastów, zauważyć jednak można, że po przyoraniu mieszanki była ona mniejsza zarówno w stosunku do określonej w uprawie pszenicy po gorczycy, jak i bez międzyplonu.

Tabela 16
Table 16

Zachwaszczenie pszenicy w fazie kwitnienia (średnie 2003–2005)
Weed infestation in spring wheat at flowering stage (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]	Liczba chwastów Number of weeds [m ⁻²]	Sucha masa Dry weight [g·m ⁻²]	Liczba gatunków dominujących Number of dominant weeds			
				GALAP	VERPE	VIOAR	pozostałe other
Bez międzyplonu Without catch crop	0	26,0	3,9	2,0	12,0	6,9	7,8
	40	26,0	3,1	3,1	13,1	4,0	9,3
	80	21,4	3,5	3,6	10,0	3,6	7,1
	120	24,0	2,3	2,9	10,2	5,3	6,9
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	0	19,6	3,9	3,6	8,0	2,4	7,8
	40	24,2	4,3	3,1	10,0	3,9	8,6
	80	17,1	3,1	2,8	7,1	1,8	7,3
	120	18,0	3,0	4,7	5,8	2,2	7,6
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	0	13,8	3,2	2,1	3,8	3,1	6,9
	40	15,8	3,3	3,6	4,7	4,7	6,2
	80	12,4	2,9	4,7	3,3	2,9	4,9
	120	11,3	2,1	1,8	3,1	2,0	6,4
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)		r.n.	r.n.	0,2	r.n.	r.n.	r.n.
Średnio dla czynników – Average for treatment							
Bez międzyplonu Without catch crop		24,4	3,2	2,5	11,3	4,9	7,8
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop		19,7	3,6	3,3	7,7	2,6	8,0
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop		13,7	2,9	3,0	3,7	3,2	6,1
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)		4,4	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	0	19,8	3,7	2,5	7,9	4,1	7,5
	40	22,0	3,5	3,3	8,3	4,2	8,4
	80	17,0	3,2	3,6	6,8	2,7	6,4
	120	17,8	2,5	3,0	6,4	3,2	7,0
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)		r.n.	0,8	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

W trakcie wegetacji pszenicy jarej, ze składu chwastów dominujących w terminie krzewienia pszenicy, zmniejszyła się ilość gatunków wymagających szerszych przestrzeni życiowych i charakterystycznych raczej dla upraw roślin okopowych i ogrodniczych, którymi były komosa biała oraz gwiazdnica pospolita. Chwastami dominującymi wciąż pozostawały *Galium aparin*, *Veronica persica* oraz *Viola arvensis*.

5.1.3.2. Zdrowotność roślin pszenicy jarej

Międzyplony ograniczyły porażenie pszenicy jarej przez kompleks chorób podstawy źdźbła (tab. 17).

Po przyoraniu górczycy porażenie korzeni było o 2,5 a po mieszance o 2,0 punkty procentowe mniejsze od wykazanego w uprawie pszenicy bez międzyplonów. Porażenie źdźbeł było natomiast istotnie mniejsze tylko po przyoraniu górczycy, odpowiednio o 2,4 punktów procentowych.

Tabela 17
Table 17

Indeks porażenia źdźbeł i korzeni pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Infestation index of spring wheat culms and roots (means 2003–2005)

Objekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Porażenie źdźbeł – Infestation of culms [%]					
Bez międzyplonu Without catch crop	22,7	23,0	23,9	21,3	22,7
Międzyplon z górczycy Mustard catch crop	19,9	20,6	20,8	20,0	20,3
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	20,3	22,4	22,6	22,8	22,0
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				1,0
Średnio – Mean	21,0	22,0	22,4	21,4	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,0				–
Porażenie korzeni – Infestation of roots [%]					
Bez międzyplonu Without catch crop	25,0	24,3	25,2	25,3	25,0
Międzyplon z górczycy Mustard catch crop	23,6	21,7	22,0	22,6	22,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	22,7	22,1	23,8	23,6	23,0
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				1,0
Średnio – Mean	23,8	22,7	23,7	23,8	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Nawożenie azotem w uprawie pszenicy wpłynęło istotnie jedynie na indeks porażenia źdźbeł pszenicy. Największe porażenie określono po zastosowaniu 80 kg N kg·ha⁻¹ oraz nieznacznie mniejsze przy dawce o połowę niższej, natomiast nawożenie rośliny testowej dawką 120 kg N kg·ha⁻¹ nieznacznie poprawiło zdrowotność źdźbeł. Nie wykazano istotnego zróżnicowania w porażeniu pszenicy przez patogeny pod wpływem współdziałania nawożenia mineralnego azotem z przyorywaną biomasą międzyplonu.

5.2. Bezpośrednie oddziaływanie przyorywanych międzyplonów na pszenicę jarej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem

5.2.1. Wpływ na cechy morfologiczne i elementy plonowania

Międzyplony wywarły ujemny wpływ na wschody pszenicy jarej (tab. 18). Po przyoraniu gorczycy białej obsada pszenicy była o 3,3%, a po mieszance międzyplonowej o 3,1% mniejsza niż w uprawie pszenicy bez tego elementu zmianowania. Nie stwierdzono znacznego różnicowania tej cechy pod wpływem nawożenia azotem oraz współdziałania czynników badań.

Nie obserwowano natomiast istotnych zmian tego nawożenia z przyorywaniem badanych międzyplonów w obsadzie pszenicy jarej w terminie jej zbioru. Wprawdzie liczba roślin pszenicy określona w tym czasie po przyoraniu gorczycy i mieszanki była wciąż podobnie mniejsza od stwierdzonej w uprawie bez międzyplonu, jednak różnica ta nie była istotna statystycznie.

Tabela 18
Table 18

Liczba roślin pszenicy jarej w [szt.·m²] (średnie 2003–2005)
Number of plants in [No.·m²] (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Po wschodach After plant emergence			W czasie zbioru At harvest				
	nawożenie azotem – nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]							
	0	40	średnio mean	0	40	80	120	średnio mean
Bez międzyplonu Without catch crop	451	455	453	447	450	441	453	448
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	430	446	438	432	433	448	444	439
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	436	442	439	424	429	440	443	434
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.		4,8	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	439	448	–	434	437	443	447	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.		–	r.n.				r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Stwierdzono wyraźne oddziaływanie zarówno międzyplonu, jak i nawożenia azotem na krzewienie produktywne pszenicy jarej (tab.19).

Nawożenie pszenicy azotem powodowało tworzenie przez nią większej liczby źdźbeł bocznych. Kolejne, wzrastające dawki azotu zwiększyły ich ilość odpowiednio o 4,7; 3,1 i 6,2%.

Tabela 19
Table 19

Krzewienie produktywne i liczba kłosów pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Productive tillering and number of ears (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Krzewienie produktywne – Productive tillering					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,26	1,33	1,31	1,36	1,32
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,28	1,33	1,34	1,38	1,33
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,33	1,38	1,34	1,38	1,36
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,03
Średnio – Mean	1,29	1,35	1,33	1,37	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,04				–
Liczba kłosów [szt·m ⁻²] – Number of ears [No.·m ⁻²]					
Bez międzyplonu Without catch crop	557	583	579	609	582
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	550	573	584	593	575
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	564	591	591	604	588
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	557	582	585	602	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	17,0				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Najlepszym krzewieniem charakteryzowały się rośliny uprawiane po przyoranej mieszance, będącym o 2,3% większe niż po przyoranej gorczycy oraz o 3,0% od określonego w uprawie pszenicy bez międzyplonu. Nie wykazano wpływu współdziałania czynników badań na tę cechę.

Liczba kłosów była pochodną liczby roślin oraz ich krzewienia produktywnego. Każda zastosowana dawka N powodowała tworzenie większej liczby kłosów przez pszenicę. Najmniejszą obsadę kłosów stwierdzono w pszenicy nienawożonej azotem i była ona o 4,3% mniejsza niż po dawce 40 kg N·ha⁻¹, o 4,8% w porównaniu do 80 kg N·ha⁻¹ oraz o 7,5% od wykazanej po zastosowaniu najwyższej dawki azotu.

Mimo mniejszej obsady, ale dzięki lepszemu krzewieniu roślin, pszenica po mieszance wykształciła największą liczbę kłosów. W tych warunkach uprawy obsada kłosów była o 2,3% większa niż po gorczycy białej i o 1,0% od określonej w uprawie bez międzyplonu, chociaż różnice te nie były istotne statystycznie.

Wykazano wyraźny wpływ czynników badań na długość źdźbeł głównych i bocznych pszenicy jarej (tab. 20).

Tabela 20
Table 20

Długość źdźbeł pszenicy jarej w cm (średnie 2003–2005)
Length of culms of spring wheat in cm (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Długość źdźbła głównego – Main culm length					
Bez międzyplonu Without catch crop	76,0	81,3	82,6	82,3	80,6
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	78,3	83,3	84,9	87,5	83,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	80,5	87,0	87,1	88,3	85,7
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				1,0
Średnio – Mean	78,3	83,9	84,9	86,0	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,2				–
Długość źdźbła bocznego – Secondary culm length					
Bez międzyplonu Without catch crop	68,8	75,8	76,5	74,0	73,8
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	71,1	76,3	78,5	77,7	75,9
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	73,7	79,0	78,9	81,5	78,3
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				1,5
Średnio – Mean	71,2	77,0	78,0	77,7	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	2,0				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Najdłuższe źdźbła główne wytworzyła pszenica uprawiana po mieszance i były one średnio o 2,6% dłuższe niż po gorczycy i o 6,3% od określonych w uprawie bez przyorywanego międzyplonu. Analogicznie, przyorywanie międzyplonów powodowało wydłużenie źdźbeł bocznych odpowiednio o 3,2 i 6,1%.

W miarę zwiększania dawki N sukcesywnie wydłużały się źdźbła główne pszenicy, natomiast boczne najwyższą wartość osiągnęły już po zastosowaniu dawki 80 kg N. Najkrótsze źdźbła główne tworzyła pszenica nienawożona azotem i były one o 6,6% krótsze niż po zastosowaniu 40 kg N·ha⁻¹, o 7,6% w porównaniu do dawki 80 kg oraz o 9,0% od oznaczonych u pszenicy najintensywniej nawożonej azotem. Dla źdźbeł bocznych różnice te wyniosły odpowiednio: 7,2; 8,7 i 8,4%.

Zarówno międzyplon, jak i nawożenie azotem istotnie wpływały na długość kłosów pszenicy (tab. 21).

Tabela 21
Table 21

Długość kłosa w cm (średnie 2003–2005)
Ear length in cm (means 2003–2005)

Objekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Kłosa główne – Main ears					
Bez międzyplonu Without catch crop	7,35	7,41	7,64	7,84	7,56
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	7,64	8,07	8,12	8,23	8,02
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	7,53	7,80	8,03	8,22	7,90
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,14
Średnio – Mean	7,51	7,76	7,93	8,10	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,16				–
Kłosa boczne – Secondary ears					
Bez międzyplonu Without catch crop	6,34	6,70	6,88	7,16	6,77
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	6,76	6,74	7,05	7,21	6,94
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	6,65	6,90	7,18	7,54	7,07
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,14
Średnio – Mean	6,58	6,78	7,04	7,30	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,16				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Najkrótsze kłosa tworzyła pszenica uprawiana bez międzyplonu. Kłosa główne w tych warunkach uprawy były o 5,7% krótsze niż po przyoraniu gorczycy oraz o 4,3% po przyoraniu mieszanki. Dla kłosów bocznych różnice te wyniosły odpowiednio 2,4 i 4,2%.

Zastosowanie dawki 40 kg N·ha⁻¹ zwiększyło długość kłosów głównych o 3,3, a bocznych o 3,0% w porównaniu z wykazanymi w uprawie pszenicy bez tego nawozu. Po zastosowaniu 80 kg N·ha⁻¹ różnice te wyniosły odpowiednio 5,6 i 7,0%, a po 120 kg N·ha⁻¹ – 7,9 i 10,9%. Nie wykazano współdziałania czynników badań na kształtowanie się tej cechy.

Stwierdzono istotne różnicowanie liczby ziaren w 1 kłosie w zależności od nawożenia azotem i przyorwania międzyplonu oraz ich współdziałania (tab. 22). Pszenica uprawiana po przyoranej gorczycy wytworzyła o 4,7%, a po przyoraniu mieszanki o 15,0% więcej ziaren niż w uprawie bez międzyplonu.

Tabela 22
Table 22

Liczba i masa ziarna z 1 kłosa (średnie 2003–2005)
Number and weight of grain per ear (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Liczba ziaren (sztuk) – Number of grain					
Bez międzyplonu Without catch crop	34,0	36,2	36,4	37,0	35,9
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	32,4	37,2	38,9	41,8	37,6
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	36,7	40,7	42,9	44,8	41,3
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	2,5				1,5
Średnio – Mean	34,4	38,0	39,4	41,2	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,5				–
Masa ziarna – Weight of grain [g]					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,22	1,40	1,49	1,46	1,39
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,18	1,32	1,40	1,47	1,34
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,37	1,44	1,66	1,69	1,54
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,07
Średnio – Mean	1,26	1,39	1,52	1,54	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,06				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Również nawożenie azotem miało istotny wpływ na zwiększenie liczby ziaren z 1 kłosa. Pszenica nienawożona N tworzyła o 9,5% mniej ziaren niż po dawce 40 kg N, o 12,7% niż po zastosowaniu 80 kg N oraz o 16,5% od wykazanych u pszenicy z dawką 120 kg azotu. Współdziałanie obydwu czynników wykazało, że pszenica uprawiana po gorczycy i bez nawożenia azotem tworzyła aż o 27,7% mniej ziaren niż pszenica po mieszance strączkowo-zbożowej i 120 kg N·ha⁻¹.

Nawożenie pszenicy każdą dawką azotu miało korzystny wpływ na masę ziarna z kłosa, powodując jej zwiększenie. Po zastosowaniu 40; 80 i 120 kg N·ha⁻¹ była ona większa odpowiednio o 10,3; 20,6 i 22,2% od stwierdzonej w uprawie pszenicy nienawożonej azotem.

Tylko przyorywana mieszanka międzyplonowa miała istotny wpływ na zwiększenie masy ziarna tworzonej przez 1 kłos. W tych warunkach uprawy była ona o 14,9% większa niż po przyoraniu gorczycy oraz o 10,8% od określonej w uprawie bez międzyplonu. Zaznaczyć należy, że po przyoraniu gorczycy masa ziarna była nie tylko mniejsza niż po mieszance, ale nawet mniejsza od wykazanej w uprawie pszenicy bez międzyplonu. Najmniej korzystną na kształtowanie tej cechy okazała się uprawa pszenicy po gorczycy i braku nawożenia N, najkorzystniejszą zaś uprawa po mieszance i nawożeniu 120 kg N·ha⁻¹. Różnica w masie ziarna z 1 kłosa pszenicy między tymi sposobami uprawy wyniosła aż 43,2%.

Wykazano istotny wpływ przyorywania międzyplonu na zmiany w masie tysiąca ziaren z kłosów głównych (tab. 23).

Najwyższą MTZ charakteryzowała się pszenica uprawiana po mieszance i była ona o 2,8% większa niż po przyorywanej gorczycy oraz nieznacznie większa (o 1,0%) od określonej w uprawie bez międzyplonu. Dla masy tysiąca ziaren z kłosów bocznych różnica ta wyniosła 2,4% w stosunku do określonej po gorczycy oraz 3,0% do uprawy bez międzyplonu.

Każda kolejna dawka N powodowała sukcesywny wzrost masy tysiąca ziaren. Po dawce 40 kg N·ha⁻¹ MTZ z kłosów głównych wzrosła o 3,4%, po 80 kg N·ha⁻¹ o 4,4%, a po dawce 120 kg N·ha⁻¹ o 6,7% w porównaniu do pszenicy nienawożonej azotem. Dla kłosów bocznych różnice te wyniosły odpowiednio 4,1% po dawce 40 kg N·ha⁻¹, 3,6% po 80 kg oraz 5,8% po 120 kg N.

Oddziaływanie badanych elementów agrotechniki, które wykazano dla masy tysiąca ziaren z kłosów bocznych, a szczególnie z kłosów głównych uwidoczniło się w kształtowaniu MTZ dla plonu średniego. Najwyższą średnią masę tysiąca ziaren wykazano po przyoraniu mieszanki i była ona istotnie o 2,0% wyższa od stwierdzonej po gorczycy oraz o 1,5% w uprawie bez międzyplonu.

Istotny wpływ na badaną cechę wywarło również nawożenie azotem. Najniższą średnią masę tysiąca ziaren charakteryzowała się pszenica nienawożona N i była ona o 2,5% mniejsza niż po dawce 40 kg N·ha⁻¹, o 4,0% po zastosowaniu 80 kg N oraz o 5,4%, kiedy pszenicę nawożono 120 kg N·ha⁻¹. Nie wykazano istotnego wpływu współdziałania czynników badań na kształtowanie się MTZ z kłosów głównych, bocznych i dla plonu średniego.

Tabela 23
Table 23

Masa tysiąca ziaren w [g] (średnie 2003–2005)
Weight of 1000 grains in [g] (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
MTZ z kłosów głównych – 1000 grain weight of main ears					
Bez międzyplonu Without catch crop	38,8	40,2	40,6	41,1	40,2
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	37,9	39,4	39,5	41,3	39,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	39,4	40,5	41,1	41,4	40,6
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,6
Średnio – Mean	38,7	40,0	40,4	41,3	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,6				–
MTZ z kłosów bocznych – 1000 grain weight of secondary ears					
Bez międzyplonu Without catch crop	35,5	37,3	37,8	38,2	37,2
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	35,2	38,7	36,9	38,7	37,4
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	38,6	37,7	38,3	38,7	38,3
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,8
Średnio – Mean	36,4	37,9	37,7	38,5	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,1				–
MTZ średnio – Mean 1000 grain weight					
Bez międzyplonu Without catch crop	38,3	39,4	40,0	40,5	39,6
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	37,8	39,4	39,5	40,9	39,4
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	39,3	39,8	40,8	40,8	40,2
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,6
Średnio – Mean	38,5	39,5	40,1	40,7	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,6				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.2.2. Wpływ na plonowanie pszenicy

Kształtowanie się pogody w okresie badań, a zwłaszcza ilość i rozkład opadów w czasie wegetacji pszenicy jarej, odbiegało znacznie od przeciętnych warunków w latach 1968–2005 i wpływało niekorzystnie na plony (tab. 24).

Tabela 24

Table 24

Plony ziarna pszenicy jarej w [t·ha⁻¹]
Grain yield of spring wheat in [t·ha⁻¹]

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
1	2	3	4	5	6
2003					
Bez międzyplonu Without catch crop	5,03	5,35	5,77	5,74	5,47
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	3,83	4,61	5,19	5,52	4,79
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	4,57	5,52	5,79	5,97	5,46
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,26				0,22
Średnio – Mean	4,48	5,16	5,58	5,74	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,15				–
Średnio dla roku – Mean for year	5,24				–
2004					
Bez międzyplonu Without catch crop	4,57	4,47	4,87	4,90	4,70
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	4,37	4,49	4,80	5,31	4,74
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	4,56	4,72	5,32	5,30	4,98
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,18				0,13
Średnio – Mean	4,50	4,56	5,00	5,17	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,10				–
Średnio dla roku – Mean for year	4,81				–

Tabela 24 c.d.
Table 24 cont.

1	2	3	4	5	6
2005					
Bez międzyplonu Without catch crop	3,19	4,29	4,66	5,15	4,32
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	3,48	4,41	5,25	5,28	4,61
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	4,40	5,19	5,59	6,06	5,31
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,11				0,31
Średnio – Mean	3,69	4,63	5,17	5,49	–
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,22				–
Średnio dla roku – Mean for year	4,75				–
Średnio 2003–2005 – Mean 2003–2005					
Bez międzyplonu Without catch crop	4,26	4,70	5,10	5,26	4,83
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	3,89	4,51	5,08	5,37	4,71
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	4,51	5,14	5,57	5,77	5,25
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,16				0,12
Średnio – Mean	4,22	4,78	5,25	5,47	–
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,09				–
$NIR_{(a=0,05)}$ dla lat – $LSD_{(a=0,05)}$ for year	0,10				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Najlepszym pod tym względem okazał się rok 2003, w którym duże opady w maju, o 22,5 mm większe od danych z wielolecia, głównie w ostatniej dekadzie, pokryły dość znacznie zapotrzebowanie rośliny testowej w wodę mimo mniejszych ich ilości w czerwcu i na początku lipca. Mniej korzystną pogodą dla wzrostu i plonowania pszenicy charakteryzował się natomiast 2004 rok. Niedobory opadów wystąpiły wtedy przez cały okres wzrostu pszenicy i kształtowania się cech plonotwórczych. Ilość opadów, od kwietnia do lipca, w drugim roku badań była średnio o 19,3 mm mniejsza od danych z wielolecia.

Niskie opady deszczu w fazie kwitnienia pszenicy (10.06–5.07) – 13,3 mm oraz wyższa średnia temperatura powietrza wpłynęły niekorzystnie na wysokość plonów. Najwyższe plony ziarna pszenicy jarej uzyskano w 2003 r. i były one średnio o 8,9% większe niż w roku 2004 oraz o 10,3% od określonych w ostatnim roku badań.

Wykazano istotny wpływ nawożenia mineralnego azotem, przyorowanej biomasy międzyplonu oraz współdziałania tych czynników na plonowanie pszenicy jarej.

Kolejne dawki N – 40, 80 i 120 kg·ha⁻¹ – powodowały sukcesywny i istotny wzrost plonów ziarna pszenicy, odpowiednio o 13,3, 24,4 i 29,6%.

Różne było oddziaływanie rodzaju przyorwanego międzyplonu na kształtowanie plonów ziarna pszenicy. Najlepsze efekty uzyskano po przyoraniu mieszanki strączkowo-zbożowej, po której plony ziarna były istotnie, o 11,5% większe niż po przyoraniu gorczycy białej oraz o 8,7% od otrzymanych w uprawie pszenicy bez międzyplonu. Najmniej udanym sposobem uprawy pszenicy okazała się uprawa z przyorwaną gorzycą, po której plon ziarna był mniejszy nawet od plonu określonego w uprawie bez przyorwanej biomasy. Ten niekorzystny wpływ międzyplonu na plonowanie pszenicy uwidocznił się zwłaszcza w roku 2003, najlepszym pod względem ilości opadów. W latach następnych, suchszych, plony pszenicy po gorzycy były na podobnym poziomie lub nieznacznie większe niż w uprawie bez międzyplonu.

Współdziałanie obydwóch czynników wykazało, że najlepszym sposobem uprawy na plonowanie pszenicy było przedsięwzięte przyoranie mieszanki strączkowo-zbożowej i nawożenie pszenicy 120 kg azotu. Najmniej korzystna natomiast okazała się uprawa pszenicy po przyoranej gorzycy i bez nawożenia azotem. Wykazano możliwość redukcji nawożenia azotem przez mieszankę międzyplonową. Uprawiając pszenicę po tym międzyplonie, plon ziarna na obiekcie z dawką 80 kg N·ha⁻¹ był istotnie wyższy niż po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹ w uprawie bez międzyplonu oraz po gorzycy białej.

Wysokość plonu ziarna pszenicy była skorelowana przede wszystkim z cechami kłosa, a w mniejszym stopniu z zagęszczeniem łanu (tab. 25).

Tabela 25

Table 25

Współczynnik korelacji pomiędzy plonem ziarna a niektórymi cechami plonotwórczymi pszenicy jarej (średnie 2003–2005)

Correlation coefficient between grain yield and some yield formation traits of spring wheat (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Liczba roślin na 1m ² Number of plants per m ²	Liczba kłosów na 1m ² Number of ears per m ²	Masa ziarna z 1 kłosa Weight of grain per ear	Długość kłosa Ear length	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grain
Bez międzyplonu Without catch crop	0,248	0,141	0,482	0,435	0,502
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	0,326	0,687*	0,321	0,520	0,344
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	0,248	0,115	0,696*	0,315	0,007

* – korelacja istotna (α=0,05) – significant correlation (α=0,05)

Zależność plonu ziarna od wybranych cech plonotwórczych była różna w poszczególnych uprawach z przyorowaniem międzyplonu pod pszenicę. Uprawiając ten gatunek bez wcześniejszego przyorowania międzyplonu, nie wykazano wyraźnego wpływu którejs z cech plonotwórczych na wysokość plonu, natomiast w uprawie pszenicy po gorczycy jako międzyplonie był on istotnie skorelowany z liczbą kłosów ($r = 0,687$), a w uprawie po mieszance z masą ziarna z kłosa ($r = 0,696$).

Z ważniejszych czynników siedliska, niezależnie od udziału międzyplonu w uprawie pszenicy, wykazano znaczną zależność plonu ziarna od wilgotności gleby w fazie jej kwitnienia oraz od masy chwastów (rys. 8). Wzrost uwilgotnienia gleby przyczyniał się do zwiększenia plonu ziarna pszenicy, a wzrost zachwaszczenia (masy chwastów) zmniejszał go. Zależności tych czynników uwidoczniły się szczególnie w uprawie pszenicy bez międzyplonu. Przyoranie międzyplonów spowodowało zmniejszenie zależności plonu od wymienionych czynników – współczynniki korelacji były nieistotne.

W uprawie pszenicy zarówno po międzyplonach, jak i bez międzyplonu nie wykazano różnic w analizie regresji wielokrotnej zależności plonu ziarna od wybranych czynników. Niezależnie od międzyplonu, z siedmiu cech mogących modyfikować wielkość plonu ziarna pszenicy (liczba roślin, liczba kłosów, wysokość roślin, długość kłosa, liczba i masa ziarna w kłosie, masa ziarna z kłosa oraz masa tysiąca ziaren), istotne współczynniki regresji określono dla czterech z nich i zredukowano przedstawiony w metodyce model zależności plonu ziarna do następującego wzoru:

$$x_8 = -4,81 + 0,36x_2 + 0,45x_4 - 0,94x_5 + 1,20x_6$$

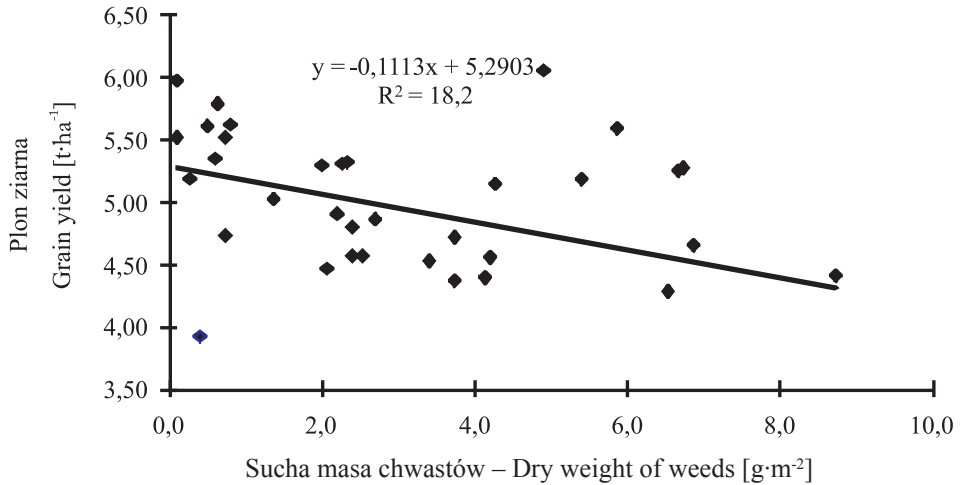
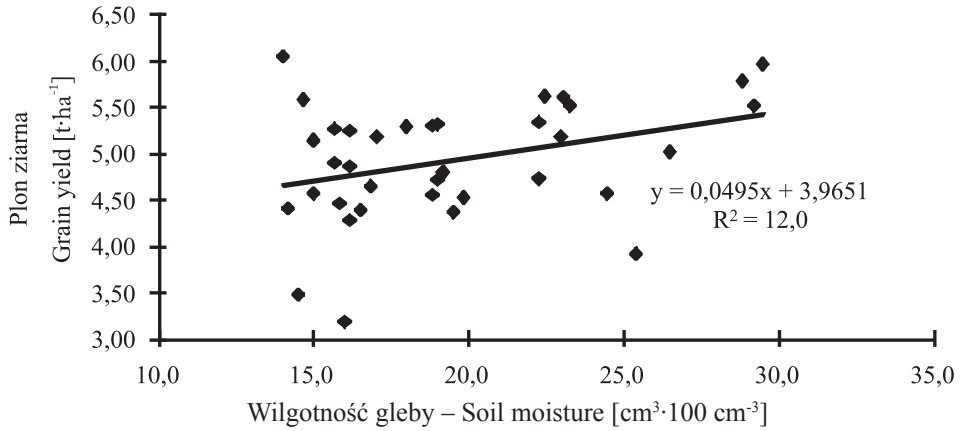
Analiza regresji wielokrotnej dowiodła, że plon ziarna istotnie i dodatnio determinowany był liczbą kłosów (x_2), długością kłosa (x_4), a szczególnie masą ziarna z kłosa (x_6). Ujemnie skorelowaną z plonem ziarna okazała się natomiast liczba ziaren w kłosie (x_5).

Ocena statystyczna wykazała, że w każdym z badanych wariantów uprawy pszenicy jarej, optymalne dawki nawożenia mineralnego azotem odmiany Torca mieściły się poza granicą najwyższej z ocenianych dawek nawożenia N (rys. 9). Poprzez przyoranie mieszanki można znacznie ograniczyć wysokość stosowanego nawożenia mineralnego azotem. W tych warunkach uprawy optymalna dawka została określona na poziomie $130 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i była ona o 39 kg mniejsza niż w uprawie pszenicy bez międzyplonu oraz o 55 kg od wyznaczonej w uprawie pszenicy po gorczycy białej. Przy tych dawkach uzyskaloby się jednocześnie maksymalne średnie plony ziarna i wyniosłyby one odpowiednio $5,72$, $5,43$ i $5,59 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Wysokość plonów słomy pszenicy w poszczególnych latach doświadczenia istotnie się różniła, na co wpływ miały również oceniane elementy agrotechniki (tab. 26).

Najwięcej słomy uzyskano w roku 2003, najmniej w 2005. Na taki stan złożyło się nie tylko oddziaływanie warunków pogodowych, ale również to, że w pierwszym roku eksperymentu w pszenicy nie stosowano retardantów.

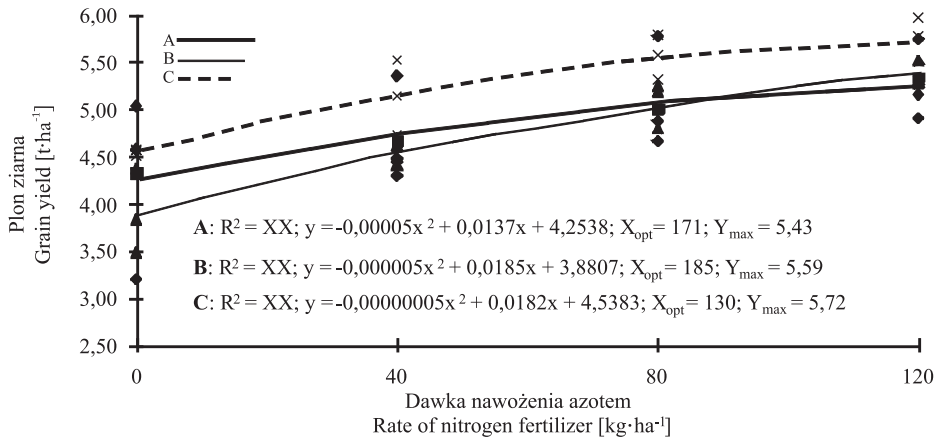
Plon słomy pszenicy po przyorowaniu pod nią mieszanki zbożowo-strączkowej był o $10,7\%$ większy niż po przyoraniu gorczycy oraz o $8,3\%$ od określonego w uprawie bez międzyplonu. Podobnie jak przy plonie ziarna plon słomy po przyoraniu gorczycy był niższy niż w uprawie bez przyorowania zielonej biomasy.



Rys. 8. Zależność plonu ziarna pszenicy od wilgotności gleby i suchej masy chwastów
Fig. 8. Dependence of wheat yield on soil moisture and dry matter of weeds

Każda wyższa dawka azotu powodowała znaczący wzrost plonu słomy. Najniższy jej plon uzyskano w uprawie pszenicy nienawożonej azotem i był on o 10,1% mniejszy niż po dawce 40 kg N·ha⁻¹, o 16,6% od stwierdzonego po dawce 80 kg N oraz o 18,3%, kiedy pszenicę nawożono 120 kg N.

Najmniej słomy uzyskano w uprawie pszenicy w warunkach przyorywania gorczyicy i nienawożonej azotem, a najwięcej po przyoranej mieszance i nawożonej dawką 120 kg N·ha⁻¹ (o 34,0%).



Rys. 9. Plon ziarna pszenicy jarej w zależności od międzyplonu (A – bez międzyplonu; B – międzyplon z gorczycy; C – międzyplon z mieszanki) i nawożenia azotem

Fig. 9. Grain yield spring wheat as effected by catch crop (A – without catch crop; B – mustard catch crop; C – mixture catch crop) and nitrogen fertilization

Tabela 26
Table 26

Plony słomy pszenicy jarej w [t·ha⁻¹]
Straw yield of spring wheat in [t·ha⁻¹]

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
1	2	3	4	5	6
2003					
Bez międzyplonu Without catch crop	9,15	10,55	11,24	10,74	10,42
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	7,63	8,76	9,86	9,39	8,91
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	10,56	10,49	9,25	9,10	9,85
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,55				0,37
Średnio – Mean	9,11	9,93	10,12	9,74	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,26				–
Średnio dla roku – Mean for year	9,73				–

Tabela 26 cd.
Table 26 cont.

1	2	3	4	5	6
2004					
Bez międzyplonu Without catch crop	7,22	7,43	8,32	8,05	7,76
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	7,33	7,60	8,26	9,76	8,24
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	7,80	8,42	10,29	9,89	9,10
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,51				0,18
Średnio – Mean	7,45	7,82	8,96	9,25	–
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,20				–
Średnio dla roku – Mean for year	8,37				–
2005					
Bez międzyplonu Without catch crop	5,36	7,30	7,77	9,28	7,43
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	6,50	7,56	8,97	8,65	7,92
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	7,61	8,75	8,95	9,75	8,76
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,93				0,72
Średnio – Mean	6,49	7,87	8,56	9,22	–
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,54				–
Średnio dla roku – Mean for year	8,04				–
Średnio 2003–2005 – Mean 2003–2005					
Bez międzyplonu Without catch crop	7,24	8,42	9,11	9,36	8,53
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	7,15	7,97	9,02	9,27	8,35
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	8,66	9,22	9,50	9,58	9,24
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,36				0,24
Średnio – Mean	7,68	8,54	9,21	9,40	–
$NIR_{(a=0,05)} - LSD_{(a=0,05)}$	0,22				–
$NIR_{(a=0,05)}$ dla lat – $LSD_{(a=0,05)}$ for year	0,35				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Wykazano niski indeks żniwny, co związane było głównie z cechą odmianową (tab. 27). Pszenica Torcka zaliczana jest do odmian o długich źdźbłach, stąd znaczny udział plonu słomy w ogólnej biomase rośliny. Ani międzyplon, ani nawożenie azotem oraz współdziałanie tych czynników nie miało wpływu na zmiany w wielkości indeksu żniwnego. Zauważyć jednak można, że po przyoranej mieszance strączkowo-zbożowej, przy wyższych dawkach N udział ziarna w ogólnej biomase był większy niż w pozostałych warunkach uprawy.

Tabela 27
Table 27

Indeks żniwny pszenicy jarej w [%] (średnie 2003–2005)
Harvest index of spring wheat in [%] (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Bez międzyplonu Without catch crop	37,2	36,1	36,5	36,1	36,4
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	35,2	36,1	36,1	36,7	36,0
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	34,6	35,9	37,1	37,4	36,2
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	35,7	36,0	36,4	36,7	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 28
Table 28

Plon białka pszenicy jarej w [kg·ha⁻¹] (średnie 2003–2005)
Protein yield of spring wheat in [kg·ha⁻¹] (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization (kg·ha ⁻¹)				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Bez międzyplonu Without catch crop	454	527	624	696	575
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	429	479	611	734	563
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	471	556	699	782	627
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	451	521	644	738	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	53				–

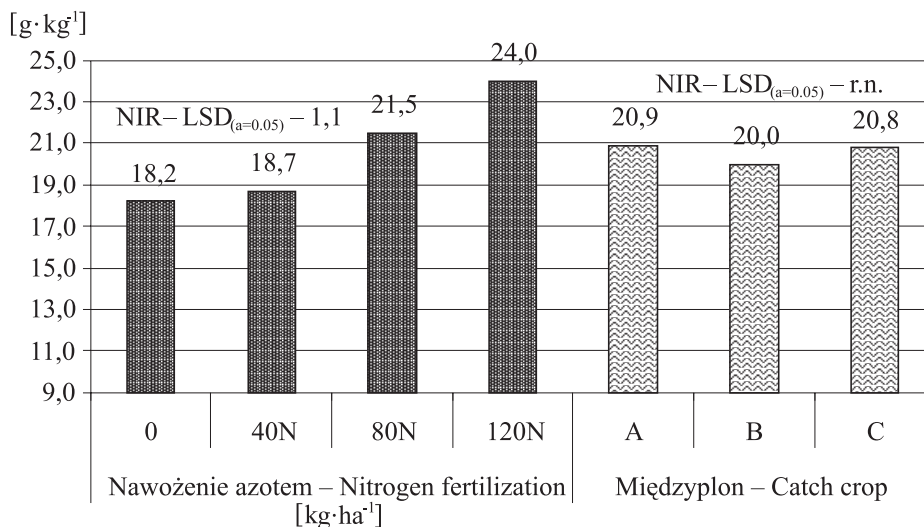
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Wysokość plonu białka z 1 ha bardziej zależała od nawożenia azotem niż przyorywania międzyplonów (tab. 28). Już najmniejsza z zastosowanych dawek azotu powodowała istotny wzrost plonu białka o 15,5%. Po dawce 80 kg N·ha⁻¹ wzrost ten w stosunku do poprzedniej wyniósł 23,6%. Nawożenie natomiast dawką 120 kg N spowodowało wzrost plonu białka w stosunku do pozyskanego przy dawce 80 kg N o 14,6%.

Nie stwierdzono istotnego wpływu przyorywania międzyplonów ścierniskowych oraz współdziałania czynników badań na tę cechę. Należy jednak zaznaczyć, że więcej białka z ha uzyskano w uprawie po mieszance międzyplonowej, co było warunkowane głównie plonem ziarna, a nie zawartością białka.

5.2.3. Oddziaływanie na skład chemiczny ziarna i słomy

Przyorywanie międzyplonów nie miało istotnego wpływu na zawartość azotu w ziarnie pszenicy jarej, istotnie na tę cechę wpłynęło natomiast nawożenie azotem (rys. 10).

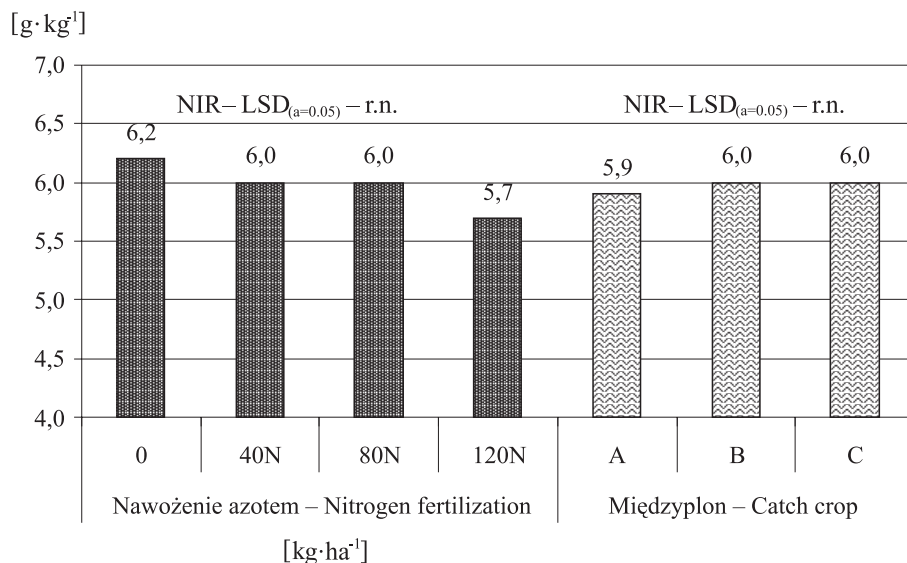


Rys. 10. Zawartość azotu w ziarnie (średnie 2003–2005)

Fig. 10. Nitrogen content in grain (means 2003–2005)

W ziarnie pszenicy nawożonej dawką najwyższą było o 11,6% więcej azotu niż po nawożeniu dawką 80 kg N·ha⁻¹, o 28,3% niż po dawce 40 kg oraz o 31,9% od wykazanego w pszenicy nienawożonej azotem mineralnym.

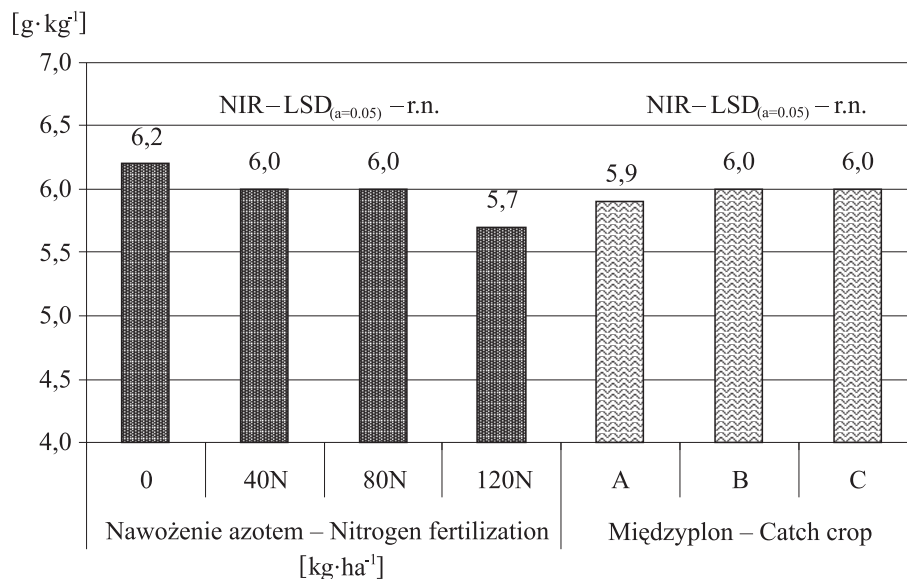
Nie stwierdzono istotnego różnicowania zawartości potasu w ziarnie pszenicy jarej od czynników badań (rys. 11). Zauważyć jednak można nieznacznie negatywny wpływ na tę cechę nawożenia pszenicy azotem. Pod wpływem zwiększania dawki N koncentracja K w ziarnie pszenicy nieco malała.



Rys. 11. Zawartość potasu w ziarnie (średnie 2003–2005)

Fig. 11. Potassium content in grain (means 2003–2005)

Nie wykazano wyraźnego oddziaływania przyorywania międzyplonów ścierniskowych ani nawożenia pszenicy azotem na zawartość fosforu w ziarnie (rys. 12).

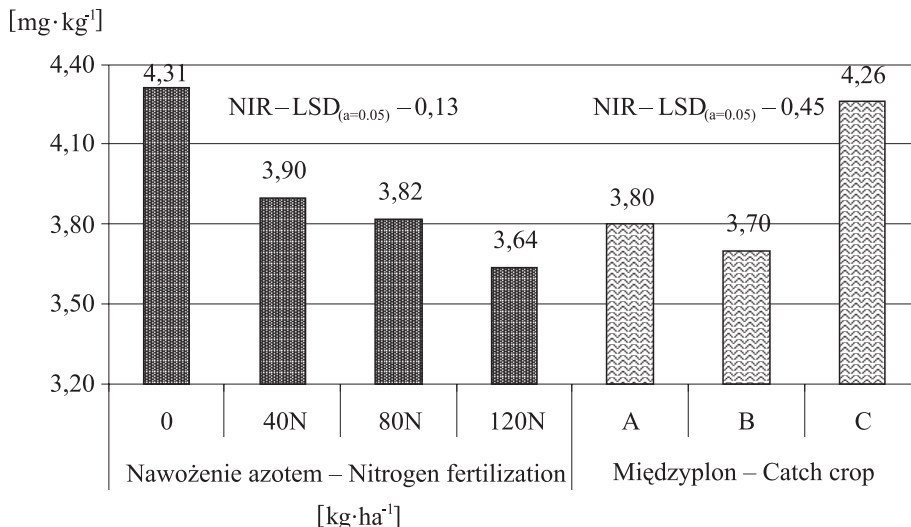


Rys. 12. Zawartość fosforu w ziarnie (średnie 2003–2005)

Fig. 12. Phosphorus content in grain (means 2003–2005)

Każda dawka zasilenia pszenicy azotem powodowała zmniejszenie zawartości miedzi w ziarnie (rys. 13). Po dawce 40 kg N·ha⁻¹ zawartość Cu była o 9,5%, po dawce 80 kg N o 11,4%, a po 120 kg o 15,5% mniejsza od stwierdzonej w pszenicy nienawożonej N.

Zauważono pozytywny wpływ przyorywania mieszanki międzyplonowej na zawartość tego składnika w ziarnie. W tych warunkach uprawy ziarno pszenicy zawierało o 15,1% więcej Cu niż po przyoraniu gorczycy oraz o 12,1%, kiedy pszenicę uprawiano bez przyorywania zielonej biomasy.



Rys. 13. Zawartość miedzi w ziarnie (średnie 2003–2005)
 Fig. 13. Copper content in grain (means 2003–2005)

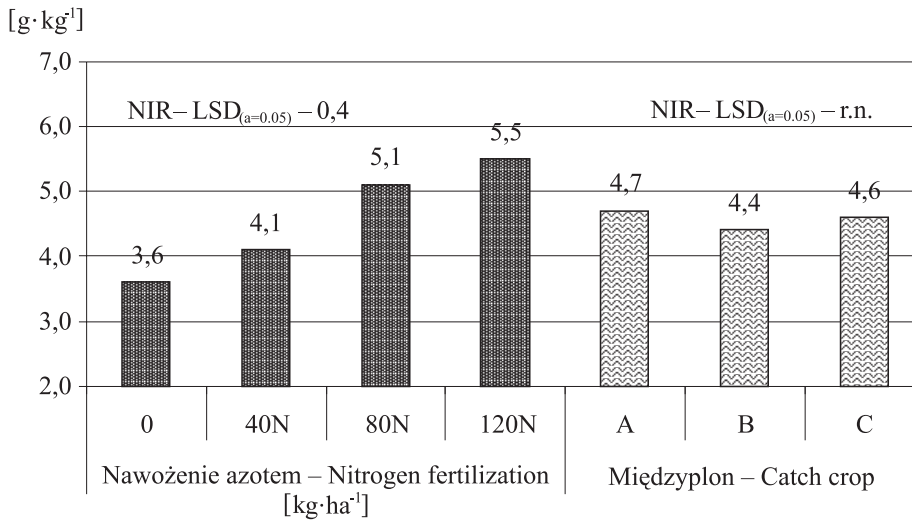
Zawartość azotu w słomie pszenicy uprawianej po międzyplonach nie różniła się znacząco od wykazanej w pszenicy uprawianej bez ich udziału (rys. 14).

Każda kolejna dawka nawożenia azotem – 40, 80 i 120 kg·ha⁻¹ – wpływała natomiast istotnie na wzrost zawartości azotu w słomie odpowiednio, o 13,9; 41,7 i 52,8%, w porównaniu do wykazanej w ziarnie pszenicy nienawożonej azotem.

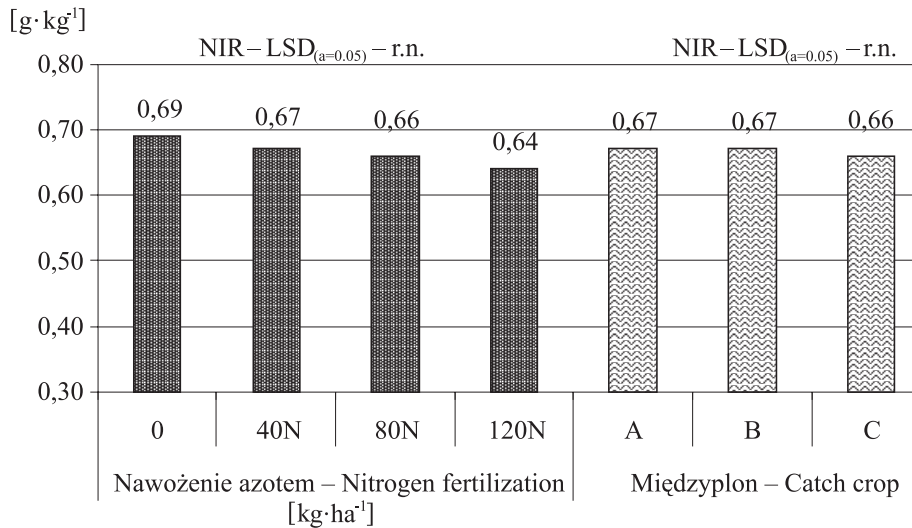
Nie uzyskano istotnych zmian w zawartości fosforu w słomie pszenicy jarej zarówno pod wpływem międzyplonu, jak i nawożenia azotem (rys. 15).

Przyorywanie międzyplonu nie miało wpływu na zawartość potasu w słomie pszenicy (rys. 16). Istotnie natomiast na tę cechę wpłynęło nawożenie pszenicy azotem. Po dawce 40 kg N·ha⁻¹ zawartość K w słomie pszenicy była nieznacznie wyższa, po dawce 80 kg N o 17,7%, a po 120 kg N o 32,3% większa od określonej w uprawie bez tego nawożenia.

Zarówno przyorywanie międzyplonu, jak i zwiększanie dawek azotu w pszenicy jarej miało korzystny wpływ na zawartość miedzi w słomie (rys. 17).

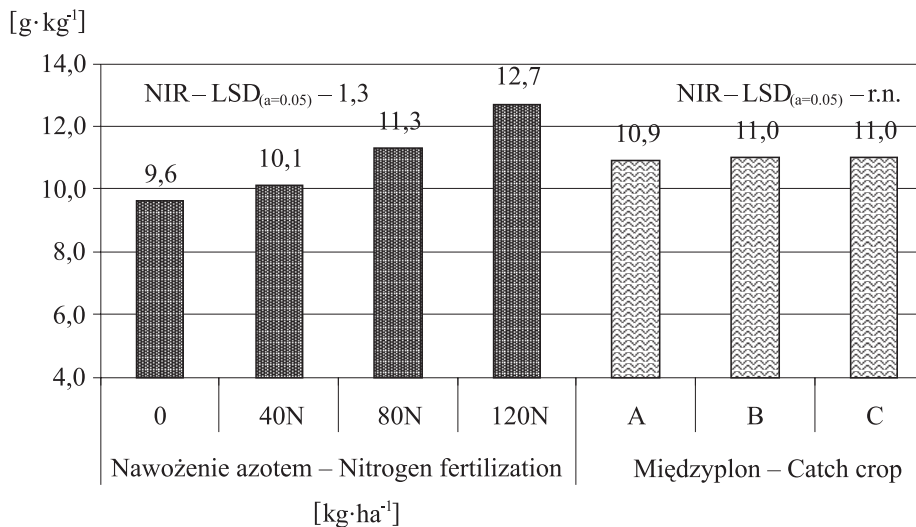


Rys. 14. Zawartość azotu w słomie (średnie 2003–2005)
 Fig. 14. Nitrogen content in straw (means 2003–2005)

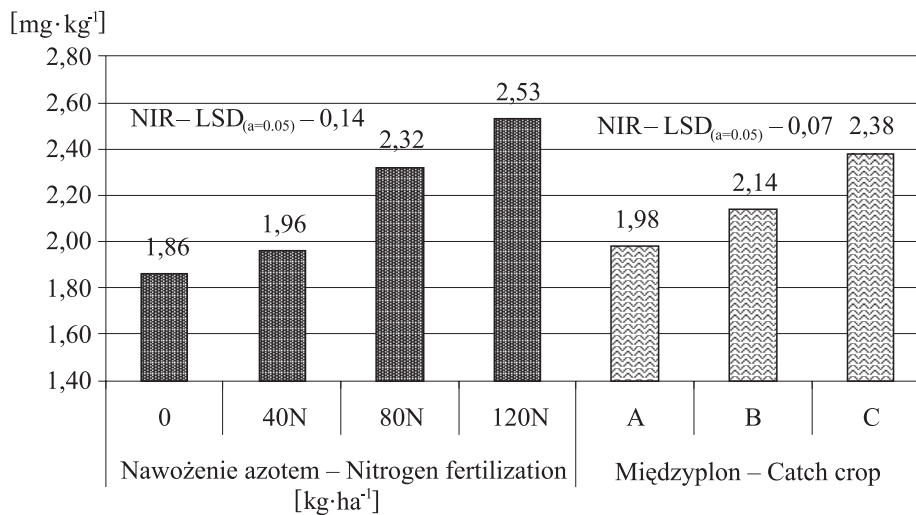


Rys. 15. Zawartość fosforu w słomie (średnie 2003–2005)
 Fig. 15. Phosphorus content in straw (means 2003–2005)

Najwięcej Cu określono w słomie pszenicy nawożonej 120 kg N·ha⁻¹, o 9,1% więcej niż po dawce 80 kg N, o 29,1% niż po 40 kg N oraz o 36,0% od określonej w pszenicy nienawożonej azotem.



Rys. 16. Zawartość potasu w słomie (średnie 2003–2005)
 Fig. 16. Potassium content in straw (means 2003–2005)



Rys. 17. Zawartość miedzi w słomie (średnie 2003–2005)
 Fig. 17. Copper content in straw (means 2003–2005)

Po przyoraniu mieszanki zawartość Cu w słomie pszenicy była o 11,2% większa niż po przyoraniu górczycy oraz o 20,2% od określonej w pszenicy uprawianej bez międzyplonu.

5.3. Ocena efektywności nawożenia

Wielkość pobrania azotu przez pszenicę istotnie różnicowana była wyłącznie przez nawożenie azotem (tab. 29).

Tabela 29

Table 29

Pobranie azotu przez pszenicę jara w [kg·ha⁻¹]
Nitrogen uptake by spring wheat in [kg·ha⁻¹]

Objekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Pobranie przez ziarno – Uptake by grain					
Bez międzyplonu Without catch crop	80	93	110	128	103
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	69	78	102	129	95
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	83	98	123	137	110
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	77	90	112	131	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	8,9				–
Pobranie przez słomę – Uptake by straw					
Bez międzyplonu Without catch crop	29	32	47	52	40
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	23	32	41	50	37
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	32	39	48	54	43
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	28	34	45	52	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	5,9				–
Pobranie łącznie – Total uptake					
Bez międzyplonu Without catch crop	108	124	157	180	142
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	93	111	143	179	132
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	114	136	171	191	153
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	105	124	157	183	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	11,4				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Kolejne, wzrastające dawki N 40, 80 i 120 kg·ha⁻¹ powodowały, że z ziarnem pobrano odpowiednio o 16,9; 45,5 i 70,1% więcej azotu niż z plonem ziarna pszenicy uprawianej bez nawożenia. Dla azotu pobranego przez słomę różnice te były odpowiednio o 21,4, 60,7 i 85,7%, a dla plonu łącznego: 18,1 (różnica nieistotna statystycznie), 49,5 i 74,3%.

Po przyoraniu górczycy pobranie azotu przez pszenicę było nieistotnie mniejsze niż w uprawie pszenicy bez międzyplonu, a po przyoraniu mieszanki strączkowo-zbożowej nieistotnie większe.

Najlepszą efektywność rolniczą wykazano po najniższej dawce nawożenia pszenicy azotem, a każda następna była coraz mniej skuteczna (tab. 30).

Tabela 30

Table 30

Efektywność rolnicza (A_E) i fizjologiczna (P_E) nawożenia azotem
Agronomic (A_E) and physiological (P_E) efficiency of nitrogen fertilization

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				
	0–40	40–80	80–120	0–80	0–120
(A_E) w kg ziarna/1 kg składnika w nawozie (A_E) in kg grain/1 kg fertilizer ingredient					
Bez międzyplonu Without catch crop	11,0	10,0	4,0	10,5	8,3
Międzyplon z górczycy Mustard catch crop	15,5	14,3	7,3	14,9	12,3
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	15,8	10,8	5,0	13,3	10,5
Średnio – Mean	14,1	11,7	5,4	12,9	10,4
(P_E) w kg ziarna/1 kg pobranego składnika (P_E) in kg grain/1 kg uptaken nutrient					
Bez międzyplonu Without catch crop	27,5	12,1	7,0	17,1	13,9
Międzyplon z górczycy Mustard catch crop	34,4	17,8	8,1	23,8	17,2
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	28,6	12,3	10,0	18,6	16,4
Średnio – Mean	30,2	14,1	8,4	19,8	15,8

Po zastosowaniu dawki 40 kg N·ha⁻¹ pszenica wyprodukowała średnio 14,1 kg ziarna przypadającą na 1 kg azotu w nawozie, o 20,5% więcej niż po zwiększeniu dawki N z 40 do 80 kg N·ha⁻¹ oraz ponad dwukrotnie więcej od stwierdzonej po najintensywniejszym nawożeniu azotem.

Przyorywanie międzyplonów, szczególnie górczycy białej przed pszenicą jara, poprawiło znacznie efektywność rolniczą nawożenia azotem. Efektywność ta w uprawie pszenicy po tym międzyplonie była najlepsza, średnio dla przedziału 0–80 kg N

o 12,0% większa od wykazanej w uprawie po mieszance i o 41,9% od określonej w uprawie pszenicy bez przyorwania międzyplonu. Jeszcze lepsze rezultaty uzyskano po gorczycy i zastosowaniu najwyższej dawki N. Średnio dla przedziału 0–120 kg N różnice te były odpowiednio o 17,1 i 48,2% większe.

Efektywność fizjologiczna, podobnie jak rolnicza, zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki N. Po zastosowaniu 40 kg·ha⁻¹ była ona ponad dwukrotnie większa niż po dawce 80 kg i blisko 2,5-krotnie od wykazanej po najwyższej dawce N.

Największą ilość wyprodukowanego ziarna przez pszenicę przypadającą na 1 kg pobranego azotu uzyskano po przyoraniu gorczycy białej. Efektywność fizjologiczna w tych warunkach uprawy dla przedziału 0–80 kg N była średnio o 28,0% większa niż po mieszance strączkowo-zbożowej oraz o 39,2% od określonej w uprawie bez międzyplonu. Dla przedziału 0–120 kg N różnice te wyniosły 4,9 i 23,7%.

Najlepsze wykorzystanie azotu mineralnego przez pszenicę wykazano dla średniego poziomu nawożenia (tab. 31).

Tabela 31

Table 31

Wykorzystanie azotu przez pszenicę jarą [%] oraz wskaźnik efektywności końcowej [zł/zł w nawozie]
Nitrogen recovery by spring wheat [%] and end efficiency index [zł/zł in fertilizer]

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				
	0–40	40–80	80–120	0–80	0–120
Wykorzystanie azotu przez pszenicę – Nitrogen recovery by spring wheat [%]					
Bez międzyplonu Without catch crop	40,0	82,6	57,1	61,4	59,7
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	45,1	80,3	90,1	62,6	71,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	55,2	87,8	50,0	71,5	64,0
Średnio – Mean	46,8	83,6	65,7	65,2	65,1
Wskaźnik efektywności końcowej [zł/zł w nawozie] End efficiency index [zł/zł in fertilizer]					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,63	1,43	0,57	1,52	1,21
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	2,21	2,03	1,04	2,15	1,76
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	2,25	1,54	0,71	1,92	1,50
Średnio – Mean	2,03	1,67	0,77	1,86	1,49

Po zwiększeniu dawki N z 40 do 80 kg·ha⁻¹ stwierdzono, że wykorzystanie azotu było o 38,6% wyższe niż dla przedziału nawożenia 80–120 kg i o 72,7% od wykazanego w przedziale 0–40 kg. Niskie wykorzystanie azotu dla przedziału 0–40 kg może dowodzić, że dawka ta bardziej wpływała na poprawę stanu roślin i budowanie części

wegetatywnych, a dopiero dalsza intensyfikacja nawożenia azotem powodowała lepsze wykorzystanie azotu w przyroście masy ziarna. Najlepsze wykorzystanie azotu mineralnego określono w uprawie pszenicy po gorczycy białej i było ono średnio, w przedziale 0–120 kg N, o 17,2% większe od wykazanego po mieszance oraz o 19,8% w uprawie bez międzyplonu.

Wskaźnik efektywności końcowej nawożenia N był ściśle skorelowany z wydajnością rolniczą tego nawożenia. Kolejne, wyższe dawki nawożenia N powodowały zmniejszenie jego końcowej wydajności wyrażonej w zł przyrostu plonu przypadającej na 1 zł w nawozie (tab. 31). Bardzo korzystny wpływ na tę funkcjonalność miało przyorywanie międzyplonów, znacznie go poprawiając. Średnio dla gorczycy skuteczność ta w przedziale 0–120 kg N była o 17,3% większa niż dla mieszanki oraz aż o 45,5%, kiedy pszenicę uprawiano bez przyorywanej biomasy.

Indeks żniwny azotu nie był istotnie różnicowany ani przyorywaniem międzyplonu, ani nawożeniem azotem, chociaż w miarę intensyfikacji nawożenia wartość jego nieznacznie się zmniejszała (tab. 32).

Tabela 32
Table 32

Indeks żniwny azotu w [%] (średnie 2003–2005)
Nitrogen harvest index in [%] (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Bez międzyplonu Without catch crop	37,2	36,1	36,5	36,1	36,4
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	35,2	36,1	36,1	36,7	36,0
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	34,6	35,9	37,1	37,4	36,2
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	35,7	36,0	36,4	36,7	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.4. Uproszczona ocena ekonomiczna uprawy pszenicy jarej

Uproszczona ocena ekonomiczna wykazała, że zwiększenie nawożenia pszenicy jarej aż do poziomu 120 kg N·ha⁻¹ jest finansowo nieuzasadnione (tab. 33). Wprawdzie dawka ta powodowała jeszcze przyrost plonów ziarna pszenicy i wartości produkcji, jednak w tych warunkach uprawy ponoszono jednocześnie najwyższe koszty. Nadwyżka

bepośrednia z 1 ha przy tym poziomie nawożenia pszenicy była średnio o 3,1% mniejsza niż uzyskana po zastosowaniu dawki 80 kg N. Zaznaczyć należy jednak, że sytuacja ta dotyczyła uprawy pszenicy po mieszance strączkowo-zbożowej i uprawy bez przyorywania zielonej biomasy, natomiast po gorczycy każda dawka azotu powodowała wzrost nadwyżki bepośredniej.

Tabela 33
Table 33

Uproszczona cena ekonomiczna produkcji (średnie 2003–2005)
Simplified economic assessment of production (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				
	0	40	80	120	średnio mean
Wartość produkcji – Production value [zł·ha ⁻¹]					
Bez międzyplonu – without catch crop	2343	2585	2805	2893	2657
Międzyplon z gorczycy – mustard catch crop	2140	2481	2794	2954	2592
Międzyplon z mieszanki – mixture catch crop	2481	2827	3064	3174	2887
Średnio – Mean	2321	2631	2888	3007	–
Koszty bepośrednie – Direct costs [zł·ha ⁻¹]					
Bez międzyplonu – without catch crop	1607	1761	1915	2069	1838
Międzyplon z gorczycy – mustard catch crop	1687	1841	1995	2139	1916
Międzyplon z mieszanki – mixture catch crop	1773	1927	2081	2225	2002
Średnio – Mean	1689	1843	1997	2144	–
Nadwyżka bepośrednia na 1 ha – Direct surplus per 1 ha					
Bez międzyplonu – without catch crop	736	824	890	824	819
Międzyplon z gorczycy – mustard catch crop	453	640	799	815	677
Międzyplon z mieszanki – mixture catch crop	708	900	983	949	855
Średnio – Mean	632	788	891	863	–
Nadwyżka bepośrednia na 1 zł kosztów bepośrednich – Direct surplus per 1 zł of direct costs					
Bez międzyplonu – without catch crop	0,46	0,47	0,46	0,40	0,45
Międzyplon z gorczycy – mustard catch crop	0,32	0,35	0,40	0,38	0,36
Międzyplon z mieszanki – mixture catch crop	0,40	0,47	0,47	0,43	0,44
Średnio – Mean	0,39	0,43	0,44	0,40	–
Plon równoważący koszty bepośrednie – Crop yield balancing direct costs					
Bez międzyplonu – without catch crop	2,92	3,20	3,48	3,76	3,34
Międzyplon z gorczycy – mustard catch crop	3,07	3,35	3,63	3,89	3,49
Międzyplon z mieszanki – mixture catch crop	3,22	3,50	3,78	4,05	3,64
Średnio – Mean	3,07	3,35	3,63	3,90	–

Największe plony ziarna pszenicy uzyskano w uprawie po mieszance strączkowo-zbożowej, co znalazło również odzwierciedlenie w ocenie efektywności ekonomicznej. W tym sposobie uprawy, mimo najwyższych kosztów, o 4,5% większych niż po gorczycy i o 8,9% od wykazanych w uprawie bez międzyplonu, dochód specjalny był odpowiednio większy o 26,3 i 4,4%. Ocena ekonomiczna wykazała bardzo korzystny wpływ mieszanki

na poprawę efektywności ekonomicznej. Po tym międzyplonie dochód z 1 ha (nadwyżka bezpośrednia) już po zastosowaniu dawki 40 kg N·ha⁻¹ był większy od uzyskanego przy najintensywniejszym nawożeniu pszenicy na dwóch pozostałych obiektach.

5.5. Wpływ nawożenia azotem i przyorywanego międzyplonu na wybrane właściwości technologiczne ziarna pszenicy

Plon mąki zależał istotnie zarówno od zastosowanego międzyplonu, jak i nawożenia azotem pszenicy jarej (tab. 34). Już najmniejsza z zastosowanych dawek azotu przyczyniała się do znacznego wzrostu plonu mąki o 12,8%. Stosując dawkę 80 kg N·ha⁻¹, wzrost ten w stosunku do poprzedniej wyniósł 12,0%, natomiast dawka 120 kg N nie powodowała istotnego przyrostu plonu mąki.

Tabela 34
Table 34

Plon mąki z ha pszenicy jarej (średnie 2003–2005)
Flour yield of spring wheat per ha (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Bez międzyplonu Without catch crop	2,71	2,93	3,22	3,35	3,05
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	2,44	2,82	3,27	3,44	2,99
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	2,83	3,25	3,58	3,73	3,35
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,16
Średnio – Mean	2,66	3,00	3,36	3,51	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,22				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Przyorywanie pod pszenicę międzyplonów ścierniskowych wywarło istotny wpływ na plon mąki, chociaż należy zaznaczyć, że warunkowane to było bardziej wzrostem plonu ziarna niż wydajnością mąki. Plon mąki w warunkach uprawy pszenicy po mieszance był o 9,8% większy niż w uprawie bez międzyplonu oraz o 12,0% po przyoraniu gorczycy.

Współdziałanie obu czynników doświadczenia nie potwierdziło statystycznie istotnego oddziaływania na plon mąki z ha, należy jednak zauważyć, że przyorując mieszankę strączkowo-zbożową, plon ten uzyskany po zastosowaniu dawki 80 kg N·ha⁻¹ był wyższy niż w dwóch pozostałych obiektach i nawożeniu ilością 120 kg N.

Stosowanie kolejnych dawek azotu powodowało wzrost zawartości białka ogólnego oraz glutenu w mące (tab. 35).

Tabela 35
Table 35

Zawartość białka i glutenu w mące oraz rozplywalność glutenu (średnie 2003–2005)
Content of protein and gluten and gluten weakening in flour (means 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Zawartość białka – Protein content [g·kg ⁻¹]					
Bez międzyplonu Without catch crop	9,1	9,6	11,5	12,2	10,6
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	8,4	8,6	10,9	12,3	10,1
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	8,7	9,3	10,8	12,3	10,3
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	8,7	9,2	11,1	12,3	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,6				
Zawartość glutenu – Gluten content [%]					
Bez międzyplonu Without catch crop	21,4	23,2	28,1	32,4	26,3
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	20,2	21,4	27,3	32,4	25,3
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	20,9	23,7	27,7	32,1	26,1
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	20,8	22,8	27,7	32,3	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,9				–
Rozplywalność glutenu – Gluten weakening [mm]					
Bez międzyplonu Without catch crop	2,2	2,3	2,9	3,0	2,6
Międzyplon z gorzycy Mustard catch crop	2,3	2,8	3,2	3,4	2,9
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	2,2	2,7	2,7	2,5	2,5
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	2,2	2,6	2,9	3,0	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,5				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Najwyższą zawartość białka wykazano w mące pszenicy nawożonej dawką $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i była ona o 10,8% większa od określonej po dawce 80 kg N , o 33,7% po dawce 40 kg N oraz o 41,4% od stwierdzonej w pszenicy nienawożonej azotem. Dla glutenu różnice te wyniosły analogicznie: 4,6; 9,5 i 11,5 punktów procentowych. Przyorywanie międzyplonu nie oddziaływało znacząco na te cechy, chociaż nieco więcej białka i glutenu zawierała mąka pozyskana z ziarna pszenicy uprawianej bez tego elementu zmianowania.

Współdziałanie czynników nie miało wpływu na zawartość białka i glutenu w mące, chociaż obserwowano, że mąka z pszenicy uprawianej bez międzyplonów aż do dawki $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ charakteryzowała się większą ich zawartością niż mąka z obiektów z przyorywaną biomasą.

Rozpływalność glutenu w uprawie pszenicy po mieszance i bez międzyplonu była na zbliżonym poziomie, a po gorczycy nieznacznie większa. Intensyfikacja nawożenia azotem istotnie pogarszała jakość glutenu, zwiększając jego rozpływalność.

Otrzymana mąka charakteryzowała się niską aktywnością amyloliczną wyrażoną liczbą opadania (tab. 36).

Najwyższą liczbę opadania określono w mące pszenicy najintensywniej nawożonej azotem i była ona o 10,2% większa niż w warunkach stosowania 80 kg N oraz o 15,9% po dawce 40 kg , a także gdy nie stosowano tego nawożenia. Międzyplon nie modyfikował istotnie badanej cechy mąki, chociaż stwierdzono nieco wyższą niż w pozostałych próbach aktywność α -amylazy dla mąki uzyskanej z ziarna pszenicy uprawianej po gorczycy białej. Mąka z pszenicy uprawianej po międzyplonie i nawożona niższymi dawkami N (do 80 kg) oraz bez tego nawożenia charakteryzowała się niższą aktywnością amyloliczną niż pszenica podobnie nawożona azotem na obiekcie bez międzyplonu.

Wartość testu sedymentacji Zeleny`ego nie uległa znacznej zmianie wskutek przyorania zielonego nawozu, istotnie natomiast wpływało na nią nawożenie azotem. Zwiększenie dawki nawożenia N spowodowało sukcesywny wzrost wskaźnika sedymentacji w badanych próbach mąki. Najlepszą jakością białek glutenowych charakteryzowała się mąka pszenicy nawożonej dawką $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w której wartość wskaźnika sedymentacji była o 16,8% wyższa niż po nawożeniu dawką 80 kg N , o 44,4% niż po dawce 40 kg oraz aż o 55,5% od stwierdzonego w mące pszenicy nienawożonej azotem.

Objętość chleba determinowana była głównie wielkością dawki azotu a nie przyorywaniem międzyplonu. Wyższą objętość pieczywa uzyskano po zastosowaniu w uprawie pszenicy 80 oraz 120 kg azotu niż po pozostałych dawkach. Nie stwierdzono znacznych zmian w kształtowaniu tej cechy od łączonego nawożenia azotem i przyorywania biomasy międzyplonów.

Przyorywanie międzyplonów miało wyraźny wpływ na modyfikację współczynników korelacji pomiędzy cechami technologicznymi a dawką azotu wnoszonego w nawozach (tab. 37).

Tabela 36
Table 36

Aktywność amylolityczna, wskaźnik sedimentacji i objętość chleba ze 100 g mąki
(średnie 2003–2005)

Falling number, sedimentation index and bread volume per 100 g of flour (mean 2003–2005)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem Nitrogen fertilization [kg·ha ⁻¹]				Średnio Mean
	0	40	80	120	
Liczba opadania – Falling number [s]					
Bez międzyplonu Without catch crop	350	357	379	409	374
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	341	337	330	381	347
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	346	344	384	412	372
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	346	346	364	401	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	24,0				–
Wskaźnik sedimentacyjny – Sedimentation index [cm ³]					
Bez międzyplonu Without catch crop	33,0	36,9	43,7	52,0	41,4
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	32,3	32,8	44,7	50,2	40,0
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	32,2	35,5	41,8	49,7	39,8
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	32,5	35,1	43,4	50,6	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	3,2				–
Objętość chleba – Bread volume [cm ³ ·100 g mąki ⁻¹]					
Bez międzyplonu Without catch crop	490	493	517	513	503
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	490	492	525	519	506
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	484	490	505	530	502
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				r.n.
Średnio – Mean	488	492	516	521	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	10,0				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 37

Table 37

Współczynnik korelacji pomiędzy niektórymi cechami technologicznymi a dawką azotu wnoszonego w nawozach (średnie 2003–2005)
Correlation coefficient between selected technological traits and rate of nitrogen provided with fertilizers (means 2003–2005)

Cecha technologiczna Technological trait	Obiekt – Treatment		
	Bez międzyplonu Without catch crop	Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop
Zawartość białka Protein content	0,918*	0,764*	0,538
Zawartość glutenu Gluten content	0,909*	0,646*	0,582*
Rozpływalność glutenu Gluten weakening	0,521	0,217	0,292
Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index	0,540	0,619*	0,286
Liczba opadania Falling number	0,481	0,353	0,151
Objętość chleba Bread volume	0,355	-0,051	0,642*

* – korelacja istotna ($\alpha = 0,05$) – significant correlation ($\alpha = 0,05$)

W uprawie pszenicy jarej bez międzyplonu wykazano bardzo wysoką zależność zawartości białka i glutenu od azotu. Przyorując gorczycę, zależności te były istotne, choć znacznie mniejsze, a po mieszance międzyplonowej istotną zależność określono tylko dla zawartości glutenu. Ocena korelacji dla pozostałych cech mąki wykazała istotną zależność wskaźnika sedymentacji od azotu wnoszonego w nawozach w uprawie pszenicy po gorczycy, a w warunkach przyorywania mieszanki objętości chleba. W uprawie bez międzyplonu nie określono istotnego skorelowania pozostałych badanych cech od azotu wnoszonego w nawozach.

Wykazano znaczne zróżnicowanie zależności pomiędzy poszczególnymi cechami mąki od warunków uprawy pszenicy (tab. 38). Uwidoczniło się to szczególnie dla objętości chleba. W uprawie pszenicy bez międzyplonu był on ściśle skorelowany wyłącznie z zawartością glutenu ($r = 0,594$). W uprawie po gorczycy jako międzyplonie istotne oddziaływanie na tę cechę miały: liczba opadania ($r = 0,796$), zawartość glutenu ($r = 0,656$) oraz rozpuszczalność glutenu ($r = 0,677$). Uprawiając natomiast pszenicę po mieszance strączkowo-zbożowej, poza wskaźnikiem sedymentacji, objętość chleba była wysoce skorelowana z każdą cechą mąki.

Tabela 38 Table 38

Współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi cechami mąki pszenicy jarej w zależności od międzyplonu (średnie 2003–2005)
Correlation coefficients between selected traits of spring wheat flour depending on catch crop (means 2003–2005)

Cecha mąki Traits of flour	Bez międzyplonu – Without catch crop					
	1	2	3	4	5	6
(1) Zawartość białka Protein content	–					
(2) Liczba opadania Falling number	–	–				
(3) Zawartość glutenu Gluten content	0,900	0,703	–			
(4) Rozpływalność glutenu Gluten weakening	–	0,731	0,755	–		
(5) Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index	–	0,785	–	–	–	
(6) Objętość chleba Bread volume	–	–	0,594	–	–	–
	Międzyplon z gorczycy – Mustard catch crop					
	1	2	3	4	5	6
(1) Zawartość białka Protein content	–					
(2) Liczba opadania Falling number	0,742	–				
(3) Zawartość glutenu Gluten content	0,937	0,829	–			
(4) Rozpływalność glutenu Gluten weakening	–	0,725	0,612	–		
(5) Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index	0,589	–	0,639	–	–	
(6) Objętość chleba Bread volume	–	0,796	0,656	0,677	–	–
	Międzyplon z mieszanki – Mixture catch crop					
	1	2	3	4	5	6
(1) Zawartość białka Protein content	–					
(2) Liczba opadania Falling number	0,635	–				
(3) Zawartość glutenu Gluten content	0,939	0,788	–			
(4) Rozpływalność glutenu Gluten weakening	–	0,832	0,697	–		
(5) Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index	0,669	0,657	0,599	–	–	
(6) Objętość chleba Bread volume	0,528	0,717	0,753	0,652	–	–

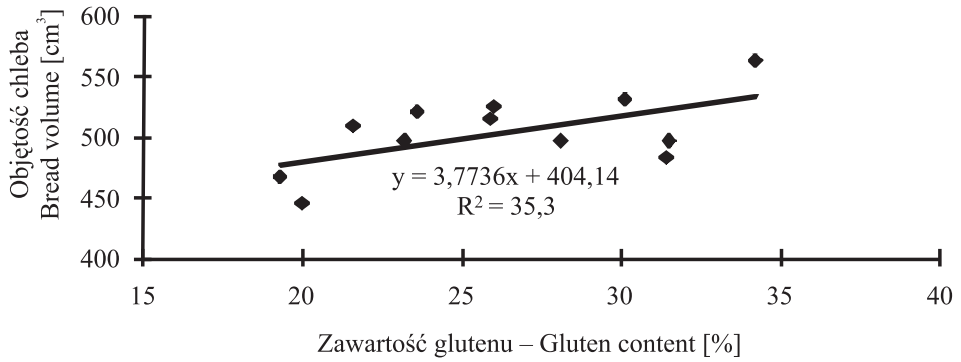
Objętość chleba jest najważniejszym, bezpośrednim wskaźnikiem jakości mąki. Stwierdzono różne oddziaływanie poszczególnych właściwości mąki, w ocenianych uprawach pszenicy jarej, na zmiany jego objętości (rys. 18, 19, 20). Na obiekcie bez międzyplonu istotną zależność tej cechy wykazano tylko od jednej z cech mąki, w uprawie po gorczycy białej od trzech, a w uprawie po przyoranej mieszance strączkowo-zbożowej od czterech.

W uprawie pszenicy bez międzyplonu 1% glutenu powodował wzrost objętości chleba o 3,77 cm³, po przyoranej gorczycy o 5,41 cm³, a po mieszance o 5,13 cm³. Uprawy pszenicę po międzyplonie z gorczycy, na objętość chleba wpływała również liczba opadania, której każde 10 s zwiększało ją o 12,26 cm³ oraz rozplywalność glutenu – na 1 mm przypadało 50,16 cm³ pieczywa. W uprawie pszenicy po mieszance na objętość chleba obok glutenu miały wpływ: liczba opadania – każde 10 s powodowało jego wzrost o 11,41 cm³, rozplywalność glutenu – na 1 mm przypadało 27,54 cm³ oraz zawartość białka, którego wzrost 10 g·kg⁻¹ zwiększał objętość chleba o 16,21 cm³.

Uwzględniając istotność współczynników regresji cząstkowej i ich weryfikację, przedstawiony w metodyce model zależności objętości chleba od wybranych cech technologicznych ziarna wyniósł ostatecznie:

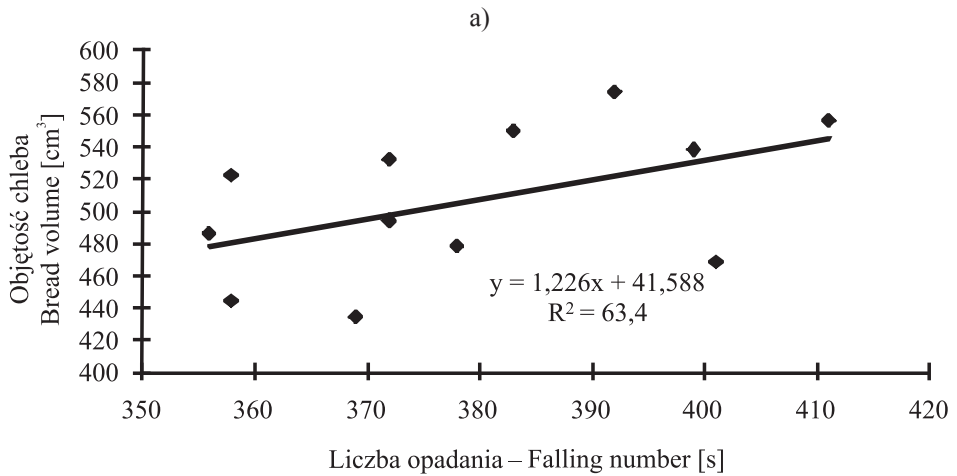
$$X_7 = 305,7 - 0,36x_2 + 1,34x_3 + 0,41x_5 - 0,59x_6$$

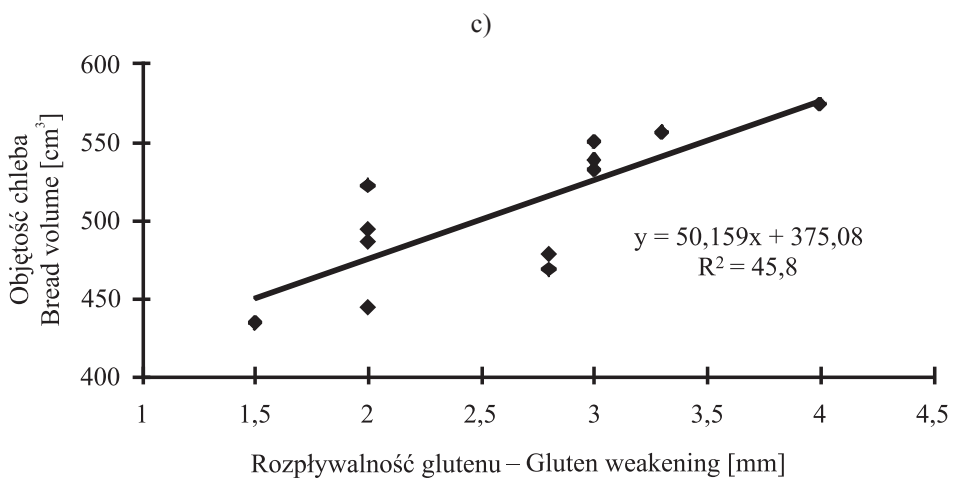
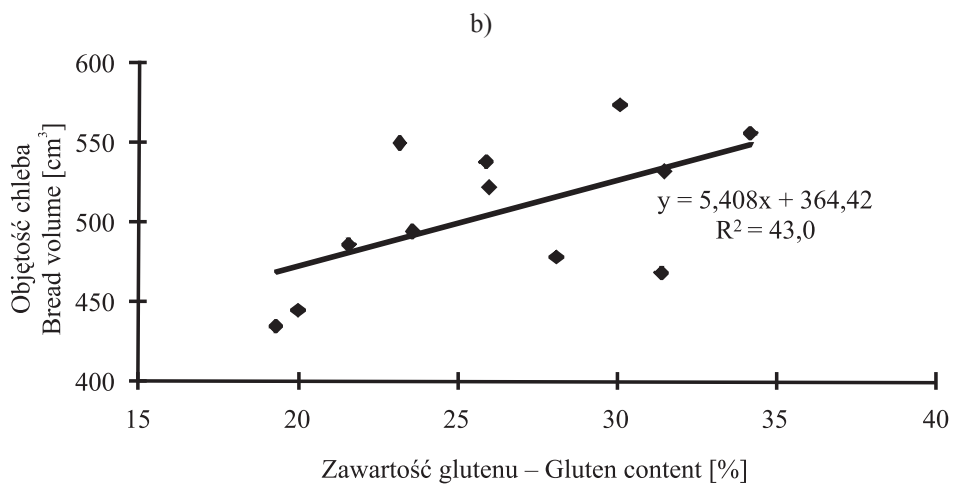
Dowodzi on, że objętość chleba istotnie i dodatnio była uzależniona od liczby opadania (x_5), a szczególnie od zawartości glutenu (x_3). Ujemną natomiast zależność w stosunku do tej cechy wykazywała zawartość białka w mące (x_2) oraz jakość białek glutenowych (x_6).



Rys. 18. Zależność objętości chleba od właściwości mąki w uprawie pszenicy jarej bez międzyplonu

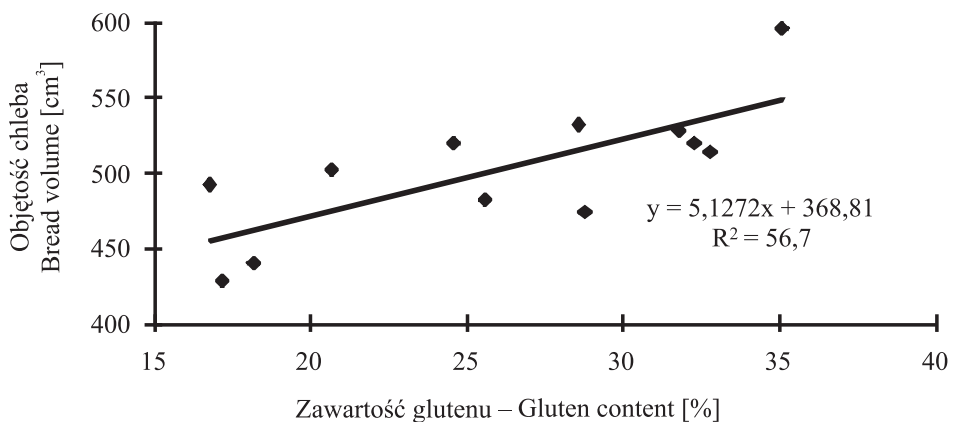
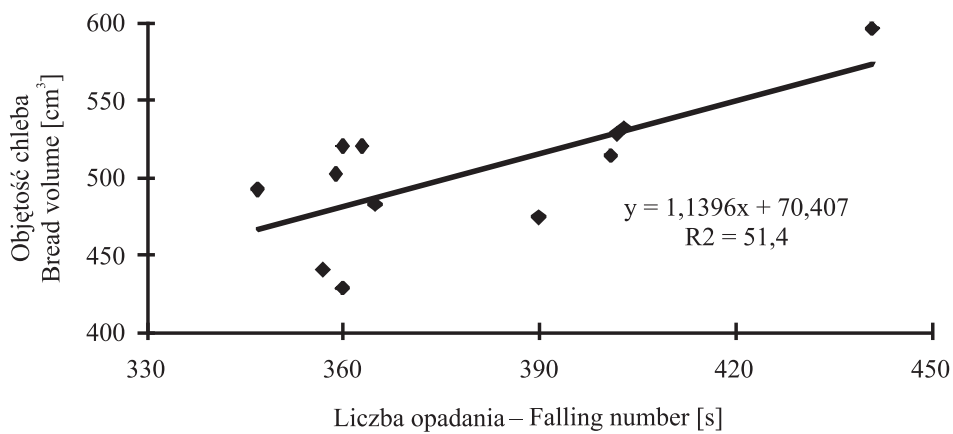
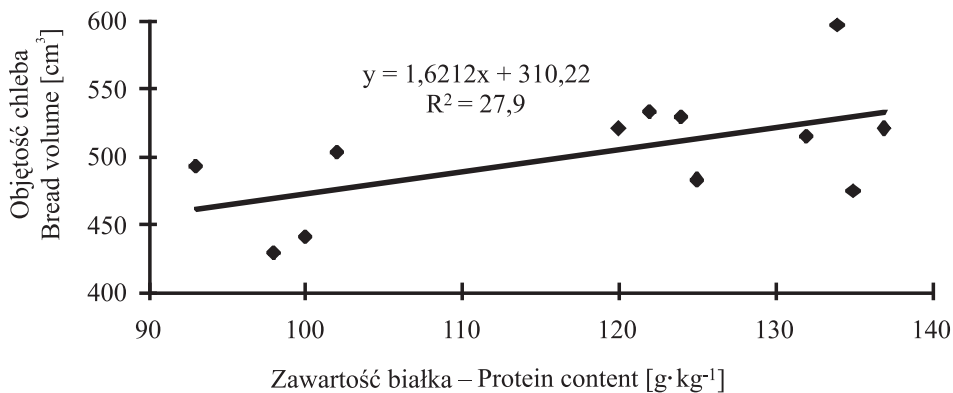
Fig 18. Dependence of bread volume on flour properties in spring wheat growing without catch crop

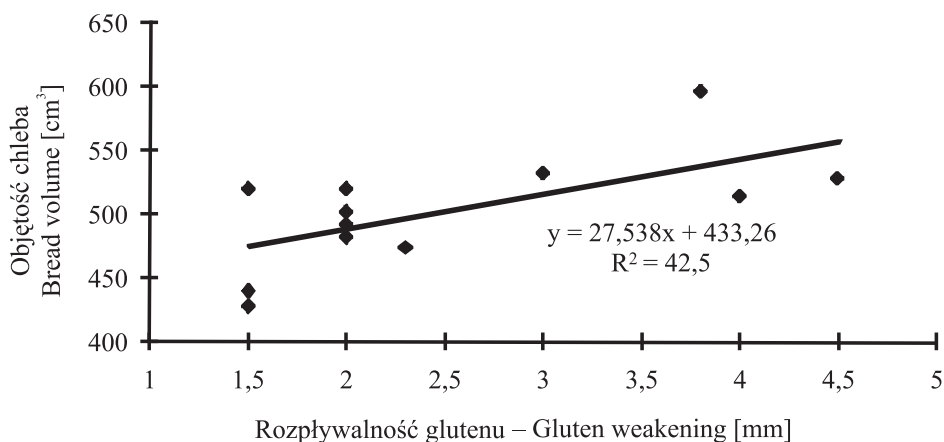




Rys. 19. Zależność objętości chleba od właściwości mąki w uprawie pszenicy jarej po międzyplonie z gorzycy białej

Fig 19. Dependence of bread volume as affected by flour properties after white mustard stubble crop





Rys. 20. Zależność objętości chleba od właściwości mąki w uprawie pszenicy jarej po mieszance strączkowo-zbożowej

Fig 20. Dependence of bread volume on flour properties in spring wheat growing after legume-cereal mixture

5.6. Następce oddziaływanie międzyplonu i nawożenia azotem na produktywność pszenicy jarej (doświadczenie wazonowe)

Mniejsza obsada roślin wykazana po bezpośrednim przyoraniu międzyplonów w warunkach polowych znalazła potwierdzenie w dynamice wschodów pszenicy w warunkach kontrolowanego, następczego ich oddziaływania (tab. 39).

Najsłabsze wschody rośliny testowej wykazano po mieszance strączkowo-zbożowej. Ilość ziaren wschodzących po 5 dniach od siewu w tych warunkach uprawy była ponad połowę mniejsza niż po następczym oddziaływaniu gorczycy oraz ponad 2,5-krotnie od określonej w uprawie bez międzyplonu. Po 6 dniach liczba wykiełkowanych ziaren po mieszance była o 26,0% mniejsza niż po gorczycy oraz o 30,7% od określonej na obiekcie bez udziału międzyplonu. Po 7 dniach różnice te wyniosły analogicznie 15,8 i 16,6%.

Negatywny wpływ na wschody pszenicy jarej wywarło również przedsięwzięte stosowanie azotu. Po pięciu dniach ilość pojawiających się roślin pszenicy po wcześniejszym nawożeniu N była o 27,6%, po sześciu dniach o 22,5%, a po 7 dniach o 5,7% mniejsza od określonych w warunkach niestosowania przedsięwziętego nawożenia N.

Wykazano korzystny, następczy wpływ międzyplonów na krzewienie produktywne roślin pszenicy jarej w warunkach jej zróżnicowanego nawożenia N (tab. 40).

Tabela 39
Table 39

Dynamika wschodów pszenicy jarej w [%] (średnie 2005–2006)
Plant emergence of spring wheat in [%] (means 2005–2006)

Obiekt Treatment	Termin badań [dni od siewu] – Time of study [days after sowing]								
	5			6			7		
	nawożenie azotem [kg·wazon ⁻¹] nitrogen fertilization [kg·pot ⁻¹]								
	0	40	średnio mean	0	40	średnio mean	0	40	średnio mean
Bez międzyplonu Without catch crop	49,9	35,2	42,5	84,2	72,3	78,3	95,7	96,0	95,3
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	46,6	33,2	39,9	79,9	67,2	73,6	95,7	93,3	94,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	18,7	14,9	16,8	55,4	39,6	47,6	85,6	71,8	78,7
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.		7,4	r.n.		6,5	r.n.		6,8
Średnio – Mean	38,4	27,8	–	73,2	56,7	–	92,3	87,0	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	4,8		–	5,4		–	r.n.		–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

W drugim roku uprawy pszenicy po mieszance międzyplonowej krzewienie było średnio o 6,0% większe niż po gorczycy oraz o 10,6% od określonego w uprawie bez międzyplonów.

Każda dawka N powodowała wzrost krzewienia pszenicy. Rośliny nienawożone nie wytwarzały bocznych pędów kłosonośnych, natomiast nawożone najintensywniej tworzyły średnio po 2,31 takich pędów.

Stwierdzono korzystne następcze oddziaływanie międzyplonów na długość źdźbeł i kłosów pszenicy jarej (tab. 40).

Żdźbła pszenicy uprawianej bez międzyplonów były najkrótsze, o 3,6% niż w uprawie po gorczycy oraz o 8,1% od określonych w uprawie po przyoranej dwa lata wcześniej mieszance zbożowo-strączkowej. Dla kłosów różnice te wyniosły odpowiednio: 5,7 i 4,3%.

Wzrastające dawki azotu (0,5; 1,0 i 2,0 g·wazon⁻¹) powodowały wydłużenie źdźbeł i kłosów pszenicy jarej, odpowiednio o 7,2; 8,4 i 9,8% oraz o 3,3; 5,6 i 7,9% w porównaniu do pszenicy nienawożonej.

Wykazano korzystne następcze oddziaływanie obu czynników badawczych na kształtowanie się cech plonotwórczych pszenicy jarej (tab. 41).

Przyorywanie pod przedplon mieszanki strączkowo-zbożowej znacznie zwiększyło liczbę i masę ziarna z jednej rośliny. W tych warunkach uprawy liczba i masa ziarna były o 6,3%, większe niż po wcześniej przyorywanej gorczycy oraz o 16,2% liczba i o 17,4% masa od określonej w uprawie pszenicy bez przyorywania zielonej masy.

Tabela 40

Table 40

Krzewienie produktywne oraz długość źdźbeł i kłosów pszenicy (średnie 2005–2006)
Productive tillering and length of culms and ears of spring wheat (means 2005–2006)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem [kg·wazon ⁻¹] Nitrogen fertilization [kg·pot ⁻¹]				Średnio Mean
	0	0,5	1,0	2,0	
Krzewienie produktywne – Productive tillering					
Bez międzyplonu Without catch crop	1,00	1,25	2,07	2,11	1,61
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	1,00	1,31	1,97	2,44	1,68
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	1,00	1,62	2,13	2,38	1,78
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,12				0,04
Średnio – Mean	1,00	1,39	2,06	2,31	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,07				–
Długość źdźbeł – Length of culms [cm]					
Bez międzyplonu Without catch crop	76,0	81,3	82,6	82,3	80,6
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	78,3	83,3	84,9	87,5	83,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	80,5	87,0	87,1	88,3	85,7
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				1,0
Średnio – Mean	78,3	83,9	84,9	86,0	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,2				–
Długość kłosów [cm] – Length of ears [cm]					
Bez międzyplonu Without catch crop	7,35	7,41	7,64	7,84	7,56
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	7,64	8,07	8,12	8,23	8,02
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	7,53	7,80	8,03	8,22	7,90
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	r.n.				0,14
Średnio – Mean	7,51	7,76	7,93	8,10	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,16				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 41
Table 41

Wybrane cechy plonotwórcze pszenicy jarej (średnie 2005–2006)
Selected yield components of spring wheat (means 2005–2006)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem [kg·wazon ⁻¹] Nitrogen fertilization [kg·pot ⁻¹]				Średnio Mean
	0	0,5	1,0	2,0	
Liczba ziaren z 1 rośliny [szt.] – Number of grain per plant					
Bez międzyplonu Without catch crop	16,4	50,3	77,3	88,3	58,1
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	26,3	51,1	79,6	97,0	63,5
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	24,2	61,8	85,7	98,2	67,5
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	5,0				1,7
Średnio – Mean	22,3	54,4	80,9	94,5	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	2,9				–
Masa ziarna z 1 rośliny – Weight grain per plant [g]					
Bez międzyplonu Without catch crop	0,50	1,70	2,56	3,29	2,01
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	0,88	1,79	2,64	3,56	2,22
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	0,77	2,15	2,89	3,61	2,36
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,16				0,06
Średnio – Mean	0,72	1,88	2,70	3,49	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,09				–
Masa tysiąca ziaren – Weight 1000 grain [g]					
Bez międzyplonu Without catch crop	30,6	34,0	33,4	37,5	33,9
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	33,2	35,3	33,6	36,7	34,7
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	32,2	34,9	33,7	36,8	34,4
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,0				0,6
Średnio – Mean	32,0	34,7	33,6	37,0	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	0,6				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Następczy wpływ międzyplonów uwidocznił się w dorodności ziarna pszenicy, chociaż jedynie po przyoranej gorczycy masa tysiąca ziaren była istotnie o 2,4% większa niż w uprawie bez międzyplonów.

Intensyfikacja nawożenia mineralnego azotem wpływała korzystnie na zwiększenie wytwarzanych przez pszenicę liczbę i masę ziarna z jednej rośliny oraz MTZ. Po zastosowaniu najwyższej dawki N liczba i masa ziaren były ponad czterokrotnie większe niż w uprawie pszenicy bez azotu.

Wykazano korzystniejszy wpływ następczego oddziaływania międzyplonów na produktywność pszenicy niż po bezpośrednim ich przyorywaniu. Wprowadzenie do gleby dwa lata wcześniej masy mieszanki strączkowo-zbożowej zwiększyło wydajność ziarna pszenicy z wazonu o 16,9, a słomy o 17,8%, a po przyoranej gorczycy o 9,9 ziarna i 8,3% słomy w porównaniu do obiektu bez międzyplonów (tab. 42).

Każda dawka azotu (0,5; 1,0 i 2,0 g-wazon⁻¹) zwiększała masę ziarna i słomy pszenicy jarej z jednego wazonu. Obie cechy były odpowiednio dwukrotnie, blisko czterokrotnie oraz ponad czterokrotnie większe niż na obiekcie bez nawożenia N.

Tabela 42

Table 42

Masa ziarna i słomy z wazonu (średnie 2005–2006)

Mass of grain and straw from pot (means 2005–2006)

Obiekt Treatment	Nawożenie azotem [kg-wazon ⁻¹] Nitrogen fertilization [kg·pot ⁻¹]				Średnio Mean
	0	0,5	1,0	2,0	
Masa ziarna z wazonu – Weight of grain from pot [g]					
Bez międzyplonu Without catch crop	7,6	25,4	30,6	49,4	30,2
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	12,9	26,8	39,6	53,4	33,2
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	11,6	32,1	43,3	54,2	35,3
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	2,4				0,9
Średnio – Mean	10,7	28,1	40,5	52,3	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,4				–
Masa słomy z wazonu – Weight of straw from pot [g]					
Bez międzyplonu Without catch crop	10,3	37,4	51,5	55,4	38,7
Międzyplon z gorczycy Mustard catch crop	16,6	38,2	52,1	60,6	41,9
Międzyplon z mieszanki Mixture catch crop	17,4	46,3	57,0	61,9	45,7
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,8				1,4
Średnio – Mean	14,8	40,6	53,5	59,3	–
NIR _(a=0,05) – LSD _(a=0,05)	1,6				–

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

6. DYSKUSJA

Badania polowe prowadzone przez trzy sezony wegetacyjne dotyczyły wpływu obecności przyorywanego międzyplonu ścierniskowego i wzrastających dawek nawozów azotowych na warunki siedliskowe oraz poziom plonowania, strukturę i jakość plonu pszenicy jarej.

Skala zmian siedliska glebowego wywołana przyorywanym międzyplonem i nawożeniem azotem pszenicy była różna. Właściwości fizyczne gruntu były różnicowane głównie przez przyorywany międzyplon ścierniskowy. Po wprowadzeniu biomasy z gorczycy białej lub mieszanki strączkowo-zbożowej zwiększyła się wilgotność gleby, zarówno w fazie kwitnienia, jak i podczas zbioru pszenicy jarej. Wyniki te potwierdzają badania Parylak [1999], która również odnotowała korzystny wpływ przyorywanych międzyplonów na zwiększenie wilgotności, co uwidoczniło się szczególnie w latach przeciętnych i obfitych pod względem opadów. Podobnie Zimny i in. [2005], wykazali wzrost wilgotności gleby pod wpływem międzyplonów, chociaż należy zaznaczyć, że przyorywali oni go wraz ze słomą przedplonu. Znaczna jednak część badań wskazuje na małe znaczenie tego elementu zmianowania na zmianę wilgotności warstwy ornej, a Jaskulscy [2003] twierdzą nawet, że wprowadzenie do gleby międzyplonu wraz ze słomą może powodować jej zmniejszenie.

W badaniach własnych stwierdzono korzystny wpływ przyorywania międzyplonów ścierniskowych na porowatość ogólną oraz kapilarną gleby, a także zmniejszenie jej gęstości objętościowej. Zmiany tych właściwości były kilkuprocentowe. O podobnej wielkości zmianach w porowatości ogólnej gleby lekkiej pod wpływem przyorywanych międzyplonów w monokulturze pszenżyta informuje Parylak [1999]. Tak kształtowane, przez przyorywanie gorczycy i mieszanki, porowatość i gęstość znalazły odzwierciedlenie w zmniejszeniu zwięzłości warstwy ornej gleby, chociaż różnice nie były istotne statystycznie. Znajduje to w znacznej mierze potwierdzenie w badaniach Bielatowicza [1983], Kundlera i in. [1985] czy Wojciechowskiego i Zawiei [2001], którzy również poprzez przyorywanie międzyplonów uzyskali zmniejszenie zwięzłości warstwy ornej. W opinii Parylak [1999], w wyniku przyorania międzyplonu w kilkuletniej monokulturze pszenżyta, zwięzłość gleby lekkiej może się zmniejszyć nawet o 20%. Natomiast Krężel i in. [1998], Wojciechowski i Parylak [2004a] oraz Wojciechowski [1998a, 2004] określili tylko nieznaczny wpływ międzyplonu na tę cechę gleby.

Wpływ nawożenia azotowego na właściwości fizyczne gleby był znikomy. Potwierdzają to w swoich badaniach również Badiyała i in. [1990]. Patel i in. [1993] wykazali, że w wyniku nawożenia azotowego zwiększa się gęstość gleby z $1,41 \text{ g/cm}^3$

do 1,44 g/cm³ oraz zmniejsza średnio o 1% porowatość. Koszański i in. [1995] twierdzą natomiast, że wysokie dawki N zmniejszają zapas wody w glebie od kilku do kilkudziesięciu procent w porównaniu z poletkami nienawożonymi azotem, a największe różnice uwidaczniają się w latach posusznych. Tłumaczą oni to wzmożonym procesem transpiracji roślin intensywnie nawożonych. Nie potwierdziły tego badania własne, w których wilgotność gleby nie była istotnie różnicowana pod wpływem wzrastających dawek N. Również Waclawowicz [2008] nie zaobserwował istotnej zależności uwilgotnienia gleby od zróżnicowanych dawek nawożenia azotem.

Właściwości chemiczne gleby były w większym stopniu modyfikowane przez międzyplon ścierniskowy niż poziom nawożenia azotem. Przyorwanie górczycy białej, a zwłaszcza mieszanki zbożowo-strączkowej, wpłynęło korzystnie na zasobność gleby w węgiel organiczny, azot, potas i magnez. Działanie nawożenia azotem na te właściwości było natomiast nieregularne.

Korzystny wpływ międzyplonów na właściwości chemiczne gleby był rezultatem wprowadzenia do gleby znacznej ilości zarówno suchej masy (z górczycą 5,3 t/ha, a z mieszanką 6,0 t/ha), jak i makroelementów (297 kg NPK/ha z górczycą i 378 kg NPK/ha z mieszanką). Przyorując górczycę białą, zawartość C organicznego była o 3,8%, azotu ogólnego o 3,3%, a potasu aż o 15,9% większa od określonej w glebie bez przyorwania masy organicznej. Jeszcze lepsze efekty przyniosło przyoranie mieszanki zbożowo-strączkowej, po której zawartości poszczególnych makroelementów wzrosły odpowiednio o 9,6, 15,1 i 17,2%. Zdaniem Szagały i in. [1984] słoma i nawozy zielone zastosowane dwukrotnie w czteropolowym zmianowaniu wpływają na zawartość fosforu i potasu podobnie jak obornik stosowany raz na cztery lata. O korzystnej roli przyorwania międzyplonów lub ich masy wraz ze słomą przedplonu na zawartość podstawowych makroelementów w glebie informują również Kotlyarova i Czerenkov [1998], Stępień [2000], Waclawowicz [2002, 2008] oraz Puła i Łabza [2004]. W badaniach własnych jedynie zawartość fosforu po przyoraniu mieszanki była na zbliżonym poziomie jak na obiekcie bez międzyplonu, a po przyoranej górczycy nawet nieznacznie niższa. Wyniki te potwierdzają badania Siuty [1999], który również po przyoranych międzyplonie wykazał w glebie większą zawartość próchnicy i potasu a mniejszą fosforu.

Niejednoznaczne są poglądy dotyczące wpływu nawożenia azotem na zawartość substancji organicznej w glebie. W badaniach własnych stosowanie wyższych dawek N na ha sprzyjało nagromadzeniu węgla organicznego w glebie. Łoginow i in. [1988], Janowiak i Murawska [1999], Stępień [2000] oraz Małecka [2003] zjawisko to tłumaczą wzrostem plonów, a tym samym ilości resztek poźniwnych i w konsekwencji wzmożeniem procesu humifikacji. Z kolei Janowiak [1995] stwierdziła, że nawożenie azotem powoduje przede wszystkim przyspieszenie procesu mineralizacji i może prowadzić do istotnego, nawet o 17%, zmniejszenia C organicznego w glebie. W innej natomiast pracy [1992] autorka ta wykazała, że pod wpływem tego elementu agrotechniki zawartość C organicznego w glebie zmniejszyła się jedynie o 3,5%. Łoginow i in. [1991] rozbieżności w tych poglądach tłumaczą ilością materii organicznej w glebie. W warunkach jej niedoboru nawożenie azotowe sprzyja akumulacji węgla, natomiast po zastosowaniu nawozów organicznych, np. obornika, nawożenie N przyspiesza rozkład substancji organicznej i w konsekwencji powoduje zmniejszenie zawartości C_{org.} w glebie.

Większość doniesień informuje o zmniejszaniu zawartości ważniejszych makroskładników w glebie pod wpływem intensyfikacji nawożenia mineralnego oraz zwiększanie jej kwasowości [Badora i Filipek 1998, Małecka i Różalski 1998, Rabikowska i Piszcz 2000, Bednarek 2002, Bleharczyk i in. 2002, Felczyński 2005, Janowiak i in. 2005]. Stwierdzenia te nie znajdują w pełni odzwierciedlenia w badaniach własnych, w których wykazano, że nawożenie azotem nie miało większego wpływu na wartość pH oraz zawartość K i P w glebie. Należy jednak zaznaczyć, że badania te były krótkotrwałe, a „degradacyjne chemicznie” działanie nawożenia mineralnego obserwuje się głównie po wieloletnim okresie ich stosowania.

Brakuje jednoznacznych poglądów na temat oddziaływania międzyplonów na zachwaszczenie łąnu rośliny następczej. O korzystnej roli przyorowania zielonej biomasy na redukcję zachwaszczenia donoszą między innymi Duer [1994], Adamiak i Stępień [1998] oraz Parylak [1998]. Natomiast Krężel i in. [1994], Wojciechowski i Parylak [2004b] oraz Woźniak [2005] nie wykazali istotnej zależności pomiędzy przyorowaniem międzyplonu a zachwaszczeniem rośliny następczej. Z kolei Stupnicka-Rodzyńkiewicz i in. [1988] stwierdzili nasilenie występowania chwastów w wyniku wprowadzenia do gleby nawozów zielonych, co tłumaczą zaniechaniem w tych warunkach uprawy zespołu uprawek późniwnych. Badania własne wykazały, że międzyplony znacząco zmniejszają głównie liczbę chwastów w łąnie pszenicy jarej, nie wpływając istotnie na zmianę ich suchej masy. Stopień oddziaływania międzyplonu uzależniony był zarówno od rodzaju przyorowanej biomasy, jak i terminu oceny zachwaszczenia. W fazie krzewienia pszenicy jarej po przyoranej mieszance liczba chwastów była o 11,4%, a w fazie jej kwitnienia aż o 45,5% mniejsza niż w pszenicy uprawianej bez międzyplonu. Przyoranie gorczycy ograniczało liczbę chwastów tylko w czasie kwitnienia pszenicy o kilkanaście procent, a w początkowym okresie rozwoju pszenicy liczba chwastów po tym międzyplonie była nawet nieznacznie większa od określonej w pszenicy, przed którą nie przyorowano zielonej biomasy. Również Kwiatkowski [2004] stwierdził, że na zachwaszczenie ma wpływ rodzaj przyorowanej biomasy międzyplonu, chociaż zawsze powoduje ona jego ograniczenie. Wykazał on, że gorczyca bardziej ograniczała liczbę chwastów, po przyoraniu której było ich ponad 3-krotnie, a po strączkowych tylko o 41,7% mniej niż w uprawie bez międzyplonów. Oba rodzaje międzyplonów spowodowały również ponad 3-krotną redukcję suchej masy chwastów.

Nie stwierdzono istotnego wpływu nawożenia azotem na liczbę chwastów w łąnie pszenicy w czasie wschodów ani w fazie jej kwitnienia. Ten element agrotechniki znacznie różnicował natomiast masę chwastów, która zmniejszała się w miarę zwiększania intensywności tego nawożenia. Masa chwastów w czasie kwitnienia pszenicy po nawożeniu jej najwyższą dawką N ($120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) była o 32,4% mniejsza niż w pszenicy nienawożonej azotem, o 28,6% niż po zastosowaniu 40 kg N/ha oraz nieistotnie mniejsza od określonej po dawce 80 kg N . Również Duer [1994] wykazała, że intensyfikacja nawożenia azotem nie ma wpływu na liczebność, lecz tylko na suchą masę chwastów. Adamiak i Stępień [1998] stwierdzili natomiast, że nawożenie azotowe stosowane w dawkach od 30 do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie zwiększa liczbę chwastów w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnio o 25%) w porównaniu z poletkami nienawożonymi azotem. Fuchs i Schmidt [1993], nawożąc pszenicę ozimą 60 lub 120 kg N/ha , również zaobserwowali większe zachwasz-

czenie łanu pszenicy ozimej w czasie jej krzewienia, natomiast w późniejszym terminie na skutek wzrostu konkurencyjności łanu liczba chwastów ulegała znacznemu zmniejszeniu. Wyniki te potwierdza także Blackshaw [2005], chociaż uważa on, że na zachwaszczenie ma wpływ nie tylko ilość, ale i sposób dostarczania nawozów azotowych. Stosowanie dokorzeniowe azotu (na głębokość 10 cm) istotnie ograniczyło zachwaszczenie pszenicy w porównaniu do nawożenia powierzchniowego. Z kolei Małecka i Różalski [1994], badając zachwaszczenie łanu pszenicy, stwierdzili, że zastosowanie 180 kg N·ha⁻¹ istotnie obniża liczbę chwastów o 17%, ale powoduje jednocześnie wzrost ich masy o 81%. Rolbiecki i Żarski [1996], określając wpływ dwóch dawek azotu (60 i 120 kg N/ha) na zachwaszczenie pszenicy ozimej, zaobserwowali, że zwiększone nawożenie azotowe w stosunku do niższej dawki N sprzyja ograniczeniu liczby chwastów o 15%. Również Ross i Acker [2005], oceniając reakcję owsa głuchego w pszenicy jarej, stwierdzili większą jego konkurencyjność w łanie nawożonym azotem. Według Podsiadło i Koszańskiego [1995] zwiększone nawożenie mineralne powoduje zmniejszenie zarówno liczby, jak i suchej masy chwastów w terminie zbioru pszenicy, a zdaniem Szymony [1993] intensyfikacja nawożenia azotowego nie redukuje obsady chwastów w pszenicy, głównie z powodu kompensacji gatunków nitrofilnych.

Stwierdzono na ogół korzystny wpływ przyorywania międzyplonów ścierniskowych na poprawę zdrowotności rośliny testowej, co obserwowano zwłaszcza po gorczycy białej. Po przyoraniu tego międzyplonu indeks porażenia źdźbeł pszenicy był o 1,7 punktów procentowych (p.p.) mniejszy niż po przyoraniu mieszanki oraz o 2,4 p.p. od określonego w uprawie bez zielonego nawozu. Dla indeksu porażenia korzeni pszenicy różnice te wyniosły odpowiednio 0,5 i 2,0 p.p. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach Kwiatkowskiego [2008], który zauważył, że międzyplony z gorczycy i roślin strączkowych wyraźnie poprawiają zdrowotność uprawianego po nich jęczmienia jarego, a lepsze efekty uzyskuje się również po gorczycy. Natomiast Korbas i Remlein [1996] oraz Blecharczyk i in. [2000] określili znaczne obniżenie porażenia pszenicy ozimej przez choroby podstawy źdźbła, liści czy kłosów zwłaszcza po roślinach motylkowych, a Lemańczyk [2002] po mieszance zbożowo-strączkowej owsa z grochem. Wyniki tych autorów odnoszą się jednak do uprawy roślin przedplonowych w plonie głównym, a nie w międzyplonie. Należy zaznaczyć, że ten korzystny wpływ międzyplonów na poprawę zdrowotności rośliny uwidocznił się również w poprawie zdrowotności ziarna [Narkiewicz-Jodko i in. 2008]. Najmniej grzybów zasiedlających ziarno było w uprawie po mieszance o 5,2% niż po gorczycy i o 8,7% od wykazanych w uprawie bez międzyplonu.

Według Colbacha i in. [1997] istnieje jednoznaczna zależność między zwiększonym porażeniem roślin przez zgorzel podstawy źdźbła a poziomem nawożenia azotem. Również Vlasenko i in. [2004] wykazali, że pszenica jara najbardziej porażana była przez patogeny przy najwyższym poziomie nawożenia azotem (90 kg·ha⁻¹). Parylak i Kordas [2001] uważają natomiast, że wysokie dawki azotu (140–180 kg·ha⁻¹) mogą powodować zmniejszenie porażenia pszenicy przez zgorzel podstawy źdźbła. Wyniki własne tylko częściowo potwierdzają obie te opinie. Rośliny uprawiane bez nawożenia N charakteryzowały się największą zdrowotnością. Nawożenie pszenicy azotem zwiększało porażenie jej źdźbeł, ale tylko do dawki 80 kg·ha⁻¹, natomiast nawożenie rośliny testowej dawką

120 kg N kg·ha⁻¹ ponownie poprawiło jej zdrowotność. Niemalże identyczne zależności odnotowali Adamiak i in. [2000], wykazując wzrost porażenia pszenicy przez łamliwość źdźbła do poziomu 90 kg N kg·ha⁻¹, by przy kolejnej porcji (120 kg N) uzyskać jego zmniejszenie. Dla innych chorób nie wykazali oni już tak regularnego oddziaływania dawek azotu. Dlatego właściwe wydaje się być stwierdzenie Różalskiego i in. [1998], którzy uważają, że wpływ zwiększonych dawek nawożenia azotem na porażenie roślin jest różny i zależy głównie od rodzaju patogenu.

Wykazano znaczną zależność plonowania pszenicy jarej od przebiegu pogody w poszczególnych latach badań. Panek [1993] uważa, że dla dobrego plonowania pszenica jara wymaga w okresie strzelania w źdźbło 21 mm opadów na dekadę, a po kłoszeniu około 25 mm. Według Biskupskiego i in. [2004, 2007] najbardziej decydującymi w kształtowaniu plonu zbóż jarych są opady deszczu w czerwcu i lipcu. Ich opinie nie znajdują w pełni potwierdzenia w badaniach własnych. Wprawdzie najniższe plony pszenicy uzyskano w ostatnim roku badań o mniejszych opadach właśnie w czerwcu i początku lipca, ale najwyższe plony ziarna i słomy rośliny testowej uzyskano w roku 2003, o bardzo zbliżonej ilości opadów w tym okresie. Dlatego wydaje się, że ważną, oprócz ilości opadów, jest również zdolność retencyjna gleb, która pozwala zachować wodę z wcześniejszych opadów. W roku 2003, mimo suszy w czerwcu, określono największą wilgotność gleby w fazie kwitnienia pszenicy (trzecia dekada czerwca). O dużym znaczeniu warunków pogodowych na plonowanie pszenicy jarej informują również Deryło [1990], Weber i in. [1999], Lopez-Bellido i in. [2001], Garrido-Lestache [2004], Gąsiorowska i Makarewicz [2004] czy Vyuginowie [2005]. Sułek i in. [2004] twierdzą, że warunki pogodowe w czasie wegetacji pszenicy jarej wywierają nawet większy wpływ na jej plonowanie niż uwzględniane przez autorów w doświadczeniu sposoby nawożenia azotem, dotyczące zarówno form, jak i terminu ich stosowania. Rudnicki i in. [1999] uważają, że przy znacznych niedoborach opadów i wody w glebie nawet najbardziej intensywne nawożenie azotem nie jest w stanie zrekompenzować obniżki plonów.

Najwyższe plony ziarna uzyskano po przyoraniu mieszanki strączkowo-zbożowej. Były one o 9,7% większe niż po przyoraniu gorczyicy białej oraz o 2,6% od otrzymanych w uprawie pszenicy bez międzyplonów. Wilczewski i in. [2007] wykazali, że plony pszenicy jarej wzrastają średnio od 5,9% po międzyplonie z łubinu żółtego do 7,3% po seradeli. O dużej wartości roślin strączkowych lub ich mieszanek, uprawianych jednak w plonie głównym, na wielkość i jakość plonu pszenicy informują również Gawrońska-Kulesza i in. [1997], Sarunaite i in [2006], Sparkes i in [2006] oraz Woźniak [2006]. Najmniej korzystnym sposobem uprawy pszenicy okazała się uprawa z przyorywaną gorczycą, po której plon ziarna był mniejszy nawet od plonu określonego w uprawie bez przyorywanej biomasy. Podobne wyniki uzyskali również Starczewski i in. [2008]. Natomiast Dworakowski [1998] wykazał korzystny wpływ gorczyicy białej uprawianej w międzyplonie ścierniskowym na plonowanie wszystkich zbóż jarych, w tym pszenicy, która zareagowała zwyżką plonu o 8,5%. Również Siuta [1998] stwierdził, że jęczmień jary reaguje 4% zwiększeniem plonów po międzyplonie z gorczycy, chociaż szczególnie słabe oddziaływanie tego elementu zmianowania uwidacznia się w latach o małych opadach w okresie jesienno-zimowym. Kuś i Jończyk [2000] wykazywali natomiast zawsze pozytywny wpływ przyorywanego międzyplonu na plonowanie zbóż jarych, chociaż naj-

mniej efektywny był on także po gorczycy białej, mimo że z nią, w porównaniu do łubinu żółtego lub traw, wnoszono do gleby zdecydowanie większą biomase.

Wykazano również bardzo korzystny następczy wpływ międzyplonów na plonowanie pszenicy jarej, chociaż należy nadmienić, że badania w tym zakresie prowadzono w warunkach kontrolowanego wzrostu (hala wegetatywna). Przyoranie dwa lata wcześniej mieszanki strączkowo-zbożowej zwiększyło wydajność ziarna pszenicy w doświadczeniu wazonowym o 16,9, a słomy o 17,8% od określonych w uprawie bez międzyplonów. W warunkach przyorowania gorczycy wzrost ten wyniósł odpowiednio 9,9 i 8,3%. Waclawowicz [2002] oraz Waclawowicz i in. [2005] nie stwierdzili natomiast istotnego statystycznie następczego wpływu międzyplonu przyorowanego wraz z plonami ubocznymi przedplonów na plonowanie pszenicy jarej. Zaobserwowali oni jednak, że produktywność tej rośliny była wyższa w warunkach ich przyorowania, a oddziaływanie to było lepsze niż następcze oddziaływanie obornika czy wermikompostu.

Każda wyższa dawka azotu powodowała sukcesywny wzrost plonów ziarna pszenicy jarej. Najniższe plony ziarna uzyskano w uprawie pszenicy bez nawożenia N, a najwyższe, o 29,6%, kiedy zastosowano 120 kg azotu na ha. Podobnie Rutkowska [2002], Gąsiorowska i Makarewicz [2004] oraz Gąsiorowska i in. [2006] twierdzą, że intensyfikacja nawożenia azotem w pszenicy jarej, nawet do dawki 160 kg·ha⁻¹, powoduje znaczny przyrost plonu ziarna. Sexton i in. [2006] w warunkach amerykańskich znaczny wzrost plonów pszenicy jarej uzyskali po zastosowaniu dawek azotu wynoszących nawet 314 kg·ha⁻¹. Karamanos i in. [2005] także wykazali, że plony ziarna pszenicy wzrastały wraz z intensyfikacją nawożenia azotem, zastrzegając jednak, że efektywność nawożenia tym składnikiem jest znacznie zależna od opadów. Dlatego w rejonach suchych nawożenia pogłównie pszenicy w późniejszych fazach rozwojowych może być nieopłacalne ekonomicznie. Natomiast Waclawowicz [2002] uważa, że wprawdzie każda dawka N, aż do 200 kg, może powodować wzrost plonów ziarna pszenicy jarej, jednak istotną różnicę, w stosunku do uprawy pszenicy bez tego nawozu, dowiódł on tylko do poziomu 60 kg N·ha⁻¹. Podobne zależności uzyskali Vyuginowie [2005], stwierdzając, że efektywność nawożenia azotem pszenicy jarej zależy głównie od odmiany, chociaż dla większości z przebadanych była ona najlepsza przy średnim poziomie nawożenia (60 kg N·ha⁻¹). Borkowska i Grundas [2007] oraz Borkowska i in. [2002] nie udowodnili istotnego wpływu dawki nawożenia azotem na wielkość plonów pszenicy jarej.

Współdziałanie obu czynników wykazało, że w każdym sposobie uprawy pszenicy celowym było zwiększanie dawki nawożenia azotem aż do 120 kg N·ha⁻¹. Stwierdzono jednak możliwość redukcji nawożenia azotem pszenicy przez przyoranie pod nią mieszanki strączkowo-zbożowej. W tych warunkach uprawy nawożenie pszenicy dawką 80 kg N·ha⁻¹ dawało istotnie wyższe plony od otrzymanych w uprawie tej rośliny po gorczycy lub bez międzyplonu i stosowaniu 120 kg N. Potwierdza to w znacznej mierze wcześniejsze badania autora niniejszej pracy [2000], który zaobserwował, że zwiększanie nawożenia azotem z 60 do 120 kg N·ha⁻¹ pszenicy ozimej uprawianej po przyoranej mieszance międzyplonowej roślin strączkowych z niemotylikowymi jest nieefektywne nie tylko produkcyjnie, ale i ekonomicznie. Jaskulscy [2004] informują, że wprowadzana do gleby biomasa jako źródło węgla organicznego i energii zwiększa jednocześnie zapotrzebowanie drobnoustrojów glebowych na azot mineralny. Stwierdzenie to może czę-

ściowo tłumaczyć niekorzystną produktywność pszenicy uprawianej po gorczycy białej jako międzyplonie przy najniższych dawkach N oraz braku tego nawożenia. Przyjmuje się, że uprawiając międzyplony ścierniskowe, powinno się zastosować pod nie nawożenie azotem w dawkach od 50 do 100 kg N·ha⁻¹ [Michałowski 1982, Wilczewski i in. 2006], natomiast w badaniach własnych uprawa gorczycy jako międzyplonu odbywała się bez wcześniejszego nawożenia N. Należy również nadmienić, że niekorzystny efekt gorczycy uwidocznił się zwłaszcza w roku najlepszym pod względem ilości opadów, co dodatkowo mogło intensyfikować życie biologiczne gleby, a tym samym zubażać glebę w azot potrzebny dla pszenicy.

Noworolnik i Sulek [1999] wykazali, że efektywność nawożenia azotem pszenicy jarej w dobrych warunkach glebowych (kompleks pszenny dobry) kształtuje się na poziomie kilkunastu kg ziarna przypadającą na 1 kg N. Potwierdzają to badania własne, w których A_E mieściła się w przedziale 5,4 do 14,1 kg ziarna. Odmiennie natomiast wyniki uzyskali Fotyma [1997, 1999] oraz Adamiak i Stępień [1998], którzy uzyskali dużo wyższą efektywność rolniczą nawożenia N przekraczającą nawet 30 kg ziarna. Najlepsze wykorzystanie azotu mineralnego było dla dawki 80 kg N·ha⁻¹, a dalsza dawka N tylko nieznacznie obniżyła go. Fotyma [1999] uważa natomiast, że w miarę wzrostu dawek azotu wartość tego współczynnika ulega zmniejszeniu.

Uprawiając pszenicę jarą po przyoranej biomacie roślin strączkowych z owsem, zarówno liczba, jak i masa ziarna pozyskana z jednego kłosa pszenicy były najwyższe. Liczba ziaren w tych warunkach uprawy była istotnie o 15,0% większa niż w uprawie bez międzyplonu i o 9,8% niż po przyoraniu gorczycy białej. Masa ziarna różniła się natomiast odpowiednio: w stosunku do wykazanej w uprawie bez międzyplonu o 10,8%, a po międzyplonie z gorczycy o 14,9%. Dominację masy ziarna z kłosa w kształtowaniu plonu pszenicy jarej w uprawie po mieszance potwierdził również współczynnik korelacji ($r = 0,696^*$). O bardzo korzystnym wpływie roślin strączkowych uprawianych w międzyplonie na poprawę cech plonotwórczych rośliny następczej informują również Jaskulski i in. [2000]. Stwierdzili oni, że groch międzyplonowy powodował zwiększenie obsady kłosów jęczmienia jarego o 5,6%, większą liczbę ziaren w kłosie o 9,0 i o 1,1% masy tysiąca ziaren. Podobne wyniki uzyskiwano również po przyoraniu międzyplonu z łubinu żółtego. W badaniach własnych, przyorując gorczycę białą, liczba ziaren z jednej rośliny pszenicy była wprawdzie większa o 5,7% niż w uprawie bez międzyplonu, jednak ich masa była o 8,0% mniejsza. W tym sposobie uprawy z cech plonotwórczych największą zależność plonu wykazano dla liczby kłosów ($r = 0,687^*$). Również Kwiatkowski [2008] dowiódł, że liczba kłosów jest jedną z podstawowych cech plonotwórczych w kształtowaniu plonu jęczmienia jarego uprawianego po gorczycy w międzyplonie, ale międzyplon ten zwiększał również liczbę ziaren w kłosie oraz ich masę tysiąca sztuk. Jaskulski i in. [2000] uważają natomiast, że międzyplon z gorczycy zwiększa nieistotnie obsadę kłosów, nie wpływa na liczbę ziaren w kłosie oraz zmniejsza dorodność ziarna kłosowej rośliny następczej. Z kolei Kuś i Jończyk [2000] twierdzą, że oddziaływanie międzyplonów na plonowanie roślin i kształtowanie ich cech plonotwórczych jest zróżnicowane w zależności od warunków siedliskowych i przebiegu pogody w danym roku.

Intensyfikacja nawożenia azotem zwiększała liczbę oraz masę ziaren z jednego kłosa pszenicy. Po dawce 120 kg N·ha⁻¹ było o 19,8% więcej ziaren w kłosie niż upra-

wianej bez nawożenia N, o 8,4% niż po dawce 40 kg oraz o 4,6% niż po zastosowaniu 80 kg·ha⁻¹. Analogicznie masa ziarna w tych warunkach uprawy była większa odpowiednio o 21,7 i 10,6% w stosunku do niższych dawek oraz nieistotnie większa niż po nawożeniu rośliny testowej dawką 80 kg N·ha⁻¹. Rutkowska [2002] zwiększanie plonów pszenicy w wyniku intensyfikacji nawożenia azotem tłumaczy wyższą dorodnością ziarna. MTZ ziaren pszenicy nawożonej dawką 160 kg N była o 14,5% większa niż uprawa rośliny testowej bez tego nawozu. O istotnym wpływie intensyfikacji nawożenia azotem na poprawę cech plonotwórczych, a głównie dorodności ziarna, wskazują również Gąsiorowska i Makarewicz [2004].

Sulek i in. [2004] twierdzą, że w kształtowaniu cech plonotwórczych i plonu pszenicy jest szczególnie ważny termin stosowania azotu. Udowodnili oni, że najwyższą liczbę i masę ziarna z kłosa oraz MTZ uzyskuje się w wyniku stosowania nawożenia pogłównego N w trzech terminach: przed siewem, w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia. W badaniach własnych dawka 120 kg N·ha⁻¹, najlepsza pod względem kształtowania cech plonotwórczych, była stosowana właśnie w tych fazach rozwojowych pszenicy.

Według Fotymów [1993] podstawowym czynnikiem plonotwórczym pszenicy ozimej jest liczba kłosów na 1 m², a elementem struktury, który w najmniejszym stopniu wpływa na plon, jest MTZ. Z kolei plon pszenicy jarej zdaniem Fotymy i Pietrasz-Kęsik [1993] zależy przede wszystkim od masy tysiąca ziaren i liczby ziaren w kłosie. Nie znajduje to w pełni potwierdzenia w badaniach własnych, w których wykazano, że średnia MTZ w uprawie pszenicy z przyorywaną gorczyczą, a uprawą bez międzyplonu, była zbliżona, a jednak plon ziarna pszenicy między tymi sposobami uprawy istotnie się różnił.

Analiza regresji wielokrotnej dowiodła natomiast, że niezależnie od uprawy z cech plonotwórczych na plon wpływają głównie liczba i długość kłosa oraz liczba i masa ziarna z kłosa. Z czynników siedliska zauważono dużą zależność (istotne współczynniki korelacji) plonu ziarna zarówno od wilgotności gleby w czasie kwitnienia pszenicy, jak i masy chwastów w jej łanie.

Międzyplony spowodowały niewielkie zmiany w cechach jakościowych ziarna, chociaż powodowały one nieznaczny wzrost wydajności mąki z pasażu śrutowego [Gil i in. 2008]. Również Gil i Narkiewicz-Jodko [1997], prowadząc badania nad pszenżytem, nie wykazali wpływu przedplonu z owsa lub bobiku na wydajność mąki. Znaczny wpływ na wydajność mąki ogółem miało nawożenie azotem, chociaż istotny przyrost jej obserwowano do dawki 80 kg N·ha⁻¹. Budzyński i in. [2008] uważają natomiast, że ten element agrotechniki nie ma istotnego wpływu na ilość pozyskanej mąki z pszenicy ozimej i aktywność enzymów amylolitycznych, a Achremowicz i Zajac [1993] twierdzą nawet, że nawożenie azotem powoduje obniżenie wydajności mąki.

Podstawowe cechy jakościowe mąki nie były w istotny sposób modyfikowane przez przyorywanie międzyplonów. Znaczący natomiast wpływ na nie miało nawożenie azotem. Jednocześnie ze wzrostem dawki N zwiększała się w mące zawartość białka ogółem, zawartość glutenu oraz wskaźnik sedymentacyjny. O korzystnym wpływie nawożenia azotem na gromadzenie się białka w ziarnie pszenicy i zawartości w nim glutenu świadczą również badania innych autorów [Cacak-Pietrzak i in. 1999, Wróbel 1999, Klupeczyński i in. 2000, Podolska 2003, Gąsiorowska i Makarewicz 2007, Podolska i in. 2007]. Guttieri i in. [2005], oceniając 4 odmiany pszenicy jakościowej, również wykazali pozytywny

wpływ nawożenia azotem na zwiększenie zawartości białka w ziarnie (korelacja liniowa), chociaż nie miało ono istotnego wpływu na wartość przemiałową. Z kolei Ralcewicz i Knapowski [2004] uważają, że istotny przyrost wartości większości cech jakościowych mąki następuje tylko do dawki 60 kg N. Jednak dane literaturowe dotyczące wpływu nawożenia N na jakość technologiczną ziarna nie zawsze są jednoznaczne. Sadowska i in. [2001] stwierdzili nawet obniżenie zawartości białka w ziarnie pod wpływem wysokich dawek nawożenia azotem. Sułek i Cacak-Pietrzak [2008] korzystne oddziaływanie azotu na wzrost białka potwierdzili wysoką wartością współczynnika korelacji ($r = 0,878$). Według Knapowskiego i Ralcewicz [2004a] parametr ten różnicowany był terminem siewu pszenicy i wyniósł od 0,67 do 0,71. W badaniach własnych wykazano natomiast, że wielkość tego wskaźnika warunkowana jest rodzajem międzyplonu. W uprawie bez ich udziału był on najwyższy ($r = 0,918$), natomiast po przyoranej gorczycy nieco mniejszy ($r = 0,764$), a po mieszance strączkowo-zbożowej wręcz nieistotny. Międzyplony spowodowały niewielkie zmiany w aktywności amylolitycznej i cechach wypiekowych mąki. Dość wyraźnie na te cechy wpłynęło natomiast nawożenie azotem. Wykazane wartości liczby opadania świadczą o niskiej aktywności alfa-amylazy, co nie dyskwalifikuje pozyskanego ziarna pod względem przydatności wypiekowej. Wyniki te są zbliżone do uzyskanych przez Subdę i in. [1997], Knapowskiego i Ralcewicz [2004b] czy Ralcewicz i Knapowskiego [2004]. Każda dawka azotu powodowała wzrost wartości liczby opadania. Nawet zastosowanie maksymalnej dawki nawożenia zwiększało istotnie aktywność alfa-amylazy o 5,3% w stosunku do stwierdzonej po dawce 80 kg N. Otrzymane wyniki potwierdzają badania Budzyńskiego i in. [1996] oraz Ralcewicz i Knapowskiego [2004]. Mazurek i in. [1987] twierdzą natomiast, że aktywność amylolityczna zmniejsza się pod wpływem nawożenia N, a Stankowski i Rutkowska [2006] uważają, że ta cecha nie jest istotnie modyfikowana przez nawożenie azotem.

Również objętość chleba była znacznie kształtowana tylko przez nawożenie N. Każda dawka zastosowanego nawozu zwiększała wartość tej cechy. Odmiennego zdania są Ralcewicz i Knapowski [2004], którzy znaczący statystycznie przyrost objętości chleba udowodnili tylko do dawki 60 kg N, a dalsza intensyfikacja nawożenia N nie miała większego wpływu na tę cechę.

Cygankiewicz [1995] oraz Subda i in. [1997] opisali istotną zależność pomiędzy zawartością białka w ziarnie pszenicy, a współczynnikiem sedymentacji, zawartością glutenu, jego rozplywalnością oraz aktywnością amylolityczną. Subda i in. [1997] określili również pozytywną korelację objętości chleba z zawartością białka i glutenu, natomiast Cygankiewicz [1995] – negatywną. Rozbieżności te potwierdzają opinię Achremowicza i in. [1995], Bichońskiego [1995b] oraz Knapowskiego i Ralcewicz [2004a], że podstawowym parametrem oceny jakości mąki nie może być tylko stopień zawartości białka. Badania własne wykazały, że zależności te są w dużej mierze warunkowane rodzajem międzyplonu. Objętość chleba z mąki pszenicy uprawianej po mieszance strączkowo-zbożowej była wysoce skorelowana z zawartością białka w mące, liczbą opadania, zawartością i rozplywalnością glutenu. W uprawie po przyorywanej gorczycy relacja ta odnosiła się do liczby opadania oraz zawartości i rozplywalności glutenu, a w uprawie bez międzyplonu wyłącznie do zawartości glutenu.

Współdziałanie przyorywanej biomasy międzyplonów i nawożenia azotem nie miało istotnego wpływu na kształtowanie się cech wartości technologicznej ziarna. Określono jednak istotne współczynniki korelacji niektórych cech mąki od azotu wnoszonego w nawozach. Po międzyplonach zależność zawartości białka i glutenu od tego azotu była zdecydowanie mniejsza niż w uprawie bez międzyplonu. Jeżeli natomiast zawartość azotu i glutenu we wszystkich wariantach uprawy była na zbliżonym poziomie, może to świadczyć o większym udziale w kształtowaniu tych cech azotu organicznego pochodzącego z międzyplonów. W uprawie pszenicy po gorczycy istotny współczynnik korelacji tego nawozu wykazano ponadto w stosunku do wskaźnika sedymentacji, a w uprawie po mieszance – do objętości chleba.

7. WNIOSKI

Plonowanie pszenicy jarej znacznie zależało od przebiegu pogody, a zwłaszcza ilości opadów.

1. Przyoranie międzyplonu bezpośrednio pod pszenicę jarą miało różny wpływ na jej plony. Po wprowadzeniu do gleby mieszanki strączkowo-zbożowej plon ziarna zwiększył się o 11,5%, a po gorczycy zmniejszył o 8,7% w stosunku do uzyskanego w uprawie bez międzyplonu. Intensyfikacja nawożenia azotem powodowała sukcesywny i istotny wzrost plonów ziarna pszenicy.

2. Przyorując mieszankę strączkowo-zbożową, można obniżyć dawkę stosowanego azotu. W tych warunkach uprawy wystarczająca była dawka $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, po której plon ziarna był wyższy niż w uprawie pszenicy bez międzyplonu lub po gorczycy i zastosowaniu $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Potwierdziła to również ocena ekonomiczna, która wykazała, że w tych warunkach uprawy uzyskuje się największą nadwyżkę bezpośrednią.

3. Międzyplony miały istotną rolę w optymalizacji nawożenia azotem pszenicy jarej, odmiany Torka. W każdych warunkach uprawy najwyższa z zastosowanych dawek azotu ($120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie zapewniała optymalnego zapotrzebowania na azot. W uprawie bez przyorowania międzyplonów optymalna dawka została określona na poziomie $171 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, po gorczycy białej była ona o 8,2% większa, a po mieszance strączkowo-zbożowej aż o 24,0% mniejsza.

4. Międzyplony nie miały większego wpływu na zawartość azotu, potasu i fosforu w ziarnie pszenicy oraz istotnie zwiększały zawartość miedzi. Nawożenie azotem natomiast istotnie zwiększyło koncentrację N i zmniejszyło zawartość Cu.

5. Wysokość plonu ziarna pszenicy była istotnie skorelowana przede wszystkim z cechami kłosa, a w mniejszym stopniu z zagęszczeniem łanu. Uprawiając ten gatunek bez wcześniejszego przyorowania międzyplonu, nie wykazano wyraźnego wpływu żadnej z cech plonotwórczych na wysokość plonu. W uprawie pszenicy po gorczycy jako międzyplonie był on istotnie skorelowany z liczbą kłosów, a w uprawie po mieszance – z masą ziarna z kłosa. Istotny wpływ na plony ziarna miała również wilgotność gleby w czasie kwitnienia pszenicy oraz masa chwastów w łanie.

6. Analiza regresji wielokrotnej wykazała, niezależnie od udziału międzyplonu, że na kształtowanie plonu duże i dodatnie oddziaływanie miała liczba kłosów, ich długość oraz masa ziarna z kłosa, a ujemne – liczba ziaren z kłosa.

7. Międzyplony poprawiały efektywność rolniczą i fizjologiczną, wykorzystanie azotu oraz wskaźnik efektywności końcowej nawozów mineralnych. Wraz z intensyfikacją nawożenia azotem wskaźniki te się zmniejszały.

8. Międzyplony nie powodowały znaczących zmian w jakości ziarna i mąki. Uprawa pszenicy po mieszance strączkowo-zbożowej pozwoliła uzyskać najwyższy plon mąki, chociaż warunkowany był on bardziej plonem ziarna a w mniejszym stopniu jej wydajnością.

9. Nawożenie azotem wywołało zasadnicze zmiany zarówno we właściwościach przemiałowych ziarna, jak i wypiekowych mąki. Wzrastające dawki azotu powodowały sukcesywną poprawę wartości technologicznej ziarna i mąki.

10. Nie wykazano istotnego wpływu współdziałania nawożenia azotem z przyorywaniem biomasy międzyplonu na zmiany właściwości technologicznych pszenicy jarej, chociaż w warunkach przyorywania międzyplonów wykazano mniejsze skorelowanie zawartości białka i glutenu z azotem wnoszonym w nawozach.

11. Warunki uprawy miały znaczny wpływ na kształtowanie objętości chleba pod wpływem wybranych właściwości mąki. W uprawie pszenicy bez międzyplonu był on ściśle skorelowany wyłącznie z zawartością glutenu, w uprawie po gorczycy – z liczbą opadania, zawartością glutenu oraz jego rozplywalnością. W uprawie po mieszance poza wskaźnikiem sedymentacji objętość chleba była wysoce skorelowana z każdą cechą mąki.

12. Międzyplony miały wyraźniejszy wpływ na zmiany cech fizycznych i chemicznych gleby niż nawożenie azotem. Przyoranie gorczycy i mieszanki strączkowo-zbożowej zwiększało uwilgotnienie gleby, zmniejszało zwięzłość warstwy ornej oraz oddziaływało korzystnie na zawartość węgla organicznego w glebie, azotu ogólnego i przyswajalnych form potasu i magnezu.

13. Międzyplony zwiększyły aktywność drobnoustrojów celulolitycznych w glebie, a większy rozkład błonnika był po przyoranej mieszance niż po gorczycy. Nie obserwowano w tym zakresie większych zmian pod wpływem nawożenia azotem oraz współdziałania tego nawożenia z równoczesnym przyorywaniem międzyplonu.

14. Po przyoraniu mieszanki strączkowo-zbożowej zachwaszczenie zarówno w fazie krzewienia, jak i kwitnienia było mniejsze od określonego w uprawie bez międzyplonu, a po gorczycy ograniczenie zachwaszczenia obserwowano tylko w fazie późniejszej. Nawożenie azotem różnicowało istotnie tylko suchą masę chwastów, która zmniejszała się wraz z intensyfikacją nawożenia.

15. Wykazano na ogół korzystny wpływ przyorywania międzyplonów, zwłaszcza gorczycy białej, na zdrowotność źdźbeł i korzeni pszenicy. Podobnie oddziaływało nawożenie azotem, ale tylko wówczas, gdy azot stosowano w ilości powyżej $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

16. Wykazano bardzo korzystne następcze oddziaływanie międzyplonów na kształtowanie się cech plonotwórczych i plonu pszenicy. Wydajność ziarna pszenicy po przyoranej dwa lata wcześniej gorczycy była o 9,9%, a po mieszance strączkowo-zbożowej o 16,9% większa niż w uprawie bez międzyplonów.

8. PIŚMIENNICTWO

- Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundas S., 1995. Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 193, 29–34.
- Achremowicz B., Zając J., 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 110, 1–2, 149–157.
- Adamiak J., 1988. Pszenica ozima w płodozmianach z wysokim udziałem zbóż i w monokulturze. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.*, 46, 3–42.
- Adamiak E., Stępień A., 1998a. Wpływ sposobów nawożenia na kształtowanie się zachwaszczenia pszenicy jarej i jęczmienia ozimego. *Rocz. AR Pozn.*, 307, Rol. 52, cz. I., 59–65.
- Adamiak J., Stępień A., 1998b. Reakcja pszenicy jarej na nawożenie ekologiczne. *Rocz. AR Pozn.*, 307, Rol. 52, cz. I., 51–58.
- Adamiak J., Kurowski T.P., Stępień A., 2000. Wpływ sposobów nawożenia na rozwój chorób pszenicy jarej i jęczmienia ozimego. *Fol. Univ. Agricult. Stetin.*, 211, *Agricult.*, 84, 13–17.
- Andersen A., Olsen C.C., 1993. Rye grass as a catch crop in spring barley. *Acta Agric. Scand., B-Soil Plant. Sci.*, 43, 218–230.
- Andersson A., 2005. Nitrogen redistribution in spring wheat: root contribution, spike translocations and protein quality. *Acta Univ. Agricult. Suec., Agr.*, 10.
- Bachthaler G., Wagner A., 1973. Ergebnisse langjähriger Vergleichsversuche Stroh-Gründüngung und Strohverbrennung unter verschiedenen Standortbedingungen. *Bayer Landwirtsch. Jahrb.*, 50, 4, 436–461.
- Badiyala D., Verma S.P., 1990. Effect of supplemental sources and fertilizer nitrogen on physico-chemical properties of acid soils of Himachal Pradesh. *Indian J. Agron.*, 35, 1–2, 144–149.
- Badora A., Filipek T., 1998. Role of nitrogen and potassium fertilizers, liming and organic fertilization in aluminium mobilization. *Fragm. Agron.*, 15, 3, 187–193.
- Banaszak H., 2003. Uzależnienie rozwoju populacji mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schm.) od rodzaju nawożenia organicznego w uprawie buraka cukrowego. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 43, 1, 37–42.
- Barberi P., Silvestri N., Bonari E., 1997. Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Res.*, 37, 301–313.
- Bednarek W., 2002. Glin ruchomy w glebie nawożonej azotem, fosforem i potasem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 482, 47–51.

- Bednarek W., Bujak K., Tkaczyk P., Frant M., 2004. Wpływ nawożenia, uprawy roli i roślin na fizykochemiczne właściwości gleby. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 1, 225–232.
- Bichoński A., 1995a. Wartość ważniejszych cech technologicznych z kolekcji pszenicy jarej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 194, 123–129.
- Bichoński A., 1995b. Ocena wybranych cech technologicznych z kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 194, 131–138.
- Bielatowicz M., 1983. Wpływ zaoranego poplonu ścierniskowego i różnej uprawy roli na plonowanie pszenicy ozimej w monokulturze oraz wybrane właściwości uprawne gleby brunatnej właściwej. *Zesz. Nauk. AR Krak., Rozpr. Hab.*, 90.
- Bindraban P.S., Sayre K.D., Solis-Moya E., 1998. Identifying factor that determine kernel number in wheat. *Field Crop Res.*, 58, 223–234.
- Bis M., Marcinkowska K., Zając T., 2001. Intensywność mikrobiologicznych procesów zachodzących w ryzosferze pszenicy ozimej i jarej uprawianej po międzyplonach ścierniskowych. *Zesz. Nauk. AR Krak., Rol.* 392, Sesja Nauk. 85, 45–52.
- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J., 2007. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźniki architektury łanu oraz plon odmian pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 24, 2, 25–32.
- Biskupski A., Kaus A., Pabin J., Włodek S., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 2, 639–654.
- Blackshaw R.E., 2005. Nitrogen fertilizer, manure, and compost effects on weed growth and competition with spring wheat. *Agron. J.*, 97, 1612–1621.
- Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G., Pudelko J., 2000. Wpływ grochu jako rośliny regenerującej na występowanie chorób i plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach uprawy roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470, 13–19.
- Blecharczyk A., Małecka I., Piechota T., 2002. Wpływ wieloletniego nawożenia oraz następstwa roślin na właściwości gleby i skład chemiczny jęczmienia jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 482, 59–64.
- Blecharczyk A., Małecka I., Pudelko J., Piechota T., 2004. Wpływ wieloletniego nawożenia oraz następstwa roślin na plonowanie i zawartość makroelementów w życie ozimym. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 2, 181–188.
- Blecharczyk A., Małecka I., Sawińska Z., 2004. Wpływ systemów następstwa roślin oraz siewu bezpośredniego na porażenie jęczmienia jarego przez choroby. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 44, 2, 594–596.
- Blecharczyk A., Małecka I., Zawada D., Sawińska Z., 2007. Bioróżnorodność chwastów w pszenicy ozimej w zależności od wieloletniego nawożenia i systemu następstwa roślin. *Fragm. Agron.*, 24, 3, 27–33.
- Boguzas V., Kairyte A., Jodaugiene D., 2006. Weed and weed seed-bank response to tillage systems, straw and catch crops in continuous barley. 23rd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 07-09 Mar. Stuttgart, Germany. *J. Plant Dis. Prot.*, 297–304.

- Borkowska H., Grundas S., Styk B., 2002. Wysokość i jakość plonów niektórych odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotowego. *Ann. UMCS, Sect. E*, 57, 99–103.
- Borkowska H., Grundas S., 2007. Wielkość i jakość plonów dwóch odmian pszenicy jarej w zależności od ilości wysiewu i poziomu nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 24, 2, 33–40.
- Børresen T., 1995. Ryegrass and white clover undersown in small grains at three nitrogen levels and four tillage treatments: after-effect on grain yields and soil structure, [in:] *The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion* (ed. B. Linden). NJF – rapport (Finland), 99, 25–32.
- Breland T.A., 1996. Green manuring with clover and ryegrass catch crops undersown in small grains: Crop development and yields. *Acta Agric. Scand., Sect. B Soil Plant. Sci.*, 46, 30–40.
- Budzyński W., Bielski S., Borysewicz J., 2008. Wpływ nawożenia azotem na jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 25, 1, 39–49.
- Budzyński W., Szempliński W., Dubis B., Majewska K., 1996. Rolnicza, jakościowa i energetyczna ocena różnych sposobów odchwaszczania i nawożenia azotem jarej pszenicy chlebowej. Cz. 1. Plon i jakość technologiczna ziarna. *Rocz. Nauk Rol., Ser.A*, 112, 1–2, 81–92.
- Budzyński W., Szempliński W., Fedejko B., 1995. Energy consumption Rusing different methods of Winter wheat nitrogen fertilisation. *Fragm. Agron.*, 12, 2, 170–181.
- Buraczyńska D., 2004. Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego, cz. 2. Plon i cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 234, 181–190.
- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 118, 45–56.
- Christiansen J.S., Thorup-Kristensen K., Kristensen H.L., 2006. Root development of beetroot, sweet corn and celeriac, and soil N content after incorporation of green manure. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 81, 5, 831–838.
- Ciołek A., Makarska E., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony chemicznej na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Ann. UMCS, Sect. E*, 56, 777–784.
- Claupein W., Zoschke M., 1987. Einfluß langjähriger Winterweizenmonokultur auf Ertragsbildung, Krankheitsbefall und Nematodenbesatz im Vergleich zum Winterweizenanbau in der Fruchtfolge. *J. Agron. Crop Sci.*, 158, 227–235.
- Colbach N., Lucas P., Meynard J.M., 1997. Influence of crop management on take-all development and disease cycles on winter wheat. *Phytopatology*, 87, 1, 26–32.
- Cygankiewicz A., 1995. Ocena niektórych jakościowych nowych rodów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 194, 139–147.
- Czapla J., Humięcki W., 1998. Wpływ mocznika z dodatkiem inhibitora urolizy na plonowanie pszenicy jarej. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.*, 65, 89–98.
- Debruck J., 1974. „Intensiver Weizenbau” – zu Fragen der Fruchtfolge und Pflanzengesundheit. *Kali-Briefe. Fachgebiet*, 3, 6, 1–14.

- Delogu G., Cattivelli L., Pecchioni N., De Falcis D., Maggiore T., Stanca A.M., 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Europ. J. Agron.*, 9, 11–20.
- Demotes-Mainard S., Jeuffroy M.H., 2001. Partitioning of dry matter and nitrogen to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to nitrogen deficiency. *Field Crop Res.*, 70, 153–165.
- Denys C.J., O'Halloran I.R., Lauzon J.D., 2006. Effect of nitrogen fertilization and topography on soft red winter wheat yield and protein content in two Ontario landscapes. *Can. J. Soil Sci.*, 86, 729–739.
- Derco M., 1983. Fytopanitarna uloha strniskovych medziplodin pestovanych na zelene hnojivo. *Rostl. Výroba*, 32, 207–211.
- Derksen D.A., Anderson R.L., Blackshaw R.E., Maxwell B., 2002. Weed dynamics and management strategies for cropping systems in the Northern Great Plains. *Agron. J.*, 94, 174–185.
- Deryło S., 1990. Badania nad regenerującą rolą poplonów ścierniskowych w płodozmianach o różnym udziale zbóż. *Zesz. Nauk. AR Lublin, Rozpr. Nauk.*, 127.
- Deryło S., 1991. Wpływ międzyplonów ścierniskowych w zróżnicowanych płodozmianach na zdrowotność pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. *Mat. V Sem. Płodozm. „Synteza i perspektywa nauki o płodozmianach” cz. II, Olsztyn 25–26 września 1991, Akad. Rol.-Tech. Olszt.*, 35–44.
- Deryło S., 1994. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na kształtowanie się struktury i jakości plonu pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w płodozmianie zbożowym. *Zesz. Nauk. ATR Bydż.*, 187, Rol., 35, 103–111.
- Deryło S., Pawłowski F., 1992. Wpływ poplonu ścierniskowego na zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w płodozmianach o różnym udziale zbóż. *Ann. UMCS, Sect. E*, 47, 7–12.
- Deryło S., Wesołowski M., 1996. Wpływ struktury zasiewów i pielęgnacji na plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 297, 99–106.
- Doucet C., Weaver S., Hamill A., Zhang J., 1999. Separating the effects of crop rotation from weed management on weed density and diversity. *Weed Sci.*, 47, 729–735.
- Duer I., 1994. Wpływ międzyplonu ścierniskowego na plonowanie i zachwaszczenie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 4, 36–45.
- Duer I., Jończyk K., 1998. Nawożenie pod ziemniak uprawiany w gospodarstwach ekologicznych. *Fragm. Agron.*, 3, 85–95.
- Dworakowski T., 1998. Działanie międzyplonu ścierniskowego w ogniwie zmianowania zboża ozime-zboża jare. *Fragm. Agron.*, 15, 3, 90–99.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczaka J., 1995. Wpływ roślin mulczujących na wybrane właściwości fizyczne gleby po zastosowaniu siewu bezpośredniego bobiku. *Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”, Szczecin-Barzkowice 12 czerwca 1995*, 57–61.
- Dzienia S., Szarek P., 2000. Efektywność uprawy bezpłucznej oraz międzyplonów i słomy w produkcji ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470, 145–152.

- El Hadal I., Aussenac T., Fabre J. L., Sarrafi H., 1995. Relationship between polymeric glutenin and the characteristic for common wheats (*Triticum aestivum*) grown in the field and greenhouse. *Cereal Chem.*, 72, 598–601.
- Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M., 1994. Wysokość i jakość plonu pszenicy jarej pod wpływem różnych dawek azotu. *Zesz. Nauk. AR. Wroc.*, 254, Rol., 62, 113–128.
- Felczyński K., 2005. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na plonowanie fasoli szparagowej i kukurydzy cukrowej oraz zawartość NPK w glebie. *Fragm. Agron.*, 22, 1, 37–48.
- Fomsgaard I.S., 2006. Chemical ecology in wheat plant-pest interactions. How the use of modern techniques and a multidisciplinary approach can throw new light on a well-known phenomenon: Allelopathy. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 987–990.
- Fotyma E., 1999. Pobranie i wykorzystanie azotu przez pszenicę ozimą i jarą. *Pam. Puł.*, 118, 143–152.
- Fotyma E., 2000. Wykorzystanie glebowych i roślinnych testów do określania potrzeb nawożenia azotem w warunkach zrównoważonego rolnictwa. *Pam. Puł.*, 120, 81–88.
- Fotyma M., Fotyma E., 1993. Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 10, 4, 101–102.
- Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G., 1993. Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 10, 4, 103–104.
- Fuchs W., Schmidt S., 1993. Die Verunkräutung von Winterweizen und Sommergerste in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Düngung. *Kühn-Arch.*, 87, 1, 23–30.
- Garrido-Lestache E., Lopez-Bellido R.J., Lopez-Bellido L., 2004. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Res.*, 85, 213–236.
- Garrido-Lestache E., Lopez-Bellido R.J., Lopez-Bellido L., 2005. Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. *Europ. J. Agron.*, 23, 265–278.
- Gawrońska-Kulesza A., Suwara I., Kaczmarska M., 1997. Rola przedplonu i poziomu nawożenia azotem w kształtowaniu struktury łanu i plonu pszenicy ozimej. *Bibl. Fragm. Agron.*, 3, 97–102.
- Łąsiorowska B., Makarewicz A., 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 2, 713–720.
- Łąsiorowska B., Makarewicz A., 2007. Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 24, 2, 102–109.
- Łąsiorowska B., Makarewicz A., Nowosielska A., Rymusza K., 2006. Efektywność produkcyjna nawożenia azotem różnych odmian pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 142, 117–125.
- Ghaffarzadeh M., Garcia-Prechac F., Cruse R.M., Harbur M.M., 1998. Fertilizer and soil nitrogen use by corn and border crops in a strip intercropping system. *Agron. J.*, 90, 758–762.

- Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., 1997. Wartość przemiałowa i wypiekowa pszenżyta jarego i ozimego w zależności od nawożenia azotem i przedplonu. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 201, 133–139.
- Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., 1998. The effect of the fore-crop upon winter wheat milling and baking values. *Nahrung*, 42, 5, 302–303.
- Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Wojciechowski W., Spychaj R., 2008. Wpływ międzyplonu i nawożenia na wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 25, 1, 134–144.
- Gondek K., Zając T., 2003. Skład frakcyjny próchnicy czarnoziemiu zdegradowanego w zależności od gatunku przyoranych roślin poplonowych. *Acta Agrar. Silv., Ser. Agr.*, 41, 3–12.
- Gooding M.J., Smith G.P., 1998. The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimize wheat quality. 5th ESA Congress, Nitra 28 June – 2 July 1998, 229–230.
- Goffart J.P., Ninane V., Guiot J., 1992. Green manures and nitrate leaching in winter in the loam region of Belgium, [in:] „Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe”, Gembloux, Belgium, 22–23 October 1992, 814, 132–133.
- Gonet I., Jelinowski S., 1979. Wstępne badania nad działaniem poplonów ścierniskowych jako roślin regenerujących w zmianowaniach zbożowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 218, 257–262.
- Górska B.E., Russel S., Łabętowicz J., 1999. Wpływ wieloletniego nawożenia na występowanie tlenowych, mezofilnych, przetrwalnikujących bakterii celulolitycznych w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465, 517–526.
- Guttieri M.J., McLean R., Stark J.C., Souza E., 2005. Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheats for optimum bread and noodle quality. *Crop Sci.*, 45, 2049–2059.
- Guttieri M.J., O'Brien K., Becker C., Stark J.C., Windes J., Souza E., 2006. Managing nitrogen fertility of irrigated soft white spring wheats for optimum quality. *Can. J. Plant Sci.*, 86, 459–464.
- Gutmański I., Nowakowski M., 1992. Wpływ współdziałania poplonu ścierniskowego z mineralnym nawożeniem azotem na plony i jakość buraka cukrowego. Materiały z konferencji naukowej „Nawozy organiczne”. AR Szczecin, 8–9 września 1992, 1, 223–228.
- Hansen E.M., Djurhuus J., 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.*, 41, 203–219.
- Hati K.A., Swarup A., Dwivedi A.K., Misra A.K., Bandyopadhyay K.K., 2007. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 119, 127–134.
- Hartwig N.L., Ammon H.U., 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Sci.*, 50, 688–699.
- Helander C.A., 2004. Residual nitrogen effects on a succeeding oat (*Avena sativa* L.) crop of clover species and ryegrass (*Lolium perenne* L.) undersown in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agric. Scand., B Soil Plant Sci.*, 54, 67–75.

- Herrera J. M., Stamp P., Liedgens M., 2005. Root development of catch crops and nitrate losses by leaching after spring wheat. *Asp. Appl. Biol.*, 73, 35–40.
- Hevia F.H., Fuenzalida J.P., 1988. Effect of nitrogen fertilizers on bread-making quality and protein content of spring wheat. cv. Onda. II. Timing of nitrogen application. *Agro Ciencia*, 4, 1, 27–34.
- Hruszka M., Brzozowska I., 2008. Skuteczność chemicznych i proekologicznych sposobów regulacji zachwaszczenia w zmianowaniu. *Acta Agrophys.*, 12 (2), 347–355.
- Huggins D.R., Pan W.L., 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Agron. J.*, 85, 898–905.
- Jabłońska-Ceglarek R., Franczuk J., 2004. Wpływ nawozów zielonych i słomy w uprawie buraka ćwikłowego. *Zesz. Nauk. AP Siedl., Rol.*, 65, 7–15.
- Jabłońska-Ceglarek R., Rosa R., Zieniewicz-Bajkowska A., Franczuk J., 2004. Wielkość i jakość plonu selera korzeniowego odmiany Odrzański uprawianego po nawozach zielonych i wapnowaniu gleby. *Acta Sci. Pol., Hort. Cult.*, 3,1, 97–105.
- Jabłońska-Ceglarek R., Zieniewicz-Bajkowska A., Franczuk J., Rosa R., Łukowski T., Olszewski W., 2005. Poplonowe nawozy zielone i słoma w uprawie selera korzeniowego. Cz. I. Plonowanie selera. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 514, Rol., 86, 211–216.
- Jabłoński K., 1993. Rzędowe nawożenie pod ziemniaki. *Ziemn. Pol.*, 1, 16–20.
- Janowiak J., 1992. Wpływ nawożenia obornikiem i azotem na zawartość substancji organicznej w glebie i niektóre właściwości kwasów huminowych. *Mat. Konf. Nauk.*, „Nawozy organiczne“. Szczecin, 8–9 września 1992, 1, 271–276.
- Janowiak J., 1995. Wpływ nawożenia obornikiem z dodatkiem słomy i zróżnicowanych dawek azotu na właściwości materii organicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 421, 145–150.
- Janowiak J., Murawska B., 1999. Kształtowanie się ogólnej zawartości C i N w glebie pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego w wieloletnim doświadczeniu statycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 331–339.
- Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Murawska B., 2005. Kształtowanie odczynu gleby i zawartości przyswajalnych form fosforu w warunkach doświadczenia wieloletniego. *Fragm. Agron.*, 22, 1, 78–87.
- Jaskulska I., Jaskulski D., 2003. Wpływ wieloletniego nawożenia na kształtowanie właściwości gleby. *Post. Nauk Rol.*, 4, 21–35.
- Jaskulski D., Jaskulska I., 2004. Wpływ nawożenia słomą, międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na niektóre właściwości gleby w ogniwie pszenica ozima – jęczmień jary. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 3, 2, 151–163.
- Jaskulski D., Tomalak S., Rudnicki F., 2000. Regeneracja stanowiska po pszenicy ozimej dla jęczmienia jarego przez rośliny międzyplonu ścierniskowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470, 49–57.
- Jelinowska A., Jelinowski S., Sypniewski J., 1972. Uprawa i użytkowanie poplonów. PWRiL.
- Jensen E.S., 1992. The release and fate of nitrogen from catch-crop materials decomposing under field conditions. *J. Soil Sci.*, 43, 335–345.

- Kankanen H., 1995. The effect of undersown clover and grass on the nitrogen leaching risk during autumn and winter, [in:] The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion (ed. B. Linden). NFJ – rapport (Finland), 99, 79–86.
- Kankanen H., Eriksson C., 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. *Europ. J. Agron.*, 27, 25–34.
- Kankanen H., Eriksson C., Rakkolainen M., Vuorinen M., 2001. Effect of annually repeated undersowing on cereal grain yields. *Agric. Food Sci. Finl.*, 10, 197–208.
- Kahnt G., 1981. Gründung. DLG-Verlag, Frankfurt (Main).
- Karamanos R.E., Flore N.A., Harapiak J.T., 2005. Effect of post-emergence nitrogen application on the yield and protein content of wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 85, 327–342.
- Keatinge J.D.H., Qi A., Wheeler T.R., Ellis R.H., Summerfield R.J., 1998. 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.*, 57, 139–152.
- Klima K., 1991. Wpływ roślin fitosanitarnych i herbicydów na zdrowotność pszenicy ozimej w specjalistycznym płodozmianie zbożowym. V Sem. Płod. „Synteza i perspektywa nauki o płodozmianach”. 25–26 września 1991, ART. Olsztyn, II, 45–50.
- Klima K., 1993. Wpływ roślin fitosanitarnych i herbicydów przy zróżnicowanym nawożeniu mineralnym na porażenie jęczmienia jarego, owsa i pszenicy ozimej w specjalistycznym płodozmianie zbożowym. *Zesz. Nauk. AR Krak.*, 265, Rol., 30, 161–171.
- Klupczyński Z., Ralcewicz M., Knapowski T., Morawska B., 2000. Próba określenia optymalnego poziomu nawożenia azotem na wartość wypiekową chlebowych odmian pszenicy jarej. *Mat. Konf. „Konkurencyjność rolnictwa z uwzględnieniem uwarunkowań regionalnych w aspekcie integracji z Unią Europejską”*. Rzeszów – Zatwarnica, 12–14 października 2000, *Akad. Rol. Krak.*, 2, 553–558.
- Knapowski T., Ralcewicz M., 2004a. Evaluation of qualitative features of Mikon cultivar winter wheat grain and flour depending on selected agronomic factors. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.*, 7,1, Agron.
- Knapowski T., Ralcewicz M., 2004b. Ocena wskaźników jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 2, 959–968.
- Kocoń A., 2003. Efektywność wykorzystania azotu z mocznika stosowanego dolistnie lub doglebowo przez pszenicę ozimą i bobik. *Acta Agrophys.*, 85, 55–63.
- Kocoń A., 2005. Nawożenie jakościowe pszenicy jarej i ozimej na plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.*, 139, 55–64.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Sobol Z., Baran D., 2005. Wpływ zróżnicowanego nawożenia na właściwości gleby lekkiej i ciężkiej. *Fragm. Agron.*, 22, 1, 446–455.
- Korbas M., Remlein D., 1996. Wpływ wybranych czynników agrotechniczno-przyrodniczych na występowanie chorób podstawy źdźbła w Polsce. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 36, 2, 199–201.

- Kordas L., 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. Zesz. Nauk. AR Wroc., 386, Rozpr. Hab., 171.
- Koszański Z., Kaczmarczyk S., Podsiadło C., 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenicę i pszenżyto ozime uprawiane na glebie kompleksu żytniego dobrego. Cz. III. Gospodarka wodna oraz chemiczne właściwości gleby. Zesz. Nauk AR Szczec., 165, Rol., 59, 51–56.
- Kotlyarova O.G., Cherenkov V.V., 1998. The accumulation of soil organic mater by green manure crops and nutrients added to soil as a result of their incorporation. Agrokhimiya, 12, 15–19.
- Kretschmer H., Berger G., 1990. Zwischenfruchtanbau zur Reduktion von N-Restgehalten nach Getreide. FZB- Raport, 118–120.
- Krężel R., Gandecki R., Kordas L., Zimny L., 1998. Wpływ zmianowań specjalistycznych na wybrane właściwości fizyczne gleby lekkiej. Fragm. Agron., 15, 4, 29–35.
- Krężel R., Parylak D., Szumilak G., 1994. Wpływ zróżnicowanych zmianowań na plonowanie roślin na glebie lekkiej. Zesz. Nauk. AR Wroc., 238, Rol., 60, 35–47.
- Kulig B., Szafrąński W., Zając T., 2004. Plonowanie międzyplonu w stanowisku po bobiku oraz zawartość węgla organicznego w glebie w zależności od przebiegu pogody. Acta Agroph., 3 (2), 307–315.
- Kundler P., Smukalski M., Herzog R., Seeboldt M., 1985. Auswirkungen von Stoppel-fruchtgründung und unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Bodenfruchtbarkeitskennziffern, Unkrautbesatz und Erträge eines sandigen Bodens bei Getreidedaueranbau. Arch. Acker Pflanz. Bodenk., 29 (3), 157–164.
- Kuraszkiewicz R., Pałys E., 2004. Wpływ wsiewek międzyplonowych na zachwaszczenie ładu roślin ochronnych na glebie lekkiej. Ann. UMCS, Sect. E, 58, 53–67.
- Kuś J., 1984. Ocena zmianowań o różnym udziale zbóż. IUNG Puławy, R(185).
- Kuś J., Jończyk K., 1999. Wpływ międzyplonów i sposobu uprawy roli na plonowanie roślin i zawartość azotu mineralnego w glebie. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 114, 3–4, 83–95.
- Kuś J., Jończyk K., 2000. Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 470, 59–65.
- Kuś J., Filipiak K., Jończyk K., 1991. Wpływ siedmiu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie pszenicy ozimej. Pam. Puł., 98, 7–22.
- Kwiatkowski C., 2004. Wpływ międzyplonu na plonowanie i zachwaszczenie jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze. Ann. UMCS, Sect. E, 59, 2, 809–815.
- Kwiatkowski C., 2008. Architektura ładu i zdrowotność jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze w zależności od regeneracyjnego wpływu międzyplonów. Fragm. Agron., 25, 1, 199–209.
- Kwiatkowski C., Wesołowski M., 2005. Jakość ziarna jęczmienia uprawianego w płodozmianie i monokulturze w zależności od sposobu pielęgnacji ładu. Pam. Puł., 139, 97–104.
- Lemańczyk G., 2002. Wpływ zróżnicowanych przedplonów na zdrowotność podstawy źdźbła pszenicy ozimej uprawianej na glebie dobrego kompleksu pszennego. Acta Sci. Pol., Agric., 1(1), 111–119.

- Lenart S., Mercik S., Łabętowicz J., Mazur T., Urbanowski S., 2005. Zmiany właściwości fizycznych gleby pod wpływem różnych systemów nawożenia w pięciu wieloletnich doświadczeniach polowych. *Fragm. Agron.*, 22, 1, 161–170.
- Lewan E., 1994. Effect of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements. *Plant Soil.*, 166, 137–152.
- Liste E., Rosche J., Ehrepfordt W., 1972. Die Fruchtfolgengestaltung bei hoher Konzentration des Getreideanbaues. *Feldwirtsch.*, 7, 318–320.
- Liszewski M., 1997. Wpływ następczy dwóch form morfologicznych bobiku na plonowanie pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 14, 3, 55–62.
- Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R.J., Castillo J.E., Lopez-Bellido F.J., 2001. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Res.*, 72, 197–210.
- Lynch J.M., Elliot I.F., 1983. Minimizing the potential phytotoxicity of wheat straw by microbial degradation. *Soil Biol. Biochem.*, 15, 221–222.
- Lyngstad I., Breland T.A., 1995. Ryegrass and white clover undersown in small grains at three N levels and four tillage treatments: effects on soil mineral nitrogen, [in:] *The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion* (ed. B. Linden). NJF – rapport (Finland), 99, 87–92.
- Łoginow W., Andrzejewski J., Janowiak J., 1991. Rola nawożenia organicznego w utrzymaniu zasobów materii organicznej w glebie. *Rocz. Glebozn.*, 42, 3/4, 19–25.
- Łoginow W., Murawska B., Janowiak J., 1988. Wpływ równoległego nawożenia obornikiem i słomą oraz azotem na zawartość węgla organicznego w glebie. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne“*. Szczecin, 13–15 września 1988, 1, 19–28.
- Macuhova K., 1985. Vyskum vplyvu viacrocneho pestovania ozimnej pšenice po sebe na urodovtorne cinitele. *Rostl. Výroba*, 31, 5, 523–529.
- Majchrzak L., Skrzypczak G., 2007. Wpływ sposobu przygotowania gleby do siewu i rodzaj pozostawionej biomasy na zachwaszczenie kukurydzy. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47, 3, 191–198.
- Małecka I., 2003. Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.*, 335.
- Małecka I., Różalski K., 1994. Zachwaszczenie pszenicy ozimej w zmianowaniach z różnym udziałem zbóż w warunkach deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Zesz. Nauk. ATR Bydg., Rol.*, 35, 97–101.
- Małecka I., Różalski K., 1998. Wpływ następczy nawożenia azotowego i deszczowania na odczyn gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 456, 143–146.
- Marko T., 1990. Efektivna agrotechnika ozimnej pšenice „Viginta”. *Vedece Prace Vysk. Ust. Rostl. Výroba., Piestany*, 23, 88–97.
- Martinez J., Guiraud G., 1990. A lysimetr study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and the following crop. *J. Soil Scien.*, 41, 5–16.
- Mazur T., 1999. Rolnicze i ekologiczne znaczenie nawożenia organicznego i mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467, 151–157.

- Mazurek J., Sułek A., 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 194, 95–98.
- Mazurek J., Sułek A., 1999. Wpływ różnych dawek i technik nawożenia azotem na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 118, 271–274.
- Mazurek J., Biskupski A., Maj L., 1987. Wpływ nawożenia azotowego i ilości wysiewu na plonowanie i wartość technologiczną odmian pszenicy jarej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 164, 215–226.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupczyński Z., 1999. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 118, 263–269.
- Michałowski Cz. 1982. Wpływ niektórych czynników uprawy międzyplonów w środkowo-wschodniej Polsce. Cz. II. Poplony ścierniskowe. *Ann. UMCS, Sect. E*, 37, 45–55.
- Miklaszewski S., 1974. Wpływ współczesnej agrotechniki na aktywność i rozmieszczenie drobnoustrojów celulolitycznych w warstwie ornej gleby. *Pr. Kom. Nauk Rol., Tow. Glebozn., Kom. Biol. Gleby*, 13, 3–23.
- Mikołajska J., Majchrzak B., 1990. Stan zdrowotny pszenicy ozimej w zależności od warunków agrotechnicznych. *Phytopathol. Pol.*, 9, 293–298.
- Moll R.H., Kamprath E.J., Jackson W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.*, 74, 562–564.
- Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Wojciechowski W., Żmijewski M., 2008. Zdrowotność i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od międzyplonu i nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 25, 1, 251–260.
- Noworolnik K., Sułek A., 1999. Reakcja pszenicy jarej i jej mieszanek z jęczmieniem na nawożenie azotem. *Pam. Puł.*, 118, 285–291.
- Novoa R., Loomis R.S., 1981. Nitrogen and plant production. *Plant Soil.*, 58, 177–204.
- Odörfer A., Obst A., Pommer G., 1994. The effect of different leaf crop in a long lasting monoculture with wheat. 2. Disease development and effects of phytosanitary measures. *Agric. Res.*, 47, 1, 56–66.
- Olesen J.E., Hansen E.M., Askegaard M., Rasmussen I.A., 2007. The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. *Field Crops Res.*, 100, 168–178.
- Orlik T., 1998. Nawożenie azotowe jako czynnik plonotwórczy w uprawie jęczmienia ozimego i pszenicy jarej w terenie erodowanym. *Bibl. Fragm. Agron.*, 4A, 355–360.
- Ortiz-Monasterio J.I., Dhillon S.S., Fischer R.A., 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationship with radiation and temperature in Ludhiana. India. *Field Crop Res.*, 37, 169–184.
- Ostrowska D., Kucińska K., Artyszak A., 2001. Efektywność produkcji buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanego nawożenia organicznego i azotem w płodozmiarach trójpolowych. *Rocz. Nauk. Roln., Ser. A*, 115, 1–4, 67–73.
- Pabin J., Biskupski A., Włodek S., 2007. Niektóre właściwości fizyczne gleby i plonowanie roślin przy stosowaniu różnych form mulczowania i uprawy roli. *Inż. Rol.*, 3, 143–149.

- Pallutt B., 2002. Long-term effects of reduced herbicide dosage and nitrogen fertilization on population dynamics and competition of weeds in cereals. *J. Plant Dis. Prot.*, 18, 293–304.
- Panek K., 1993. Opady, [w:] Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. Pod red. J. Dziezyca, PWN Warszawa–Wrocław, 149–193.
- Patel M.L., Gami R.C., Patel P.V., 1993. Effect of farmyard manure and NPK fertilizers on bulk density of deep black soil under rice-wheat green gram rotation. *Gujarat Agric. Univ. Res. J.*, 18, 2, 109–111.
- Parylak D., 1996. Wpływ przyorywanego międzyplonu ścierniskowego na niektóre właściwości gleby i plonowanie pszenżyta ozimego w krótkotrwałej monokulturze. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 300, Rol. 67, 197–207.
- Parylak D., 1998. Optymalizacja uprawy pszenżyta ozimego w krótkotrwałej monokulturze na glebie kompleksu żytniego dobrego. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 326, Rozpr. Hab., 150.
- Parylak D., 1999. Wpływ wilgotności gleby i obecności międzyplonu na plon i jakość ziarna pszenżyta ozimego w monokulturze. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 367, Rol. 74, 141–148.
- Parylak D., Kita W., 2000. Zabiegi regeneracyjne a porażenie pszenżyta ozimego w monokulturze przez choroby podstawy źdźbła. *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 40, 2, 627–630.
- Parylak D., Kordas L., 2001. Wpływ czynników agrotechnicznych na porażenie pszenicy ozimej przez zgorzel podstawy źdźbła (*Gaeumannomyces graminis*). *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 41, 2, 762–765.
- Parylak D., Kordas L., 2004. Możliwość ograniczania chorób podstawy źdźbła w pszenicy uprawianej po sobie w technologii tradycyjnej i zerowej. *Materiały z 46 Sesji Naukowej IOR, Poznań 11–13 luty 2004*, 57–58.
- Parylak D., Wojciechowski W., Tendziagolska E., 2002. Zmiany właściwości fizykochemicznych gleby w monokulturze pszenżyta ozimego pod wpływem różnej uprawy przedplonowej. *Pam. Puł.*, 130/II, 541–548.
- Peltonen J., Virtanen A., 1994. Effect of nitrogen fertilizers differing in release characteristics on the quality of storage proteins in wheat. *Cereal Chem.*, 71, 1–5.
- Pesik J., Kozak L., 1982. Možnosti kompenzace neprizniveho vlivu mene vhodnych predplodin u ozime pšenice. *Rostl. Výroba*, 28, 4, 381–188.
- Pietryga J., Drzewiecki S., 2006. Wysokość i jakość plonowania pszenicy jarej przy różnych poziomach nawożenia azotowego oraz zróżnicowanych dawkach herbicydu. *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 46, 2, 93–97.
- Pikul J.L., Jr., Aase J.K., Cochran V.L., 1997. Lentil green manure as fallow replacement in the semiarid northern Great plains. *Agron. J.*, 89, 867–874.
- Płaza A., 2002. Nawozy zielone z wsiewek międzyplonowych stosowane w uprawie ziemniaka jadalnego na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego. Cz. I. Wpływ wsiewek międzyplonowych na plonowanie ziemniaka. *Pam. Puł.*, 131, 25–38.
- Płaza A., 2007. Wpływ nawożenia międzyplonami i słomą jęczmienia jarego na plonowanie i opłacalność uprawy ziemniaka jadalnego. *Ann. UMC, Sect. E*, 62, 1, 123–130.

- Plaża A., Ceglarek F., 2007. Rola międzyplonów w regulacji zachwaszczenia pszenżyta ozimego uprawianego w drugim roku po ich zastosowaniu. *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47, 2, 238–241.
- Podolska G., 2008. Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 7, 1, 57–65.
- Podolska G., Sułek A., 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 130, 597–605.
- Podolska G., Stankowski S., Dworakowski T., 2007. Wpływ dawki nawożenia azotem na wielkość plonu i wartość technologiczną ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2, 274–282.
- Podolska G., Stankowski S., Podolski B., 2005. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od warunków glebowych. *Pam. Puł.*, 139, 189–196.
- Podsiadło C., Koszański Z., 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na zachwaszczenie pszenicy jarej. *Zesz. Nauk. AR Szczec.*, 165, Rol. 59, 99–103.
- Poggio S.L., 2005. **Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley.** *Agric. Ecosyst. Environ.*, 109, 48–58.
- Pommer G., Beck T., Borchert H., Hege U., 1982. Auswirkungen von Zwischenfruchtanbau und Strohdüngung auf Ertragsleistung, Bodenstruktur und Bodenmikroorganismenaktivität in einseitigen Getreidefruchtfolgen. *Bayer. Landwirtsch. Jahrb.*, 59, 718–734.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M., 2000. Wpływ międzyplonów i dawek azotu w uprawie buraka cukrowego na zawartość w glebie N, P, K i Mg. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 211, *Agric.*, 84, 417–422.
- Puła J., Łabza T., 2004. Wpływ nawożenia organicznego na zawartość składników mineralnych w warstwie ornej gleby lekkiej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 3, 1505–1511.
- Rabikowska B., Piszcz U., 2000. Zakres i zasięg zmian odczynu i właściwości sorpcyjnych w glebie płowej pod wpływem długoletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 211, *Agric.*, 84, 423–428.
- Radomski C., 1980. *Agrometeorologia*. PWN.
- Ralcewicz M., Knapowski T., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i wartość technologiczną pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 2, 969–978.
- Ralcewicz M., Knapowski T., Klupczyński A., 2002. The banking value of the spring wheat studiem as function of diversified nitrogen fertilization, [in:] *Makro and Trace Elements, Mengen und Spurenelemente* 21, 284–289.
- Rasmussen I.A., Askegaard M., Olesen J.E., Kristensen K., 2006. Effects on weeds of management in newly converted organic crop rotations in Denmark. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 113, 184–195.
- Rewut I.B., 1980. *Fizyka gleby*. PWRiL, Warszawa.
- Richards I.R., Wallace P.A., Turner I.D.S., 1996. 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.*, 127, 441–449.

- Rolbiecki S., Żarski J., 1996. Zachwaszczenie pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego uprawianych na glebie bardzo lekkiej w warunkach deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 438, 273–279.
- Ross D.M., Van Acker R.C., 2005. Effect of nitrogen fertilizer and landscape position on wild oat (*Avena fatua*) interference in spring wheat. *Weed Sci.*, 53, 869–876.
- Różalski K., Pudelko J., Skrzypczak G., 1998. Wpływ zróżnicowanej ochrony i nawożenia azotowego na występowanie chorób w pszenicy ozimej i pszenżycie jarym. *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 38, 2, 551–550.
- Rudnicki F., Jaskulski D., Dębowski G., 1999. Reakcje odmian pszenicy jarej na termin siewu i nawożenie azotem w warunkach posusznych. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A.*, 114, 3–4, 97–107.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., 1998. Zmiany biologiczno-chemiczne gleby pod wpływem wieloletniego stosowania obornika i nawozów mineralnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 460, 191–198.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R., 1998. Wpływ przyorania poplonów ścierniskowych na właściwości chemiczno-biologiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 460, 145–152.
- Rutkowska A., 2002. Efektywność różnych dawek azotu w nawożeniu pszenicy jakościowej. *Pam. Puł.*, 113, 647–652.
- Ryan J., Pala M., Masri S., Singh M., Harris H., 2008. Rainfed wheat-based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequences, nitrogen fertilization, and stubble grazing in relation to grain and straw quality. *Europ. J. Agron.*, 28, 112–118.
- Sadowska J., Błaszczak W., Jeliński T., Fornal J., Borkowska H., Styk B., 2001. Fertilization and technological quality of wheat grain. *Int. Agroph.*, 15, 279–285.
- Sarunaite L., Kadziulienė Z., Kadziulis L., 2006. The effect of legumes on the accumulation of nitrogen in herbage field on succeeding spring wheat. Sustainable grassland productivity: Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation, Badajoz, Spain, 3–6 April 2006, 387–389.
- Savin R., Slafer G.A., 1991. Shading effects on the yield of Argentina wheat cultivar. *J. Agric. Sci.*, 166, 1–7.
- Sexton P.J., Bole M.G., Simmons R.B., Karow R.S., Marx E., Christensen N.W., Shibley T., 2006. Effect of nitrogen topdressing at anthesis and the association of flag-leaf nitrogen with grain protein concentration in irrigated spring wheat. *J. Plant Nutr.*, 29 (6), 1035–1046.
- Sieling K., Ubben K., Christen O., 2007. Effects of preceding crop, sowing date, N fertilization and fluquinconazole seed treatment on wheat growth, grain yield and take-all. *J. Plant Dis. Prot.*, 114, 213–220.
- Siuta A., 1998. Wpływ nawożenia słomą i uprawy międzyplonu na plonowanie jęczmień jarego. *Pam. Puł.*, 112, 179–185.
- Siuta A., 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasa międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467, 245–251.

- Skinder Z., Lemańczyk G., Wilczewski E., 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. I. Wydajność biomasy i zdrowotność roślin. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 6,1, 23–33.
- Smyk B., 1980. Wpływ zmianowań specjalistycznych na kształtowanie się mikrobiocenoz i ich oddziaływanie na środowisko glebowe agrocenoz. *Zesz. Nauk. ART Olszt.*, Rol. 29, 41–56.
- Songin W., 1990. Międzyplony jako nawozy zielone w warunkach Pomorza Zachodniego. *Mat. Sem. Nauk. „Międzyplony we współczesnym rolnictwie”*, 5 kwietnia 1990, Szczecin, 14–20.
- Songin W., 1998. Międzyplony w rolnictwie proekologicznym. *Post. Nauk Rol.*, 2, 43–51.
- Sørensen J.N., Thorup-Kristensen K., 2003. Undersowing legume crops for green manuring of lettuce. *Biol. Agric. Hortic.*, 21, 399–414.
- Sowiński J., 2004. Wpływ sposobu uprawy i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej przeznaczonej na kiszonkę i ziarno. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 490, Rozpr. Hab., 214.
- Sparkes D.L., Wilson P., Rollett A., 2006. Investigating the long-term impacts of stockless organic conversion strategies. *Univ. Nottingham, Leicestershire, HGCA_Project-Report.*, 389, ss. 54.
- Spiertz J.H.J., Grashoff G., 1995. Agro-ecological optimization of cereal-based cropping systems. *Fragm. Agron.*, 12, 2, 196–205.
- Sroller, J., Pulkrabek, J., Novak, D., Famera, O., 2002. The effect of perennial forage crop on grain yields in submontane regions. *Rostl. Výroba*, 48, 154–158.
- Stanisławska-Gołubiak E., Korzeniowska J., 2005. Wpływ różnych systemów nawożenia na zawartość węgla organicznego w glebie w doświadczeniu 32-letnim. *Fragm. Agron.*, 22, 1, 274–282.
- Stankowski S., Rutkowska A., 2006. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 5, 1, 53–61.
- Starczewski J., Dopka D., Korsak-Adamowicz M., 2008. Ocena energetycznej efektywności wybranych technologii uprawy żyta jarego. *Acta Agroph.*, 11, 3, 733–739.
- Stępień A., 2000. Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin, Agric.*, 84, 459–464.
- Stępień A., 2004. Wpływ sposobów nawożenia na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 3, 1, 45–54.
- Stopes C., Millington S., Woodward L., 1996. Dry matter accumulation by three leguminous green manure species and the yield of a following wheat crop in an organic production system. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 57, 189–196.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Kozłowska A., Hochół T., 1988. Wpływ roślin regenerujących uprawianych w zmianowaniach zbożowych na zachwaszczenie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 331, 393–400.
- Sturite I., Henriksen T.M., Breland T.A., 2007. Winter losses of nitrogen and phosphorus from Italian ryegrass, meadow fescue and white clover in a northern temperate climate. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 120, 280–290.

- Subda H., Prorok D., Gębura E., Zeler J., 1997. Skład chemiczny i wartość wypiekowa mąki pszennej. Cz. II. Wartość wypiekowa. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 201, 101–107.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., 2008. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 1, 400–409.
- Sułek A., Mazurek J., 2001. Wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych na plon i cechy plonotwórcze nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 220, 59–67.
- Sułek A., Podolska G., 2008. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy jarej odmiany Nawara w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 7, 1, 103–110.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., 2004. Wpływ różnych sposobów aplikacji azotu na plon, elementy struktury oraz wybrane cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59,2, 543–551.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., 2002. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 130, 709–718.
- Suwara I., Gawrońska-Kulesza A., 2005. Wpływ systemów nawożenia na kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych gleby lekkiej. *Fragm. Agron.*, 1, 290–297.
- Szafrąński W., Kulig B., 2001a. Plonowanie pszenicy jarej i zawartość azotu mineralnego w glebie w zależności od terminu zaorania biomasy międzyplonów oraz nawożenia azotem. *Zesz. Nauk. AR Krak., Rol.*, 373, 76, 267–272.
- Szafrąński W., Kulig B., 2001b. Plonowanie pszenicy ozimej w stanowisku po bobiku w siewie czystym i z wsiewką w zależności od terminu siewu, z uwzględnieniem zawartości azotu w glebie. *Acta Agr. Silv., ser. Agr.*, 39, 73–83.
- Szafrąński W., Kulig B., 2005. Plonowanie pszenicy jarej uprawianej po międzyplonie w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 1, 574–584.
- Szagała J., Wróbel Z., Mazur T., 1984. Współdziałanie nawozów organicznych i mineralnych w zmianowaniu na niektóre właściwości gleby. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne“*. Szczecin, 2, 21–27.
- Szylak A., 1998. Wpływ międzyplonów na produktywność plodozmianów zbożowych. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Agric.*, 66, 175–180.
- Szymańska M., Łabętowicz J., Korc M., 2005. Ocena czynników nawozowych w kształtowaniu form fosforu w glebie w warunkach trwałego doświadczenia nawozowego. Cz. 1. Fosfor przyswajalny. *Fragm. Agron.*, 1, 310–318.
- Szymona J., 1993. Zmiany zachwaszczenia ładu pszenicy ozimej pod wpływem intensyfikacji nawożenia azotowego. *Acta Agrob.*, 46, 1, 129–133.
- Thorsted M.D., Olesen J.E., Koefoed N., 2002. Effects of white clover cultivars on biomass and yield in oat/clover intercrops. *J. Agric. Sci.*, 138, 261–267.
- Thorup-Kriestensen K., 1994. The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of Succeeding crop. *Fertilizer Res.*, 37, 3, 227–234.
- Thomsen I.K., 1995. Catch crop and animal slurry in spring barley grown with straw incorporation. *Acta Agric. Scan., B–Soil Plant Sci.*, 45, 166–170.

- Thomsen I.K., Christensen B.T., 2004. Yields of wheat and soil carbon and nitrogen contents following long-term incorporation of barley straw and ryegrass catch crops. *Soil Use Manage.*, 20, 432–438.
- Tonitto C., David M. B., Drinkwater L. E., 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 112, 58–72.
- Townsend G., Heuberger J., 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Pl. Dis. Rep.*, 27, 340–343.
- Wacławowicz R., 2002a. Następczy wpływ różnych form nawożenia organicznego oraz dawek azotu na warunki siedliskowe i plonowanie pszenicy uprawianej po buraku cukrowym. Cz. 1. Wpływ na wybrane właściwości gleby. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 445, Rol. 84, 143–170.
- Wacławowicz R., 2002b. Następczy wpływ różnych form nawożenia organicznego oraz dawek azotu na warunki siedliskowe i plonowanie pszenicy uprawianej po buraku cukrowym. Cz. 2. Wpływ na plonowanie pszenicy. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 445, Rol. 84, 171–188.
- Wacławowicz R., 2008. Zmiany w siedlisku glebowym wywołane następczym wpływem nawożenia organicznego i azotowego. *Probl. Inż. Rol.*, 2, 60, 69–80.
- Wacławowicz R., Parylak D., 2004. Zmiany wybranych właściwości gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia organiczno-mineralnego. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 3, 1345–1354.
- Wacławowicz R., Parylak D., Śniady R., 2005. Następczy wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 139, 277–288.
- Wacławowicz R., Wojciechowski W., Zawieja J., 2006. Liczebność i skład gatunkowy diaspor chwastów w glebie w zależności od udziału owsa w płodozmianie. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 46, 2, 229–232.
- Wacławowicz R., Zimny L., Malak D., 2005. Dynamika zmian właściwości chemicznych gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia buraka cukrowego. *Fragm. Agron.*, 1, 600–612.
- Wadas W., 1998. Studia nad działaniem nawozowym międzyplonów i słomy w uprawie ziemniaków wczesnych. *Zesz. Nauk. AP Siedl., Rozpr. Nauk.*, 54.
- Wallgren B., Linden B., 1994. Effect of catch drops and ploughing limes on soil mineral nitrogen. *Swed. J. Agric. Res.*, 24, 2, 67–75.
- Weber R., Hryńczuk B., Runowska-Hryńczuk B., 1999. Wpływ uproszczeń uprawy roli i zróżnicowanego nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej w warunkach okresowych niedoborów wody. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agric.*, 74, 157–162.
- Wesołowski M., Boniek Z., Buła M., Juszcak D., 2005. Wpływ gęstości wysiewu i poziomu agrotechniki na plon i jakość ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 139, 311–318.
- Wiater J., Chwil S., 2005. Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość mineralnych form azotu w glebie średniej. *Fragm. Agron.*, 1, 613–623.

- Wilczewski E., Lemańczyk G., Skinder Z., Sadowski C., 2006. Effect of nitrogen fertilization on the yield health status of selected nonpapilionaceous species grown in stubble intercrop. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.*, 9, 2, Agron.
- Wilczewski E., Skinder Z., Lemańczyk G., 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. III. Wpływ następczy dla pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 6, 1, 45–56.
- Wojciechowski W., 1998a. Wpływ zróżnicowanej uprawy poźniwej i przedsięwnej z zastosowaniem dwóch dawek nawozów mineralnych na wzrost i plonowanie pszenicy ozimej. Cz. I. Wpływ na plonowanie międzyplonów i wybrane właściwości gleby. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 347, Rol. 72, 347, 44–62.
- Wojciechowski W., 1998b. Wpływ zróżnicowanej uprawy poźniwej i przedsięwnej z zastosowaniem dwóch dawek nawozów mineralnych na wzrost i plonowanie pszenicy ozimej. Cz. II. Wpływ na plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 347, Rol. 72, 65–77.
- Wojciechowski W., 2000. Efektywność nawożenia mineralnego w połączeniu z uprawą międzyplonów ścierniskowych pod pszenicę ozimą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470, 67–74.
- Wojciechowski W., 2004. Kształtowanie właściwości fizycznych gleby lekkiej w płodozmianach uproszczonych z różnym udziałem ziemniaka. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 3, 1113–1119.
- Wojciechowski W., 2008. Następczy wpływ międzyplonów ścierniskowych na zdrowotność pszenicy uprawianej w krótkotrwałej monokulturze. *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 48, 1, 381–384.
- Wojciechowski W., Parylak D., 2004a. Oddziaływanie różnorodności gatunkowej płodozmianów specjalistycznych na właściwości fizyczne gleby lekkiej. *Rocz. Glebozn.*, 55, 4, 1–6.
- Wojciechowski W., Parylak D., 2004b. Znaczenie międzyplonów w regulowaniu zachwaszczenia żyta ozimego w płodozmianach specjalistycznych. *Progr. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 44, 2, 1216–1219.
- Wojciechowski W., Parylak D., 2006. Oddziaływanie międzyplonów ścierniskowych na plonowanie żyta ozimego w płodozmianach uproszczonych na glebie lekkiej. *Pam. Puł.*, 142, 575–584.
- Wojciechowski W., Zawieja J., 2001. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na produktywność gleb po powodzi. Cz. I. Wpływ na właściwości fizyczne gleb. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 415, Rol., 80, 169–177.
- Woźniak A., 2005. Wpływ wsiewek międzyplonowych i nawożenia organicznego na plon i zachwaszczenie pszenicy jarej uprawianej w monokulturze. *Ann. UMCS, Sect. E*, 60, 33–40.
- Woźniak A., 2006. Wpływ przedplonów na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 5, 2, 99–106.
- Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Schneider M., Perkowski J., 1990. Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Secale cereale*) tissues. *Plant Soil*, 124, 143–147.

- Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarkowa W., 1998. Allelopatia. Wyd. AR, Poznań.
- Wróbel E., 1999. Reakcje pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. *Pam. Puł.*, 118, 447–453.
- „Wyniki Rachunkowości Rolnej Gospodarstw Indywidualnych 2001”. IERiGŻ, Warszawa 2002.
- Vigil M.F., Nielsen D.C., 1998. Winter wheat field depression from legume green fallow. *Agric. J.*, 90, 727–234.
- Vlasenko N.G., Teplyakov B.I., Teplyakova O.I., 2004. Role of nitrogen fertilizers and fungicides in increasing the yield of spring wheat varieties. *Rus. Agric. Sci.*, 8 13–17.
- Vyugina G.V., Vyugin S.M., 2005. Variation of the yield of spring wheat varieties with different levels of fertilizer application. *Rus. Agric. Sci.*, 3, 5–7.
- Zajac T., 2006. Znaczenie nawozowe międzyplonów w uprawie pszenicy. *Post. Nauk Rol.*, 3, 7–23.
- Zajac T., Antonkiewicz J., 2006. Zawartość i nagromadzenie makroelementów w biomacie międzyplonów ścierniskowych i wsiewek śródplonowych w zależności od doboru gatunków i sposobu ich siewu. *Pam. Puł.*, 142, 595–606.
- Zajac T., Sobkowicz P., Puła J., 2007. Ocena produktywności i wzajemnego oddziaływania roślin uprawianych w międzyplonie ścierniskowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 516, 303–312.
- Zawiślak K., Kostrzewska M., 2000. Konkurencja pokarmowa chwastów w łańcach pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. Cz. I. Zagęszczenie i skład florystyczny zbiorowisk chwastów. *Ann. UMCS, Sect. E*, 55, 245–251.
- Zawiślak K., Adamiak J., Gawrońska-Kulesza A., Pudełko J., Bleharczyk A., 1990. Plonowanie podstawowych zbóż i kukurydzy w monokulturach, [w:] *Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż*. Wyd. UAM, Poznań, 1990, 197–222.
- Zimny L., Gandecki R., Waclawowicz R., Śniady R., 2005. Produkcyjność płodozmianu: burak cukrowy – pszenica jara – jęczmień ozimy uwarunkowana zróżnicowanym nawożeniem organicznym i wzrastającymi dawkami azotu mineralnego. *Ann. UMCS, Sect. E*, 60, 237–248.
- Zimny L., Waclawowicz R., Malak D., 2005. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby jako skutki zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego azotowego. *Fragm. Agron.*, 2005, 1, 664–677.

ZNACZENIE MIĘDZYPLONÓW ŚCIERNISKOWYCH W OPTIMALIZACJI NAWOŻENIA AZOTEM PSZENICY JAKOŚCIOWEJ

Streszczenie

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. Pszenicę jarą uprawiano w zmianowaniu trójpolowym, której przedplon stanowiła pszenica ozima, a przedprzedplonem był rzepak ozimy.

Czynnik pierwszego rzędu stanowiły trzy warianty uprawy przedsiewnej pszenicy, pod którą przyorywano międzyplony: A1) bez międzyplonów ścierniskowych; A2) międzyplon z gorczycy białej; A3) międzyplon z mieszanki roślin strączkowych z owsem.

Czynnikami drugiego rzędu były cztery dawki nawożenia azotowego: 0; 40 kg (40I); 80 kg (40I + 40II); 120 kg (40I + 40II + 40III). Termin stosowania azotu: I – przed siewem pszenicy, II – faza BBCH 31–32, III – faza BBCH 49.

Plonowanie pszenicy jarej znacznie zależało od przebiegu pogody, a zwłaszcza ilości opadów. Przyorywanie międzyplonu bezpośrednio pod pszenicę jarą miało różny wpływ na jej plony: po mieszance strączkowo-zbożowej plon ziarna był istotnie większy niż w uprawie bez międzyplonu, a po gorczycy odpowiednio mniejszy. Intensyfikacja nawożenia azotem powodowała istotny wzrost plonów ziarna pszenicy. Plon ziarna był istotnie skorelowany głównie z cechami kłosa, a w mniejszym stopniu z zagęszczeniem łanu. Analiza regresji wielokrotnej wykazała, niezależnie od uprawy, duże i dodatnie oddziaływanie na plon liczby kłosów, ich długości i masy ziarna z kłosa oraz ujemne liczby ziaren z kłosa.

Wykazano korzystne następcze oddziaływanie międzyplonów na cechy plonotwórcze i plon pszenicy. Wydajność ziarna pszenicy po przyoranej dwa lata wcześniej gorczycy była o 9,9%, a po mieszance o 16,9% większa niż w uprawie bez przyorywania zielonej masy.

Przyorując mieszankę strączkowo-zbożową, można obniżyć dawkę stosowanego azotu. W tych warunkach uprawy wystarczającą jest dawka 80 kg N·ha⁻¹, po której plon ziarna był istotnie wyższy niż w uprawie pszenicy bez międzyplonu lub po gorczycy i zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹. Potwierdziła to również ocena ekonomiczna, która wykazała, że w tych warunkach uprawy uzyskuje się największą nadwyżkę bezpośrednią.

Międzyplony miały istotną rolę w optymalizacji nawożenia azotem pszenicy jarej, odmiany Torka. W każdych warunkach uprawy najwyższa z zastosowanych dawek

azotu ($120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), była poniżej wysokości optymalnej. W uprawie bez przyorywania międzyplonów optymalna dawka została określona na poziomie $171 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, po gorczycy białej była ona o 8,2% większa, a po mieszance strączkowo-zbożowej aż o 24,0% mniejsza.

Międzyplony nie powodowały znaczących zmian w jakości ziarna i mąki, a sukcesywną ich poprawę wywoływały wzrastające dawki azotu. Przyoranie międzyplonów znacznie wpływało natomiast na kształtowanie objętości chleba pod wpływem wybranych właściwości mąki. W uprawie pszenicy bez międzyplonu była ona ściśle skorelowana wyłącznie z zawartością glutenu ($r = 0,594$). W uprawie po gorczycy białej istotne oddziaływanie na tę cechę miały: liczba opadania ($r = 0,796$), zawartość glutenu ($r = 0,656$) oraz rozpywalność glutenu ($r = 0,677$), a w uprawie po mieszance strączkowo-zbożowej, poza wskaźnikiem sedymentacji, objętość chleba była wysoce skorelowana z każdą cechą mąki.

Przyorywanie międzyplonów miało wyraźniejszy wpływ na zmiany cech fizycznych i chemicznych gleby niż nawożenie azotem. Przyorywanie gorczycy i mieszanki zwiększało uwilgotnienie gleby i zmniejszało zwięzłość warstwy ornej oraz korzystnie oddziaływało na zawartość węgla organicznego w glebie, azotu, potasu i magnezu, a także zwiększało aktywność drobnoustrojów celulolitycznych.

Przyoranie międzyplonów miało korzystny wpływ na ograniczenie zachwaszczenia ładu pszenicy jarej, chociaż zależało ono od rodzaju międzyplonu. Po przyoraniu mieszanki zachwaszczenie zarówno w fazie krzewienia, jak i kwitnienia było mniejsze od określonego w uprawie bez międzyplonu, a po gorczycy ograniczenie zachwaszczenia obserwowano tylko w fazie późniejszej. Nawożenie azotem różnicowało natomiast istotnie tylko suchą masę chwastów, która zmniejszała się wraz z intensyfikacją nawożenia.

Wykazano korzystny wpływ przyorywania międzyplonów, zwłaszcza gorczycy białej, na zdrowotność źdźbeł i korzeni pszenicy. Intensyfikacja nawożenia N powodowała wzrost stopnia porażenia źdźbeł do dawki $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a kolejna jego dawka zmniejszyła go.

Słowa kluczowe: międzyplon, nawożenie azotem, plonowanie pszenicy, cechy jakościowe mąki

THE IMPORTANCE OF CATCH CROPS FOR OPTIMIZING NITROGEN FERTILIZATION OF QUALITY SPRING WHEAT

Summary

Two-factor field experiment was conducted according to split-plot design with four replicates. Spring wheat was grown in three-course crop rotation with winter wheat as preceding crop and winter rape as pre-preceding crop.

The first factor comprised three methods of presowing soil tillage during which stubble crops were plowed under before the cereal: A1) without catch crops; A2) white mustard as a catch crop; A3) mixture of oat with legumes as a catch crop.

Four rates of nitrogen fertilizer constituted the second factor: 0 kg; 40 kg (40I); 80 kg (40I + 40II); 120 kg (40I + 40II + 40III). Timing of nitrogen application was: I – before sowing of wheat, II – at 31–32 BBCH stage, III – at 49 BBCH stage.

Yielding of wheat remarkably depended on weather conditions, in particular on precipitation. Plowing under catch crop directly before spring wheat had various effect on cereal yields: after legume-cereal mixture grain yield was significantly higher than in treatment without catch crop, while after mustard the yield was lower. Intensifying nitrogen fertilization caused significant increase in grain yields of wheat. Grain yield significantly correlated mainly with ear characteristics, and to a lesser extent with density of wheat stand. Irrespective of soil tillage, multiple regression analysis showed high and positive influence of ear number, ear length and grain weight per ear on yield but negative influence of number of grains per ear.

Positive effect of catch crops on wheat yield and yield components was demonstrated. After mustard that was plowed under two years earlier, grain yield of wheat was 9.9% higher and after mixture 16.9% higher than in treatment without green matter for plowing under.

By plowing under catch crop mixture, nitrogen rate can be decreased. In these conditions sufficient rate is 80 kg N·ha⁻¹, after which grain yield of wheat was significantly higher than in treatment without catch crop or in treatment with mustard and nitrogen rate of 120 kg N·ha⁻¹. Also economic evaluation confirmed that the method gives the highest direct surplus.

It was demonstrated that catch crops had significant role in optimization of fertilization of cultivar Torka wheat. In each treatment among used nitrogen fertilizer rates the highest one (120 kg·ha⁻¹) was below optimum. In treatment without plowed under catch

crops the optimum rate was determined as $171 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, after white mustard it was 8.2% higher, while after legume-cereal mixture it was as much as 24.0% lower.

Catch crops did not cause significant changes in quality of grain and flour but the quality was gradually improved by increased rates of nitrogen. Plowing under catch crops significantly affected formation of bread volume under selected flour properties. For wheat growing without catch crop it was strictly correlated with content of gluten only ($r = 0.594$). After white mustard that trait was significantly affected by falling number ($r = 0.796$), content of gluten ($r = 0.656$) and gluten extensibility ($r = 0.677$) while after cereal-legume mixture, bread volume was highly and significantly correlated with each trait of flour apart from sedimentation index

Plowing under catch crops had stronger effect on changes in physical and chemical properties of soil than nitrogen fertilization. Plowing under mustard and mixture increased soil moisture, reduced compaction of plow layer, positively affected content of organic carbon, nitrogen, potassium and magnesium in soil and increased activity of microorganisms decomposing cellulose.

Plowing under catch crops reduced weed infestation of wheat stand, however range of the reduction depended on type of stubble crop. After plowing under mixture, weed infestation at tillering and flowering stage was lower than in without catch crop treatment, while after mustard weed infestation was reduced only at the latter stage. Nitrogen fertilization affected significantly only dry weight of weeds, which was decreased after intensifying the fertilization.

Positive effect of plowing under catch crops particularly white mustard on health status of culms and roots of wheat was proved. The method decreased also grain infection by parasite fungi. Intensifying N fertilization up to rate $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ increased infection of culms, but higher rate reduced the infection.

Key words: catch crop, nitrogen fertilization, yielding of wheat, quality traits of flour