

**Siedliskowe i produkcyjne
skutki polowego zagospodarowania
liści buraka cukrowego**



Roman Wacławowicz

**Siedliskowe
i produkcyjne
skutki polowego
zagospodarowania
liści buraka
cukrowego**



Autor
Roman Waclawowicz

Opiniodawcy:
dr hab. Irena Suwara
prof. dr hab. Andrzej Blecharczyk

Redaktor merytoryczny
prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Opracowanie redakcyjne i korekta
Elżbieta Winiarska-Grabosz

Łamanie
Halina Sebzda

Projekt okładki
Paweł Wójcik

Monografie CLXV

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2013

ISSN 2083-5531
ISBN 978-83-7717-142-4

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU
Redaktor Naczelny – prof. dr hab. inż. Andrzej Kotecki
ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel. 71 328 12 77
e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 9,1. Ark. druk. 8,5
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. Rola nawozów organicznych	9
2.2. Przydatność liści buraka cukrowego w nawożeniu	11
2.2.1. Wartość nawozowa liści	12
2.2.2. Zmiany środowiska glebowego pod wpływem liści buraczanych	13
2.2.3. Wpływ liści buraczanych na produktywność zbóż.....	14
2.3. Modyfikacje w uprawie roli.....	16
2.3.1. Oddziaływanie na wybrane właściwości gleby	17
2.3.2. Wpływ na plonowanie i zachwaszczenie	17
2.3.3. Uprawa roli w warunkach wprowadzenia liści buraczanych do gleby	18
2.4. Znaczenie nawożenia azotem	19
2.4.1. Zmiany w środowisku glebowym.....	19
2.4.2. Poziom plonowania	20
2.4.3. Współdziałanie nawożenia azotowego i organicznego	21
3. CEL BADAŃ.....	23
4. MATERIAŁ I METODY.....	24
4.1. Opis doświadczeń	24
4.1.1. Doświadczenie polowe.....	24
4.1.2. Doświadczenie wazonowe	27
4.2. Zakres i metodyka badań	28
4.3. Warunki glebowe.....	31
4.4. Warunki agrometeorologiczne	31
4.5. Zabiegi agrotechniczne.....	33
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW	36
5.1. Wpływ sposobów wprowadzenia liści buraka cukrowego do gleby oraz nawożenia azotem na siedlisko glebowe i produktywność pszenicy jarej (doświadczenie polowe).....	36
5.1.1. Wybrane właściwości gleby	36
5.1.1.1. Właściwości fizyczne	36
5.1.1.2. Właściwości chemiczne.....	51
5.1.2. Zachwaszczenie łąnu	55
5.1.3. Produktywność pszenicy jarej.....	57
5.1.3.1. Cechy morfologiczne i elementy plonowania.....	57
5.1.3.2. Plonowanie	64

5.1.3.3. Skład chemiczny ziarna i słomy.....	70
5.1.4. Efektywność nawożenia mineralnego.....	74
5.1.5. Właściwości technologiczne ziarna pszenicy	79
5.1.5.1. Cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej.....	79
5.1.5.2. Cechy kompleksu białkowego mąki pszennej	81
5.1.5.3. Cechy jakościowe pieczywa	84
5.1.6. Uproszczona ocena ekonomiczna różnych technologii uprawy pszenicy jarej.....	85
5.2. Następczy wpływ liści buraka cukrowego na produktywność jęczmienia jarego (doświadczenie wazonowe)	89
5.2.1. Wzrost i rozwój jęczmienia	89
5.2.2. Cechy morfologiczne i elementy plonowania.....	92
5.2.3. Masa ziarna i słomy	96
5.2.4. Skład chemiczny ziarna jęczmienia.....	97
6. DYSKUSJA	100
6.1. Zmiany środowiska glebowego	100
6.2. Zachwaszczenie łąnu	103
6.3. Poziom plonowania.....	104
7. WNIOSKI.....	110
8. PIŚMIENNICTWO.....	112

1. WSTĘP

Burak cukrowy jest bardzo dobrym przedplonem dla pszenicy, zwłaszcza jarej. Wynika to głównie z możliwości wykorzystania efektów następczego działania nawożenia organicznego, zwykle stosowanego pod okopowe. Dodatkową korzyścią jest odchwaszczone stanowisko [Zawiślak i in. 1998, Maciejewski i in. 2008]. Ponadto pozytywna wartość takiego stanowiska wzrasta, jeśli istnieje możliwość wprowadzenia do gleby liści buraczanych, co jest szczególnie uzasadnione pod względem ekonomicznym i organizacyjnym, zwłaszcza że paszowe wykorzystanie liści straciło na znaczeniu [Podkówka 1982, Wojtyra 2008].

Gwarancją utrzymania wysokiej sprawności gleby jest starannie i terminowo wykonana uprawa roli, z drugiej strony jest ona najbardziej energochłonnym procesem w technologii produkcji zbóż. W sytuacji pozostawiania na polu liści buraka cukrowego uprawa roli nabiera szczególnego znaczenia. W praktyce rolniczej liście najczęściej przyorywane są głęboką lub średnią orką przedzimową, co wpływa niekorzystnie na proces mineralizacji zielonej masy. Jest to związane z ograniczonym dostępem tlenu do masy liściowej, co w konsekwencji może przyczynić się do zakwaszenia gleby [Zimolka i in. 2001]. Alternatywą może być płytkie ich wymieszanie z glebą lub pozostawienie na powierzchni pola. Zgodnie z koncepcją zrównoważonego rozwoju nieobsiane powierzchnie gruntów ornych zaleca się przykrywać na okres jesienno-zimowy dostępnymi w gospodarstwie materiałami, np. słomą, łętami czy liśćmi. Materiały te stanowią mulcz, który chroni strukturę gleby przed niszczącym działaniem kropli deszczu, zatrzymuje śnieg oraz ogranicza zmywy wiosenne [Duer i in. 2004, Kęsik i in. 2006]. Utrzymanie przez długi czas okrywy roślinnej lub mulczu jest również skutecznym sposobem zapobiegania stratom azotu z gleby [Lošakov i in. 1988, Duer 1996, Kęsik 2005]. Mulcz sprzyja także rozwojowi życia biologicznego w glebie, ułatwiając rozkład obumarłych resztek korzeni oraz tworzenie makrospor i kanałów przez dżdżownice. Uprawa bezorkowa ogranicza również wydzielanie dwutlenku węgla z gleby do atmosfery, co przyczynia się do ochrony środowiska [Van Den Bossche i in. 2009, Cudzik i in. 2011]. Działania te w konsekwencji chronią glebę przed degradacją, pozwalając na zachowanie jej produktywności [Zimny 1999, Dzienia i in. 2006].

Wprowadzenie do gleby plonu ubocznego buraka pozwala na ograniczenie ilości stosowanych nawozów azotowych. Jednakże warunkiem wykorzystania azotu zawartego w liściach buraczanych przez pszenicę jest prawidłowy sposób ich polowego zagospodarowania.

W Polsce popularniejszą formą pszenicy jest pszenica ozima, ale z formy jarej łatwiej uzyskać ziarno o wysokich parametrach jakościowych, które jest szczególnie pożądane w przemyśle młynarsko-piekarskim [Achremowicz i in. 1993, Kocoń 2005]. Z uprawy pszenicy jarej wynikają dodatkowe korzyści organizacyjno-ekonomiczne: możliwość uniknięcia spiętrzenia

jesiennych prac polowych – zwłaszcza jeśli uprawia się pszenicę po buraku cukrowym, niższe nakłady na jej pielęgnację, lepsza odporność na choroby i wyleganie. Ta forma pszenicy ma jednak duże wymagania środowiskowe i agrotechniczne. Uzyskanie surowca o pożądanym cechach jakościowych wymaga zastosowania specyficznej technologii uprawy, w której znaczącą rolę może odgrywać prawidłowe zagospodarowanie plonu ubocznego buraka cukrowego.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

2.1. Rola nawozów organicznych

Zmniejszenie obsady zwierząt z 12,5 mln szt. w 1980 r. do 5,9 mln szt. w 2011 r. [Rocznik statystyczny GUS] oraz nowoczesne metody ich chowu doprowadziły do niedoborów najbardziej popularnego z nawozów naturalnych – obornika, którego znaczenie w produkcji roślinnej jest na ogół dobrze poznane i opisane [Blecharczyk i in. 2005, Sienkiewicz i in. 2005, Suwara i Gawrońska-Kulesza 2005]. Liczne badania wskazują jednak na możliwość zastąpienia nawozów pochodzenia zwierzęcego kompostami z różnego rodzaju odpadów, między innymi lub substancją organiczną będącą produktem ubocznym w gospodarstwie, np. słomą czy też liśćmi buraczanymi [Adamiak i Stępień 1998b, Behle-Schalk i Honermeier 2000, Mazur i Cieciko 2000, Waclawowicz i in. 2005a]. Takie formy nawożenia organicznego znajdują szerokie zastosowanie zwłaszcza w wielkoobszarowych gospodarstwach specjalizujących się w produkcji roślinnej. Większa dostępność tych nawozów oraz niższe na ogół, w porównaniu z obornikiem, koszty ich produkcji stanowią zachętę do ich szerszego wykorzystania.

Nawozy organiczne pochodzenia roślinnego wpływają na zmiany ilościowe i jakościowe glebowej materii organicznej [Beck i in. 1994, Janowiak i in. 2002, Thomsen i Christensen 2004]. Zdaniem Mazura i Cieciki [2000] utrzymanie należytego bilansu substancji organicznej w glebie jest naczelnym zadaniem gospodarowania, a ważną rolę w tym kontekście mogą pełnić resztki pozbiorowe, które są pierwszym ogniwem łańcucha pokarmowego glebowej części agroekosystemu. Malicki [1997] uważa, że umożliwiają one utrzymanie potencjału bioenergetycznego gleby na właściwym poziomie. Autor udowadnia, że masa substancji organicznej zawarta w resztkach pozbiorowych roślin uprawnych może być wyższa niż w oborniku. Rośliny po obumarciu ulegają złożonym procesom mineralizacji i przekształceń do związków próchnicznych. Tempo tych przemian zależy od właściwości gleby i źródła węgla dla mikroorganizmów. Powstałe z materii organicznej związki humusowe wpływają na ogół pozytywnie na fizyczne, fizykochemiczne i biologiczne właściwości gleb [Mazur 1999].

Większość badań dowodzi, że wprowadzenie do gleby alternatywnych w stosunku do obornika nawozów sprzyja reprodukcji substancji organicznej [Kuldkepp 1997, Siuta 1999, Puła i Łabza 2004, Waclawowicz i Parylak 2004]. Część autorów udowadnia jednak, że w wyniku ich zastosowania możliwe jest tylko utrzymanie zawartości próchnicy na określonym poziomie [Cwojdzinski i Nowak 2000, Gondek i Zajac 2003, Teesalu i in. 2006]. Różne poglądy dotyczące roli nawożenia organicznego w kształtowaniu zawartości węgla organicznego w glebie mogą wynikać z większego wpływu czynników klimatyczno-glebowych niż zróżnicowanego nawożenia, co w swoich pracach udowodnili Gawrońska-Kulesza i in. [1992] oraz Łabza [1995]. Jaskulska i Gałęzewski [2009] dodają, że efekt oddziaływania międzyplonów uzależniony jest od częstości ich stosowania.

Niewątpliwą korzyścią wynikającą ze stosowania tzw. nawozów zielonych jest ich znaczący udział w ochronie środowiska rolniczego. Ograniczają one erozję gleby, wymywanie składników pokarmowych, a także skażenie roślin metalami ciężkimi i innymi substancjami szkodliwymi [Lošakov i in. 1988, Kuś i Jończyk 1999, Mazur 1999, Hartwig i Ammon 2002]. Międzyplony przyczyniają się również do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, przez co redukują skutki ocieplenia klimatu [Souchere i in. 2003].

Przyorane nawozy zielone są także wtórnym źródłem składników pokarmowych [Siuta 1999, Stępień 2000, Wojciechowski 2009]. Jabłoński [1993] twierdzi, że z zielonej masy międzyplonów można pozyskać więcej azotu niż z niewłaściwie przefermentowanego obornika. Z kolei Sowiński i in. [1995] donoszą, że w porównaniu z obornikiem międzyplony dostarczają do gleby ponad 6-krotnie mniej azotu. Rozbieżności te najprawdopodobniej wynikają z różnych warunków glebowo-klimatycznych w czasie prowadzenia doświadczeń, zróżnicowanej agrotechniki, a także ilości i jakości badanych nawozów.

Ważną rolę nawozów organicznych pochodzenia roślinnego jest również poprawa właściwości fizycznych i biologicznych gleby [Beck i in. 1994, Parylak 1996, Kęsik i in. 2006, Głąb i Kulig 2008], co w opinii Kordasa [2000] oraz Pabina i in. [2007] ma szczególne znaczenie w warunkach stosowania bezorkowych systemów uprawy i siewu bezpośredniego. Jaskulski i Jaskulska [2004] oraz Wojciechowski [2009] dodają jednak, że oddziaływanie masy roślinnej na właściwości gleby jest złożone i zależy między innymi od jej rodzaju, dawki, składu chemicznego oraz terminu i sposobu umieszczenia w glebie.

Kontrowersyjne są również poglądy dotyczące wpływu nawozów organicznych na zdrowotność roślin. Większość badaczy uważa, że przyoranie zielonej masy przyczynia się do poprawy stanu sanitarnego roślin – głównie poprzez ograniczenie zachorowalności zbóż na choroby podstawy źdźbła [Wojciechowski 2008, Wojtala i Parylak 2011]. Jednakże Adamiak i in. [2000] donoszą, że wprowadzenie do gleby nawozów organicznych zwiększa porażenie pszenicy chorobami grzybowymi – zwłaszcza przez mączniaka prawdziwego zbóż i traw.

Niejednoznaczne pozostają również relacje pomiędzy dostarczeniem do gleby zielonej biomasy a stopniem zachwaszczenia zbóż, jednak częściej uzyskuje się jego ograniczenie [Deryło i Pawłowski 1992, Adamiak i Stępień 1998a, Kwiatkowski 2004, Waclawowicz i Gandecki 2008]. Zdaniem Jaskulskiej [2004] oddziaływanie nawożenia na zachwaszczenie ma dwójaki charakter. Wprowadzone z nawozami składniki pokarmowe bezpośrednio wpływają na wzrost i rozwój chwastów. Natomiast oddziałując na odczyn, zasolenie, strukturę i aktywność biologiczną gleby, pośrednio kształtują łany roślin uprawnych oraz zbiorowiska roślin niepożądanych.

Rezultatem korzystnych zmian siedliskowych wynikających z zastosowania nawozów organicznych pochodzenia roślinnego jest wzrost plonowania. Zwyczajka plonów uzależniona jest od wielu czynników i może wynosić od kilku do kilkudziesięciu procent [Kwiatkowski 2004, Szafranski i Kulig 2005, Olesen i in. 2007, Wojciechowski 2009, Gawęda i Kwiatkowski 2012]. W pracach Waclawowicza i in. [2005a] oraz Kuliga i in. [2009] udowodniono natomiast, że międzyplony, resztki pozbiorowe i słoma nie wykazują jednak plonotwórczego charakteru, a zdaniem Francisa i in. [1998] oraz Thorsteda i in. [2002] mogą nawet przyczynić się do niewielkiego zmniejszenia plonowania zbóż. Gutmański i Nowakowski [1992] uważają, że może to wynikać z sorpcji azotu mineralnego przez nawóz organiczny. Składnik ten nie jest jednak stracony, pozostając w glebie może być wykorzystany w kolejnych latach zmianowania.

Jak wskazują wyniki badań, międzyplony oddziałują nie tylko na wysokość plonu roślin uprawnych, ale również na jego jakość. W odniesieniu do zbóż chlebowych i paszowych

o wartości plonów decydują szczególnie ilość i jakość białka. Szafranski i in. [2004] oraz Kraska [2010] stwierdzili, że wprowadzenie do gleby międzyplonu ścierniskowego powoduje zwiększenie zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy jarej. Odmiennego zdania są Narkiewicz-Jodko i in. [2008], którzy zaobserwowali, że biomasa z gorczyca białej przyczynia się do nieznacznego obniżenia zawartości tego składnika w plonie głównym pszenicy, nie wywiera ona jednak wpływu na ilość i jakość glutenu mokrego. Rozbieżności w poglądach autorów mogą wynikać ze zmiennych warunków glebowo-klimatycznych oraz terminu i sposobu inkorporacji międzyplonu z glebą [Goodling i Smith 1998, Kulig i in. 2009].

2.2. Przydatność liści buraka cukrowego w nawożeniu

Pomimo wielu korzyści, jakie wynikają z wprowadzenia do gleby międzyplonów, ich stosowanie natrafia w praktyce na szereg trudności. Wynika to w dużej mierze ze zwiększonego ryzyka uprawy międzyplonów, szczególnie ścierniskowych. Ilość biomasy wyprodukowanej przez rośliny międzyplonowe jest zależna w znacznym stopniu od warunków klimatyczno-glebowych, sposobu uprawy, a także czynników organizacyjnych gospodarstwa [Sowiński i in. 1995, Wojciechowski 1998, 2009, Kuś i Jończyk 2000, Jaskulski i Jaskulska 2004]. Dodatkowo obecność międzyplonów eliminuje możliwość przeprowadzenia pełnego zespołu uprawek późniowych, skraca czas uprawy pod rośliny następcze oraz zwiększa koszty produkcji w płodozmianie. Szczególnie w latach suchych ten element zmianowania może negatywnie wpływać na plonowanie roślin [Dzienia i Boligłowa 1993, Jaskulski 2004].

W tym kontekście liście buraczane, ze względu na wierność i poziom plonowania, wydają się nawozem bardzo atrakcyjnym. Dodatkowo, nowoczesna technologia zbioru buraka sprzyja polowemu zagospodarowaniu liści – wielorzędowe kombajny buraczane umożliwiają rozdrobnienie i równomierne rozrzucenie liści na powierzchni pola bez dodatkowych nakładów [Cerkal i in. 2001, Szeptycki 2005, Šařec i in. 2008].

Burak cukrowy stanowi bardzo dobry przedplon dla pszenicy, szczególnie jarej, w uprawie której można uniknąć napięć w terminowym wykonaniu zabiegów agrotechnicznych. Korzystne stanowisko jest głównie wynikiem następczego oddziaływania często stosowanego pod rośliny okopowe nawożenia organicznego, intensywnego zasilenia nawozami mineralnymi oraz starannej regulacji zachwaszczenia [Kopecký 1983, Kuś i Gonet 1989, Sylvester-Bradley i Shepherd 1997, Zawisłak i in. 1998, Franzen 2004, Jaskulska 2004, Příkopa i in. 2005, Váňová i in. 2006, Maciejewski i in. 2008]. Richter i Bezděk [1999] analizując plony z 500 ha plantacji, stwierdzili, że masa ziarna jęczmienia jarego uprawianego po buraku była o 19,1% wyższa niż po zbożach.

Niewątpliwą zaletą buraka uprawianego „na oborniku” jest poprawa lub przynajmniej utrzymanie na stałym poziomie zawartości próchnicy w glebie [Wacławowicz i in. 2005b]. Burak cukrowy jest jednym z najkorzystniejszych przedplonów pod względem fitosanitarnym, szczególnie w płodozmianach zbożowych [Płaskowska i Pusz 2010]. Przydatność takiego stanowiska można dodatkowo poprawić, wprowadzając do gleby liście buraczane. Zwłaszcza że wykorzystanie plonu ubocznego buraka cukrowego w celach paszowych zostało znacznie ograniczone. W liściach buraka cukrowego występują: kwas szczawiowy, saponiny, azotyny i potas, a także zanieczyszczenia glebowe, które przy skarmianiu powodują u zwierząt zaburzenia pokarmowe i rozrodcze [Podkówa 1982, Kwiatkowski i Preš 1984]. Związki te wpływają niekorzystnie także na wartość paszową kiszonki z liści, co w rezultacie prowadzi

do produkcji mleka o niskich parametrach jakościowych [Kruczyńska i Nowak 1989, Wojtyra 2008], a także pogorszenia metabolizmu magnezu i fosforu u krów mlecznych [Kruczyńska i in. 1984].

2.2.1. Wartość nawozowa liści

Problem utylizacji liści buraczanych dotyczy zwłaszcza gospodarstw specjalizujących się w produkcji roślinnej. Może się ona odbywać poprzez polowe ich zagospodarowanie. W ten sposób duże ilości składników mineralnych zawartych w liściach nie są tracone, lecz powracają do gleby i mogą być dostępne dla roślin następczych [Guiot i in. 1990, Pimlott 1991, Mazur i Ciećko 2000]. Zawartość składników pokarmowych, szczególnie potasu, w liściach buraka jest znacznie większa niż w korzeniach [Moraghan 1985, Buraczyńska 2005]. Kalembsa i in. [2001] badając 17 różnych materiałów i nawozów organicznych, stwierdzili, że w suchej masie liści buraczanych znajduje się średnio o 13% więcej potasu i 46% magnezu niż w oborniku. Zimolka i in. [2001] przestrzegają jednak, że znaczna ilość potasu zawartego w liściach prowadzić może do zwiększonego pobierania przez następcze rośliny innych składników pokarmowych, z tego względu zalecają monitorowanie zawartości pierwiastków w glebie, szczególnie fosforu.

Zdaniem Moraghana i Smitha [1993, 1994a,b] plon uboczny buraka zawiera również znaczne ilości azotu (od 1,2 do 3,4%), którego zawartość jest uzależniona od jakości wprowadzonych do gleby liści, na co duży wpływ w opinii Buraczyńskiej [2005] ma nawożenie organiczne stosowane pod rośliną okopową. Autorka zależność taką potwierdziła również w stosunku do koncentracji potasu w liściach, nie obserwowała natomiast zmian w zawartości fosforu. Oprócz podstawowych makroelementów liście zawierają także znaczne ilości wapnia, magnezu, sodu, chloru, cynku i molibdenu. Większość składników pokarmowych zawartych w liściach buraczanych występuje w formie organicznej i mogą być one dostępne dla kolejnych roślin dopiero po przemianach chemicznych [Moraghan i Smith 1993, 1994b]. Doniesienia na temat procesu rozkładu liści są jednak rozbieżne. Abshahi i in. [1984] prowadząc badania dotyczące losów azotu pochodzącego z liści buraczanych, stwierdzili, że ze 119 kg N dostarczonego do gleby razem z liśćmi 27% pobrała pszenica, 39% azotu pozostało w glebie głównie w formie organicznej, natomiast 34% N nie zostało zlokalizowane. Z kolei Destain i in. [1990] udowodnili, że straty azotu z liści są znacznie wyższe i wynoszą aż 67%. Autorzy dodają, że tak duże wymycie azotu z gleby może być wynikiem jesiennej denitryfikacji oraz wiosennych wysokich opadów, co miało miejsce w trakcie realizacji doświadczenia. W takich warunkach wykorzystanie azotu z liści przez pszenicę jarą było niewielkie i wyniosło zaledwie 6,7%. Duże straty azotu z liści zanotował także Widdowson [1974], który wprowadzając do gleby plon uboczny buraka, stwierdził, że ziarno jęczmienia jarego nie pobrało z gleby więcej niż 10 kg N z 1 hektara. Davari [1971] w doświadczeniu polowym wykazał natomiast, że azot z liści był wykorzystywany przez rośliny w 8,5–16,5%. Z kolei w doświadczeniu wazonowym autor udowodnił, że zakres ten był dwukrotnie wyższy. Podobnie w duńskich badaniach stwierdzono, że włączenie do gleby 100 kg azotu pochodzącego z liści buraczanych równoważyło tylko 18 kg N mineralnego zastosowanego wiosną, a reszta azotu została utracona w wyniku procesów wymywania [Thomsen i Christensen 1996]. Na duże ryzyko przemieszczania się azotu do wód gruntowych wskazują także Whitmore i Groot [1997], którzy w doświadczeniu laboratoryjnym stwierdzili, że tylko niespełna 30% N z liści może być dostępne dla roślin uprawnych. Problem ten w swych badaniach dostrzegają również Moraghan i Smith [1994a, 1996],

Olsson i Bramstorp [1994] oraz Provazník i Richter [2004]. Van Den Bossche i in. [2009] wyjaśniają, że rozkład pozostałości pozbiorowych buraka, a co się z tym wiąże, losy azotu pochodzącego z liści zależą w znacznej mierze od głębokości ich wprowadzenia do gleby. Płytkie wymieszanie liści z glebą i pozostawienie ich części na powierzchni pola spowalnia rozkład materii organicznej, a w konsekwencji jej mineralizację. Wolniejsza mineralizacja, zdaniem autorów, wpływa na zmniejszenie potencjalnego ryzyka wymywania azotu z liści i skutkuje wyższą efektywnością jego wykorzystania. Również Doran [1980] i Alvarez i in. [1995] stwierdzili, że powierzchniowe zagospodarowanie resztek pozbiorowych prowadzi do wolniejszego ich rozkładu i ma większy potencjał do immobilizacji azotu. Vach i in. [2007] informują, że głębokość umieszczenia liści zależy od uprawianej w następstwie rośliny. Dynamika uwalniania składników pokarmowych powinna być dostosowana do potrzeb żywieniowych roślin. W przypadku jęczmienia przeznaczonego na cele browarnicze najkorzystniej liście jest umieścić na głębokości 15 cm, np. za pomocą brony talerzowej. Głębsze ich umieszczenie może wpływać na przesunięcie się w czasie uwalniania azotu z liści, co niekorzystnie może oddziaływać na jakość technologiczną ziarna. Z kolei uprawiając pszenicę, późniejsza mineralizacja zielonej masy może sprzyjać polepszeniu cech technologicznych zboża, szczególnie przeznaczonego do celów konsumpcyjnych. Moraghan i Smith [1994a] prowadząc doświadczenie wazonowe w południowej Dakocie, wykazali, że po równomiernym wymieszaniu liści z glebą azot w znacznej mierze zostaje uwolniony dopiero w połowie maja. Cerkal [2003] w swoich badaniach wyjaśnia, że tempo mineralizacji liści buraczanych zależy głównie od warunków klimatycznych oraz terminu ich przyorania. Przyczynami spowolnienia mineralizacji mogą być długa i mroźna zima oraz sucha i chłodna wiosna. W takich warunkach, jak podają Provazník i in. [2000] oraz Richter i in. [1999], znaczne ilości azotu zostają uwolnione dopiero w fazie strzelania w źdźbło i formowania ziarna, co niekorzystnie może wpłynąć na cechy technologiczne jęczmienia browarnego (zbyt duża zawartość białka w ziarnie), a także powodować wyleganie zboża i sprzyjać występowaniu chorób liści.

2.2.2. Zmiany środowiska glebowego pod wpływem liści buraczanych

Właściwości fizyczne gleby

Podstawowym zagrożeniem gruntów rolnych jest postępująca degradacja fizyczna, która wynika głównie z zagęszczenia i zasklepienia się gleb [Krasowicz i in. 2011]. Doniesienia na temat wpływu liści buraczanych na właściwości fizyczne gleb są nieliczne i niejednoznaczne. W latach suchych liście mogą zwiększać deficyt wody w glebie głównie w wyniku zmniejszenia kapilarnej pojemności wodnej [Zimolka i in. 2001]. Utrudnienia w podsiąku kapilarnym wody spowodowane są wprowadzeniem do gleby całych liści, a zapobiec temu można poprzez ich rozdrobnienie i równomierne rozmieszczenie na polu [Pawlak 1985]. Pokorný i in. [2001] zwracają uwagę, że zmniejszenie wilgotności gleby wynikać może również ze zwiększonego zapotrzebowania na wodę rozkładającej się materii organicznej. Niewątpliwą korzyścią wynikającą z polowego zagospodarowania liści jest natomiast poprawa struktury gleby [Wacławowicz 2007] oraz jej odporność na rozmywające działanie wody [Wacławowicz i in. 2012], a także zmniejszenie gęstości gleby [Zimolka i in. 2001], czego nie potwierdza Wacławowicz [2002a].

Właściwości chemiczne gleby

Materia organiczna jest podstawowym wskaźnikiem oceny jakości gleb, decydującym o jej właściwościach chemicznych i biologicznych. Niestety, w ostatnich latach bilans glebowej materii organicznej ulega niekorzystnym zmianom. Wynika to między innymi ze zwiększenia udziału roślin zbożowych w strukturze zasiewów, zmniejszenia pogłowia zwierząt i pozarolniczego wykorzystania biomasy roślinnej [Krasowicz i in. 2011]. Nawożenie liśćmi umożliwiając powrót składników pokarmowych do gleby, wpływa na utrzymanie ilości próchnicy przynajmniej na stałym poziomie [Davari 1971, Pawlak 1984, Guiot i in. 1990, Kuldkepp 1997, Forstreuter 1999, Stępień 2000, Cerkal 2003]. Odmiennego zdania są natomiast Pokorný i in. [2001], którzy uważają, że wprowadzenie do gleby liści może skutkować obniżeniem zawartości węgla organicznego w glebie. Może to wynikać ze zjawiska „priming effect”, które polega na intensyfikacji rozkładu glebowej materii organicznej w wyniku dostarczenia do gleby znacznej ilości świeżej biomasy organicznej, której obecność sprzyja szybkiemu zwiększeniu aktywności mikrobiologicznej gleby. Podwyższona ilość mikroorganizmów glebowych stymuluje ubytek wcześniej zgromadzonej materii organicznej, co w efekcie może przyczynić się do zmniejszenia zawartości próchnicy glebowej [Fontaine i in. 2003]. Znane są również badania dowodzące braku oddziaływania plonu ubocznego buraka na zawartość próchnicy w glebie [Teesalu i in. 2006].

Zaletą stosowania liści buraczanych jest niewątpliwie zwiększenie zawartości składników pokarmowych w glebie, głównie N, P, K, Ca, Mg i Na [Pawlak 1985, Kuldkepp 1997, Stępień 2000, Waclawowicz 2002a, Cerkal 2003]. Moraghan i Smith [1996] donoszą, że działanie liści w tym względzie jest zbliżone do obornika. Obecność w glebie plonu ubocznego buraka, szczególnie głęboko wprowadzonego do gleby, może prowadzić do jej zakwaszenia [Zimolka i in. 2001]. Wynika to prawdopodobnie z niekorzystnych, beztlenowych procesów rozkładu resztek pozbiorowych buraka. Jednakże, jeśli liście są dobrze rozdrobnione i równomiernie rozrzucone, to ich odpowiednie wymieszanie z glebą może przyczynić się do utrzymania wartości pH na niezmiennym poziomie [Kuldkepp 1997, Pokorný i in. 2001], a nawet sprzyjać jego podwyższeniu, co potwierdzają: Pawlak [1985], Stępień [2000] i Waclawowicz [2002a].

2.2.3. Wpływ liści buraczanych na produktywność zbóż

Poziom plonowania

Rezultatem korzystnych zmian siedliskowych wynikających z wprowadzenia liści buraczanych do gleby jest zazwyczaj poprawa plonowania roślin następczych, choć wielkość przyrostu w znacznym stopniu uzależniona jest od zastosowanej agrotechniki oraz warunków glebo- i klimatycznych. Boguslawski [1995] uprawiając pszenicę ozimą po buraku cukrowym, udowodnił, że plon ziarna wzrasta o 6,6%, jeśli zostaną przyorane liście buraczane. Köhn i Limberg [1996] zanotowali podobną przyrost plonu (7,4%), ale w warunkach uprawy pszenicy po ziemniaku, po zebraniu którego wymieszano z glebą 25 t·ha⁻¹ liści buraka. Jeszcze wyraźniejszy przyrost plonu pszenicy ozimej (o 12,2%) pod wpływem zastosowanego plonu ubocznego buraka wykazali Hege i Krauss [2000]. Z kolei Bischoff [2000] stwierdził, że po przyoraniu liści buraczanych plon pszenicy wzrósł tylko o 1,6% w porównaniu z uzyskanym z poletek nienawożonych tym nawozem. Przybył [1994] dowodzi, że zróżnicowanie plonowania pszenicy ozimej zależy w znacznej mierze od warunków klimatycznych, a zwiększenie masy ziarna pszenicy nawożonej liśćmi buraka waha się od 7,0 do 12,6%. Znaczący wpływ

tego rodzaju nawożenia na wzrost plonowania pszenicy ozimej obserwowali również Davari [1971], Abshahi i in. [1984], Kucińska i Artyszak [1997] oraz Forstreuter [1999].

Ze względu na duże spiętrzenie jesiennych prac polowych rośliną często uprawianą po buraku cukrowym, szczególnie późno zebranych, jest pszenica jara. Pawlak [1984, 1985] twierdzi, że zastosowanie liści buraczanych w uprawie jarej formy pszenicy prowadzi do 10% zwwyżki plonowania. Z kolei Davari [1971] uważa, że wymieszanie resztek pozbiorowych buraka przyczynia się do wzrostu masy ziarna tego zboża o 5,9%. O korzystnym, choć nie zawsze potwierdzonym statystycznie wpływie liści na plonowanie pszenicy jarej, donoszą również Moraghan i Smith [1993, 1996], Kuldkepp [1997], Adamiak i Stępień [1998b], Teesalu i in. [2003], Stępień [2004] oraz Waclawowicz i in. [2005a].

Rośliną uprawianą po buraku cukrowym może być również jęczmień jary przeznaczony na cele browarne. Cerkal i in. [2001] badając różne terminy wprowadzenia do gleby liści buraczanych, stwierdzili, że wyższy plon jęczmienia (o 4,1%) można uzyskać po ich przyoraniu w 3. dekadzie października niż miesiąc później. Z kolei Zimolka i in. [1999] plonotwórcze działanie liści uzależniają od nawożenia azotem. Kiedy go nie stosowano, plon jęczmienia wzrósł o 23,1%, natomiast jeśli zboże dodatkowo nawożono 30 kg N·ha⁻¹, przyrost masy ziarna kształtował się na poziomie 15,6%.

Polowe zagospodarowanie liści nie zawsze jest gwarancją zwwyżki plonowania roślin. Liszewski i Chrzanowska-Drożdż [1995] przyorując plon uboczny buraka, nie tylko nie wykazali istotnego zróżnicowania plonowania jęczmienia jarego, ale zanotowali nawet nieznaczną redukcję masy ziarna po wprowadzeniu do gleby tego nawozu. Autorzy stwierdzili, że składniki pokarmowe dostarczane do gleby wraz z liśćmi nie były dostępne dla rośliny następczej, czego prawdopodobną przyczyną mogło być zbyt głębokie ich umieszczenie w glebie. Podobnie w doświadczeniu przeprowadzonym przez Stępnia [2004] oraz Waclawowicza i in. [2005a] stwierdzono, że przyoranie liści buraka cukrowego pod pszenicę jarą nie powoduje istotnego wzrostu plonu. Hrubý i in. [2000] udowodnili, że wymieszanie liści z glebą może być nawet przyczyną obniżki plonowania zboża, co zdaniem autorów wynikać może z większego ryzyka wylegania roślin nawożonych tym nawozem.

Jakość ziarna zbóż

Polowe zagospodarowanie liści w znacznej mierze oddziałuje również na jakość plonu uprawianych zbóż. O jego wartości decydują szczególnie skład chemiczny ziarna, jego dorodność oraz wiele innych parametrów technologicznych uzależnionych od gatunku rośliny oraz kierunku jej wykorzystania. Wymieszanie z glebą liści buraczanych na ogół przyczynia się do zwiększenia zawartości białka w ziarnie pszenicy, co wpływa na poprawę parametrów konsumpcyjnych i paszowych [Dubetz i in. 1975, Pawlak 1985, Moraghan i Smith 1994b, Przybył 1994, Waclawowicz i in. 2005a]. Niejednoznaczne natomiast są poglądy dotyczące zawartości potasu w plonie głównym pszenicy. Waclawowicz i in. [2005a] twierdzą, że zawartość tego składnika w ziarnie zwiększa się po zastosowaniu liści, z kolei Moraghan i Smith [1993] uważają, że ulega zmniejszeniu. Z opracowań Pawlaka [1985] wynika natomiast, że ten rodzaj nawozu nie oddziałuje na koncentrację K w plonie głównym pszenicy. Rozbieżności te mogą wynikać z „efektu rozcieńczenia”.

Ziarno jęczmienia browarnego musi charakteryzować się odpowiednim składem chemicznym, dlatego technologia wprowadzenia liści do gleby w uprawie tej rośliny nabiera szczególnego znaczenia. Późne uwolnienie azotu z zielonej masy może przyczynić się do

pogorszenia parametrów jakościowych ziarna poprzez niekontrolowany wzrost zawartości w nim białka [Koutná i in. 2003].

Rozbieżne pozostają poglądy dotyczące wpływu liści buraczanych na dorodność ziarna. Z większości dotychczasowych badań wynika, że nawóz ten przyczynia się do zmniejszenia masy tysiąca ziaren [Davari 1971, Pawlak 1985, Hrubý i in. 2000]. Köhn i Limberg [1996] twierdzą natomiast, że liście buraczane mogą sprzyjać istotnemu wzrostu MTZ, ale tylko w warunkach zaniechania nawożenia azotem. Z kolei Adamiak i Stępień [1998b] oraz Waclawowicz i in. [2005a] donoszą, że plon uboczny buraka nie oddziałuje na dorodność ziarna. Przyczynę tych zmian Cerkal i in. [2001] i Koutná i in. [2003] upatrują w terminie zagospodarowania liści. Autorzy udowodnili, że wprowadzenie ich do gleby wczesną jesienią skutkuje zmniejszeniem masy tysiąca ziaren, natomiast późniejsze ich przyoranie nie ma wpływu na ten parametr.

Warunki fitosanitarne

Połowe zagospodarowanie liści buraczanych kształtuje w znaczący sposób warunki fitosanitarne w agrocenozie, ale uzależnione jest to zarówno od płodozmianu, jak i uprawy roli. Jeśli roślinę okopową uprawiamy w krótkich odstępach czasowych, to jej plon uboczny może zwiększyć występowanie chwościka buraka (*Cercospora beticola*) [Nowakowska i in. 2002, Szymczak-Nowak i in. 2007, Górski i Piszczek 2008]. Nasileniu obecności tego patogenu dodatkowo sprzyja zmiana użytkowania liści z paszowego na nawozowe [Schäufele i Wevers 1996]. Dlatego w warunkach częstej uprawy buraków, a co się z tym wiąże zwiększonego występowania chwościka, należy zdaniem Caesar-TonThata i in. [2007] oraz Korbasia i in. [2008] zrezygnować z uproszczeń w uprawie roli, a liście głęboko przyorać.

Podzielone są poglądy dotyczące oddziaływania liści buraka na zdrowotność roślin zbożowych. Płaskowska i Puszczyk [2010] po wymieszaniu z glebą 40 ton liści buraczanych stwierdzili istotne zmniejszenie porażenia pszenicy jarej przez rdzę brunatną (*Puccinia recondita*). Fitosanitarną rolę liści buraka Moraghan i Ananth [1985] uzasadniają dużą zawartością chloru w liściach, który również zdaniem Christensena i Brett [1985] może mieć korzystny wpływ na zdrowotność uprawianej w następstwie pszenicy. Adamiak i in. [2000] donoszą natomiast, że nawóz ten zwiększa występowanie chorób grzybowych, zwłaszcza mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Erysiphe graminis*).

W literaturze niewiele jest prac dotyczących oddziaływania liści buraczanych na zachwaszczenie roślin następczych. Adamiak i Stępień [1998a], Stępień [2004] oraz Waclawowicz i in. [2003] informują, że w łanie pszenicy jarej, pod którą przyorano 40 t·ha⁻¹ liści buraka cukrowego nawożonego słomą i międzyplonem zarówno liczba, jak i masa chwastów uległy zmniejszeniu – jednak zależności te nie zawsze były potwierdzone statystycznie.

2.3. Modyfikacje w uprawie roli

Utrzymanie gleby w pełnej sprawności wymaga dokładnej i terminowo wykonanej uprawy roli. Jest ona jednak najbardziej kosztownym i wymagającym dużych nakładów energetycznych procesem, stąd poszukiwanie możliwości jej upraszczania, aż do całkowitego zaniechania [Dzienia i Sosnowski 1990, Małecka i in. 2004, Kordas 2005, Griffith i Lorencowicz 2006, Białczyk i in. 2008]. Oprócz przyczyn ekonomicznych również konieczność ochrony środowiska wymusza wprowadzenie systemów uprawy roli o zmniejszonej częstotliwości i inten-

sywności stosowanych zabiegów [Podsiadłowski 1995, Kuś i Nawrocki 1998, Rasmussen 1999, Holland 2004, Grandy i in. 2006, Van Den Bossche i in. 2009, Lenart i Sławiński 2010, Cudzik i in. 2011]. W badaniach przeprowadzonych w różnych warunkach glebowo-klimatycznych wykazano, że część zabiegów uprawowych może być pominięta w procesie technologicznym, przez co obniżone zostaną koszty robocizny i energii bez ryzyka znacznego zmniejszenia produktywności roślin [Smagacz 2006, Kordas 2009, Klikocka i in. 2011]. Najczęstszą formą uproszczeń jest spłylenie tradycyjnej orki, zmniejszenie jej częstości i intensywności oraz zastąpienie pługa kultywATOREM, broną talerzową czy też stosowanie wieloczynnościowych agregatów uprawowych.

2.3.1. Oddziaływanie na wybrane właściwości gleby

Modyfikacje w uprawie roli na ogół oddziałują na środowisko glebowe. Uproszczenia najczęściej przyczyniają się do zwiększenia zwięzłości gleby oraz jej gęstości objętościowej, co niewątpliwie ogranicza możliwości rozwoju korzeni i może mieć wpływ na rozwój roślin [Dzienia i in. 1995, Çarman 1997, Riley i Ekeberg 1998, Rasmussen 1999, Piekarczyk i Urbanowski 2001, Hernanz i in. 2002, Głęb i Kulig 2008]. Zmiany te wyraźniej są obserwowane w wierzchniej warstwie, w mniejszym stopniu dotyczą poziomów głębszych [Çarman 1997, Weber 2007]. Redukcja uprawy roli przyczynia się do zróżnicowania warunków wilgotnościowych. Systemy bezorkowe często sprzyjają gromadzeniu wody w glebie [Konopiński i in. 2001, Nowicki i Orzech 2002, Pabin i in. 2003, Kęsik i in. 2006, Lepiarczyk i in. 2007, Czyż i in. 2009, Małecka i in. 2009]. Wyższa wilgotność wynika ze zwiększenia zawartości substancji organicznej i mniejszego napowietrzenia gleb [Pudełko i in. 1994] oraz ograniczonej ewaporacji [Rasmussen 1999] – obserwowana jest zwłaszcza w latach i rejonach o niewielkich opadach [Weber 2007]. Spłylenie uprawy może również wpływać na pogorszenie gospodarki wodnej w glebie [Çarman 1997, Riley i Ekeberg 1998, Jaskulski i Jaskulska 2004, Bujak i Frant 2005, Pranagal 2007]. Zdaniem Bleharczyka i in. [2007] rozbieżności wynikać mogą ze zróżnicowanej głębokości uprawy, terminu wykonania zabiegu oraz czasu oddziaływania uprawy na glebę. Niewątpliwą korzyścią wynikającą z uproszczenia uprawy roli jest poprawa struktury gleby oraz jej odporności na rozmywające działanie wody [Hajabbasi i Hemmat 2000, Pagliai i in. 2004, Álvaro-Fuentes i in. 2008, Šimanský i in. 2008, Daraghmeħ i in. 2009, Kasper i in. 2009, Waclawowicz i in. 2012], choć poglądy na ten temat nie zawsze są jednoznaczne [Çarman 1997, Hernanz i in. 2002].

Sposoby uprawy roli wyraźnie wpływają na jej właściwości chemiczne. Zredukowana uprawa często przyczynia się do obniżenia odczynu gleby [Rasmussen 1999, Idkowiak i Kordas 2004], głównie z racji zakwaszającego działania nawozów azotowych oraz rozkładu resztek roślinnych pozostawionych w znacznej części na powierzchni gleby [Lenart i Sławiński 2010], a także wzrostu aktywności metabolicznej drobnoustrojów [Bielińska i Mocek-Płóćniak 2012]. Poglądów tych nie potwierdzają jednak Šimanský i in. [2008] oraz Cudzik i in. [2011]. Uproszczona uprawa różnicuje także zawartość podstawowych składników odżywczych w glebie, a szczególnie ich rozmieszczenie w powierzchniowej warstwie, co zostało dobrze udokumentowane w literaturze [Riley i Ekeberg 1998, Idkowiak i Kordas 2004, Kraska i Pałys 2004, Bleharczyk i in. 2007, Šimanský i in. 2008, Małecka i in. 2009, Kraska 2011a].

2.3.2. Wpływ na plonowanie i zachwaszczenie

Poglądy na temat wpływu uproszczeń w uprawie roli na plonowanie roślin nie są jednoznaczne. Z większości dotychczasowych badań wynika, że ich zastosowanie może przyczynić się do ograniczenia wysokości plonów roślin zbożowych [Blecharczyk i in. 1999, Kraska 2005, Lepiarczyk i in. 2006, Małecka i Blecharczyk 2005, Frant i Bujak 2007, Biskupski i in. 2009, Kulig i in. 2010, Kraska 2011b, Małecka i in. 2012], co wynikać może m.in. z naruszenia biologicznej równowagi w agroekosystemie [Runowska-Hryńczuk i in. 1999, Płaskowska i in. 2002, Faltyn i Kordas 2009, Twardowski 2010]. W innych badaniach wykazano, że sposób uprawy roli pod pszenicę nie oddziałuje w sposób jednoznaczny na poziom plonowania [Urbanowski i in. 1994, Marks 1998, Piekarczyk i Urbanowski 2001, Białczyk i in. 2008, Kulig i in. 2009, Wesołowski i Cierpiąła 2011]. Maćkowiak [1980] oraz Riley i Ekeberg [1998] uważają, że w warunkach wysokiej kultury gleby i poprawnej agrotechniki głębokość orki nie ma większego znaczenia. Fiszer i in. [2006] porównując tradycyjny i bezorkowy system uprawy pod pszenicę, dowiedli, że plon ziarna w technologii uproszczonej jest o 9,5% wyższy niż w klasycznej. Podobny kierunek zmian wskazali również Arshad i in. [1994], Çarman [1997] i Hrubý i in. [2000]. Rozbieżności w wynikach badań mogą wynikać z wielu przyczyn, do których najczęściej zalicza się warunki glebowe i klimatyczne [McConkey i in. 1996, Biskupski i in. 2007]. Kozłowska-Ptaszyńska [1991] uważa, że pogoda ma większy wpływ na plonowanie pszenicy jarej niż technologia jej uprawy.

Plonowanie zbóż uprawianych w różnych systemach wynikać może również z obecności niepożądanego rośliności towarzyszącej uprawom. Utrzymanie odpowiedniej przestrzeni życiowej poprzez ograniczenie konkurencji ze strony chwastów jest podstawowym warunkiem prawidłowego rozwoju roślin uprawnych. Bezorkowa uprawa roli przyczynia się na ogół do wzrostu występowania chwastów, głównie wieloletnich i jednoliściennych [Piekarczyk i Urbanowski 2001, Dzieńka i in. 2003, Orzech i in. 2003, 2011, Jaskulski i Jaskulska 2004, Sowiński 2004, Frant i Bujak 2006, Ciesielska i Rzeźnicki 2007, Waclawowicz 2009, Kraska 2012]. Jednak na glebach o wysokiej kulturze i w warunkach wzmożonej ochrony herbicydowej uproszczona uprawa nie powoduje wzrostu zachwaszczenia pszenicy [Wesołowski i in. 2010], a nawet może sprzyjać ograniczeniu występowania chwastów [Małecka i in. 2006, Faltyn i Kordas 2009, Woźniak i Haliniarz 2012]. Redukcję dodatkowo może wzmacniać zwiększone nawożenie mineralne [Frant i Bujak 2006, Kraska i Pałys 2006, Giemza-Mikoda i in. 2012]. Zdaniem Sienkiewicza [1984] wysokie nawożenie mineralne oraz chemiczna ochrona roślin skutecznie rekompensują płytszą miąższość poziomu próchnicznego wytworzonego w wyniku ograniczenia uprawy.

2.3.3. Uprawa roli w warunkach wprowadzenia liści buraczanych do gleby

Uprawa roli nabiera szczególnego znaczenia w warunkach zagospodarowania liści buraka cukrowego. W literaturze polskiej brakuje, a obcojęzycznej niewiele jest prac podejmujących temat sposobu ich wprowadzenia do gleby. Davari [1971] i Pawlak [1984, 1985] na podstawie badań prowadzonych w Niemczech stwierdzili, że głębokie i nierównomierne wymieszanie liści z glebą, co ma miejsce po zastosowaniu klasycznej orki przedzimowej, jest niekorzystne ze względu na zmniejszony dostęp tlenu do zielonej masy, a w konsekwencji prowadzi do niezadowolającego przebiegu procesu mineralizacji. Van Den Bossche i in. [2009] wykazali natomiast, że płytkie umieszczenie liści w glebie i pozostawienie ich części na powierzchni

poła spowalnia rozkład materii organicznej. Wolniejsza mineralizacja, zdaniem autorów, zapobiega stratom azotu i wpływa na lepsze jego wykorzystanie przez rośliny uprawne. Songin [1998] uważa za istotne, aby rozkład biomasy odbywał się przy dostatecznym dostępie powietrza. Efekt ten można uzyskać poprzez płytkie (5–10 cm) jej wymieszanie z glebą. Autor ten dowodzi, że głębsze wprowadzenie zielonej masy powoduje wolną mineralizację, a w nie sprzyjających warunkach fermentację, co zwykle prowadzi do zakwaszenia gleby.

Alternatywą może być pozostawienie liści buraczanych na powierzchni pola w postaci mulczu. Jest to podstawowy zabieg w uprawie konserwującej, której zadaniami są zapobieganie erozji wodnej i wietrznej oraz wymywaniu azotanów, poprawa właściwości fizycznych gleby, polepszanie korzenienia się roślin, zwiększenie aktywności biologicznej gleby oraz zmniejszenie kosztów uprawy [Duer 1996, Zimny 1999, Holland 2004, Dzienia i in. 2006, Kęsik i in. 2006, Van Den Bossche i in. 2009]. Mulcz zabezpiecza także rolę przed nadmiernym osiadaniem podczas zimy, dzięki czemu stwarza się odpowiednie warunki do kiełkowania i wschodów roślin następczych [Konopiński i in. 2001, Kęsik i in. 2006]. Taki sposób zagospodarowania nawozów organicznych umożliwia również regulację temperatury gleby dzięki zatrzymaniu ciepła oraz zwalczanie chwastów poprzez blokowanie promieniowania słonecznego potrzebnego im do wzrostu [Hembry i Davies 1994, Małecka i in. 2003, Głowacki i in. 2006, Płaza i Ceglarek 2007, Miziniak 2009].

2.4. Znaczenie nawożenia azotem

2.4.1. Zmiany w środowisku glebowym

Informacje dotyczące zmian właściwości chemicznych gleby pod wpływem nawozów azotowych są niejednoznaczne. Nawozy te poprzez zintensyfikowanie procesu mineralizacji substancji organicznej mogą przyczyniać się do zmniejszenia zawartości węgla organicznego w glebie [Janowiak 1995, Janowiak i Spychaj-Fabisiak 2006] albo przeciwnie – poprzez wzrost akumulacji materii roślinnej sprzyjają zwiększeniu zawartości C org. [Stępień 2000, Waclawowicz i Parylak 2004]. Przyczyna tych sprzeczności, zdaniem Łoginowa i in. [1991] oraz Wiśniewskiego i in. [1986], wynika z zawartości materii organicznej w glebie. W warunkach jej niedoboru nawożenie azotem sprzyja akumulacji próchnicy, natomiast po zastosowaniu nawożenia organicznego powoduje rozkład substancji organicznej i w konsekwencji zmniejszenie zawartości węgla w glebie. Dodatkowo kierunek tych zmian w dużym stopniu uzależniony jest od warunków glebowych i klimatycznych [Myśków 1984, Koszański i in. 1995, Janowiak i Murawska 1999].

Rozbieżne poglądy dotyczą również wpływu nawożenia azotem na zawartość podstawowych składników pokarmowych znajdujących się w glebie [Sienkiewicz i in. 2004, Janowiak i in. 2005, Rabikowska i Piszcz 2005, Szymańska i in. 2005, Waclawowicz 2008]. Częściej spotyka się natomiast zbieżne doniesienia o zakwaszającym środowisku glebowe oddziaływaniu nawozów azotowych [Wiśniewski i in. 1986, Haynes i Naidu 1998, Rabikowska i Piszcz 2000, Liebig i in. 2002, Janowiak i in. 2005, Janowiak i Spychaj-Fabisiak 2006].

Właściwości fizyczne gleb zależą w niewielkim stopniu od nawożenia azotem [Intrawech i in. 1982, Darusman i in. 1991, Waclawowicz 2002a, 2008, Wojciechowski 2009]. Jedynie w latach suchych nawożenie to może wpłynąć na znaczne obniżenie zapasu wody w glebie. Wynika to z większej powierzchni asymilacyjnej roślin dobrze odżywionych azotem, a co

się z tym wiąże, intensywniejszego procesu transpiracji [Koszański i in. 1995]. Wskaźniki struktury roli na ogół w nieznacznym stopniu są kształtowane pod wpływem nawożenia azotem [Dapaah i Vyn 1998, Waclawowicz i Tendziagolska 2008, Wojciechowski 2009]. Jednak w badaniach Waclawowicza i in. [2012] oraz Šimanský'ego i in. [2008] wykazano negatywne oddziaływanie nawozów azotowych na parametry struktury gleby. Haynes i Naidu [1998] wyjaśniają, że rozmywająco na strukturę gleby działa szczególnie azot zastosowany w formie amonowej.

2.4.2. Poziom plonowania

Podstawowym czynnikiem agrotechnicznym kształtującym ilość i jakość plonów jest nawożenie azotem. Niedobór azotu powoduje ograniczenie wzrostu i rozwoju roślin, a nadmiar może przyczyniać się do rozwoju chorób grzybowych i wylegania łanu [Borkowska i in. 2002, Płaskowska i Pusz 2010]. Ponadto wysoka podaż azotu często prowadzi do pogorszenia cech jakościowych ziarna [Achremowicz i in. 1993]. Zbyt intensywne nawożenie azotem sprzyja także zatrzymywaniu wody w komórkach roślin, co w efekcie opóźnia dojrzewanie pszenicy [Podolska 2009]. W konsekwencji, w obydwu przypadkach, nieodpowiednia dawka azotu może wpływać na redukcję plonu. Azot niepobrany przez rośliny uprawne wywiera także istotne oddziaływanie na liczbę oraz jakościową selekcję mikroorganizmów glebowych. Zmiany te prowadzić mogą do zachwiania równowagi biologicznej, co może przyczynić się do degradacji gleby i pogorszenia plonowania roślin [Barabasz i in. 2002]. Ponadto nadmierne nawożenie N powoduje straty tego pierwiastka w formie gazowej do atmosfery oraz w formie azotanów do wód powierzchniowych i gruntowych, co stanowi nie tylko stratę finansową, ale także stwarza zagrożenie ekologiczne [Kocoń 2005, Olf s i in. 2005]. Badania środowiskowe prowadzone we wschodniej Polsce wykazały, że dawka azotu powyżej 121 kg·ha⁻¹ wpływa na istotne zwiększenie koncentracji azotanów, co wskazuje na możliwość wymycia N w głąb profilu glebowego [Dresler i in. 2011].

W literaturze naukowej udowodniono ścisły związek pomiędzy wysokością plonów pszenicy jarej a poziomem nawożenia azotem. Dawka tego składnika uzależniona jest od wielu czynników. Oprócz warunków glebowo-klimatycznych, odmiany, przedplonu, kierunku użytkowania, podziału na dawki czy nawet sposobu uprawy [Sylvester-Bradley i Shepherd 1997, Sułek i in. 2004, Małecka i Blecharczyk 2005, Woźniak 2009, Buczek i in. 2011, Cacak-Pietrzak i in. 2011, Kołodziejczyk i in. 2012a] może zależeć ona także od obecności i rodzaju nawozów organicznych [Moraghan i Smith 1994b, Sienkiewicz i in. 2005, Waclawowicz i in. 2005a, Janowiak i Spychaj-Fabisiak 2006, Nyangani 2010]. Na podstawie wielu doświadczeń przeprowadzonych w różnych warunkach wykazano, że optymalna dawka azotu w uprawie pszenicy jarej waha się w szerokich granicach – nie powinna jednak przekraczać 150–160 kg N·ha⁻¹ [Mazurek i Kuś 1991, Fotyma 1997, Borkowska i in. 2002, Gąsiorowska i Makarewicz 2004, Waclawowicz i in. 2005a, Kołodziejczyk i in. 2012a].

W optymalizacji nawożenia azotem pszenicy jarej istotną rolę oprócz określenia dawki odgrywa również termin jej zastosowania [Bly i Woodard 2003, Sułek i Podolska 2008]. W praktyce rolniczej w zależności od wysokości dawki, kierunku użytkowania roślin uprawnych oraz przebiegu pogody wyróżnia się najczęściej dwa lub trzy okresy nawożenia azotem. Pierwszą dawkę azotu stosuje się przedsejwnie – wpływa ona korzystnie na krzewistość i stopień różnicowania się elementów kłosa oraz jego wykształcenie. Drugą dawkę aplikuje się w fazie strzelania w źdźbło. Azot w tym okresie zapobiega redukcji elementów kłosa, co

umożliwia uzyskanie dużej liczby ziaren w kłosie. Sprzyja także zwiększeniu powierzchni asymilacyjnej liści, w konsekwencji przyczyniając się do intensyfikacji procesu fotosyntezy. Trzecia dawka azotu, która powinna być zastosowana w okresie od rozwinięcia liścia flagowego do dojrzałości młecznicy, utrzymuje sprawność aparatu asymilacyjnego oraz wpływa na dobre wypełnienie ziarna i zawartość w nim białka [Mazurek i in. 1999, Wróbel 1999, Kocoń 2005, Sułek i Podolska 2008].

System nawożenia azotem powinien mieć charakter otwarty. Celowość zastosowania kolejnej dawki N oraz jej wielkości uzależniona powinna być od przebiegu pogody i kondycji łanu. Pomocne przy podejmowaniu decyzji są glebowe i roślinne testy. Do ustalenia pierwszej dawki N najbardziej przydatny jest test azotu mineralnego (N-min.), natomiast w celu określenia drugiej i trzeciej dawki azotu zaleca się wykorzystanie testów roślinnych (NNI oraz SPAD) [Fotyma 2000, Fotyma i Bezdusznik 2000, Singh i in. 2002, Olf s i in. 2005, Pecio 2005, Lorène i Jeuffroy 2007]. Dawka azotu stosowanego pod pszenicę jarą uprawianą po buraku zależy od jakości wprowadzonych do gleby liści buraczanych, ta z kolei skorelowana jest z ich barwą. W związku z tym, wsparciem przy określeniu nawożenia azotem stosowanego w warunkach zagospodarowania liści może być również teledetekcja [Moraghan 1998, Sims i in. 2002, Franzen 2004, Beeri i in. 2005].

Nawożenie azotem jest nie tylko najsilniej działającym czynnikiem plonotwórczym, odgrywa także szczególną rolę w kształtowaniu parametrów technologicznych ziarna, głównie pszenic konsumpcyjnych. Wprawdzie zawartość substancji białkowych jest cechą odmianową, ale zależy również od warunków klimatycznych i glebowych oraz stosowanych zabiegów agrotechnicznych [Sułek i Cacak-Pietrzak 2008]. Powszechnie uważa się, że w miarę wzrostu dawek N zwiększają się zawartość oraz jakość białka i glutenu mokrego w ziarnie pszenicy. Poprawiają się parametry technologiczne, tj. wskaźnik sedymentacji, szklistość ziarna, właściwości reologiczne, a w efekcie objętość pieczywa [Nowak i in. 2004, Ralcewicz i Knapowski 2004, Sułek i Podolska 2008, Wojciechowski 2009, Woźniak 2009]. Azot pochodzący z nawozów mineralnych może jednak ujemnie wpłynąć na wartość przemiałową i wypiekową ziarna [Achremowicz i in. 1995, Guttieri i in. 2005]. Rozbieżności te mogą wynikać z właściwości genetycznych pszenicy. W niektórych odmianach wysokie dawki azotu poprawiają jej parametry technologiczne, w innych – pogarszają [Mazurkiewicz i Bojarczyk 2004].

2.4.3. Współdziałanie nawożenia azotowego i organicznego

Pomimo istotnych korzyści wynikających z nawożenia azotem nie jest ono wystarczające do utrzymania gleby w stanie należytej żyzności, a zwłaszcza zachowania dodatniego bilansu substancji organicznej. Z kolei wyłączone nawożenie naturalne i organiczne nie gwarantuje uzyskania wysokich plonów. Wielu badaczy wskazuje na zwiększoną efektywność wykorzystywania nawożenia mineralnego w obecności nawozów organicznych [Abshahi i in. 1984, Suwara i in. 1993, Zimolka i in. 1999, Mercik i in. 2000, Wojciechowski 2009, Nyangani 2010]. Na glebach nawożonych organicznie nawozy mineralne są zazwyczaj przez rośliny lepiej pobierane, a ta ich część, która w danym sezonie nie jest wykorzystana, w znacznej mierze podlega sorpcji biologicznej, chemicznej lub fizycznej, a więc pozostaje w glebie dla roślin przychodzących w latach następnych [Songin 1988]. Łączne stosowanie nawozów organicznych i azotu mineralnego sprzyja korzystnym zmianom chemicznych właściwości gleb [Szagała i in. 1984, Łoginow i in. 1988, Sienkiewicz i in. 1999, Stanisławska-Głubiak i Korzeniowska 2005], prowadzi również do zwiększenia poziomu biomasy żywych mikroorganizmów w glebie [Beck

i in. 1994], zapobiega osłabieniu trwałości struktury roli [Lenart 1999, Suwara i Szulc 2011], a także łagodzi lub niweluje rozwój szkodliwych czynników biotycznych, zmęczenia i degradacji gleby powodowanych uproszczeniem zmianowania [Cwojdzński i Majcherczak 1996]. Zgodnie z zasadami rolnictwa integrowanego dawki nawozów azotowych powinny odpowiadać potrzebom pokarmowym roślin z uwzględnieniem ilości azotu pochodzącego z nawozów organicznych, opadu atmosferycznego i wiązanego biologicznie [Duer i in. 2004].

Wyniki badań dowodzą także relacji odwrotnych między nawożeniem organicznym i mineralnym. Obserwuje się korzystniejsze działanie wniesionej masy organicznej w warunkach ograniczonych dawek NPK [Łoginow i in. 1991]. Nawozy organiczne lepiej działają, gdy towarzyszy im właściwie dobrane, zwykle zmniejszone, nawożenie azotem [Szagała i in. 1984, Łoginow i in. 1991]. Bischoff [1990] i Bogusławski [1995] twierdzą, że nawożenie liśćmi buraka cukrowego jest szczególnie efektywne, jeżeli zastosowano niższy poziom nawożenia azotem w roślinie następczej. Zdaniem Köhna i in. [2000] liście buraczane stosowane łącznie z wysokim nawożeniem azotowym mogą wręcz powodować niewielką obniżkę plonu ziarna pszenicy ozimej.

3. CEL BADAŃ

Hipoteza badawcza zakłada, że wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego wywołuje szereg zmian zarówno w siedlisku pola uprawnego, jak i w produktywności pszenicy. Przypuszcza się, że polowe zagospodarowanie plonu ubocznego buraka pozwoli ograniczyć ilość stosowanych nawozów azotowych. Warunkiem spożytkowania azotu zawartego w liściach buraczanych przez pszenicę jest jednak prawidłowy sposób ich wprowadzenia do gleby.

Prac podejmujących problematykę wykorzystywania liści buraczanych jako nawozu organicznego w warunkach glebowo-klimatycznych Polski jest niewiele. Głównie spotyka się porady w czasopismach popularnonaukowych lub poradnikach rolniczych. Celowe zatem wydaje się poszerzenie wiedzy naukowej na temat wpływu masy liści buraka cukrowego na właściwości gleby oraz produktywność pszenicy jarej.

- Niezmiernie ważnym zagadnieniem, szczególnie w warunkach dostarczenia liści do gleby, jest uprawa roli. Badania wskażą, który z proponowanych czterech sposobów polowego zagospodarowania liści buraczanych, poczynawszy od ich głębokiego przyorania ziemią, co jest najbardziej powszechnym zabiegiem w praktyce rolniczej, aż do ich pozostawienia w postaci mulczu do wiosny, jest najlepszy z punktu zachowania sprawności gleby.
- Celem przeprowadzonego eksperymentu jest również poznanie reakcji pszenicy jarej na zastosowanie różnych sposobów dostarczenia nawozu organicznego do gleby. Oceniony zostanie wpływ wykorzystania przedplonowych liści buraczanych na wzrost, rozwój, plonowanie oraz jakość technologiczną pszenicy jarej.
- Zgodnie z założeniami rolnictwa zrównoważonego nawożeniu organicznemu powinno towarzyszyć ograniczenie ilości stosowanych nawozów azotowych. Rezultaty badań pozwolą określić, czy wprowadzenie do gleby liści buraczanych i który wariant ich polowego zagospodarowania umożliwi ograniczenie zużycia nawozów azotowych, co ma znaczenie nie tylko ekonomiczne, ale również ekologiczne.
- Zaletą nawozów organicznych jest ich działanie w kolejnych latach po zastosowaniu. Zakłada się, że w zależności od sposobu wprowadzenia liści buraczanych do gleby ich wpływ na kolejne rośliny w zmianowaniu jest różny. Dlatego celem pracy jest także ocena następnego oddziaływania plonu ubocznego buraka na wzrost i plonowanie jęczmienia jarego.

4. MATERIAŁ I METODY

4.1. Opis doświadczeń

4.1.1. Doświadczenie polowe

Eksperyment polowy założono jesienią 2004 r. w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Akademii Rolniczej (obecnie Uniwersytetu Przyrodniczego) we Wrocławiu. Zasadnicze badania przeprowadzono w latach 2005–2007, opierając się na ścisłym trzyczynnikowym doświadczeniu polowym zlokalizowanym na glebie średniej. Zostało ono założone metodą losowanych podbloków (split-split-plot) w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 18 m² (łącznie 96 poletek).

Przedplonem dla pszenicy jarej był w każdym roku burak cukrowy. Przed jego wysiewem wprowadzono do gleby 5 t·ha⁻¹ słomy pszennej wraz z 50 kg·ha⁻¹ azotu, a następnie przyorano międzyplon ścierniskowy z gorzycy białej. Po zbiorze korzeni buraka, corocznie na wybranych poletkach, rozrzucono uprzednio rozdrobnione liście buraczane w dawce 40 t·ha⁻¹, to jest około 5,7 t s.m.·ha⁻¹ (fot. 1). Wraz z liśćmi dostarczono do gleby średnio 189 kg N, 16 kg P i 211 kg K.

Czynnikami pierwszego rzędu był sposób uprawy roli uwzględniający uprawę przedzimową i przedsięwną wiosenną (tab. 1). W eksperymencie analizowano cztery jej warianty. Po zbiorze buraka cukrowego w uprawie przedzimowej zastosowano orkę na głębokość 25 cm (obiekt A), orkę płytką – 15 cm (obiekt B), talerzowanie (obiekt C) lub zrezygnowano z uprawy jesiennej, pozostawiając na wybranych poletkach liście buraczane na powierzchni pola w postaci mulczu (obiekt D) (fot. 2). Na obiekcie tym wiosną mulcz z liści buraczanych wymieszano z glebą za pomocą kultywatora o zębach sztywnych, a na pozostałych obiektach (A, B i C) wiosenną uprawę przedsięwną ograniczono do bronowania.

Drugim czynnikiem badawczym była obecność liści buraczanych. Na wybranych poletkach zastosowano je w ilości 40 t·ha⁻¹ świeżej masy (obiekt II) lub zrezygnowano z nawożenia organicznego (obiekt I).

Czynnikiem trzecim było zróżnicowane nawożenie azotem: 50 kg N·ha⁻¹ (obiekt 1), 75 kg N·ha⁻¹ (obiekt 2) i 100 kg N·ha⁻¹ (obiekt 3). W zależności od dawki nawóz aplikowano w jednym, dwóch lub trzech terminach: I – przed siewem pszenicy, II – w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 31–32), III – w czasie kłoszenia się roślin (BBCH 51–52).

Nawozy fosforowe, potasowe i wapniowe dostarczono według zasobności gleby. Pozostałe zabiegi agrotechniczne wykonano zgodnie z obowiązującymi zaleceniami. Pszenica jara odmiany Jasna została wysiana w ilości zapewniającej obsadę roślin 500 szt.·m⁻².

Tabela 1
Table 1

Schemat doświadczenia polowego
Scheme of field experiment

Czynnik I – sposób uprawy roli:
Factor I – method of tillage:

Obiekt Treatment	Uprawa przedzimowa Pre-winter tillage	Uprawa przedsiewna Pre-sowing tillage
A	orka głęboka 25 cm deep plowing 25 cm	bronowanie harrowing
D	orka płytka 15 cm shallow plowing 15 cm	bronowanie harrowing
C	talerzowanie disking	bronowanie harrowing
D	bez uprawy* no-tillage	kultywatorowanie cultivating

* liście buraczane pozostawione na powierzchni pola w postaci mulczu
sugar beet leaves left on the field surface as a mulch

Czynnik II – obecność liści buraczanych:
Factor II – presence of sugar beet leaves:

Obiekt Treatment	Zastosowanie liści Application of leaves
I	nie – no
II	tak – yes (40 t·ha ⁻¹)

Czynnik III – poziom nawożenia azotem:
Factor III – level of nitrogen fertilization:

Obiekt Treatment	Dawka N [kg N·ha ⁻¹] Rate of N
1	50
2	75 (50+25)
3	100 (50+25+25)



Fot. 1. Doświadczenie polowe (fot. Waclawowicz R.)
 Phot. 1. Field experiment (phot. Waclawowicz R.)



Fot. 2. Doświadczenie polowe – uprawa roli: A – orka głęboka, B – orka płytka,
 C – talerzowanie, D – bez uprawy jesiennej (fot. Waclawowicz R.)
 Phot. 2. Field experiment – tillage: A – deep plowing, B – shallow plowing,
 C – disking, D – without fall tillage (phot. Waclawowicz R.)

4.1.2. Doświadczenie wazonowe

Trzyczynnikowe doświadczenie założono w wazonach Wagnera w 4 powtórzeniach metodą serii niezależnych. Ze względów organizacyjnych badania realizowano po pierwszym i trzecim roku wcześniej założonego doświadczenia polowego, to jest w 2006 i 2008 r. Glebę do wazonów pobrano wiosną z warstwy 0–25 cm, z poletek na których rok wcześniej uprawiano pszenicę jarą nawożoną $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Czynnikiem pierwszego rzędu był następczy wpływ czterech sposobów uprawy roli zastosowanych pod przedplon (pszenica jara). Drugim czynnikiem badawczym była obecność liści buraka cukrowego zastosowanych pod przedplon, natomiast trzecim czynnikiem było zróżnicowane nawożenie azotem. Azot (w formie saletry amonowej) stosowano w dawkach: $0,5 \text{ g N}\cdot\text{wazon}^{-1}$ (obiekt 2) i $1,0 \text{ g N}\cdot\text{wazon}^{-1}$ (obiekt 3). Na obiekcie kontrolnym nie wnoszono do gleby nawozu azotowego (obiekt 1). Niższą z zastosowanych dawek azotu aplikowano w fazie 3. liścia (BBCH 13), natomiast wyższą podzielono na dwie części: pierwszą ($0,5 \text{ g N}\cdot\text{wazon}^{-1}$) dostarczono w fazie 3. liścia (BBCH 13), a drugą ($0,5 \text{ g N}\cdot\text{wazon}^{-1}$) w fazie 2. kolanika (BBCH 32).

Rośliną testową był jęczmień jary odmiany Widawa, który wysiano w ilości 30 ziarniaków na wazon, a po ustabilizowaniu się roślin po wschodach (BBCH 12–13) obsada została doprowadzona do 18 roślin-wazon⁻¹ (fot. 3). Przez cały sezon wegetacyjny w wazonach utrzymywano wilgotność gleby na poziomie 60% maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej.



Fot. 3. Doświadczenie wazonowe (fot. Waclawowicz R.)
Phot. 3. Pot experiment (phot. Waclawowicz R.)

4.2. Zakres i metodyka badań

W doświadczeniu polowym badaniami objęto środowisko glebowe, zachwaszczenie łąnu oraz roślinę uprawną (pszenica jara), natomiast w eksperymencie wazonowym wyłącznie roślinę testową (jęczmień jary).

Pomimo zróżnicowanych warunków meteorologicznych w poszczególnych latach realizacji doświadczeń wpływ badanych czynników na właściwości gleby i produktyjność roślin był na ogół zbliżony. Z tego względu wyniki badań przedstawiono jako średnie z lat 2005–2007 dla doświadczenia polowego oraz średnie z roku 2006 i 2008 dla eksperymentu wazonowego.

Większość wyników badań poddano analizie wariancji. Różnice graniczne określono przez zastosowanie testu Tukeya przy poziomie ufności $\alpha = 0,05$. Wyliczono także współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem ziarna a wybranymi cechami plonotwórczymi pszenicy jarej. Analizę indywidualnego wkładu oraz udziału poszczególnych elementów składowych plonu w różnicowaniu plonowania pszenicy wykonano, opierając się na metodzie Rudnickiego [2000].

Właściwości fizyczne i chemiczne gleby

Wilgotność, porowatość ogólną oraz gęstość objętościową gleby określono dwukrotnie: w fazie krzewienia pszenicy (BBCH 21–23) oraz w okresie jej zbioru (BBCH 89) przy użyciu cylinderek o pojemności 100 cm³. Badania wykonano w warstwach 5–10, 10–15 i 20–25 cm w dwóch powtórzeniach na każdym poletku. W tych samych terminach oceniono także trwałość struktury roli w warstwach 0–10, 10–20 i 20–30 cm – metodą separacji na sucho i na mokro. Średnie próbki obiektowe (o masie 500 g) po doprowadzeniu do stanu powietrznie suchego rozdzielono na zestawie sit o średnicy oczek 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 i 10,0 mm i określono procentowy udział każdej frakcji agregatów. Na tej podstawie wyliczono wskaźnik struktury (W) według wzoru:

$$W = \frac{\% \text{ udział masy agregatów o średnicy } 1\text{--}10 \text{ mm}}{\% \text{ udział masy agregatów o średnicy } >10 \text{ mm i } < 0,25 \text{ mm}}$$

Wodoodporność agregatów glebowych oznaczono metodą separacji na mokro w aparacie Bakszejewa, o zestawie sit o średnicach 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 i 7,0 mm. Badania wykonano na 50-gramowych próbkach, uzyskanych z zachowaniem procentowego udziału poszczególnych frakcji. Po wysuszeniu i zważeniu pozostałości agregatów określono procentowy udział poszczególnych frakcji. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia średniej ważonej średnicy agregatu (MWDg) i wskaźnika wodoodporności (Wod), gdzie:

$$\text{Wod} = \frac{\text{MWDg}}{\text{MWDa}} \cdot 100 (\%)$$

W terminie krzewienia pszenicy oraz w okresie jej dojrzałości pełnej, na średnich próbkach obiektowych w warstwie 0–25 cm określono podstawowe właściwości chemiczne. Wartość pH gleby oznaczono potencjometrycznie w 1 M roztworze KCl, zawartość węgla organicznego – metodą Westerhoffa, azotu ogólnego – metodą Kjeldahla w modyfikacji Parnas-Wagnera oraz przyswajalnych form fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma.

Zachwaszczenie łąnu

Zachwaszczenie łąnu pszenicy określono w dwóch terminach: wiosną w fazie krzewienia pszenicy (przed zabiegiem herbicydowym) metodą ilościowo-jakościową za pomocą ramki na powierzchniach próbnych 0,2 m² w dwóch powtórzeniach na każdym poletku oraz tuż przed zbiorem rośliny uprawnej metodą ilościowo-wagową, wykorzystując ramkę otwartą o powierzchni 0,5 m² w czterech powtórzeniach.

Rozwój i plonowanie pszenicy jarej (doświadczenie polowe)

Wschody pszenicy jarej oceniono cztery tygodnie po siewie na podstawie liczby roślin na 1 mb w 4 rzędach na poletku. Indeks liściowy LAI oznaczono w fazie kwitnienia zboża (BBCH 61–65) za pomocą miernika LAI-2000 w pięciu powtórzeniach na poletku.

W fazie dojrzałości pełnej pszenicy jarej plony ziarna zebrano kombajnem zbożowym. Jednak w celu zapewnienia większej dokładności pomiarów dodatkowo ustalono je z powierzchni próbnych, pobranych z czterech sąsiadujących ze sobą rzędów na długości 1 mb w dwóch powtórzeniach na poletku. Na ich podstawie określono liczbę kłosów z 1 m² oraz plonowanie pszenicy jarej. Pomiarów biometryczne i cechy plonotwórcze wykonano na 25 reprezentatywnie wybranych roślinach. Określono krzewienie produktywne, długość źdźbeł i kłosów, liczbę i masę ziarna z kłosa oraz masę 1000 ziaren.

W ziarnie oraz słomie badanego zboża oznaczono zawartość azotu (metoda Kjeldahla), fosforu – metodą kolorymetryczną oraz potasu – metodą fotometrii płomieniowej. Zawartość białka podano z wyliczenia ($N \times 5,7$).

Rozwój i plonowanie jęczmienia jarego (doświadczenie wazonowe)

W doświadczeniu wazonowym określono dynamikę wschodów w 7., 8. i 11. dniu po siewie jęczmienia. W fazie 2. kolanka (BBCH 32) oceniono rozwój zboża poprzez oznaczenie suchej masy roślin, w tym celu z każdego wazonu pobrano po 3 rośliny. W terminie kwitnienia (BBCH 61–65) zeskanowano liść flagowy z trzech roślin z każdego wazonu, po czym wykorzystując program komputerowy CompuEve, Leaf & Symptom Area, wykonano pomiar powierzchni liścia flagowego. W terminie zbioru jęczmienia z każdego wazonu oznaczono: masę ziarna i słomy oraz podstawowe elementy struktury plonu (krzewienie produktywne, liczbę i masę ziarna z kłosa, masę 1000 ziaren). Pomiarów prowadzono na wszystkich roślinach z wazonu.

W próbkach suchej masy roślin zebranych w fazie 2. kolanka oraz w ziarnie jęczmienia oznaczono zawartość azotu metodą Kjeldahla, a także fosforu i potasu po uprzednim rozpuszczeniu popiołu w stężonym KCl odpowiednio metodą kolorymetryczną i metodą fotometrii płomieniowej.

Efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu

Ustalając optymalne nawożenie azotem, należy uwzględnić efektywność rolniczą, fizjologiczną oraz pobieranie i wykorzystanie N z nawozów. Wskaźniki te pozwalają na określenie zdolności rośliny do przetwarzania pobranego azotu na plon użytkowy. Mnożąc plon suchej masy ziarna przez zawartość azotu, ustalono pobranie tego składnika z plonem głównym i ubocznym. Na tej podstawie wyliczono mierniki [Delogu i in. 1998, Fotyma 1999, Podgórska-Lesiak i in. 2011]:

$$\text{Efektywność rolnicza (A}_E\text{) nawożenia azotem} = \frac{YZx - YZy}{x - y}$$

$$\text{Efektywność fizjologiczna (P}_E\text{)} = \frac{YZx - YZy}{PNx - PNy}$$

$$\text{Współczynnik wykorzystania azotu (ARF)} = \frac{A_E}{P_E}$$

$$\text{Wskaźnik efektywności wykorzystania azotu (NUE)} = \frac{YZ}{PN}$$

$$\text{Indeks żniwny azotu (NHI)} = \frac{PNZ}{PN}$$

gdzie:

YZx – plon ziarna (wyrażony w s.m.) po zastosowaniu wyższej dawki azotu,

YZy – plon ziarna (wyrażony w s.m.) po niższej dawce azotu,

x – wyższa dawka azotu,

y – niższa dawka azotu,

PNx – pobranie azotu przez roślinę po wyższej dawce azotu,

PNy – pobranie azotu przez roślinę po niższej dawce azotu,

YZ – plon ziarna,

PN – pobranie azotu z plonem ziarna i słomy,

PNZ – pobranie azotu z plonem ziarna.

Wartość technologiczna ziarna

Ocenę wartości technologicznej ziarna przeprowadzono na podstawie metod pośrednich i bezpośrednich. Wartość przemiałowa została określona metodami pośrednimi na podstawie cech fizycznych ziarna: gęstości zboża w stanie zsypanym za pomocą wagi hektolitrowej (PN-ISO 7971-2) oraz szklistości ziarna, wykorzystując farinotom (PN-70/R-74008). Aktywność alfa-amylazy ziarna pszenicy wyznaczono metodą pomiaru liczby opadania według Hagberga-Pertena (PN-ISO 3093). Ziarno zmielono w młynku laboratoryjnym Quadrumat Senior. Właściwości wypiekowe mąki oceniono metodami pośrednimi na podstawie zawartości białka ogółem metodą Kjeldahla (PN-75/A-04018) oraz wskaźnika sedymentacji metodą Zeleny'ego (PN-ISO 5529). Określono również wydajność i rozplywalność glutenu mokrego (PN-77/A-74041). Jakość pieczywa wyrażoną objętością chleba oznaczono w sposób bezpośredni przez wypiek laboratoryjny metodą Biskupskiego [Karolini-Skaradzińska i in. 2001].

Uproszczona ocena ekonomiczna

Wartość produkcji pszenicy jarej ustalono na podstawie rynkowej wartości ziarna oraz dotacji (jednolite płatności obszarowe + uzupełniające płatności obszarowe). Nie uwzględniono natomiast wartości słomy ze względu na jej wykorzystanie poza obrotem rynkowym. Nadwyżkę bezpośrednią wyliczono według metodologii obowiązującej w Unii Europejskiej [Augustyńska-Grzymek 2000], na podstawie której wartość produkcji z 1 hektara pomniejszono o koszty bezpośrednie poniesione na wytworzenie tej produkcji. W celu określenia dochodu rolniczego (nadwyżka bezpośrednia pomniejszona o koszty pośrednie) wyliczono koszty

pośrednie, które obejmują m.in. prace maszyn własnych, podatki i ubezpieczenia. W ocenie efektywności ekonomicznej przedstawiono również plon równoważący koszty bezpośrednie oraz koszty ogółem. W analizie ekonomicznej uwzględniono ceny opracowane w DODR we Wrocławiu, obowiązujące w 2007 r.

4.3. Warunki glebowe

Doświadczenie polowe w pierwszym i drugim roku badań założono na madzie czarnoziemnej z cechami brunatnienia wytworzonej z gliny spiaszczonej na utworze piasku gliniastego lekkiego, a w trzecim roku na czarnoziemnej z cechami brunatnienia wytworzonej z piasku gliniastego mocnego na utworze piasku słabo gliniastego. Glebę z pierwszego i drugiego roku doświadczenia zalicza się do kompleksu żytniego bardzo dobrego (klasa IIIb), a z ostatniego roku doświadczenia do kompleksu żytniego dobrego (klasa IVa).

Glebę z tych pól wykorzystano również w doświadczeniu wazonowym. Pobrano ją po pierwszym i trzecim roku realizacji doświadczenia polowego z każdego poletka, po czym próby te uśredniono.

4.4. Warunki agrometeorologiczne

Przebieg pogody w czasie realizacji doświadczenia określono na podstawie danych pochodzących ze Stacji Agrometeorologicznej Swojec należącej do Katedry Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (tab. 2). W celu lepszego zobrazowania warunków klimatycznych wyliczono również współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa [Radomski 1987], który pozwala na wskazanie okresów niekorzystnych dla wegetacji roślin (rys. 1).

Warunki pogodowe w poszczególnych latach były zróżnicowane i miały znaczący wpływ na realizację doświadczenia i plonowanie pszenicy jarej.

Według Dzieżyca i in. [1987] optymalna suma opadów dla pszenicy jarej uprawianej na glebie średniej w zlewni górnej Odry wynosi 253 mm, przy czym istotne znaczenie ma odpowiedni rozkład opadów w czasie wegetacji. W kwietniu roślina najkorzystniej się rozwija, jeśli opady kształtują się na poziomie 17% optymalnego zapotrzebowania na wodę. W kolejnych miesiącach udział ten wynosi odpowiednio: w maju – 26%, czerwcu – 30%, a lipcu – 27%.

Pierwszy rok realizacji doświadczenia (2005) charakteryzował się najkorzystniejszym dla pszenicy jarej przebiegiem pogody. Pomimo niskich opadów w marcu i kwietniu kiełkowanie i wschody testowanej rośliny były zadowalające. Wiosenny niedobór wody został uzupełniony w maju. W tym miesiącu spadło ponad dwukrotnie więcej deszczu niż w wieloletnim okresie 1968–2004. Tak duża ilość wody sprzyjała intensywnemu rozwojowi pszenicy w czasie jej strzelania w źdźbło. Dodatkowo opady te zabezpieczyły czerwcowy niedobór wody, który w porównaniu z zaproponowaną przez Dzieżyca i in. [1987] optymalną sumą opadów wyniósł średnio 52%. W lipcu natomiast obfite deszcze przy jednocześnie wyższej o 1,4°C temperaturze powietrza zapewniały dobre warunki do końcowego etapu rozwoju roślin. Suchy i ciepły sierpień sprzyjał dojrzewaniu i zbiorom pszenicy.

W drugim roku badań bardzo zimny marzec (średnia temperatura wynosiła 0,6°C) oraz obfite, kwietniowe opady, szczególnie na początku miesiąca, opóźniły siew pszenicy jarej. Wschody zboża w początkowym okresie rozwoju przebiegały prawidłowo. Jednak susza wystę-

pująca w maju (suma opadów niższa o 36,7 mm przy wyższej temperaturze powietrza o 0,4°C od danych z wielolecia) spowodowała zahamowanie wzrostu badanej rośliny. W czerwcu opady deszczu zapewniły 74% optymalnych potrzeb wodnych pszenicy, a w lipcu odpowiednio tylko 18%. Zmniejszona ilość wody w tym czasie z jednocześnie podwyższoną w stosunku do wielolecia temperaturą powietrza (odpowiednio o 1,7 i 5,0°C) niekorzystnie wpływały na rozwój pszenicy, szczególnie formowanie kłosa i wypełnienia ziarna. Rośliny osiągnęły pełną dojrzałość w ostatniej dekadzie lipca. Sierpniowe obfite opady (ponad 2,5-krotnie wyższe od średnich z lat 1968–2004) nie miały wpływu na vegetację roślin.

Korzystne dla wschodów pszenicy warunki pogodowe wystąpiły w trzecim roku badań. Ciepły i wilgotny marzec sprzyjał wczesnemu rozpoczęciu prac polowych, terminowym siewom roślin oraz szybkim i wyrównanym wschodom pszenicy. Niestety, w kwietniu opady stanowiły tylko 6% zapotrzebowania pszenicy na wodę. Dodatkowo temperatura powietrza znacznie przekraczała średnią z lat 1968–2004. Susza występująca w tym miesiącu przyczyniła się do zahamowania wzrostu i krzewienia się roślin. Pomimo że w maju i czerwcu ilość deszczu była zbliżona do teoretycznego modelu przedstawionego przez Dzieżyca i in. [1987], szkody powstałe we wcześniejszym okresie vegetacji nie zostały w pełni zrekomensowane.

Opady lipcowe ponad dwukrotnie przewyższały zapotrzebowanie pszenicy na wodę.

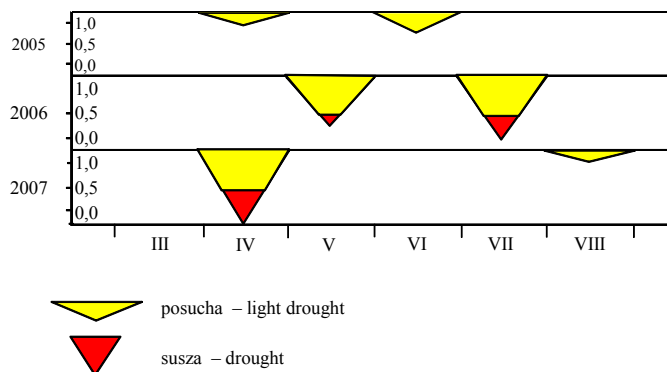
Wraz z podwyższoną temperaturą powietrza sprzyjało to dobremu wypełnianiu się, niestety słabo zawiązanego, ziarna w kłosie roślin. Ciepły i dość suchy sierpień zapewnił prawidłowe warunki do dojrzewania i zbioru badanego zboża.

Tabela 2

Table 2

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

Rok Year	Miesiące – Months					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Średnia temperatura [°C] – Mean temperature						
2005	1,7	9,8	12,1	16,9	19,8	17,7
2006	0,6	9,9	14,3	18,4	23,4	17,3
2007	6,5	10,9	15,6	19,2	19,2	18,9
Średnie – Means	2,9	10,2	14,0	18,2	20,8	18,0
Średnie 1968–2004 Means 1968–2004	3,4	8,2	13,9	16,7	18,4	18,1
Suma opadów [mm] – Rainfall sum						
2005	9,3	25,5	121,0	36,3	109,3	51,0
2006	22,1	51,1	15,9	56,6	12,0	182,7
2007	48,8	2,7	50,3	69,2	120,6	52,8
Średnie – Means	26,7	26,4	62,4	54,0	80,6	95,5
Średnie 1968–2004 Means 1968–2004	31,9	37,1	52,6	71,5	84,7	69,5



Rys. 1. Okresy posuchy i suszy (współczynnik Sielanianowa) w czasie wegetacji pszenicy jarej
 Fig. 1. Periods of light drought and drought (Sielanianow's index) during growing season of spring wheat

4.5. Zabiegi agrotechniczne

Po zbiorze przedplonu (burak cukrowy) liście buraczane rozdrobnilo i rozrzucano na wybranych obiektach (tab. 3). Nawożenie fosforem i potasem jednakowe dla wszystkich obiektów doświadczenia (18 kg P i 50 kg K) zastosowano w formie superfosfatu potrójnego granulowanego 40% i soli potasowej 60%.

Jesienną uprawę roli wykonano według schematu doświadczenia. Orkę głęboką przeprowadzono na głębokość 26–28 cm, orkę płytką – 14–16 cm, natomiast talerzowanie na głębokość 12–14 cm. Na kolejnym obiekcie rozdrobnione liście buraka cukrowego pozostawiono na okres jesienno-zimowy na powierzchni pola w postaci mulczu. Wiosną plon uboczny buraka cukrowego (mulcz) wymieszano z glebą za pomocą kultywatora o zębach sztywnych na głębokość 13–15 cm. W celu przygotowania łoża siewnego na całym polu zastosowano bronę ciężką. Nawożenie azotem zastosowano w formie saletry amonowej 34%. Do badań wybrano pszenicę jarą odmiany Jasna (A), ze względu na jej wysokie plonowanie, dobrą jakość technologiczną, a także rekomendację COBORU do uprawy na terenie Polski południowo-zachodniej. Pszenicę wysiano w ilości zapewniającej obsadę 500 szt. \cdot m⁻². Ochronę przed chwastami przeprowadzono we wszystkich latach badań, wykorzystując herbicyd Lintur 70 WG w dawce 150 g \cdot 200 l wody⁻¹ \cdot ha⁻¹. Dodatkowo w 2005 r. zastosowano preparat Puma Uniwersal 069 EW w dawce 0,8 l na 200 l wody \cdot ha⁻¹. Do zwalczania szkodników (mszyca, skrzypionka) wykorzystano w 2005 r. Fastac 100 EC w dawce 1 l na 200 l wody \cdot ha⁻¹, w 2006 r. Alphaguard 100 EC w ilości 0,12 l \cdot 200 l wody⁻¹ \cdot ha⁻¹, a w 2007 r. Bi-58 Nowy 400 EC w dawce 0,8 l na 200 l wody \cdot ha⁻¹. W ostatnim roku badań zastosowano dodatkowy zabieg insektycydem Diazol 500 EC w dawce 0,45 l \cdot 200 l wody⁻¹ \cdot ha⁻¹.

W doświadczeniu wazonowym jęczmień jary odmiany Widawa wysiano po uprzednim zaprawieniu zaprawą nasienną Funaben T w ilości 30 sztuk ziarniaków na 1 wazon (tab. 4). W fazie 2–3 liści (12–13 BBCH) przerwano rośliny, pozostawiając 18 szt. \cdot wazon⁻¹. Chwasty usuwano ręcznie. Ochronę przeciw szkodnikom w pierwszym roku badań (2006) wykonano dwukrotnie za pomocą preparatów Alphaguard 100 EC i Diazol 500 EW, w drugim roku (2008) przeprowadzono jeden zabieg insektycydem Alphaguard 100 EC. Choroby zwalczano w obu latach badań, używając fungicydu Amistar 250 SC.

Tabela 3
Table 3

Zabiegi agrotechniczne w uprawie pszenicy jarej (doświadczenie polowe)
Agricultural practices in spring wheat (field experiment)

Zabiegi agrotechniczne Agricultural practices	2004/2005	2005/2006	2006/2007
1. Zbiór przedplonu (burak cukrowy) Harvest of previous crop (sugar beet)	28–29.10	27.10	7–8.11
2. Rozdrobnienie i rozrzucenie liści buraczanych (40 t·ha ⁻¹) (obiekt II) Chopping and spreading of sugar beet leaves (40 t·ha ⁻¹) (treatment II)	12.11	9.11	21.11
3. Nawożenie P, K Fertilization P, K	15.11	9.11	21.11
4. Uprawa roli (przedzimowa): Tillage (pre-winter)			
a) orka głęboka 25 cm (obiekt A) deep plowing 25 cm (treatment A)	15.11	12.11	21.11
b) orka płytka 15 cm (obiekt B) shallow plowing (treatment B)	15.11	12.11	21.11
c) talerzowanie (obiekt D) disking (treatment D)	15.11	12.11	21.11
5. Uprawa roli (przedsiewna wiosenna): tillage (spring pre-sowing)			
a) kultywatorowanie (obiekt C) cultivating (treatment C)	29.03	19.04	14.03
b) bronowanie broną ciężką (obiekt A, B, C, D) harrowing with heavy harrow (treatment A, B, C, D)	30.03	19.04	14.03
6. Nawożenie azotem (obiekt 1, 2, 3) Nitrogen fertilization (treatment 1, 2, 3)	1.04	19.04	16.03
7. Bronowanie broną ciężką Harrowing with heavy harrow	4.04	19.04	26.03
8. Bronowanie broną wirnikową Harrowing with rotary harrow	5.04	21.04	27.03
9. Siew Sowing	5.04	21.04	27.03
10. Opryskiwanie herbicydem Spraying with herbicide	13.05	29.05	18.05
11. Nawożenie azotem (obiekt 2, 3) Nitrogen fertilization (treatment 2, 3)	30.05	8.06	31.05
12. Opryskiwanie insektycydem Spraying with insecticide	30.06	20.06	1.06, 6.06
13. Opryskiwanie herbicydem Spraying with herbicide	30.06	–	–
14. Opryskiwanie fungicydem Spraying with fungicide	12.07	20.06	1.06
15. Nawożenie azotem (obiekt 3) Nitrogen fertilization (treatment 3)	22.06	25.06	8.06
16. Zbiór Harvesting	18.08	31.07	6.08

Tabela 4

Table 4

Zabiegi agrotechniczne w uprawie jęczmienia jarego (doświadczenie wazonowe)
Agricultural practices in spring barley (pot experiment)

Zabiegi agrotechniczne Agricultural practices	2006	2008
1. Siew Sowing	27.04	8.04
2. Regulowanie obsady roślin Thinning of plants	16.05	2.05
3. Nawożenie azotem (obiekt 2, 3) Nitrogen fertilization (treatment 2, 3)	17.05	2.05
4. Opryskiwanie insektycydem Spraying with insecticide	25.05, 10.06	16.05
5. Opryskiwanie fungicydem Spraying with fungicide	31.05	16.05
6. Nawożenie azotem (obiekt 3) Nitrogen fertilization (treatment 3)	12.06	27.05
7. Zbiór Harvesting	7-9.07	22-24.07

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Wpływ sposobów wprowadzenia liści buraka cukrowego do gleby oraz nawożenia azotem na siedlisko glebowe i produktywność pszenicy jarej (doświadczenie polowe)

5.1.1. Wybrane właściwości gleby

5.1.1.1. Właściwości fizyczne

Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego nie miało wyraźnego wpływu na gromadzenie się wody w glebie (tab. 5). Obserwowano natomiast istotne zmiany uwilgotnienia gleby wywołane współdziałaniem badanych czynników. W warstwie najgłębszej, jeśli liście buraczane zebrano z pola, to zastosowanie orki głębokiej sprzyjało istotnemu zwiększeniu wilgotności gleby o 9,1% w stosunku do określonej w warunkach zaniechania uprawy, natomiast jeśli zagospodarowano liście, to nie obserwowano wyraźnych zmian w uwilgotnieniu roli.

Wilgotność gleby w fazie krzewienia pszenicy jarej była istotnie zależna od sposobu uprawy roli. W warstwie 5–10 cm najwyższe uwilgotnienie obserwowano po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli. Wilgotność była wówczas o 14,3% wyższa niż na poletkach stalerzowanych. Również uprawa płużna sprzyjała gromadzeniu wody. Wilgotność gleby, w stosunku do określonej w warunkach zastosowania brony talerzowej, wzrosła istotnie o 7,4%. Z kolei w głębszych warstwach, a szczególnie w warstwie 20–25 cm, najwyższe uwilgotnienie gleby obserwowano po zastosowaniu uprawy tradycyjnej. Głębokie spulchnienie roli przyczyniło się do wyraźnego zwiększenia wilgotności gleby średnio o 5,0% w stosunku do określonej po zastosowaniu orki płytkiej.

Wykorzystane sposoby uprawy miały wpływ na wilgotność gleby również w czasie zbioru pszenicy jarej (tab. 6). W najpłytszej warstwie najwyższą wilgotność gleby stwierdzono po zastosowaniu brony talerzowej – była ona średnio o 5,7% wyższa niż w pozostałych sposobach uprawy roli. W warstwach głębszych natomiast najwięcej wody w glebie zgromadziło się po wykonaniu orki głębokiej – w stosunku do upraw bezorkowych wilgotność wzrosła średnio o 3,7% w warstwie 10–15 cm i o 3,8% w warstwie 20–25 cm.

Uwilgotnienie gleby zależało również od nawożenia azotem. Jeśli pszenicę nawożono $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, to wilgotność gleby była niższa niż po zastosowaniu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o 3,7% w warstwie najpłytszej, o 3,1% w warstwie środkowej i o 2,3% w warstwie najgłębszej. Najprawdopodobniej zmniejszenie nagromadzenia wody w glebie wynikało z wyższej transpiracji roślin lepiej odżywionych azotem.

Tabela 5

Table 5

Wilgotność gleby [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Soil moisture [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści* Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
warstwa – layer 5–10 cm					
Nie – No	19,0	18,4	17,0	20,0	18,6
Tak – Yes	18,6	19,2	18,0	19,9	18,9
Średnio – Mean	18,8	18,8	17,5	20,0	–
warstwa – layer 10–15 cm					
Nie – No	22,0	21,0	21,1	20,0	21,0
Tak – Yes	21,3	21,6	20,9	19,7	20,9
Średnio – Mean	21,7	21,3	21,0	19,9	–
warstwa – layer 20–25 cm					
Nie – No	21,5	19,8	21,1	19,7	20,5
Tak – Yes	20,8	20,5	20,7	20,8	20,7
Średnio – Mean	21,2	20,2	20,9	20,3	–

* liście buraka cukrowego – sugar beet leaves

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves

warstwa – layer 5–10 cm I – 1,3; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 10–15 cm I – 1,1; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 20–25 cm I – 0,9; II – r.n.; I/II – 1,3

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Uwilgotnienie gleby było także uzależnione od współdziałania sposobów uprawy roli i wprowadzenia do gleby liści buraczanych. Jeśli zrezygnowano z nawożenia organicznego, to najniższą wilgotność gleby w warstwie 5–10 cm obserwowano po zaniechaniu jesiennej uprawy roli i była ona mniejsza o 6,1% niż w uprawie tradycyjnej. Z kolei w warunkach polowego zagospodarowania liści buraka cukrowego zrezygnowanie z uprawy sprzyjało największemu zgromadzeniu wody w glebie – wilgotność wzrosła wówczas o 9,3%. Przyczyną tej zmiany była prawdopodobnie obecność mulczu z liści buraczanych pozostawionych na okres jesienno-zimowy na powierzchni pola, który sprzyjał magazynowaniu wody w glebie. W głębszych warstwach, jeśli zebrano liście buraczane, to najwyższą wilgotność obserwowano po zastosowaniu orki głębokiej, natomiast jeśli pozostawiono je na polu, to po płytkim ich wymieszaniu z glebą za pomocą pługa. W warstwie 5–10 cm wilgotność gleby uzależniona była również od współdziałania nawożenia azotem i sposobu uprawy roli. Po spłyceciu orki do 15 cm obserwowano statystycznie udowodnione zmniejszenie uwilgotnienia gleby wraz z intensyfikacją nawożenia azotem. Z kolei po wykonaniu uprawy tradycyjnej lub zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli istotnie wyższą wilgotność stwierdzono, nawożąc pszenicę 75 niż 100 kg N·ha⁻¹.

Tabela 6
Table 6

Wilgotność gleby [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Soil moisture [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					średnio mean	Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage			
warstwa – layer 5–10 cm								
Nie No	50	21,5	22,7	22,4	20,5	21,8	21,3	
	75	22,0	21,1	21,7	21,2	21,5		
	100	20,8	19,7	23,0	18,7	20,6		
	średnio – mean	21,4	21,2	22,4	20,1	–		
Tak Yes	50	20,0	21,6	22,5	21,8	21,5	21,6	
	75	21,2	21,4	22,5	23,1	22,1		
	100	20,3	20,5	21,9	22,2	21,2		
	średnio – mean	20,5	21,2	22,3	22,4	–		
Średnio Mean	50	20,8	22,2	22,5	21,2	21,7	–	
	75	21,6	21,3	22,1	22,2	21,8		
	100	20,6	20,1	22,5	20,5	20,9		
Średnio – Mean		21,0	21,2	22,4	21,3	–		
warstwa – layer 10–15 cm								
Nie No	50	23,2	22,6	22,0	22,1	22,5	22,2	
	75	23,6	21,8	22,4	21,9	22,4		
	100	22,7	21,1	22,2	20,2	21,6		
	średnio – mean	23,2	21,8	22,2	21,4	–		
Tak Yes	50	22,0	22,6	21,8	22,2	22,2	22,3	
	75	22,8	23,4	22,0	23,5	22,9		
	100	21,7	22,7	21,0	21,5	21,7		
	średnio – mean	22,2	22,9	21,6	22,4	–		
Średnio Mean	50	22,6	22,6	21,9	22,2	22,4	–	
	75	23,2	22,6	22,2	22,7	22,7		
	100	22,2	21,9	21,6	20,9	21,7		
Średnio – Mean		22,7	22,4	21,9	21,9	–		
warstwa – layer 20–25 cm								
Nie No	50	22,7	21,8	20,6	21,4	21,6	21,4	
	75	23,2	20,7	21,0	21,6	21,6		
	100	21,9	20,3	21,6	20,1	21,0		
	średnio – mean	22,6	20,9	21,1	21,0	–		
Tak Yes	50	21,5	21,7	20,8	21,9	21,5	21,4	
	75	21,9	21,7	20,9	21,6	21,5		
	100	20,9	22,0	20,1	21,7	21,2		
	średnio – mean	21,4	21,8	20,6	21,7	–		
Średnio Mean	50	22,1	21,8	20,7	21,7	21,6	–	
	75	22,6	21,2	21,0	21,6	21,6		
	100	21,4	21,2	20,9	20,9	21,1		
Średnio – Mean		22,0	21,4	20,9	21,4	–		

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
 warstwa – layer 5–10 cm I – 1,1; II – r.n.; III – 0,4; I/II – 0,8; III/I – 0,8; III/II – 0,5
 warstwa – layer 10–15 cm I – 0,7; II – r.n.; III – 0,4; I/II – 0,8; III/I – r.n.; III/II – r.n.
 warstwa – layer 20–25 cm I – 0,6; II – r.n.; III – 0,4; I/II – 0,9; III/I – r.n.; III/II – r.n.
 r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Analiza wariancji umożliwiła także wykazanie istotnych zmian badanego parametru w zależności od interakcji nawożenia azotem i organicznego. Jeśli nie zagospodarowywano plonu ubocznego buraka cukrowego, to każde zwiększenie dawki nawożenia azotem przyczyniło się do zmniejszenia wilgotności gleby w warstwie 5–10 cm, natomiast po wprowadzeniu do gleby liści największą wilgotność stwierdzono po zastosowaniu 75 kg N·ha⁻¹.

Zarówno wprowadzenie liści buraka cukrowego do gleby, jak i różne sposoby uprawy roli wpływały na istotne zmiany gęstości objętościowej gleby (tab. 7). W okresie wschodów pszenicy jarej udowodnionemu statystycznie zmniejszeniu gęstości gleby (o 1,2%) w warstwie 20–25 cm sprzyjało polowe zagospodarowanie liści. Analiza statystyczna wykazała dodatkowo, że tylko głębokie ich przyoranie przyczyniło się do istotnego zmniejszenia badanego parametru (o 4,7%) w porównaniu z określonym w uprawach bezorkowych. Natomiast, jeśli zrezygnowano z nawożenia organicznego, to kierunek zmian wprawdzie był podobny, ale zależności tej nie udowodniono statystycznie.

W warstwie 10–15 cm gęstość objętościowa zależała istotnie wyłącznie od współdziałania czynników. Jeśli nie stosowano liści, najniższą gęstość gleby obserwowano po użyciu brony talerzowej, natomiast jeśli je wprowadzono do gleby, to po wykonaniu orki płytkiej.

Tabela 7

Table 7

Gęstość objętościowa gleby [Mg·m⁻³] w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Bulk density of soil [Mg·m⁻³] at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
warstwa – layer 5–10 cm					
Nie – No	1,68	1,64	1,64	1,61	1,64
Tak – Yes	1,63	1,58	1,63	1,63	1,62
Średnio – Mean	1,66	1,61	1,64	1,62	–
warstwa – layer 10–15 cm					
Nie – No	1,68	1,66	1,64	1,70	1,67
Tak – Yes	1,66	1,64	1,70	1,65	1,66
Średnio – Mean	1,67	1,65	1,67	1,68	–
warstwa – layer 20–25 cm					
Nie – No	1,67	1,72	1,69	1,70	1,70
Tak – Yes	1,63	1,67	1,71	1,70	1,68
Średnio – Mean	1,65	1,70	1,70	1,70	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves

warstwa – layer 5–10 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 10–15 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – **0,06**

warstwa – layer 20–25 cm I – **0,04**; II – **0,02**; I/II – **0,06**

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 8

Table 8

Gęstość objętościowa gleby [$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$] w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)Bulk density of soil [$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$] at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
warstwa – layer 5–10 cm							
Nie No	50	1,63	1,65	1,61	1,60	1,62	1,62
	75	1,66	1,65	1,61	1,60	1,63	
	100	1,59	1,63	1,64	1,56	1,61	
	średnio – mean	1,63	1,64	1,62	1,59	–	
Tak Yes	50	1,62	1,62	1,62	1,64	1,63	1,62
	75	1,63	1,64	1,63	1,63	1,63	
	100	1,60	1,56	1,59	1,63	1,60	
	średnio – mean	1,62	1,61	1,61	1,63	–	
Średnio Mean	50	1,63	1,64	1,62	1,62	1,63	–
	75	1,65	1,65	1,62	1,62	1,63	
	100	1,60	1,60	1,62	1,60	1,61	
Średnio – Mean		1,63	1,63	1,62	1,61	–	
warstwa – layer 10–15 cm							
Nie No	50	1,60	1,67	1,66	1,64	1,64	1,64
	75	1,64	1,65	1,66	1,65	1,65	
	100	1,60	1,63	1,66	1,63	1,63	
	średnio – mean	1,61	1,65	1,66	1,64	–	
Tak Yes	50	1,64	1,59	1,66	1,66	1,64	1,63
	75	1,60	1,57	1,66	1,67	1,63	
	100	1,60	1,60	1,64	1,65	1,62	
	średnio – mean	1,61	1,59	1,65	1,66	–	
Średnio Mean	50	1,62	1,63	1,66	1,65	1,64	–
	75	1,62	1,61	1,66	1,66	1,64	
	100	1,60	1,62	1,65	1,64	1,63	
Średnio – Mean		1,61	1,62	1,66	1,65	–	
warstwa – layer 20–25 cm							
Nie No	50	1,68	1,63	1,66	1,67	1,66	1,66
	75	1,66	1,65	1,66	1,68	1,66	
	100	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	
	średnio – mean	1,67	1,65	1,66	1,67	–	
Tak Yes	50	1,61	1,66	1,66	1,68	1,65	1,65
	75	1,64	1,66	1,66	1,66	1,66	
	100	1,59	1,61	1,64	1,67	1,63	
	średnio – mean	1,61	1,64	1,65	1,67	–	
Średnio Mean	50	1,65	1,65	1,66	1,68	1,66	–
	75	1,65	1,66	1,66	1,67	1,66	
	100	1,63	1,64	1,65	1,67	1,65	
Średnio – Mean		1,64	1,65	1,66	1,67	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

warstwa – layer 5–10 cm I – r.n.; II – r.n.; III – 0,02; I/II – 0,03; III/I – r.n.; III/II – r.n.

warstwa – layer 10–15 cm I – 0,03; II – 0,01; III – r.n.; I/II – 0,03; III/I – r.n.; III/II – r.n.

warstwa – layer 20–25 cm I – 0,02; II – 0,01; III – 0,01; I/II – 0,03; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego przyczyniło się do niewielkiego, ale istotnego zmniejszenia gęstości gleby, badanej w okresie zbioru pszenicy o 0,6% w warstwach 10–15 i 20–25 cm (tab. 8). Również systemy uprawy roli oddziaływały na badany parametr glebowy. Najmniejszą gęstością charakteryzowała się na ogół rola uprawiana za pomocą pługa. Ten sposób uprawy sprzyjał istotnej redukcji gęstości w porównaniu ze stwierdzoną w uprawach bezpługowych średnio o 2,4% w warstwie 10–15 cm i o 1,2% w warstwie 20–25 cm. Także nawożenie azotem miało wpływ na kształtowanie się gęstości gleby. Nawożąc pszenicę 100 kg N·ha⁻¹, zmniejszyła się ona w warstwie 5–10 cm o 1,2% w porównaniu z zanotowaną w warunkach zastosowania 50 lub 75 kg N·ha⁻¹.

Gęstość gleby we wszystkich warstwach gleby uzależniona była również od współdziałania uprawy roli i obecności liści. W najpłytszej z badanych warstw, jeśli zebrano z pola liście, najniższą gęstość stwierdzono po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli. Była ona istotnie niższa, średnio o 2,5%, niż na poletkach na których stosowano pozostałe sposoby uprawy roli. Z kolei w warstwie 10–15 cm, jeśli nie zagospodarowywano liści, najniższą gęstość gleby obserwowano po wykonaniu orki głębokiej, natomiast gdy do gleby dodatkowo wprowadzono liście buraczane, to stosując orkę płytką. Odwrotną zależność stwierdzono w warstwie 20–25 cm.

Tabela 9

Table 9

Porowatość ogólna gleby [cm³·100 cm⁻³] w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Total soil porosity [cm³·100 cm⁻³] at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
warstwa – layer 5–10 cm					
Nie – No	35,3	36,8	36,7	37,9	36,7
Tak – Yes	37,1	38,9	36,8	37,2	37,5
Średnio – Mean	36,2	37,9	36,8	37,6	–
warstwa – layer 10–15 cm					
Nie – No	35,0	36,0	36,6	34,2	35,5
Tak – Yes	35,7	36,5	34,2	36,3	35,7
Średnio – Mean	35,4	36,3	35,4	35,3	–
warstwa – layer 20–25 cm					
Nie – No	35,6	33,5	34,7	34,3	34,5
Tak – Yes	36,7	35,5	34,1	34,5	35,2
Średnio – Mean	36,2	34,5	34,4	34,4	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves

warstwa – layer 5–10 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 10–15 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – 2,4

warstwa – layer 20–25 cm I – 1,7; II – r.n.; I/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Zróźnicowanie porowatości ogólnej gleby w okresie wschodów pszenicy było niewielkie (tab. 9). Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego sprzyjało tylko w nieznacznym stopniu wzrostowi porowatości w warstwie 5–10 i 20–25 cm, nie potwierdzono tego jednak statystycznie. W warstwie najgłębszej – istotnie wyższą porowatość ogólną gleby (o 5,2%) niż w pozostałych systemach uprawy obserwowano w warunkach uprawy tradycyjnej. Z kolei w warstwie 10–15 cm zastosowanie brony talerzowej przyczyniło się do wzrostu badanego parametru o 7,0% w stosunku do zanotowanego na poletkach, na których zrezygnowano z jesiennej uprawy roli – zależność tę obserwowano jednak tylko w warunkach zaniechania nawożenia organicznego.

Porowatość ogólna gleby zanotowana w terminie zbioru pszenicy jarej była istotnie zróźnicowana pod wpływem badanych czynników (tab. 10). Wprowadzenie do agrotechniki pszenicy nawożenia liśćmi buraka cukrowego wpłynęło na nieznacznym, jakkolwiek istotnym wzrost porowatości ogólnej gleby. W stosunku do stwierdzonej na poletkach nienawożonych organicznie odnotowano jej zwiększenie w warstwach 10–15 i 20–25 cm o 1,1%. Podobny kierunek zmian obserwowano w najpłytszej warstwie, nie potwierdzono tego statystycznie. W nieco większym stopniu porowatość ogólna była uzależniona od sposobu uprawy roli. Jeśli jesienią z niej zrezygnowano, to w warstwie 5–10 cm określono istotnie wyższą porowatość (o 6,6%) niż po zastosowaniu orki płytkiej – zależność tę zanotowano jednak tylko w warunkach usunięcia z pola liści buraczanych. Z kolei w warstwie 10–15 cm jeśli zebrano liście, najwyższą porowatością charakteryzowała się gleba uprawiana tradycyjnie, natomiast jeśli wprowadzono je do gleby, to najkorzystniejsze parametry uzyskano po przeprowadzeniu orki płytkiej. Te sposoby uprawy, w porównaniu z wykorzystaniem brony talerzowej, sprzyjały istotnemu wzrostowi porowatości ogólnej odpowiednio o 4,7 i 6,9%. Zróźnicowanie badanego parametru wynikało również z zastosowanego nawożenia azotem. Nawożenie pszenicy jarej najwyższą z badanych dawek ($100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) przyczyniło się prawdopodobnie do najlepszego rozwoju masy korzeniowej roślin, a w konsekwencji – rozluźnienia gleby wyrażonej istotnym wzrostem porowatości ogólnej w warstwie 5–10 cm. Podobne tendencje obserwowano w głębszych warstwach, nie udowodniono ich jednak matematycznie.

Wyniki badań własnych potwierdziły powszechną opinię o ścisłym związku gęstości gleby z porowatością ogólną. W obu terminach badań wraz ze wzrostem porowatości gleby zmniejszała się jej gęstość.

Wskaźnik struktury gleby oznaczony w fazie krzewienia pszenicy był istotnie zależny od badanych czynników jedynie w warstwie 10–20 cm (tab. 11). Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego przyczyniło się do istotnego obniżenia wskaźnika W – średnio o 15,9%. Zależność tę zanotowano w każdym z badanych sposobów uprawy – nie udowodniono jej jednak statystycznie. W pozostałych warstwach gleby obserwowano jedynie tendencję do pogorszenia strukturalności gleby w wyniku polowego zagospodarowania liści. Spośród zastosowanych sposobów uprawy roli najkorzystniejszą na strukturę w warstwie 10–20 cm wpływała uprawa tradycyjna. W takich warunkach wskaźnik W był o 23,6% wyższy od uzyskanego po spłyceniu orki, o 28,8% niż po zastosowaniu brony talerzowej i o 33,3% jeśli zrezygnowano z jesiennej uprawy roli.

Tabela 10

Table 10

Porowatość ogólna gleby [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Total soil porosity [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$] at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
warstwa – layer 5–10 cm							
Nie No	50	37,3	35,8	37,7	38,2	37,3	37,4
	75	36,1	36,2	37,7	38,1	37,0	
	100	38,4	37,0	36,6	39,9	38,0	
	średnio – mean	37,3	36,3	37,3	38,7	–	
Tak Yes	50	37,9	37,3	37,5	37,0	37,4	37,6
	75	37,4	36,6	37,0	37,1	37,0	
	100	38,4	39,7	38,5	37,1	38,4	
	średnio – mean	37,9	37,9	37,7	37,1	–	
Średnio Mean	50	37,6	36,6	37,6	37,6	37,4	–
	75	36,8	36,4	37,4	37,6	37,0	
	100	38,4	38,4	37,6	38,5	38,2	
Średnio – Mean		37,6	37,1	37,5	37,9	–	
warstwa – layer 10–15 cm							
Nie No	50	38,4	35,7	35,9	36,5	36,6	36,6
	75	36,7	36,2	35,8	36,2	36,2	
	100	37,8	37,0	35,9	36,9	36,9	
	średnio – mean	37,6	36,3	35,9	36,5	–	
Tak Yes	50	36,7	38,7	35,9	35,8	36,8	37,0
	75	37,3	39,4	35,8	35,5	37,0	
	100	38,1	38,1	36,8	36,2	37,3	
	średnio – mean	37,4	38,7	36,2	35,8	–	
Średnio Mean	50	37,6	37,2	35,9	36,2	36,7	–
	75	37,0	37,8	35,8	35,9	36,6	
	100	38,0	37,6	36,4	36,6	37,1	
Średnio – Mean		37,5	37,5	36,0	36,2	–	
warstwa – layer 20–25 cm							
Nie No	50	35,3	37,2	35,8	35,5	36,0	35,9
	75	35,8	36,4	35,8	35,2	35,8	
	100	35,9	36,0	36,0	35,8	35,9	
	średnio – mean	35,7	36,5	35,9	35,5	–	
Tak Yes	50	37,0	35,7	35,7	35,2	35,9	36,3
	75	36,3	35,9	35,9	36,1	36,1	
	100	37,7	37,8	36,8	35,3	36,9	
	średnio – mean	37,0	36,5	36,1	35,5	–	
Średnio Mean	50	36,2	36,5	35,8	35,4	36,0	–
	75	36,1	36,2	35,9	35,7	36,0	
	100	36,8	36,9	36,4	35,6	36,4	
Średnio – Mean		36,4	36,5	36,0	35,6	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

warstwa – layer 5–10 cm I – r.n.; II – r.n.; III – 0,7; I/II – 1,2; III/I – r.n.; III/II – r.n.

warstwa – layer 10–15 cm I – 1,2; II – 0,4; III – r.n.; I/II – 1,2; III/I – r.n.; III/II – r.n.

warstwa – layer 20–25 cm I – 0,9; II – 0,4; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 11

Table 11

Wskaźnik struktury gleby (W) w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Soil structure index (W) at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
warstwa – layer 0–10 cm					
Nie – No	1,23	1,27	1,31	1,22	1,26
Tak – Yes	1,28	1,27	1,18	1,07	1,20
Średnio – Mean	1,26	1,27	1,25	1,15	–
warstwa – layer 10–20 cm					
Nie – No	1,68	1,29	1,30	1,24	1,38
Tak – Yes	1,35	1,17	1,06	1,04	1,16
Średnio – Mean	1,52	1,23	1,18	1,14	–
warstwa – layer 20–30 cm					
Nie – No	1,22	1,20	1,32	1,21	1,24
Tak – Yes	1,13	1,20	1,12	0,96	1,10
Średnio – Mean	1,18	1,20	1,22	1,09	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves

warstwa – layer 0–10 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 10–20 cm I – **0,25**; II – **0,20**; I/II – r.n.

warstwa – layer 20–30 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Z kolei w fazie dojrzałości pełnej pszenicy wskaźnik W był istotnie modyfikowany wyłącznie w warstwie najpłytszej (tab. 12). Jeśli nie stosowano nawożenia organicznego, spłylenie orki przedzimowej do 15 cm lub jej zastąpienie talerzowaniem przyczyniło się do zwiększenia wskaźnika struktury odpowiednio o 13,0 i 11,4%. Po zagospodarowaniu plonu ubocznego buraka najwyższy wskaźnik W stwierdzono po przeprowadzeniu orki płytkiej, natomiast najniższy, jeśli zrezygnowano z uprawy roli.

Struktura gleby warstwy 0–10 cm zmieniła się również pod wpływem mineralnego nawożenia azotem. Zastosowanie najwyższej dawki azotu (100 kg N·ha⁻¹) przyczyniło się do istotnego wzrostu wskaźnika W o 11,8% w stosunku do zanotowanego po aplikacji azotu w najniższej z badanych dawek (50 kg N·ha⁻¹). Szczególnie wyraźne, strukturotwórcze działanie azotu obserwowano po wprowadzeniu liści buraczanych do gleby. W takich warunkach wskaźnik struktury zwiększył się o 25,8%.

Tabela 12

Table 12

Wskaźnik struktury gleby (W) w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Soil structure index (W) at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
warstwa – layer 0–10 cm							
Nie No	50	1,10	1,50	1,60	1,11	1,33	1,31
	75	1,27	1,48	1,25	1,07	1,27	
	100	1,33	1,20	1,27	1,53	1,33	
	średnio – mean	1,23	1,39	1,37	1,24	–	
Tak Yes	50	1,11	1,53	1,11	1,05	1,20	1,34
	75	1,43	1,40	1,36	1,01	1,30	
	100	1,44	1,92	1,39	1,29	1,51	
	średnio – mean	1,33	1,62	1,29	1,12	–	
Średnio Mean	50	1,11	1,52	1,36	1,08	1,27	–
	75	1,35	1,44	1,31	1,04	1,29	
	100	1,39	1,56	1,33	1,41	1,42	
Średnio – Mean		1,28	1,51	1,33	1,18	–	
warstwa – layer 10–20 cm							
Nie No	50	1,14	1,41	1,50	1,19	1,31	1,23
	75	1,03	1,22	1,55	1,02	1,21	
	100	1,07	1,30	1,26	1,07	1,18	
	średnio – mean	1,08	1,31	1,44	1,09	–	
Tak Yes	50	1,35	1,41	1,17	1,23	1,29	1,32
	75	1,25	1,59	1,24	1,14	1,31	
	100	1,35	1,39	1,32	1,37	1,36	
	średnio – mean	1,32	1,46	1,24	1,25	–	
Średnio Mean	50	1,25	1,41	1,34	1,21	1,30	–
	75	1,14	1,41	1,40	1,08	1,26	
	100	1,21	1,35	1,29	1,22	1,27	
Średnio – Mean		1,20	1,39	1,34	1,17	–	
warstwa – layer 20–30 cm							
Nie No	50	1,25	1,47	1,47	1,18	1,34	1,34
	75	1,24	1,35	1,66	1,41	1,42	
	100	1,06	1,54	1,19	1,23	1,25	
	średnio – mean	1,18	1,45	1,44	1,27	–	
Tak Yes	50	1,29	1,55	1,16	1,11	1,28	1,41
	75	1,61	1,41	1,46	1,08	1,39	
	100	1,61	1,28	1,43	1,92	1,56	
	średnio – mean	1,50	1,41	1,35	1,37	–	
Średnio Mean	50	1,27	1,51	1,32	1,15	1,31	–
	75	1,43	1,38	1,56	1,25	1,41	
	100	1,34	1,41	1,31	1,58	1,41	
Średnio – Mean		1,35	1,43	1,40	1,33	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

warstwa_(0,05) – layer_(0,05) 0–10 cm I – r.n.; II – r.n.; **III – 0,15; I/II – 0,12; III/I – r.n.; III/II – 0,26**

warstwa – layer 10–20 cm I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

warstwa – layer 20–30 cm I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Stopień agregacji gleby wyrażony średnią ważoną średnicą agregatów (MWDg) w początkowej fazie wzrostu pszenicy był istotnie zróżnicowany tylko w warstwie 0–10 cm (tab. 13). Zastosowanie bezorkowych sposobów uprawy roli, w porównaniu z uprawą tradycyjną, przyczyniło się do wyraźnego wzrostu średnicy agregatów; o 18,3% jeśli zastosowano bronę talerzową i o 15,0% po zaniechaniu jesiennej uprawy roli. Analiza wariancji pozwoliła również na wykazanie istotnych zależności wywołanych współdziałaniem badanych czynników. W warunkach polowego zagospodarowania liści buraka cukrowego najwyższy wskaźnik MWDg (0,79 mm) zanotowano po wprowadzeniu do agrotechniki talerzowania – średnia ważona średnica agregatów wzrosła o 38,6% w stosunku do wykazanej po wykonaniu orki głębokiej. Z kolei, jeśli zebrano z pola plon uboczny buraka, nie obserwowano potwierdzonych statystycznie zależności. Nie wykazano również istotnego wpływu liści buraczanych na agregację gleby. Jednak w najpłytszej z badanych warstw nieznacznie wyższy wskaźnik MWDg zanotowano po wprowadzeniu zielonej masy do gleby.

W warstwach głębszych nie stwierdzono udowodnionych matematycznie związków. Tylko nieco wyższą, niż w pozostałych systemach uprawy, średnicę agregatów obserwowano po wykonaniu klasycznej orki przedzimowej.

Tabela 13

Table 13

Średnia ważona średnica agregatu (MWDg) [mm] w fazie krzewienia pszenicy jarej
(średnie z lat 2005–2007)
Mean weight diameter of aggregates (MWDg) [mm] at tillering stage of spring wheat
(means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
warstwa – layer 0–10 cm					
Nie – No	0,63	0,64	0,63	0,67	0,64
Tak – Yes	0,57	0,59	0,79	0,71	0,67
Średnio – Mean	0,60	0,62	0,71	0,69	–
warstwa – layer 10–20 cm					
Nie – No	0,67	0,57	0,62	0,58	0,61
Tak – Yes	0,61	0,61	0,58	0,63	0,61
Średnio – Mean	0,64	0,59	0,60	0,61	–
warstwa – layer 20–30 cm					
Nie – No	0,69	0,55	0,58	0,62	0,61
Tak – Yes	0,58	0,58	0,60	0,59	0,59
Średnio – Mean	0,64	0,57	0,59	0,61	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves
warstwa – layer 0–10 cm I – **0,08**; II – r.n.; I/II – **0,11**
warstwa – layer 10–20 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – r.n.
warstwa – layer 20–30 cm I – r.n.; II – r.n.; I/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Wskaźnik MWDg w warstwie 0–10 cm był istotnie modyfikowany przez sposób uprawy roli również w fazie dojrzałości pełnej badanej rośliny (tab. 14). Podobnie jak na początku wegetacji pszenicy najwyższe wartości MWDg stwierdzono na poletkach, na których stosowano uprawę bezpłużną. Zastąpienie orki głębokiej talerzowaniem lub wiosennym kultywatorowaniem (po wcześniejszym zrezygnowaniu z uprawy jesiennej) sprzyjało zwiększeniu średniej ważonej średnicy agregatu odpowiednio o 22,9 i 18,1%. Z kolei w warstwie 10–20 cm do istotnego wzrostu MWDg (odpowiednio o 8,1%) w porównaniu z tradycyjną uprawą przyczyniło się tylko zaniechanie jesiennej uprawy roli.

Znaczący wpływ na badany parametr miało również współdziałanie uprawy roli i obecność liści buraczanych. W najpłytszej warstwie zarówno w warunkach wprowadzenia do gleby liści, jak i ich zebrania z pola istotnie wyższy wskaźnik niż w uprawie klasycznej obserwowano po zastosowaniu obu technologii bezpłużnych. W warstwie 10–20 cm natomiast, jeśli nie wprowadzono liści, to udowodniony statystycznie wzrost MWDg (o 9,2%), w stosunku do zanotowanego w uprawie tradycyjnej, wykazano tylko po jesiennym użyciu brony talerzowej, a po ich zagospodarowaniu (odpowiednio o 8,1%), stosując kultywator na wiosnę. W najgłębszej warstwie, jeśli nie nawożono liśćmi, to po wykonaniu ziębli głębokiej średnia ważona średnica agregatu była istotnie mniejsza (średnio o 16,3%) niż w pozostałych systemach uprawy, natomiast jeśli zastosowano nawóz organiczny, obserwowano zależność odwrotną (wskaźnik MWDg wzrósł średnio o 20,3%).

Agregacja gleby uzależniona była również od interakcji nawożenia azotem i uprawy roli. Jeśli zastąpiono orkę jesiennym talerzowaniem, to nawożenie pszenicy najwyższą dawką azotu ($100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) przyczyniło się do istotnego zmniejszenia oznaczonego w warstwie 10–20 cm wskaźnika MWDg (o 16,8%) w stosunku do zanotowanego po zastosowaniu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Z kolei po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli obserwowano odwrotny kierunek zmian – średnica agregatów wzrosła odpowiednio o 14,0%. W najgłębszej z badanych warstw w warunkach uprawy tradycyjnej oraz uproszczonej jesiennej (brona talerzowa) zwiększenie nawożenia azotem z 50 do $75 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ spowodowało istotne zmniejszenie MWDg.

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano również zmiany wskaźnika MWDg pod wpływem współdziałania nawożenia liśćmi buraczanymi i nawozem azotowym, ale tylko w warstwach 10–20 i 20–30 cm. Jeśli nie stosowano liści, intensyfikacja nawożenia N sprzyjała na ogół wzrostowi średniej ważonej średnicy agregatów, natomiast po wprowadzeniu do gleby nawozu organicznego zwiększanie dawki azotu przyczyniło się najczęściej do redukcji wartości tego parametru.

Jednym z podstawowych parametrów świadczących o jakości struktury agregatowej jest jej odporność na rozmywające działanie wody. Badania przeprowadzone w fazie krzewienia pszenicy wykazały, że tylko sposób uprawy roli istotnie modyfikował wodoodporność agregatów glebowych (tab. 15). W warstwie 0–10 cm najkorzystniejszy współczynnik Wod oznaczono po zastosowaniu brony talerzowej. W porównaniu z uprawą tradycyjną odporność agregatów na rozmywające działanie wody wzrosła o 8,2 pkt.%. Również zaniechanie jesiennej uprawy sprzyjało zwiększeniu badanego parametru (odpowiednio o 5,8 pkt.%). Podobny kierunek zmian obserwowano w warstwach głębszych. Bezorkowe systemy uprawy przyczyniły do wzrostu współczynnika Wod średnio o 2,1 pkt.% w warstwie 10–20 cm i o 2,7 pkt.% w warstwie 20–30.

Tabela 14
Table 14

Średnia ważona średnica agregatu (MWDg) [mm] w terminie zbioru pszenicy jarej
(średnie z lat 2005–2007)

Mean weight diameter of aggregates (MWDg) [mm] at harvest time of spring wheat
(means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
warstwa – layer 0–10 cm							
Nie No	50	0,86	0,90	0,92	0,89	0,89	0,92
	75	0,86	0,94	0,98	0,95	0,93	
	100	0,80	0,81	1,02	1,06	0,92	
	średnio – mean	0,84	0,88	0,97	0,97	–	
Tak Yes	50	0,77	0,82	1,12	0,97	0,92	0,92
	75	0,81	0,83	1,15	1,02	0,95	
	100	0,87	0,80	0,91	0,97	0,89	
	średnio – mean	0,82	0,82	1,06	0,99	–	
Średnio Mean	50	0,82	0,86	1,02	0,93	0,91	–
	75	0,84	0,89	1,07	0,99	0,94	
	100	0,84	0,81	0,97	1,02	0,91	
Średnio – Mean		0,83	0,85	1,02	0,98	–	
warstwa – layer 10–20 cm							
Nie No	50	0,94	0,81	0,88	0,83	0,87	0,90
	75	0,80	0,83	1,08	0,92	0,91	
	100	0,86	0,94	0,89	1,03	0,93	
	średnio – mean	0,87	0,86	0,95	0,93	–	
Tak Yes	50	0,79	0,92	1,01	0,88	0,90	0,88
	75	0,96	0,86	0,76	1,00	0,90	
	100	0,82	0,89	0,69	0,92	0,83	
	średnio – mean	0,86	0,89	0,82	0,93	–	
Średnio Mean	50	0,87	0,87	0,95	0,86	0,89	–
	75	0,88	0,85	0,92	0,96	0,91	
	100	0,84	0,92	0,79	0,98	0,88	
Średnio – Mean		0,86	0,88	0,89	0,93	–	
warstwa – layer 20–30 cm							
Nie No	50	0,73	0,93	0,78	0,81	0,81	0,82
	75	0,67	0,80	0,87	0,87	0,80	
	100	0,75	0,81	0,98	0,89	0,86	
	średnio – mean	0,72	0,85	0,88	0,86	–	
Tak Yes	50	1,02	0,75	0,98	0,78	0,88	0,83
	75	0,87	0,76	0,69	0,87	0,80	
	100	0,97	0,74	0,71	0,81	0,81	
	średnio – mean	0,95	0,75	0,79	0,82	–	
Średnio Mean	50	0,88	0,84	0,88	0,80	0,85	–
	75	0,77	0,78	0,78	0,87	0,80	
	100	0,86	0,78	0,85	0,85	0,84	
Średnio – Mean		0,84	0,80	0,84	0,84	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
 warstwa – layer 0–10 cm I – 0,03; II – r.n.; III – r.n.; I/II – 0,07; III/I – r.n.; III/II – r.n.
 warstwa – layer 10–20 cm I – 0,05; II – r.n.; III – r.n.; I/II – 0,07; III/I – 0,09; III/II – 0,06
 warstwa – layer 20–30 cm I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.; I/II – 0,07; III/I – 0,09; III/II – 0,06
 r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 15

Table 15

Współczynnik wodoodporności agregatów glebowych (Wod) [%] w fazie krzewienia pszenicy jarej
(średnie z lat 2005–2007)

Water resistance index (Wod) [%] at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
warstwa – layer 0–10 cm					
Nie – No	28,8	30,3	32,8	33,4	31,3
Tak – Yes	26,8	28,1	39,1	33,7	31,9
Średnio – Mean	27,8	29,2	36,0	33,6	–
warstwa – layer 10–20 cm					
Nie – No	27,5	23,6	28,1	28,4	26,9
Tak – Yes	22,8	24,3	25,8	26,7	24,9
Średnio – Mean	25,2	24,0	27,0	27,6	–
warstwa – layer 20–30 cm					
Nie – No	26,3	24,8	29,5	27,2	27,0
Tak – Yes	23,7	25,9	25,8	28,2	25,9
Średnio – Mean	25,0	25,4	27,7	27,7	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves

warstwa – layer 0–10 cm I – 3,1; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 10–20 cm I – 1,6; II – r.n.; I/II – r.n.

warstwa – layer 20–30 cm I – 2,3; II – r.n.; I/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Zróznicowanie wodoodporności agregatów glebowych pod wpływem uprawy roli, obserwowane na początku wegetacji pszenicy jarej, utrzymywało się na ogół do jej zbioru (tab. 16). Uproszczenia w uprawie roli, a szczególnie zrezygnowanie z uprawy płużnej, sprzyjały zwiększeniu współczynnika Wod w każdej z badanych warstw. Zastąpienie orki głębokiej talerzowaniem przyczyniło się do istotnego wzrostu odporności agregatów na rozmywanie o 8,9 pkt.% w warstwie 0–10 cm, o 5,2 pkt.% w warstwie 10–20 cm i o 2,9 pkt.% w warstwie 20–30 cm. Z kolei po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli gleba charakteryzowała się większym współczynnikiem Wod niż w uprawie klasycznej odpowiednio o 5,5; 7,6 i 2,9 pkt.%. Spłylenie orki z 25 do 15 cm spowodowało natomiast poprawę wodoodporności tylko w warstwach 0–10 i 10–20 cm (odpowiednio o 4,4 i 3,0 pkt.%).

W warstwie najgłębszej zaobserwowano dodatkowo, że po zebraniu liści buraczanych zastosowanie orki głębokiej przyczyniło się do istotnego zmniejszenia współczynnika Wod (średnio o 7,4 pkt.%) w porównaniu z obserwowanym na poletkach, na których stosowano uprawy uproszczone – co jest zgodne z powszechnie znaną opinią o negatywnym oddziaływaniu zabiegów mechanicznych na kształtowanie struktury glebowej. Z kolei głębokie przyoranie liści buraka sprzyjało poprawie wodoodporności odpowiednio o 4,9 pkt.% – w tych warunkach najprawdopodobniej przyczyną wzrostu współczynnika Wod była zastosowana materia organiczna.

Tabela 16

Table 16

Współczynnik wodoodporności agregatów glebowych (Wod) [%] w terminie zbioru pszenicy jarej
(średnie z lat 2005–2007)

Water resistance index (Wod) [%] at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
warstwa – layer 0–10 cm							
Nie No	50	33,9	42,0	42,8	36,2	38,7	40,2
	75	36,8	43,2	47,7	40,1	42,0	
	100	34,7	36,4	43,8	44,4	39,8	
	średnio – mean	35,1	40,5	44,8	40,2	–	
Tak Yes	50	34,7	41,4	44,9	43,5	41,1	42,2
	75	38,8	39,9	46,8	43,6	42,3	
	100	40,3	42,1	46,2	44,1	43,2	
	średnio – mean	37,9	41,1	46,0	43,7	–	
Średnio Mean	50	34,3	41,7	43,9	39,9	39,9	–
	75	37,8	41,6	47,3	41,9	42,2	
	100	37,5	39,3	45,0	44,3	41,5	
Średnio – Mean		36,5	40,9	45,4	42,0	–	
warstwa – layer 10–20 cm							
Nie No	50	34,1	31,0	36,0	35,8	34,2	36,3
	75	32,8	31,7	48,4	34,8	36,9	
	100	33,1	37,1	37,9	42,7	37,7	
	średnio – mean	33,3	33,3	40,8	37,8	–	
Tak Yes	50	30,5	39,6	40,7	44,2	38,8	38,0
	75	35,0	37,6	36,5	42,5	37,9	
	100	33,9	40,0	30,6	44,7	37,3	
	średnio – mean	33,1	39,1	35,9	43,8	–	
Średnio Mean	50	32,3	35,3	38,4	40,0	36,5	–
	75	33,9	34,7	42,5	38,7	37,4	
	100	33,5	38,6	34,3	43,7	37,5	
Średnio – Mean		33,2	36,2	38,4	40,8	–	
warstwa – layer 20–30 cm							
Nie No	50	27,4	34,3	32,0	35,9	32,4	34,2
	75	27,1	34,5	39,3	38,5	34,9	
	100	31,6	32,5	41,8	35,8	35,4	
	średnio – mean	28,7	33,8	37,7	36,7	–	
Tak Yes	50	38,8	30,7	40,8	35,2	36,4	35,5
	75	38,7	30,4	30,8	37,2	34,3	
	100	40,1	28,6	36,3	38,4	35,9	
	średnio – mean	39,2	29,9	36,0	36,9	–	
Średnio Mean	50	33,1	32,5	36,4	35,6	34,4	–
	75	32,9	32,5	35,1	37,9	34,6	
	100	35,9	30,6	39,1	37,1	35,7	
Średnio – Mean		34,0	31,9	36,9	36,9	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

warstwa – layer 0–10 cm I – 1,9; II – 1,1; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

warstwa – layer 10–20 cm I – 2,2; II – 1,4; III – r.n.; I/II – 3,7; III/I – 3,7; III/II – 2,6

warstwa – layer 20–30 cm I – 2,3; II – 1,0; III – r.n.; I/II – 2,8; III/I – r.n.; III/II – 2,9

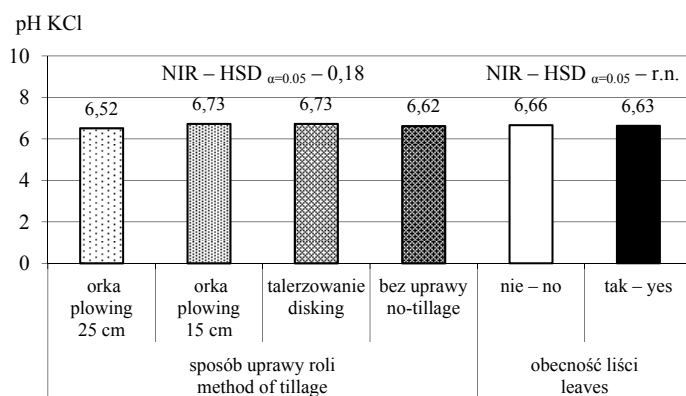
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Udowodniono, że połowe zagospodarowanie liści, niezależnie od pozostałych czynników doświadczenia, wpływa na istotne zwiększenie wodotrwałości agregatów. W warstwie 0–10 cm obserwowano jej wzrost o 2,0 pkt.%, w warstwie 10–20 o 1,7 pkt.%, a w warstwie 20–30 cm o 1,3 pkt.%.

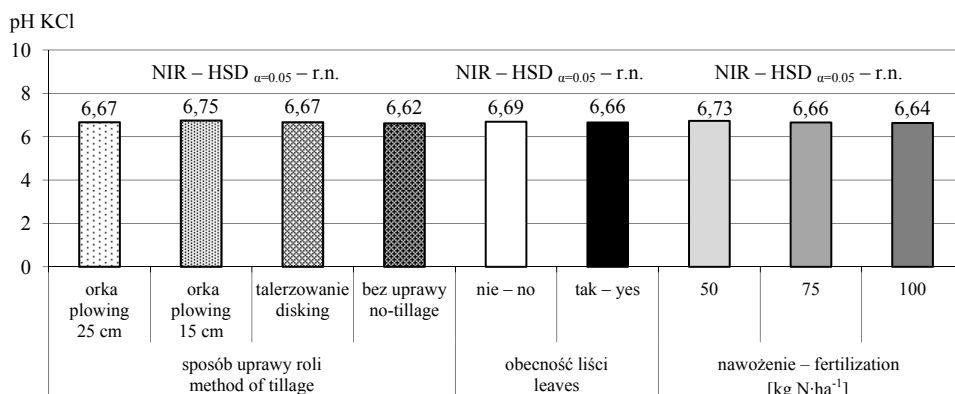
Analiza wariancji wykazała także zróżnicowanie badanego parametru w zależności od nawożenia azotem, ale wyłącznie na obiektach bez liści. Na poletkach, na których stosowano tylko nawożenie mineralne, w tym azotem w dawce 50 kg N·ha⁻¹, zaobserwowano mniejszą wodoodporność niż po aplikacji 100 kg N·ha⁻¹ – o 3,5 pkt.% w warstwie 10–20 cm i o 3,0 pkt.% w warstwie 20–30 cm.

5.1.1.2. Właściwości chemiczne

Wartość pH gleby była istotnie modyfikowana tylko w fazie krzewienia pszenicy i zależała jedynie od uprawy roli (rys. 2 i 3). Spływanie orki do 15 cm oraz zastosowanie brony talerzowej przyczyniło się do zwiększenia pH o 0,21 jednostki w porównaniu z zanotowanym w warunkach uprawy tradycyjnej. Podobny kierunek zmian obserwowano po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli – zależności tej nie udowodniono jednak statystycznie.

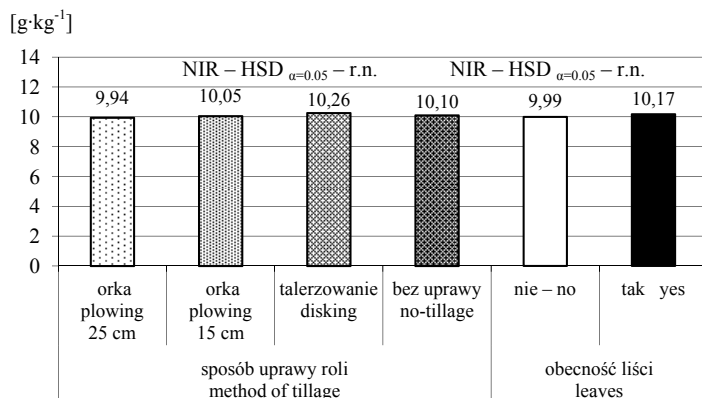


Rys. 2. Odczyn gleby (pH w 1 M KCl) w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 2. Reaction of soil (pH in 1 M KCl) at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

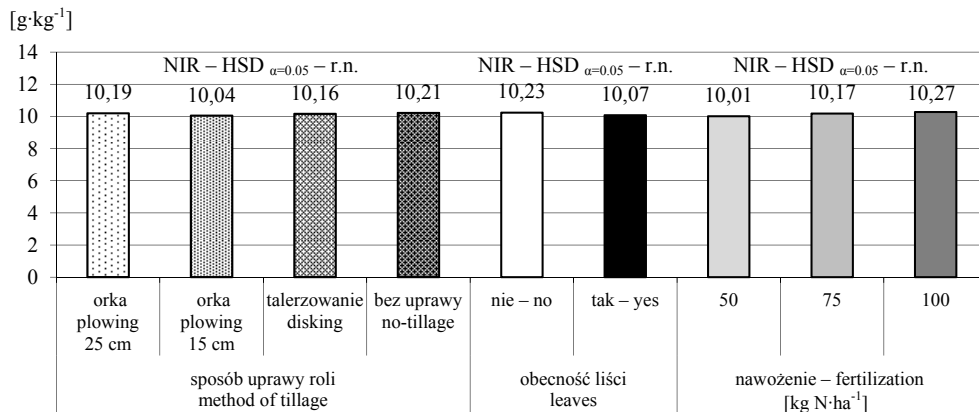


Rys. 3. Odczyn gleby (pH w 1 M KCl) w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 3. Reaction of soil (pH in 1 M KCl) at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Zawartość węgla organicznego w glebie nie była istotnie zależna od czynników doświadczania (rys. 4 i 5). W terminie wschodów pszenicy nieco więcej C org. zanotowano po zastosowaniu brony talerzowej niż z orki głębokiej. Z kolei w czasie zbioru rośliny testowej obserwowano niewielkie zmniejszenie zawartości węgla organicznego po wymieszaniu z glebą liści buraczanych, natomiast wzrost w wyniku intensyfikacji nawożenia azotem. Stosując 100 kg N·ha⁻¹ zawartość C org. nieznacznie wzrosła (o 2,6%) w porównaniu z określoną w warunkach nawożenia 50 kg N·ha⁻¹.

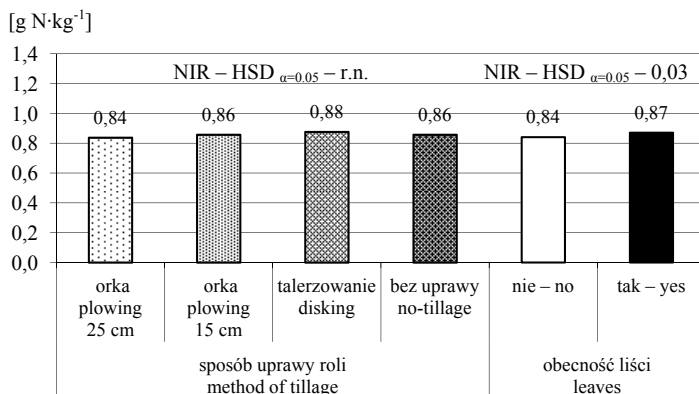


Rys. 4. Zawartość węgla organicznego w glebie w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 4. Organic carbon content in soil at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

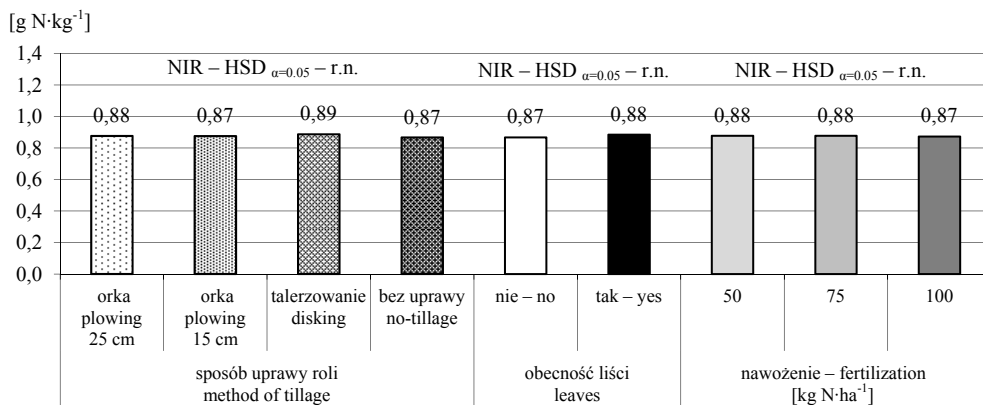


Rys. 5. Zawartość węgla organicznego w glebie w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 5. Organic carbon content in soil at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego wpłynęło na niewielki, ale istotny wzrost (o 3,6%) zawartości azotu w glebie określonego na początku wegetacji pszenicy (rys. 6). Z kolei w terminie zbioru roślin koncentracja tego składnika była na zbliżonym poziomie zarówno na poletkach nawożonych liśćmi, jak i bez nawozu organicznego (rys. 7). Także uprawa roli oraz nawożenie azotem nie miały znaczącego wpływu na zawartości N ogólnego w glebie.

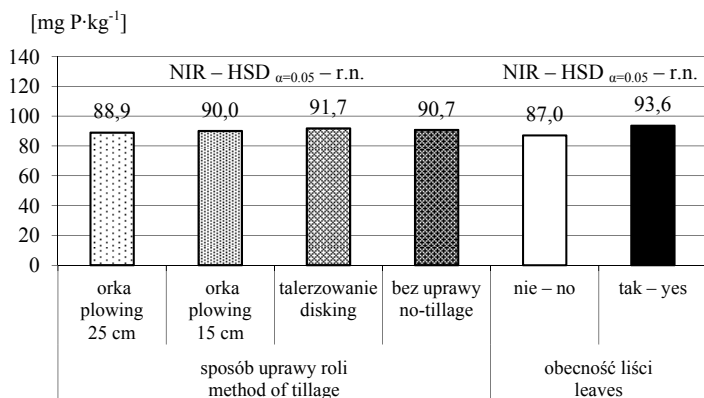


Rys. 6. Zawartość azotu ogólnego w glebie w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 6. Content of total nitrogen in soil at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)



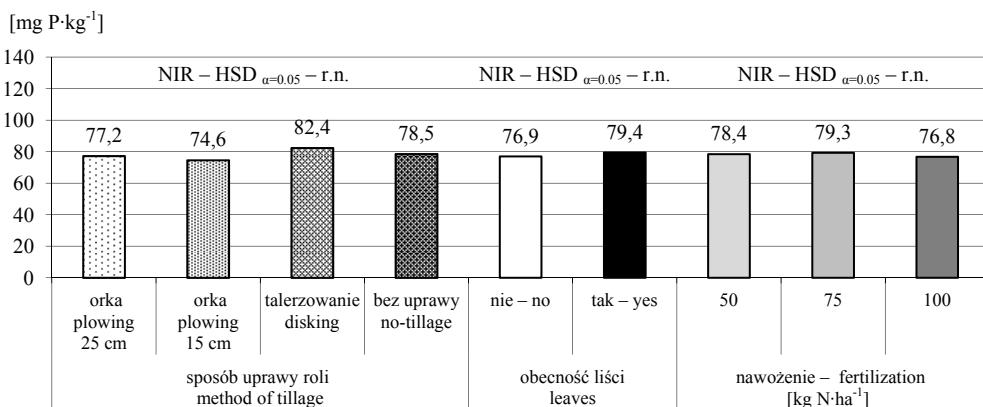
Rys. 7. Zawartość azotu ogólnego w glebie w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 7. Content of total nitrogen in soil at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Zastosowane w doświadczeniu czynniki nie miały istotnego wpływu na zawartość fosforu przyswajalnego w glebie (rys. 8 i 9). W terminie krzewienia pszenicy obserwowano jednak nieznaczny 7,6% wzrost koncentracji P w wyniku polowego zagospodarowania liści buraczanych. Również nieco większą zawartością fosforu charakteryzowała się gleba uprawiana broną talerzową niż pługiem. Zależności te utrzymały się do zbioru pszenicy. W tym terminie dodatkowo obserwowano niewielką redukcję koncentracji P w glebie po zastosowaniu najwyższej dawki nawozu azotowego.



Rys. 8. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)

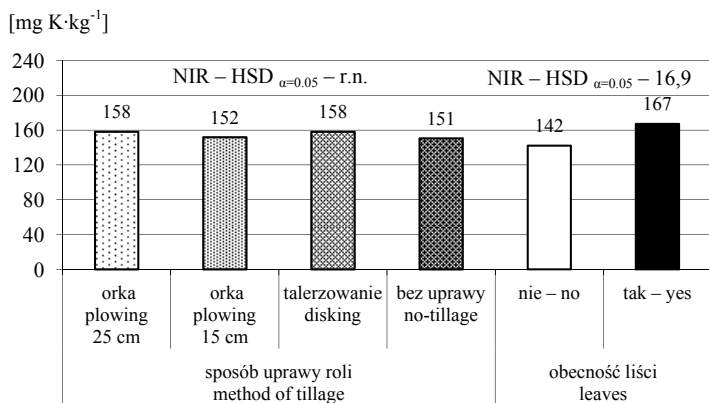
Fig. 8. Content of available phosphorus in soil at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)



Rys. 9. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)

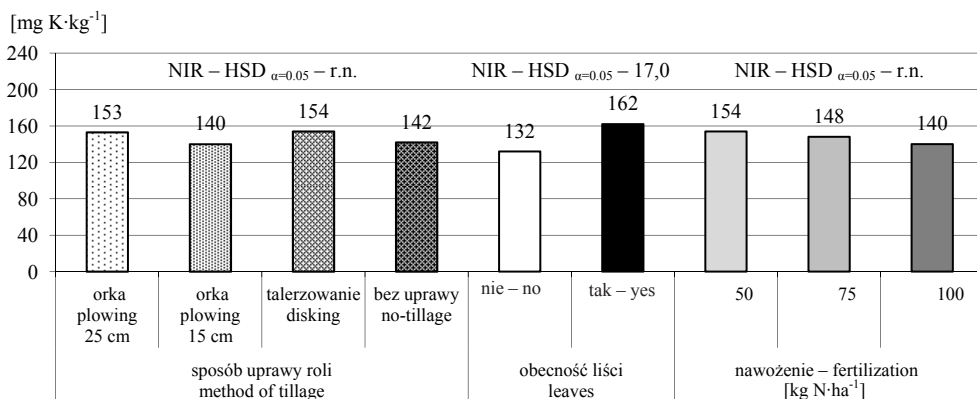
Fig. 9. Content of available phosphorus in soil at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego istotnie modyfikowało zawartość potasu przyswajalnego w glebie (rys. 10 i 11). Na podstawie analizy chemicznej wykonanej w czasie krzewienia pszenicy wykazano, że po zastosowaniu plonu ubocznego buraka zawartość K w glebie wzrosła o 17,6%, natomiast w terminie zbioru pszenicy zwiększyła się o 23,0%. W obu terminach badań nieco więcej potasu w glebie oznaczono po zastosowaniu orki głębokiej lub talerzowania niż po spłyceciu orki czy rezygnacji z jesiennej uprawy roli. Intensyfikacja nawożenia azotem przyczyniła się do zmniejszenia zawartości K przyswajalnego w glebie, szczególnie dużą redukcję ilości potasu zanotowano po zwiększeniu dawki azotu z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ – zależności tych nie udowodniono jednak statystycznie.



Rys. 10. Zawartość potasu przyswajalnego w glebie w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)

Fig. 10. Content of available potassium in soil at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)



Rys. 11. Zawartość potasu przyswajalnego w glebie w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)

Fig. 11. Content of available potassium in soil at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

5.1.2. Zachwaszczenie łąnu

Skład gatunkowy chwastów był zróżnicowany w poszczególnych latach badań. W 2005 r. zarówno w fazie krzewienia, jak i zbioru pszenicy dominowały: *Viola arvensis* oraz *Galium aparine*, w drugim roku badań w fazie krzewienia pszenicy jarej najczęściej występowały: *Viola arvensis*, *Thlaspi arvense* oraz *Chenopodium album*, a w czasie zbioru *Chenopodium album*. W 2007 r. we wczesnej fazie rozwojowej pszenicy dominowały: *Viola arvensis*, *Chenopodium album*, *Galium aparine* oraz *Stellaria media*, a pod koniec wegetacji *Viola arvensis*, *Geranium pusillum* i *Chenopodium album*. Różnice w składzie gatunkowym chwastów w poszczegól-

nych latach wynikały głównie ze zmiennych warunków pogodowych. Dodatkowo w 2005 r. zabieg herbicydowy wykonano dwukrotnie.

Zastosowane sposoby uprawy roli wyraźnie kształtowały liczbę chwastów określoną w łąnie pszenicy jarej w terminie jej krzewienia (tab. 17). Nie zanotowano natomiast znaczących zmian zachwaszczenia pod wpływem wprowadzonych do gleby liści buraka cukrowego oraz współdziałania badanych czynników. Najwięcej niepożądanych roślin (179 szt. \cdot m⁻²) stwierdzono na poletkach, na których zrezygnowano z jesiennej uprawy roli. Było ich istotnie aż o 50,4% więcej niż w warunkach uprawy tradycyjnej. Również zastosowanie brony talerzowej przyczyniło się do zwiększenia liczby chwastów w łąnie pszenicy – odpowiednio o 36,1%.

Tabela 17

Table 17

Liczba chwastów [szt. \cdot m⁻²] w fazie krzewienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Number of weeds [no. \cdot m⁻²] at tillering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
Nie – No	130	115	178	175	150
Tak – Yes	107	148	145	183	146
Średnio – Mean	118	132	162	179	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves
I – 40; II – r.n.; I/II – r.n.

Tabela 18

Table 18

Liczba chwastów [szt. \cdot m⁻²] w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Number of weeds [no. \cdot m⁻²] at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N \cdot ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	24,1	16,7	14,9	19,2	18,7	21,3
	75	18,6	22,5	20,6	27,1	22,2	
	100	17,2	21,6	21,2	32,1	23,0	
	średnio – mean	20,0	20,3	18,9	26,1	–	
Tak Yes	50	15,6	23,0	18,8	19,7	19,3	17,2
	75	15,2	19,3	13,1	17,1	16,2	
	100	11,2	18,1	21,4	13,3	16,0	
	średnio – mean	14,0	20,1	17,8	16,7	–	
Średnio Mean	50	19,9	19,9	16,9	19,5	19,0	–
	75	16,9	20,9	16,9	22,1	19,2	
	100	14,2	19,9	21,3	22,7	19,5	
Średnio – Mean		17,0	20,2	18,4	21,4	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 4,1; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – 3,5
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

W terminie zbioru zboża na obiektach nawożonych liśćmi przeciętna liczebność chwastów zmniejszyła się o 19,2% (tab. 18). Nawożenie azotem przyczyniło się natomiast do wzrostu zachwaszczenia, ale tylko jeśli wcześniej zrezygnowano z zagospodarowania liści. W takich warunkach podwojenie dawki azotu z 50 do 100 kg N·ha⁻¹ przyczyniło się do zwiększenia liczebności roślin niepożądanych o 23,0%.

Potwierdzono powszechną opinię o negatywnym wpływie uproszczeń uprawy roli na zachwaszczenie ładu. Zastąpienie orki przedzimowej talerzowaniem spowodowało zwiększenie masy chwastów ponad 4-krotnie (tab. 19). Także zrezygnowanie z jesiennej uprawy roli przyczyniło się do znacznego wzrostu zachwaszczenia ładu – nie potwierdzono jednak tej zależności matematycznie. Intensyfikacja nawożenia azotem sprzyjała systematycznemu wzrostowi masy chwastów; zwiększyła się ona o 48,9%, jeśli podwojono najniższą z zastosowanych dawek N.

Tabela 19
Table 19

Sucha masa chwastów [g·m⁻²] w terminie zbioru pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Dry weight of weeds [g·m⁻²] at harvest time of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	2,0	2,7	6,5	6,4	4,4	6,0
	75	3,4	2,6	9,7	9,2	6,2	
	100	2,1	4,3	12,7	10,9	7,5	
	średnio – mean	2,5	3,2	9,6	8,8	–	
Tak Yes	50	1,4	2,8	7,9	6,4	4,6	5,3
	75	1,9	3,2	8,0	7,9	5,3	
	100	1,9	3,9	13,3	4,6	5,9	
	średnio – mean	1,7	3,3	9,7	6,3	–	
Średnio Mean	50	1,7	2,8	7,2	6,4	4,5	–
	75	2,7	2,9	8,9	8,6	5,8	
	100	2,0	4,1	13,0	7,8	6,7	
Średnio – Mean		2,1	3,3	9,7	7,6	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 5,9; II – r.n.; III – 2,0; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.3. Produkcyjność pszenicy jarej

5.1.3.1. Cechy morfologiczne i elementy plonowania

Obecność liści buraka cukrowego nie miała wpływu na obsadę pszenicy jarej, była ona istotnie modyfikowana jedynie przez uprawę roli (tab. 20). Największe zagęszczenie roślin obserwowano na poletkach, na których jesienią wykonano uprawę płużną. Po zastąpieniu orki talerzowaniem oraz po zaniechaniu jesiennej uprawy liczba roślin zmniejszyła się odpowiednio o 5,8 i 5,2% w porównaniu z zanotowaną na poletkach uprawianych tradycyjnie.

Tabela 20
Table 20

Liczba roślin pszenicy jarej [szt. \cdot m⁻²] w fazie jej krzewienia (średnie z lat 2005–2007)
Number of spring wheat plants [no. \cdot m⁻²] at its tillering (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
Nie – No	475	491	463	464	473
Tak – Yes	486	486	443	448	466
Średnio – Mean	481	489	453	456	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves
I – 23; II – r.n.; I/II – r.n.

Analiza wariancji wykazała istotną zależność indeksu powierzchni liści (LAI) od efektów głównych (tab. 21). Połowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego zwiększyło wskaźnik powierzchni liści średnio o 7,8%. Uproszczenia w uprawie roli sprzyjały zwiększeniu powierzchni asymilacyjnej roślin w porównaniu z zanotowaną w uprawie klasycznej. Po zastosowaniu brony talerzowej indeks LAI wzrósł odpowiednio o 5,9%, jeśli zaniechano jesiennej uprawy o 4,9%, natomiast po splycieniu orki – o 3,4%. Także do wzrostu powierzchni asymilacyjnej roślin przyczyniła się intensyfikacja nawożenia azotem. Jeśli nawożenie pszenicy zwiększono z 50 do 75 kg N \cdot ha⁻¹, wskaźnik LAI wzrósł o 2,4%, kolejne zwiększenie dawki azotu do 100 kg N \cdot ha⁻¹ nie miało natomiast wpływu na powierzchnię liści.

Tabela 21
Table 21

Indeks powierzchni liści (LAI) w fazie kwitnienia pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Leaf area index (LAI) at flowering stage of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N \cdot ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	2,02	1,99	2,11	1,96	2,02	2,04
	75	2,05	1,99	2,15	2,05	2,06	
	100	1,94	2,03	2,13	2,06	2,04	
	średnio – mean	2,00	2,00	2,13	2,02	–	
Tak Yes	50	2,03	2,24	2,16	2,20	2,16	2,20
	75	2,11	2,15	2,26	2,31	2,21	
	100	2,16	2,29	2,21	2,29	2,24	
	średnio – mean	2,10	2,23	2,21	2,27	–	
Średnio Mean	50	2,03	2,12	2,14	2,08	2,09	–
	75	2,08	2,07	2,21	2,18	2,14	
	100	2,05	2,16	2,17	2,18	2,14	
Średnio – Mean		2,05	2,12	2,17	2,15	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,06; II – 0,08; III – 0,04.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Krzewienie produktywne było istotnie kształtowane przez sposób uprawy roli i nawożenie azotem (tab. 22). Najbardziej rozkrzewioną pszenicę (1,30) obserwowano na poletkach, na których zastosowano bronę talerzową lub zaniechano jesiennej uprawy roli – rozkrzewienie roślin było wówczas o 6,6% większe w porównaniu ze stwierdzonym po wykonaniu orki płytkiej. Zależność ta była konsekwencją mniejszej liczby roślin występujących w uprawach bezorkowych niż po wykonaniu orki. Zrezygnowanie z odwracania roli sprzyjało tworzeniu przez pszenicę zwiększonej liczby źdźbeł, szczególnie w warunkach zagospodarowania liści buraczanych – nie udowodniono tego jednak statystycznie. Wzrastające dawki nawożenia azotem przyczyniły się natomiast do redukcji liczby źdźbeł pszenicy. Po zastosowaniu 100 kg N·ha⁻¹ krzewienie produktywne zmniejszyło się o 4,6% w stosunku do stwierdzonego w warunkach nawożenia pszenicy 50 kg N·ha⁻¹.

Tabela 22
Table 22

Krzewienie produktywne pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Productive tillering of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	1,25	1,26	1,32	1,29	1,28	1,25
	75	1,23	1,21	1,29	1,31	1,26	
	100	1,24	1,18	1,25	1,19	1,22	
	średnio – mean	1,24	1,22	1,29	1,26	–	
Tak Yes	50	1,29	1,20	1,34	1,39	1,31	1,28
	75	1,23	1,27	1,31	1,32	1,28	
	100	1,21	1,22	1,27	1,31	1,25	
	średnio – mean	1,24	1,23	1,31	1,34	–	
Średnio Mean	50	1,27	1,23	1,33	1,34	1,30	–
	75	1,23	1,24	1,30	1,32	1,27	
	100	1,23	1,20	1,26	1,25	1,24	
Średnio – Mean		1,24	1,22	1,30	1,30	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – 0,07; II – r.n.; III – 0,05; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Liczba kłosów na 1 m² nie była istotnie modyfikowana ani przez sposoby uprawy roli, ani przez zróżnicowane nawożenie organiczno-mineralne (tab. 23). Nieco większą obsadę kłosów stwierdzono po przeprowadzeniu orki płytkiej niż zaniechaniu uprawy roli. Wprowadzenie liści buraczanych do gleby przyczyniło się do nieznacznego zwiększenia liczby kłosów, szczególnie jeśli wprowadzono je do gleby za pomocą orki głębokiej. Z kolei wpływ intensyfikacji nawożenia azotem na obsadę kłosów uzależniony był w niewielkim stopniu od obecności liści. Jeśli zebrano je z pola, to wyższe dawki azotu przyczyniły się do zmniejszenia badanego parametru, natomiast w warunkach połowego zagospodarowania liści wraz ze wzrostem mineralnego nawożenia N liczba kłosów wzrastała.

Tabela 23
Table 23

Liczba kłosów [szt. \cdot m⁻²] pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Number of ears [no. \cdot m⁻²] of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N \cdot ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	580	636	570	601	597	589
	75	577	616	586	562	585	
	100	557	591	610	580	585	
	średnio – mean	571	614	589	581	–	
Tak Yes	50	598	604	541	598	585	592
	75	613	590	593	576	593	
	100	607	601	603	575	597	
	średnio – mean	606	598	579	583	–	
Średnio Mean	50	589	620	556	600	591	–
	75	595	603	590	569	589	
	100	582	596	607	578	591	
Średnio – Mean		589	606	584	582	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Zastosowane uproszczenia w uprawie roli sprzyjały zwiększeniu wysokości pszenicy jarej (tab. 24). Najwyższe rośliny (74,1 cm) obserwowano na poletkach, na których zrezygnowano z jesiennej uprawy roli – były one istotnie wyższe o 3,9% od roślin w tradycyjnej uprawie. Również zastosowanie brony talerzowej lub orki płytkiej przyczyniło się do zwiększenia ich wysokości, nie udowodniono tego jednak statystycznie. Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego w nieznacznym stopniu sprzyjało zwiększeniu wzrostu rośliny uprawnej. Szczególnie wysoką pszenicę obserwowano po pozostawieniu liści na zimę w postaci mulczu i zaniechaniu uprawy roli.

Zrezygnowanie z jesiennej uprawy roli, w porównaniu z uprawą tradycyjną, sprzyjało także wydłużeniu kłosów głównych (o 7,0%) (tab. 25). Po zastosowaniu orki płytkiej lub talerzowania zanotowano podobny, lecz nieudowodniony matematycznie kierunek zmian. Analiza wariancji wykazała, że podwojenie nawożenia azotem z 50 do 100 kg N \cdot ha⁻¹ przyczyniło się do zwiększenia długości kłosa o 5,6%, ale tylko w warunkach zastosowania orki płytkiej. Długość kłosa głównego nie była zależna od obecności liści.

Udowodnionemu statystycznie wzrostowi liczby ziarniaków w kłosie (o 6,8%) sprzyjało zagospodarowanie liści buraczanych (tab. 26). Także sposób uprawy roli istotnie różnicował liczebność ziarniaków. Jeśli pierwszym zabiegiem uprawowym po zbiorze buraka cukrowego było wiosenne kultywatorowanie, to liczba ziarniaków wzrosła o 10,9% w porównaniu z odnotowaną po przeprowadzeniu uprawy tradycyjnej. Podobne tendencje stwierdzono po zastosowaniu pozostałych sposobów uprawy roli. Uziarnienie kłosa uzależnione było również od współdziałania uprawy i obecności liści buraczanych. W warunkach nawożenia liśćmi zrezygnowanie z jesiennej uprawy roli przyczyniło się do wzrostu tego parametru o 20,0% w odniesieniu do stwierdzonego po wykonaniu orki głębokiej, natomiast spływając orkę lub stosując bronę talerzową, liczebność ziarniaków wzrosła odpowiednio o 11,6 i 12,0%. Z kolei,

jeśli zebrano liście z pola, to nie obserwowano zmian pod wpływem zróżnicowanych zabiegów uprawy roli.

Tabela 24
Table 24

Wysokość roślin [cm] pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Plant height [cm] of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	69,7	72,0	73,9	72,9	72,1	72,1
	75	71,2	72,5	71,2	73,9	72,2	
	100	71,6	70,9	73,4	71,5	71,9	
	średnio – mean	70,8	71,8	72,8	72,8	–	
Tak Yes	50	70,1	73,9	71,6	75,5	72,8	73,3
	75	72,3	72,1	73,4	76,0	73,5	
	100	73,0	73,8	72,6	74,5	73,5	
	średnio – mean	71,8	73,3	72,5	75,3	–	
Średnio Mean	50	69,9	73,0	72,8	74,2	72,5	–
	75	71,8	72,3	72,3	75,0	72,9	
	100	72,3	72,4	73,0	73,0	72,7	
Średnio – Mean		71,3	72,6	72,7	74,1	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 2,2; II – r.n.; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 25
Table 25

Długość kłosa głównego [cm] pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Length of main ear [cm] of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	7,0	7,0	7,6	7,7	7,3	7,3
	75	7,2	7,3	7,4	7,5	7,4	
	100	7,1	7,3	7,1	7,2	7,2	
	średnio – mean	7,1	7,2	7,4	7,5	–	
Tak Yes	50	7,0	7,2	7,4	7,7	7,3	7,4
	75	7,2	7,4	7,2	7,6	7,4	
	100	7,3	7,6	7,4	7,6	7,5	
	średnio – mean	7,2	7,4	7,3	7,6	–	
Średnio Mean	50	7,0	7,1	7,5	7,7	7,3	–
	75	7,2	7,4	7,3	7,6	7,4	
	100	7,2	7,5	7,3	7,4	7,4	
Średnio – Mean		7,1	7,3	7,4	7,6	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,4; II – r.n.; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – 0,4; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 26
Table 26

Liczba ziaren z kłosa pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Number of grain per ear of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	22,2	20,7	24,0	23,2	22,5	23,4
	75	24,9	22,7	22,9	24,7	23,8	
	100	23,1	23,2	24,7	24,1	23,8	
	średnio – mean	23,4	22,2	23,9	24,0	–	
Tak Yes	50	22,4	25,1	25,1	26,8	24,9	25,0
	75	22,5	25,1	25,5	28,3	25,4	
	100	22,7	25,1	24,9	26,0	24,7	
	średnio – mean	22,5	25,1	25,2	27,0	–	
Średnio Mean	50	22,3	22,9	24,6	25,0	23,7	–
	75	23,7	23,9	24,2	26,5	24,6	
	100	22,9	24,2	24,8	25,1	24,3	
Średnio – Mean		23,0	23,7	24,5	25,5	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 2,3; II – 0,8; III – r.n.; I/II – 2,0; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Masa ziarna z kłosa była istotnie modyfikowana przez uprawę roli, obecność liści buraka cukrowego, nawożenie azotem oraz współdziałanie uprawy i liści buraczanych (tab. 27). Wprowadzenie do gleby plonu ubocznego buraka sprzyjało zwiększeniu masy ziarna z kłosa o 7,3% w porównaniu z określoną po wyłącznym zastosowaniu nawożenia mineralnego. Największą masę ziarna z kłosa stwierdzono po zaniechaniu jesiennej uprawy. Była ona o 11,1% większa w stosunku do zanotowanej na poletkach, na których wykonano orkę głęboką. Analiza wariancji wykazała, że w warunkach zagospodarowania liści buraka płytkie ich wymieszanie z glebą sprzyjało wzrostowi masy ziarna z kłosa. Jeśli liście wprowadzono do gleby dopiero wiosną, to wzrosła ona aż o 21,5%, natomiast po zastosowaniu brony talerzowej albo spłyceniu orki – o 12,7% w porównaniu z zanotowaną po głębokim wprowadzeniu nawozu organicznego do gleby. Z kolei jeśli po zbiorze buraka plon uboczny został zebrany z pola, uprawa roli nie różnicowała badanego parametru. Intensyfikacja nawożenia azotem sprzyjała systematycznemu wzrostowi masy ziarna z kłosa. Po zwiększeniu dawki N z 50 do 100 kg·ha⁻¹ wzrosła ona o 6,0%.

Zarówno organiczne, jak i mineralne nawożenie azotem istotnie modyfikowało masę tysiąca ziaren pszenicy jarej (tab. 28). Zastosowanie liści buraka cukrowego sprzyjało zwiększeniu MTZ o 1,1%. Dorodność ziaren wzrastała również w warunkach intensyfikacji nawożenia azotem. Pszenica nawożona 100 kg N·ha⁻¹ charakteryzowała się o 3,1% większą masą 1000 ziaren niż po aplikacji 50 kg N·ha⁻¹. Badane sposoby uprawy roli nie wpływały na istotne zmiany MTZ. Nieco większą masę tysiąca ziaren zanotowano jednak, jeśli orkę przedzimą spłyciono do 15 cm niż po zastosowaniu uprawy klasycznej lub uproszczonej, wykonanej broną talerzową.

Tabela 27
Table 27

Masa ziarna z kłosa [g] pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Weight of grain per ear [g] of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	0,77	0,73	0,80	0,80	0,78	0,82
	75	0,86	0,80	0,79	0,86	0,83	
	100	0,83	0,84	0,89	0,86	0,86	
	średnio – mean	0,82	0,79	0,83	0,84	–	
Tak Yes	50	0,78	0,88	0,88	0,94	0,87	0,88
	75	0,78	0,87	0,90	1,02	0,89	
	100	0,81	0,91	0,89	0,93	0,89	
	średnio – mean	0,79	0,89	0,89	0,96	–	
Średnio Mean	50	0,78	0,81	0,84	0,87	0,83	–
	75	0,82	0,84	0,85	0,94	0,86	
	100	0,82	0,88	0,89	0,90	0,88	
Średnio – Mean		0,81	0,84	0,86	0,90	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście, leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,08; II – 0,03; III – 0,04; I/II – 0,07; III/I – r.n.; III/II – r.n.
 r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 28
Table 28

Masa tysiąca ziaren [g] pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Thousand grain weight [g] of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	34,9	35,1	33,7	34,6	34,6	35,2
	75	34,8	35,4	34,7	35,2	35,0	
	100	35,8	36,1	36,3	35,6	36,0	
	średnio – mean	35,2	35,5	34,9	35,1	–	
Tak Yes	50	35,1	35,4	35,3	35,4	35,3	35,6
	75	34,8	35,2	35,5	36,2	35,4	
	100	36,0	36,5	35,9	36,3	36,2	
	średnio – mean	35,3	35,7	35,6	36,0	–	
Średnio Mean	50	35,0	35,3	34,5	35,0	35,0	–
	75	34,8	35,3	35,1	35,7	35,2	
	100	35,9	36,3	36,1	36,0	36,1	
Średnio – Mean		35,2	35,6	35,2	35,6	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście, leaves; III – nawożenie – fertilization
 I – r.n.; **II – 0,3; III – 0,4; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.**
 r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.3.2. Plonowanie

Wzrost, rozwój i plonowanie pszenicy jarej w znacznym stopniu zależały od warunków meteorologicznych. Najwyżej plonowała pszenica w pierwszym roku badań (6,78 t·ha⁻¹), który okazał się najbardziej korzystny pod względem przebiegu pogody (tab. 29). W 2006 r. zebrano istotnie niższy plon ziarna – aż o 34,4% w stosunku do oznaczonego w roku pierwszym (2005). Niski poziom plonowania był efektem opóźnionego siewu pszenicy (bardzo zimny marzec i mokry początek kwietnia), jak również suszy panującej w czasie najintensywniejszego wzrostu zbóż (maj) oraz w trakcie formowania kłosa (lipiec). W trzecim roku doświadczenia (2007) warunki pogodowe również nie sprzyjały potencjalnym możliwościom plonowania pszenicy. Bardzo suchy i ciepły kwiecień przyczynił się do zahamowania jej wzrostu. Pomimo korzystnych warunków meteorologicznych w dalszym czasie wegetacji zbóż jarych szkody powstałe we wcześniejszym okresie nie zostały w pełni zrekompensowane. Obniżka plonu ziarna w stosunku do uzyskanego w pierwszym roku badań wyniosła 40,9%.

Tabela 29
Table 29

Plon ziarna pszenicy jarej [t·ha⁻¹]
Grain yield of spring wheat [t·ha⁻¹]

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean	
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean		
1	2	3	4	5	6	7	8	
2005								
Nie No	50	6,26	6,26	6,72	6,19	6,36	6,62	
	75	6,38	6,44	6,85	6,68	6,59		
	100	6,78	7,09	7,00	6,73	6,90		
	średnio – mean	6,47	6,60	6,86	6,53	–		
Tak Yes	50	6,65	6,77	7,08	6,42	6,73	6,93	
	75	7,06	6,52	7,17	6,61	6,84		
	100	7,17	7,09	7,76	6,88	7,23		
	średnio – mean	6,96	6,79	7,34	6,64	–		
Średnio Mean	50	6,46	6,52	6,90	6,31	6,55	–	
	75	6,72	6,48	7,01	6,65	6,72		
	100	6,98	7,09	7,38	6,81	7,07		
Średnio – Mean		6,72	6,70	7,10	6,59			
Średnio dla roku Mean for year		6,78						
2006								
Nie No	50	3,61	3,99	4,00	4,22	3,96	4,23	
	75	4,30	4,11	4,12	4,35	4,22		
	100	4,33	4,25	4,80	4,66	4,51		
	średnio – mean	4,08	4,12	4,31	4,41	–		
Tak Yes	50	3,71	4,58	4,02	5,24	4,39	4,67	
	75	4,04	4,92	4,26	5,63	4,71		
	100	4,27	5,51	4,48	5,41	4,92		
	średnio – mean	4,01	5,00	4,25	5,43	–		

Tabela 29 cd.
Table 29 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	
Średnio Mean	50	3,66	4,29	4,01	4,73	4,18	-	
	75	4,17	4,52	4,19	4,99	4,47		
	100	4,30	4,88	4,64	5,04	4,72		
Średnio – Mean		4,04	4,56	4,28	4,92	-		
Średnio dla roku Mean for year		4,45						
2007								
Nie No	50	3,56	2,81	3,21	3,58	3,29		3,61
	75	4,03	3,71	3,17	3,56	3,62		
	100	3,71	3,66	4,31	4,01	3,92		
	średnio – mean		3,77	3,39	3,56	3,72		
Tak Yes	50	3,90	4,17	3,66	4,25	4,00	4,41	
	75	4,29	4,59	4,50	5,03	4,60		
	100	4,40	4,83	4,64	4,66	4,63		
	średnio – mean		4,20	4,53	4,27	4,65		-
Średnio Mean	50	3,73	3,49	3,44	3,92	3,65	-	
	75	4,16	4,15	3,84	4,30	4,11		
	100	4,06	4,25	4,48	4,34	4,28		
Średnio – Mean		3,98	3,96	3,92	4,19	-		
Średnio dla roku Mean for year		4,01						
Średnio – Mean 2005–2007								
Nie No	50	4,48	4,35	4,64	4,66	4,53		4,82
	75	4,89	4,75	4,71	4,87	4,81		
	100	4,94	5,00	5,37	5,13	5,11		
	średnio – mean		4,77	4,70	4,91	4,89		
Tak Yes	50	4,75	5,17	4,92	5,31	5,04	5,34	
	75	5,13	5,35	5,31	5,76	5,39		
	100	5,28	5,81	5,63	5,65	5,59		
	średnio – mean		5,05	5,44	5,29	5,57		-
Średnio Mean	50	4,62	4,76	4,78	4,99	4,79	-	
	75	5,01	5,05	5,01	5,32	5,10		
	100	5,11	5,41	5,50	5,39	5,35		
Średnio – Mean		4,91	5,07	5,10	5,23	-		

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization; IV – lata – years

2005 I – 0,33; II – 0,25; III – 0,40; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

2006 I – 0,37; II – 0,31; III – 0,37; I/II – 0,85; III/I – r.n.; III/II – r.n.

2007 I – r.n.; II – 0,31; III – 0,20; I/II – r.n.; III/I – 0,40.; III/II – r.n.

średnie z lat – means for years 2005–2007 I – 0,26; II – 0,16; III – 0,19; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.; IV – 0,50
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego miało istotny wpływ na plonowanie pszenicy jarej we wszystkich latach badań. W pierwszym roku realizacji doświadczenia wprowadzenie do gleby plonu ubocznego buraka sprzyjało wzrostowi plonu ziarna o 4,7%. W kolejnych latach efektywność zastosowanych liści była jeszcze wyższa: w drugim roku plon wzrósł o 10,4%, a w trzecim aż o 22,2%. Dodatkowo analiza wariancji wykazała, że w 2006 r. najlepszym sposobem zagospodarowania liści było ich pozostawienie na okres zimowy w postaci mulczu i wiosenne wymieszanie z glebą za pomocą kultywatora. Ten sposób uprawy przyczynił się do istotnego wzrostu plonowania pszenicy o 35,4% w porównaniu z plonem zebrany po przyoraniu liści orką głęboką. Również płytkie przykrycie zielonej masy pługiem sprzyjało udowodnionej statystycznie wyższe plonu, odpowiednio o 24,7%. W 2007 r., podobnie jak rok wcześniej, najkorzystniejszym sposobem wprowadzenia liści do gleby było wiosenne zastosowanie kultywatora, natomiast w 2005 r. pszenica plonowała najwyżej, jeśli liście buraczane wymieszano z glebą broną talerzową – zależności tych nie poparto jednak dowodami matematycznymi.

Pośród zaproponowanych sposobów uprawy roli, niezależnie od wprowadzenia do gleby nawozu organicznego, najlepszym było zastosowanie po zbiorze buraka cukrowego brony talerzowej (2005 r.) lub zrezygnowanie z jesiennej uprawy (2006 r.). Te sposoby uprawy przyczyniły się do wzrostu plonu ziarna odpowiednio o 5,7 i 21,8% w stosunku do otrzymanego po wykonaniu uprawy tradycyjnej.

We wszystkich latach badań intensyfikacja nawożenia azotem sprzyjała systematycznemu wzrostowi plonowania pszenicy. W pierwszym roku realizacji doświadczenia rośliny nawożone $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ plonowały o 7,9% wyżej niż po zastosowaniu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w drugim roku badań odpowiednio o 12,9%, a w trzecim o 17,3%.

Synteza wyników badań z wielolecia wykazała, że plon badanej rośliny jest istotnie uzależniony tylko od efektów głównych. Najwyżej plonowała pszenica, jeśli zrezygnowano z uprawy roli ($5,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), najniżej natomiast po przeprowadzeniu uprawy klasycznej ($4,91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Zagospodarowanie liści buraczanych sprzyjało wyższe plonowania średnio o 10,8%, natomiast zwiększenie dawki nawozów azotowych z 50 do $75 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ przyczyniło się do zwiększenia masy ziarna o 6,5%, a z 75 do $100 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o kolejne 4,9%.

Wykorzystanie liści buraka cukrowego w uprawie pszenicy wskazuje na możliwość ograniczenia dawek nawozów azotowych. Nieznacznie wyższy plon ziarna uzyskano po wprowadzeniu liści do gleby za pomocą orki płytkiej lub pozostawieniu ich na powierzchni pola w postaci mulczu i jednoczesnym zastosowaniu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ niż po przeprowadzeniu tych samych sposobów uprawy, jednocześnie podwajając nawożenie azotem (do $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$), ale rezygnując z polowego zagospodarowania liści.

Przeprowadzona analiza korelacji prostej wykazała istotny związek pomiędzy plonem pszenicy jarej a jej wybranymi cechami plonotwórczymi (tab. 30). Uzależniony był on od obecności w glebie liści buraczanych. Jeśli nie stosowano liści, wielkość plonu ziarna pszenicy jarej była istotnie skorelowana tylko z cechami kłosa, spośród których szczególnie duży wpływ miała masa ziarna z kłosa (współczynnik korelacji $r = +0,757$). W nieco mniejszym stopniu plon pszenicy był powiązany z liczbą ziarna z kłosa ($r = +0,597$) oraz masą tysiąca ziaren ($r = +0,592$). Z kolei po zagospodarowaniu liści buraka udowodniono większe i na ogół silniejsze zależności plonu od cech plonotwórczych. Najściślejszy związek stwierdzono w odniesieniu do indeksu powierzchni liści LAI ($r = +0,836$). Plon ziarna zależał także od masy tysiąca ziaren ($r = +0,794$), wysokości roślin ($r = +0,741$), masy ziarna z kłosa ($r = +0,740$), długości kłosa głównego ($r = +0,735$) oraz liczby ziaren z kłosa ($r = +0,630$).

Tabela 30

Table 30

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem ziarna a wybranymi cechami plonotwórczymi pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)

Correlation coefficients between grain yield and some yield formation traits of spring wheat (means for years 2005–2007)

Obiekt Treatment	Liczba kłosów [szt.·m ⁻²] Number of ears [no.·m ⁻²]	Wysokość roślin [cm] Plant height	Długość kłosa głównego [cm] Length of main ears	Liczba ziaren z kłosa Number of grain per ear	Masa ziarna z kłosa [g] Weight of grain per ear	Masa tysiąca ziaren [g] Thousand grain weight	Indeks powierzchni liści Leaf area index (LAI)	Krzewienie produktywne Productive tillering
Bez liści Without leaves	+0,177	+0,574	+0,113	+0,597*	+0,757*	+0,592*	+0,420	-0,227
Liście buraczane Leaves	+0,113	+0,741*	+0,735*	+0,630*	+0,740*	+0,794*	+0,836*	+0,026

* korelacja istotna ($\alpha = 0,05$) – significant correlation ($\alpha = 0.05$)

Zwiększenie plonowania pszenicy jarej będące efektem polowego zagospodarowania liści buraka cukrowego było głównie wynikiem zwiększonej o 8,79% liczby ziaren z kłosa (tab. 31). W mniejszym stopniu na wzrost plonu ziarna wpłynęły masa tysiąca ziaren (o 1,38%) oraz liczba kłosów z 1 m² (o 0,62%).

Tabela 31

Table 31

Wpływ elementów plonowania na zwiększenie plonu ziarna pszenicy jarej uprawianej po wprowadzeniu do gleby liści buraka cukrowego w porównaniu z obiektem kontrolnym (średnie z lat 2005–2007)
The effect of individual yielding constituents on increase of grain yielding of spring wheat grown after application of sugar beet tops compared with control treatment (means for years 2005–2007)

Plon i elementy plonowania Yield and yield components	Obecność liści Leaves		Efekty elementów plonowania The results of yield components		
	nie no	tak yes	wkład contribution		udział [%] share
			[dt·ha ⁻¹]	[%]	
Plon ziarna [t·ha ⁻¹] Grain yields	4,82	5,34	–	–	–
Liczba kłosów [szt.·m ⁻²] Number of ears [no.·m ⁻²]	589	592	0,30	0,62	5,7
Liczba ziaren z kłosa Number of grain per ear	23,4	25,0	4,24	8,79	81,5
Masa tysiąca ziaren [g] Thousand grain weight	35,2	35,6	0,67	1,38	12,8
Suma Total	–	–	5,21	10,79	100,0

Analiza indywidualnego wpływu badanych elementów plonowania na różnice w wysokości plonu wykazała, że ich wkład i udział zależy od sposobu zagospodarowania nawozu organicznego (tab. 32). Jeśli liście buraczane wprowadzono do gleby orką głęboką, to największy wkład w zwyczaję plonu miała obsada kłosów (odpowiednio 2,95 dt·ha⁻¹, tj. 6,0%). Pszenica jara uprawiana po przyoraniu liści na głębokość 25 cm charakteryzowała się natomiast znacznie mniejszą liczbą ziaren z kłosa niż w warunkach wykonania tradycyjnej uprawy przedzimowej po wcześniejszym usunięciu z pola plonu ubocznego buraka – umniejszało to efekty pozostałych elementów plonowania o 1,67 dt·ha⁻¹, tj. o 3,41%. Odwrotne zależności stwierdzono

Tabela 32

Table 32

Wpływ elementów plonowania na zwyczaję plonu ziarna pszenicy jarej uprawianej po różnych sposobach wprowadzenia do gleby liści buraka cukrowego w porównaniu z obiektami kontrolnymi (średnie z lat 2005–2007)

The effect of individual yielding constituents on increase of grain yielding of spring wheat grown after varying methods of sugar beet tops application compared with control treatments (means for years 2005–2007)

Elementy plonowania Yields components	Sposób wprowadzenia liści do gleby Method of sugar beet tops application				Średnio Mean
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzo- wanie disking	bez uprawy no-tillage	
Wkład elementów plonowania w różnicę plonów [dt·ha ⁻¹] Contribution of yields components in difference of yields					
Liczba kłosów [szt.·m ⁻²] Number of ears [no.·m ⁻²]	2,95	-0,80	-0,52	0,07	0,43
Liczba ziaren z kłosa Number of grain per ear	-1,67	4,42	1,78	2,81	1,84
Masa tysiąca ziaren [g] Thousand grain weight	0,13	0,08	0,64	0,52	0,34
Suma – Total	0,47	1,23	0,63	1,13	
Wkład elementów plonowania w różnicę względne plonów [%] Contribution of yields components in relative difference of yields					
Liczba kłosów [szt.·m ⁻²] Number of ears [no.·m ⁻²]	6,00	-1,59	-1,02	0,13	0,88
Liczba ziaren z kłosa Number of grain per ear	-3,41	8,72	3,50	5,37	3,55
Masa tysiąca ziaren [g] Thousand grain weight	0,26	0,17	1,25	1,00	0,67
Suma – Total	0,95	2,43	1,24	2,17	
Udział elementów plonowania w różnicowaniu plonów [%] Share of yields components in difference of yields					
Liczba kłosów [szt.·m ⁻²] Number of ears [no.·m ⁻²]	210,0	-21,7	-27,3	2,0	40,8
Liczba ziaren z kłosa Number of grain per ear	-119,2	119,4	93,8	82,6	44,2
Masa tysiąca ziaren [g] Thousand grain weight	9,2	2,3	33,5	15,4	15,1
Suma – Total	100,0	100,0	100,0	100,0	–
Błąd oceny [%] – Error of estimate	4,43	2,84	2,77	4,33	–

po płytkim jesiennym wymieszaniu liści z glebą. Zarówno po wprowadzeniu ich do gleby za pomocą pługa na głębokość 15 cm, jak i brony talerzowej, w efekcie zwiększonej liczby ziaren z kłosa nastąpił przyrost ziarna w stosunku do uzyskanego na obiektach z identyczną uprawą, ale bez nawożenia liśćmi odpowiednio o 4,42 i 1,78 dt·ha⁻¹, tj. o 8,72 i 3,50%.

We wszystkich badanych obiektach, a szczególnie po wymieszaniu liści z glebą przy użyciu pługa (na głębokość 25 lub 15 cm), masa 1000 ziaren miała niewielki udział w różnicowaniu plonu pszenicy. Na przyrost plonu pszenicy jarej uprawianej po polowym zagospodarowaniu liści buraka cukrowego w stosunku do obiektu kontrolnego o jedną jednostkę (1 dt·ha⁻¹) składało się średnio 44,2 kg ziarna pszenicy z tytułu zwiększonej liczby ziaren z kłosa, 40,8 kg wskutek większej liczby kłosów na 1 m² i 15,1 kg ziarna z racji większej masy tysiąca ziaren. Udział tych elementów plonowania był jednak różny w zależności od sposobu wprowadzenia liści buraczanych do gleby.

Plon słomy, podobnie jak ziarna, był istotnie modyfikowany pod wpływem zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego, jak i różnych sposobów uprawy roli (tab. 33). Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego wpłynęło na istotny wzrost plonu ubocznego średnio o 4,5%. Testując sposoby uprawy roli, wykazano, że najwyższy plon słomy pszenicy zebrano, jeśli po zbiorze buraka zrezygnowano z jesiennej uprawy roli. Był on o 7,5% wyższy niż w warunkach uprawy tradycyjnej. Również uproszczenia w uprawie polegające na spłyceciu orki przedzimowej lub zastąpieniu pługa broną talerzową przyczyniły się do wzrostu plonu słomy odpowiednio o 5,3 i 4,7% – różnicy tej nie potwierdzono jednak matematycznie. Intensyfikacja nawożenia azotem z 50 do 75 kg N·ha⁻¹ powodowała tylko niewielką zwyżkę plonu ubocznego pszenicy, natomiast dalsze zwiększenie nawożenia azotem z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ sprzyjało udowodnionemu statystycznie przyrostowi słomy o 3,8%.

Tabela 33
Table 33

Plon słomy pszenicy jarej [t·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Straw yield of spring wheat [t·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	6,25	6,71	6,71	6,67	6,59	6,69
	75	6,40	6,79	6,63	6,67	6,62	
	100	6,42	6,86	7,34	6,81	6,86	
	średnio – mean	6,36	6,79	6,89	6,72	–	
Tak Yes	50	6,54	6,97	6,41	7,37	6,82	6,99
	75	6,78	6,78	6,85	7,29	6,93	
	100	6,89	7,30	7,24	7,45	7,22	
	średnio – mean	6,74	7,02	6,83	7,37	–	
Średnio Mean	50	6,40	6,84	6,56	7,02	6,71	–
	75	6,59	6,79	6,74	6,98	6,78	
	100	6,66	7,08	7,29	7,13	7,04	
Średnio – Mean		6,55	6,90	6,86	7,04	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa, tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,40; II – 0,23; III – 0,24; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Indeks żniwny zależał przede wszystkim od nawożenia pszenicy jarej (tab. 34). Wprowadzenie do gleby liści buraczanych wpłynęło na zwiększenie udziału ziarna w biomacie części nadziemnych uprawianej rośliny o 1,8 pkt.%. Również zwiększenie nawożenia azotem, szczególnie z 50 do 75 kg N·ha⁻¹, sprzyjało uzyskaniu wyższego indeksu plonowania (o 1,2 pkt.%). Sposoby uprawy różnicowały badany wskaźnik, ale tylko po zebraniu liści buraka z pola. Istotnie większą wartość indeksu żniwnego (o 2,1 pkt.%) zanotowano po wykonaniu orki głębokiej niż po jej spłyceciu do 15 cm.

Tabela 34
Table 34

Indeks żniwny pszenicy jarej [%] (średnie z lat 2005–2007)
Harvest index of spring wheat [%] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	41,7	38,9	40,6	40,9	40,5	41,5
	75	43,1	40,8	40,9	41,5	41,6	
	100	43,0	41,8	42,2	42,9	42,5	
	średnio – mean	42,6	40,5	41,2	41,8	–	
Tak Yes	50	41,9	42,5	43,5	41,6	42,4	43,3
	75	42,9	44,1	43,8	44,2	43,8	
	100	43,3	44,5	43,7	43,3	43,7	
	średnio – mean	42,7	43,7	43,7	43,0	–	
Średnio Mean	50	41,8	40,7	42,1	41,3	41,5	–
	75	43,0	42,5	42,4	42,9	42,7	
	100	43,2	43,2	43,0	43,1	43,1	
Średnio – Mean		42,7	42,1	42,5	42,4	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 0,6; III – 0,8; I/II – 1,7; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.3.3. Skład chemiczny ziarna i słomy

Wprowadzenie do gleby liści buraczanych przyczyniło się do udowodnionego statystycznie wzrostu zawartości azotu w ziarnie pszenicy jarej średnio o 3,3% (tab. 35). Najkorzystniejszym sposobem zagospodarowania zielonej masy okazało się głębokie jej wprowadzenie do gleby (orka 25 cm) – nie zostało to potwierdzone jednak statystycznie. Przyczyną nieznacznie podwyższonej zawartości azotu w ziarnie po zastosowaniu uprawy tradycyjnej mogło być późniejsze uwolnienie azotu z liści i w efekcie jego większy wpływ na poprawę parametrów jakościowych plonu głównego pszenicy. Wyraźnemu zwiększeniu koncentracji azotu w ziarnie sprzyjała intensyfikacja nawożenia N. Każde zwiększenie dawki nawożenia azotem przyczyniło się do wzrostu zawartości badanego składnika odpowiednio o 5,5 i 2,8%.

Konsekwencją wzrostu zawartości azotu w ziarnie pszenicy było zwiększenie koncentracji białka (rys. 12). Do istotnego wzrostu zawartości tego składnika (średnio o 3,6%) przyczyniło się polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego. Sposób uprawy roli nie miał znaczącego wpływu na koncentrację białka w ziarnie pszenicy jarej. Zwiększeniu zawartości

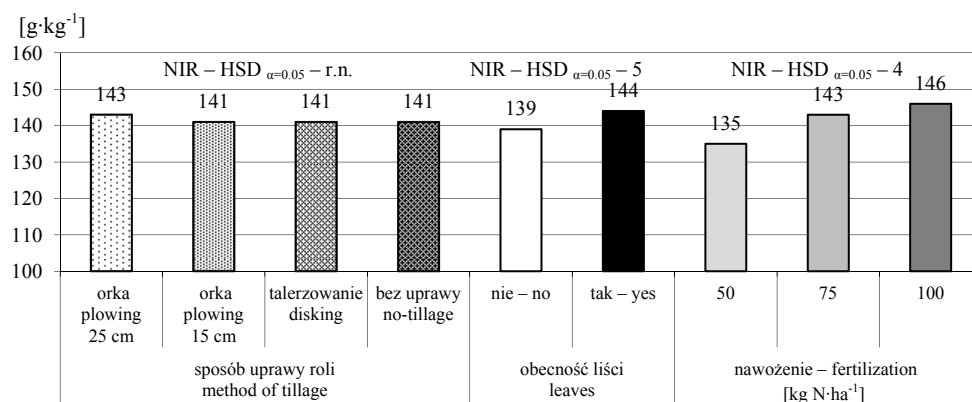
tego składnika sprzyjała również intensyfikacja nawożenia azotem. Po podwyższeniu dawki z 50 do 75 kg N·ha⁻¹ obserwowano zwiększenie zawartości białka w ziarnie pszenicy jarej o 5,9%, a z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ o kolejne 3,2% (różnica nieistotna).

Tabela 35
Table 35

Zawartość azotu w ziarnie pszenicy jarej [g·kg⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Nitrogen content in grain of spring wheat [g·kg⁻¹] (means for years 2005–2007)

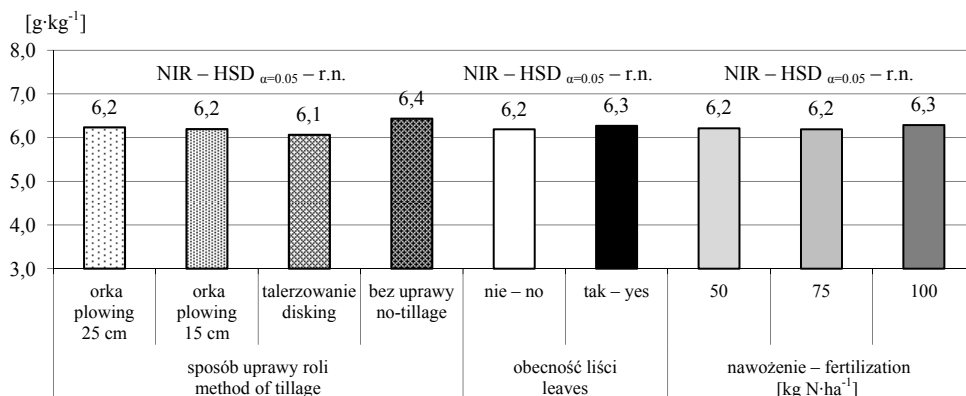
Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	23,0	23,2	22,9	23,6	23,2	24,4
	75	24,0	24,8	24,7	24,9	24,6	
	100	25,8	25,1	25,2	25,4	25,4	
	średnio – mean	24,3	24,4	24,3	24,6	–	
Tak Yes	50	24,6	23,7	24,1	24,2	24,2	25,2
	75	26,0	24,3	26,0	25,2	25,4	
	100	26,6	27,0	25,1	25,5	26,1	
	średnio – mean	25,7	25,0	25,1	25,0	–	
Średnio Mean	50	23,8	23,4	23,5	23,9	23,7	–
	75	25,0	24,6	25,4	25,1	25,0	
	100	26,2	26,1	25,2	25,5	25,7	
Średnio – Mean		25,0	24,7	24,7	24,8		

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście, leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 0,8; III – 0,7; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference



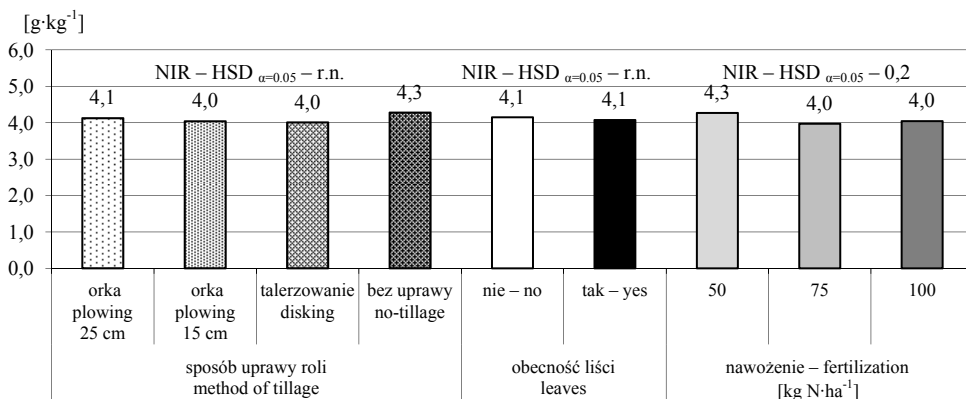
Rys. 12. Zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 12. Protein content in grain of spring wheat (means for years 2005–2007)

Badane czynniki nie miały wyraźnego wpływu na zawartość fosforu w ziarnie pszenicy (rys. 13).



Rys. 13. Zawartość fosforu w ziarnie pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 13. Phosphorus content in grain of spring wheat (means for years 2005–2007)

Z kolei koncentracja potasu była uzależniona od nawożenia azotem (rys. 14). Ziarno pszenicy nawożonej 75 kg N·ha⁻¹ charakteryzowało się o 7,0% mniejszą zawartością K niż po zastosowaniu 50 kg N·ha⁻¹. Dalsza intensyfikacja nawożenia azotem nie miała już wpływu na badaną cechę. Nieznacznemu wzrostowi zawartości potasu w ziarnie sprzyjało zaniechanie jesiennej uprawy roli. Koncentracja K w porównaniu z określoną po użyciu brony talerzowej zwiększyła się o 7,5%.



Rys. 14. Zawartość potasu w ziarnie pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 14. Potassium content in grain of spring wheat (means for years 2005–2007)

Zawartość azotu w słomie pszenicy była wyraźnie kształtowana pod wpływem nawożenia organiczno-mineralnego (tab. 36). Rezultatem wprowadzenia do gleby liści buraka był istotny, nieco większy niż w przypadku ziarna, wzrost koncentracji azotu o 6,3%. Systematyczne zwiększenie zawartości badanego składnika w słomie powodowały rosnące dawki nawożenia azotem. Zawartość azotu wynosiła od 6,1 g·kg⁻¹, gdy zastosowano 50 kg N·ha⁻¹

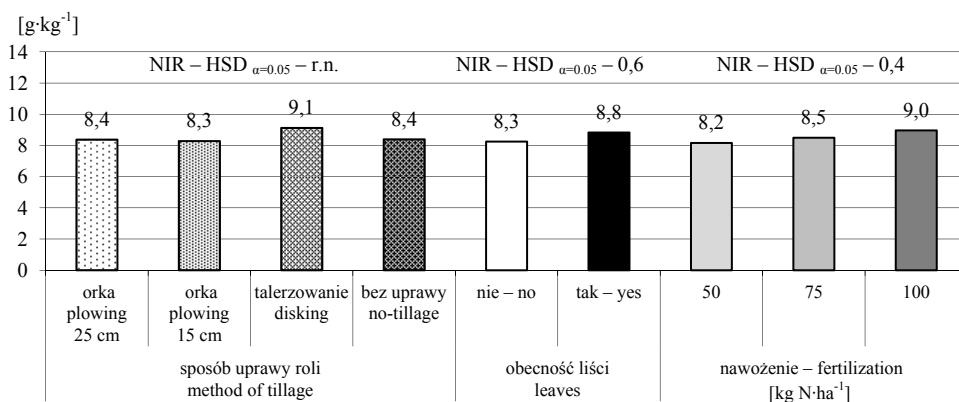
do 6,9 g·kg⁻¹, gdy dawkę zwiększono do 100 kg N·ha⁻¹. Spośród badanych sposobów uprawy roli nieco korzystniej na koncentrację azotu w plonie ubocznym pszenicy oddziaływało wykorzystanie płuźnych systemów niż upraw bezorkowych – szczególnie po polowym zagospodarowaniu liści buraczanych.

Tabela 36
Table 36

Zawartość azotu w słomie pszenicy jarej [g·kg⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Nitrogen content in straw of spring wheat [g·kg⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	5,9	5,7	5,9	6,1	5,9	6,3
	75	5,7	6,5	6,3	6,1	6,2	
	100	6,9	6,9	6,8	6,3	6,7	
	średnio – mean	6,2	6,4	6,3	6,2	–	
Tak Yes	50	7,0	6,3	6,1	6,2	6,4	6,7
	75	7,4	6,9	6,2	6,5	6,8	
	100	7,3	7,4	6,7	7,0	7,1	
	średnio – mean	7,2	6,9	6,3	6,6	–	
Średnio Mean	50	6,4	6,0	6,0	6,2	6,1	–
	75	6,5	6,7	6,3	6,3	6,5	
	100	7,1	7,1	6,7	6,7	6,9	
Średnio – Mean		6,7	6,6	6,3	6,4		

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 0,4; III – 0,4; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference



Rys. 15. Zawartość potasu w słomie pszenicy jarej (średnie z lat 2005–2007)
Fig. 15. Potassium content in straw of spring wheat (means for years 2005–2007)

Zawartość fosforu w słomie pszenicy nie wykazywała wyraźnej zależności od uprawy roli, obecności liści buraka i nawożenia azotem, kształtowała się w przedziale od 3,1 do 3,3 g·kg⁻¹. Stwierdzono natomiast znaczące zmiany koncentracji potasu od badanych czynników (rys. 15). Dostarczenie do gleby liści buraczanych przyczyniło się do zwiększenia zawartości K w plonie ubocznym pszenicy o 6,0%, a podwyższenie dawki azotu z 50 do 100 kg N·ha⁻¹ sprzyjało wzrostowi P o 9,8%. Spośród badanych systemów uprawy roli nieco korzystniej na zwiększenie zawartości fosforu w słomie zboża oddziaływało zastosowanie talerzówki niż pozostałych systemów uprawy – zależności tej nie potwierdzono statystycznie.

5.1.4. Efektywność nawożenia mineralnego

Wprowadzenie do gleby liści buraczanych przyczyniło się do zwiększenia pobrania azotu z plonem ziarna o 15%. (tab. 37). Również intensyfikacja mineralnego nawożenia azotem sprzyjała pobraniu tego pierwiastka. Podwyższając dawkę N z 50 do 75 kg·ha⁻¹, zanotowano zwiększenie pobrania azotu w ziarnie o 11,5%, a z 75 do 100 kg·ha⁻¹ odpowiednio o 8,6%. Uprawa roli nie modyfikowała istotnie badanego parametru. Nieznacznie lepsze pobranie azotu niż w uprawie klasycznej obserwowano po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli.

Tabela 37

Table 37

Pobranie azotu z plonem ziarna pszenicy jarej [kg·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Nitrogen uptake by grain spring wheat [kg·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	94	92	97	100	96	107
	75	107	108	106	110	108	
	100	116	114	123	119	118	
	średnio – mean	106	105	109	110	–	
Tak Yes	50	106	112	107	117	111	123
	75	121	118	126	132	124	
	100	128	143	129	131	133	
	średnio – mean	118	124	121	127	–	
Średnio Mean	50	100	102	102	109	104	–
	75	114	113	116	121	116	
	100	122	129	126	125	126	
Średnio – Mean		112	115	115	118	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – r.n.; II – 4; III – 4; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Podobnie jak w ziarnie również w słomie pszenicy jarej pobranie azotu zależało od zastosowanego nawożenia organiczno-mineralnego (tab. 38). Liście buraczane sprzyjały zwiększeniu pobrania azotu przez plon uboczny o 12,8%, a podwojenie najniższej z zastosowanych dawek azotu – 18,4%. Dodatkowo udowodniono, że intensyfikacja nawożenia azotem sprzy-

jała jego pobraniu w każdym systemie uprawy. Największy przyrost (o 27,8%) stwierdzono po zastosowaniu brony talerzowej, natomiast najmniejszy (o 10%) – rezygnując z jesiennej uprawy roli. Analiza wariancji wykazała również, że współdziałanie uprawy i nawożenia organicznego istotnie modyfikowało pobranie azotu przez słomę pszenicy. Jeśli po zbiorze buraka cukrowego liście zebrano z pola, to najniższe pobranie stwierdzono po zastosowaniu orki tradycyjnej, natomiast jeśli je wprowadzono do gleby, to talerzowanie przyczyniło się do najmniejszego zmagazynowania azotu w słomie.

Tabela 38
Table 38

Pobranie azotu z plonem słomy pszenicy jarej [kg·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Nitrogen uptake by straw of spring wheat [kg·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	34	36	37	38	36	39
	75	34	41	39	38	38	
	100	41	44	46	40	43	
	średnio – mean	36	40	41	39	–	
Tak Yes	50	42	40	35	42	40	44
	75	46	44	40	44	44	
	100	46	50	45	48	47	
	średnio – mean	45	45	40	45	–	
Średnio Mean	50	38	38	36	40	38	-
	75	40	43	40	41	41	
	100	44	47	46	44	45	
Średnio – Mean		41	43	41	42	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa, tillage; II – liście, leaves; III – nawożenie, fertilization
I – r.n.; II – 1; III – 1; I/II – 4; III/I – 3; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Łączne pobranie azotu z plonem ziarna i słomy zwiększyło się o 13,7%, jeżeli wprowadzono do gleby 40 t·ha⁻¹ liści buraka cukrowego (tab. 39). Pobranie badanego składnika uzależnione było również od sposobu uprawy roli. Pszenica jara pobrała o 4,6% więcej azotu łącznie z plonem głównym i ubocznym, jeśli zrezygnowano z jesiennej uprawy roli niż po zastosowaniu uprawy tradycyjnej. Pobranie badanego składnika sprzyjała również intensyfikacja nawożenia azotem. Zwiększając dawkę N z 50 do 75 kg N·ha⁻¹, wykazano istotny wzrost pobrania azotu o 11,3%, a z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ o 8,3%.

Efektywność rolnicza jest miarą produkcyjnej skuteczności nawożenia wyrażoną przyrostem plonu na 1 kg N zastosowanego w nawozach. Efektywność rolnicza wzrosła o 10,7% po wprowadzeniu do gleby liści buraczanych (tab. 40). Zwiększając nawożenie azotem z 50 do 75 kg N·ha⁻¹, stwierdzono, że plon ziarna wzrósł o 11,4 kg na każdy zastosowany kilogram azotu w nawozie mineralnym, natomiast intensyfikacja nawożenia N z 50 do 100 kg·ha⁻¹ sprzyjała wzrostowi plonowania pszenicy już tylko o 10,3 kg na 1 kg zastosowanego azotu. Efektywność rolnicza uzależniona była również od współdziałania sposobu uprawy roli i nawożenia orga-

nicznego. Jeśli nie stosowano liści buraczanych, a dawkę azotu zwiększono z 50 do 75 kg N·ha⁻¹, to wykorzystanie bezpłucznych sposobów uprawy przyczyniło się do zmniejszenia wskaźnika A_E prawie trzykrotnie w porównaniu z zanotowanym po przeprowadzeniu upraw orkowych. Z kolei w warunkach polowego zagospodarowania liści buraczanych obserwowano zależności odwrotne – efektywność rolnicza zwiększyła się odpowiednio o 50%.

Tabela 39

Table 39

Łączne pobranie azotu z plonem ziarna i słomy pszenicy jarej [kg·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)

Nitrogen total uptake by grain and straw of spring wheat [kg·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	128	127	133	138	132	146
	75	141	149	145	148	146	
	100	157	158	169	159	161	
	średnio – mean	142	145	149	148	–	
Tak Yes	50	149	152	144	160	151	166
	75	168	162	165	177	168	
	100	174	193	173	180	180	
	średnio – mean	164	169	161	172	–	
Średnio Mean	50	139	140	139	149	141	–
	75	155	156	155	163	157	
	100	166	176	171	170	170	
Średnio – Mean		153	157	155	160		

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – 7; II – 5; III – 5; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 40

Table 40

Efektywność rolnicza (A_E) nawożenia azotem [kg s.m. ziarna·kg⁻¹ N w nawożeniu]

(średnie z lat 2005–2007)

Agricultural efficiency (A_E) of nitrogen fertilization [kg d.m. grain·kg⁻¹ N in fertilizer]

(means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50–75	15,3	14,9	2,5	7,6	10,1	10,3
	50–100	8,4	11,8	13,3	8,6	10,5	
Tak Yes	50–75	13,8	6,6	14,2	16,4	12,7	11,4
	50–100	9,6	11,6	12,9	6,2	10,1	
Średnio Mean	50–75	14,6	10,8	8,4	12,0	11,4	–
	50–100	9,0	11,7	13,1	7,4	10,3	

Efektywność fizjologiczna z kolei jest miarą fizjologicznej skuteczności nawożenia rozumianej jako przyrost plonu na 1 kg N pobranego przez rośliny. Efektywność fizjologiczna, podobnie jak efektywność rolnicza, zwiększyła się, jeśli stosowano liście buraka cukrowego (tab. 41). Po ich zagospodarowaniu oraz zwiększeniu nawożenia pszenicy z 50 do 75 kg N·ha⁻¹ najwięcej ziarna na każdy kilogram azotu pobranego przez badaną roślinę (20,3) uzyskano, rezygnując z uprawy roli, natomiast jeśli nawożenie azotem zwiększono z 50 do 100 kg N·ha⁻¹, najwyższą efektywność fizjologiczną wykazano, stosując bronę talerzową. Z kolei po zebraniu liści z pola, w warunkach intensyfikacji N z 50 do 75 kg·ha⁻¹, najlepszą zdolność zboża do przetwarzania azotu na plon użytkowy stwierdzono po wykonaniu orki głębokiej, a po zwiększeniu dawki N do 100 kg·ha⁻¹ – talerzowania.

Tabela 41

Table 41

Efektywność fizjologiczna (P_E) nawożenia azotem [kg s.m. ziarna·kg⁻¹ N pobranego] (średnie z lat 2005–2007)

Physiological efficiency (P_E) of nitrogen fertilization [kg d.m. grain·kg⁻¹ N uptake] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50–75	30,1	17,4	9,7	12,5	17,4	17,6
	50–100	14,2	19,0	22,2	15,8	17,8	
Tak Yes	50–75	17,8	16,8	19,6	20,3	18,6	18,3
	50–100	19,0	14,2	20,0	18,4	17,9	
Średnio Mean	50–75	24,0	17,1	14,7	16,4	18,1	–
	50–100	16,6	16,6	21,1	17,1	17,9	

Tabela 42

Table 42

Współczynnik wykorzystania azotu (ARF) [%] (średnie z lat 2005–2007)

Apparent recovery fraction (ARF) [%] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50–75	50,8	85,6	25,8	60,8	55,8	57,3
	50–100	59,2	62,1	59,9	54,4	58,9	
Tak Yes	50–75	77,5	39,3	72,4	80,8	67,5	62,6
	50–100	50,5	81,7	64,5	33,7	57,6	
Średnio Mean	50–75	64,2	62,5	49,1	70,8	61,6	–
	50–100	54,8	71,9	62,2	44,1	58,3	

Współczynnik wykorzystania azotu z nawozów (ARF – apparent recovery fraction) określa skuteczność pobrania azotu przez rośliny, wyliczany jest z ilorazu efektywności rolniczej do efektywności fizjologicznej. Efektywność fizjologiczna stosowanego azotu była wyższa od rolniczej (tab. 42). Świadczy to o dobrym przetwarzaniu pobranego przez pszenicę azotu na plon. Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego sprzyjało niewielkiemu wzrostowi

stopnia wykorzystania azotu pochodzącego z nawozów (o 5,3 pkt.%). Jeśli nawożenie azotem zwiększono z 50 do 75 kg N·ha⁻¹, to najniższą skuteczność wykorzystania azotu zanotowano po płytkim przyoraniu zielonej masy, natomiast gdy dawkę N zwiększono z 50 do 100 kg·ha⁻¹, to najniższy współczynnik ARF wykazano po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli.

Efektywność wykorzystania azotu (NUE – nitrogen utilization efficiency) wyrażona jest stosunkiem masy ziarna do ilości zakumulowanego azotu w roślinie, jest miarą przetworzenia pobranego z gleby i nawozów azotu na wytworzenie polnu ziarna. Wskaźnik NUE był istotnie różnicowany przez nawożenie organiczno-mineralne (tab. 43). Po wprowadzeniu do gleby liści buraka zmniejszył się o 2,0% w stosunku do zanotowanego na poletkach, na których zrezygnowano z nawożenia organicznego. Do zmniejszenia efektywności wykorzystania azotu przyczyniła się również intensyfikacja nawożenia azotem. Każde zwiększenie dawki N o 25 kg·ha⁻¹ skutkowało pogorszeniem badanego wskaźnika odpowiednio o 3,6 i 3,7%. Uprawa roli modyfikowała wskaźnik NUE, ale tylko w interakcji z nawożeniem organicznym lub mineralnym. Jeśli zrezygnowano z wprowadzenia do gleby liści, to uproszczenia w uprawie roli wpływały na zmniejszenie efektywności wykorzystania azotu – najniższą zanotowano po spłyceniu orki przedzimowej do 15 cm i była on o 3,6% mniejsza od określonej w uprawie tradycyjnej. Odwrotną zależność obserwowano po zastosowaniu liści; uproszczenia w uprawie roli, a szczególnie zastąpienie klasycznej uprawy przedzimowej talerzowaniem sprzyjało zwiększeniu badanego wskaźnika średnio o 5,4%. Analiza wariancji wykazała, że intensyfikacja nawożenia N w każdym z badanych sposobów uprawy roli (z wyjątkiem talerzowania) przyczyniła się do pogorszenia efektywności wykorzystania pobranego azotu. Najniższe wskaźniki NUE zanotowano po zwiększeniu nawożenia azotem pszenicy jarej uprawianej po orce płytkiej lub głębokiej.

Tabela 43

Table 43

Wskaźnik efektywności wykorzystania azotu (NUE) [kg s.m. ziarna·kg⁻¹ N pobranego]

(średnie z lat 2005–2007)

Index of nitrogen utilization efficiency (NUE) [kg d.m. grain·kg⁻¹ N uptake]

(means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	31,5	30,6	31,1	30,5	30,9	29,8
	75	31,5	28,8	29,1	29,6	29,8	
	100	28,1	28,4	28,7	29,2	28,6	
	średnio – mean	30,4	29,3	29,6	29,8	–	
Tak Yes	50	28,9	30,8	30,9	30,0	30,2	29,2
	75	27,6	30,0	29,1	29,6	29,1	
	100	27,5	27,3	29,4	28,5	28,2	
	średnio – mean	28,0	29,4	29,8	29,4	–	
Średnio Mean	50	30,2	30,7	31,0	30,3	30,6	–
	75	29,6	29,4	29,1	29,6	29,5	
	100	27,8	27,9	29,1	28,9	28,4	
Średnio – Mean		29,2	29,3	29,7	29,6	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – r.n.; II – 0,3; III – 0,3; I/II – 0,7; III/I – 0,6; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Indeks żniwny azotu NHI (nitrogen harvest index) wyrażony został stosunkiem ilości azotu pobranego z plonem ziarna do łącznej ilości azotu pobranego przez plon główny i uboczny pszenicy jarej. Nieznacznemu, ale istotnie udowodnionemu zwiększeniu indeksu żniwnego azotu (o 0,9 pkt.%) sprzyjało połowe zagospodarowanie liści buraka (tab. 44). Do wzrostu badanego wskaźnika (o 1,2 pkt.%) przyczyniła się również intensyfikacja nawożenia N z 50 do 75 kg·ha⁻¹. Dalsze zwiększenie dawki azotu wpłynęło na nieznaczne obniżenie indeksu NHI. Stwierdzono istotny wpływ współdziałania uprawy roli i obecności liści buraka na badany parametr. Jeśli zebrano liście z pola, to najkorzystniejszy indeks żniwny azotu zanotowano po wykonaniu orki głębokiej – był on o 2,4 pkt.% wyższy niż po spłyceciu orki. Natomiast jeśli liście wymieszano z glebą, to najwyższy wskaźnik NHI (74,8%) obserwowano po zastosowaniu brony talerzowej, a najmniej korzystny (72,0%), jeśli wykonano uprawę tradycyjną.

Tabela 44
Table 44

Indeks żniwny azotu (NHI) [%] (średnie z lat 2005–2007)
Nitrogen harvest index (NHI) [%] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	72,8	70,8	71,3	72,1	71,8	72,5
	75	75,4	71,6	71,9	73,6	73,1	
	100	72,8	71,5	72,2	74,3	72,7	
	średnio – mean	73,7	71,3	71,8	73,3	–	
Tak Yes	50	71,0	73,2	74,5	72,7	72,9	73,4
	75	72,0	72,9	76,0	74,6	73,9	
	100	73,0	73,9	73,9	72,8	73,4	
	średnio – mean	72,0	73,3	74,8	73,4	–	
Średnio Mean	50	71,9	72,0	72,9	72,4	72,4	–
	75	73,7	72,3	74,0	74,1	73,5	
	100	72,9	72,7	73,1	73,6	73,1	
Średnio – Mean		72,8	72,3	73,3	73,4	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 0,6; III – 0,7; I/II – 1,6; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.5. Właściwości technologiczne ziarna pszenicy

5.1.5.1. Cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej

Gęstość usypowa ziarna, charakteryzująca dorodność i wykształcenie ziarna, była wysoka, co świadczy o dużej przydatności ziarna do przemiału (tab. 45). Spośród stosowanych czynników badawczych niewielki, ale udowodniony statystycznie wpływ na badaną cechę miało nawożenie organiczne i mineralne azotem. Wprowadzenie do gleby liści buraczanych sprzyjało zwiększeniu gęstości ziarna o 1,2%, a podwojenie nawożenia N z 50 do 100 kg·ha⁻¹ przyczyniło się do jej wzrostu o 0,7%.

Tabela 45
Table 45

Gęstość usypowa ziarna [kg·hl⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Bulk density of grain [kg·hl⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	81,3	80,8	80,6	80,2	80,7	81,0
	75	81,2	80,6	81,0	80,7	80,9	
	100	81,7	81,7	80,9	81,3	81,4	
	średnio – mean	81,4	81,0	80,8	80,7	–	
Tak Yes	50	80,7	81,8	82,1	82,1	81,7	82,0
	75	81,3	81,7	82,5	82,7	82,1	
	100	81,4	81,9	82,4	82,8	82,1	
	średnio – mean	81,1	81,8	82,3	82,5	–	
Średnio Mean	50	81,0	81,3	81,4	81,2	81,2	–
	75	81,3	81,2	81,8	81,7	81,5	
	100	81,6	81,8	81,7	82,1	81,8	
Średnio – Mean		81,3	81,4	81,6	81,7	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 0,9; III – 0,5; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 46
Table 46

Szklistość pozorna ziarna [%] (średnie z lat 2005–2007)
Grain vitreosity [%] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	54,3	52,7	52,3	52,0	52,8	57,7
	75	60,3	61,0	59,3	55,7	59,1	
	100	63,0	61,7	60,7	59,3	61,2	
	średnio – mean	59,2	58,5	57,4	55,7	–	
Tak Yes	50	55,3	57,0	47,7	54,0	53,5	56,4
	75	57,0	54,7	53,7	57,3	55,7	
	100	57,7	59,7	60,7	62,3	60,1	
	średnio – mean	56,7	57,1	54,0	57,9	–	
Średnio Mean	50	54,8	54,9	50,0	53,0	53,2	–
	75	58,7	57,9	56,5	56,5	57,4	
	100	60,4	60,7	60,7	60,8	60,7	
Średnio – Mean		58,0	57,8	55,7	56,8	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – r.n.; III – 3,1; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Szkliwość pozorna ziarna uzależniona jest przede wszystkim od właściwości odmianowych (odmiana Jasna, wykorzystana w doświadczeniu, charakteryzuje się dużą szkliwością). W przeprowadzonym doświadczeniu spośród czynników badawczych jedynie nawożenie azotem wpływało na istotne zmiany tej cechy (tab. 46). Wraz z intensyfikacją dawki N wartość technologiczna pszenicy wzrastała, co wyrażało się zwiększeniem szkliwości ziarna o 7,5 pkt.%. Nieznaczne pogorszenie badanego parametru obserwowano natomiast po wprowadzeniu do gleby liści buraczanych oraz zastosowaniu różnych wariantów uprawy uproszczonej.

Aktywność amylolytyczna wyrażona liczbą opadania, pośrednio świadcząca o przydatności przechowalniczej ziarna, zależała od wprowadzenia do gleby nawozu organicznego i mineralnego azotowego (tab. 47). Pozostawienie po zbiorze buraka cukrowego plonu ubocznego wpłynęło na zwiększenie liczby opadania o 9 sekund. Aktywność alfa-amylazy również zmniejszyła się (liczba opadania wzrosła o 23 sekundy), jeśli zwiększono dawkę nawożenia azotem z 50 do 100 kg N·ha⁻¹.

Tabela 47

Table 47

Liczba opadania [s] (średnie z lat 2005–2007)
Falling number [s] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	409	398	401	391	400	406
	75	404	395	407	398	401	
	100	417	409	424	416	417	
	średnio – mean	410	401	411	402	–	
Tak Yes	50	388	401	418	398	401	415
	75	411	415	418	410	414	
	100	421	442	434	421	430	
	średnio – mean	407	419	423	410	–	
Średnio Mean	50	399	400	410	395	401	–
	75	408	405	413	404	408	
	100	419	426	429	419	424	
Średnio – Mean		409	410	417	406	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – r.n.; II – 8; III – 13.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.5.2. Cechy kompleksu białkowego mąki pszennej

Zagospodarowanie liści buraczanych przyczyniło się do wzrostu zawartości białka w mące o 0,5 pkt.% (tab. 48). Również w wyniku intensyfikacji nawożenia azotem koncentracja badanego składnika sukcesywnie się zwiększała. Po podwyższeniu dawki N z 50 do 75 kg·ha⁻¹ zawartość białka wzrosła o 0,6 pkt.%. Jeszcze większy przyrost (o 0,8%) zanotowano po jej zwiększeniu do 100 kg N·ha⁻¹. Uprawa roli nie wpłynęła na istotne zmiany koncentracji białka w mące. Nieznacznie niższą jego zawartość stwierdzono, jeśli uprawę orkową zastąpiono systemami bezplużnymi.

Tabela 48
Table 48

Zawartość białka ogółem w mące [%] (średnie z lat 2005–2007)
Total protein content in flour [%] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	11,4	11,6	11,5	11,3	11,5	12,3
	75	12,3	12,4	12,1	11,9	12,2	
	100	13,0	13,3	13,3	12,8	13,1	
	średnio – mean	12,2	12,4	12,3	12,0	–	
Tak Yes	50	12,5	12,1	12,3	11,7	12,2	12,8
	75	13,1	12,8	12,5	12,4	12,7	
	100	13,5	13,8	13,4	13,4	13,5	
	średnio – mean	13,0	12,9	12,7	12,5	–	
Średnio Mean	50	12,0	11,9	11,9	11,5	11,9	–
	75	12,7	12,6	12,3	12,2	12,5	
	100	13,3	13,6	13,4	13,1	13,3	
Średnio – Mean		12,7	12,7	12,5	12,3	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 0,3; III – 0,3; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego pozwalający na ocenę ilościowo-jakościową glutenu w mące był wysoki i zawierał się w przedziale 42,2–53,5 cm³ (tab. 49). Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego sprzyjało wzrostowi wskaźnika sedymentacji o 4,5%. Do poprawy jakości białek glutenowych przyczyniło się również nawożenie azotem. Wzrost dawki N z 50 do 75 kg·ha⁻¹ wpłynął na zwiększenie wartości testu sedymentacji Zeleny'ego o 9,8%, a z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ o kolejne 7,5%. Uprawa roli nie modyfikowała natomiast zdolności pęcznienia zawiesiny mąki.

Istotnym wyróżnikiem jakości wypiekowej mąki obok zawartości białka jest wydajność glutenu mokrego. Zależy ona w dużym stopniu od warunków klimatycznych i glebowych. W przeprowadzonym doświadczeniu udowodniono, że także połowe zagospodarowanie liści miało wpływ na badany parametr, powodując wzrost ilości białek nierozpuszczalnych w wodzie z 31,9% (po zabraniu liści z pola) do 34,2% (po wymieszaniu z glebą liści), tj. o 2,3 pkt.%. (tab. 50). Również intensyfikacja nawożenia azotem istotnie poprawiła kompleks białkowy mąki wyrażony wydajnością glutenu mokrego. Po zwiększeniu dawki N z 50 do 75 kg·ha⁻¹ wzrosła ona o 2,1 pkt.%, natomiast z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ o kolejne 2,6 pkt.%.

Tabela 49
Table 49

Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego [cm⁻³] (średnie z lat 2005–2007)
Zeleny's sedimentation index [cm⁻³] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	42,2	42,5	43,7	43,2	42,9	47,1
	75	50,0	48,5	47,2	44,8	47,6	
	100	50,5	51,8	51,2	50,2	50,9	
	średnio – mean	47,6	47,6	47,4	46,1	–	
Tak Yes	50	45,0	47,5	44,8	44,2	45,4	49,2
	75	50,8	49,2	48,5	48,3	49,2	
	100	53,5	53,2	53,2	52,5	53,1	
	średnio – mean	49,8	50,0	48,8	48,3	–	
Średnio Mean	50	43,6	45,0	44,3	43,7	44,2	–
	75	50,4	48,9	47,9	46,6	48,4	
	100	52,0	52,5	52,2	51,4	52,0	
Średnio – Mean		48,7	48,8	48,1	47,2	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 2,1; III – 2,2; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 50
Table 50

Wydajność glutenu mokrego [%] (średnie z lat 2005–2007)
Quality of wet gluten [%] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	29,5	29,6	29,0	30,2	29,6	31,9
	75	31,8	32,3	31,8	30,8	31,7	
	100	34,1	34,9	35,4	33,0	34,4	
	średnio – mean	31,8	32,3	32,1	31,3	–	
Tak Yes	50	33,4	31,7	31,8	30,6	31,9	34,2
	75	35,2	33,8	33,8	33,4	34,1	
	100	36,3	37,2	37,4	35,6	36,6	
	średnio – mean	35,0	34,2	34,3	33,2	–	
Średnio Mean	50	31,5	30,7	30,4	30,4	30,8	–
	75	33,5	33,1	32,8	32,1	32,9	
	100	35,2	36,1	36,4	34,3	35,5	
Średnio – Mean		33,4	33,3	33,2	32,3	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 1,8; III – 1,1; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Rozpływalność glutenu mokrego, czyli zdolność do deformacji w określonym czasie ma podstawowe znaczenia dla piekarnictwa i wytwarzania makaronów. Nie była ona istotnie modyfikowana przez badane czynniki (tab. 51). Tylko nieznacznie wyższe wartości badanego parametru zanotowano po zastosowaniu liści buraczanych oraz nawożeniu pszenicy najwyższą z badanych dawek nawozu azotowego.

Tabela 51

Table 51

Rozpływalność glutenu mokrego [mm] (średnie z lat 2005–2007)
Gluten deliquescence [mm] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	5,5	5,9	4,4	6,0	5,5	5,4
	75	5,4	5,2	5,2	5,5	5,3	
	100	5,7	5,8	5,0	5,4	5,5	
	średnio – mean	5,5	5,6	4,9	5,6	–	
Tak Yes	50	5,5	5,3	5,4	5,7	5,5	5,7
	75	5,4	5,7	6,4	5,4	5,7	
	100	5,3	6,0	5,9	6,1	5,8	
	średnio – mean	5,4	5,7	5,9	5,7	–	
Średnio Mean	50	5,5	5,6	4,9	5,9	5,5	–
	75	5,4	5,5	5,8	5,5	5,5	
	100	5,5	5,9	5,5	5,8	5,7	
Średnio – Mean		5,5	5,7	5,4	5,7	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście, leaves; III – nawożenie – fertilization

I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.5.3. Cechy jakościowe pieczywa

Miarą porowatości pieczywa i stopnia jego wyrośnięcia jest objętość chleba, która z kolei uzależniona jest od właściwości fermentacyjnych ciasta. Wprowadzenie do gleby liści buraczanych przyczyniło się do wzrostu objętości pieczywa o 2,7% (tab. 52). Analiza wariancji wykazała również, że współdziałanie nawożenia azotem i uprawy roli istotnie modyfikuje tę cechę. Jeśli prowadzono uprawę tradycyjną, to najmniej wyrośnięte ciasto obserwowano po zastosowaniu 100 kg N·ha⁻¹ – objętość chleba zmniejszyła się o 5,9% w porównaniu z określoną po aplikacji 75 kg N·ha⁻¹ i o 4,6% po ograniczeniu nawożenia azotem do 50 kg N·ha⁻¹. Z kolei jeśli podstawowym narzędziem w uprawie pszenicy była brona talerzowa, zwiększenie nawożenia azotem z 75 do 100 kg N·ha⁻¹ wpłynęło na istotne zwiększenie objętości chleba o 4,7%.

Tabela 52
Table 52

Objętość chleba [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ g mąki}^{-1}$] (średnie z lat 2005–2007)
Bread volume [$\text{cm}^3 \cdot 100 \text{ g flour}^{-1}$] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	543	551	553	547	549	549
	75	541	562	537	555	549	
	100	531	539	575	554	550	
	średnio – mean	538	551	555	552	–	
Tak Yes	50	551	550	569	563	558	564
	75	569	564	573	573	570	
	100	513	576	586	583	565	
	średnio – mean	544	563	576	573	–	
Średnio Mean	50	547	551	561	555	554	-
	75	555	563	555	564	560	
	100	522	558	581	569	558	
Średnio – Mean		541	557	566	563	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – r.n.; II – 12; III – r.n.; I/II – r.n.; III/I – 25; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.1.6. Uproszczona ocena ekonomiczna różnych technologii uprawy pszenicy jarej

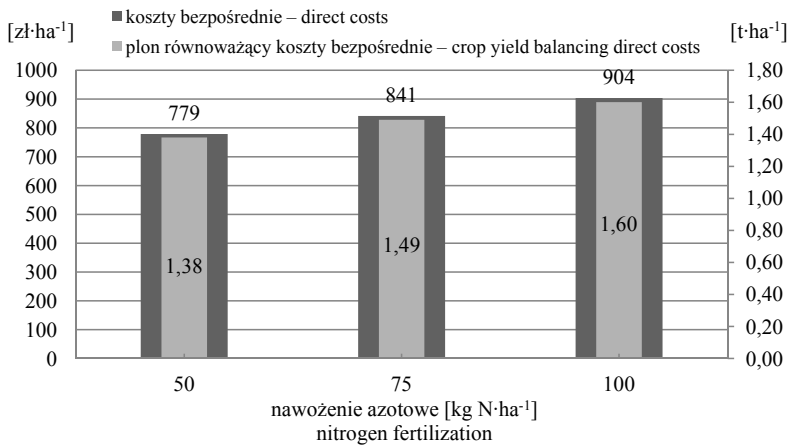
Wartość produkcji pszenicy jarej, będąca pochodną plonowania zboża i jego wartości rynkowej powiększona o dopłaty bezpośrednie, była zróżnicowana w zależności od zastosowanych czynników badawczych (tab. 53). Zagospodarowanie liści buraczanych sprzyjało wzrostowi wartości produkcji średnio o 9,0%. Szczególnie duży jej przyrost zanotowano, gdy nawóz organiczny został jesienią płytko przyorany, lub jeśli pozostawiono go na okres jesienno-zimowy na powierzchni pola w postaci mulczu i wymieszano z glebą dopiero wiosną. Systematyczny wzrost wartości produkcji pszenicy jarej stwierdzono wraz z intensyfikacją nawożenia azotem.

Koszty bezpośrednie oraz plon równoważący koszty bezpośrednie zależały wyłącznie od nawożenia azotem. Po zwiększeniu nawożenia z 50 do 75 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ koszty poniesione na wytworzenie pszenicy wzrosły o 8,0% (rys. 16). Kolejne podwyższenie dawki do 100 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ skutkowało dalszym 7,5% wzrostem kosztów. W celu zrównoważenia kosztów bezpośrednich poniesionych na uprawę pszenicy nawożonej najniższą z badanych dawek należało przeznaczyć 1,38 t $\cdot \text{ha}^{-1}$ ziarna, co stanowi 28,8% ziarna wyprodukowanego z ha. Jeśli rośliny nawożono najwyższą dawką N, to w celu pokrycia kosztów bezpośrednich trzeba było zabezpieczyć 1,60 t plonu ziarna, tj. odpowiednio 29,9%.

Tabela 53
Table 53

Wartość produkcji pszenicy jarej [zł·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Production value of spring wheat [zł·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	3237	3160	3333	3345	3269	3439
	75	3488	3404	3375	3470	3434	
	100	3512	3548	3768	3625	3613	
	średnio – mean	3412	3371	3492	3480	–	
Tak Yes	50	3399	3649	3500	3733	3570	3750
	75	3625	3757	3733	4001	3779	
	100	3715	4031	3924	3936	3902	
	średnio – mean	3580	3812	3719	3890	–	
Średnio Mean	50	3318	3405	3417	3539	3420	–
	75	3557	3581	3554	3736	3607	
	100	3614	3790	3846	3781	3758	
Średnio – Mean		3496	3592	3606	3685	–	



Rys. 16. Koszty bezpośrednie [zł·ha⁻¹] oraz plon równoważący koszty bezpośrednie [t·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)

Fig. 16. Direct costs [zł·ha⁻¹] and yield balancing direct costs [t·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem porównywalności wyników produkcji rolniczej w UE jest nadwyżka bezpośrednia. Uproszczona analiza ekonomiczna wykazała, że zagospodarowanie liści buraczanych sprzyjało wzrostowi nadwyżki bezpośredniej o 12,0% (tab. 54). Najkorzystniejszym sposobem wprowadzenia nawozu organicznego do gleby okazało się wiosenne wymieszanie liści z glebą za pomocą kultywatora. Ten sposób uprawy przyczynił się do wzrostu badanego wskaźnika o 11,4% w porównaniu ze stwierdzonym po głębokim przy-

kryciu liści. Również wprowadzenie do gleby liści za pomocą orki płytkiej lub talerzowania wpłynęło na wzrost nadwyżki bezpośredniej odpowiednio o 8,5 i 5,1%. Czynnikiem oddziałującym na zmianę wielkości prezentowanego wskaźnika było także nawożenie azotem. Zwiększenie dawki N z 50 do 75 kg·ha⁻¹ przyczyniło się do wzrostu nadwyżki o 4,7%, nieco mniejszy jej przyrost (o 3,2%) uzyskano po dalszym zwiększeniu nawożenia azotem. Największą nadwyżkę bezpośrednią zanotowano na obiekcie, na którym liście buraków wymieszano wiosną za pomocą kultywatora i zastosowano nawożenie azotem w dawce 75 kg N·ha⁻¹.

Tabela 54
Table 54

Nadwyżka bezpośrednia [zł·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Direct surplus [zł·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	2458	2381	2554	2566	2490	2598
	75	2647	2563	2533	2629	2593	
	100	2608	2644	2865	2721	2710	
	średnio – mean	2571	2529	2651	2639	–	
Tak Yes	50	2620	2870	2721	2954	2791	2909
	75	2784	2915	2891	3160	2938	
	100	2811	3127	3020	3032	2998	
	średnio – mean	2738	2971	2877	3049	–	
Średnio Mean	50	2539	2626	2638	2760	2641	–
	75	2716	2739	2712	2895	2766	
	100	2710	2886	2943	2877	2854	
Średnio – Mean		2655	2750	2764	2844	–	

Wraz z intensyfikacją uprawy roli oraz nawożenia azotem rosły koszty uprawy pszenicy jarej, a w konsekwencji zwiększała się wysokość plonu równoważącego (tab. 55). Analiza ekonomiczna wykazała, że uproszczenia w uprawie roli są finansowo uzasadnione. W celu zrównoważenia kosztów ogółem w porównywanych technologiach uprawy roli trzeba było przeznaczyć: po zastosowaniu orki głębokiej 2,69 tony ziarna pszenicy – co stanowiło 54,8% uzyskanego plonu, natomiast po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli 2,58 tony ziarna, tj. 49,3% wyprodukowanego plonu.

Na podstawie oceny ekonomicznej wykazano, że polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego było zasadne. Ta forma nawozu organicznego przyczyniła się do wzrostu dochodu rolniczego, a jego wysokość zależała od sposobu wprowadzenia liści do gleby (tab. 56). Najlepszą efektywność ekonomiczną osiągnięto, jeśli liście wymieszano z glebą dopiero wiosną. Jesienne zaniechanie uprawy sprzyjało wzrostowi dochodu rolniczego o 18,0% w porównaniu z osiągniętym po wprowadzeniu liści do gleby za pomocą ziębli głębokiej. Korzystne, choć w nieco mniejszym stopniu, okazało się również płytkie przyoranie liści. Ten sposób uprawy wpłynął na zwiększenie dochodu odpowiednio o 12,5%. Intensyfikacja nawożenia azotem oddziaływała na poprawę efektywności ekonomicznej, ale nie był to wpływ systematyczny. Po zwiększeniu dawki N z 50 do 75 kg·ha⁻¹ nadwyżka bezpośrednia pomniejszona o koszty po-

średnie wzrosła o 4,6%, natomiast kolejny wzrost dawki N z 75 do 100 kg·ha⁻¹ przyczynił się do przyrostu dochodu rolniczego już tylko o 2,7%. Podsumowując, należy podkreślić, że najwyższy dochód rolniczy zapewniało pozostawienie liści buraka cukrowego na okres jesienno-zimowy w postaci mulczu i zastosowanie nawożenia azotem w dawce 75 kg N·ha⁻¹.

Tabela 55
Table 55

Struktura kosztów (średnie z lat 2005–2007)
Structure of the costs (means for years 2005–2007)

Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
Koszty pośrednie [zł·ha ⁻¹] – Indirect costs					
50	647	622	597	587	613
75	677	652	627	617	643
100	707	682	657	647	673
Średnio Mean	677	652	627	617	–
Koszty ogółem [zł·ha ⁻¹] – Total costs					
50	1426	1401	1376	1366	1392
75	1518	1493	1468	1458	1484
100	1611	1586	1561	1551	1577
Średnio Mean	1518	1493	1468	1458	–
Plon równoważący koszty ogółem [t·ha ⁻¹] Crop yield balancing total costs					
50	2,53	2,48	2,44	2,42	2,47
75	2,69	2,65	2,60	2,58	2,63
100	2,85	2,81	2,77	2,75	2,80
Średnio Mean	2,69	2,65	2,60	2,58	–

Tabela 56
Table 56

Dochód rolniczy [zł·ha⁻¹] (średnie z lat 2005–2007)
Farm income [zł·ha⁻¹] (means for years 2005–2007)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [kg N·ha ⁻¹] Fertilization	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	50	1811	1759	1957	1979	1877	1954
	75	1970	1911	1906	2012	1950	
	100	1901	1962	2208	2074	2036	
	średnio – mean	1894	1877	2024	2022	–	
Tak Yes	50	1973	2248	2124	2367	2178	2265
	75	2107	2263	2264	2543	2294	
	100	2104	2445	2363	2385	2324	
	średnio – mean	2061	2319	2250	2432	–	
Średnio Mean	50	1892	2004	2041	2173	2028	–
	75	2039	2087	2085	2278	2122	
	100	2003	2204	2286	2230	2180	
Średnio – Mean		1978	2098	2137	2227	–	

5.2. Następczy wpływ liści buraka cukrowego na produktyjność jęczmienia jarego (doświadczenie wazonowe)

5.2.1. Wzrost i rozwój jęczmienia

Po zakończeniu doświadczenia polowego glebę do wazonów pobrano wiosną następnego roku. W doświadczeniu wazonowym wykazano następczy wpływ różnych sposobów uprawy roli i wprowadzenia liści buraczanych do gleby na dynamikę wschodów jęczmienia jarego (tab. 57). Plon uboczny buraka przyczynił się do istotnego pogorszenia wschodów zboża określonego w 8. i 11. dniu po jego wysiewie, odpowiednio o 6,7 i 5,3 pkt.%. Podobny kierunek zmian obserwowano już w 7. dniu po siewie, zależności tej nie udowodniono jednak statystycznie. Spośród zastosowanych sposobów uprawy najkorzystniejszą na wschody oddziaływało zrezygnowanie z jesiennej uprawy roli pod przedplon. Zarówno w 7., 8. oraz 11. dniu po wysiewie jęczmienia były one szybsze, niż po przeprowadzeniu orki głębokiej, odpowiednio o 22,9; 12,8 i 7,2 pkt.%.

Tabela 57
Table 57

Dynamika wschodów jęczmienia jarego [%] (średnie z lat 2006 i 2008)
Plant emergence dynamics of spring barley [%] (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Sposób uprawy roli – Method of tillage				
	orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean
Termin badań: 7 dni po siewie – Time of study: 7 days after sowing					
Nie No	22,4	31,0	31,8	45,3	32,6
Tak Yes	18,6	37,9	29,3	41,5	31,8
Średnio Mean	20,5	34,5	30,6	43,4	–
Termin badań: 8 dni po siewie – Time of study: 8 days after sowing					
Nie No	75,0	79,4	75,3	84,2	78,5
Tak Yes	63,3	75,0	69,2	79,7	71,8
Średnio Mean	69,2	77,2	72,3	82,0	–
Termin badań: 11 dni po siewie – Time of study: 11 days after sowing					
Nie No	83,5	85,6	84,6	88,9	85,7
Tak Yes	75,7	83,2	77,8	84,7	80,4
Średnio Mean	79,6	84,4	81,2	86,8	–

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves
7 dni po siewie – days after sowing I – 4,8; II – r.n.; I/II – 5,9
8 dni po siewie – days after sowing I – 6,8; II – 2,6; I/II – r.n.
11 dni po siewie – days after sowing I – 4,6; II – 2,2; I/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Sucha masa jednej rośliny wytworzona do fazy 2. kolanka była modyfikowana przez badane czynniki (tab. 58). Jęczmień uprawiany w wazonach wypełnionych glebą z poletek, na których wcześniej zastosowano bronę talerzową, wytworzył o 16,9% mniej suchej masy niż rośliny, pod przedplon których zastosowano orkę tradycyjną. Również spływanie orki z 25 do 15 cm oraz zrezygnowanie z jesiennej uprawy pod przedplon przyczyniło się do zmniejszenia suchej masy zboża odpowiednio o 7,0%. Analiza wariancji wykazała istotne współdziałanie uprawy roli i obecności liści buraka cukrowego. Jeśli nie wprowadzano do gleby nawozu organicznego, to najkorzystniejszym sposobem uprawy była orka płytka, natomiast po zastosowaniu liści najwyższą biomasa roślin stwierdzono po wcześniejszym wykonaniu orki tradycyjnej. Najprawdopodobniej głębokie przykrycie liści buraczanych opóźniło mineralizację materii organicznej, co korzystnie wpłynęło na wzrost i rozwój roślin uprawianych w kolejnym roku po zagospodarowaniu plonu ubocznego buraka. Wprowadzenie liści buraka cukrowego pod przedplon sprzyjało wzrostowi suchej masy średnio (niezależnie od uprawy roli) o 6,3%. Znacznemu zwiększeniu wartości badanego parametru sprzyjało także zastosowanie nawożenia azotem. Wprowadzenie 0,5 g N-wazon⁻¹ przyczyniło się do ponad 3-krotnego wzrostu suchej masy jęczmienia.

Tabela 58
Table 58

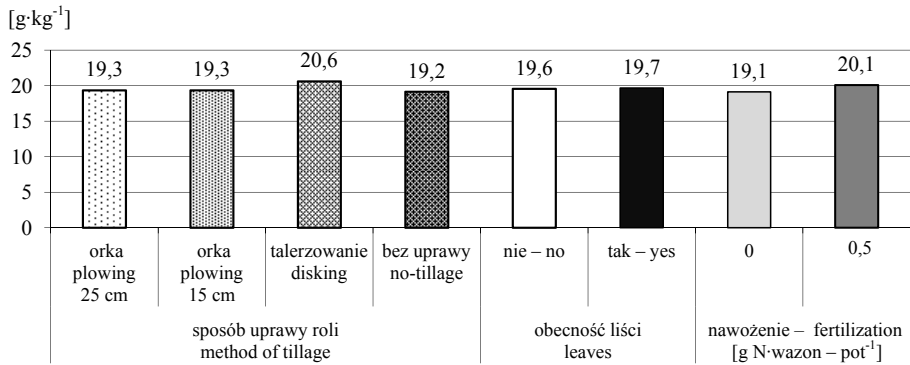
Sucha masa jednej rośliny jęczmienia jarego w fazie 2. kolanka [g] (średnie z lat 2006 i 2008)
Dry matter of one spring barley plant at the second node stage [g] (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N-wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	0,28	0,30	0,26	0,27	0,28	0,63
	0,5	1,03	1,03	0,87	1,00	0,98	
	średnio – mean	0,66	0,67	0,57	0,64	–	
Tak Yes	0	0,36	0,30	0,30	0,30	0,32	0,67
	0,5	1,15	1,00	0,92	1,06	1,03	
	średnio – mean	0,75	0,65	0,61	0,68	–	
Średnio Mean	0	0,32	0,30	0,28	0,29	0,30	–
	0,5	1,09	1,02	0,90	1,03	1,01	
Średnio – Mean		0,71	0,66	0,59	0,66	–	

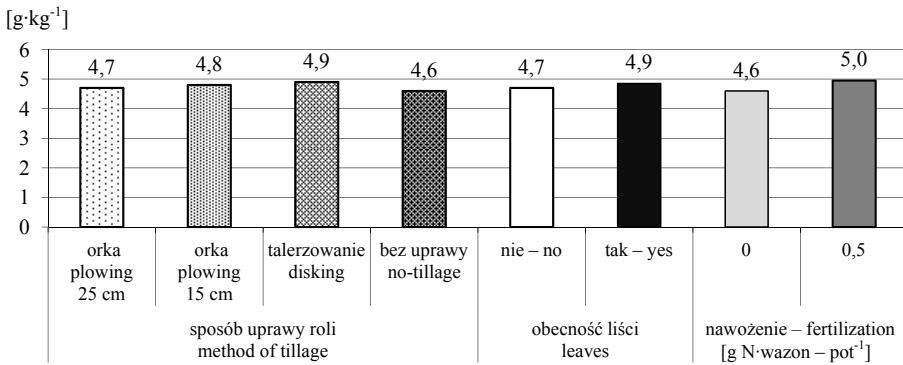
NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,06; II – 0,03; III – 0,03; I/II – 0,07; III/I – 0,05; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Najwyższą zawartość azotu we wczesnym stadium rozwojowym jęczmienia jarego określono po wykonaniu pod przedplon talerzowania (rys. 17). Koncentracja tego składnika w biomacie była średnio o 6,7% wyższa niż po zastosowaniu pozostałych sposobów uprawy roli. Wprowadzenie w doświadczeniu połowym liści buraczanych do gleby różnicowało w małym stopniu badany parametr, natomiast nieco wyższą zawartość azotu w roślinach (o 5,2%) wykazano po aplikacji nawozu azotowego.

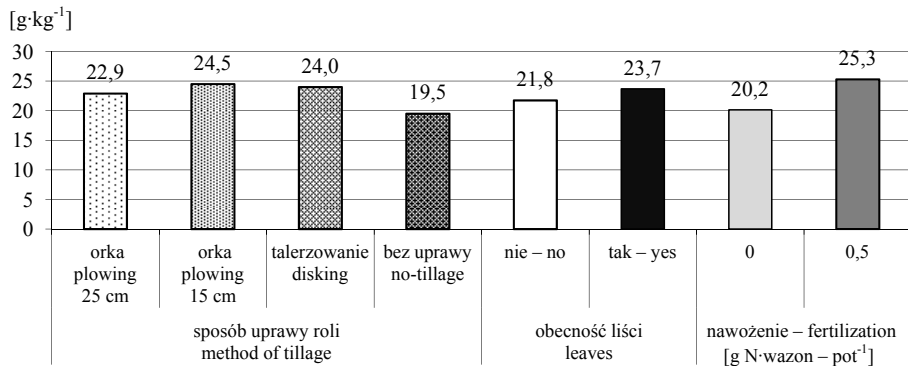
Działanie następcze zastosowanych w doświadczeniu połowym czynników nie spowodowało większych zmian w zawartości fosforu w jęczmieniu w fazie 2. kolanka (rys. 18). Nieznacznie więcej P w roślinach stwierdzono po zastosowaniu nawożenia organicznego oraz mineralnego azotem. Zrezygnowanie z jesiennej uprawy roli przyczyniło się natomiast do niewielkiego zmniejszenia zawartości fosforu w porównaniu ze stwierdzoną w pozostałych systemach uprawy przeprowadzonych pod przedplon.



Rys. 17. Zawartość azotu w jęczmieniu jarym w fazie 2. kolanka (średnie z lat 2006 i 2008)
 Fig. 17. Nitrogen content in spring barley at the second node stage (means for years 2006 and 2008)



Rys. 18. Zawartość fosforu w jęczmieniu jarym w fazie 2. kolanka (średnie z lat 2006 i 2008)
 Fig. 18. Phosphorus content in spring barley at the second node stage (means for years 2006 and 2008)



Rys. 19. Zawartość potasu w jęczmieniu jarym w fazie 2 kolanka (średnie z lat 2006 i 2008)
 Fig. 19. Potassium content in spring barley at the second node stage (means for years 2006 and 2008)

Zawartość potasu w suchej masie roślin jęczmienia wzrosła, jeśli dwa lata wcześniej wprowadzono do gleby liście buraczane (o 8,7%), a także jeśli jęczmień nawożono azotem mineralnym (o 25,2%) (rys. 19). Uproszczenie uprawy roli pod przedplon, polegające na spłyceciu orki do 15 cm lub zastąpieniu pługa broną talerzową, przyczyniło się do wzrostu koncentracji badanego pierwiastka średnio o 24,6% w stosunku do stwierdzonej po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli pod pszenicę jarą.

5.2.2. Cechy morfologiczne i elementy plonowania

Wprowadzenie liści buraczanych pod przedplon przyczyniło się do wytworzenia o 10,8% mniejszej powierzchni liścia flagowego w porównaniu z określoną po zrezygnowaniu z nawożenia organicznego (tab. 59). Szczególnie dużą redukcję powierzchni asymilacyjnej po zastosowaniu liści zanotowano, jeśli jęczmień był nawożony najwyższą dawką azotu – zależności tej nie udowodniono jednak statystycznie. Analiza statystyczna wykazała natomiast istotne zróżnicowanie powierzchni blaszki liściowej jęczmienia jarego pod wpływem sposobów uprawy roli, zastosowanych w eksperymencie polowym pod pszenicę jarą. Spłycecie orki przedzimowej do 15 cm sprzyjało wyraźnemu zwiększeniu powierzchni asymilacyjnej – średnio o 19,2% w porównaniu ze stwierdzoną w pozostałych sposobach uprawy roli. Aplikacja nawożenia azotem w dawce 0,5 g N·wazon⁻¹ wpłynęła na istotny 3-krotny wzrost badanego parametru, podwojenie tej dawki nie miało natomiast już wpływu na zmianę powierzchni liści. Zależności te obserwowano zarówno po zrezygnowaniu z nawożenia organicznego pod przedplon, jak i dwa lata po polowym zagospodarowaniu liści, a także w każdym z badanych sposobów uprawy roli.

Tabela 59
Table 59

Powierzchnia liścia flagowego jęczmienia jarego [cm²] (średnie z lat 2006 i 2008)
Area of flag leaf of spring barley [cm²] (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N·wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	2,65	2,87	2,99	2,83	2,84	7,61
	0,5	9,38	9,90	10,55	8,52	9,59	
	1,0	10,68	12,20	9,32	9,42	10,41	
	średnio – mean	7,57	8,32	7,62	6,92	–	
Tak Yes	0	3,31	3,06	3,47	3,32	3,29	6,79
	0,5	9,08	10,76	6,81	9,27	8,98	
	1,0	6,78	10,32	8,06	7,25	8,10	
	średnio – mean	6,39	8,05	6,11	6,61	–	
Średnio Mean	0	2,98	2,97	3,23	3,08	3,07	-
	0,5	9,23	10,33	8,68	8,90	9,29	
	1,0	8,73	11,26	8,69	8,34	9,26	
Średnio – Mean		6,98	8,19	6,87	6,77	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 1,37; II – 0,44; III – 0,8; I/II – r.n.; III/I – 1,60; III/II – 1,13
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

W drugim roku po wprowadzeniu do gleby liści buraka cukrowego krzewienie jęczmienia było o 6,6% większe niż po zrezygnowaniu z nawożenia organicznego (tab. 60). Spośród zastosowanych sposobów uprawy roli wyraźny wpływ na wzrost krzewienia obserwowano po wykonaniu pod przedplon orki przedzimowej na głębokość 25 cm. W porównaniu z uproszczeniami w uprawie roli krzewistość zwiększyła się o 10,3%. Analiza współdziałania uprawy i nawożenia organicznego wykazała dodatkowo, że w warunkach zagospodarowania liści głęboka orka sprzyjała jeszcze większemu wzrostowi krzewistości (o 15,7%) w porównaniu z zanotowanymi w pozostałych wariantach uprawy. Natomiast, jeśli dwa lata wcześniej plon uboczny buraka zebrano z pola, to zróżnicowane sposoby uprawy roli nie miały statystycznie udowodnionego wpływu na krzewienie się jęczmienia. Intensyfikacja nawożenia azotem sprzyjała systematycznemu wzrostowi rozkrzewienia zboża. Po zastosowaniu 0,5 g N-wazon⁻¹ wzrosło ono ponad dwukrotnie, podwojenie tej dawki przyczyniło się natomiast do zwiększenia krzewistości o 36,5%.

Tabela 60
Table 60

Krzewienie produktywne jęczmienia jarego (średnie z lat 2006 i 2008)
Productive tillering of spring barley (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N-wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	1,06	1,05	1,07	1,00	1,05	2,11
	0,5	2,32	2,31	2,25	2,17	2,26	
	1,0	3,17	3,11	2,77	3,02	3,02	
	średnio – mean	2,18	2,16	2,03	2,06	–	
Tak Yes	0	1,17	1,05	1,00	1,00	1,06	2,25
	0,5	2,65	2,32	2,44	2,14	2,39	
	1,0	3,72	3,07	3,14	3,37	3,33	
	średnio – mean	2,51	2,15	2,19	2,17	–	
Średnio Mean	0	1,12	1,05	1,04	1,00	1,06	–
	0,5	2,49	2,32	2,35	2,16	2,33	
	1,0	3,45	3,09	2,96	3,20	3,18	
Średnio – Mean		2,35	2,15	2,12	2,12	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – 0,10; II – 0,06; III – 0,10; I/II – 0,16; III/I – 0,20; III/II – 0,14

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Podstawowe cechy plonotwórcze jęczmienia jarego były kształtowane pod wpływem następczego oddziaływania czynników badawczych. Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego przyczyniło się do wzrostu liczby ziaren z kłosa średnio o 3,3% (tab. 61). Więcej ziaren w kłosie wykształciło się także po zastosowaniu w uprawie jęczmienia 0,5 g N-wazon⁻¹. W takich warunkach uziarnienie wzrosło o 51,3% w porównaniu z zanotowanym w zbożu pozbawionym nawożenia azotem. Uprawa roli nie miała wpływu na liczbę ziaren z kłosa.

Największą masą ziarna z kłosa charakteryzował się jęczmień uprawiany na glebie, na której dwa lata wcześniej przeprowadzono orkę płytką; masa wzrosła wówczas o 4,5% w porównaniu z zanotowaną w warunkach uprawy tradycyjnej (tab. 62). Również zastąpienie orki przedzimowej talerzowaniem przyczyniło się do istotnego zwiększenia badanego parametru – odpowiednio o 3,0%. Zastosowanie w uprawie jęczmienia 0,5 g N-wazon⁻¹ skutkowało ponad 2-krotnym zwiększeniem masy ziarna z kłosa w porównaniu z zanotowaną po zrezygnowaniu z nawożenia azotem. Dalszy wzrost dawki N z 0,5 do 1,0 g-wazon⁻¹ wprawdzie sprzyjał przyrostowi masy ziarna z kłosa, ale już tylko o 4,9%. Analiza wariancji wykazała także, że po następczym zagospodarowaniu liści buraczanych najmniejszą masą ziarna z kłosa charakteryzował się jęczmień uprawiany na glebie, na której wcześniej wykonano orkę głęboką, natomiast po zebraniu liści z pola – jeśli zaniechano jesiennej uprawy roli.

Masa tysiąca ziaren jęczmienia jarego była istotnie determinowana tylko przez uprawę roli i nawożenie azotem (tab. 63). Przeprowadzenie orki płytkiej pod przedplon sprzyjało wzrostowi MTZ o 3,7% w porównaniu z określoną po zrezygnowaniu z uprawy roli. Dorodność ziarna zwiększała się systematycznie wraz z intensyfikacją nawożenia azotem. Po aplikacji najwyższej dawki N masa 1000 ziaren była o 55,8% wyższa niż po zrezygnowaniu z nawożenia azotem.

Tabela 61
Table 61

Liczba ziaren z kłosa jęczmienia jarego (średnie z lat 2006 i 2008)
Number of grain per ear of spring barley (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N-wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	11,5	11,0	11,0	11,3	11,2	15,3
	0,5	17,4	17,8	17,7	17,2	17,5	
	1,0	16,8	17,9	17,2	17,1	17,3	
	średnio – mean	15,2	15,6	15,3	15,2	–	
Tak Yes	0	11,6	11,8	12,4	12,8	12,2	15,8
	0,5	17,3	17,5	18,0	18,4	17,8	
	1,0	17,0	17,5	17,9	17,0	17,4	
	średnio – mean	15,3	15,6	16,1	16,1	–	
Średnio Mean	0	11,6	11,4	11,7	12,1	11,7	–
	0,5	17,4	17,7	17,9	17,8	17,7	
	1,0	16,9	17,7	17,6	17,1	17,4	
Średnio – Mean		15,3	15,6	15,7	15,7	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization

I – r.n.; II – 0,3; III – 0,5; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 62
Table 62

Masa ziarna z kłosa [g] jęczmienia jarego (średnie z lat 2006 i 2008)
Weight of grain per ear [g] of spring barley (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N·wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	0,39	0,42	0,38	0,36	0,39	0,68
	0,5	0,78	0,83	0,81	0,76	0,80	
	1,0	0,86	0,85	0,85	0,82	0,85	
	średnio – mean	0,68	0,70	0,68	0,65	–	
Tak Yes	0	0,39	0,36	0,43	0,45	0,41	0,69
	0,5	0,78	0,85	0,81	0,84	0,82	
	1,0	0,81	0,90	0,85	0,82	0,85	
	średnio – mean	0,66	0,70	0,70	0,70	–	
Średnio Mean	0	0,39	0,39	0,41	0,41	0,40	–
	0,5	0,78	0,84	0,81	0,80	0,81	
	1,0	0,84	0,88	0,85	0,82	0,85	
Średnio – Mean		0,67	0,70	0,69	0,68	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,02; II – r.n.; III – 0,02; I/II – 0,04; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 63
Table 63

Masa tysiąca ziaren [g] jęczmienia jarego (średnie z lat 2006 i 2008)
Thousand grain weight [g] of spring barley (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N·wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	33,7	37,0	33,9	31,4	34,0	44,7
	0,5	47,4	48,7	47,1	45,7	47,2	
	1,0	55,9	50,7	53,7	50,9	52,8	
	średnio – mean	45,7	45,5	44,9	42,7	–	
Tak Yes	0	33,5	30,9	34,2	33,5	33,0	44,3
	0,5	48,3	50,1	47,4	47,9	48,4	
	1,0	50,8	53,3	50,6	51,6	51,6	
	średnio – mean	44,2	44,8	44,1	44,3	–	
Średnio Mean	0	33,6	34,0	34,1	32,5	33,5	–
	0,5	47,9	49,4	47,3	46,8	47,8	
	1,0	53,4	52,0	52,2	51,3	52,2	
Średnio – Mean		45,0	45,1	44,5	43,5	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 1,5; II – r.n.; III – 1,6; I/II – r.n.; III/I – r.n.; III/II – r.n.
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.2.3. Masa ziarna i słomy

Analiza statystyczna wykazała istotne zróżnicowanie masy ziarna jęczmienia jarego z wazonu pod wpływem każdego z badanych czynników i ich interakcji (tab. 64). Po zastosowaniu liści buraka cukrowego w doświadczeniu polowym stwierdzono zwiększenie masy ziarna z wazonu – średnio o 6,2%. Wprowadzenie uproszczeń w uprawie roli pod przedplon przyczyniło się do zredukowania plonu jęczmienia. Najwięcej ziarna zebrano po wykonaniu orki tradycyjnej. Spłylenie orki do 15 cm wpłynęło na zmniejszenie masy ziarna o 6,6%, talerzowanie o 7,1%, natomiast zaniechanie uprawy jesiennej o 9,0%. Systematycznemu wzrostowi plonu ziarna sprzyjała także intensyfikacja nawożenia azotem – zależność tę obserwowano zarówno po zebraniu liści z pola, jak i po ich zastosowaniu, a także w każdym systemie uprawy roli. Znaczący wpływ na masę ziarna miało współdziałanie uprawy roli i obecności liści buraczanych. Jeśli do agrotechniki nie włączono nawożenia organicznego, to istotne ograniczenie plonowania obserwowano po zaniechaniu jesiennej uprawy roli, natomiast gdy liście buraczane przyorano pod przedplon orką głęboką, to jęczmień wytworzył o 14,4% więcej ziarna niż po wprowadzeniu liści do gleby orką płytką, o 9,9% więcej w porównaniu z plonem zanotowanym po zaniechaniu jesiennej uprawy roli i o 9,3% więcej niż po ich wymieszaniu z glebą za pomocą brony talerzowej.

Tabela 64
Table 64

Masa ziarna jęczmienia jarego z wazonu [g] (średnie z lat 2006 i 2008)
Grain weight of spring barley per pot [g] (means for years 2006 and 2008)

Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N·wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	5,1	5,4	5,1	4,3	5,0	19,4
	0,5	22,2	23,1	22,5	19,7	21,9	
	1,0	33,1	32,1	29,4	30,4	31,3	
	średnio – mean	20,1	20,2	19,0	18,1	–	
Tak Yes	0	5,6	4,6	5,1	5,4	5,2	20,6
	0,5	24,9	22,5	23,8	21,7	23,2	
	1,0	36,3	31,3	32,4	33,9	33,5	
	średnio – mean	22,3	19,5	20,4	20,3	–	
Średnio Mean	0	5,4	5,0	5,1	4,9	5,1	–
	0,5	23,6	22,8	23,2	20,7	22,6	
	1,0	34,7	31,7	30,9	32,2	32,4	
Średnio – Mean		21,2	19,8	19,7	19,3	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,8; II – 0,5; III – 0,8; I/II – 1,4; III/I – 1,5; III/II – 1,1
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Dwa lata po wprowadzeniu do gleby liści buraczanych obserwowano również zwiększenie masy słomy jęczmienia jarego – średnio o 9,9% (tab. 65). Spośród zastosowanych sposobów uprawy roli najkorzystniej na biomasę słomy oddziaływało wykonanie orki głębokiej, szczególnie po zagospodarowaniu liści. Zaniechanie uprawy przedzimowej lub zastosowanie brony talerzowej pod przedplon spowodowało zredukowanie masy słomy odpowiednio o 7,1% oraz 8,3%. Znaczny przyrost masy plonu ubocznego jęczmienia obserwowano natomiast po wprowadzeniu do gleby nawozu azotowego. Zwiększenie dawki N z 0 do 0,5 g·wazon⁻¹ sprzyjało ponad 3-krotnemu wzrostowi masy słomy, natomiast z 0,5 do 1,0 g N·wazon⁻¹ przyczyniło się do zwwyżki o 30,1%.

Tabela 65
Table 65

Masa słomy jęczmienia jarego z wazonu [g] (średnie z lat 2006 i 2008)
Straw weight of spring barley per pot [g] (means for years 2006 and 2008)

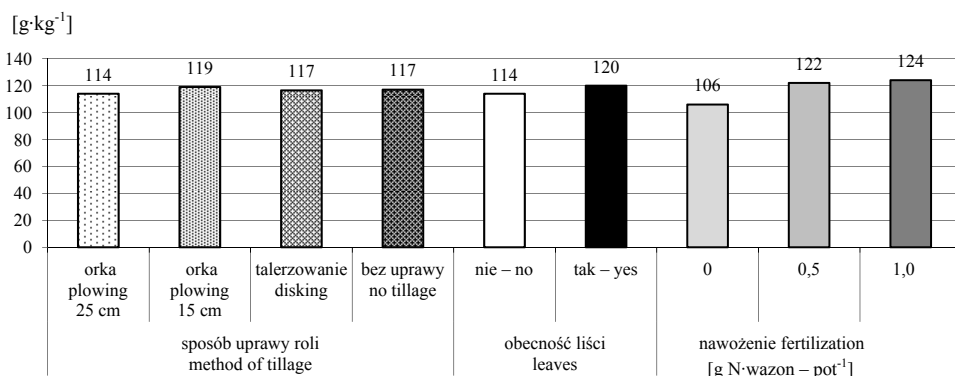
Obecność liści Leaves	Nawożenie [g N·wazon ⁻¹] Fertilization [g N·pot ⁻¹]	Sposób uprawy roli – Method of tillage					Średnio Mean
		orka plowing 25 cm	orka plowing 15 cm	talerzowanie disking	bez uprawy no-tillage	średnio mean	
Nie No	0	4,9	4,9	4,7	4,3	4,7	14,2
	0,5	17,1	17,8	15,7	15,3	16,5	
	1,0	22,1	22,3	20,2	20,9	21,4	
	średnio – mean	14,7	15,0	13,5	13,5	–	
Tak Yes	0	5,5	5,1	5,1	4,9	5,2	15,6
	0,5	19,4	18,2	17,7	16,8	18,0	
	1,0	24,6	22,7	22,6	24,6	23,6	
	średnio – mean	16,5	15,3	15,1	15,4	–	
Średnio Mean	0	5,2	5,0	4,9	4,6	5,0	–
	0,5	18,3	18,0	16,7	16,1	17,3	
	1,0	23,4	22,5	21,4	22,8	22,5	
Średnio – Mean		15,6	15,2	14,3	14,5	–	

NIR_(0,05) – HSD_(0,05) I – uprawa – tillage; II – liście – leaves; III – nawożenie – fertilization
I – 0,5; II – 0,5; III – 0,6; I/II – r.n.; III/I – 1,2; III/II – 1,9
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

5.2.4. Skład chemiczny ziarna jęczmienia

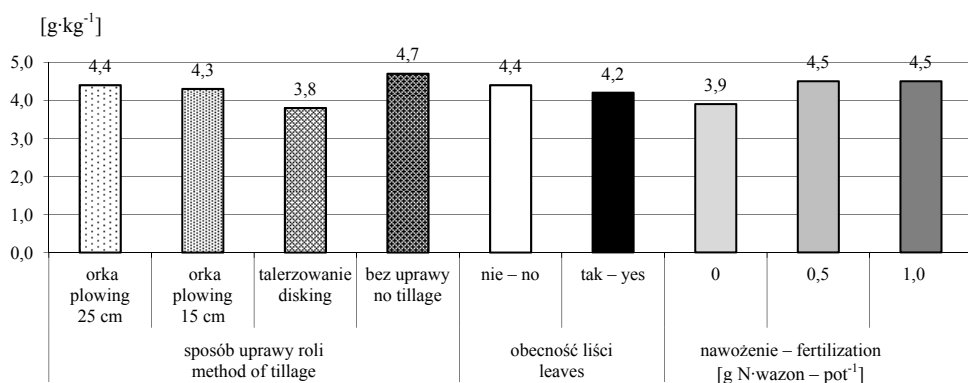
Zagospodarowanie liści buraczanych pod przedplon sprzyjało zwiększeniu zawartości białka w ziarnie jęczmienia o 5,3% (rys. 20). Również zastosowane uproszczenia w uprawie roli przyczyniły się do wzrostu koncentracji białka w ziarnie rośliny następczej. Spłylenie orki do 15 cm spowodowało zwiększenie zawartości badanego pierwiastka o 4,4%, natomiast użycie brony talerzowej lub zaniechanie uprawy jesiennej o 2,6% w stosunku do wartości oznaczonych po wykonaniu uprawy tradycyjnej. Zastosowanie nawożenia azotem wpłynęło na wzrost koncentracji badanego makroelementu – po wprowadzeniu dawki 0,5 g N·wazon⁻¹ o 15,1%, natomiast jeśli dawkę zwiększono do 1,0 g N·wazon⁻¹, już tylko o 1,6%.

Dwa lata po zastosowaniu brony talerzowej zanotowano obniżenie zawartości fosforu w ziarnie jęczmienia średnio o 15,6% w stosunku do określonej w pozostałych systemach uprawy (rys. 21). Także po wprowadzeniu do gleby liści buraczanych koncentracja badanego składnika zmniejszyła się o 4,5%, co mogło wynikać z efektu rozcieńczenia. Z kolei aplikacja nawożenia azotem w dawce 0,5 g N-wazon⁻¹ przyczyniła się do wzrostu zawartości fosforu o 15,4% w stosunku do obiektu kontrolnego. Zwiększenie dawki z 0,5 do 1,0 g N-wazon⁻¹ nie miało znaczącego wpływu na zmianę zawartości tego pierwiastka w plonie głównym jęczmienia.



Rys. 20. Zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego w fazie dojrzałości pełnej (średnie z lat 2006 i 2008)

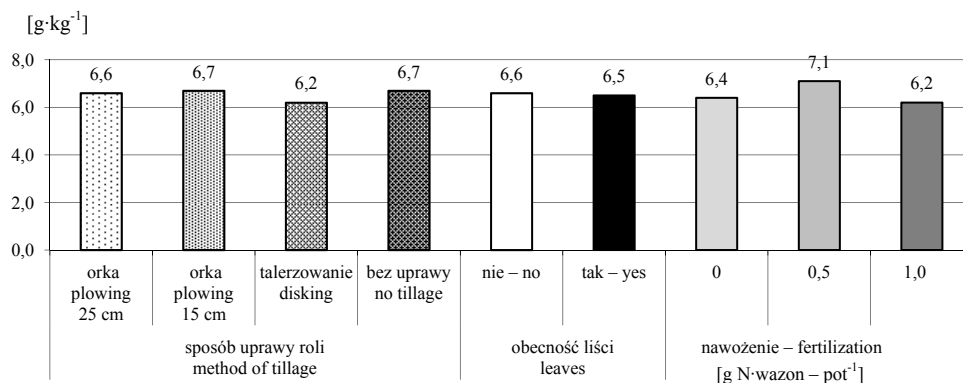
Fig. 20. Protein content in grain of spring barley at full maturity stage (means for years 2006 and 2008)



Rys. 21. Zawartość fosforu w ziarnie jęczmienia jarego w fazie dojrzałości pełnej (średnie z lat 2006 i 2008)

Fig. 21. Phosphorus content in grain of spring barley at full maturity stage (means for years 2006 and 2008)

W ziarnie jęczmienia jarego najmniejszą zawartość potasu odnotowano po zastosowaniu pod przedplon talerzowania (rys. 22). Następnie oddziaływanie nawozu organicznego nie wpłynęło na zmiany koncentracji badanego makroelementu. Zastosowanie najniższej z badanych dawek azotu sprzyjało zwiększeniu o 10,9% zawartości potasu w ziarnie jęczmienia w stosunku do stwierdzonej w roślinach nienawożonych mineralnie. Z kolei podwyższenie dawki do 1,0 g N-wazon⁻¹ przyczyniło się do zmniejszenia zawartości potasu odpowiednio o 12,7%.



Rys. 22. Zawartość potasu w ziarnie jęczmienia jarego w fazie dojrzałości pełnej (średnie z lat 2006 i 2008)

Fig. 22. Potassium content in grain of spring barley at full maturity stage (means for years 2006 and 2008)

6. Dyskusja

W trzyletnim doświadczeniu polowym oraz dwuletnim wazonowym badano bezpośredni i następczy wpływ liści buraczanych, wprowadzonych do gleby czterema sposobami na produktywność pszenicy jarej i jęczmienia jarego. Dodatkowym czynnikiem badawczym był zróżnicowany poziom nawożenia azotem. Przeprowadzony eksperyment polowy pozwolił również ocenić warunki siedliskowe, głównie właściwości fizyczne i chemiczne gleby oraz zachwaszczenie ładu pszenicy.

6.1. Zmiany środowiska glebowego

Wprowadzone do gleby liście buraka cukrowego nie wywarły wpływu na wilgotność gleby. Nie potwierdziły się opinie Pokornego i in. [2001] oraz Zimolki i in. [2001] o wzroście deficytu wody po przyoraniu liści. Udowodniono natomiast zależność wilgotności od współdziałania uprawy roli i nawożenia organicznego. W płytkiej warstwie gleby (5–10 cm) najwięcej wody w czasie zbioru pszenicy zanotowano po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy roli i pozostawieniu liści na powierzchni pola. Przyczyną podwyższonego (o 9,3%) uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby był prawdopodobnie pozostawiony na powierzchni pola mulcz. O ochronnej roli mulczu wobec wody zgromadzonej w glebie w czasie zimy donoszą również Konopiński i in. [2001] oraz Kęsik i in. [2006]. Z kolei w głębszych warstwach najkorzystniej na zmagazynowanie wody wpłynęło przyoranie liści buraczanych. Uproszczenia w uprawie roli mogą zarówno sprzyjać gromadzeniu wody w glebie [Nowicki i Orzech 2002, Pabin i in. 2003, Lepiarczyk i in. 2007, Czyż i in. 2009, Małecka i in. 2009], jak i przyczynić się do pogorszenia glebowej gospodarki wodnej [Çarman 1997, Riley i Ekeberg 1998, Jaskulski i Jaskulska 2004, Bujak i Frant 2005, Pranagal 2007]. W badaniach własnych w obu terminach badań udowodniono, że najkorzystniejsze warunki wilgotnościowe w płytkiej warstwie wystąpiły po zastosowaniu brony talerzowej, natomiast w warstwach głębszych jeśli wykonano orkę głęboką. Najprawdopodobniej przyczyną wzrostu uwilgotnienia gleby w warstwie 5–10 cm było wprowadzenie do niej substancji organicznej (liści buraczanych), a w efekcie ograniczenie ewaporacji. Natomiast w głębszych warstwach klasyczna uprawa roli pozwoliła na nagromadzenie większej ilości wody pochodzącej z roztopów zimowych. Nawożenie azotem na ogół nie wpływa na właściwości wodne gleb [Intrawech i in. 1982, Darusman i in. 1991, Waclawowicz i Parylak 2004, Wojciechowski 2009]. Jednak w przeprowadzonym doświadczeniu, podobnie jak w badaniach Koszańskiego i in. [1995], wykazano, że zastosowanie podwyższonego nawożenia azotem przyczynia się do zmniejszenia uwilgotnienia gleby. Koszański i in. [1995] wyjaśniają, że zapas wody w glebie może być nawet o kilkadziesiąt procent niższy niż na poletkach nienawożonych azotem. Wynika to z większej powierzchni asymilacyjnej roślin

lepiej odżywionych azotem i w efekcie wzmożonej transpiracji. Zależność ta uwidacznia się szczególnie w latach posusznych.

Potwierdzono doniesienia Zimolki i in. [2001] o korzystnym wpływie liści buraczanych na rozluźnienie gleby. Wprowadzenie plonu ubocznego buraka przyczyniło się do zmniejszenia gęstości gleby i zwiększenia jej porowatości, szczególnie w głębszych warstwach. Najodpowiedniejszym sposobem dostarczenia liści do gleby okazało się ich wymieszanie za pomocą pługa. Również Głąb i Kulig [2008] porównując różne technologie zagospodarowania mulczu z bobiku, zanotowali niższą gęstość i wyższą porowatość gleby po jesiennym przyoraniu nawozu organicznego niż wiosennym jego wymieszaniu za pomocą glebogryzarki. Gleba rozluźniona uprawą klasyczną po kilku miesiącach osiąga jednak stan zbliżony do gleby, na której nie prowadzono uprawy płuznej [Białczyk i in. 2000]. W realizowanym doświadczeniu intensyfikacja nawożenia azotem do $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ wpłynęła na zmniejszenie zagęszczenia gleby w głębszych warstwach i zwiększenie porowatości ogólnej w warstwie najpłytszej. Zależności te wynikać mogą z lepszego odżywienia roślin uprawnych oraz chwastów po zastosowaniu najwyższej dawki N, wytworzenia większej masy korzeniowej, a w efekcie rozluźnienia gleby. Odmienne wyniki badań uzyskali Patel i in. [1993], którzy stwierdzili, że w wyniku nawożenia azotem wzrasta gęstość gleby oraz zmniejsza się jej porowatość. Z kolei Badiyala i Verma [1990], Waclawowicz [2002a] oraz Wojciechowski [2009] nie obserwowali znaczących zmian właściwości fizycznych pod wpływem nawożenia azotem.

Czynnikiem decydującym o korzystnych właściwościach fizycznych gleby jest jej struktura, która w znacznej mierze decyduje o żyzności i urodzajności gleby [Grzebisz 1988, Suwara 2010]. Prawidłowa struktura roli ułatwia penetrację korzeniom roślin, reguluje stosunki wodno-powietrzne oraz sprzyja infiltracji wody opadowej [Domżał i Pranagal 1994, Paluszek 1994, Lenart 2002]. Wprowadzenie do gleby liści buraczanych przyczyniło się do pogorszenia struktury roli w początkowej fazie wzrostu pszenicy. Nie obserwowano natomiast wpływu nawozu organicznego na zmiany wskaźnika W pod koniec wegetacji badanej rośliny. W badaniach Waclawowicza i in. [2012] udowodniono, że przyoranie liści może pogarszać strukturę roli, natomiast ich pozostawienie na powierzchni pola w postaci mulczu i wykonanie siewu bezpośredniego sprzyja poprawie agregacji gleby. Podobny kierunek zmian po zastosowaniu mulczu z koniczyny białej i całkowitym zrezygnowaniu z uprawy roli wykazali Wojciechowski i in. [2004]. Z kolei polepszenie wskaźnika strukturalności po wprowadzeniu do gleby słomy, międzyplonu i liści buraczanych za pomocą pługa zanotowali Waclawowicz i Parylak [2004].

Parametrem charakteryzującym strukturę roli, zwłaszcza stopień agregacji gleby, jest średnia ważona średnica agregatu (MWDg). W wielu badaniach potwierdzono powszechną opinię o korzystnym wpływie uproszczeń w uprawie roli na ten wskaźnik [Hajabbasi i Hemmat 2000, Álvaro-Fuentes i in. 2008, Šimanský i in. 2008, Daraghmeħ i in. 2009, Kasper i in. 2009, Waclawowicz i in. 2012]. Najwyższe wartości MWDg obserwowano po zrezygnowaniu z jesiennej uprawy oraz po zastosowaniu brony talerzowej. Zależności te odnotowano w obu terminach badań. Również Pagliai i in. [2004] testując różne sposoby uproszczeń w uprawie roli, stwierdzili, że po wykonaniu talerzowania średnia ważona średnica agregatu była większa niż po przeprowadzeniu orki. Autorzy dodają, że skutkiem polepszenia stopnia agregacji gleb było mniejsze zaskorupienie roli na poletkach uprawianych alternatywnymi do orki sposobami. Polowe zagospodarowanie liści buraczanych nie modyfikowało wskaźnika MWDg, udowodniono jednak, że na ogół korzystniejsze pod tym względem jest wprowadzenie resztek pozbiorowych buraka do gleby systemami bezorkowymi niż za pomocą pługa. Poprawę agregacji gleby pod wpływem nawożenia liśćmi stwierdzili Waclawowicz i in. [2012], natomiast

stosując międzyplony – Hermawan i Bomke [1997] oraz Wojciechowski [2009]. W badaniach Kordasa i Majchrowskiego [2001] nie wykazano zmian wskaźnika MWD_g po dostarczeniu do gleby zielonej biomasy. W opracowaniu Giemzy-Mikody i in. [2011] międzyplon z gorczycy białej przyczynił się natomiast do zmniejszenia średniej ważonej średnicy agregatów.

O rolniczej wartości struktury roli w znacznej mierze decyduje jej trwałość, zwłaszcza podatność na rozmywające działanie wody. Zrezygnowanie z uprawy płuźnej w znaczącym stopniu sprzyjało poprawie wodoodporności agregatów glebowych, co potwierdzono w obu terminach badań w każdej z badanych warstw. Zbieżny kierunek zmian w swoich doświadczeniach otrzymali również Alvaro-Fuentes i in. [2008], Daraghmeah i in. [2009], Kasper i in. [2009] oraz Waclawowicz i in. [2012]. Wodotrwałość agregatów glebowych zależała od wprowadzenia do gleby liści buraka cukrowego. Nawóz ten sprzyjał wzrostowi wskaźnika Wod o 1,3–2,0 pkt.%. Znacznie większy wpływ liści buraczanych na odporność agregatów na destrukcyjne działanie wody zaobserwowali Waclawowicz i in. [2012]. Autorzy porównywali jednak uprawę tradycyjną, w której nie stosowano nawożenia organicznego z uproszczoną lub zerową połączoną z nawożeniem płonem ubocznym buraka. Zwiększenie wodoodporności agregatów w badaniach własnych stwierdzono także w wyniku intensyfikacji nawożenia azotem, ale tylko jeśli je stosowano po uprzednim zebraniu liści z pola. Na pozytywną rolę nawożenia N wskazują również Parylak i Waclawowicz [2004] oraz Waclawowicz i Tendziagolska [2008]. Z kolei w pracy Giemzy-Mikody i in. [2011] obserwowano odwrotne zależności, a w opracowaniach Intrawecha i in. [1982], Dapaaha i Vyna [1998] oraz Wojciechowskiego [2009] nie wykazano oddziaływania tej formy nawożenia na trwałość struktury roli.

Właściwości chemiczne gleby były w niewielkim stopniu kształtowane pod wpływem uprawy roli, obecności liści buraczanych oraz nawożenia azotem. Zmiany stanu zakwaszenia gleby (pH) wynikały tylko ze zróżnicowanej uprawy roli, co obserwowano w czasie krzewienia pszenicy. Podobnie jak w badaniach Šimanský'ego i in. [2008] oraz Cudzik i in. [2011] uproszczenia w uprawie roli przyczyniły się podwyższenia wartości pH. Odmiennego zdania są Riley i Ekeberg [1998], Rasmussen [1999] oraz Idkowiak i Kordas [2004]. Rozbieżności te zdaniem Kraski i Pałysa [2004] wynikać mogą z rodzaju uproszczeń i gatunku uprawianej rośliny. Autorzy porównując system płuźny i bezorkowy, wykazali, że w uprawie jęczmienia jarego ograniczenie intensywności uprawy prowadzi do wzrostu wartości pH gleby, a w uprawie żyta do jej zmniejszenia. Nie potwierdzono spostrzeżeń Zimolki i in. [2001] o możliwości zakwaszenia gleby w wyniku polowego zagospodarowania liści buraczanych. W opracowaniu własnym, podobnie jak Kuldkeppa [1997] i Pokornego i in. [2001], wprowadzenie do gleby resztek pozbiorowych buraka nie oddziaływało na wartość pH gleby.

Pawlak [1985], Kuldkepp [1997] i Stępień [2000] utrzymują, że po dostarczeniu do gleby zielonej masy w formie liści buraka cukrowego zawartość próchnicy wzrasta. Zjawiska tego nie obserwowano w badaniach własnych oraz prowadzonych przez Teesalu i in. [2006]. Z kolei Pokorný i in. [2001] uważają, że resztki pozbiorowe buraka mogą przyczynić się do obniżenia zawartości węgla organicznego w glebie, co wynikać może z nie do końca poznanego, złożonego i trudnego do wyjaśnienia zjawiska „priming effect” [Fontaine i in. 2003]. Mechanizm ten polega na wzmożeniu procesu mineralizacji znajdującej się w glebie substancji organicznej w wyniku wzrostu aktywności mikrobiologicznej będącej efektem dostarczenia do gleby znacznych ilości świeżej masy tzw. nawozów zielonych. Łoginow [1985] dodaje, że nawet jeśli nawożenie organiczne nie wpłynie na zwiększenie zawartości próchnicy, to na pewno doprowadzi do poprawy właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. W realizowanym doświadczeniu nie wykazano również istotnych zmian koncentracji węgla organicznego

w glebie pod wpływem nawożenia azotem. Poglądy na ten temat są jednak rozbieżne. W wielu publikacjach odnotowano, że zastosowanie nawozów azotowych sprzyja wzrostowi substancji organicznej w glebie. Zależność ta zdaniem Łoginowa i in. [1988], Stępnia [2000] oraz Waclawowicza [2002a] może wynikać ze zwiększenia plonów, a tym samym większej ilości resztek poźniwnych pozostających po zbiorach i w konsekwencji prowadzić do wzmożenia procesu humifikacji. Taki kierunek zmian, nieudowodniony jednak statystycznie, obserwowano w prowadzonym doświadczeniu. Janowiak [1995] oraz Janowiak i Spychaj-Fabisiak [2006] stwierdziły natomiast, że intensyfikacja nawożenia azotem przyspiesza proces mineralizacji, czego skutkiem jest zmniejszenie zawartości węgla organicznego w glebie. Z kolei Teesalu i in. [2006] nie odnotowali wpływu nawożenia azotem na zawartość próchnicy w glebie.

Główną przyczynę zmian właściwości chemicznych gleby upatruje się w ilości i jakości resztek roślinnych wprowadzonych do gleby [Malicki 1997]. W badaniach własnych wraz z liśćmi dostarczono 189 kg N, 16 kg P i 211 kg K. W wyniku zagospodarowania zielonej masy istotnie wzrosła zawartość azotu ogólnego oznaczonego w terminie krzewienia pszenicy (o 4%) oraz potasu przyswajalnego określonego wiosną i latem (odpowiednio o 18 i 23%). Jeszcze większy wzrost azotu (o 10%) i potasu (o 98%) po przyoraniu słomy i liści buraczanych stwierdził Kuldkepp [1997]. W opinii Richtera i in. [1999] zwiększenie koncentracji P i K w glebie w znacznej mierze uzależnione jest od warunków klimatycznych. Autorzy podają, że w okresie wiosennym wzrost zawartości wynosi odpowiednio 30 i 16%, ale tylko w warunkach ciepłej i wilgotnej zimy, natomiast jeśli w tym okresie temperatura powietrza jest niska, to wzrost koncentracji tych składników w glebie może być znacznie ograniczony.

6.2. Zachwaszczenie łąnu

Uproszczenia w uprawie roli powodują z reguły zwiększenie zachwaszczenia, co utrudnia ocenę czynników wpływających na poziom plonowania uprawianych roślin [Dzienia i Dojss 1999]. Rezygnując z podstawowego narzędzia do uprawy przedzimowej, liczba chwastów określonych wiosną wzrosła o 36–50%. Jeszcze większe zachwaszczenie wyrażone masą chwastów określono pod koniec wegetacji rośliny uprawnej. Biomasa chwastów pszenicy zwiększyła się ponad 4-krotnie, jeśli orkę głęboką zastąpiono talerzowaniem. Frant i Bujak [2006] badając wpływ uproszczeń w uprawie roli na zachwaszczenie pszenicy jarej, stwierdzili, że zastosowanie kultywatorowania lub bronowania zamiast orki przedzimowej sprzyja wzrostowi liczby i masy chwastów średnio o 70 i 91%. Z kolei Kraska i Pałys [2006], którzy orkę przedzimową zastąpili głębosowaniem, obserwowali zwiększenie liczby chwastów o 56%, a powietrznie suchej masy ponad 2,5-krotnie. Pominięcie klasycznej uprawy płużnej przyczyniło się do wzrostu zachwaszczenia zbóż jarych również w eksperymentach prowadzonych przez Piekarczyka i Urbanowskiego [2001], Dzienie i in. [2003] oraz Giezmę-Mikodę i in. [2012]. Niejednoznaczne pozostają relacje pomiędzy dostarczeniem do gleby zielonej masy w formie międzyplonów a stopniem zachwaszczenia zbóż [Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 1988, Kwiatkowski 2004]. Brakuje natomiast opracowań wskazujących na bezpośredni wpływ wprowadzenia liści buraczanych do gleby na zachwaszczenie łąnu rośliny następczej. Wprawdzie Adamiak i Stępień [1998a], Waclawowicz i in. [2003] oraz Stępień [2004] obserwowali nie zawsze udowodnione statystycznie oddziaływanie liści buraczanych na ograniczenie zachwaszczenia pszenicy, ale dodatkowym nawozem stosowanym obok plonu ubocznego buraka były międzyplon i słoma jęczmienna. W badaniach własnych zastosowanie 40 t·ha⁻¹ liści

buraczanych przyczyniło się do zmniejszenia liczby chwastów o 19%, również masa chwastów uległa nieznacznej redukcji, nie udało się jednak potwierdzić tego matematycznie. Z kolei intensyfikacja nawożenia azotem sprzyjała systematycznemu zwiększeniu liczby chwastów w łanie pszenicy, ale tylko jeśli wcześniej liście buraczane zebrano z pola. W takich warunkach podwojenie najniższej dawki N ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) przyczyniło się do wzrostu liczby chwastów o 23%. Również powietrznie sucha masa w końcu wegetacji zboża zależała od nawożenia azotem pszenicy, którego intensyfikacja z 50 do $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ wpłynęła na przyrost biomasy roślin niepożądanych o 49%. Poglądy na temat oddziaływania nawożenia azotem na zachwaszczenie zawarte w przedmiotowej literaturze są rozbieżne. W badaniach Adamiak i Stępnia [1998a] zwiększenie dawki azotu w agrotechnice pszenicy jarej z 60 do $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ spowodowało wzrost masy chwastów o 30%. Podobny kierunek zmian zaobserwowali również Małecka i Różalski [1994] oraz Wojciechowski [2009]. Szymona [1993] wyjaśnia, że nawożenie azotem nie ogranicza zachwaszczenia, głównie z powodu kompensacji gatunków nitrofilnych. Redukcję występowania roślin towarzyszących uprawom zbożowym pod wpływem intensyfikacji nawożenia azotem udowodnili natomiast Podsiadło i Koszański [1995] oraz Waclawowicz i in. [2003, 2011]. Zdaniem Fuchsa i Schmidta [1993] związane jest to z polepszeniem konkurencyjności ładu. W opracowaniach Deryły [2009] i Giemzy-Mikody [2012] nie wykazano znaczącego wpływu nawożenia azotem na zmiany w zachwaszczeniu ładu.

6.3. Poziom plonowania

Połowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego sprzyjało istotnemu zwiększeniu plonowania pszenicy jarej średnio o 11%. Najkorzystniejszym sposobem ich wprowadzenia do gleby było pozostawienie na powierzchni pola mulczu i wiosenne wmięszanie liści z glebą za pomocą kultywatora – zależności tej nie potwierdzono jednak statystycznie. Podobny efekt nawożenia liśćmi buraczanymi uzyskali również inni badacze. Pawlak [1984, 1985] uprawiając pszenicę jarą po buraku cukrowym, zanotował, że zastosowanie plonu ubocznego przedplonu prowadzi do 10% wzrostu plonowania, przy czym wzrost ten uzależniony jest od sposobu wprowadzenia liści do gleby. Przyorując liście na głębokość 20 cm, plon pszenicy wzrósł o 8%, natomiast jeśli przed zastosowaniem orki liście zostały dodatkowo rozdrobnione i wymieszane z glebą glebogryzarką (10–15 cm), to plonowanie pszenicy jarej było o 13% wyższe niż po zrezygnowaniu z nawożenia organicznego. Autor wyjaśnia, że lepsze plonowanie zboża po równomiernym rozmieszczeniu w glebie wynika z odpowiedniego dostępu powietrza do rozkładającej się biomasy, a w efekcie korzystnego procesu jej mineralizacji. Davari [1971] uważa, że przyczyną różnicowania plonowania pszenicy jarej jest dawka zastosowanych liści. Po wymieszanu z glebą 35 ton zielonej masy na hektar plon ziarna badanego zboża wzrasta o 4,7%, a $65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ o 7,1%. O korzystnym wpływie plonu ubocznego buraka donoszą również Moraghan i Smith [1993]. Autorzy wprowadzając do gleby $7,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy liści za pomocą glebogryzarki, zanotowali zwiększenie plonowania pszenicy o 28%. Z kolei Stępień [2004] oraz Waclawowicz i in. [2005a] przyorując liście buraczane łącznie z międzyplonem i słomą na głębokość 25–30 cm, uzyskali tylko nieznaczny wzrost plonowania pszenicy jarej, czego nie udowodniono statystycznie. Dubetz i in. [1975] stwierdzili natomiast, że przyoranie liści (15 cm) nie wpływa na plonowanie pszenicy, autorzy sugerują, że znacznie korzystniej jest liście przeznaczyć na paszę dla zwierząt, niż zostawić na polu.

Jednym z celów polowego zagospodarowania liści buraczanych jest ograniczenie zużycia nawożenia mineralnego. Wykorzystanie w uprawie pszenicy liści buraka cukrowego umożliwiło redukcję dawek nawozów azotowych. Nieznacznie wyższy plon ziarna uzyskano po wprowadzeniu liści do gleby za pomocą orki płytkiej lub pozostawieniu ich na powierzchni pola w postaci mulczu i jednoczesnym zastosowaniu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ niż po użyciu wyłącznie nawożenia mineralnego, w tym azotem w dawce $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Davari [1971] wykazał, że plon pszenicy jarej nawożonej liśćmi buraka cukrowego był taki sam jak po aplikacji nawozu azotowego w wysokości $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($4,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Z kolei wymieszanie liści buraczanych z glebą przy równoczesnym nawożeniu azotem w dawce $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ spowodowało zwiększenie plonowania zboża o 3,0% w stosunku do określonego po zaaplikowaniu $75 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i zaniechaniu stosowania nawozu organicznego. Abshahi i in. [1984] stwierdzili, że po przyoraniu liści można uzyskać maksymalny plon pszenicy, jeśli zastosuje się $62 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast usuwając je z pola, dawkę N należy zwiększyć do $124 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W badaniach Kapura [1993] nad uprawą ryżu w Indiach zaobserwowano, że po wprowadzeniu liści buraka cukrowego do gleby masa ziarna tego zboża istotnie wzrasta wraz z intensyfikacją nawożenia azotem, ale tylko do $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, z kolei rezygnując z nawożenia liśćmi, udowodniony statystycznie wzrost plonowania ryżu notowano, zwiększając nawożenie N do $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Plon ziarna w obu systemach nawożenia był zbliżony i wynosił $6,2\text{--}6,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Według autora wartość nawozowa liści pod względem azotu równoważy $32\text{--}40 \text{ kg}$ mocznika. Jeszcze wyższą wartość liści buraczanych określili Moraghan i Smith [1993]. Autorzy stwierdzili, że wraz z wymieszaniem liści buraczanych z glebą ($7,9 \text{ t s.m.}\cdot\text{ha}^{-1}$) zawartość w niej azotu wzrasta o 299 kg , co może przyczynić się do uzyskania takiego samego plonu pszenicy jarej, jak po zastosowaniu 132 kg azotu mineralnego. Zimolka i in. [1999] wykazali, że nieco wyższy plon ziarna jęczmienia jarego można otrzymać po przyoraniu liści i zrezygnowaniu z nawożenia azotem niż po zebraniu pozostałości buraka i zasileniu zboża $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Richter i in. [1999] wyjaśniają, że taka zależność jest możliwa wyłącznie w warunkach łagodnej zimy, w czasie której mineralizacja liści przebiega bez zakłóceń. Stępień [2004] przyorując liście buraczane, międzyplon i słomę oraz nawożąc pszenicę jarą $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, uzyskał taki sam plon jak po zastosowaniu jedynie nawożenia mineralnego, w tym azotem w dawce $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zbliżony kierunek zmian obserwowali Waclawowicz i in. [2005a], nie udowodnili tego jednak statystycznie. Z kolei Kuldkepp [1997] rezygnując z nawożenia azotem, wykazał, że wprowadzenie do gleby liści buraka sprzyja wzrostowi masy ziarna pszenicy jarej o 22%. Autor ten stwierdził, że po zasileniu zboża $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – nawożenie organiczne nie miało wpływu na plonowanie rośliny uprawnej, natomiast jeśli pszenicę nawożono $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, zagospodarowanie liści buraczanych przyczyniło się do redukcji plonowania pszenicy o 13%. Kuldkepp [1997] niepowodzenie wprowadzenia do gleby plonu ubocznego buraka w warunkach zastosowania nawożenia azotem tłumaczy niesprzyjającymi warunkami pogody w czasie trwania eksperymentu, tj. podwyższoną temperaturą i ograniczonymi w stosunku do wielolecia (o 64%) opadami.

Długość okresu oddziaływania liści buraka, podobnie jak w przypadku obornika, nie ogranicza się do jednego roku, lecz przenosi się również na kolejne lata. Już na początku lat siedemdziesiątych Davari [1971] stwierdził, że w pierwszym roku po zastosowaniu liści buraczanych ($50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) dostępne jest dla roślin $25\text{--}40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w drugim $20\text{--}30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast w trzecim roku nie obserwowano znaczącego ich wpływu na zawartość azotu w glebie. Autor dodaje, że wykorzystanie tego pierwiastka w latach uzależnione jest jednak w dużej mierze od sposobu ich wymieszania z glebą. W badaniach własnych wykazano korzystny następczy wpływ liści buraka cukrowego na plonowanie jęczmienia jarego w doświadczeniu

wazonowym. Masa ziarna zwiększyła się średnio o 6%, jeśli dwa lata wcześniej wprowadzono do gleby plon uboczny buraka. Plon ziarna jęczmienia w znaczącym stopniu uzależniony był jednak od sposobu zagospodarowania liści. Jeśli liście buraczane przyorano pod przedplon zięblą głęboką, to jęczmień wytworzył o 14% więcej ziarna niż po ich wprowadzeniu do gleby orką płytką. Prawdopodobną przyczyną przyrostu masy ziarna po głębokim umieszczeniu w glebie substancji organicznej było spowolnienie mineralizacji wywołane ograniczonym dostępem tlenu do liści w pierwszym roku po ich zastosowaniu, a w konsekwencji większą dostępnością składników pokarmowych pochodzących z nawozu organicznego w drugim roku po ich wprowadzeniu do gleby. Na korzystne następcze działanie liści buraczanych wskazuje również Pawlak [1985]. Plon owsa wzrósł o 25%, jeśli liście przyorano pod przedplon na głębokość 20 cm, natomiast gdy przed orką wymieszano je z glebą za pomocą glebogryzarki, to zanotowano wyższą masę ziarna na poziomie 19%. Autor ten badał również reakcję roślin uprawnych w trzecim roku po połowym zagospodarowaniu liści. Plon korzeni buraka wprawdzie wzrósł o 4–6%, ale zależności tej nie udowodniono statystycznie. O plonotwórczym wpływie resztek pozbiorowych buraka w kolejnych latach po zastosowaniu donosi również Kuldkkepp [1997].

Plon ziarna najczęściej jest wypadkową liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie i masy tysiąca ziaren [Fotyma i Pietrasz-Kęsik 1993, Podolska i in. 2002, Waclawowicz 2002b, Kołodziejczyk i in. 2009]. W prowadzonym doświadczeniu plonowanie pszenicy uzależnione było głównie od cech kłosa. Nawożenie organiczne i sposób zagospodarowania liści buraczanych modyfikowały liczbę i masę ziaren z kłosa. Pawlak [1985] w uprawie pszenicy, a Cerkal [2003] jęczmienia zaobserwowali, że wprowadzenie do gleby liści sprzyja zwiększeniu tych parametrów. Z kolei Liszewski i Chrzanowska-Drożdż [1995] oraz Koutná i in. [2003] nie stwierdzili zmian w strukturze plonu po przyoraniu plonu ubocznego buraka. Nawóz ten w opinii Cerkala [2003] dzięki dużej zawartości potasu, pierwiastka stymulującego rozkrzewienie zbóż, wpływa także na wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni. Zimolka i in. [2001] przestrzegają, że może to doprowadzić do wylegania roślin. Zależności tej nie potwierdzono w badaniach własnych, a Davari [1971] zanotował zmniejszenie krzewistości i obsady kłosów pszenicy po zagospodarowaniu liści buraczanych. W prowadzonym eksperymencie udowodniono natomiast korzystny wpływ nawozu organicznego na masę tysiąca ziaren. Szczególnie wyraźne oddziaływanie liści na ten parametr wykazano po zastosowaniu mulczu. Z kolei Kraska [2011b] po pozostawieniu międzyplonów na powierzchni pola na zimę w postaci mulczu nie obserwował zmian w dorodności ziarna. Na wzrost MTZ pod wpływem liści buraka wskazuje Pawlak [1985], autor zależność tę zanotował głównie w warunkach ograniczonego nawożenia azotem. Adamiak i Stępień [1998b] oraz Waclawowicz i in. [2005a] stwierdzili natomiast, że przyoranie międzyplonu ścierniskowego, słomy i liści buraka cukrowego powoduje niewielkie zmniejszenie MTZ pszenicy jarej, szczególnie jeśli dodatkowo zastosowano 120 lub 150 kg N·ha⁻¹. Z kolei czescy badacze [Hrubý i in. 2000 oraz Cerkal 2003] nie obserwowali oddziaływania resztek pozbiorowych buraka na ten parametr. Rozbieżności te mogą być wynikiem odmiennych warunków klimatycznych głównie w okresie nalewania ziarna. Kołodziejczyk i in. [2007] twierdzą, że w znacznym stopniu na masę 1000 ziaren wpływa ilość opadów. W badaniach własnych ściślejszą zależność plonowania pszenicy od MTZ udowodniono po wymieszaniu liści z glebą ($r = 0,794$), niż rezygnując z nawożenia organicznego ($r = 0,592$). Istotną korelację pomiędzy plonem a dorodnością ziarna odnotowali także Kulig i in. [2010], Cerkal [2003] oraz Gandecki i Waclawowicz [2006].

Udział elementów plonowania w procesie kształtowania plonu ziarna pszenicy zależał w znacznym stopniu od obecności w glebie liści buraczanych oraz sposobu ich wprowadzenia do gleby. Zwiększenie plonu głównego pszenicy po zastosowaniu liści wynikało przede wszystkim z podwyższonej liczby ziaren z kłosa i w nieco mniejszym stopniu masy tysiąca ziaren. W badaniach Rudnickiego [2000] stwierdzono, że największy udział w tworzeniu plonu jęczmienia jarego nawożonego różnymi międzyplonami ścierniskowymi miała na ogół liczba ziaren z kłosa, natomiast Tendziagolska [2007] badając pszenżyto ozime, a Wilczewski [2011] pszenicę jarą, donoszą, że ten element zmianowania, wykorzystywany jako nawóz zielony, wpływa głównie na poprawę plonowania poprzez wzrost obsady kłosów. Autorzy ci jednomyślnie stwierdzają, że wkład masy tysiąca ziaren w przyrost plonu jest ujemny. Analiza indywidualnego wpływu badanych elementów plonowania wykazała, że jeśli liście przyorano głęboko, to największy wkład w zwyczaję plonu miała obsada kłosów, natomiast po ich płytkim wprowadzeniu do gleby za pomocą pługa, brony talerzowej lub kultywatora – liczba ziaren z kłosa. Najmniejszy wkład w różnicowanie plonu po głębokim lub płytkim przyoraniu liści miała masa tysiąca ziaren. Świadczyć to może o lepszej dostępności składników pokarmowych zawartych w liściach buraka we wcześniejszych fazach rozwojowych pszenicy jarej niż w czasie wykształcania i nalewania ziarna. Dodatkowo, zwiększona liczba ziaren z kłosa po płytkim przyoraniu liści buraczanych mogła wzmoczyć efekt deficytu składników pokarmowych (głównie azotu) dla rozwijającego się ziarna, w związku z czym w takich warunkach dorodność ziarna nie miała większego wkładu w różnicowanie plonu.

Współczesne techniki pomiarowe pozwalają na prognozowanie plonu roślin. Szybką i bezinwazyjną ocenę dynamiki wzrostu i akumulacji biomasy można uzyskać poprzez pomiar wskaźnika powierzchni liściowej (LAI). Związek ten wykazano w prowadzonym doświadczeniu. Zagospodarowując liście buraczane, określono istotną korelację pomiędzy plonem ziarna a indeksem LAI ($r = 0,836$). Nieco wyższą zależność ($r = 0,91$) zanotowali Agenbag i Maree [1991]. Udowodniono także, że zastosowanie plonu ubocznego buraka przyczynia się do zwiększenia powierzchni asymilacyjnej liści średnio o 8%. Podobny kierunek i skalę zmian (9%) stwierdzili Szafrąński i Kulig [2005] po wprowadzeniu do gleby międzyplonu ścierniskowego z rzodkwi olejowej. W badaniach autorów, podobnie jak we własnych, sposób wymieszania biomasy roślinnej z glebą nie różnicował istotnie wskaźnika LAI. Wykazano natomiast, że uproszczenie przedzimowej uprawy roli poprzez spłylenie orki, zastąpienie jej talerzowaniem, a nawet zrezygnowanie z jesiennej uprawy roli sprzyja wzrostowi powierzchni asymilacyjnej pszenicy średnio o 5%. Odmiennego zdania są Agenbag i Maree [1991] oraz Kulig i in. [2010], którzy porównywali system orkowy z płytkim spulchnieniem roli oraz z uprawą zerową. Podwyższeniu indeksu LAI służyła także intensyfikacja nawożenia azotem, co potwierdzają również Biskupski i in. [2004] oraz Szafrąński i Kulig [2005]. Szmigiel [1995] dowodzi natomiast, że powierzchnia asymilacyjna liści wzrasta, ale tylko w warunkach zwiększania nawożenia azotem pszenicy do $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, dalsza intensyfikacja przyczynia się do zmniejszenia indeksu LAI.

Ziarno pszenicy charakteryzuje się dużą zmiennością cech jakościowych. Obok uwarunkowań genetycznych oraz warunków glebowo-klimatycznych [Wesołowski i in. 2005, Podolska 2007] duży wpływ na wartość technologiczną mają czynniki agrotechniczne, szczególnie nawożenie [Małecka i Blecharczyk 2004, Sułek i in. 2006, Kraska 2010, Kołodziejczyk i in. 2012b]. Wielkość plonu nie zawsze jest uzależniona od intensyfikacji nawożenia azotem, podczas gdy poprawę parametrów jakościowych wymaganych przez przemysł młynarski i piekarski można uzyskać wyłącznie po zastosowaniu na ogół wyższego, odpowiednio dobranego

i aplikowanego nawożenia [Rachoń 1999, Podolska 2008]. Wpływ azotu mineralnego na parametry technologiczne ziarna jest dobrze poznany i udokumentowany w literaturze [Achremowicz i in. 1993, Mazurek i in. 1999, López-Bellido i in. 2001, Ralcewicz i Knapowski 2004, Guttieri i in. 2005, Gil i in. 2008, Narkiewicz-Jodko i in. 2008, Sułek i Podolska 2008, Buczek i in. 2011]. Wyniki badań na ogół jednoznacznie wskazują na znaczące, korzystne oddziaływanie intensyfikacji nawożenia azotem na kompleks białkowy ziarna pszenicy jarej, głównie na zawartość białka i glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego, co udowodniono również w badaniach własnych. Rzadziej spotyka się doniesienia na temat wpływu nawozów organicznych pochodzenia roślinnego lub ich współdziałania z nawozami azotowymi na parametry technologiczne ziarna. Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego sprzyjało zwiększeniu zawartości białka w pszenicy o 3,6%, natomiast w jęczmieniu (uprawianym dwa lata po zastosowaniu liści) o 5,3%. Na korzystne oddziaływanie liści na jakość pszenicy wskazuje również Przybył [1994], który uzyskał o 25% wyższy plon białka po zagospodarowaniu liści niż po ich usunięciu z pola. Podobny kierunek zmian wykazali Dubetz i in. [1975], Pawlak [1985] oraz Moraghan i Smith [1994b]. **Czescy badacze [Koutná i in. 2003] uprawiając jęczmień browarny, odnotowali natomiast, że po wymieszaniu liści z glebą w 3. dekadzie października zawartość białka w ziarnie wzrasta o 0,1 pkt.%, natomiast przyorując je miesiąc później – aż o 0,9 pkt.%, co nie jest korzystne w przypadku zboża przeznaczonego do przemysłu piwowarskiego. Autorzy dodają, że w warunkach mroźnej zimy i suchej wiosny mineralizacja azotu z liści może zostać przesunięta na późne fazy rozwojowe zboża, co negatywnie wpływa na uzyskanie plonu o pożądanych parametrach. W przeciwieństwie do liści buraka wprowadzenie do gleby międzyplonów nie oddziałuje w sposób jednoznaczny na zawartość białka w ziarnie pszenicy. Nawóz ten może przyczynić się do obniżenia koncentracji tego składnika w plonie głównym pszenicy, o czym informują Gil i in. [2008] albo powodować niewielkie jej zwiększenie, co stwierdzili Szafrński i in. [2004]. W prowadzonym doświadczeniu uprawa roli nie różnicowała zawartości białka w ziarnie pszenicy. Natomiast Kraska [2010] rezygnując z uprawy przedzimowej pod pszenicę jarą na rzecz wiosennego talerzowania połączonego z wprowadzeniem do gleby międzyplonu, wykazał wzrost koncentracji białka. Również Małecka i Blecharczyk [2004] uzyskali większą zawartość tego składnika po uproszczeniu uprawy roli. Odwrotne zależności zanotował Woźniak [2009].**

Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego wpłynęło na poprawę kompleksu białkowego mąki, wyrażonego podwyższeniem zawartości glutenu mokrego (o 2,3 pkt.%) oraz wzrostem zdolności pęcznienia zawiesiny mąki (o 4,5%). W literaturze naukowej brakuje doniesień dotyczących oddziaływania liści buraczanych na te wskaźniki. Gil i in. [2008] oraz Wojciechowski [2009] badając wpływ międzyplonów z gorczycy oraz mieszanki strączkowo-zbożowej, nie udowodnili zmian w jakości i ilości glutenu mokrego oraz wartości testu sedymentacji.

Parametrem wskazującym na jakość glutenu jest jego rozplywalność. Zazwyczaj wraz ze zwiększaniem dawki azotu obserwuje się jej wzrost, którego skala uzależniona jest od odmiany pszenicy [Ralcewicz i Knapowski 2004, Mazurkiewicz i Bojarczyk 2004, Podolska 2007]. Sułek i in. [2002] dodają, że przebieg pogody oddziałuje w większym stopniu na zdolność glutenu do deformacji niż dawka i sposób stosowania azotu. W przeprowadzonym doświadczeniu nie wykazano wpływu badanych czynników na rozplywalność glutenu. O przydatności ziarna pszenicy do przemiału decyduje jego gęstość w stanie zsypanym. Dorodność i wykształcenie plonu głównego pszenicy były zadowalające, co wskazuje na dobry rozwój bielma, a w konsekwencji na dużą wydajność mąki. Niewielkie, ale istotne zwiększenie gęstości usy-

powej odnotowano po wymieszaniu liści z glebą. Nawóz ten także w opinii Hruby'ego i in. [2000] sprzyja wzrostowi tego parametru. Kraska [2010] donosi natomiast o niekorzystnym oddziaływaniu międzyplonów ścierniskowych. Narkiewicz-Jodko i in. [2008] udowodnili, że wyższą gęstością w stanie zsylnym charakteryzowało się ziarno pszenicy uprawianej po międzyplonie z mieszanki zbożowo-strączkowej niż z gorczycy. Wykształcenie ziarna poprawiało się wraz ze wzrostem nawożenia azotem, co potwierdził także Ellmann [2011]. Brak takiej zależności wykazała Podolska [2007]. Z kolei pogorszenie parametrów gęstości odnotowali López-Bellido i in. [2001], Guttieri in. [2005], oraz Cacak-Pietrzak i in. [2011]. Chrzanowska-Drożdż i in. [2004] uważają, że dorodność ziarna może być uwarunkowana sposobem stosowania nawozów azotowych. Korzystniejsze pod tym względem są nawozy doglebowe niż dolistne.

Cechą determinującą jakość ziarna jest również szklistość. Wartość technologiczna pszenic szklitych jest wyższa niż mączystych głównie ze względu na zwiększoną ilość białek glutenowych. Szklistość uzależniona jest przede wszystkim od właściwości odmianowych. Związana jest z ułożeniem ziaren skrobiowych w komórkach bielma [Achremowicz i in. 1993]. Cacak-Pietrzak i in. [2011] oraz Ellmann [2011] zaobserwowali, że każde zwiększenie dawki azotu wpływa na istotny wzrost szklistości. Również w badaniach własnych stwierdzono taki kierunek zmian. Nie odnotowano natomiast znaczącego oddziaływania liści buraczanych na tę cechę. Po ich wprowadzeniu do gleby za pomocą brony talerzowej szklistość zmniejszyła się jednak w niewielkim stopniu w porównaniu z wykazaną w warunkach tej samej uprawy roli, ale po zrezygnowaniu z nawożenia organicznego.

Przydatność przechowalnicza ziarna określana jest poziomem enzymów amylolitycznych w plonie głównym, która jest wyrażona liczbą opadania. Zarówno zastosowane nawożenie organiczne, jak i mineralne azotem przyczyniło się do zmniejszenia aktywności alfa-amylazy. Również Kraska [2010] wprowadzając do gleby mulcz, dostrzegł jej obniżenie, natomiast Narkiewicz-Jodko i in. [2008] przyorując międzyplon z gorczycy – zwiększenie. Chrzanowska-Drożdż i in. [1999] oraz Podolska [2008] stwierdzili, że wysokie dawki azotu mogą powodować wzrost liczby opadania. Z kolei Sułek i in. [2006] nie obserwowały istotnych zależności pomiędzy nawożeniem a aktywnością enzymów amylolitycznych. Zdaniem autorek liczba opadania jest cechą odmianową, na którą duży wpływ mają warunki pogodowe, głównie ilość opadów w okresie dojrzwania.

Bezpośrednim wskaźnikiem jakościowym, określającym wartość wypiekową ziarna pszenicy, jest objętość chleba z wypieku próbnego. Zagospodarowując liście buraczane, objętość pieczywa wzrosła o 2,7%. Związku takiego po przyoraniu międzyplonów nie odnotował Wojciechowski [2009]. W badaniach Ralcewicz i Knapowskiego [2004] oraz Kocoń [2005] wykazano, że zwiększeniu objętości chleba sprzyja intensyfikacja nawożenia azotem. Z kolei Achremowicz i in. [1993] nie stwierdzili istotnych zmian badanego parametru po zastosowaniu 50, 100 lub 150 kg N·ha⁻¹. W przeprowadzonym doświadczeniu zaaplikowanie najwyższej z badanych dawek azotu przyczyniło się do wzrostu objętości pieczywa, ale tylko po wcześniejszym zastosowaniu brony talerzowej. Odwrotną relację obserwowano w warunkach uprawy tradycyjnej.

7. WNIOSKI

Na podstawie trzyletnich badań polowych i dwuletnich wazonowych przeprowadzonych w warunkach Niżu Dolnośląskiego nad wpływem polowego zagospodarowania liści buraczanych na warunki siedliskowe oraz plonowanie pszenicy i jęczmienia można sformułować następujące wnioski:

1. Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego przyczyniło się do zwiększenia plonowania pszenicy jarej średnio o 10,8%. Sposób wprowadzenia zielonej biomasy do gleby nie różnicował istotnie plonu ziarna, choć pozostawienie liści buraczanych na powierzchni pola na okres jesienno-zimowy w postaci mulczu sprzyjało jego wzrostowi o 10,3% w stosunku do określonego po przyoraniu ich orką głęboką. Przyrost plonu był wynikiem zwiększonej liczby i masy ziaren z kłosa, masy tysiąca ziaren i liczby kłosów.
2. Sposoby uprawy roli różnicowały plonowanie pszenicy jarej. Zrezygnowanie z jesiennej uprawy, w porównaniu z uprawą tradycyjną, spowodowało wzrost plonu o 6,5% dzięki zwiększeniu powierzchni asymilacyjnej tego zboża, krzewienia się roślin, liczby i masy ziaren z kłosa oraz wydłużenia źdźbeł i kłosów. Również intensyfikacja nawożenia azotem wpłynęła na polepszenie dorodności ziarna i wzrost liczby źdźbeł, a w efekcie doprowadziła do istotnej zwyżki plonu.
3. Związek pomiędzy plonem ziarna pszenicy jarej a cechami plonotwórczymi był uzależniony od obecności liści buraczanych. Jeśli ich nie stosowano, wielkość plonu ziarna była istotnie skorelowana tylko z cechami kłosa, głównie z masą ziarna, w nieco mniejszym stopniu z liczbą ziaren z kłosa oraz masą tysiąca ziaren. Po polowym zagospodarowaniu liści buraka, oprócz na ogół jeszcze silniejszej zależności plonu od cech kłosa, dodatkowo wykazano ścisły związek masy ziarna z indeksem powierzchni liści (LAI), wysokością roślin oraz długością kłosa głównego.
4. Wykorzystanie w uprawie pszenicy liści buraka cukrowego wskazuje na możliwość ograniczenia dawek nawozów azotowych. Świadczy o tym wyższy plon ziarna uzyskany po płytkim przyoraniu liści lub pozostawieniu ich na powierzchni pola w postaci mulczu i jednoczesnym zastosowaniu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ niż po przeprowadzeniu tych samych sposobów uprawy, ale po użyciu wyłącznie nawożenia mineralnego, w tym azotem w dawce $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.
5. Zagospodarowanie liści buraka cukrowego wpłynęło na poprawę efektywności rolniczej i fizjologicznej nawożenia N, szczególnie jeśli stosowano uprawy bezorkowe, a nawożenie azotem zwiększono z 50 do $75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dostarczenie do gleby liści sprzyjało również pobraniu azotu z plonem ziarna i słomy, ale przyczyniło się do zmniejszenia wskaźnika efektywności wykorzystania azotu głównie po głębokim przyoraniu liści.

6. Analiza ekonomiczna wykazała, że nadwyżka bezpośrednia wzrosła o 12%, a dochód rolniczy o 16%, gdy wprowadzono do gleby liście buraczane. Najkorzystniejszym sposobem zagospodarowania nawozu organicznego było pozostawienie liści na polu w postaci mulczu. W takich warunkach badane wskaźniki wzrosły odpowiednio o 11 i 18% w porównaniu ze stwierdzonymi po głębokim przyoraniu liści.
7. Zawartość azotu w ziarnie i słomie oraz potasu w słomie pszenicy jarej zwiększała się po wymieszaniu z glebą liści buraczanych oraz intensyfikacji nawożenia azotem. Badane czynniki nie miały większego wpływu na zawartość fosforu w plonie głównym i ubocznym pszenicy.
8. Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego wpłynęło na poprawę kompleksu białkowego mąki, wyrażonego podwyższoną zawartością białka (o 0,5 pkt.%), glutenu mokrą (o 2,3 pkt.%) oraz wzrostem wskaźnika sedymentacji (o 4,5%). Taki sam kierunek zmian odnotowano, zwiększając nawożenie azotem. Uprawa roli nie miała wpływu na zmiany parametrów technologicznych ziarna.
9. Po wymieszaniu liści z glebą, a także intensyfikując nawożenie azotem, wykazano istotne zwiększenie gęstości usypowej oraz zmniejszenie aktywności amylolitycznej ziarna. Dodatkowo każda kolejna dawka azotu wpływała na wzrost szklistości ziarna. Zagospodarowując liście buraczane, stwierdzono zwiększenie objętości pieczywa o 2,7%.
10. Zrezygnowanie z uprawy płużnej przyczyniło się do wzrostu liczby chwastów w fazie krzewienia oraz ich masy w czasie zbioru pszenicy. Wymieszanie z glebą liści buraczanych sprzyjało istotnemu ograniczeniu obecności chwastów. Z kolei nawożenie azotem na ogół wpływało na zwiększenie zachwaszczenia ładu pszenicy jarej.
11. Po pozostawieniu na zimę liści w formie mulczu zanotowano większą wilgotność gleby w warstwie 5–10 cm niż po głębokim ich przyoraniu. W głębszych warstwach najkorzystniej na uwilgotnienie wpłynęło płytkie przyoranie liści. Do zmniejszenia gęstości gleby i zwiększenia jej porowatości w warstwie 10–15 cm przyczyniło się umieszczenie liści w glebie za pomocą orki płytkiej, a w warstwie 20–25 cm – orki głębokiej.
12. Zagospodarowanie liści buraka przyczyniło się do wzrostu odporności agregatów na rozmywające działanie wody. W warstwie 10–20 cm najwyższe wartości wskaźnika Wod zanotowano na poletkach, na których plon uboczny buraka pozostawiono w postaci mulczu, natomiast w warstwie 20–30 cm po jego głębokim przyoraniu. Uproszczenia w uprawie roli na ogół sprzyjały zwiększeniu średniej ważonej średnicy agregatów glebowych i wskaźnika ich wodoodporności.
13. Polowe wykorzystanie liści buraka cukrowego przyczyniło się do zwiększenia zawartości w glebie azotu ogólnego oraz potasu przyswajalnego. Nawóz organiczny nie miał natomiast wpływu na wartość pH gleby, zawartość węgla organicznego oraz fosforu przyswajalnego. Uproszczenia w uprawie roli sprzyjały wzrostowi wartości pH gleby, ale tylko w początkowym okresie wegetacji pszenicy.
14. W doświadczeniu wazonowym wykazano korzystny, następczy wpływ liści buraka cukrowego na plonowanie jęczmienia jarego. Masa ziarna zwiększyła się średnio o 6%, jeśli dwa lata wcześniej dostarczono do gleby nawóz organiczny. Była ona w znaczącym stopniu uzależniona od sposobu zagospodarowania liści. Po głębokim ich przyoraniu pod przedplon uzyskano o 14% więcej ziarna jęczmienia niż po wprowadzeniu liści do gleby orką płytką.

8. PIŚMIENNICTWO

- Abshahi A., Hills F.J., Broadbent F.E., 1984. Nitrogen utilization by wheat from residual sugarbeet fertilizer and soil incorporated sugarbeet tops. *Agron. J.*, 76, 954–958.
- 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., Styk B., 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy ozimej i jarej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 110, 1–2, 149–157.
- Adamiak E., Stępień A., 1998a. Wpływ sposobów nawożenia na kształtowanie się zachwaszczenia pszenicy jarej i jęczmienia ozimego. *Rocz. Akad. Rol. Pozn.*, 307, Rol. 52, cz. 1, 59–65.
- Adamiak J., Kurowski T.P., Stępień A., 2000. Wpływ sposobów nawożenia na rozwój chorób pszenicy jarej i jęczmienia ozimego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 211, Agric., 84, 13–18.
- Adamiak J., Stępień A., 1998b. Reakcja pszenicy jarej na nawożenie ekologiczne. *Rocz. Akad. Rol. Pozn.*, 307, Rol. 52, cz. 1, 51–58.
- Agenbag G.A., Maree P.C.J., 1991. Effect of tillage on some soil properties, plant development and yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in stony soil. *Soil Till. Res.*, 21, 97–112.
- Alvarez R., Díaz R., Barbero N., Santanatoglia O.J., Blotta L., 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage system. *Soil Till. Res.*, 33, 17–28.
- Álvaro-Fuentes J., Arrúe J.L., Cantero-Martínez C., López M.V., 2008. Aggregate breakdown during tillage in a Mediterranean loamy soil. *Soil Till. Res.*, 101, 62–68.
- Arshad M.A., Gill K.S., Coy G.R., 1994. Wheat yield and weed population as influenced by three tillage systems on a clay soil in temperate continental climate. *Soil Till. Res.*, 28, 227–238.
- Augustyńska-Grzymek I., 2000. Metody liczenia nadwyżki bezpośrednio i zasady typologii gospodarstw rolniczych. FAPA, Warszawa.
- Badiyala D., Verma S., 1990. Effect of supplemental sources and fertilizer nitrogen on physico-chemical properties of acid soils of Himachal Pradesh. *Indian J. Agron.*, 35, 144–149.
- Barabasz W., Albińska D., Jaśkowska M., Lipiec J., 2002. Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms. *Pol. J. Environ. Stud.*, 11 (3), 193–198.
- Beck T., Brandhuber R., Pommer G., 1994. Fruchtfolgewirkung unterschiedlicher Blattfrüchte in einem langjährigen Daueranbau mit Winterweizen. Einflüsse auf Bodenstruktur, Gehalte an organischer Substanz und bodenmikrobielle Aktivität. *Agriobiol. Res.*, 47 (1), 67–74.
- Beeri O., Philips R., Carson P., Liebig M., 2005. Alternate satellite models for estimation of sugar beet residue nitrogen credit. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 107, 21–35.

- Behle-Schalk L., Honermeier B., 2000. Ertragsreaktionen von Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Rauischholzhausen, Deutschland. Bericht der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Union (IUSS). UFZ-Bericht Leipzig-Halle, 15, 47–52.
- Białczyk W., Cudzik A., Koryło S., 2008. Ocena uproszczeń uprawowych w aspekcie ich energo- i czasochłonności oraz plonowania roślin. *Inż. Rol.*, 4, 75–80.
- Białczyk W., Czarnecki J., Kordas L., Pieczarka K. 2000. Zmiany niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych gleby w różnych technologiach uprawy. *Inż. Rol.*, 6, 47–54.
- Bielińska E.J., Mocek-Płóćiniak A., 2012. Wpływ systemu uprawy na aktywność enzymatyczną gleby. *Arch. Environ. Prot.*, 38 (1), 75–82.
- Bischoff R., 1990. Nährstoffentzüge einer 3-feldrigen Fruchtfolge mit differenzierter organischer Düngung bei steigenden Stickstoffgaben. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Reihe Kongressberichte. Kongressband 1989, Bayreuth 30, 531–536.
- Bischoff R., 2000. Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Spyer-Deutschland. Bericht der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS). UFZ-Bericht Leipzig-Halle, 15, 53–63.
- 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, Sec. E*, 59 (2), 649–654.
- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J., 2007. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźniki architektury ładu oraz plon odmian pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 24 (2), 25–32.
- Biskupski A., Włodek S., Pabin J., 2009. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli na wybrane wskaźniki architektury ładu i plonowanie roślin. *Fragm. Agron.*, 26 (4), 7–13.
- Blecharczyk A., Małecka I., Pudełko J., 2005. Reakcja roślin na monokulturę w wieloletnim doświadczeniu w Brodach. *Fragm. Agron.*, 22 (2), 20–29.
- Blecharczyk A., Małecka I., Sierpowski J., 2007. Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 24 (1), 7–13.
- Blecharczyk A., Skrzypczak G., Małecka I., Piechota T., 1999. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli na właściwości fizyczne gleby oraz plonowanie pszenicy ozimej i grochu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 195, *Agric.* 74, 171–179.
- Bly A.G., Woodard H.J., 2003. Nitrogen management. *Agron. J.*, 95, 335–338.
- Boguslawski E., 1995. Das Zusammenwirken der mineralischen Düngung mit verschiedenen Formen der organischen Düngung. *J. Agron. Crop Sci.*, 174, 41–51.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B., 2002. Wysokość i jakość plonów niektórych odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotowego. *Ann. UMCS, Sec. E.*, 57, 99–103.
- Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Jarecki W., 2011. Plon i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Fragm. Agron.*, 28 (4), 7–15.
- Bujak K., Frant M., 2005. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i poziomu nawożenia mineralnego na zapas wody i niektóre fizyczne właściwości gleby w płodozmianie. *Acta Agrophys.*, 6 (2), 333–342.

- Buraczyńska D., 2005. Kształtowanie się zawartości suchej masy i makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego. *Ann. UMCS, Sec. E*, 60, 19–31.
- Cacak-Pietrzak G., Gondek E., Sułek A., Sułek A., 2011. Wpływ wzrastających dawek azotu na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 558, 21–32.
- Caesar-TonThat T.C., Lartey R.T., Shelver W.L., 2007. Enzyme-linked immunosorbent assay for *Cercospora beticola* in soil. *J. Sugar Beet Res.*, 44, 51–70.
- Çarman K., 1997. Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia. *Soil Till. Res.*, 40, 201–207.
- Cerkal R., 2003. Vliv zaořávký chrástu cukrovky a jiných pěstitelských opatření na strukturu výnosu a vybrané kvalitativní ukazatele zrna jarního ječmene. *Doktorská dizertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno.*
- Cerkal R., Zimolka J., Hřivna L., 2001. Using plough down of sugar beet tops to affect the production parameters of spring barley in a maize-growing region. *Rostl. Výr.*, 47 (7), 319–325.
- Christensen N.W., Brett M., 1985. Chloride and liming effects on soil nitrogen form and take-all of wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 77, 157–163.
- Chrzanowska-Drożdż B., Gil Z., Liszewski M., Malarz W., 2004. Wysokość i jakość plonu ziarna pszenicy ozimej w zależności od dawki i sposobu nawożenia azotem. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 233, 29–38.
- Chrzanowska-Drożdż B., Jasińska Z., Gil Z., 1999. Ocena jakościowa ziarna pszenicy jarej w siewach czystych i mieszaninach odmian. *Pam. Puł.*, 118, 67–75.
- Ciesielska A., Rzeźnicki B., 2007. Wpływ siewu bezpośredniego na plonowanie i zmiany zachwaszczenia pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 24 (1), 25–32.
- Cudzik A., Białczyk W., Czarnecki J., Brennenstul M., Kaus A., 2011. Analiza wybranych właściwości gleby w różnych technologiach uprawy. *Inż. Rol.*, 4, 33–40.
- Cwojdzński W., Majcherczak E., 1996. Wpływ 20-letniego nawożenia mineralnego i organicznego na wielkość plonu i niektóre właściwości gleby. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Szczec.*, 172, Rol. 62, 77–84.
- Cwojdzński W., Nowak K., 2000. Wpływ nawożenia na wybrane właściwości gleby w statycznym doświadczeniu nawozowym. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 211, Agric. 84, 69–74.
- Czyż E., Deuter A., Dębowska H., Stanek-Tarkowska J., 2009. Wpływ uproszczonej uprawy konserwującej na kształtowanie właściwości fizycznych gleby pyłowej w regionie Podkarpacia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 543, 57–68.
- Dapaah H.K., Vyn T.J., 1998. Nitrogen fertilization and cover crop effects on soil structural stability and corn performance. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29, 2557–2569.
- Daraghmeh O.A., Jansen J.R., Petersem C.T., 2009. Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a sandy loam. *Geoderma*, 150, 64–71.
- Darusman L.R., Stone D.A., Janssen K.A., Long H.J., 1991. Soil properties after twenty years of fertilization with different nitrogen sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55, 1097–1100.
- Davari H., 1971. Die Rübenblattddüngung unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffwirkung und der Stickstoffbilanz. *Dissertation, Universität Gießen.*
- 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. *Eur. J. Agron.*, 9, 11–20.

- Deryło S., 2009, Wpływ sposobu pielęgnacji i nawożenia azotem na zachwaszczenie łanu pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Ann. UMCS, Sec. E, 64 (4), 62–70.
- Deryło S., Pawłowski F., 1992. Wpływ poplonu ścierniskowego na zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w płodozmianach o różnym udziale zbóż. Ann. UMCS, Sec. E, 47, 7–12.
- Destain J.P., François E., Guiot J., 1990. Fertilizer nitrogen budgets of ^{15}N -labelled sugarbeet (*Beta vulgaris*) tops and $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ dressings split-applied to winter wheat (*Triticum aestivum*) in microplots on a loam soil. Plant Soil, 124, 257–259.
- Domżał H., Pranagal J., 1994. Wodoodporność agregatów glebowych jako wskaźnik degradacji gleb wywołanej użytkowaniem rolniczym. Fragm. Agron., 11 (3), 22–33.
- Doran, J.W., 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 765–771.
- Dresler S., Bednarek W., Tkaczyk P., 2011. Wpływ rodzaju uprawy, nawożenia azotem i zróżnicowanego nawożenia organicznego na zawartość azotu azotanowego w glebach wschodniej Polski. J. Cent. Eur. Agric., 12 (2), 367–379.
- Dubetz S., Kozub G.C., Dormaar J.F., 1975. Effects of fertilizer, barnyard manure, and crop residues on irrigated crop yields and soil chemical properties. Can. J. Soil Sci., 55, 481–490.
- Duer I., 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. Fragm. Agron., 13 (1), 29–43.
- Duer I., Fotyma M., Madej A., 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. FAPA, Warszawa.
- Dzienia S., Boligłowa E., 1993. Rola mulczowania w podnoszeniu żyzności i urodzajności gleby. Post. Nauk Rol., 1, 107–111.
- Dzienia S., Dojss D., 1999. Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy ozimej. Fol. Univ. Agric. Stetin., 195, Agric., 74, 185–190.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczaka J., 1995. Wpływ roślin mulczujących na wybrane właściwości fizyczne gleby po zastosowaniu siewu bezpośredniego bobiku. Mat. Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”. Szczecin-Barzkowice, 12 czerwca 1995, 57–61.
- Dzienia S., Sosnowski A., 1990. Uproszczenia w podstawowej uprawie roli a wysokość nakładów energii. Fragm. Agron., 7 (3), 71–78.
- Dzienia S., Wrzesińska E., Wereszczaka J., 2003. Wpływ systemów uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 490, 67–71.
- Dzienia S., Zimny L., Weber R., 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. Fragm. Agron., 23 (2), 227–241.
- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 314, 11–33.
- Ellmann T., 2011. Effect of intensity of agricultural techniques and grain storage on technological quality of winter wheat. Part I. Quality traits of grain and flour. Acta Sci. Pol., Agricultura, 10 (3), 27–36.
- Faltyn U., Kordas L., 2009. Wpływ różnych systemów uprawy roli oraz zróżnicowanego nawożenia fosforowo-potasowego na zdrowotność pszenicy jarej. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 49 (1), 393–396.
- Fiszler A., Dworecki Z., Kaźmierczak P., Morkowski A., 2006. Analiza porównawcza tradycyjnej i bezorkowej uprawy pszenicy ozimej. J. Res. Applic. Agric. Engin., 51 (3), 23–25.
- Fontaine S., Mariotti A., Abbadie L., 2003. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? Soil Biol. Biochem., 35, 837–843.

- Forstreuter T., 1999. Bodenfruchtbarkeitskennwerte und Kulturpflanzenenertrag in zwei Bodennutzungssystemen. Dissertation, Universität Göttingen.
- Fotyma E., 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.*, 14 (1), 46–66.
- Fotyma E., 1999. Pobranie i wykorzystanie azotu przez pszenicę ozimą i jara. *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 E., Bezdusznik D., 2000. Wykorzystanie testu NNI i testu SPAD do oceny stanu odżywienia zbóż azotem. *Nawozy Nawoz./Fertilizers Fertil.*, 4 (5), 78–90.
- Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G., 1993. Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 10 (4), 103–104.
- Francis G.S., Bartley K.M., Tabley F.T., 1998. The effect of winter cover crop management on nitrate leaching losses and crop growth. *J. Agric. Sci.*, 131, 299–308.
- Frant M., Bujak K., 2006. Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomów nawożenia mineralnego na zachwaszczenie pszenicy jarej. *Acta Agrophys.*, 8 (2), 327–336.
- Frant M., Bujak K., 2007. Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomów nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 24 (1), 49–57.
- Franzen D.W., 2004. Delineating nitrogen management zones in a sugarbeet rotation using remote sensing – a review. *J. Sugar Beet Res.*, 41, 47–60.
- Fuchs W., Schmidt S., 1993. Die Verunkräutung von Winterweizen und Sommergerste in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Düngung. *Kühn-Arch.*, 87, 1, 23–30.
- Gandecki R., Waclawowicz R., 2006. Ocena działania następczego nawożenia organicznego i azotu mineralnego na plonowanie jęczmienia ozimego. *Pam. Puł.*, 142, 93–106.
- Gawęda D., Kwiatkowski C.A., 2012. Plonowanie pszenicy jarej uprawianej w krótkotrwałej monokulturze w zależności od międzyplonu i sposobu odchwaszczania. *Ann. UMCS, Sec. E*, 67 (2), 50–58.
- Gawrońska-Kulesza A., Lenart S., Suwara I., 1992. Rola wieloletniego nawożenia w utrzymaniu zasobów substancji organicznej w glebie. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne“*. AR Szczecin, 8–9 września 1992, 2, 20–24.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59 (2), 713–720.
- Giemza-Mikoda M., Waclawowicz R., Zimny L., Malak D., 2011. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego i wzrastających dawek azotu na wskaźniki struktury roli. *Fragm. Agron.*, 28 (3), 16–25.
- Giemza-Mikoda M., Zimny L., Waclawowicz R., 2012. Wpływ systemów uprawy na zachwaszczenie jęczmienia jarego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 52 (2), 1283–1286.
- Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Wojciechowski W., Spychaj R., 2008. Wpływ międzyplonu i nawożenia azotem na wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 25 (1), 134–144.
- Głąb T., Kulig B., 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). *Soil Till. Res.*, 99, 169–178.
- Głowacki G., Kierzek R., Banaszak H., Bubniewicz P., 2006. Zastosowanie mechanicznych i chemicznych metod oraz roślin okrywowych i mulczu w ograniczaniu zachwaszczenia. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 46 (1), 25–32.

- Gondek K., Zajac T., 2003. Skład frakcyjny próchnicy czarnoziemiu zdegradowanego w zależności od gatunku przyoranych roślin poplonowych. *Acta Agrar. Silv., ser. Agr.*, 41, 3–12.
- Goodling M.J., Smith G.P., 1998. The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimize wheat quality [in:] *Short Communications, Fifth ESA Congress, Nitra, Slovakia, 28 June – 2 July*, 229–230.
- Górski D., Piszczek J., 2008. Wpływ skracania płodozmianu na zdrowotność roślin oraz plon i jakość korzeni buraków cukrowych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 48 (4), 1417–1420.
- Grandy A.S., Robertson G.P., Thelen K.D., 2006. Do productivity and environmental trade-offs justify periodically cultivating no-till cropping systems? *Agron. J.*, 98, 1377–1383.
- Griffith D., Lorencowicz E., 2006. Nakłady energii i robocizny w zależności od systemu uprawy gleby. *Inż. Rol.*, 13, 127–132.
- Grzebisz W., 1988. Wpływ uprawy roślin w monokulturze na trwałość struktury gleby. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 107, 3, 53–65.
- Guiot J., Grevy L., Calvet R., 1990. Changes in nitrate content of the soil profile under a sugar beet, winter wheat and winter barley rotation. *Int. Symp. „Nitrates-Agriculture-Water”*. Paris, La Defenese, 7–8 November 1990, 417–423.
- Gutmański I., Nowakowski M., 1992. Wpływ współdziałania poplonu ścierniskowego z mineralnym nawożeniem azotem na plony i jakość buraka cukrowego. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne”*. AR Szczecin, 8–9 września 1992, 1, 223–228.
- 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.
- Hajabbasi M.A., Hemmat A., 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in clay-loam soil in central Iran. *Soil Till. Res.*, 56, 205–212.
- Hartwig N.L., Ammon H.U., 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Sci.*, 50, 688–699.
- Haynes R.J., Naidu R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 51, 123–137.
- Hege U., Krauss M., 2000. Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Puch, Deutschland. Bericht der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS). *UFZ-Bericht Leipzig-Halle*, 15, 37–45.
- Hembry J.K., Davies J.S., 1994. Using mulches for weed control and preventing leaching of nitrogen fertilizer. *Acta Hort.*, 371, 311–316.
- Hermawan B., Bomke A.A., 1997. Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. *Soil Till. Res.* 44, 109–120.
- Hernanz J.L., López R., Navarrete L., Sánchez-Girón V., 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semi-arid central Spain. *Soil Till. Res.*, 66, 129–141.
- Holland J., 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecosys. Environ.*, 103, 1–25.
- Hrubý J., Badalíková B., Prokeš J., 2000. Vliv zapraveného chrástu cukrovky v různých systémech zpracování půdy na výnosy a jakost jarního ječmene. Jačmeň, výroba a zhodnotenie. *Zborník z odborného seminára so zahraničnou účasťou, Nitra, 1 marca 2000*, 64–68.

- Idkowiak M., Kordas L., 2004. Zmiany właściwości chemicznych i biologicznych gleby w wyniku stosowania uproszczeń w uprawie roli i zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 21 (3), 40–48.
- Intrawech A., Stone L.R., Ellis R., Whitney D.A., 1982. Influence of fertilizer nitrogen source on soil physical and chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46, 832–836.
- Jabłoński K., 1993. Rzędowe nawożenie pod ziemniaki. *Ziemn. Pol.*, 1, 16–20.
- Janowiak J., 1995. Wpływ nawożenia obornikiem z dodatkiem słomy i zróżnicowanych dawek azotu na właściwości materii organicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 421a, 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., Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Knapowski T., 2002. Kształtowanie właściwości materii organicznej i kwasów huminowych pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 484, 219–224.
- Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., 2006. Próchnicotwórcza rola słomy przyorywanej bez obornika i razem z obornikiem na tle zróżnicowanego nawożenia azotem na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 512, 201–207.
- 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., 2004. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na zachwaszczenie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej w zmianowaniu. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3 (1), 91–97.
- Jaskulska I., Gałęzewski L., 2009. Aktualna rola międzyplonów w produkcji roślinnej i środowisku. *Fragm. Agron.*, 26 (3), 48–57.
- Jaskulski D., 2004. Wpływ wsiewek międzyplonu na produktywność ogniwa jęczmień jary – pszenica ozima. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3 (2), 143–150.
- 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., Agricultura*, 3 (2), 151–163.
- Kalembasa S., Kalembasa D., Symanowicz B., Wiśniewska B., Pieńkowska B., 2001. Zawartość potasu i magnezu w nawozach i materiałach organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 480, 77–83.
- Kapur M.L., 1993. Sugar beet as green manure for rice. *Int. Rice Res. Notes*, 18, 1–12.
- Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Żmijewski M., Czubaszek A., 2001. Ocena technologiczna ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 27 (2), 68–77.
- Kasper M., Buchan G.D., Mentler A., Blum W.E.H., 2009. Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N in different aggregate fractions. *Soil Till. Res.*, 105, 192–199.
- Kęsik T., 2005. Współczesne systemy uprawy roli. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 515, Rol. 86, 231–241.
- Kęsik T., Konopiński M., Błazewicz-Woźniak M., 2006. Wpływ uprawy przedzimowej i mulczu z roślin okrywających na retencję wody, zagęszczenie i porowatość dyferencyjną gleby po przezimowaniu. *Acta Agrophys.*, 7 (4), 135, 915–926.

- Klikocka H., Głowacka A., Juszcak D., 2011. Wpływ zróżnicowanych sposobów uprawy roli i nawożenia mineralnego na efekty ekonomiczne uprawy jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 28 (2), 44–54.
- Kocoń A., 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.*, 139, 55–64.
- Köhn W., Ellmer F., Peschke H., Chmielewski F.M., Erkul O., 2000. Dauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahlem Deutschland. Bericht der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS). *UFZ-Bericht Leipzig-Halle*, 15, 23–31.
- Köhn W., Limberg P., 1996. Der Internationale Organische Stickstoff-dauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahlem nach drei Rotationen. *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.*, 40, 75–96.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kulig B., 2009. Plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu agrotechniki. *Fragm. Agron.*, 26 (3), 58–67.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kulig B., 2012a. Plonowanie pszenicy jarej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem oraz stosowania mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 29 (1), 60–69.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Oleksy A., 2007. Wpływ intensywności uprawy na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 6 (4), 5–14.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Oleksy A., 2012b. Wpływ nawożenia azotem oraz mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby na zawartość białka i wybrane cechy fizyczne ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 29 (2), 68–76.
- Konopiński M., Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M., 2001. Wpływ mulczowania międzyplonowymi roślinami okrywowymi i uprawy zerowej na kształtowanie wilgotności i zagęszczenia gleby. *Acta Agrophys.*, 45, 105–116.
- Kopecký M., 1983. Vliv některých intenzifikačních faktorů na výnos a jakost jarního ječmene Opál, Karát a Zefír. *Rostl. Výr.*, 29 (9), 973–984.
- Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., 2008. Uproszczone systemy uprawy a występowanie sprawców chorób. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 48 (4), 1431–1438.
- Kordas L., 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 386, Rozpr. 171.
- Kordas L., 2005. Energy and economic effects of reduced tillage in crop rotation. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4 (1), 51–59.
- Kordas L., 2009. Efektywność ekonomiczna różnych systemów uprawy roli w uprawie pszenicy ozimej po sobie. *Fragm. Agron.*, 26 (1), 42–48.
- Kordas L., Majchrowski P., 2001. Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głęboszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 415, Rol. 80, 145–152.
- Koszański Z., Kaczmarczyk S., Podsiadło C., 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenicę i pszenżyto ozime uprawiane na glebie kompleksu żytńskiego dobrego. Cz. 3. Gospodarka wodna oraz chemiczne właściwości gleby. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Szczec.*, 165, Rol. 59, 51–56.
- Koutná K., Cerkal R., Zimolka J., 2003. Modification of crop management and its influence on the structure of yield and quality of spring barley grain. *Plant Soil Environ.*, 49 (10), 457–465.

- Kozłowska-Ptaszyńska Z., 1991. Struktura i architektura łań pszenicy jarej w zależności od technologii uprawy. IUNG Puławy, R (288), 13–33.
- Kraska P., 2005. Wpływ zróżnicowanej agrotechniki na plon i wybrane cechy jakościowe ziarna jęczmienia jarego i żyta ozimego. Pam. Puł., 139, 75–85.
- Kraska P., 2010. Jakość ziarna pszenicy jarej uprawianej w monokulturze w zależności od konserwujących wariantów uprawy roli oraz międzyplonów. Biul. IHAR, 256, 55–71.
- Kraska P., 2011a. Effect of conservation tillage and catch crops on some chemical properties of rendzina soil. Acta Sci. Pol., Agricultura, 10 (3), 77–92.
- Kraska P., 2011b. Konserwująca uprawa roli oraz międzyplony jako czynniki kształtujące plon ziarna pszenicy jarej odmiany Zebra uprawianej w monokulturze. Ann. UMCS, Sec. E, 66 (1), 8–23.
- Kraska P., 2012. Effect of tillage system and catch crop on weed infestation of spring wheat stands. Acta Sci. Pol., Agricultura, 11 (2), 27–43.
- Kraska P., Pałys E., 2004. Wpływ zróżnicowanych zabiegów agrotechnicznych na niektóre właściwości warstwy ornej gleby lekkiej. Acta Agrophys., 4 (2), 351–359.
- Kraska P., Pałys E., 2006. Zachwaszczenie łań jęczmienia jarego w warunkach zróżnicowanych systemów uprawy roli oraz poziomów nawożenia i ochrony. Acta Agrobot., 59 (2), 323–333.
- Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyński J., 2011. Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. Polish J. Agron., 7, 43–58.
- Kruczyńska H., Berthold S., Ponikiewska T. 1984. Levels of Ca, P, Mg, Na and K in dairy cows fed rations with different amounts of sugar beet-tops. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 257, 37–47.
- Kruczyńska H., Nowak W., 1989. Żywnienie krów wysokomlecznych. Przegl. Hod., 15, 21–24.
- Kucińska K., Artyszak A., 1997. Optymalizacja produkcji roślinnej przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym i mineralnym azotem w płodozmianie trójpolowym w warunkach Polski Centralnej. Bibl. Fragm. Agron., 3, 129–134.
- Kuldkepp P., 1997. Wirkung und Wechselwirkung unterschiedlicher mineralischer und organischer N-Düngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften im IOSDV Tartu (Estland) nach 6 Jahren. Arch. Acker- Pfl. Boden., 42, 21–32.
- Kulig B., Lepiarczyk A., Oleksy A., Kołodziejczyk M., 2010. The effect of tillage system and forecrop on the yield and values of LAI and SPAD indices of spring wheat. Europ. J. Agron., 33, 43–51.
- Kulig B., Oleksy A., Zając T., 2009. Wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej. Fragm. Agron., 26 (4), 81–94.
- Kuś J., Gonet Z., 1989. Wpływ udziału roślin okopowych na produktywność zmianowań i żyzność gleby. Pam. Puł., 95, 125–143.
- Kuś J., Jończyk K., 1999. Wpływ międzyplonu 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., Nawrocki S., 1998. Współczesne rozwiązania w agrotechnice przeciwerozyjnej. Bibl. Fragm. Agron., 4B, 273–283.
- Kwiatkowski C., 2004. Wpływ międzyplonu na plonowanie i zachwaszczenie jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze. Ann. UMCS, Sec. E, 59 (2), 809–815.

- Kwiatkowski T., Preś J., 1984. Kliniczne następstwa niewłaściwego skarmiania kiszzonek w żywieniu bydła. *Med. Wet.*, 10, 596–600.
- Lenart S., 1999. Materia organiczna gleby a wodoodporność agregatów glebowych w warunkach wieloletniego nawożenia i zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465, 289–301.
- Lenart S., 2002. Studia nad wodoodpornością agregatów glebowych w różnych systemach uprawy roli i roślin. Wyd. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Lenart S., Sławiński P., 2010. Wybrane właściwości gleby oraz występowanie dżdżownic w warunkach siewu bezpośredniego i płużnej uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 27 (4), 86–93.
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępnik K., 2006. Wpływ uproszczeń uprawy roli na plonowanie oraz kształtowanie wskaźnika powierzchni liści (LAI) jęczmienia jarego i bobiku. *Fragm. Agron.*, 23 (2), 251–260.
- Lepiarczyk A., Stępnik K., Szyłak A., 2007. Wpływ systemów uprawy roli na niektóre właściwości fizyczne gleby pod wybranymi roślinami. *Fragm. Agron.*, 24 (1), 157–163.
- Liebig M.A., Varvel G.E., Doran J.W., Wienhold B.J., 2002. Crop sequence and nitrogen fertilization effects on soil properties in the Western Corn Belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 596–601.
- Liszewski M., Chrzanowska-Drożdż B., 1995. Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od przedplonu i nawożenia mineralnego. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 262, Rol., 63, 93–100.
- López-Bellido L., López-Bellido R.J., Castillo J.E., López-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.
- Lorène P., Jeuffroy M-H., 2007. Replacing the nitrogen nutrition index by the chlorophyll meter to assess wheat N status. *Agron. Sustain. Dev.*, 27, 321–330.
- Lošakov V., Ivanova S., Kidin V., Askhabov R., 1988. Vlijanije požniwnogo zelenogo udobrenija i solomy na ispolzowanije azota ammiacznoj selitry zernofurażnymi kulturami. *Agrochimija*, 1, 8–13.
- Łabza T., 1995. Zawartość węgla organicznego w glebie lessowej w warunkach gospodarki płodozmiennnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 421a, 261–266.
- Łoginow W., 1985. Nowoczesne podstawy nawożenia organicznego. *Post. Nauk Rol.*, 6, 25–37.
- 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“*. AR Szczecin, 13–15 września 1988, 1, 19–28.
- Maciejewski T., Pudelko J., Paluszkievicz-Flak H., 2008. Wpływ czynników siedliskowych i agrotechnicznych na zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 48 (4), 1453–1457.
- Maćkowiak W., 1980. Wpływ głębokiej orki na plony w płodozmianie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 100, 45–56.
- Malicki L., 1997. Znaczenie resztek poźniwnych w płodozmianie. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.*, 536, *Agricultura* 64, 57–66.
- Małecka I., Bleharczyk A., 2004. Wpływ systemów uprawy roli na jakość ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 135, 181–187.

- Małecka I., Blecharczyk A., 2005. Efektywność nawożenia azotem w różnych systemach uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 22 (1), 503–511.
- Małecka I., Blecharczyk A., Dobrzeński T., 2006. Zachwaszczenie zbóż ozimych w zależności od systemu uprawy roli. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, (43) 2, 253–255.
- Małecka I., Blecharczyk A., Dobrzeński T., 2009. Produkcyjne i środowiskowe skutki wieloletniego stosowania systemów bezorkowych w uprawie grochu siewnego. *Fragm. Agron.*, 26 (3), 118–127.
- Małecka I., Blecharczyk A., Pudełko J., 2004. Możliwości uproszczeń w uprawie roli pod jęczmień jary. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3 (2), 89–96.
- Małecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z., 2003. Zachwaszczenie jęczmienia jarego w zależności od systemów uprawy roli i roślin mulczujących. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 490, 163–169.
- Małecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z., Piechota T., Waniorek B., 2012. Plonowanie zbóż w zależności od sposobów uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 29 (1), 114–123.
- Małecka I., Różalski K., 1994. Zachwaszczenie pszenicy ozimej w zmianowaniach z różnym udziałem zbóż w warunkach deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Zesz. Nauk. Akad. Techn.-Rol. Bydg.* 187, Rol., 35, 97–101.
- Marks M., 1998. Studium nad racjonalizacją uprawy gleb ciężkich. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.*, 572, Rozpr. Monogr., 5.
- Mazur T., 1999. Rolnicze i ekologiczne znaczenie nawożenia organicznego i mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467, 151–157.
- Mazur T., Ciećko Z., 2000. Nawożenie organiczne w zintegrowanym rolnictwie. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 211, Agric., 84, 285–288.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupczyński Z., 1999. Plonowanie i jakość plonu pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 118, 257–261.
- Mazurek J., Kuś J., 1991. Wpływ nawożenia azotem, terminu i ilości wysiewu na plonowanie pszenicy jarej uprawianej po różnych przedplonach i na różnych glebach. *Cz. 2. Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 177, 137–143.
- Mazurkiewicz J., Bojarczyk M., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na jakość technologiczną odmian pszenicy ozimej uprawianych w monokulturze. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59 (4), 1621–1629.
- McConkey B.G., Campbell C.A., Zentner R.P., Dyck F.B., Selles F., 1996. Long-term tillage effects on spring wheat production on three soil textures in the Brown soil zone. *Can. J. Plant Sci.*, 76 (4), 747–756.
- Mercik S., Stępień W., Lenart S. 2000. Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym – w doświadczeniu wieloletnim. *Cz. 1. Właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleb. Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 211, Agric., 84, 311–316.
- Miziniak W., 2009. Wpływ rodzaju mulczu i długości płodozmianu na stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego uprawianego w dwu- i czteroletniej rotacji. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 49 (4), 2052–2057.
- Moraghan J.T., 1985. Potassium nutrition of sugar beets [in:] Potassium in agriculture. *Am. Soc. Agron., Madison*, 1063–1076.
- Moraghan J.T., 1998. Sugar beet canopy type and accumulation of plant nitrogen as delineated by aerial photography and global positioning systems. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29, 2953–2959.

- Moraghan J.T., Ananth S., 1985. Return of sugarbeet tops and the accumulation of certain chemical constituents in soil. *J. Am. Soc. Sugarbeet Tech.*, 23 (1–2), 72–79.
- Moraghan J.T., Smith L.J., 1993. Influence of sugarbeet tops on growth of a subsequent wheat crop. *Sugarbeet Research and Extension Reports*, 24, 262–272.
- Moraghan J.T., Smith L.J., 1994a. Early season release of inorganic nitrogen from sugarbeet tops. *Sugarbeet Research and Extension Reports*, 25, 209–214.
- Moraghan J.T., Smith L.J., 1994b. Influence of sugarbeet tops on growth of wheat in 1994. *Sugarbeet Research and Extension Reports*, 25, 199–208.
- Moraghan J.T., Smith L.J., 1996. Nitrogen in sugarbeet tops and the growth of a subsequent wheat crop. *Agron. J.*, 88 (4), 521–526.
- Mysków W., 1984. Rolnicze znaczenie próchnicy oraz sposoby regulowania jej ilości w glebie. *IUNG Puławy*, S (36).
- 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), 251–584.
- Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L., 2004. Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 135, 199–211.
- Nowakowska H., Szymczak-Nowak J., Wąsacz E., 2002. Porażenie liści wybranych odmian buraka cukrowego przez grzyby pasożytnicze. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 42 (2), 917–919.
- Nowicki J., Orzech K., 2002. Wpływ zróżnicowanej uprawy gleby średniej na niektóre jej właściwości fizyczne. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 116, 1–4, 143–156.
- Nyangani E.T., 2010. Effect of combined application of organic manure and chemical fertilizers on soil properties and crop yields: a review. *Nigerian J. Sci. Tech. Environ. Educ.*, 3 (1), 28–32.
- 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.
- Olfs H-W., Blankenau K., Brentrup F., Jasper J., Link A., Lammel J., 2005. Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168, 414–434.
- Olsson R., Bramstorp A., 1994. Fate of nitrogen from sugar-beet tops. *International Institute for Beet Research 57th winter congress, Bruxelles (Belgium)*, 16–17 February 1994, 189–212.
- Orzech K., Nowicki J., Marks M., 2003. Wpływ różnych sposobów uprawy gleby średniej na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Nauk Rol.*, 491, 171–177.
- Orzech K., Rychcik B., Stępień A. 2011. Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 28 (2), 63–70.
- Pabin J., Biskupski A., Włodek S., 2003. Produkcyjne i środowiskowe skutki uprawy uproszczonej i zerowej oraz sposobów zagospodarowania słomy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 493, 447–453.
- 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.
- Pagliai M., Vignozzi N., Pellegrini S., 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.*, 79, 131–143.

- Paluszek J., 1994. Wpływ erozji wodnej na strukturę i wodoodporność agregatów gleb płowych wytworzonych z lessu. *Rocz. Glebozn.*, 45, 3–4, 21–31.
- Parylak D., 1996. Wpływ przyorywanego międzyplonu ścierniskowego na niektóre właściwości gleby i plonowanie pszenżyta ozimego w krótkotrwałej monokulturze. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 300, Rol. 67, 197–207.
- Parylak D., Waclawowicz R., 2004. Wpływ nawożenia organicznego w trzecim roku po zastosowaniu oraz dawek azotu na wskaźniki struktury gleby średniej. *Rocz. Glebozn.*, 15, 1, 193–201.
- Patel M., Gami R., Patel P., 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.
- Pawlak J., 1984. Einfluss von Rübenblatt-Düngung auf Ertragsleistung und Bodenproduktivität. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne” AR Szczecin*, 4–6 września 1984, 1, 241–251.
- Pawlak J., 1985. Wirkung der organischen Düngung (Stroh-Gründüngung und Rübenblattdüngung) auf Pflanzenertrag und Bodenproduktivität. *Dissertation, Universität Gießen*.
- Pecio A., 2005. Zróżnicowanie zawartości białka w ziarnie odmian jęczmienia browarnego zależnie od stanu odżywienia roślin azotem. *Pam. Puł.*, 139, 145–160.
- Piekarczyk M., Urbanowski S., 2001. Możliwość uproszczeń w uprawie pod zboża jare na glebie lekkiej. *Zesz. Nauk. Akad. Techn.-Rol. Bydg.*, 236, Rol., 47, 73–78.
- Pimlott A., 1991. Some practical aspects of sugar beet tops silage. *British Sugar Beet Review*, 59 (3) 36–38.
- Płaskowska E., Matkowski K., Moszczyńska E., Kordas L., 2002. Badania zdrowotności pszenicy jarej w uprawie tradycyjnej i siewie bezpośrednim przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 445, Rol., 84, 215–220.
- Płaskowska E., Puszczyk W., 2010. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zdrowotność liści pszenicy jarej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 50 (2), 955–958.
- Płaza A., Ceglarek F., 2007. Rola międzyplonów w regulacji zachwaszczenia pszenżyta ozimego uprawianego w drugim roku po ich zastosowaniu. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 47 (3), 238–241.
- Podgórska-Lesiak M., Sobkowicz P., Lejman A., 2011. Dynamika pobierania i wykorzystanie azotu w mieszankach jęczmienia jarego z grochem siewnym. *Fragm. Agron.*, 28 (3), 100–111.
- Podkówka W., 1982. Liście buraków cukrowych w żywieniu zwierząt. *Post. Nauk Rol.*, 1–2, 35–54.
- Podolska G., 2007. Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. *Studia i Raporty, IUNG-PIB*, 9, 55–64.
- Podolska G., 2008. Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7 (1), 57–65.
- Podolska G., 2009. Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. *Biul. IHAR*, 253, 83–91.
- Podolska G., Sułek A., Stankowski S., 2002. Obsada kłosów – podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 1 (2), 5–14.
- Podsiadło C., Koszański Z., 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na zachwaszczenie pszenicy jarej. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Szczec.*, 165, Rol. 59, 99–103.

- Podsiadłowski S., 1995. Rola uprawy mechanicznej w stymulacji procesu erozji eolicznej gleb lekkich. Rocz. Akad. Rol. Pozn., Rozpr. Nauk., 246.
- Pokorný E., Stráalková R., Podešvová J., 2001. Ovlivnění vlastností půdního prostředí pod porosty jarního ječmene zaořávkou chrástu cukrovky. Ječmenářská ročenka, 164–171.
- Pranagal J., 2007. Oddziaływanie uproszczonych systemów uprawy roli na właściwości retencyjne gleby płowej wytworzonej z lessu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 520, 675–683.
- Příkopa M., Richter R., Zimolka J., Cerkal R., 2005. The influence of the year, fore-crops and fertilisation on yield and content of crude protein in spring barley. Plant Soil Environ., 51 (3), 144–150.
- Provazník K., Richter R., 2004. Vliv zapraveného řepného chrástu a různých dávek minerálního dusíkatého hnojiva na obsah minerálního dusíku v půdě. Bull. Odboru agrochem., půdy a výživy rostlin, 12 (4), 20–30.
- Provazník K., Richter R., Zimolka J., 2000. Ploughing in sugar beet tops and the effect on the content of mineral nitrogen in the soil during spring barley cultivation. Rostl. Výr., 46 (10), 443–449.
- Przybył J., 1994. Porównanie technologii zbioru buraków cukrowych w aspekcie sposobu wykorzystania liści. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 416, 125–130.
- Pudełko J., Wright D.L., Wiatrak P., 1994. Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych AP. Post. Nauk Rol., 1, 153–162.
- Puła J., Łabza T., 2004. Wpływ nawożenia organicznego na zawartość składników mineralnych w warstwie ornej gleby lekkiej. Ann. UMCS, Sec. 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.
- Rabikowska B., Piszcz U., 2005. Oddziaływanie nawożenia obornikiem i azotem na bilans potasu w doświadczeniu wieloletnim. Fragm. Agron., 22 (1), 225–237.
- Rachoń L., 1999. Plonowanie i jakość pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) nawożonej różnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puł., 118, 349–355.
- Radomski C., 1987. Agrometeorologia. PWN, Warszawa.
- Ralcewicz M., Knapowski T., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i wartość technologiczną pszenicy jarej. Ann. UMCS, Sec. E, 54 (2), 969–978.
- Rasmussen K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. Soil Till. Res., 53, 3–14.
- Richter R., Bezděk V., 1999. Požadavky jarního ječmene na agrochemické vlastnosti půdy. Ječmenářská ročenka, 123–129.
- Richter R., Zimolka J., Provazník K., 1999. Nutritional soil regime for spring barley after ploughing-in tops. Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí. Plant nutrition, quality of production and processing. Brno, 29–30 June 1999, 64–67.
- Riley H., Ekeberg E., 1998. Effects of depth and time of ploughing on yields of spring cereals and potatoes and on soil properties of a morainic loam soil. Acta Agric. Scand., Sec. B. Soil Plant Sci., 48, 193–200.
- Rudnicki F., 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. Fragm. Agron., 17 (3), 53–65.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R., 1999. Aktywność biologiczna gleby w różnych systemach uprawy roli. Fol. Univ. Agric. Stetin., 195, Agricultura, 74, 59–63.

- Šařec P., Šařec O., Gil K., 2008. Wpływ pozostałych na powierzchni pola resztek poźniwnych na przygotowanie gleby pod zasiew jęczmienia słodowego. *Inż. Rol.*, 5, 323–331.
- Schäufele W.R., Wevers J.D.A., 1996. Possible contribution of tolerant and partly resistant sugar beet varieties to the control of the foliar disease *Cercospora beticola*. Proc. 59th IIRB Congress, Cambridge, 1–3 July 1997.
- Sienkiewicz J., 1984. Intensywność uprawy roli i nawożenia a plony zbóż w zmianowaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 305, 193–200.
- Sienkiewicz S., Krzebietke S., Panak H., Czapla J., 2005. Plony jęczmienia jarego i pszenicy jarej w zależności od nawożenia w wieloletnim doświadczeniu polowym. *Fragm. Agron.*, 22 (1), 244–253.
- Sienkiewicz S., Krzebietke S., Wojnowska T., 2004. Fizykochemiczne właściwości gleby w warunkach wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego i mineralnego. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59 (1), 407–413.
- Sienkiewicz S., Panak H., Wojnowska T., 1999. Wpływ wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego na poziom żyzności i produktywności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467, 207–213.
- Šimanský V., Tobiašová E., Chlupík J., 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. *Soil Till. Res.*, 100, 125–132.
- Sims A.L., Moraghan J.T., Smith L.J., 2002. Spring wheat response to fertilizer nitrogen following a sugar beet crop varying in canopy color. *Precision Agriculture*, 3, 283–295.
- Singh B., Singh Y., Ladha J.K., Bronson K.F., Balasubramanian V., Singh J., Hind. C.S., 2002. Chlorophyll meter-and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in Northwestern India. *Agron. J.*, 94, 821–829.
- 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.
- Smagacz J., 2006. Ocena produkcyjno-ekonomiczna różnych systemów uprawy roli. *Probl. Inż. Rol.*, 14 (1), 55–62.
- Songin W., 1988. Nawożenie organiczne a ochrona środowiska. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne“*. AR Szczecin, 13–15 września 1988, 1, 156–160.
- Songin W., 1998. Międzyplony w rolnictwie proekologicznym. *Post. Nauk Rol.*, 2, 43–51.
- Souchere V., King C., Dubreuil N., Lecomte-Morel V., Le Bissonnais Y., Chalat M., 2003. Grassland and crop trends: Role of the European Union Common Agricultural Policy and consequences for runoff and soil erosion. *Environ. Sci. Pol.*, 6, 7–16.
- Sowiński J., 2004. Wpływ sposobu uprawy i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej przeznaczonej na kiszonkę i ziarno. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 490, Rozpr., 216.
- Sowiński J., Nowak W., Gospodarczyk F., 1995. Wartość nawozowa wybranych poplonów ścierniskowych na tle obornika dla buraka cukrowego. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc.*, 262, Rol. 63, 9–20.
- Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J., 2005. Wpływ różnych systemów nawożenia na zawartość węgla organicznego w glebie w doświadczeniu 32-letnim. *Fragm. Agron.*, 22 (1), 274–282.
- Stępień A., 2000. Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin*, 211, *Agric.*, 84, 459–464.

- Stępień A., 2004. Wpływ sposobów nawożenia na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3 (1), 45–54.
- Stupnicka-Rodzynkiewicz E., Kozłowska A., Hochół T., 1988. Wpływ roślin regenerujących uprawianych w zmianowaniach zbożowych na zachwaszczenie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 331, 393–400.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., 2008. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 25 (1), 400–409.
- 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, Sec. E*, 59 (2), 543–551.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., 2006. Efektywność różnych sposobów stosowania nawozów azotowych w produkcji pszenicy jarej na cele piekarskie. *Pam. Puł.*, 142, 505–512.
- 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.
- Sułek A., Podolska G., 2008. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7 (1), 103–110.
- Suvara I., 2010. Rola wieloletniego nawożenia w kształtowaniu wybranych właściwości gleby lekkiej ze szczególnym uwzględnieniem stosunków wodno-powietrznych. *Wyd. SGGW Warszawa, Rozpr. Nauk. Monogr.*, 364.
- Suvara I., Gawrońska-Kulesza A., 2005. Wpływ systemów nawożenia na kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych gleby lekkiej. *Fragm. Agron.*, 22 (1), 290–297.
- Suvara I., Lenart S., Gawrońska-Kulesza A., 1993. The effect of long-term fertilization and crop rotation on formation of soil fertility and yielding of plants. Part II [in:] *Long-term Static Fertilizer Experiments, Proc. of the Intern. Symp.*, 15–18 June 1993, 125–138.
- Suvara I., Szulc W., 2011. The effect of long-term fertilization on the soil structure. *Nawozy Nawoż./Fertilizers Fertil.*, 42, 20–28.
- Sylvester-Bradley R., Shepherd M., 1997. Effects of interposing sugar beet on the nitrogen response of the following wheat crop. *J. Sci. Food Agric.*, 74, 323–330.
- Szafański W., Kulig B., 2005. Plonowanie pszenicy jarej uprawianej po międzyplonie w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 22 (1), 574–584.
- Szafański W., Kulig B., Zając T., 2004. Wpływ zawartości N-min. w profilu glebowym na plon i zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59, 1203–1211.
- Szagała J., Wróbel Z., Mazur T., 1984. Współdziałanie nawozów organicznych i mineralnych w zmianowaniu na niektóre właściwości gleby. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne”*. AR Szczecin, 4–6 września 1984, 2, 21–27.
- Szeptycki A., 2005. Ocena efektywności modernizacji technologii w produkcji roślinnej na przykładzie zbioru buraków cukrowych. *Inż. Rol.*, 7, 323–330.
- Szmigiel A., 1995. Wpływ nawożenia azotem na powierzchnię asymilacyjną liści i plonowanie pszenicy ozimej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 111, 3–4, 59–67.
- 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.*, 22 (1), 310–318.

- Szymczak-Nowak J., Rychcik B., Tyburski J., 2007. Zdrowotność buraka cukrowego uprawianego w płodozmianie i monokulturze. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 47 (2), 356–360.
- Szymona J., 1993. Zmiany zachwaszczenia ładu pszenicy ozimej pod wpływem intensyfikacji nawożenia azotowego. *Acta Agrobot.*, 46 (1), 129–133.
- Teesalu T., Kuldkepp P., Laidvee T. 2003. Die N-Versorgung der Getreidepflanzen im IOSDV – Tartu – Pflanzenanalysen und N-Bestimmung im Boden. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 49, 561–569.
- Teesalu T., Kuldkepp P., Toomsoo A., Laidvee T., 2006. Content of organic carbon and total nitrogen in *Stagnic Albeluvisols* depending on fertilization. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 52, 193–200.
- Tendziagolska E., 2007. Wpływ uprawy roli, międzyplonu i zaprawy nasiennej Latitude 125 FS na plonowanie pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 24 (4), 211–217.
- Thomsen I.K., Christensen B.T., 1996. Availability to subsequent crops and leaching of nitrogen in ¹⁵N-labelled sugarbeet tops and oilseed rape residues. *J. Agric. Sci.*, 126, 191–199.
- 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 Manag.*, 20, 432–438.
- 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.
- Twardowski J., 2010. Wpływ uproszczeń w uprawie roli pod pszenicę ozimą na zgrupowania stawonogów epigeicznych i glebowych. *Wyd. UP Wroc., Monogr.* 107.
- Urbanowski S., Rajs T., Piekarczyk M., 1994. Wpływ głębokości orki na plony ziarna pszenicy ozimej i żyta ozimego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 414, 179–185.
- Vach M., Javůrek M., Šimon J., Klír J., 2007. Hospodaření na půdě bez chovu zvířat. Výzkumný ústav rostlinné výroby/Metodika pro praxi, Praha.
- Van Den Bossche A., De Bolle S., De Neve S., Hofman G., 2009. Effect of tillage intensity on N mineralization of different crop residues in a temperate climate. *Soil Till. Res.*, 103, 316–324.
- Váňová M., Palík S., Hajšlová J., Burešová I., 2006. Grain quality and yield of spring barley in field trials under variable growing conditions. *Plant Soil Environ.*, 52 (5), 211–219.
- 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. Akad. Rol. 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. Akad. Rol. Wroc.*, 445, Rol. 84, 171–188.
- Wacławowicz R., 2007. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia liśćmi buraka cukrowego na wybrane wskaźniki struktury gleby pod pszenicę jarą. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, 552, Inż. Rol., 6, 73–83.
- Wacławowicz R., 2008. Zmiany w siedlisku glebowym wywołane następczym wpływem nawożenia organicznego i azotowego. *Probl. Inż. Rol.*, 16 (2), 69–80.

- Wacławowicz R., 2009. Zmiany zachwaszczenia ładu pszenicy jarej pod wpływem uproszczeń w uprawie roli oraz nawożenia azotowego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 49 (3), 1402–1406.
- Wacławowicz R., Gandecki R., 2008. Kształtowanie się zachwaszczenia jęczmienia ozimego pod wpływem zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 48 (4), 1488–1491.
- Wacławowicz R., Parylak D., 2004. Zmiany wybranych właściwości gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia organiczno-mineralnego. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59 (3), 1345–1354.
- Wacławowicz R., Parylak D., Maziarek A., 2012. Zmiany wskaźników struktury gleby pod wpływem zróżnicowanych systemów uprawy pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 29 (2), 123–133.
- Wacławowicz R., Parylak D., Śniady R., 2003. Zachwaszczenie ładu pszenicy jarej uprawianej po buraku cukrowym w zależności od nawożenia organiczno-mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 490, 265–273.
- Wacławowicz R., Parylak D., Śniady R., 2005a. Następczy wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 139, 277–288.
- Wacławowicz R., Tendziągolska E., 2008. Długotrwałe oddziaływanie nawożenia organicznego i azotowego na wskaźniki struktury roli. *Probl. Inż. Rol.*, 16 (2), 81–90.
- Wacławowicz R., Zimny L., Kuc P., 2011. Następczy wpływ wermikompostu na zachwaszczenie jęczmienia ozimego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 51 (4), 1716–1719.
- Wacławowicz R., Zimny L., Malak D., 2005b. Dynamika zmian właściwości chemicznych gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia buraka cukrowego. *Fragm. Agron.*, 22 (1), 600–612.
- Weber R., 2007. Wpływ sposobu uprawy na niektóre właściwości fizyczne i biologiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 520, 765–773.
- 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.
- Wesołowski M., Buła M., Grotkowska Z., Klusek I., 2010. Sposób wykonania uprawy przed-siewnej a zachwaszczenie ładu pszenicy ozimej. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 50 (1), 457–460.
- Wesołowski M., Cierpiała R., 2011. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wykonania uprawy przed-siewnej. *Fragm. Agron.*, 28 (2), 106–118.
- Whitmore A.P., Groot J.J.R., 1997. The decomposition of sugar beet residues: mineralization versus immobilization in contrasting soil types. *Plant Soil*, 192, 237–247.
- Widdowson F.V., 1974. Results from experiments measuring the residues of nitrogen fertilizer given for sugar beet, and of ploughed-in sugar beet tops, on the yield of following barley. *J. Agric. Sci.*, 83, 415–421.
- Wilczewski E., 2011. Wartość przedplonowa roślin niemotylikowatych uprawianych w międzypłonie ścierniskowym dla pszenicy jarej. Cz. 1. Plon ziarna i słomy. *Fragm. Agron.*, 28 (1), 96–106.
- Wiśniewski W., Wegner K., Gonet S.S., 1986. Wpływ mineralnego i organicznego nawożenia na jakość próchnicy. *Rocz. Glebozn.*, 37, 2–3, 287–294.
- Wojciechowski W., 1998. Wpływ zróżnicowanej uprawy późniejszej i przed-siewnej z zastosowaniem dwóch dawek nawozów mineralnych na wzrost i plonowanie pszenicy ozimej.

- Cz. 1. Wpływ na plonowanie międzyplonów i wybrane właściwości gleby. Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc., 347, Rol. 72, 44–62.
- Wojciechowski W., 2008. Następczy wpływ międzyplonów ścierniskowych na zdrowotność pszenicy uprawianej w krótkotrwałej monokulturze. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 48 (1), 381–384.
- Wojciechowski W., 2009. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w optymalizacji nawożenia azotem jakościowej pszenicy jarej. *Wyd. UP Wroc., Monogr.*, 76.
- Wojciechowski W., Waclawowicz R., Sowiński J., 2004. Wpływ zróżnicowanych systemów uprawy pszenicy ozimej na wybrane wskaźniki struktury gleby. *Fragm. Agron.*, 21 (3), 147–155.
- Wojtala L., Parylak D., 2011. Znaczenie stanowiska i genotypu w ograniczaniu występowania chorób podsuszkowych na pszenicy ozimej. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 51 (3), 1301–1304.
- Wojtyra B., 2008. Sprawność ekonomiczna produkcji mleka w zależności od nakładów pracy. *Zesz. Nauk. SGGW Warsz., Probl. Rol. Świat.*, 5 (20), 194–200.
- Woźniak A., 2009. Jakość ziarna pszenicy jarej odmiany Koksa w różnych systemach uprawy. *Acta Agrophys.*, 14 (1), 233–241.
- Woźniak A., Haliniarz M., 2012. The after-effect of long-term reduced tillage systems on the biodiversity of weeds in spring crops. *Acta Agrobot.*, 65 (1), 141–148.
- Wróbel E., 1999. Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. *Pam. Puł.*, 118, 447–453.
- Zawiślak K., Tyburski J., Pawluczuk J., 1998. Plonotwórcze oddziaływanie buraka cukrowego na zboża jare w płodozmianie. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.* 561, *Agricultura* 66, 247–254.
- Zimny L., 1999. Uprawa konserwująca. *Post. Nauk Rol.*, 5, 41–52.
- Zimolka J., Richter R., Ehrenbergerová J., Cerkal R., 1999. **The effect of N doses in combination with ploughdown of sugar-beet tops on yields and malting quality of spring barley.** *Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí. Plant nutrition, quality of production and processing. Brno, 29–30 June 1999*, 241–243.
- Zimolka J., Richter R., Onderka M., 2001. Soubor pěstitelských opatření ke sladovnickému ječmeni při zaorávce chrástu cukrovky. *Ječmenářská ročenka 2002*, 159–163.

SIEDLISKOWE I PRODUKCYJNE SKUTKI POLOWEGO ZAGOSPODAROWANIA LIŚCI BURAKA CUKROWEGO

Streszczenie

Celem podjętych badań było poznanie wpływu wprowadzenia do gleby liści buraka cukrowego na zmiany w siedlisku pola uprawnego oraz w produktywności pszenicy jarej (doświadczenie polowe) i następczego działania na plonowanie jęczmienia jarego (doświadczenie wazonowe). Określono najkorzystniejszy pod względem przyrodniczym i produkcyjnym sposób polowego zagospodarowania liści. Podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, czy dostarczony do gleby nawóz organiczny umożliwia ograniczenie dawek nawozów azotowych.

Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 2005–2007, opierając się na ścisłym trzyczynnikowym doświadczeniu (split-split-plot). Czynnikiem pierwszego rzędu był sposób uprawy roli uwzględniający uprawę przedzimową i przedświeżną wiosenną. W eksperymencie analizowano cztery jej warianty. Po zbiorze buraka cukrowego w uprawie przedzimowej zastosowano: orkę na głębokość 25 cm, orkę płytką (15 cm), talerzowanie lub zrezygnowano z uprawy jesiennej. Drugim czynnikiem badawczym była obecność liści buraczanych. Na wybranych poletkach dostarczono je w ilości 40 t·ha⁻¹ świeżej masy lub zrezygnowano z nawożenia organicznego. Czynnikiem trzeciego rzędu było zróżnicowane nawożenie azotem, zastosowano: 50, 75 lub 100 kg N·ha⁻¹.

Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego przyczyniło się do wzrostu plonu ziarna pszenicy jarej średnio o 10,8%. Sposób wprowadzenia zielonej biomasy do gleby nie różnicował istotnie plonu ziarna, choć pozostawienie liści buraczanych na powierzchni pola na okres jesienno-zimowy w postaci mulczu sprzyjało jego wzrostowi o 10,3% w stosunku do określonego po ich przyoraniu orką głęboką. Przyrost plonu był wynikiem zwiększonej liczby i masy ziaren z kłosa, masy tysiąca ziaren i liczby kłosów. Wykazano również korzystny, następczy wpływ liści buraczanych na produktywność jęczmienia jarego. Masa ziarna zwiększyła się średnio o 6%, jeśli dwa lata wcześniej dostarczono do gleby nawóz organiczny. Po głębokim przyoraniu liści buraczanych pod przedplon uzyskano o 14% więcej ziarna jęczmienia niż po ich wprowadzeniu do gleby orką płytką. Wykorzystanie w uprawie pszenicy liści buraka cukrowego wskazuje na możliwość ograniczenia dawek nawozów azotowych. Po płytkim przyoraniu liści lub pozostawieniu ich na powierzchni pola w postaci mulczu i jednoczesnym zastosowaniu 50 kg N·ha⁻¹ uzyskano nieznacznie wyższy plon ziarna niż po przeprowadzeniu tych samych sposobów uprawy, ale po użyciu wyłącznie nawożenia mineralnego, w tym azotem w dawce 100 kg N·ha⁻¹. Sposoby uprawy roli różnicowały plonowanie pszenicy jarej. Zrezygnowanie z jesiennej uprawy, w porównaniu z uprawą tradycyjną, spowodowało wzrost plonu o 6,5% dzięki zwiększeniu powierzchni asymilacyjnej tego zboża, krzewienia się roślin, liczby i masy ziaren z kłosa oraz wydłużenia źdźbeł i kłosów. Również intensyfikacja nawożenia azotem wpłynęła na polepszenie dorodności ziarna i wzrost liczby źdźbeł, a w efekcie doprowadziła do istotnej zwwyżki plonu.

Wymieszanie liści z glebą spowodowało poprawę efektywności rolniczej i fizjologicznej, szczególnie gdy stosowano uprawy bezorkowe, a nawożenie azotem zwiększono z 50 do 75 kg·ha⁻¹. Nawóz organiczny sprzyjał również wzrostowi nadwyżki bezpośredniej o 12%, i dochodu rolniczego o 16%. Ekonomicznie najkorzystniejszym sposobem zagospodarowania liści było ich pozostawienie na polu w postaci mulczu.

Wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego wpłynęło na podwyższenie zawartości azotu w ziarnie i słomie oraz potasu w słomie pszenicy jarej. Nawożenie organiczne sprzyjało także polepszeniu parametrów technologicznych pszenicy. Poprawił się kompleks białkowy mąki, zwiększyła się gęstość usypowa i zmniejszyła aktywność amylolityczna ziarna.

Zaobserwowano, że zrezygnowanie z uprawy płużnej oraz intensyfikacja nawożenia azotem przyczyniły się do zwiększenia zachwaszczenia pszenicy. Z kolei wymieszanie z glebą liści buraczanych sprzyjało istotnemu ograniczeniu obecności chwastów.

Plon uboczny buraka powodował zmniejszenie gęstości gleby i zwiększenie jej porowatości, ale tylko w głębszych warstwach roli. Nie wykazano znaczącego wpływu wprowadzonych do gleby liści buraka cukrowego na wilgotność gleby, poprawiła się natomiast wodoodporność agregatów glebowych. Polowe zagospodarowanie liści buraka cukrowego sprzyjało zwiększeniu zawartości w glebie azotu ogólnego oraz potasu przyswajalnego. Nawóz organiczny nie miał natomiast wpływu na stopień zakwaszenia gleby, zawartość węgla organicznego oraz fosforu przyswajalnego.

Słowa kluczowe: pszenica jara, nawożenie liśćmi buraka cukrowego, uprawa roli, nawożenie azotowe, właściwości gleby, zachwaszczenie, plonowanie, jakość ziarna

SOIL AND PRODUCTIVE RESULTS OF FIELD MANAGEMENT OF SUGAR BEET TOPS

S u m m a r y

The objective of the studies was finding out the effect of sugar beet tops incorporated into soil on changes in field site as well as in spring wheat productivity (field experiment) and the residual effect on yielding of spring barley (pot experiment). The most profitable method of sugar beet tops field management in respect of environment and productivity was found. The attempt to answer the question if organic fertilizer enables the reduction of nitrogen fertilizers was also made.

The field trial was conducted in 2005–2007 using split-split-plot design. Main factor of the trial was the method of fall and pre-sowing spring tillage. After sugar beet harvest in fall tillage the following variants were used: deep plowing 25 cm, shallow plowing 15 cm, disking or no-tillage. The subplot factor was the presence of sugar beet tops. On the selected plots 40 t·ha⁻¹ of sugar beet tops fresh matter were or were not used. The sub-subplot factor was nitrogen fertilization: 50, 75 or 100 kg N·ha⁻¹.

The field management of sugar beet tops increased grain yield of spring wheat average by 10.8%. The method of green biomass incorporation into soil did not significantly differ grain yields, but the leaving of sugar beet leaves on the field surface during fall-winter period as a mulch favored the increase of yield by 10.3% in comparison with yield obtained after deep plowing of sugar beet leaves. An increase in yield was the effect of higher number and weight of grains per ear, thousand grain weight and the number of ears. The profitable, residual effect of sugar beet tops on spring barley productivity was also found. Grain weight increased average by 6% if two years earlier the organic fertilizer had been put into soil. After deep plowing down sugar beet tops for previous crop the quantity of spring barley grain increased by 14% than after shallow plowing down ones. Sugar beet tops in spring wheat cultivation may reduced the rates of nitrogen fertilizers. Slightly higher grain yield was obtained after shallow plowing down sugar beet tops or leaving them on the field surface as a mulch together with application of 50 kg N·ha⁻¹ than after the use of the same method of tillage but with application only mineral fertilization including nitrogen one at the rate of 100 kg N·ha⁻¹.

The methods of tillage differed the spring wheat yielding. The lack of fall tillage in comparison to conventional one increased yielding by 6.5% due to higher leaf area, tillering, the number and weight of grain per ear as well as stalks and ears elongation. The intensification of nitrogen fertilization improved grain plumpness and the increase in the number of stalks and it resulted in significant increase in yields.

Mixing sugar beet tops with soil improved agricultural and physiological efficiency, particularly under ploughless tillage together with nitrogen fertilization increased from 50 to 75 kg N·ha⁻¹. Organic fertilizer also increased the direct surplus by 12% and farm income by 16%. Economically the most profitable method of sugar beet tops management was the use of them as a mulch.

The field management of sugar beet tops increased the content of nitrogen in grain and straw as well as potassium in straw of spring wheat. Organic fertilization also favored technological parameters of wheat. The protein complex of flour was improved and also there was an increase in bulk density of grain and the falling number was higher.

It was observed that the lack of plowing and the intensification of nitrogen fertilization increased the weed infestation of wheat. Mixing sugar beet tops with soil favorably affected the reduction of weeds.

Sugar beet by-product decreased the bulk density and increased the soil porosity, but only in deeper layers of soil. There was no significant effect of sugar beet tops on the soil moisture, but the waterproof index was higher. The use of sugar beet tops in wheat cultivation slightly increased the content of total nitrogen and assimilated potassium in soil. The organic fertilizer did not affect the value of soil pH, the content of organic carbon and assimilated phosphorus.

Key words: spring wheat, fertilization with sugar beet tops, soil tillage, nitrogen fertilization, soil properties, weed infestation, yielding, grain quality