



UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

WYDZIAŁ
PRZYRODNICZO-TECHNOLOGICZNY

mgr inż. Anna Lehmann-Skoczylas

Rola międzyplonów w różnych zmianowaniach na glebie lekkiej

The role of cover crops in varying crop rotations on light soil

Praca doktorska

wykonana pod kierunkiem

dr. hab. inż. Wiesława Wojciechowskiego, prof. UPWr

Wrocław 2020

Składam serdeczne podziękowania Panu dr. hab. inż. Wiesławowi Wojciechowskiemu, prof. UPWr za pomoc okazaną podczas powstawaniu niniejszej pracy, cenne uwagi oraz poświęcony czas.

Pragnę także podziękować wszystkim obecnym i emerytowanym pracownikom Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Swojczycach, którzy okazali mi pomoc przy realizacji doświadczenia.

Dziękuję również mojej Rodzinie za cierpliwość i wsparcie.

Pracę tę dedykuję moim Dzieciom – Lenie i Leonowi.

Rola międzyplonów w różnych zmianowaniach na glebie lekkiej

Streszczenie

Międzyplony pełnią obecnie wiele funkcji prośrodowiskowych, a dodatkowo przy zmniejszeniu pogłowia gatunków gospodarskich mogą być alternatywą dla braku lub niedoboru obornika. Celem badań była ocena reakcji wybranych roślin (ziemniak, owies siewny, żyto zwyczajne) na uprawę w zmianowaniach z różnym ich udziałem w strukturze zasiewów na glebie lekkiej oraz określenie wpływu dwóch międzyplonów ścierniskowych na warunki siedliskowe oraz wzrost i plonowanie tych roślin.

Podstawę badań stanowiło jednoczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 2011–2014 na terenie RZD Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Upraszczenie zmianowań skutkowało częstszym występowaniem chorób podstawy źdźbła, wzrostem zachwaszczenia, pogorszeniem wybranych właściwości glebowych oraz obniżeniem plonu roślin uprawnych.

Skala zmian wywołanych na skutek przyorania międzyplonów z gorczycy białej lub mieszanki roślin bobowatych była różna i nie zawsze jednoznaczna. Wykazano, że miały one pozytywny wpływ na plonowanie roślin uprawnych, a lepszą w tym zakresie okazała się mieszanka niż gorczyca. Plon ziemniaka po roślinach strączkowych w zależności od typu zmianowania wzrósł od 14,3% do 14,7% niż w uprawie bez nich. Dla owsa różnice te wyniosły analogicznie od 8,5 do 15,0%, a dla żyta od 20,9% do 27,7%.

Nie stwierdzono natomiast jednoznacznego wpływu międzyplonów ścierniskowych na redukcję zachwaszczenia roślin uprawnych, chociaż powodowały one najczęściej jego ograniczenie. Skuteczniejszą w tym zakresie okazała się mieszanka niż gorczyca. Międzyplony ścierniskowe, a szczególnie gorczyca na ogół poprawiały zdrowotność roślin. Dodatkowo rośliny te, a głównie mieszanka polepszały większość właściwości gleby, szczególnie aktywność mikroorganizmów, zawartości azotu i węgla oraz wskaźniki struktury gleby.

Słowa kluczowe: międzyplon ścierniskowy, owies, plon, ziemniak, zmianowanie, żyto

The role of cover crops in varying crop rotations on light soil

Summary

Cover crops currently perform many pro-environmental issues, and additionally, when reducing the number of livestock, they can be an alternative to the lack or shortage of manure. The aim of the study was to assess the response of selected crops (potato, oats, winter rye) to cultivation in crop rotations with varying percentage of them in the cropping system on light soil as well as to determine the impact of two stubble catch crops on soil conditions and the growth and yield of these crops.

The basis of the research was one-factor field experiment carried out in 2011–2014 at RZD Swojec belonging to the Wrocław University of Environmental and Life Sciences.

Simplifications in crop rotations resulted in more frequent occurrence of take-all diseases, an increase in weed infestation, the deterioration of selected soil properties and a decrease in crop yield.

The scale of changes caused by the implementation of catch crops into the soil (white mustard or a mixture of legume plants) was different and not always unambiguous. It was shown that catch crops positively affected crop yields, and the mixture was better than mustard catch crop. Potato yield after legumes depending on the type of crop rotation and increased from 14.3% to 14.7% in comparison with no catch crops. For oats, the differences were from 8.5 to 15.0%, and for rye from 20.9% to 27.7%.

However, no clear impact of stubble catch crops on the reduction of weed infestation was found although they most often caused the lower number of weeds in the stand. The mixture catch crop proved to be more effective than mustard one. Stubble catch crops, especially mustard one, generally improved plant health status. In addition, these crops, and particularly mixture, improved most of the soil properties, especially the activity of microorganisms, nitrogen and carbon content as well as soil structure indicators.

Key words: catch crop, oat, yield, potato, crop rotation, winter rye

Spis treści

1. Wprowadzenie	7
2. Przegląd piśmiennictwa	9
2.1. Wykorzystanie międzyplonów w uprawie roślin.....	9
2.2. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie roślin uprawnych.....	9
2.3. Międzyplony ścierniskowe a wybrane właściwości gleb	11
2.4. Międzyplony jako czynnik regulujący zachwaszczenie rośliny uprawnej	15
2.5. Wpływ międzyplonów na stan fitosanitarny roślin uprawnych.....	17
2.6. Dobór gatunków roślin możliwych do uprawy w międzyplonie ścierniskowym.....	18
3. Hipoteza badawcza i cel pracy	19
4. Opis doświadczenia, metodyka i zakres badań	20
4.1. Opis doświadczenia	20
4.2. Zakres i metodyka badań	20
4.2.1. Badania dotyczące międzyplonu ścierniskowego	20
4.2.2. Badania dotyczące wybranych właściwości gleby.....	21
4.2.3. Badania dotyczące zachwaszczenia	22
4.2.4. Warunki fitosanitarne łąnu	22
4.2.5. Badania cech morfologicznych i plonowania roślin rolniczych	23
4.3. Warunki glebowe	24
4.4. Warunki klimatyczne	24
4.5. Zabiegi agrotechniczne	30
5. Omówienie wyników	33
5.1. Plonowanie i wartość nawozowa międzyplonów ścierniskowych	33
5.2. Oddziaływanie międzyplonów ścierniskowych na stan łąnu roślin uprawnych.....	36
5.2.1. Zachwaszczenie roślin uprawnych.....	36
5.2.2. Zdrowotność roślin zbożowych	43
5.3. Rozwój i plonowanie roślin uprawnych	45
5.4. Kształtowanie się wybranych właściwości gleby	56
5.4.1. Właściwości biologiczne gleby	56
5.4.2. Właściwości chemiczne gleby	57
5.4.3. Właściwości fizyczne gleby	61

6. Dyskusja	72
7. Wnioski	82
8. Literatura	83

1. Wprowadzenie

Transformacja ustrojowa dokonująca się w Polsce pod koniec dwudziestego wieku dotknęła m.in. ogromnych powierzchni Państwowych Gospodarstw Rolnych skutkując ich rozdrobnieniem i przejściem w ręce prywatnych inwestorów. Uwarunkowania gospodarcze i ekonomiczne rządzące prawami popytu i podaży wymogły na rolnikach specyfikację produkcji roślinnej, co doprowadziło do wzrostu udziału roślin zbożowych w ogólnej strukturze zasiewów. Agencja Rynku Rolnego podaje za danymi Eurostatu, że pod względem powierzchni upraw zbóż w Unii Europejskiej Polskę wyprzedza jedynie Francja [ARR 2013]. W 2017 roku powierzchnia zasiewów wyniosła blisko 10,8 mln ha, z czego uprawa zbóż ogółem zajęła ponad 7,6 mln ha i w porównaniu do roku wcześniejszego zwiększyła się o 2,7% (wzrost o 201,7 tys. ha) [GUS 2018]. Według najnowszych danych największą grupę upraw w powierzchni zasiewów stanowią ponownie zboża, które zajmują obecnie 72,1% ogólnej powierzchni zasiewów, następnie rośliny przemysłowe – 10,6% i pastewne – 9,4%. Powierzchnia uprawy ziemniaków w 2018 roku wyniosła ok. 291 tys. ha i uległa zmniejszeniu w stosunku do ubiegłego sezonu o ok. 30 tys. ha (o 9,3%). W powierzchni zasiewów ogółem ich uprawa stanowiła 2,7% – o 0,3% mniej niż w 2017 roku [GUS 2019]. Wysoki udział roślin zbożowych w strukturze zasiewów skutkuje koniecznością ich uprawy w stanowiskach po sobie oraz monokulturach [Dopka i in. 2007, Radecki i Rzeźnicki 2008]. Adamiak i in. [2003] oraz Trzcińska-Tacik [2003] twierdzą, że nadmierne obsadzenie zmianowań przez rośliny zbożowe negatywnie wpływa na strukturę ładu, skutkując wzrostem liczebności i biomasy chwastów.

Niestety pominięcie zasad prawidłowego następstwa, zwłaszcza uprawa po sobie gatunków należących do tej samej rodziny, pociąga za sobą szereg niekorzystnych zmian, m.in. częstsze występowanie chorób podstawy źdźbła [Adamiak i in. 2005, Smagacz 2006, Sieling i in. 2007], wzrost zachwaszczenia [Gawrońska-Kulesza i in. 2005, Poggio 2005, Bleharczyk i in. 2007, Orzech i in. 2011] oraz negatywne oddziaływanie na środowisko glebowe, co skutkuje najczęściej obniżeniem plonowania roślin uprawnych [Kwiatkowski i Wesołowski 2005, Wojciechowski i Parylak 2006, Sieling i in. 2007].

Kolejnym czynnikiem determinującym wprowadzanie uproszczeń w płodozmianach jest rodzaj posiadanych gruntów. Według danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [Jabłońska-Urbaniak 2009] największy odsetek ziem w Polsce stanowią gleby lekkie, których jest 60,8%. Dobór roślin możliwych do uprawy na tych glebach jest bardzo ograniczony

i w tych warunkach zwłaszcza zachodzi konieczność odpowiedniego doboru gatunków, głównie tych najbardziej opłacalnych np. ziemniaków.

Następstwa specjalizacji produkcji rolniczej odczuwalne są również w sektorze związanym z chowem i hodowlą zwierząt gospodarskich. Zachodzące zmiany, w tym systematycznie zmniejszająca się ilość utrzymywanego inwentarza żywego oraz chów bezściółkowy, doprowadziły do deficytu jednego z najważniejszych i najcenniejszych nawozów naturalnych – obornika. Brak tego nawozu jest głównie odczuwalny na glebach lekkich, na których zachodzi konieczność utrzymania przynajmniej aktualnego poziomu substancji organicznej, lub w uprawie roślin, w której stanowi on podstawę w nawożeniu np. wspomnianego wcześniej ziemniaka [Kimpinski i in. 2000, Weinert i in. 2002, Bundy i Andraski 2005, Płaza i in. 2009a, Turska i in. 2009]. Stąd konieczne staje się szukanie nowych rozwiązań, które ograniczyłyby negatywne skutki wynikające z dominacji niektórych grup roślin w zmianowaniach oraz doprowadziły do znacznego zmniejszenia ilości stosowanych przemysłowych, chemicznych środków produkcji jak np. nawozów mineralnych.

Nowoczesna produkcja roślinna oparta jest bowiem na chęci osiągnięcia wysokich, stabilnych i dobrych jakościowo plonów przy jednocześnie niskich nakładach pracy i dbałości o środowisko naturalne [Korbas i Mrówczyński 2009]. Dążenia do osiągnięcia założonego stanu uwidaczniają się m.in. poprzez uprawę roślin w poprawnym płodozmianie, co stanowi jedno z głównych założeń integrowanej produkcji. Kuś [2002] uważa, że zrealizowanie postanowień uprawy integrowanej możliwe jest poprzez wykorzystanie naturalnych możliwości produkcyjnych gleb i roślin, minimalnym zużyciu środków chemicznych oraz umiejętnym łączeniu postępu biologicznego i technicznego. Ważną ideą jest także uprawa roślin międzyplonowych, w tym międzyplonów ścierniskowych, przeznaczonych na zielony nawóz w celu niwelowania niekorzystnych skutków uproszczeń [Jaskulska i Gałęzewski 2009]. Ponadto mogą one stanowić alternatywę dla obornika oraz pełnić wiele funkcji środowiskowych o dużym znaczeniu rolniczym m.in. uzupełniają substancję organiczną [Kopczyński 1994, Ceglarek i in. 1997, Brunotte i in. 1998, Stępień i Adamiak 2002], poprawiają stan roli oraz zapobiegają stratom składników pokarmowych. Herrera i Liedgens [2009] oraz Wilczewski i Skinder [2011] w oparciu o źródła literaturowe podają, że ich przyoranie skutkuje zwiększeniem aktywności enzymatycznej gleby oraz wzrostem biomasy mikroorganizmów w niej występujących.

Krajowe i międzynarodowe akty prawne umożliwiają obywatelom korzystanie ze środowiska przy jednoczesnym nałożeniu na nich obowiązku dbania o jego stan i ewentualną

ochronę. Według danych z 2017 roku, użytki rolne zajmują ponad 60% powierzchni Polski, co oznacza, że to właśnie w sektorze rolniczym spoczywa szczególna odpowiedzialność w tym względzie.

2. Przegląd piśmiennictwa

2.1. Wykorzystanie międzyplonów w uprawie roślin

Międzyplonem nazywamy pojedynczą roślinę lub mieszankę tworzących ją gatunków uprawianą między dwoma plonami głównymi z przeznaczeniem na przyoranie jako zielony nawóz lub w celu pozyskania zielonej masy, siana, kiszonki bądź zielonki [Zimny 2014]. Wielu autorów, w tym Dzienia i in. [2004], Kołodziejczyk i in. [2007], a także Płaza i in. [2009b, c] uważają, że do uprawy roślin międzyplonowych na zielony nawóz przyczynił się rozwój integrowanej produkcji oraz zmniejszenie pogłowia zwierząt gospodarskich. Zwiększoną popularność międzyplonów tłumaczyć można również umieszczeniem ich w programie rolnośrodowiskowym zawartym w PROW 2007–2013 oraz programie rolno-środowiskowo-klimatycznym funkcjonującym w ramach działań PROW 2014–2020, dzięki czemu możliwe stało się uzyskanie dopłat do ich uprawy. Kuś i Jończyk [2000] oraz Jaskulski i Tomalak [2001] uważają, że skala oddziaływania międzyplonów na roślinę zależna jest m.in. od ich rodzaju, składu chemicznego, a także terminu oraz sposobu umieszczenia ich w glebie.

2.2. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie roślin uprawnych

W polowej produkcji roślinnej międzyplony mogą stanowić ważny czynnik łagodzący negatywne skutki wynikające z dominacji zbóż w zmianowaniu. Większość autorów stwierdza, że ich przyoranie wpływa pozytywnie na poprawę wartości stanowiska w płodozmianie. O korzystnym wpływie roślin międzyplonowych na kształtowanie wielkości plonu gatunków uprawnych donoszą m.in. Sørensen i Thorup-Kristensen [2003], Helander [2004], Szafranski i Kulig [2005], Christiansen i in. [2006], Olesen i in. [2007] oraz Gawęda i Haliniarz [2013]. Harasim i Gawęda [2010] uważają za innymi autorami, że przy określaniu znaczenia międzyplonów ścierniskowych należy wziąć pod uwagę ich plonowanie, wpływ jaki wywierają na środowisko oraz plon roślin następczych. Kuś i Jończyk [2000] dodają, że ich efektywność zależy także od warunków siedliskowych i przebiegu pogody. Ci sami autorzy twierdzą, że przyorywanie międzyplonów wywiera jednak zawsze pozytywny

wpływ na plonowanie zbóż jarych. Dopka i in. [2012], mimo ich stosowania, wykazali, że czynnikiem w najwyższym stopniu modyfikującym wielkość plonu żyta jarego była jednak pogoda. Niedostateczna ilość opadów oraz ich nierównomierny rozkład w czasie wegetacji roślin uprawnych przyczyniają się bowiem do znacznego ograniczenia oddziaływania tego elementu zmianowania [Turska i in. 2010]. Kraska [2011a] wykazał, że wprowadzenie międzyplonu z gorzycy białej lub facelii błękitnej do monokultury pszenicy jarej spowodowało wzrost jej plonu odpowiednio o $0,29 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $0,24 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wojciechowski [2005b] zauważył, że przyoranie biomasy mieszanki strączkowych z roślinami niemotylkowymi wpłynęło istotnie na zwiększenie plonu ziarna jakościowej pszenicy jarej przez co był on o 9,7% większy niż po gorzycy oraz o 2,6% od otrzymanego w uprawie bez międzyplonu. Kwiatkowski [2009b] analizując wielkość plonu jęczmienia jarego zaobserwował, że na stanowiskach po gorzycy białej i mieszance strączkowych był on analogicznie o 15,1% oraz 8,2% większy niż bez tego elementu zmianowania. Gawęda i Kwiatkowski [2012] dzięki przyoraniu łubinu wąskolistnego i grochu siewnego uzyskali wzrost plonowania pszenicy jarej o 9,2% w stosunku do wykazanego w uprawie bez roślin strączkowych. Mieszanka okazała się bezkonkurencyjna również względem pozostałych międzyplonów, ponieważ spowodowała wzrost plonu odpowiednio o 6,5% oraz 5,4% w porównaniu do otrzymanego po gorzycy i facelii błękitnej. O pozytywnych skutkach oddziaływania motylkowych na plon uprawianej rośliny następczej wspominają także Wilczewski i in. [2007]. Udowodnili oni, że przyoranie biomasy tej grupy roślin skutkuje zwiększeniem obsady kłosów oraz plonu ziarna i słomy pszenicy jarej. Również Harasim i Gawęda [2010] są zdania, że uprawa międzyplonów wpływa korzystnie na wielkość pozyskanego plonu zbóż jarych. Autorki najwyższy jego wzrost w łanie pszenicy i owsa wykazały po facelii (odpowiednio o 9,4 i 7,2%), w jęczmieniu natomiast po mieszance łubinu wąskolistnego z grochem pastewnym (7,7%). Wilczewski [2011] oceniając wpływ trzech rodzajów międzyplonów nawożonych różnymi dawkami azotu na wielkość i strukturę plonu pszenicy jarej określił, że najlepszym działaniem plonotwórczym charakteryzowała się rzodkiew oleista, której uprawa przyczyniła się istotnie do zwiększenia obsady kłosów i liczby ziarna w kłosie oraz plonu ziarna i słomy. Jaskulski i in. [2000] uważają natomiast, że na plon jęczmienia jarego znaczny wpływ wywarły facelia i żyto, natomiast gorzycyca biała nie kształtowała go w znaczący sposób. Biskupski i in. [2014] wykazali, że wprowadzenie do gleby biomasy międzyplonu skutkuje zwiększeniem plonowania kukurydzy. Za okres trzech lat trwania doświadczenia najwyższą jego wartość odnotowali po gorzycy w uprawie tradycyjnej i uproszczonej, natomiast w siewie bezpośrednim po gorzycy i łubinie.

Płaza [2010] udowodniła istotne oddziaływanie międzyplonów na wielkość plonu bulw ziemniaka. Wykazała ona, że po wprowadzeniu facelii był on aż o 66,5% większy niż na obiekcie kontrolnym. Wojciechowski i in. [2013] zaobserwowali, że włączenie międzyplonów ścierniskowych do uproszczonych zmianowań wywarło korzystny wpływ na plon ziemniaka lecz nie zrekompensowało ono niestety wielkości jego strat w stosunku do uzyskanego w zmianowaniu typu Norfolk. Nowakowski [1997] oraz Siwicki [1971] po międzyplonach z roślin motylkowych uzyskali przyrost plonów buraka cukrowego porównywalny do otrzymanego po pełnej dawce obornika.

Herrera i Liedgens [2009] uważają, że uprawa międzyplonów, pomimo korzystnego oddziaływania na środowisko, nie zawsze przekłada się na osiągnięcie przez rośliny następcze lepszego wzrostu i plonowania. Dodatkowo wiąże się ona ze zwiększeniem nakładów energetycznych [Starczewski i in. 2008] i finansowych [Jaskulska i Gałęzewski 2009]. Wyniki badań Dopki i in. [2012] zdają się potwierdzać przedstawioną wyżej tezę, gdyż nie zaobserwowali oni istotnego następczego wpływu międzyplonów na wysokość plonu żyta jarego. Również Gawęda [2010a] nie udowodniła istotnego wpływu przyorwanych międzyplonów ścierniskowych na plon owsa uprawianego w monokulturze. Turska i in. [2010] w monokulturze pszenicy jarej również nie dostrzegli istotnego wpływu rodzaju międzyplonu na analizowane przez nich cechy. Zaobserwowali oni jednak nieznaczny wzrost plonu i liczby ziarna w kłosie w uprawie po facelii. Podobne wyniki o nieznacznym wpływie międzyplonów na plonowanie roślin następczych otrzymali Dzieńka i Szarek [2000], Rychcik [2000], Parylak i Tendziagolska [2001] oraz Wojciechowski [2006]. Kaczmarek i in. [2000] donoszą nawet, że przyoranie gorczycy białej pogorszyło wegetację i plonowanie żyta jarego. Również Thorsted i in. [2002] oraz Maziarek i in. [2016] twierdzą, że uprawa roślin międzyplonowych prowadzi do zmniejszenia plonowania zbóż, choć zaobserwowana obniżka była tylko kilkuprocentowa. Jabłoński [1979] oraz Kundler i in. [1985] uważają, że dopiero wielokrotne stosowanie międzyplonów w monokulturach i płodozmianach zbożowych może pozytywnie wpłynąć na wielkość pozyskanego plonu.

2.3. Międzyplony ścierniskowe a wybrane właściwości gleb

Ujemne saldo bilansu substancji organicznej jest bardzo niekorzystnym zjawiskiem, które doprowadzić może do trwałej degradacji gleby. Eriksen i Thorup-Kristensen [2002] oraz Askegaard i Eriksen [2007] twierdzą, że uprawa międzyplonów przyczynia się do

ograniczenia strat składników pokarmowych. Podobnego zdania są także Richards i in. [1996] oraz Zajac i in. [2006], którzy uważają ponadto, że mogą one stanowić źródło substancji organicznej oraz pełnić rolę czynnika poprawiającego stan sanitarny gleby. Także Puła i Łabza [2004], Thomsen i Christensen [2004] oraz Waclawowicz i Parylak [2004] twierdzą, że stosowanie międzyplonów jako nawozów organicznych wpływa pozytywnie na wzrost zawartości substancji organicznej w glebie. Rośliny międzyplonowe stanowią ponadto cenne źródło materii potrzebnej do tworzenia się próchnicy [Parylak 1998b, Runowska-Hryńczuk i in. 1998]. Siuta [1999] odnotował, że nawożenie gleby płowej słomą z międzyplonem spowodowało wzrost jej zawartości o 0,1%. Dodatkowo, jako rośliny zdolne do regeneracji stanowisk, na których zostały użyte, wpływają dodatnio na życie biologiczne gleby osłabionej stosowaniem pestycydów oraz bardzo intensywnym nawożeniem mineralnym. Podobnego zdania są Cherr i in. [2006] oraz Müller i in. [2006], którzy uważają, że wywierają one korzystny wpływ na życie mikrobiologiczne gleby, a ponadto podczas późniejszego rozkładu ich szczątków uwalniają składniki pokarmowe wykorzystywane przez roślinę następczą. Także Stępień [2000] oraz Puła i Łabza [2004] twierdzą, że międzyplony stanowią wtórne źródło składników pokarmowych. Jabłoński [1993] zaobserwował, że ten element zmianowania może dostarczyć większych ilości azotu niż bylibyśmy w stanie uzyskać z nieodpowiednio przefermentowanego obornika. Buraczyńska [2004] oraz Płaza [2007b] uważają, że dzięki wykorzystaniu roślin międzyplonowych możemy całkowicie wyeliminować nawożenie obornikiem. Wojciechowski [2009b] twierdzi, że ich uprawa wpływa pozytywnie na poprawę stanu uwilgotnienia gleby oraz zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego, a także przyswajalnych form potasu i magnezu. Jaskulska i Gałęzewski [2009] uważają, że wiążą one w swojej masie dodatkowe ilości CO₂, a po trafieniu do gleby zwiększają w niej zawartość węgla organicznego. Wielu autorów sadzi, że nawet niewielka lub nieistotna zmiana węgla w krótkim czasie po kilku latach przynosi znaczące skutki [Blombäck i in. 2003, Kulig i in. 2004, Thomsen i Christensen 2004]. Międzyplony mogą przyczynić się również do ograniczenia strat składników mineralnych spowodowanych wypłukiwaniem ich do głębszych warstw gleby. Na drodze pobrania i akumulacji w swojej biomase dostępnych dla rośliny składników w znaczący sposób zmniejszają skutki tego niekorzystnego zjawiska [Thorup-Kristensen 1994, Duer 1996, Duer i in. 2002, Wilczewski 2007]. Jaskulski i Jaskulska [2004] corocznie w okresie wiosennym obserwowali wzrost zawartości azotu mineralnego w warstwie ornej po grochu uprawianym w międzyplonie ścierniskowym, nawet o 27,2% więcej niż w uprawie bez tego elementu zmianowania. Wilczewski i Skinder [2005] udowodnili, że procentowy udział azotu

w biomacie nadziemnej gorczycy wahał się w granicach od 2,9 do 3,2%. Wilczewski [2007] zaobserwował, że średnia zawartość fosforu w biomacie nadziemnej kształtowała się na poziomie od 0,4% (w grochu) do 0,5% (w seradeli). Pokrycie gleby roślinami lub mulczem prowadzi do spowolnienia procesu mineralizacji materii organicznej, dzięki czemu zmniejsza się również emisja dwutlenku węgla do atmosfery [Jaskulska i Gałęzewski 2009]. Z badań przeprowadzonych przez Thorup-Kristensena [1994] wynika, że proces mineralizacji facelii zachodzi bardzo szybko przez co składniki uwalniane z jej rozkładu mogą ulec wypłukaniu już wczesną wiosną. Wilczewski [2011] uważa, że znacznie wolniej procesowi temu ulegają rośliny z rodziny *Brassicaceae*. Zimny i in. [2015] udowodnili, że spłyconie orki oraz obecność międzyplonu z gorczycy białej spowodowały zwiększenie wskaźnika reprodukcji glebowej materii organicznej ponad 2,5-krotnie w odniesieniu do wartości określonej na obiektach, na których wykonano orkę na głębokość 25 cm oraz nie uprawiano międzyplonu.

Skinder i in. [2007] zaobserwowali natomiast, że międzyplon z roślin motylkowatych nie wpływał na zawartości w glebie azotu, fosforu potasu, magnezu i węgla. Gondek i Zając [2003] uważają że ich uprawa i późniejsze przyorywanie nie wywierają większego wpływu na właściwości chemiczne gleby. Jeszcze innego zdania są Waclawowicz i in. [2005], którzy na skutek przyorania biomasy międzyplonu i słomy wykazali nawet zmniejszenie zawartości węgla organicznego w glebie. Jaskulski i Jaskulska [2004] zauważyli, że gorczyca biała i facelia błękitna wpływają na zmniejszenie ilości azotu mineralnego jesienią. W oparciu o dostępne źródła literaturowe stwierdzić można, że skala oddziaływania międzyplonów na zawartości składników pokarmowych zawartych w glebie jest niejednolita, choć zdecydowanie częściej zauważyć można ich pozytywny wpływ na analizowaną cechę.

Upraszczanie płodozmianów oraz zabiegów uprawowych wpływa negatywnie na plonowanie oraz właściwości fizyczne i biologiczne gleby. Yang i Wander [1998], Jiao i in. [2006] oraz Turski [2010] uważają, że jej żyzność i urodzajność oraz właściwości wodne zależne są od agregacji gleby. Kordas i Majchrowski [2001], Bronick i Lal [2005] oraz Wojciechowski [2009b] utrzymują, że poprzez uprawę roślin międzyplonowych możemy wpłynąć na powstanie i utrzymanie się jej trwałości. Również Wilczewski [2011] w oparciu dostępne źródła literaturowe informuje, że rośliny międzyplonowe mogą pozytywnie oddziaływać na warunki glebowe. Marshall i in. [2003] sugerują, że nawet przy niewielkich nakładach pracy poprawiają one jakość środowiska glebowego. Kwiatkowski [2006] udowodnił, że gorczyca biała zapobiega „zmęczeniu gleby” w monokulturze jęczmienia jarego. Parylak [1998b] oraz Zimny i in. [2005] wykazali, że wskutek uprawy i przyorania

biomasy międzyplonów ścierniskowych dochodzi do zmniejszenia gęstości gleby i zwiększenia jej porowatości ogólnej. Kordas i Klima [2005] odnotowali wzrost retencyjności i wilgotności gleby podczas wschodów roślin uprawianych po międzyplonach. Wśród wielu autorów przeważa pogląd o korzystnym ich wpływie na właściwości fizyczne gleby [Wacławowicz i Parylak 2004, Zimny i in. 2005]. Ponadto rośliny te są w stanie kształtować ich składowe, w tym temperaturę, wilgotność, porowatość oraz gęstość [Sharratt2002, Thomsen 2005, Głęb i Kulig 2008, Wilczewski 2011]. Opinię tę potwierdza Wojciechowski [2009b], który wykazał pozytywne oddziaływanie przyorywanych międzyplonów ścierniskowych na porowatość ogólną i kapilarną gleby. Jaskulska i Gałęzewski [2009] uważają, że system korzeniowy roślin międzyplonowych zdolny jest do wiązania wierzchniej warstwy gleby, przez co wykazują one działanie przeciwerozryjne. Parylak i in. [2002] zwracają uwagę na pozytywną rolę jaką odgrywają one w zmniejszaniu zwięzłości warstwy ornej. Zimny i in. [2005] oraz Giemza-Mikoda i in. [2011] twierdzą, że uprawa międzyplonów wpływa na rozluźnienie roli i przywrócenie jej struktury gruzełkowej, odpowiedzialnej za kształtowanie się właściwości fizycznych, chemicznych oraz biologicznych gleby. Kuc i Wacławowicz [2010] udowodnili, że w okresie zbioru wskaźnik struktury gleby dla warstw 5–10 i 10–15 cm po przyoraniu międzyplonu uległ zwiększeniu odpowiednio o 15,5 oraz 5,8%. Kordas i Majchrowski [2001] oraz Wacławowicz i Parylak [2004] udowodnili, że wraz z wprowadzeniem do gleby substancji organicznej zwiększeniu ulegają wartości wskaźnika zbrzylenia gleby oraz średniej ważonej średnicy gruzełka. Fabiański i in. [1989] zauważyli, że gleba pod zmianowaniem z udziałem roślin motylkowatych cechowała się lepszym stanem agregatowym i gruzełkowym niż w przypadku innych roślin jednorocznych. Niestety Kordas i Majchrowski [2001] oraz Kordas i Zimny [2002] stwierdzili, że stosowanie nawozów organicznych w postaci międzyplonów nie wpłynęło na zwiększenie (poprawę) odporności agregatów glebowych na rozmywające działanie wody. Jaskulski i Jaskulska [2004] w warunkach niedoboru opadów zaobserwowali, że międzyplony z gorczycy białej i facelii błękitnej spowodowały zmniejszenie wilgotności oraz wzrost zwięzłości gleby.

Przyorywanie międzyplonów wpływa korzystnie również na właściwości biologiczne gleby poprzez stymulację rozwoju organizmów w niej bytujących [Bis i in. 2001]. Stępniewska i in. [2004] uważają, że oddychanie w glebie wynika z działalności życiowej wszystkich organizmów w niej występujących, spośród których największe znaczenie upatrują oni w oddychaniu gleby oraz korzeni roślin. Za miarę tej aktywności traktują ilość wydzielonego CO₂ lub pobranego O₂ w jednostce czasu na jednostkę objętości lub masy.

Według nich intensywność oddychania gleby zawiera się w przedziale od 0,1 do $20 \text{ cm}^3 \text{ O}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

2.4. Międzyplony jako czynnik regulujący zachwaszczenie rośliny uprawnej

Za zachwaszczenie upraw rolniczych odpowiedzialne są głównie występujące w glebie nasiona chwastów [Cardina i in. 2002, Tørresen i Skuterud 2002, Woźniak 2007] oraz stosowana agrotechnika [Blecharczyk i in. 2000, Małecka i in. 2006, Gruber i Claupein 2009, Małecka i in. 2012, Woźniak 2012]. Jędruszczak i in. [2005] uważają chwasty za najbardziej szkodliwy czynnik biologiczny obniżający plon, jaki może wystąpić w agrofitocenozach. Zawiślak i in. [1990], Zawiślak i Kostrzewska [2000] oraz Kwiatkowski [2009a] uważają, że wzrost produktywności i produkcyjności roślin uwarunkowany jest najczęściej spadkiem ich biomasy. Chwasty, stanowiąc nieodłączny element pojawiający się w łańcuchach roślin uprawnych, niezależnie od panujących w nich warunków glebowo-klimatycznych i agrotechnicznych wymuszają podjęcie pewnych przedsięwzięć w celu ograniczenia ich liczebności [Gawrońska-Kulesza i in. 2005]. W rozwiązaniu tego problemu pomocne mogą okazać się międzyplony. Pomimo licznych badań dotyczących wpływu ich uprawy na stan zachwaszczenia łąnów roślin rolniczych nie otrzymano do tej pory jednoznacznej odpowiedzi co do kierunku ich działania. Wojciechowski [2009b] w oparciu o dostępną literaturę podaje, że większość autorów wskazuje raczej na ograniczenie jego wielkości. Również Płaza i in. [2008] oraz Gawęda i Haliniarz [2013] są zdania, że wspomniany element zmianowania zmniejsza często zachwaszczenie łąnów gatunków uprawnych. Acharya i in. [2002] oraz Kwiatkowski [2004] uważają, że mają one także znaczący wpływ na bank nasion znajdujących się w glebie oraz zachwaszczenie rośliny następczej. Również Waclawowicz i in. [2006a] są zdania, iż międzyplony ścierniskowe wpływają ograniczająco na potencjalne zachwaszczenie gleby. Płaza i Ceglarek [2007] odnotowali, że zmniejszone zachwaszczenie pól utrzymuje się nawet w drugim roku po ich zastosowaniu. Wojciechowski i Zawieja [1999] stwierdzili, że międzyplony na drodze konkurencji z chwastami o zasoby środowiskowe przyczyniają się do ograniczenia ich liczebność. Kordas i Spyra [2013] twierdzą, że uprawa międzyplonów ścierniskowych, poprzez ograniczanie przez nie zachwaszczenia, jest jednym z najskuteczniejszych sposobów poprawy warunków siedliskowych roślin rolniczych. Oleszek i in. [1994], Oleszek [1995] oraz Hruszka [2003] uważają, że wykorzystując allelopacyjne oddziaływanie niektórych roślin (np. z rodziny krzyżowych i bobowatych)

możemy wpływać na kiełkowanie i początkowy wzrost wielu gatunków chwastów, a także rozprzestrzenianie się patogenów. Wojciechowski i Parylak [2004c] zaobserwowali, że gorczyca biała wpłynęła korzystnie na ograniczenie zarówno liczby jak i suchej masy chwastów w uprawie żyta ozimego. Parylak [1998a] prowadząc badania w monokulturowej uprawie pszenżyta ozimego odnotowała, że po zastosowaniu międzyplonu z rzepaku ozimego, liczba chwastów uległa zmniejszeniu o 41,5%, a ich sucha masa o 22,4%. Stwierdziła jednocześnie, że nie zrekomensowały one do końca, skutków tego typu uprawy. Kraska [2012] podaje, że wprowadzenie międzyplonów ścierniskowych do monokultury pszenicy jarej przyczyniło się do ograniczenia różnorodności gatunkowej chwastów segetalnych niż w uprawie bez ich udziału. Podobnego zdania jest Gawęda [2009b], która udowodniła, że przyorywanie międzyplonu ścierniskowego wpływa ograniczająco na liczbę i powietrznie suchą masę chwastów w monokulturze pszenicy jarej. Wojciechowski i Lehmann [2013] wykazali korzystne oddziaływanie wspomnianego elementu zmianowania na zachwaszczenie łąnów pszenicy jarej, owsa i ziemniaka. W ich badaniach bezkonkurencyjna okazała się mieszanka strączkowych, złożona z grochu polnego i bobiku, która w istotny sposób wpływała na analizowane parametry. Kwiatkowski [2004] po przyoraniu gorczycy i mieszanki roślin strączkowych zaobserwował istotnie mniejsze zachwaszczenie łąnu jęczmienia niż w uprawie bez tego elementu zmianowania. Jaskulski i in. [2000] wykazali ograniczenie liczby chwastów w łąnach wspomnianego zboża odpowiednio o 8% po grochu pastewnym i aż o 29% po facelii. Gawęda [2009a] prowadząc badania w monokulturze jęczmienia jarego udowodniła pozytywny wpływ przyorania rzepaku ozimego na zmniejszenie powietrznie suchej masy chwastów o 43,4% od stwierdzonej na obiekcie kontrolnym. Autorka zauważyła jednocześnie, że liczba chwastów nie była istotnie różnicowana przez międzyplony.

Kuraszkiewicz i Pałys [2004] donoszą o niewielkim wpływie przyorywanej biomasy międzyplonów na ograniczanie zachwaszczenia. Hruszka i Brzozowska [2008] uważają natomiast, że rośliny te nie stanowią dostatecznej ochrony gatunków następczych przed chwastami, a nawet mogą przyczynić się do wzrostu liczby ich diaspor w glebie. Stupnicka-Rodzyńkiewicz i in. [1988] ujemny wpływ międzyplonów na ograniczenie zachwaszczenia tłumaczą brakiem możliwości wykonania zespołu uprawek późniejszych po zbiorze zbóż. Parylak i Sebzda [2001] odnotowali nawet wzrost zachwaszczenia monokultury żyta, która co dwa lata przeplatana była międzyplonami z roślin strączkowych. Również Kordas i Spyra [2013] największe zachwaszczenie łąnu żyta, niezależnie od zastosowanego rodzaju uprawy, zaobserwowali po wprowadzeniu do gleby biomasy gorczycy białej.

Jaskulski i in. [2000] po gorczycy białej i rzepaku ozimym zaobserwowali wzrost zachwaszczenia jęczmienia jarego odpowiednio o 6% i 15%. Giemza-Mikoda i in. [2012] po przyoraniu gorczycy białej odnotowali wzrost liczby chwastów o 32,3% względem uprawy tradycyjnej, jednak różnica ta była nieistotna statystycznie. Również Gawęda [2010b] wykazała, że przyoranie mieszanki strączkowych doprowadziło do wzrostu zachwaszczenia łąnu owsa (o 27,8% w porównaniu kontroli).

2.5. Wpływ międzyplonów na stan fitosanitarny roślin uprawnych

Kondycja zdrowotna łąnu jest bardzo ważnym czynnikiem kształtującym m.in. wielkość otrzymanego plonu. Majchrzak i in. [2004] w oparciu o dostępną literaturę informują, że rośliny krzyżowe i motylkowate w znaczący sposób przeciwdziałają obniżce plonów spowodowanej występowaniem chorób podstawy źdźbła. Zboża charakteryzują się małą odpornością na choroby wywołane wielokrotnym ich występowaniem po sobie na tych samych stanowiskach. Utrzymywanie się niekorzystnych warunków w strukturze łąnu skutkuje najczęściej wzrostem zachwaszczenia oraz pojawianiem się szkodników i chorób. Możliwości poprawy sytuacji upatruje się w roślinach regenerujących i przedplonach. Murakami i in. [2000], Parylak i Kita [2000], Wojciechowski [2008] oraz Korbas i Mrówczyński [2009] stwierdzili, że międzyplony pozytywnie wpływają na poprawę zdrowotności roślin uprawnych. Również Banaszak [2003] uważa, że dzięki swoim właściwościom fitosanitarnym są one w stanie ograniczyć pojawianie się chorób i szkodników. Według Majchrzak i in. [2002] szczególnie popularne w ostatnich latach stają się gatunki z rodziny *Brassicaceae*, które dzięki obecności glikozynolanów oraz substancji pochodzących z ich rozkładu wykazują działanie antybakteryjne i antygrzybowe [Schnug i Ceynowa 1990, Drozdowska 1994, Makulec i in. 1995]. Następstwa poprawy zdrowotności źdźbeł zbożowych na skutek przyorania biomasy międzyplonów najłatwiej zaobserwować w kilkuletnich monokulturach [Parylak i Kita 2000, Parylak i Kordas 2004, Wojciechowski 2008]. Wojciechowski i in. [2015] wykazali korzystny wpływ gorczycy białej i mieszanki strączkowych na zdrowotność źdźbeł i korzeni pszenicy jarej. Odnotowali oni bowiem zmniejszenie stopnia porażenia źdźbeł odpowiednio o 3,4 i 2,1 pkt %, a korzeni o 3,3 oraz 2,3 pkt %. Zbliżone wyniki otrzymał Kwiatkowski [2008], który po gorczycy i strączkowych uzyskał ograniczenie porażenia źdźbeł jęczmienia jarego. Wojciechowski [2005a] wykazał, że przyoranie gorczycy poprawiło zdrowotność pszenicy o 3,4% niż w uprawie bez tego elementu. Wpływ pozytywnego oddziaływania strączkowych na stan

fitosanitarny roślin uprawnych zauważyli także Blecharczyk i in. [2000b]. Na stanowiskach po grochu, jako plonie głównym, odnotowali oni bowiem ograniczenie porażenia podstawy źdźbła, liści i kłosów pszenicy jarej. Majchrzak i in. [2005] zaobserwowali, że na wielkość porażenia korzeni i podstawy źdźbeł pszenicy ozimej duży wpływ wywierały rośliny poprzedzające, mniejszy zaś warunki pogodowe. Udowodnili oni, że gatunkami najskuteczniej ograniczającymi występowanie zgorzeli był rzepak jary i gorczyca biała. Narkiewicz-Jodko i in. [2008] twierdzą, że międzyplony wywierają również istotny wpływ na poprawę zdrowotności otrzymanego plonu.

2.6. Dobór gatunków roślin możliwych do uprawy w międzyplonie ścierniskowym

We współczesnym rolnictwie rośliny międzyplonowe traktowane są przeważnie jako ważny element środowiskowy, agroekologiczny i agrotechniczny. W ostatnich latach zmalało bowiem ich znaczenie w żywieniu zwierząt. Coraz częściej występują one jako przerywniki specjalistycznych zmianowań oraz uproszczonych systemów uprawy roli. Warto również przypomnieć, że stanowią one ważny element programów rolnośrodowiskowych realizowanych w kraju i zagranicą. Jaskulska i Gałęzewski [2009] podają, że powierzchnia ich upraw, w ramach wspomnianego projektu, wynosiła w 2005 roku ponad 200 tys. ha a trzy lata później już około 700 tys. ha, z czego około 70% stanowiły międzyplony ścierniskowe. Przy wyborze gatunków roślin, które chcemy przeznaczyć do uprawy w międzyplonie należy wziąć pod uwagę czynniki takie jak: jego rodzaj (ścierniskowy, ozimy, wsiewka międzyplonowa), przeznaczenie (zielona masa, pasza, itd.), termin siewu oraz panujące warunki glebowe. W skali naszego kraju najczęściej uprawianymi gatunkami międzyplonowymi są: facelia, gorczyca biała, rzepak ozimy, łubin pastewny, rzodkiew oleista, a w mniejszym stopniu: peluszka, wyka ozima i życica trwała. Rośliny te charakteryzują się szybkimi wschodami, dynamicznym wzrostem oraz dużym przyrostem zielonej masy i niewielkimi wymaganiami wodnymi. Jako międzyplony ścierniskowe najczęściej wykorzystuje się rośliny krzyżowe, zwłaszcza gorczycę [Parylak i Kita 2000, Kulig i in. 2004, Puła i Łabza 2004, Wojciechowski 2004, Waclawowicz i in. 2006a, Zajac i in. 2007]. Wybór ten podyktowany jest głównie czynnikami ekonomicznymi, gdyż jej nasiona są tańsze od materiału siewnego innych gatunków, natomiast korzyści płynące z ich uprawy są porównywalne. W latach 80. XX wieku równie popularne w uprawie były rzodkiew oleista i facelia błękitna [Gonet 1990]. Mniejszym zainteresowaniem natomiast cieszyły się motylkowate, co może wynikać z ich zawodności w plonowaniu i wyższej cenie

materiału siewnego. Jaskulski i in. [2000] wykazali jednak, że obecność wspomnianej grupy roślin wpłynęła istotnie na poprawę stanowisk dla zbóż nawet przy opóźnionych terminach siewu i niskim plonie. Również Skinder i in. [2007] udowodnili, że ich uprawa w międzyplonie ścierniskowym jest możliwa pod warunkiem odpowiedniego doboru gatunków. Obecnie, w oparciu o dane literaturowe, w międzyplonie z powodzeniem uprawia się m.in. seradelę uprawną, groch siewny, łubin żółty i bobik [Zajac i Antonkiewicz 2006, Skinder i in. 2007, Gawęda 2010b]. Wielu autorów równie chętnie stosuje także 2-3 gatunkowe mieszanki składające się z łubinu wąskolistnego i grochu siewnego pastewnego, wyki jarej i peluszki, bobiku i gorczycy, grochu polnego i bobiku, gorczycy z rzodkwią oleistą i facelią oraz bobiku z peluszką i wyką jarą a także grochu pastewnego z bobikiem i owsem [Kwiatkowski 2006, Zajac i Antonkiewicz 2006, Wojciechowski 2009b, Gawęda 2010b, Wojciechowski i in. 2016]. Również Zajac [2006] zachęca do uprawy mieszanek strączkowych, zwłaszcza z bobikiem, wyką i grochem, upatrując w nich lepszych właściwości nawozowych.

3. Hipoteza badawcza i cel pracy

Uprawa roślin w zmianowaniach uproszczonych lub monokulturze pociąga za sobą szereg niekorzystnych zmian w środowisku rośliny uprawnej. Najczęściej skutkiem takiego postępowania jest obniżka plonowania spowodowana m.in. przez wzrost zachwaszczenia, nasilenie występowania chorób i szkodników oraz pogorszenie właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. Poprawy sytuacji upatruje się w możliwości wykorzystania roślin regenerujących, w tym międzyplonów.

Hipoteza badawcza zakłada, że międzyplony ścierniskowe wpłyną na poprawę warunków siedliskowych, a przez to również na wzrost i plonowanie roślin będących plonem głównym. Zakłada się, że efekt ten, zwłaszcza w zmianowaniach uproszczonych, będzie szczególnie widoczny gdy jako międzyplon uprawiane będą rośliny bobowate.

Celem podjętych badań była ocena reakcji wybranych roślin na uprawę w zmianowaniach z różnym ich udziałem w strukturze zasiewów na glebie lekkiej oraz określenie wpływu międzyplonu z gorczycy lub mieszanki roślin bobowatych na warunki siedliskowe oraz wzrost i plonowanie tych roślin (ziemniak, owies siewny, żyto zwyczajne).

4. Opis doświadczenia, metodyka i zakres badań

4.1. Opis doświadczenia

Badania polowe zrealizowano w latach 2011–2014 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym „Swojec” (51°07' N, 17°08' E) należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Podstawą badań było jednoczynnikowe doświadczenie polowe założone metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Czynnikiem badawczym było dziesięć wariantów zmianowań różniących się między sobą udziałem zbóż w strukturze zasiewów oraz obecnością w nich dwóch międzyplonów ścierniskowych (tab. 1). W doświadczeniu jako międzyplony wykorzystano gorczycę białą lub mieszankę złożoną z roślin strączkowych, które wysiano przed roślinami jarymi i uprawiano zgodnie z zasadami programu rolnośrodowiskowego. Gorczycę białą odmiany „Bardena” wysiewano w ilości 20 kg·ha⁻¹, natomiast groch pastewny – „Roch” oraz łubin żółty – „Dukat” po 100 kg·ha⁻¹ każdy. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 36 m².

Tabela 1. Schemat doświadczenia

Lp.	Płodozmian		
	Pełna nazwa	Udział zbóż [%]	Skrócona nazwa
1	Ziemniak ⁺⁺ -owies-groch polny-żyto	50	z ⁺⁺ -o-g.p.-ż
2	Ziemniak-owies-żyto	66,6	z-o-ż
3	Ziemniak-owies-żyto+gorczyca	66,6	z-o-ż+g.
4	Ziemniak-owies-żyto+mieszanka	66,6	z-o-ż+m.
5	Ziemniak-żyto	50	z-ż
6	Ziemniak-żyto+gorczyca	50	z-ż+g.
7	Ziemniak-żyto+mieszanka	50	z-ż+m.
8	Owies-żyto	100	o-ż
9	Owies-żyto+gorczyca	100	o-ż+g.
10	Owies-żyto+mieszanka	100	o-ż+m.

⁺⁺ pełna dawka obornika, tj. 40 t·ha⁻¹

4.2. Zakres i metodyka badań

4.2.1. Badania dotyczące międzyplonu ścierniskowego

Biomasa części nadziemnych (pobrana z powierzchni 0,5 m²) i korzeni (pobrana z powierzchni 0,25 m²) międzyplonów ścierniskowych oceniona została po pierwszym jesiennym ich przymarznięciu. Po wysuszeniu zebranego materiału określona została jego powietrznie sucha masa. Na pozyskanych próbkach zbiorczych oznaczono zawartości

azotu (N) metodą Kjeldahla, fosforu (P) metodą kalorymetryczną i potasu (K) metodą fotopłomieniową.

4.2.2. Badania dotyczące wybranych właściwości gleby

a) właściwości biologiczne:

W terminie krzewienia owsa i żyta, a dla ziemniaka w fazie zakrywania międzyrzędzi oraz w fazie kwitnienia wszystkich roślin zbadana została intensywność oddychania gleby za pomocą respirometru glebowego EGM-4 firmy PP Systems.

b) właściwości chemiczne:

W terminie zbioru roślin, na średnich próbkach obiektowych, w warstwie 0–20 cm określone zostały podstawowe właściwości chemiczne gleby: wartość pH w 1 M KCl, zawartość węgla (metodą Tiurina), azotu ogólnego (metodą Kjeldahla), przyswajalnego fosforu i potasu (metodą Egnera-Riehma) oraz magnezu (metodą Schachtschabela). Analizy laboratoryjne wykonano w Instytucie Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

c) właściwości fizyczne:

W terminie zbioru za pomocą cylinderków Kopeckiego dla warstw 5–10 i 15–20 cm określono wilgotność i gęstość objętościową, a także porowatość kapilarną i ogólną. W tym samym terminie przy wykorzystaniu sondy uderzeniowej oznaczono zwięzłość gleby dla warstw 0–10 i 10–20 cm. Ocenę struktury gleby i trwałości agregatów glebowych przeprowadzono dla warstwy 0–20 cm metodą separacji na sucho (1) i na mokro (2) w aparacie Bakszejewa.

1. Mechaniczną trwałość agregatów glebowych określono wykorzystując metodę przesiewania na sucho. Pobrane próbki doprowadzono do stanu powietrznie suchego i przesiewano na sitach o średnicy oczek: 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 i 10,0 mm.

Z otrzymanych wartości obliczono następujące wskaźniki:

B – wskaźnik zbrylenia gleby wg wzoru:

$$B = \frac{\text{masa agregatów o } \varnothing > 10 \text{ mm w procentach}}{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing < 10 \text{ mm w procentach}}$$

W – wskaźnik struktury gleby wg wzoru:

$$W = \frac{\text{masa agregatów o } \varnothing 1 - 10 \text{ mm w procentach}}{\text{masa agregatów o } \varnothing > 10 \text{ mm i o } \varnothing < 0,25 \text{ mm w procentach}}$$

MWDa – średnia ważona średnica agregatu

$MWDa$ = suma iloczynów ze środków klasowych wielkości frakcji gruzełków przesianych na sucho i liczebności klasowej (procent wagowy) podzielona przez 100.

2. Wodoodporność agregatów glebowych oceniono metodą separacji na mokro w aparacie Bakszejewa w trzech powtórzeniach [Rewut 1980]. Każda z kolumn aparatu zawiera w sobie zestaw sit o następującej średnicy oczek: 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 i 7,0 mm.

Z otrzymanych wartości obliczono następujące wskaźniki:

MWDg – średnia ważona średnica gruzełka

$MWDg$ = suma iloczynów za środków klasowych wielkości frakcji gruzełków przesianych na mokro i liczebności klasowej (procent wagowy gruzełków) podzielona przez 100.

Wod – współczynnik wodoodporności wg wzoru:

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

4.2.3. Badania dotyczące zachwaszczenia

Oceny zachwaszczenia łąnu badanych roślin uprawnych dokonano dwukrotnie w trakcie ich wegetacji:

- rośliny zbożowe:
 - w końcowej fazie krzewienia metodą ilościowo-wagową na powierzchni 0,2 m²
 - w kwitnieniu metodą ilościowo-wagową na powierzchni na 0,5 m²
- ziemniak:
 - w fazie kwitnienia i zbioru metodą ilościowo-wagową z powierzchni 2 międzyrzędzi o długości 1 mb

4.2.4. Warunki fitosanitarne łąnu

Oceny porażenia korzeni i źdźbeł przez kompleks chorób podsuszkowych dokonano w fazie dojrzałości mleczno-woskowej żyta i owsa na 35 losowo wykopanych roślinach. Wydzielono 5 klas porażenia korzeni (0 – zdrowe; 1 – 1–10% porażenia; 2 – 11–30%

porażenia; 3 – 31–60% porażenia i 5 – > 60% porażenia) oraz 4 klasy porażenia podstawy źdźbła (0 – zdrowe; 1 – porażone słabo (do 30%); 2 – porażone średnio (do 60%) i 3 – porażone w stopniu silnym (powyżej 60%)). Indeks porażenia, osobno dla źdźbeł i korzeni, obliczono metodą Townsenda-Heubergera [Townsend i Heuberger 1943].

$$Ip [\%] = \frac{\sum_0^i n \cdot v}{i \cdot N} \cdot 100$$

gdzie:

Ip – indeks porażenia

v – klasa porażenia

n – liczba źdźbeł (roślin) w każdej klasie

i – najwyższa klasa porażenia

N – całkowita liczba badanych źdźbeł (roślin)

4.2.5. Badania cech morfologicznych i plonowania roślin rolniczych

W terminie zbioru zbóż, na każdym poletku z 1 mb trzech sąsiednich rzędów, pobrano rośliny, na których określono:

- liczbę roślin i kłosów na 1 m² oraz rozkrzewienie efektywne,
- pomiary biometryczne (długość źdźbeł i kłosów głównych) z 25 losowo wybranych roślin,
- liczbę i masę ziarna z 1 kłosa, MTZ, frakcję ziarna przy użyciu sit Vogla.

Plon ziarna ustalony został z powierzchni całego poletka.

W ziarnie oraz słomie na średnich próbkach obiektowych oznaczono zawartość azotu metodą Kjeldahla, fosforu metodą kolorymetryczną, potasu metodą fotopłomieniową.

W terminie zbioru ziemniaka na każdym poletku wykopano kolejno 15 roślin, na których określono liczbę i masę bulw spod 1 rośliny. Wyznaczono również plon bulw ogólny i handlowy (bulwy powyżej 4 cm) oraz zawartość skrobi metodą Reimanna-Parowa i jej plon. Obsadę ziemniaka podano w przeliczeniu na 1 ha.

Wyniki trzyletnich badań poddano analizie wariancji testem t-Studenta na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

4.3. Warunki glebowe

Doświadczenie zlokalizowano na piasku słabogliniastym podścielonym piaskiem luźnym, zaliczanym do kompleksu żytniego słabego, VI klasy bonitacyjnej.

Przed założeniem doświadczenia analizowana gleba odznaczała się następującymi właściwościami: pH w KCl 6,9 oraz zasobnością w składniki pokarmowe warstwy ornej: 99 mg·kg⁻¹ P i 120 mg·kg⁻¹ K.

4.4. Warunki klimatyczne

Czynnik klimatyczny wywiera znaczący wpływ na kształtowanie się wielkości pozyskanego plonu. Gąsiorowska i in. [2011] uważają, że warunki pogodowe mają zasadnicze znaczenie dla plonowania roślin uprawnych. Główną uwagę zwracają oni na rozkład opadów atmosferycznych w okresach krytycznych, w których zapotrzebowanie na wodę jest najważniejsze. Za takie dla zbóż uważa się okres od strzelania w źdźbło do dojrzałości mleczej (BBCH 30–75), natomiast dla ziemniaka to faza zawiązywania bulw i ich wzrost (BBCH 40–49). Podobnego zdania są Kuchar [1987], Panek [1991] oraz Orzech i in. [2009], którzy twierdzą, że plon zbóż warunkowany jest czynnikiem wodnym, szczególnie pomiędzy fazą strzelania w źdźbło a kłoszeniem. Brak opadów w kluczowych etapach rozwoju roślin uprawnych skutkuje m.in. zmniejszeniem liczby źdźbeł i kłosów oraz powierzchni asymilacyjnej, słabszym wykształcaniem kłosa i ziarna, mniejszym plonem, a także zmniejszeniem liczby bulw i wzrostem odsetku bulw drobnych. Biskupski i in. [2004] wykazali, że opady deszczu w czerwcu i lipcu wywierają decydujący wpływ na plonowanie zbóż. Radzka i in. [2009] oraz Gąsiorowska i in. [2011] stwierdzili, że na uzyskanie wyższych plonów zbóż wpływają niewielkie ilości opadów w okresie zimy i w kwietniu, z kolei większe wskazane są w fazie strzelania w źdźbło i w kwitnieniu. Dodatkowo uważają oni, że ich niedobór w tym okresie wraz w występującymi wówczas wysokimi temperaturami skutkują pogorszeniem jego struktury. Kalbarczyk [2004] twierdzi, że wielkość pozyskanego plonu ziemniaka uzależniona jest głównie od warunków glebowych i agrometeorologicznych. Podobnego zdania są Głuska [2000] i Płaza [2010], które jego wielkość uzależniają od sumy opadów oraz rozkładu temperatury w czasie wegetacji roślin. Radzka i in. [2007] twierdzą z kolei, że na wzrost i rozwój roślin większy wpływ mają warunki termiczne panujące w okresie wegetacyjnym. Opinię tę podzielają Sypniewski i in. [1995], Koziara [1996], Weikai i Hunt [1999] oraz Kalbarczyk [2005]. Budzyński i Krasowicz [2008] twierdzą, że na wielkość plonu zbóż w Polsce oprócz gorszych warunków przyrodniczych do ich uprawy

negatywnie wpływają m.in. wysycenie zmianowań roślinami kłosowymi, niekorzystna struktura obszarowa oraz zaniechanie wdrażania postępu biologicznego i agrotechnicznego.

Skinder i in. [2007] donoszą, że sukcesu w uprawie międzyplonów, szczególnie złożonych z motylkowych, należy upatrywać w dostępie nasion do wody w czasie ich kiełkowania i początkowego rozwoju roślin oraz temperaturach występujących we wrześniu i październiku. Podobnego zdania jest Wojciechowski [1998], który uważa, że strączkowe potrzebują dobrego uwilgotnienia gleby w okresie kiełkowania. Radecki i Rzeźnicki [2008] twierdzą, że niedobory opadów w początkowych fazach rozwoju międzyplonów ścierniskowych wpływają negatywnie na ilość pozyskanej biomasy. Dopka i in. [2012] informują, że tylko opady w ilości przekraczającej 140 mm w czasie wegetacji są w stanie zagwarantować powodzenie uprawy międzyplonów. Demidowicz i Gonet [1976] uważają, że optymalna temperatura w okresie uprawy międzyplonów powinna wynosić 13–14°C, zaś obniżenie jej do 5–10°C oznacza koniec ich wegetacji.

W trakcie wzrostu i rozwoju badanych roślin uprawnych w latach prowadzenia badań warunki pogodowe były zmienne i niejednokrotnie odbiegające od średnich z wielolecia (tab. 2). Dane, wykorzystane do ich zobrazowania w okresie trwania doświadczenia pozyskano ze Stacji Agro- i Hydrometeorologii Wrocław-Swojec.

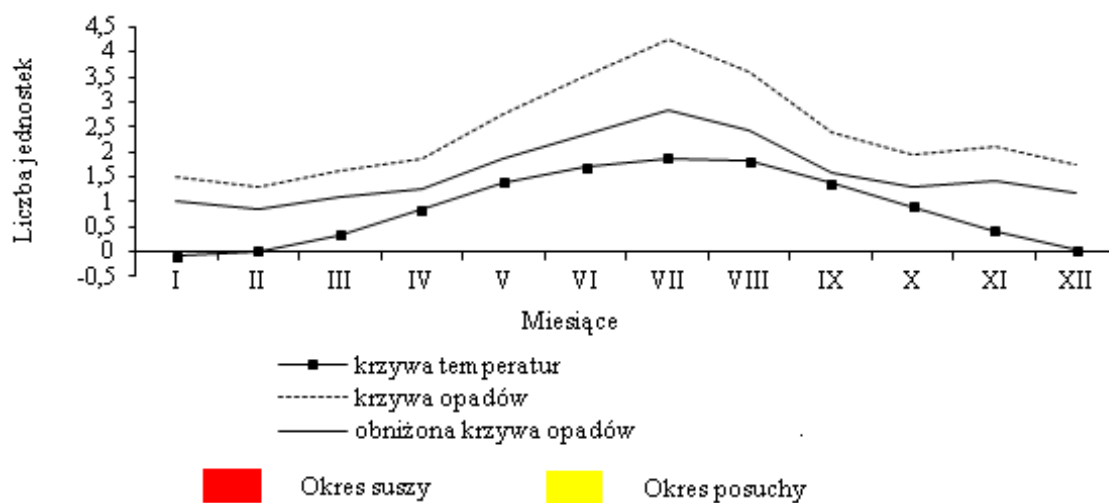
W celu dokładniejszego scharakteryzowania warunków pogodowych w czasie wegetacji międzyplonu ścierniskowego i roślin uprawnych posłużono się diagramami Waltera [1976] (rys. 1). Pozwalają one na interpretację współzależności oraz wpływu ilości opadów i temperatury na wzrost i rozwój roślin. Na osi rzędnych oznaczono miesiące, natomiast na osi odciętych średnie miesięczne temperatury oraz sumy miesięczne opadów. W odniesieniu do temperatury jednej jednostce odpowiada 10°C, natomiast ilość opadów przedstawiają dwie krzywe:

1. krzywa opadów – jednej jednostce odpowiada 20 mm
2. obniżona krzywa opadów – jednej jednostce odpowiada 30 mm

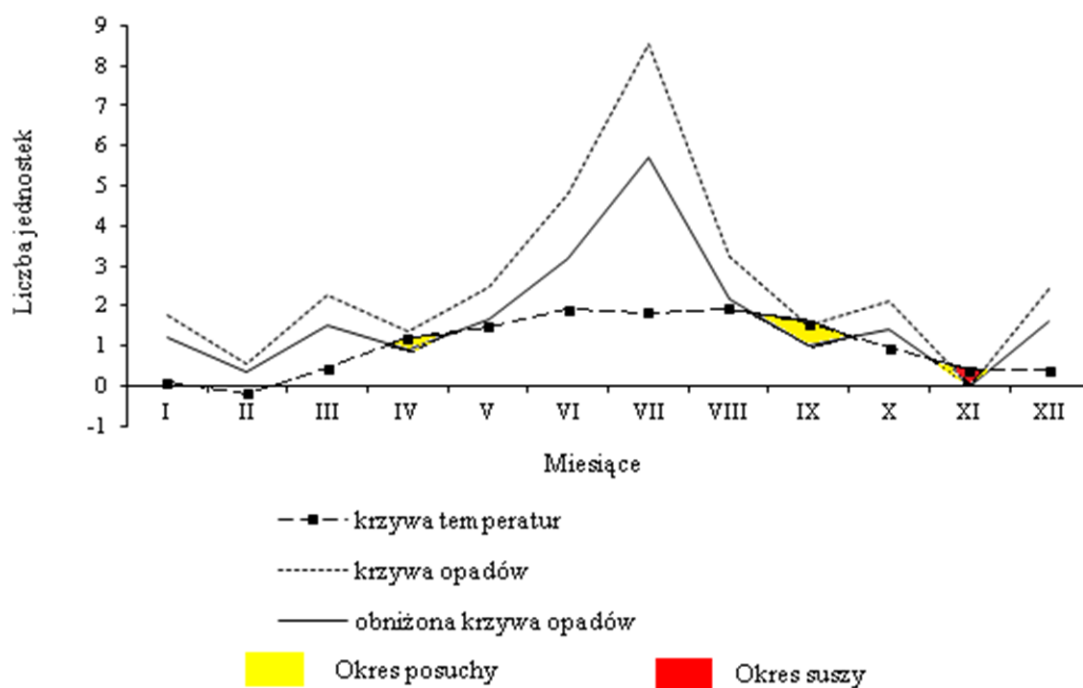
Diagramy Waltera w prosty sposób ukazują również okres suszy i posuchy. Pierwszy występuje gdy krzywa opadów przebiega poniżej krzywej temperatur, drugi natomiast wtedy kiedy obniżona krzywa opadów znajduje się poniżej krzywej temperatur.

Tabela 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza oraz sumy opadów

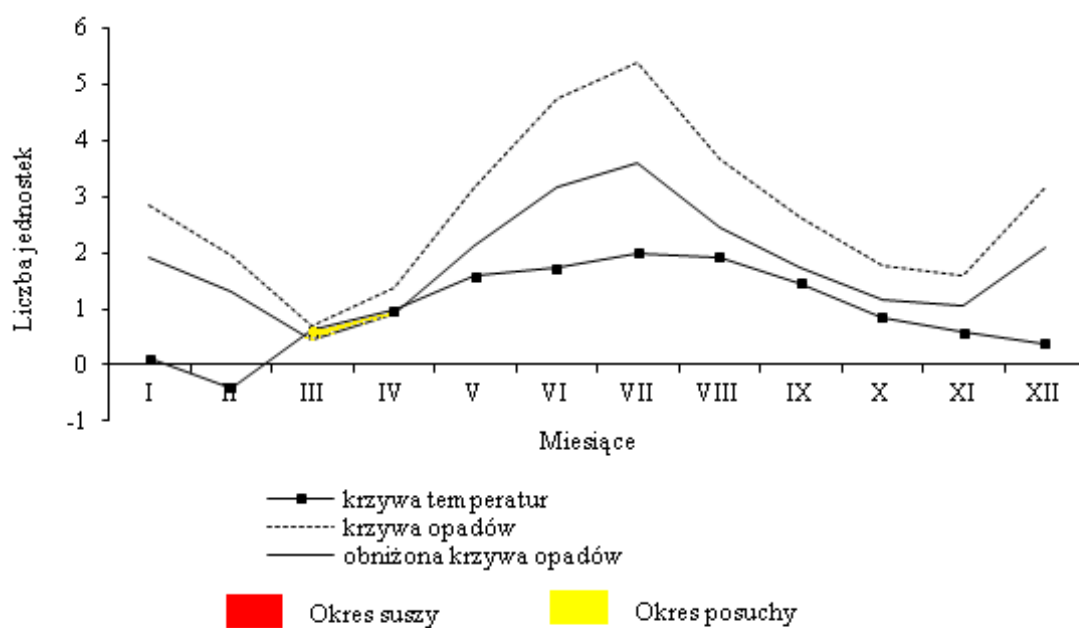
Lata	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura [°C]												
2011	0,7	-2,0	4,3	11,9	14,7	19,1	18,3	19,3	15,5	9,4	3,8	3,9
2012	1,1	-4,0	6,1	9,8	15,8	17,2	20,0	19,3	14,6	8,6	5,9	-0,8
2013	-1,6	0,1	-0,9	9,1	14,6	17,7	20,5	19,0	12,8	10,8	5,6	3,0
2014	0,8	4,0	7,0	10,9	13,7	17,0	21,7	18,0	15,7	10,9	6,9	2,6
Średnia 1968–2010	-0,9	0,2	3,4	8,5	13,9	16,9	18,7	18,2	13,7	9,0	4,2	0,4
Opady [mm]												
2011	35,5	10,5	45,2	27,0	49,4	95,7	170,9	64,8	30,3	42,6	0,0	48,7
2012	57,1	38,7	13,7	27,6	63,7	94,7	108,0	73,2	52,6	35,4	31,8	24,9
2013	52,3	30,5	43,0	42,7	135,9	171,7	36,3	68,2	121,4	7,8	25,8	13,0
2014	38,4	0,3	36,7	43,2	129,5	69,7	61,1	94,2	79,7	58,9	13,7	32,2
Średnia 1968–2010	30,4	26,2	32,3	37,5	55,4	70,7	84,9	72,4	47,5	39,0	42,5	35,1



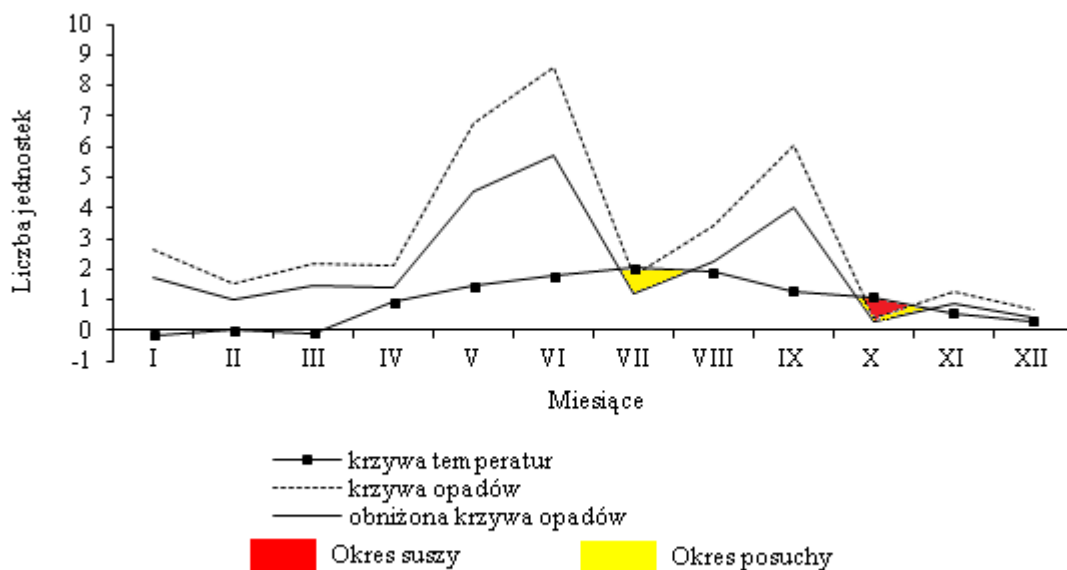
Rysunek 1. Przebieg pogody Wrocław-Swojec (lata 1968-2010)



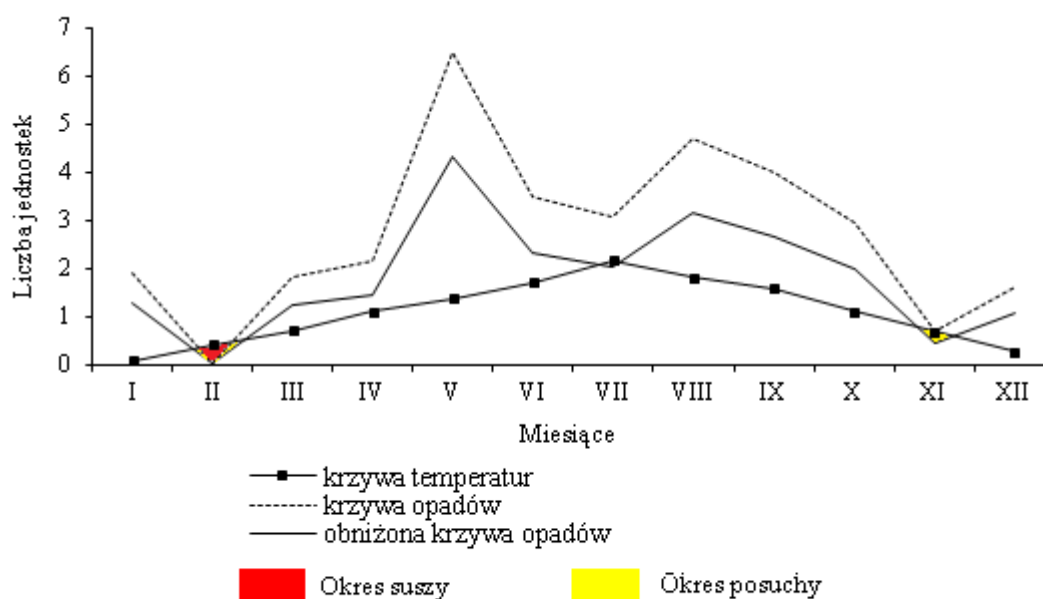
Rysunek 2. Przebieg pogody Wrocław-Swojec w roku 2011



Rysunek 3. Przebieg pogody Wrocław-Swojec w roku 2012



Rysunek 4. Przebieg pogody Wrocław-Swojec w roku 2013



Rysunek 5. Przebieg pogody Wrocław-Swojec w roku 2014

Międzyplony

Warunki pogodowe w czasie wegetacji międzyplonów były bardzo zróżnicowane i mogły mieć wpływ na ich wschody i plonowanie (tab. 2).

Stwierdzono, że najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla rozwoju międzyplonów wystąpiły w 2012 roku (rys. 3). Obfite opady w sierpniu i wrześniu oraz wyższa od wieloletniej temperatura w tych miesiącach oddziaływały pozytywnie na wzrost gorczycy i mieszanki łubinu żółtego z grochem polnym. Na wydłużenie wegetacji, a tym samym

uzyskanie większej ilości biomasy, wpływ miał również ciepły i wilgotny listopad. Gorsze warunki pogodowe odnotowano natomiast w pierwszym roku trwania doświadczenia. Niekorzystne oddziaływanie wynikało głównie z niewielkich ilości opadów, a także wysokiej temperatury we wrześniu i niskiej w listopadzie, co wpłynęło na skrócenie okresu wegetacji międzyplonów.

Ziemniak

Dla ziemniaka ważniejsze od potrzeb termicznych są panujące w okresie jego rozwoju warunki wodne. Uważa się, że zapotrzebowanie wczesnych odmian na wodę w ciągu całego sezonu wegetacyjnego wynosi od 250 do 300 mm. Ziemniak jako gatunek wrażliwy na zmiany warunków wodnych najwierniejszy plon daje przy ciepłej pogodzie i równomiernych, niezbyt wielkich, opadach. Warunki pogodowe występujące podczas trwania doświadczenia różniły się od średnich ustalonych dla lat 1968–2010, a rozbieżności dotyczyły zwłaszcza ilości i rozkładu opadów w czasie jego wegetacji. Najbardziej mokrym okazał się rok 2013, w którym spadło ponad 576 mm wody, o 156,7 i 98,8 mm więcej niż w pierwszym i trzecim roku trwania doświadczenia oraz o 207,8 mm więcej od średniej ustalonej dla lat 1968–2010. Opady najbliższe optymalnym zanotowano w 2012 roku (419,8 mm) co przedłożyło się na uzyskany plon ogólny i handlowy. Sezon ten cechował się korzystnym ich rozłożeniem w początkowej fazie wzrostu i rozwoju oraz w okresie zawiązywania bulw (nie wykazano okresów suszy ani posuchy). W ciągu trzech lat trwania doświadczenia średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka (IV–IX) nie odbiegała od danych wieloletnich i nie miała większego wpływu na wzrost i plonowanie ziemniaka.

Owies

Owies jest gatunkiem, który woli ciepłe i suche wiosny oraz słoneczne i suche lata. Wiosenne przymrozki nie stanowią jednak dla niego poważnego zagrożenia, a niska temperatura po wschodach może nawet wpływać korzystnie na jego plonowanie. W najcieplejszym kwietniu (2014 rok) temperatura podczas kiełkowania wyniosła 10,9°C i była o 2,4°C wyższa od średniej ustalonej dla wielolecia. W latach 2012–2014 podczas krzewienia panowały sprzyjające warunki termiczne bowiem temperatury nie przekraczały 20°C. W czasie prowadzenia badań najwyższą sumę opadów zanotowano w 2013 roku – 497,8 mm, a najniższą w 2012 – 380,2 mm i były one odpowiednio o 144,6 i 27,0 mm większe od średniej z wielolecia. Niektórzy uważają, że znaczne niedobory wody czerwcu (wiechowanie i kwitnienie) przyczyniają się do niskich plonów owsa. W miesiącu

tym najmniejsze opady stwierdzono w 2014 roku (69,7 mm) lecz były one tylko nieznacznie mniejsze od wartości wieloletniej (o 1,0 mm). Pomimo tego faktu najwyższy plon uzyskano w 2014 roku co może świadczyć o tym, że zaistniała sytuacja wynikała prawdopodobnie z korzystnych warunków wodnych panujących bezpośrednio w trakcie i tuż po siewie.

Żyto

Żyto jest rośliną charakteryzującą się niewielkimi wymaganiami termicznymi. Najkorzystniejsze warunki do skielkowania ziarniaków zaistniały w pierwszym i trzecim roku trwania doświadczenia, kiedy we wrześniu i październiku wyniosły one odpowiednio 15,5 oraz 10,8°C. Dodatkowo zboże to cechuje się również wysoką odpornością na ujemne temperatury, wytrzymując mrozy od -25 do -35°C, jednak w czasie trwania doświadczenia nie zaobserwowano wystąpienia tak skrajnych wartości. Najniższą temperaturę zanotowano w lutym 2012 roku i wynosiła ona wówczas -4°C. Dzięki dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowemu i mniejszemu niż u innych zbóż ulistnieniu, żyto charakteryzuje się mniejszymi wymaganiami wodnymi. Najwyższą sumę opadów w okresie krytycznym (od fazy strzelania w źdźbło do kwitnienia oraz w czasie wypełniania ziarniaka), tj. od końca kwietnia do początku czerwca, zanotowano w 2013 (350,3mm) i 2014 roku (242,4 mm) i była ona wówczas o 186,7 i 78,8 mm większa od średniej wieloletniej z tych miesięcy.

4.5. Zabiegi agrotechniczne

Międzyplony

Po zbiorze przedplonu wykonano podorywkę na głębokość 15 cm, a następnie przeprowadzono jednokrotne bronowanie broną średnią (z wyjątkiem ostatniego roku kiedy zabieg ten powtórzono dwukrotnie) (tab. 3). Dodatkowo w 2011 roku zaszła potrzeba doprawienia gleby agregatem uprawowym (dwa razy). W drugiej dekadzie sierpnia zastosowano nawożenie fosforem i potasem. Pomiędzy pierwszą a drugą dekadą sierpnia wysiano międzyplony ścierniskowe z gorzycy białej odmiany „Bardena” w ilości 20 kg·ha⁻¹ oraz mieszanki złożonej z grochu pastewnego odmiany „Roch” i łubinu żółtego odmiany „Dukat” po 100 kg·ha⁻¹ każde. W uprawie przed roślinami jarymi pozostawiono je na polu, bez wykonywania zabiegów agrotechnicznych, aż do wiosny przyszłego roku, i przyorano na głębokość 12–15 cm. Przed żytem przyorano je natomiast orką siewną.

Tabela 3. Całokształt zabiegów agrotechnicznych

Zabiegi agrotechniczne	Ziemniak	Owies	Żyto
Podorywka	19.08.	19.08.-28.08.	30.07.-19.08.
Bronowanie broną średnią	19.08.	19.08.-29.08.	2.08.-19.08.
Nawożenie PK 1*	19.08.	19.08.	19.08.-5.10.
Uprawa agregatem uprawowym	20.08.	20.08.	20.08.-6.10.
Siew międzyplonu	8.08.-20.08	8.08.-20.08	-
Orka siewna	-	-	24.09.-5.10.
Siew żyta	-	-	27.09.-6.10.
Oprysk herbicydowy	-	-	18.11.-22.11.
Nawożenie obornikiem	24.11.-28.11.	-	-
Orka przedzimowa	28.11-29.11.	28.11-29.11.	-
Przyoranie międzyplonu	3.03.-15.04.	3.03.-15.04.	-
Nawożenie PK 2*	11.03.-15.04	11.03.-15.04.	
Uprawa agregatem uprawowym	12.03.-16.04.	12.03.-16.04.	-
Siew owsa	-	13.03.-16.04.	-
Nawożenie N	19.04.-25.04.	30.04.-22.05.	3.03.-9.05.
Sadzenie ziemniaków	24.04.-30.04.	-	-
Oprysk regulatorem wzrostu	-	-	26.04.
Obredlanie ziemniaków	7.05.-19.06.	-	-
Bronowanie ziemniaków	21.05.		
Oprysk herbicydowy	21.05.-20.06.	30.04.-21.05.	-
Oprysk fungicydowy i insektydowy	6.06.-9.07.	23.05.-29.05.	-
Oprysk fungicydowy	10.07.-21.07.	-	-
Zbiór	8.09.-4.10.	9.08.-16.08.	21.07.-25.07.

* Nawożenie PK 1 pod międzyplon i żyto ozime

* Nawożenie PK 2 na obiektach bez międzyplonu i pod rośliny jare

Ziemniak

W drugiej dekadzie sierpnia po zbiorze przedplonu wykonano podorywkę oraz bronowanie broną średnią. Dodatkowo na obiektach przeznaczonych pod międzyplon zastosowano nawożenie PK w postaci superfosfatu 40% ($40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i soli potasowej 60% ($60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Następnie przeprowadzono uprawę agregatem uprawowym i wysiano międzyplon ścierniskowy (w zależności od sezonu wegetacyjnego między pierwszą, a drugą dekadą sierpnia), które pozostawiono do wiosny. W płodozmianie klasycznym po uprawkach późniejszych w trzeciej dekadzie listopada zastosowano nawożenie obornikiem w dawce $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ przyorując go orką przedzimową na głębokość 27–29 cm. Wiosną przyorano międzyplony, a na obiektach bez ich udziału oraz pod rośliny jare zastosowano nawożenie PK oraz uprawę agregatem uprawowym. Pod ziemniaki odmiany „Vineta”, które sadzono w trzeciej dekadzie kwietnia, w rozstawie 67,5x30 cm wysiano mocznik 46% (średnio $118 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). W maju i czerwcu odchwaszczanie łąnu wykonano metodą

mechaniczno-chemiczną stosując jednokrotne bronowanie (w drugim i trzecim roku) oraz kilkukrotne obsypywanie. W 2012 roku w metodzie chemicznej wykorzystano środki chwastobójcze „Sencor 70 WP” w dawkach 0,5 kg oraz 0,25 kg·ha⁻¹ i „Targa Super 05 EC” w ilości 1 l·ha⁻¹. W drugim roku trwania doświadczenie oprysk przeciwko chwastom wykonano jednorazowo środkami „Sencor 70 WP” i „Targa Super 05 EC” w dawkach 0,25 kg i 1 l·ha⁻¹, a w ostatnim wykorzystano preparaty „Sencor 70 WP” – 0,5 kg, „Sencor Liquid 600 SC” – 0,22 l·ha⁻¹ oraz „Targa Super 05 EC” – 1 l·ha⁻¹. W pierwszym roku zwalczanie patogenów odbyło się w czterech terminach. Na początku zastosowano preparaty „Curzate M 72,5 WP” oraz „Mospilan 20 SP”, następnie „Gwarant 500 SC” i „Mospilan 20 SP”, kończąc na dwóch opryskach środkiem „Infinito 687,5 SC”. W drugim roku doświadczenia ochronę przed szkodnikami i chorobami grzybowymi stosowano w dwóch terminach. W pierwszym wykonano oprysk insektycydem oraz fungicydem „Proteus 110 OD” w dawce 0,6 l·ha⁻¹ oraz „Curzate M 72,5 WP” w dawce 2 kg·ha⁻¹. W drugim terminie również wykonano łączony oprysk preparatami „Mospilan 20 SP” w dawce 120 g·ha⁻¹ oraz „Infinito 687,5 SC” w dawce 1,6 l·ha⁻¹. W 2014 patogeny zwalczano przy użyciu takich środków jak: „Altima 500 SC” w ilości 0,4 l·ha⁻¹, „Proteus 110 OD” – 0,4 l·ha⁻¹ (dwa opryski w odstępie 6 dni), „Curzate M 72,5 WP” w dawce 2 kg·ha⁻¹ oraz „Altima 500 SC” – 0,4 l·ha⁻¹. Zbiór plonu z poletek przeprowadzono jednoetapowo przy użyciu kombajnu ziemniaczanego.

Owies

Początkowe zabiegi przeprowadzone w łanie owsa były zbliżone do tych wykonanych w uprawie ziemniaka. Od marca do kwietnia wysiewano owies jary odmiany „Rajtar” – w pierwszym i trzecim roku doświadczenia w ilości 170 kg·ha⁻¹, natomiast w drugim 180 kg·ha⁻¹ w rozstawie 12 cm zapewniając tym samym jego optymalne wschody. W terminie od trzeciej dekady kwietnia do trzeciej dekady maja stosowano nawożenie azotowe w postaci saletry amonowej 32% (63 kg·ha⁻¹). W chemicznej walce z chwastami zastosowano preparat „Chwastox Trio 540 SL” w dawce 1,5 l·ha⁻¹. Oprysk środkiem grzybobójczym „Amistar 250 SC” w dawce 0,9 l·ha⁻¹ połączony został z zabiegiem ochronnym przeciwko owadom, podczas którego użyto preparatu „Decis Mega 50 EC” w ilości 0,12 l·ha⁻¹. Zbioru owsa dokonano między pierwszą i drugą dekadą sierpnia.

Żyto

W zmianowaniach, w których żyto uprawiane było po innym przedplonie niż ziemniak uprawki późniwne wykonano tak jak pod ziemniak i owies. W stanowisku po ziemniaku nie wykonywano uprawek późniwnych. Przed siewem żyta wykonano orkę siewną na głębokość 20 cm połączoną z podwójną uprawą agregatem uprawowym. Żyto ozime odmiany „Dańkowskie Złote” wysiano w pierwszym roku doświadczenia w ilości $175 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, w drugim – $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, zaś w trzecim – $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w rozstawie 12 cm zapewniając tym samym jego prawidłowe i równomierne wschody. W chemicznej walce z chwastami w pierwszym roku doświadczenia wykorzystano preparat „Alister Grande 190 OD” w dawce $1 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ w drugim wykonano oprysk środkami „Protugan 500 SC” oraz „Pendigan 330 EC” w dawkach 1 oraz $3 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ natomiast w trzecim herbicydem „Maraton 375 SC” – $4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. W drugim roku doświadczenia użyto również preparatu z grupy regulatorów wzrostu „Modus 250 EC” w ilości $0,6 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wiosną zastosowano nawożenie azotem w postaci saletry amonowej 32% w ilości $73 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zbioru żyta dokonano w trzeciej dekadzie lipca.

5. Omówienie wyników

5.1. Plonowanie i wartość nawozowa międzyplonów ścierniskowych

Najwyższy **plon biomasy** międzyplonów ścierniskowych uzyskano z mieszanki łubinu żółtego z grochem polnym w drugim roku badań. Wytworzyła ona wówczas o 9,9% oraz 28,0% większą masę niż w latach 2011 i 2013 roku (tab. 4). Wynikało to przede wszystkim z wysokich opadów w całym jesiennym okresie wegetacji międzyplonów. Gorczyca biała najlepiej plonowała natomiast w 2011 roku, o 2,4% i aż 75,2% wyżej niż drugim i trzecim roku trwania doświadczenia. Jesienią tego roku suma opadów od sierpnia do listopada była o 55,3 mm mniejsza niż w roku 2012.

Największą biomasę części nadziemnej gorzycy uzyskano w zmianowaniu dwupolowym owsa z żytem, w którym pozyskano jej nieznacznie o 0,6 i 8,8% więcej niż w dwupolówce okopowo-zbożowej i trójpolówce. Dla mieszanki najwyższą jej wartość wykazano w dwupolówce ziemniaka z żytem, o 13,2 oraz o 33,9% większą niż w trójpolówce i zmianowaniu zbożowym. Plon korzeni międzyplonów we wszystkich następstwach kształtował się natomiast na zbliżonym poziomie i nie był on istotny statystycznie.

Tabela 4. Plon suchej masy międzyplonów ścierniskowych (t·ha⁻¹)

Zmianowanie	Części nadziemne				Korzenie				Razem			
	2011	2012	2013	Średnio	2011	2012	2013	Średnio	2011	2012	2013	Średnio
z-o-ż+g.	1,72	1,85	0,84	1,47	0,27	0,19	0,22	0,23	1,99	2,05	1,06	1,70
z-ż+g.	2,00	1,86	0,92	1,59	0,38	0,18	0,13	0,23	2,38	2,05	1,05	1,83
o-ż+g.	1,74	1,83	1,22	1,60	0,25	0,29	0,31	0,28	2,00	2,12	1,53	1,88
NIR _{0,05}	r.n.*	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,05	0,13	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnio	1,82	1,85	0,99	-	0,30	0,22	0,22	-	2,12	2,07	1,21	-
NIR _{0,05}	0,44				0,05				0,48			
z-o-ż+m.	2,10	2,50	2,22	2,27	0,41	0,34	0,26	0,34	2,51	2,84	2,48	2,61
z-ż+m.	2,44	2,78	2,50	2,57	0,36	0,34	0,29	0,33	2,80	3,13	2,79	2,91
o-ż+m.	2,12	2,37	1,26	1,92	0,43	0,29	0,21	0,31	2,55	2,66	1,47	2,23
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	0,27	0,45	r.n.	0,03	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,33	0,45
Średnio	2,22	2,55	1,99	-	0,40	0,32	0,25	-	2,62	2,88	2,25	-
NIR _{0,05}	r.n.				0,05				0,45			

*r.n. – różnice nieistotne statystycznie

Zawartości makroskładników w suchej masie międzyplonów zależały od rodzaju rośliny jednak w żadnym przypadku nie były istotne statystycznie (tab. 5).

Tabela 5. Zawartość makroskładników w suchej masie międzyplonów ścierniskowych [%] (średnie z lat 2011–2013)

Zmianowanie	Części nadziemne			Korzenie		
	N	P	K	N	P	K
z-ż-o+g.	1,65	0,39	1,75	1,17	0,48	1,41
z-ż+g.	1,87	0,43	1,77	1,38	0,51	1,67
o-ż+g.	1,55	0,40	1,78	1,27	0,49	1,55
Średnio	1,69	0,41	1,77	1,27	0,49	1,54
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
z-ż-o+m.	3,17	0,46	2,07	3,47	0,73	2,00
z-ż+m.	3,20	0,49	2,33	3,42	0,75	1,96
o-ż+m.	3,02	0,47	2,43	3,63	0,72	2,10
Średnio	3,13	0,47	2,28	3,51	0,73	2,02
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Najwięcej makroelementów wprowadzono do gleby z roślinami strączkowymi (tab. 6). W zmianowaniu trójpolowym dostarczono z nimi prawie 3-krotnie więcej azotu oraz blisko 2-krotnie więcej fosforu i potasu niż z gorczycą. W dwupolówce ziemniaka z żytem było prawie 3-krotnie więcej N, o 89,1% P oraz przeszło 2-krotnie K. W dwupolówce zbożowej azotu było ponad 2-krotnie, fosforu o 38,4%, a potasu o 68,8% więcej niż wniesionych z gorczycą.

Tabela 6. Masa składników pokarmowych wprowadzonych do gleby z międzyplonami ścierniskowymi [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] (średnie z lat 2011–2013)

Zmianowanie	N			P			K		
	Cz.n.*	K	R	Cz.n.	K	R	Cz.n.	K	R
Gorczyca									
z-ż-o	25,6	2,66	28,3	5,49	1,11	6,60	25,5	3,24	28,7
z-ż	32,2	3,26	35,5	6,61	1,09	7,70	29,3	4,00	33,3
o-ż	25,7	3,61	29,4	6,30	1,43	7,73	28,5	4,41	32,9
Średnio	27,8	3,18	31,1	6,13	1,21	7,34	27,8	3,88	31,6
NIR _{0,05}	r.n.	0,74	r.n.	r.n.	0,29	r.n.	r.n.	0,85	r.n.
Mieszanka									
z-ż-o	71,4	11,4	82,8	10,3	2,34	12,6	47,0	6,71	53,7
z-ż	81,8	11,3	93,1	12,5	2,39	14,8	60,2	6,50	66,7
o-ż	60,1	11,0	71,1	8,72	2,07	10,8	48,1	6,48	54,6
Średnio	71,1	11,2	82,3	10,5	2,27	12,7	51,8	6,56	58,3
NIR _{0,05}	15,0	r.n.	15,2	1,88	r.n.	1,97	11,3	r.n.	11,4

Cz.n. – części nadziemne, K – korzenie, R – reszta

5.2. Oddziaływanie międzyplonów ścierniskowych na stan ładu roślin uprawnych

5.2.1. Zachwaszczenie roślin uprawnych

Ziemniak

Najmniejszą **liczbę chwastów** w fazie kwitnienia ziemniaka stwierdzono w przemiennej uprawie tej rośliny z żytem, w której było ich istotnie o 19,3% oraz 20,1% mniej niż w cztero- i trójpolówce (tab. 7). Wraz ze wzrostem udziału ziemniaka w zmianowaniu obserwowano zwiększenie **suchej masy chwastów**. W poprawnym przyrodniczo płodozmianie była ona o 31,6% mniejsza niż w zmianowaniu trójpolowym oraz o 58,7% od określonej w dwupolówce.

Wykazano korzystny wpływ przyorywania międzyplonów ścierniskowych na redukcję liczby chwastów w fazie kwitnienia ziemniaka. Skuteczniejsza w tym zakresie okazała się mieszanka międzyplonowa, która w zmianowaniu trójpolowym ograniczyła ich ilość o 31,5%, a w dwupolówce ziemniaka z żytem o 30,3% w stosunku do wykazanych w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Nie udowodniono natomiast istotnego wpływu przyorywanych międzyplonów na redukcję suchej masy chwastów w zmianowaniu trójpolowym. W dwupolówce ziemniaka z żytem najniższą jej wartość odnotowano po mieszance i była ona o 0,9% mniejsza niż po gorczycy i istotnie o 21,2% od wykazanej w uprawie bez międzyplonu.

Tabela 7. Zachwaszczenie ładu ziemniaka (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Faza kwitnienia		Przed zbiorem	
	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]	Sucha masa [g·m ⁻²]	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]	Sucha masa [g·m ⁻²]
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	46,2	1,21	48,4	115,0
z-o-ż	46,7	1,77	61,6	209,0
z-o-ż+g.	41,3	1,53	53,1	137,0
z-o-ż+m.	32,2	1,62	38,0	114,0
z-ż	37,3	2,93	56,4	213,0
z-ż+g.	32,2	2,48	46,2	136,0
z-ż+m.	26,0	2,31	33,3	101,0
NIR _{0,05}	5,66	0,51	8,39	22,1

W terminie zbioru ziemniaka najniższą liczbę chwastów określono w czteropolówce, w której była ona istotnie o 21,4% mniejsza niż w trójpolówce oraz nieznacznie o 14,2% niż w dwupolówce ziemniaka z żytem. Również ich powietrznie sucha masa najniższa była

w płodozmianie typu Norfolk o 45,0 i 46,0% od określonej w zmianowaniu dwu- i trójpolowym.

Wprowadzenie międzyplonu z gorczycy lub mieszanki strączkowej ograniczyło liczbę chwastów w trójpolówce odpowiednio o 13,8 i 38,3% w porównaniu do stwierdzonych w uprawie bez jego udziału. W przemiennej uprawie ziemniaka z żytem różnice te wyniosły analogicznie 18,1% i 41,0%. Lepszą w ograniczeniu suchej masy chwastów ponownie okazała się mieszanka strączkowa. W zmianowaniu trój- i dwupolowym, po tym międzyplonie, była ona o 45,5 i 52,6% mniejsza od stwierdzonej w uprawie bez tego elementu agrotechniki.

W analizie jakościowej chwastów wykazano dominującą obecność gatunków takich jak: *Viola arvensis*, *Erodium cicutarium*, *Equisetum arvense*, *Setaria pumila* oraz *Echinochloa crus-galli* (tab. 8). Nie udowodniono istotnego wpływu zastosowanych zmianowań ani rodzaju międzyplonu na liczebność fiołka polnego. Najliczniej występował on w płodozmianie klasycznym, w którym było go o 4,1% więcej niż w trójpolówce oraz o 21,1% od stwierdzonego w dwupolówce. Lepszą w ograniczaniu jego populacji okazała się mieszanka strączkowa, po której w zmianowaniu trójpolowym było o 36,3%, a w dwupolowym o 27,2% mniej *Viola arvensis* niż w uprawie bez tego elementu zmianowania.

Najwięcej *Erodium cicutarium* stwierdzono w zmianowaniu norfolkskim i było jej o 8,2% oraz istotnie o 65,3% więcej niż w trój- i dwupolówce. Międzyplony tylko w płodozmianie trójpolowym modyfikowały istotnie występowanie tego gatunku. W zmianowaniu tym po gorczycy ilość iglicy pospolitej była o 39,5%, a po mieszance łubinu z grochem o 64,5% mniejsza niż w uprawie bez międzyplonu.

Najwięcej skrzypu polnego określono w dwupolówce ziemniaka z żytem (ponad 2-krotnie więcej niż w zmianowaniu trójpolowym). Uprawa międzyplonu z gorczycy nie regulowała istotnie jego liczebności natomiast mieszanka powodowała nieznaczny jej wzrost. Jedynie w trójpolówce, po wiosennym przyoraniu strączkowych, wykazano blisko 4-krotnie więcej *Equisetum arvense* niż na obiekcie, na którym ich nie stosowano.

Nie stwierdzono istotnego wpływu zmianowania oraz rodzaju międzyplonu na ograniczenie liczebności *Echinochloa crus-galli*.

Najwięcej włośnicy sonej określono w zmianowaniu trójpolowym i było jej ponad 3-krotnie więcej niż w cztero- i dwupolówce. Wprowadzenie do uprawy międzyplonów nie wpłynęło istotnie na redukcję występowania tego gatunku.

Poza dominującymi gatunkami chwastów w łąnie ziemniaka wykazano także obecność *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Anchusa arvensis*, *Geranium pusillum*, *Vicia hirsuta* oraz *Elymus repens*.

Tabela 8. Gatunki chwastów występujące w łąnie ziemniaka [szt. \cdot m⁻²] (średnie z lat 2012–2014)

Faza kwitnienia							
Zmianowanie	Liczba chwastów	Gatunki dominujące					
		VIOAR	EROCI	EQUAR	ECHCG	SETPU	Pozostałe
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	46,2	17,8	23,8	0,00	2,89	0,67	1,08
z-o-ż	46,7	17,1	22,0	1,11	0,22	3,33	2,89
z-o-ż+g.	41,3	20,9	13,3	1,11	4,00	0,44	1,56
z-o-ż+m.	32,2	10,9	7,8	5,11	2,22	4,89	1,32
z-ż	37,3	14,7	14,4	2,89	2,22	0,67	2,44
z-ż+g.	32,2	14,0	11,3	2,89	1,11	0,44	2,44
z-ż+m.	26,0	10,7	7,6	5,11	2,41	0,22	0,00
NIR _{0,05}	5,66	r.n.	7,67	3,72	r.n.	3,39	r.n.
Przed zbiorem							
Zmianowanie	Liczba chwastów	Gatunki dominujące					
		EROCI	VIOAR	SETPU	EQUAR	CHEAL	Pozostałe
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	48,4	27,3	10,0	3,33	1,11	3,11	3,56
z-o-ż	61,6	38,4	12,0	1,11	1,11	5,56	3,37
z-o-ż+g.	53,1	30,0	12,0	5,33	0,89	2,67	2,22
z-o-ż+m.	38,0	16,2	11,1	3,78	4,44	1,33	1,11
z-ż	56,4	24,7	12,0	6,44	4,44	3,78	5,08
z-ż+g.	46,2	23,6	10,4	2,22	5,33	0,44	4,22
z-ż+m.	33,3	14,7	6,2	4,22	5,56	0,67	1,99
NIR _{0,05}	8,39	7,00	r.n.	r.n.	r.n.	2,05	r.n.

VIOAR – *Viola arvensis*, EROCI – *Erodium cicutarium*, EQUAR – *Equisetum arvense*, ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, SETPU – *Setaria pumila*, CHEAL – *Chenopodium album*

Przed zbiorem ziemniaka zaobserwowano dominujące występowanie: *Erodium cicutarium*, *Viola arvensis*, *Setaria pumila*, *Equisetum arvense* oraz *Chenopodium album*. Największą liczbę iglicy pospolitej wykazano w zmianowaniu trójpolowym, w którym było jej o 40,7% oraz 55,5% więcej niż w cztero- i dwupolówce. Przyoranie międzyplonów ścierniskowych przyczyniło się do zmniejszenia jej ilości, a lepszą pod tym względem okazała się mieszanka roślin strączkowych niż gorczyca. Po jej zastosowaniu liczba *Erodium cicutarium* była o 57,8 i 40,5% mniejsza w zmianowaniu trójpolowym i dwupolówce ziemniaka z żytem. Dla gorzycy różnice te wynosiły analogicznie 21,9 oraz 4,5% i nie zawsze były istotne statystycznie.

W trój- i dwupolówce fiołek polny występował w tej samej liczbie (12 szt. \cdot m⁻²) i było go o 20,0% więcej niż w przyrodniczo poprawnym płodozmianie. Wprowadzenie do

zmianowań międzyplonów z reguły powodowało redukcję jego liczebności, lecz były to różnice nieistotne statystycznie.

Najwięcej włośnicy sonej wykazano w dwupolówce ziemniaka z żytem, w której było jej o 93,4% więcej niż w płodozmianie klasycznym oraz blisko 5-krotnie więcej od stwierdzonej w zmianowaniu trójpolowym. Przyoranie międzyplonów ograniczyło liczebność *Setaria pumila* jedynie w zmianowaniu dwupolowym, choć nie były to różnice istotne statystycznie.

Skrzyp polny najliczniej występował w zmianowaniu ziemniaka z żytem, 3-krotnie więcej niż w cztero- i trójpolówce. Międzyplony nie wpływały z reguły na ograniczenie jego liczby, a niekiedy powodowały nawet jej wzrost.

Największe zagęszczenie komosy białej wykazano w zmianowaniu trójpolowym i było ono odpowiednio o 47,1 i 78,8% większe niż w dwu- i czteropolówce. Międzyplony ścierniskowe przyczyniły się istotnie do redukcji liczby *Chenopodium album* w poszczególnych zmianowaniach. Lepszą okazała się mieszanka, po której w zmianowaniu trójpolowym oraz dwupolówce było jej odpowiednio o 76,1% oraz 82,3% mniej niż w uprawie bez jej udziału.

W ogólnej populacji zachwaszczenia stwierdzono również występowanie: *Elymus repens*, *Poa annua*, *Spergula arvensis*, *Sonchus arvensis*, *Anchusa arvensis*, *Vicia hirsuta*, *Myosotis arvensis*, *Conyza canadensis* oraz *Senecio vulgaris*.

Owies

Typ płodozmiaru nie wpłynął znacząco na **liczbę i suchą masę chwastów w fazie krzewienia** owsa (tab. 9).

Międzyplony ścierniskowe również nie miały większego znaczenia w ograniczaniu ich liczebności. Po wiosennym przyoraniu mieszanki grochu i łubinu ich liczba w zmianowaniu dwupolowym była o 21,5% mniejsza niż po gorczycy oraz o 22,3% od określonej w uprawie bez tego elementu agrotechniki. W trójpolówce po gorczycy stwierdzono wzrost zachwaszczenia o 20,3%, a po mieszance kształtował się on na podobnym poziomie jak w uprawie bez jej udziału. Międzyplony przyczyniły się z kolei istotnie do redukcji suchej masy chwastów w łanie owsa. W zmianowaniu trójpolowym najniższą jej wartość określono po roślinach strączkowych i była ona o 9,8% mniejsza niż w uprawie bez międzyplonu. W dwupolówce owsa z żytem powietrznie sucha masa chwastów była o 39,4% mniejsza od stwierdzonej w obiekcie bez tego elementu agrotechniki i o 19,7% mniejsza niż po gorczycy.

Po gorczycy białej w płodozmianie trójpolowym stwierdzono wyraźny wzrost omawianej cechy (o 22,1%), natomiast w dwupolówce jej spadek (o 24,6%) względem kontroli.

Tabela 9. Zachwaszczenie owsa siewnego (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Faza krzewienia		Faza kwitnienia	
	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]	Sucha masa [g·m ⁻²]	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]	Sucha masa [g·m ⁻²]
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	201	16,2	166	13,5
z-o-ż	202	16,3	142	15,3
z-o-ż+g.	243	19,9	125	13,4
z-o-ż+m.	205	14,7	103	14,7
o-ż	179	17,5	100	21,8
o-ż+g.	177	13,2	92	11,2
o-ż+m.	139	10,6	57	9,6
NIR _{0,05}	49,6	3,29	19,5	4,52

W fazie kwitnienia owsa najmniej chwastów określono w dwupolówce owsa z żytem, gdzie było ich istotnie o 29,6% mniej niż w trójpolówce oraz o 39,8% od wykazanych w zmianowaniu przyrodniczo poprawnym. Najniższą wartość suchej masy uzyskano w płodozmianie typu Norfolk i była ona o 11,8% mniejsza niż w trójpolówce i o 38,1% od stwierdzonej w przemiennej uprawie owsa z żytem.

Międzyplony ścierniskowe różnicowały istotnie liczbę chwastów, a lepszą w tym zakresie okazała się mieszanka roślin strączkowych niż gorczyca biała. W trójpolówce liczba chwastów po gorczycy była o 12,0%, a po mieszance o 27,5% mniejsza od określonej w uprawie bez międzyplonów. W zmianowaniu dwupolowym różnice te wyniosły analogicznie 8,2% i aż 43,3%. W zmianowaniu trójpolowym sucha masa chwastów po gorczycy była o 8,8% mniejsza niż po mieszance i o 12,4% od wykazanej w uprawie bez międzyplonów. W dwupolówce ponownie lepszą okazała się mieszanka, po której uzyskano o 14,5% mniejszą masę chwastów niż po gorczycy i aż o 56,1% niż w uprawie bez tego elementu zmianowania.

W fazie kwitnienia owsa, niezależnie od zmianowania dominującymi chwastami były: *Viola arvensis*, *Erodium cicutarium*, *Setaria pumila*, *Chenopodium album* oraz *Echinochloa crus-galli* (tab. 10). Największą liczbę fiołka polnego odnotowano w zmianowaniu trójpolowym i była ona o 27,1% większa niż w czteropolówce oraz ponad 2-krotnie większa od wykazanej w przemiennej uprawie owsa z żytem. Istotny wpływ międzyplonów na redukcję liczebności tego gatunku zaobserwowano jedynie w zmianowaniu trójpolowym, w którym po przyoraniu mieszanki strączkowej było go o 46,0% mniej niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki.

Największe występowanie iglicy pospolitej stwierdzono w płodozmianie typu Norfolk, ponad 2-krotnie więcej niż w trójpolówce i o 25,7% więcej niż w zmianowaniu dwupolowym. Istotny wpływ międzyplonów na ograniczenie liczebności *Erodium cicutarium* wykazano jedynie w dwupolówce zbożowej, w której po przyoraniu roślin strączkowych i gorczycy liczba tego gatunku była odpowiednio o 51,0 i 58,9% mniejsza.

W płodozmianie klasycznym wykazano również najliczniejsze nagromadzenie włośnicy sonej (2-krotnie i blisko 4-krotnie większe niż w trój- i dwupolówce) oraz komosy białej (większe odpowiednio o 8,5 i 31,1%). Uprawa międzyplonów doprowadziła do istotnej redukcji liczby *Setaria pumila* w zmianowaniu trójpolowym o 91,7% (po gorczycy) oraz 97,5% (po mieszance). Nie wpłynęły one jednak znacząco na ograniczenie liczebności *Chenopodium album* w analizowanych płodozmianach.

Stwierdzono również, że chwastnica jednostronna w zmianowaniu trójpolowym występowała odpowiednio o 89,0% i ponad 2-krotnie liczniej niż w dwu- i czteropolówce. W płodozmianie tym określono również istotny wpływ mieszanki na zmniejszenie liczebności *Echinochloa crus-galli* (o 78,2%).

Oprócz gatunków dominujących stwierdzono również obecność: *Elymus repens*, *Poa annua*, *Spergula arvensis*, *Equisetum arvense*, *Anchusa arvensis*, *Vicia hirsuta*, *Thlaspi arvense*, *Matricaria chamomilla*, *Polygonum aviculare*, *Myosotis arvensis*, *Trifolium repens* oraz *Senecio vulgaris*.

Tabela 10. Gatunki chwastów występujące w fazie kwitnienia owsa siewnego [szt. \cdot m⁻²] (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Liczba chwastów	VIOAR	EROCI	SETPU	CHEAL	ECHCG	Pozostałe
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	166	63,1	31,8	53,8	8,40	2,00	6,90
z-o-ż	142	80,2	15,1	26,9	7,80	5,30	6,40
z-o-ż+g.	125	61,1	29,6	2,20	11,3	16,7	4,00
z-o-ż+m.	103	43,3	15,3	0,70	9,60	24,7	9,80
o-ż	100	39,6	25,3	11,6	6,40	3,80	13,6
o-ż+g.	92	47,1	10,4	21,8	4,70	0,40	7,30
o-ż+m.	57	28,7	12,4	5,10	5,60	0,70	4,20
NIR _{0,05}	19,5	26,1	9,40	22,0	r.n.	16,0	r.n.

VIOAR – *Viola arvensis*, EROCI – *Erodium cicutarium*, SETPU – *Setaria pumila*, CHEAL – *Chenopodium album*, ECHCG – *Echinochloa crus-galli*

Żyto

Typ zmianowania miał istotny wpływ na zachwaszczenie ładu żyta w fazie krzewienia (tab. 11). Najmniejszą **liczbę chwastów** wykazano w płodozmianie typu Norfolk, w którym było ich o 51,9% mniej niż w trójpolówce oraz o 47,5% w dwupolówce zbożowej i 47,0% od

wykazanej w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem. Poprawne przyrodniczo zmianowanie charakteryzowało się również najniższą suchą masą i była ona istotnie o 47,4% mniejsza od stwierdzonej w trójpolówce. W odniesieniu do wykazanej w dwupolówkach ziemniaka z żytem i owsa z żytem różnice wyniosły odpowiednio 42,7 oraz 43,5%.

Przyoranie mieszanki strączkowej ograniczyło zachwaszczenie, choć nie zawsze były to różnice istotne statystycznie. W płodozmianie trójpolowym po grochu i łubinie stwierdzono o 17,6% mniej chwastów od wykazanych w uprawie bez tego elementu zmianowania. Liczba chwastów po gorczycy jedynie w trójpolówce była istotnie o 14,4% mniejsza. Międzyplony zredukowały również suchą masę chwastów, a lepszą ponownie okazała się mieszanka niż gorczyca. W płodozmianie trójpolowym ograniczyła ona ją o 16,4%, w dwupolówce ziemniaka z żytem o 17,2%, a w zmianowaniu zbożowym o 19,9%. Wyraźny wpływ gorczycy na badaną cechę ujawnił się jedynie w dwupolówce okopowo-zbożowej i wyniósł 17,9%.

Zmianowania oraz międzyplony nie miały większego wpływu na liczbę oraz suchą masę chwastów w fazie kwitnienia żyta.

Tabela 11. Zachwaszczenie żyta zwyczajnego (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Faza krzewienia		Faza kwitnienia	
	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]	Sucha masa [g·m ⁻²]	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]	Sucha masa [g·m ⁻²]
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	56,7	7,68	6,44	0,79
z-o-ż	118	14,6	10,0	0,47
z-o-ż+g.	101	13,4	9,56	1,24
z-o-ż+m.	97,2	12,2	9,11	4,18
z-ż	107	13,4	7,11	2,57
z-ż+g.	108	11,0	14,7	10,0
z-ż+m.	101	11,1	9,33	5,91
o-ż	108	13,6	12,0	0,93
o-ż+g.	113	13,2	20,9	2,45
o-ż+m.	98,9	10,9	14,9	2,87
NIR _{0,05}	14,7	1,23	6,62	2,80

W fazie kwitnienia żyta gatunkami dominującymi występującymi w łanie były m.in. *Equisetum arvense*, *Erodium cicutarium*, *Viola arvensis*, *Echinochloa crus-galli* oraz *Chenopodium album* (tab. 12).

Największe zagęszczenie skrzypu polnego odnotowano w dwupolówce żyta z ziemniakiem, aż 13-krotnie więcej niż w płodozmianie trójpolowym, chociaż różnica ta nie

była istotna statystycznie. Uprawa międzyplonów przyczyniła się do zwiększenia występowania *Equisetum arvense* w łanie żyta.

Iglica pospolita najliczniej występowała w zmianowaniu trójpolowym, gdzie było jej o 83,1% więcej niż w dwupolówce ziemniaka z żytem (różnica nieistotna statystycznie). Przyoranie międzyplonów ograniczyło zachwaszczenia łanu przez *Erodium cicutarium*, przy czym skuteczniejszą okazała się mieszanka strączkowa, po której liczebność tego gatunku była istotnie o 81,7% mniejsza w trójpolówce oraz nieistotnie o 91,8 i 57,8% od wykazanej w dwupolówkach ziemniaka z żytem i zbożowej.

Najwięcej fiołka polnego odnotowano w zmianowaniu owsa z żytem, w którym było go ponad 8-krotnie więcej niż w dwupolówce ziemniaka z żytem oraz płodozmianie poprawnym przyrodniczo. Wprowadzenie do uprawy międzyplonów ścierniskowych nie zawsze wywierało pozytywny wpływ na ograniczenie zachwaszczenia łanu rośliny uprawnej przez *Viola arvensis*. W płodozmianie trójpolowym oraz dwupolówce żyta z ziemniakiem wpłynęły one na zmniejszenie liczby fiołka, natomiast w dwupolówce zbożowej zwiększyły jego występowanie.

Poza gatunkami dominującymi wykazano również występowanie: *Vicia hirsuta*, *Setaria pumila* oraz *Papaver rhoeas*.

Tabela 12. Gatunki chwastów występujące w fazie kwitnienia żyta zwyczajnego [szt. \cdot m⁻²] (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Liczba chwastów	EQUAR	EROCI	VIOAR	ECHCG	CHEAL	Pozostałe
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	6,44	0,67	4,67	0,67	0,00	0,00	0,43
z-o-ż	10,0	0,22	4,89	4,00	0,22	0,67	0,00
z-o-ż+g.	9,56	2,00	4,44	1,56	0,67	0,22	0,67
z-o-ż+m.	9,11	6,89	0,89	0,89	0,22	0,22	0,00
z-ż	7,11	2,89	2,67	0,67	0,00	0,00	0,88
z-ż+g.	14,7	13,4	1,11	0,22	0,00	0,00	0,00
z-ż+m.	9,33	9,11	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
o-ż	12,0	1,56	4,22	5,56	0,22	0,44	0,00
o-ż+g.	20,9	2,67	7,56	10,2	0,22	0,00	0,22
o-ż+m.	14,9	3,78	1,78	8,44	0,67	0,00	0,22
NIR _{0,05}	6,62	4,48	2,82	4,80	r.n.	r.n.	r.n.

EQUAR – *Equisetum arvense*, EROCI – *Erodium cicutarium*, VIOAR – *Viola arvensis*, ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, CHEAL – *Chenopodium album*

5.2.2. Zdrowotność roślin zbożowych

Największe **porażenie korzeni owsa** stwierdzono w zmianowaniu dwupolowym i było ono istotnie o 4,6 pkt % większe niż w płodozmianie typu Norfolk (tab. 13).

Wykazano pozytywny wpływ międzyplonów ścierniskowych na ograniczenie indeksu porażenia owsa kompleksem chorób podstawy źdźbła. Lepsza pod tym względem okazała się gorczyca biała niż mieszanka roślin strączkowych, która oddziaływała niejednoznacznie na analizowaną cechę. Włączenie do uprawy gorzycy w trójpolówce spowodowało istotne zmniejszenie porażenia korzeni (o 3,2 pkt %) w porównaniu do wykazanego w uprawie bez jej udziału. Przyoranie łubinu żółtego i bobiku zwiększyło natomiast indeks porażenia o 2,8 pkt %. W zmianowaniu dwupolowym zaobserwowano poprawę zdrowotności korzeni po obu międzyplonach, chociaż różnice nie były istotne statystycznie.

Tabela 13. Porażenie korzeni i źdźbeł owsa siewnego i żyta zwyczajnego [%] (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Owies		Żyto	
	Indeks porażenia korzeni	Indeks porażenia źdźbeł	Indeks porażenia korzeni	Indeks porażenia źdźbeł
z ⁺ -o-g.p.-ż	21,4	4,44	35,4	39,5
z-o-ż	23,9	5,64	34,9	45,3
z-o-ż+g.	20,7	3,50	36,9	40,6
z-o-ż+m.	26,7	4,20	35,6	41,2
z-ż	-	-	44,8	42,5
z-ż+g.	-	-	37,8	40,5
z-ż+m.	-	-	40,2	40,4
o-ż	26,0	5,08	41,1	50,7
o-ż+g.	24,0	3,99	40,1	44,3
o-ż+m.	25,6	3,81	39,5	47,1
NIR _{0,05}	2,17	0,53	2,66	3,33

Porażenie źdźbeł owsa patogenami chorobotwórczymi istotnie zależało od typu płodozmianu. W zmianowaniu trójpolowym było ono odpowiednio 0,56 i 1,20 pkt % większe niż w dwupolówce zbożowej i płodozmianie typu Norfolk.

Międzyplony ścierniskowe wpłynęły istotnie na poprawę zdrowotności źdźbeł owsa. W zmianowaniu trójpolowym po gorzycy i mieszance indeks porażenia chorobami podsuszkowymi był odpowiednio o 2,14 oraz 1,44 pkt % mniejszy niż kiedy ich nie stosowano. W dwupolówce zbożowej nieznacznie lepsza okazała się mieszanka, po której stwierdzono o 1,27 pkt % mniejsze porażenie niż w uprawie bez tego elementu zmianowania.

Wykazano istotny wpływ płodozmianu na indeks **porażenia korzeni żyta**. Najmniejsze określono w zmianowaniu trójpolowym, o 6,2 oraz 9,9 pkt % mniejsze niż w dwupolówkach (zbożowej i ziemniaka z żytem).

Międzyplony na ogół ograniczały porażenie korzeni, choć nie zawsze były to różnice istotne statystycznie. W dwupolówce ziemniaka z żytem po gorczycy było ono o 7,0 a po mieszance o 4,6 pkt % mniejsze.

Wraz ze wzrostem udziału żyta w zmianowaniu indeks **porażenia źdźbeł żyta** zwiększał się. Najmniejsze porażenie stwierdzono w płodozmianie typu Norfolk, o 5,8 oraz 11,2 pkt % mniejsze niż w zmianowaniu trójpolowym i dwupolówce zbożowej.

Przyoranie międzyplonów ścierniskowych wpływało z reguły istotnie na ograniczenie porażenia źdźbeł rośliny uprawnej przez patogeny. Lepszą okazała się gorczyca, po której indeks porażenia w zmianowaniu trójpolowym oraz dwupolówce zbożowej był odpowiednio o 4,7 i 6,4 pkt % mniejszy niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki.

5.3. Rozwój i plonowanie roślin uprawnych

Ziemniak

Najwyższy plon ogólny i handlowy ziemniaka uzyskano w 2012, który charakteryzował się korzystnym rozłożeniem opadów w początkowej fazie wzrostu i rozwoju ziemniaka oraz w okresie zawiązywania bulw (tab. 14). Uzyskany w tych warunkach uprawy plon był odpowiednio o 11,5 i 34,3% oraz 16,8% i blisko 3-krotnie większy niż w latach następnych.

Zwiększenie udziału ziemniaka w płodozmianie skutkowało zmniejszeniem pozyskanych plonów. Największy plon ogólny wykazano w czteropolówce, o 14,1% większy niż w zmianowaniu trójpolowym oraz o 20,0% od określonego w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem. Podobną zależność stwierdzono dla plonu handlowego, jednak różnice nie były istotne statystycznie.

Stwierdzono istotny wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie ogólne ziemniaka. Gorczyca biała w trój- i dwupolówce zwiększyła go odpowiednio o 9,2 i 8,6% niż w uprawie bez tego elementu zmianowania. Dla mieszanki różnice te wyniosły analogicznie 14,7% i 14,3%. Należy podkreślić, że po tym międzyplonie plony były porównywalne do otrzymanych w czteropolówce z nawożeniem obornikiem.

Najwyższy plon handlowy bulw ziemniaka wykazano w poprawnym przyrodniczo płodozmianie, jednak różnice te w porównaniu do uzyskanego w zmianowaniach uproszczonych, nie zostały potwierdzone statystycznie.

Nie udowodniono także istotnego wpływu roślin międzyplonowych na omawiana cechę, choć obserwowano po nich zwiększenie plonu handlowego w zmianowaniach z ich udziałem.

Tabela 14. Plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka [$t \cdot ha^{-1}$]

Zmianowanie	Plon ogólny				Plon handlowy			
	2012	2013	2014	Średnio	2012	2013	2014	Średnio
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	24,1	21,4	17,6	21,0	22,0	19,9	7,44	16,5
z-o-ż	20,3	18,7	16,3	18,4	19,5	17,6	9,88	15,7
z-o-ż+g.	21,5	20,8	18,0	20,1	20,3	19,1	8,80	16,0
z-o-ż+m.	22,3	21,4	19,7	21,1	21,7	20,6	10,9	17,7
z-ż	20,7	17,9	13,9	17,5	24,2	17,2	5,03	15,5
z-ż+g.	22,4	19,8	14,9	19,0	22,8	19,5	5,55	16,0
z-ż+m.	24,8	19,8	15,5	20,0	24,8	18,9	8,20	17,3
NIR _{0,05}	1,58	0,63	1,12	0,62	r.n.	2,13	3,47	r.n.
Średnio	22,3	20,0	16,6	-	22,2	19,0	8,00	-
NIR _{0,05}	0,41			-	1,24			-

Zmianowania wpłynęły istotnie na liczbę bulw pozyskanych spod jednej rośliny, która wraz ze wzrostem udziału ziemniaka ulegała zmniejszeniu (tab. 15). W czteropolówce było ich odpowiednio o 21,2 oraz 27,3% więcej niż w trój- i dwupolówce.

Wprowadzenie międzyplonów wpłynęło korzystnie na liczbę bulw spod jednej rośliny. Lepszą pod tym względem okazała się mieszanka strączkowa, po której w zmianowaniu trójpolowym było ich o 11,8% więcej od określonej w uprawie bez jej stosowania. W płodozmianie z 50% udziałem ziemniaka różnica ta wyniosła 17,7%.

Tabela 15. Cechy plonotwórcze i skrobiowość bulw (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Liczba bulw [szt.]	Masa bulw [kg]	Zawartość skrobi [%]	Plon skrobi [$t \cdot ha^{-1}$]
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	8,82	0,52	11,0	2,33
z-o-ż	7,28	0,46	10,8	1,99
z-o-ż+g.	7,79	0,50	10,8	2,19
z-o-ż+m.	8,14	0,53	11,2	2,36
z-ż	6,93	0,44	11,2	1,97
z-ż+g.	7,44	0,49	11,5	2,20
z-ż+m.	8,16	0,52	11,7	2,35
NIR _{0,05}	0,38	0,03	0,27	0,08

Największą masę bulw spod jednej rośliny stwierdzono w zmianowaniu przyrodniczo poprawnym, o 13,0% więcej niż w trójpolówce oraz o 18,2% od określonej w dwupolówce okopowo-zbożowej.

Międzyplony ścierniskowe wpłynęły pozytywnie na masę bulw ziemniaka. Po gorczycy białej była ona o 8,7% większa w trójpolówce i 11,4% w dwupółowce niż w zmianowaniach bez tego elementu uprawy. Po mieszance łubinu żółtego z grochem polnym różnice te wynosiły analogicznie 15,2 oraz 18,2%.

Najwyższą **zawartość skrobi** wykazano w zmianowaniu dwupolowym, w którym była ona nieznacznie o 0,2 oraz istotnie o 0,4 pkt % większa niż w bulwach ziemniaków uprawianych w cztero- i trójpolówce.

Międzyplony ścierniskowe powodowały z reguły istotny wzrost zawartości skrobi. Po mieszance strączkowej w zmianowaniu trój- i dwupolowym było jej odpowiednio o 0,4 i 0,5 pkt % więcej. Po gorczycy wyraźny jej wzrost stwierdzono jedynie w trójpolówce (o 0,3 pkt %), natomiast w dwupółowce zbożowej kształtowała się zbliżonym poziomie jak w uprawie bez jej udziału.

Najwyższy plon skrobi wykazano w płodozmianie klasycznym i był on o 17,1% większy niż w zmianowaniu trójpolowym oraz o 18,3% w przemiennej uprawie żyta z ziemniakiem.

Międzyplony miały istotny wpływ na plon skrobi. Po gorczycy białej w zmianowaniu trój- i dwupolowym był on o 10,1 i 11,7% większy niż w uprawie bez niej. Po mieszance grochu z łubinem różnice wyniosły analogicznie 18,6 i 19,3%.

Owies

Największą **liczbę roślin** na 1 m² stwierdzono w czteropolówce i była ona nieistotnie o 4,3 oraz istotnie o 15,0% większa niż w zmianowaniu trój- i dwupolowym (tab. 16). Przyoranie międzyplonów miało z reguły pozytywny wpływ na wielkość tej cechy jednak różnice te nie były istotne statystycznie.

Tabela 16. Struktura ładu owsa siewnego (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Liczba roślin [sz·m ⁻²]	Liczba wiech [sz·m ⁻²]	Długość wiechy głównej [cm]	Długość źdźbła głównego [cm]	Rozkrzewienie efektywne
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	391	424	12,5	66,8	1,09
z-o-ż	375	404	11,6	61,2	1,09
z-o-ż+g.	364	389	13,1	65,4	1,07
z-o-ż+m.	394	426	13,7	69,1	1,08
o-ż	340	382	11,2	63,6	1,13
o-ż+g.	363	416	12,5	66,2	1,14
o-ż+m.	364	401	13,2	71,6	1,11
NIR _{0,05}	20,5	26,0	0,77	2,83	r.n.

Najwięcej **wiech** wykazano w płodozmianie norfolkskim, o 5,0% więcej niż w trójpolówce oraz istotnie o 11,0% od stwierdzonej w dwupółowce. Międzyplony przyczyniły się do zwiększenia ich liczby, choć istotne statystycznie różnice odnotowano jedynie po gorczycy w zmianowaniu dwupolowym (o 8,9% więcej niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki).

Najdłuższe wiechy owsa wykazano w płodozmianie czteropolowym i były one istotnie o 7,8 i 11,6% dłuższe niż w trójpolówce i przemiennej uprawie owsa z żytem. Międzyplony ścierniskowe oddziaływały pozytywnie na badaną cechę. Długości wiechy po mieszance strączkowej w trójpolówce była o 18,1%, a w dwupółowce zbożowej o 17,9% większa niż w uprawie bez międzyplonu. Po gorczycy różnice wyniosły odpowiednio 12,9 oraz 11,6%.

Długość źdźbła również była wyraźnie zależna od typu zmianowania. W płodozmianie Norfolkskim były one istotnie o 9,2% dłuższe od określonych w zmianowaniu trójpolowym i o 5,0% w dwupolowym. Międzyplony ścierniskowe wpłynęły pozytywnie na ich długość. Skuteczniejszą ponownie okazała się mieszanka grochu z łubinem, po której w trój- i dwupółowce źdźbła były istotnie o 12,9 oraz 12,6% wyższe. Po gorczycy różnica wyniosła odpowiednio 6,9 i 4,1%, chociaż ta ostatnia była nieistotna statystycznie.

Zmianowanie oraz międzyplony nie wpłynęły istotnie na **rozkrzewienie efektywne** owsa.

Największą **liczbę ziarna** wykazano w płodozmianie czteropolowym, o 7,8 oraz 24,4% więcej niż w trój- i dwupółowce (tab. 17). W zmianowaniu trójpolowym przyoranie gorczycy spowodowało jej wzrost o 2,1%, a w dwupółowce o 5,7% od określonej bez tego elementu zmianowania. Po grochu i łubinie różnice wyniosły odpowiednio 6,0 oraz 15,0%.

Tabela 17. Produkcyjność wiechy (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Liczba ziaren z 1 wiechy [szt.]	Masa ziarna z 1 wiechy [g]	MTZ [g]
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	30,6	0,94	30,8
z-o-ż	28,4	0,88	29,6
z-o-ż+g.	29,0	0,89	30,7
z-o-ż+m.	30,1	0,92	31,0
o-ż	24,6	0,89	29,7
o-ż+g.	26,0	0,92	30,5
o-ż+m.	28,3	1,01	31,6
NIR _{0,05}	1,65	0,05	1,00

W płodozmianie przyrodniczo poprawnym wykazano także najwyższą **masę ziarna** otrzymanego z 1 wiechy, która była o 5,6% większa niż dwupółowce oraz o 6,8% od

stwierdzonej w trójpolówce. Międzyplony kształtowały istotnie masę ziarna, a lepszą pod tym względem okazała się mieszanka. Po jej przyoraniu była ona o 4,6% większa niż w zmianowaniu trójpolowym i o 13,5% w dwupolówce. Po gorczycy różnice te wynosiły analogicznie 1,1 oraz 3,4%.

Najwyższą **masą tysiąca ziaren** wykazano w płodozmianie czteropolowym, o 4,1 oraz 3,7% większą niż w trój- i dwupolówce. Międzyplony, a zwłaszcza mieszanka strączkowa, zwiększyły MTZ owsa. Po grochu i łubinie był on o 4,7% większy od określonego w zmianowaniu trójpolowym i o 6,4% niż w dwupolówce. Po gorczycy wykazana różnica wyniosła 3,7 i 2,7%, choć w ostatnim przypadku była nieistotna statystycznie.

Najwyższy **plon** owsa uzyskano w 2014 rok, w którym był on istotnie o 22,9 oraz 25,0% większy niż w pierwszym i drugim roku trwania doświadczenia (tab. 18). Na ten stan znaczny wpływ mogły mieć warunki pogodowe w trakcie i tuż po siewie tej rośliny, a szczególnie większa ilość opadów.

Na plon wpływ miało także zmianowanie roślin. Najwyższy uzyskano w płodozmianie typu Norfolk, o 11,7% większy niż w trójpolówce oraz o 22,5% od wykazanego w dwupolówce.

Międzyplony ścierniskowe wywarły korzystny wpływ na wysokość pozyskanego plonu. Lepszą okazała się mieszanka strączkowa, po której w trój- i dwupolówce, był on odpowiednio o 8,5 i 15,0% większy niż w uprawie bez tego elementu zmianowania.

Tabela 18. Plony ziarna owsa siewnego [$t \cdot ha^{-1}$]

Obiekt	Lata			Średnio
	2012	2013	2014	
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	3,23	3,23	3,83	3,43
z-o-ż	2,60	2,93	3,67	3,07
z-o-ż+g.	3,00	2,90	3,17	3,02
z-o-ż+m.	3,20	3,07	3,73	3,33
o-ż	2,67	2,47	3,27	2,80
o-ż+g.	2,83	2,73	3,73	3,10
o-ż+m.	3,00	2,83	3,83	3,22
NIR _{0,05}	0,42	0,25	r.n.	0,22
Średnio	2,93	2,88	3,60	-
NIR _{0,05}	0,15			-

Największy udział frakcji mniejszej niż 2,2 mm wykazano w zmianowaniu trójpolowym, w którym było jej o 1,5 pkt % więcej niż w płodozmianie typu Norfolk oraz istotnie o 3,3 pkt % więcej od stwierdzonej w dwupolówce zbożowej (tab. 19).

Wprowadzenie międzyplonów nie wpłynęło istotnie na zwiększenie ilości najdrobniejszego ziarna.

Najwięcej ziarna o rozmiarach **2,2–2,8 mm** stwierdzono w przemiennej uprawie owsa z żytem i było go istotnie o 6,3 pkt % więcej niż w trójpolówce oraz o 5,2 pkt % od stwierdzonej w czteropolówce. Międzyplony ścierniskowe nie przyczyniły się do zwiększenia udziału ziarna średniej wielkości w zmianowaniu.

Najwięcej ziarna powyżej **2,8 mm** wykazano w płodozmianie przyrodniczo poprawnym, o 0,3 pkt % więcej od określonego w zmianowaniu trójpolowym oraz istotnie o 3,5 pkt % w dwupolówce zbożowej. Po międzyplonach obserwowano zazwyczaj wzrost jego udziału, a lepsze wyniki uzyskano po mieszance. Po łubinie żółtym i grochu polnym w trójpolówce ilość ziarna tej frakcji była o 3,4 pkt %, a w dwupolówce zbożowej o 4,9 pkt % większa niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Gorczyca jedynie w zmianowaniu dwupolowym wpłynęła znacząco na jego ilość (10,8 pkt %), natomiast w płodozmianie trójpolowym przyczyniła się do jego zmniejszenia (nieistotnie o 1,0 pkt %).

Tabela 19. Frakcja ziarna w poszczególnych klasach [%] (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Średnica ziarna [mm]		
	<2,2	2,2–2,8	>2,8
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	12,6	66,9	20,5
z-o-ż	14,1	65,8	20,2
z-o-ż+g	15,1	65,7	19,2
z-o-ż+m.	12,7	63,7	23,6
o-ż	10,9	72,1	17,0
o-ż+g.	12,1	66,3	27,8
o-ż+m.	12,5	73,1	21,9
NIR _{0,05}	1,95	2,75	2,89

Nie udowodniono istotnego wpływu zmianowań oraz międzyplonów na zawartość **azotu** i **fosforu** w ziarnie owsa (tab. 20). Największą koncentrację **potasu** wykazano w płodozmianie Norfolkskim i było go istotnie o 0,10 pkt % więcej niż w trój- i dwupolówce. Uprawa międzyplonów wpłynęła pozytywnie na zawartość K, chociaż istotną różnicę wykazano tylko po grochu i łubinie w dwupolówce zbożowej, o 0,10 pkt % większa niż po gorczycy i w uprawie bez zielonej masy.

Zmianowanie nie modyfikowało istotnie zawartości N i P i K w słomie owsa siewnego. Międzyplony nie miały również znaczącego wpływu na zawartość makroskładników, jedynie przyoranie mieszanki spowodowało istotny wzrost zawartości potasu o 0,26 pkt % w dwupolówce oraz o 0,20 pkt % w trójpolówce.

Tabela 20. Zawartość makroelementów w ziarnie i słomie owsa [% s.m.] (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Ziarno			Słoma		
	N	P	K	N	P	K
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	2,28	0,49	0,51	0,79	0,28	1,48
z-o-ż	1,84	0,43	0,41	0,60	0,23	1,41
z-o-ż+g.	2,09	0,45	0,42	0,92	0,23	1,55
z-o-ż+m.	2,21	0,46	0,48	1,04	0,25	1,61
o-ż	2,03	0,45	0,40	0,48	0,21	1,51
o-ż+g.	2,18	0,45	0,41	0,67	0,22	1,65
o-ż+m.	2,25	0,46	0,53	0,82	0,24	1,77
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	0,08	r.n.	r.n.	0,17

Żyto

Największą **liczbę roślin** wykazano w dwupolówce zbożowej i było ich nieznacznie więcej niż w pozostałych zmianowaniach (tab. 21).

Międzyplony ścierniskowe wpływały zazwyczaj pozytywnie, choć nieistotnie, na zwiększenie obsady żyta. Jedynie w zmianowaniu zbożowym odnotowano po nich zmniejszenie liczby roślin.

Tabela 21. Struktura łanu żyta zwyczajnego (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Liczba roślin [szt. · m ⁻²]	Liczba kłosów [szt. · m ⁻²]	Długość kłosa głównego [cm]	Długość źdźbła głównego [cm]	Rozkrzewienie efektywne
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	406,7	496,1	8,20	119,0	1,22
z-o-ż	435,7	465,9	6,98	109,6	1,08
z-o-ż+g.	452,4	515,0	7,26	114,5	1,14
z-o-ż+m.	454,6	561,0	8,08	119,1	1,24
z-ż	413,7	444,4	8,11	113,2	1,08
z-ż+g.	436,0	479,7	8,08	118,7	1,11
z-ż+m.	444,0	530,4	8,75	124,1	1,21
o-ż	437,3	454,7	7,05	110,9	1,05
o-ż+g.	425,6	489,0	7,60	113,1	1,17
o-ż+m.	401,2	507,2	8,23	119,2	1,28
NIR _{0,05}	35,9	29,9	0,43	4,40	0,08

Najwięcej **kłosów** stwierdzono w płodozmianie przyrodniczo poprawnym i było ich istotnie o 6,5% więcej niż w trójpolówce oraz o 11,6% od wykazanej w dwupolówce ziemniaka z żytem i 9,1% niż w zmianowaniu zbożowym.

Międzyplony oddziaływały korzystnie na badaną cechę, a skuteczniejszą okazała się mieszanka strączkowa. W płodozmianie trójpolowym stwierdzono po niej istotny wzrost ich ilości o 20,4% niż w uprawie bez jej udziału, a w zmianowaniach ziemniaka z żytem i owsa

z żytem różnice te wyniosły 19,4 oraz 11,5%. Po gorczycy były one odpowiednio o 8,8, 7,9 i 7,5% większe.

Najdłuższe kłosa wykazano w płodozmianie czteropolowym, o 16,3% dłuższe niż w zmianowaniu zbożowym i o 17,5% od stwierdzonych w trójpolówce oraz nieznacznie o 1,1% od określonych w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Międzyplony ścierniskowe zwiększyły długości kłosów głównych, a lepszą pod tym względem okazała się mieszanka strączkowa. Po międzyplonie tym w trójpolówce były one o 11,3% dłuższe, w przemiennej uprawie owsa z żytem o 24,2%, a w dwupolówce okopowo-zbożowej o 27,4%. Po gorczycy istotną różnicę stwierdzono tylko w zmianowaniu zbożowym i wyniosła ona 7,8%.

Najwyższe rośliny wykazano w płodozmianie typu Norfolk i były one istotnie o 8,6% dłuższe niż w trójpolówce oraz o 5,1 i 7,3% od określonych w dwupolówce okopowo-zbożowej i przemiennej uprawie owsa z żytem.

Międzyplony wpłynęły pozytywnie na wysokość żyta, a skuteczniejszą ponownie okazała się mieszanka strączkowa. Po grochu i łubinie była ona o 7,5% większa w dwupolówce zbożowej, o 8,7% w trójpolówce oraz o 9,6% od stwierdzonej w zmianowaniu ziemniaka z żytem. Po gorczycy istotne statystycznie różnice wykazano w trójpolówce i dwupolówce zbożowo-okopowej, dla których wyniosły one odpowiednio 4,5 i 4,9%.

Największe **rozkrzewienie efektywne** stwierdzono w płodozmianie typu Norfolk i było ono o 13,0% większe niż w trójpolówce i dwupolówce z ziemniakiem oraz o 16,2% w przemiennej jego uprawie z owsem.

Międzyplony zwiększyły na ogół rozkrzewienie żyta, a lepszą ponownie okazała się mieszanka łubinu żółtego z grochem polnym niż gorczyca. Po tym międzyplonie w płodozmianie trójpolowym było ich o 14,8%, w dwupolówce ziemniaka z żytem o 9,0%, a w zmianowaniu zbożowym o 21,9% więcej niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Po gorczycy stwierdzone różnice wyniosły analogicznie 5,6, 2,8 (r.n.) i 11,4%.

Największą **liczbę ziarna** z kłosa wykazano w zmianowaniu zbożowym, w którym było go istotnie o 8,8% więcej niż w dwupolówce ziemniaka z żytem oraz 7,3 i 25,7% od stwierdzonych w płodozmianie przyrodniczo poprawnym i trójpolówce (tab. 22).

Międzyplony pozytywnie, choć nie zawsze znacząco, wpłynęły na badaną cechę. Po mieszance strączkowej w trójpolówce liczba ziaren z kłosa była o 28,6%, a w zmianowaniach dwupolowych ziemniaka z żytem i owsa z żytem o 25,4 oraz 14,9% większa. Po gorczycy określone różnice wyniosły 16,7, 19,8 i 3,2%, choć dla tego ostatniego nie była ona istotna statystycznie.

Tabela 22. Produkcyjność roślin i kłosa (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Liczba ziaren z 1 kłosa [szt.]	Masa ziarna z 1 kłosa [g]	MTZ [g]
z ⁺ -o-g.p.-ż	28,7	1,08	37,4
z-o-ż	24,5	0,86	35,0
z-o-ż+g.	28,6	1,05	36,8
z-o-ż+m.	31,5	1,04	33,3
z-ż	28,3	1,06	37,8
z-ż+g.	33,9	1,16	34,5
z-ż+m.	35,5	1,35	37,9
o-ż	30,8	0,91	29,6
o-ż+g.	31,8	1,07	33,9
o-ż+m.	35,4	1,13	32,0
NIR _{0,05}	2,15	0,09	3,25

Najwyższą **masą ziarna** z kłosa stwierdzono w płodozmianie typu Norfolk, w którym była ona istotnie o 25,6% większa od określonej w trójpolówce i o 18,7% w dwupolówce zbożowej oraz nieznacznie o 1,9% od wykazanej w zmianowaniu ziemniaka z żytem.

Międzyplony miały korzystny wpływ na zwiększenie masy ziarna z 1 kłosa. Po gorczycy w płodozmianie trójpolowym była ona o 22,1% większa, a w dwupolówce zbożowej i przemiennej uprawie ziemniaka z żytem o 17,6 i 9,4% niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Po łubinie żółtym i grochu polnym masa ziarna była odpowiednio o 20,9, 24,2 i 27,4% większa.

Najwyższy **MTZ** określono w zmianowaniu ziemniaka z żytem i była ona wyraźnie o 27,7% większa niż w dwupolówce zbożowej i nieznacznie wyższa od wykazanej w cztero- i trójpolówce.

Międzyplony oddziaływały z reguły pozytywnie, choć niejednoznacznie na badaną cechę. W zmianowaniu zbożowym po gorczycy i mieszance strączkowej odnotowano wzrost MTZ odpowiednio o 14,5 i 9,2%. W trójpolówce wzrost masy 1000 ziaren wykazano jedynie po gorczycy (o 5,1%), a w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem po mieszance lecz była to różnica nieistotna statystycznie.

Najwyższy **plon** stwierdzono w 2014 roku i był on istotnie o 10,0 i aż 99,1% większy niż w pierwszym i drugim roku badań (tab. 23). W roku tym niemalże w całym okresie wegetacji żyta przebieg pogody, a szczególnie opady były najkorzystniejsze.

Największy plon stwierdzono w poprawnym przyrodniczo płodozmianie i był on o 14,0% większy niż w trójpolówce, o 18,9% niż w dwupolówce ziemniaka z żytem oraz 26,8% od wykazanego w dwupolówce zbożowej.

Międzyplony miały pozytywny wpływ na plonowanie żyta zwyczajnego. Po mieszance roślin strączkowych było ono o 20,9% większe niż w dwupolówce ziemniaka z żytem, o 25,0% od stwierdzonego w zmianowaniu zbożowym oraz o 27,7% niż określone w trójpolówce. Po gorczycy wykazane różnice wyniosły analogicznie 7,7, 8,8 oraz 9,0%.

Tabela 23. Plony ziarna żyta zwyczajnego [$t \cdot ha^{-1}$]

Zmianowanie	Lata			Średnio
	2012	2013	2014	
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	4,50	2,88	5,10	4,16
z-o-ż	4,10	2,15	4,70	3,65
z-o-ż+g.	4,30	2,68	4,95	3,98
z-o-ż+m.	5,12	2,95	5,88	4,66
z-ż	4,25	2,48	3,78	3,50
z-ż+g.	4,45	2,90	3,95	3,77
z-ż+m.	4,88	3,00	4,83	4,23
o-ż	3,70	1,50	4,63	3,28
o-ż+g.	4,10	1,68	4,93	3,57
o-ż+m.	4,63	2,08	5,60	4,10
NIR _{0,05}	0,41	0,35	0,44	0,22
Średnio	4,40	2,43	4,84	-
NIR _{0,05}	0,12			-

Największy udział ziarna poniżej **2,0 mm** wykazano w zmianowaniu ziemniaka z żytem i było go istotnie o 1,44 pkt % więcej niż w płodozmianie typu Norfolk, o 1,61 pkt % niż w trójpolówce oraz nieznacznie o 0,15 pkt % więcej od stwierdzonego w dwupolówce zbożowej (tab. 24).

Międzyplony nie modyfikowały z reguły znacząco udziału ziarna najdrobniejszej frakcji. Jedynie w zmianowaniu dwupolowym ziemniaka z żytem po mieszance strączkowej wykazano go istotnie o 1,10 pkt % więcej. W dwupolówce owsa z żytem po gorczycy było go natomiast wyraźnie o 1,17 pkt % mniej.

Najwięcej ziarna o rozmiarach **2,0–2,5 mm** wykazano w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem i było go istotnie o 7,0 pkt % więcej niż w płodozmianie poprawnym przyrodniczo. W dwupolówce zbożowej oraz zmianowaniu trójpolowym stwierdzone różnice wyniosły analogicznie 9,5 i 10,2 pkt %.

Wpływ międzyplonów na kształtowanie się średniej frakcji ziarna był niejednoznaczny. Po mieszance strączkowej wzrosła ona znacząco o 4,4 pkt % w trójpolówce i o 5,1 pkt % w zmianowaniu dwupolowym owsa z żytem. Po gorczycy wyraźną różnicę odnotowano jedynie w dwupolówce zbożowej i wyniosła ona 3,1 pkt %.

Największy udział ziarna powyżej **2,5 mm** stwierdzono w trójpolówce i było go wyraźnie o 3,4 pkt % więcej niż w płodozmianie czteropolowym. W odniesieniu do zmianowania dwupolowego owsa z żytem i ziemniaka z żytem różnice wyniosły odpowiednio 4,8 oraz 11,8 pkt %.

Międzyplony nie wpłynęły znacząco na zwiększenie najgrubszej frakcji ziarna żyta.

Tabela 24. Frakcja ziarna w poszczególnych klasach [%] (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Średnica ziarna [mm]		
	<2,0	2,0–2,5	>2,5
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	1,77	43,2	55,0
z-o-ż	1,60	40,0	58,4
z-o-ż+g.	1,57	39,9	58,5
z-o-ż+m.	1,97	44,4	53,6
z-ż	3,21	50,2	46,6
z-ż+g.	2,83	48,6	48,6
z-ż+m.	4,31	49,5	46,2
o-ż	3,06	40,7	53,6
o-ż+g.	1,89	43,8	54,3
o-ż+m.	2,36	45,8	54,5
NIR _{0,05}	1,07	2,90	3,13

Nie wykazano istotnego wpływu zmianowań na zawartość **azotu, fosforu i potasu** w ziarnie żyta (tab. 25). Międzyplony ścierniskowe również nie wywarły większego wpływu na zawartość N w badanym materiale, jedynie w zmianowaniu ziemniaka z żytem po mieszance było go istotnie o 0,24 punktu procentowego więcej niż w uprawie bez tego elementu.

Tabela 25. Zawartość makroelementów w ziarnie i słomie żyta [%] (średnie z lat 2012–2014)

Obiekt	Ziarno			Słoma		
	N	P	K	N	P	K
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	1,67	0,39	0,46	0,66	0,17	1,35
z-o-ż	1,47	0,38	0,40	0,52	0,14	1,02
z-o-ż+g.	1,49	0,38	0,48	0,59	0,15	1,07
z-o-ż+m.	1,63	0,41	0,42	0,66	0,17	1,32
z-ż	1,60	0,37	0,39	0,63	0,15	1,47
z-ż+g.	1,54	0,37	0,42	0,69	0,15	1,42
z-ż+m.	1,84	0,37	0,44	0,90	0,15	1,56
o-ż	1,56	0,41	0,48	0,50	0,16	1,02
o-ż+g.	1,55	0,38	0,46	0,56	0,16	1,24
o-ż+m.	1,68	0,38	0,47	0,62	0,18	1,30
NIR _{0,05}	0,21	r.n.	r.n.	0,14	r.n.	0,24

Zmianowanie oraz międzyplony nie miały również większego wpływu na zawartość makroskładników w słomie żyta.

5.4. Kształtowanie się wybranych właściwości gleby

5.4.1. Właściwości biologiczne gleby

Ziemniak

Najintensywniejszą wymianę gazową wykazano w płodozmianie typu Norfolk (tab. 26). W fazie zakrywania międzyrzędzi ziemniaka była ona istotnie o 23,5% większa od stwierdzonej w zmianowaniu trójpolowym oraz o 16,7% od wykazanej w dwupolówce okopowo-zbożowej. W kwitnieniu różnice te wyniosły odpowiednio 18,6 i 15,9%.

Aktywność respiracyjna była istotnie kształtowana przez rodzaj międzyplonu. Lepszą okazała się mieszanka strączkowa niż gorczyca, po której stwierdzono wzrost wydzielanego z gleby CO₂ o 14,7% w trójpolówce i o 13,9% w zmianowaniu dwupolowym w porównaniu z wykazaną w uprawie bez niej. Również w kwitnieniu, po łubinie i grochu, intensywność oddychania gleby była odpowiednio o 14,0 i 22,7% większa. Po gorzycy istotne różnice wykazano jedynie w płodozmianie trójpolowym (14,7% w fazie zakrywania międzyrzędzi) oraz w dwupolówce okopowo-zbożowej (6,8% w kwitnieniu).

Tabela 26. Aktywność respiracyjna gleby w różnych fazach rozwojowych [g CO₂·m²·h⁻¹] (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Ziemniak		Owies		Żyto	
	Zakrywanie międzyrzędzi	Kwitnienie	Krzewienie	Kwitnienie	Krzewienie	Kwitnienie
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	0,42	0,51	0,44	0,50	0,39	0,56
z-o-ż	0,34	0,43	0,38	0,46	0,34	0,40
z-o-ż+g.	0,39	0,44	0,40	0,51	0,37	0,44
z-o-ż+m.	0,39	0,49	0,46	0,57	0,40	0,59
z-ż	0,36	0,44	-	-	0,34	0,41
z-ż+g.	0,36	0,47	-	-	0,36	0,49
z-ż+m.	0,41	0,54	-	-	0,38	0,49
o-ż	-	-	0,44	0,50	0,34	0,48
o-ż+g.	-	-	0,45	0,55	0,38	0,56
o-ż+m.	-	-	0,49	0,59	0,40	0,61
NIR _{0,05}	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04

Owies

Największą intensywność oddychania gleby w łanie owsa wykazano w zmianowaniach cztero- i dwupolowym i była ona w krzewieniu, istotnie, o 15,8% większa, a w fazie kwitnienia o 8,7% od określonej w trójpolówce.

Międzyplony ścierniskowe przyczyniły się do wzrostu ilości wydzielonego dwutlenku węgla z gleby. W fazie krzewienia, po mieszance strączkowej, w dwupolówce zbożowej było go o 11,4% więcej, a w zmianowaniu trójpolowym o 21,1%. W fazie kwitnienia różnice te wyniosły analogicznie 18,0 oraz 23,9 %. W krzewieniu, po gorczycy, istotnie statystycznie zmiany określono jedynie w zmianowaniu trójpolowym, w którym respiracja wzrosła o 5,3%. Międzyplon ten zwiększył również emisję CO₂ w fazie kwitnienia o 10,9% w trójpolówce i o 10,0% w dwupolówce zbożowej.

Żyto

Wykazano, że wraz z uproszczeniem zmianowań obniżeniu uległa intensywność oddychania gleby w uprawie żyta. W fazie krzewienia w poprawnym przyrodniczo płodozmianie była ona istotnie o 14,7% większa od określonej w trój- i dwupolówce. W kwitnieniu różnica ta wyniosła aż 40,0% w zmianowaniu trójpolowym i 36,6% w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Międzyplony miały istotny wpływ na aktywność biologiczną gleby, a lepszą okazała się mieszanka strączkowa. W fazie krzewienia po międzyplonie tym była ona w trójpolówce o 17,6% większa, w zmianowaniu okopowo-zbożowym o 11,8%, a w dwupolówce owsa z żytem o 17,6%. Podczas kwitnienia intensywność oddychania gleby po łubinie żółtym i grochu polnym była odpowiednio o 47,5 oraz 19,5 i 27,1% większa.

5.4.2. Właściwości chemiczne gleby

Zmianowanie oraz zastosowany międzyplon nie miał istotnego wpływu na **odczyn gleby** (tab. 27).

Wraz ze zwiększeniem udziału ziemniaka w płodozmianie malała zawartość **azotu** ogólnego, a w zmianowaniu poprawnym przyrodniczo było go nieistotnie o 10,0% więcej niż w trójpolówce oraz o 12,2% od stwierdzonej w dwupolówce okopowo-zbożowej.

Mieszanka łubinu żółtego z grochem polnym spowodowała wzrost zawartości azotu o 24,0% w trójpolówce i o 26,5% w zmianowaniu ziemniaka z żytem. Przyoranie gorczycy skutkowało natomiast nieistotnym zmniejszeniem ilości N w glebie.

Tabela 27. Wybrane właściwości chemiczne gleby w łanie ziemniaka (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	pH _{KCl}	Zawartość				
		N [g·kg ⁻¹]	P [mg·kg ⁻¹]	K [mg·kg ⁻¹]	Mg [mg·kg ⁻¹]	C [%]
z ⁺ -o-g.p.-ż	4,37	0,55	83,5	115	63,0	0,93
z-o-ż	4,40	0,50	83,1	86,7	54,6	0,77
z-o-ż+g.	4,43	0,48	80,3	93,3	57,6	0,82
z-o-ż+m.	4,67	0,62	93,6	135	79,3	1,06
z-ż	4,63	0,49	81,9	95,0	57,1	0,85
z-ż+g.	4,47	0,48	85,2	112	64,5	0,98
z-ż+m.	4,57	0,62	91,0	132	71,1	1,08
NIR _{0,05}	r.n.	0,07	8,74	28,5	r.n.	0,16

Najwyższą zawartość **fosforu** wykazano w płodozmianie klasycznym i było go nieistotnie o 0,5 i 2,0% więcej niż w trój- i dwupolówce.

Międzyplony powodowały z reguły wzrost ilości przyswajalnego fosforu. Po mieszance strączkowej w zmianowaniu trójpolowym było go o 12,6% więcej, a w dwupolówce o 11,1% od wykazanej w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Po gorczycy tylko w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem ilość fosforu wzrosła o 4,0% (różnica nieistotna statystycznie).

Zmianowania nie miały większego wpływu na zawartości **potasu**, chociaż wraz z ich uproszczeniem były one mniejsze.

Międzyplony wpłynęły korzystnie na ilość przyswajalnych form potasu, a lepszą okazała się mieszanka niż gorczyca, po której stwierdzono o 55,7% więcej K w zmianowaniu trójpolowym oraz o 38,9% w dwupolówce w porównaniu do uprawy bez tego elementu agrotechniki.

Nie wykazano istotnego wpływu zmianowań oraz uprawy roślin międzyplonowych na zawartość przyswajalnych form **magnezu**.

Największą zawartość **węgla organicznego** określono w płodozmian czteropolowym i było go istotnie o 0,16 pkt % więcej niż w zmianowaniu trójpolowym oraz nieistotnie o 0,08 pkt % więcej niż w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Międzyplony ścierniskowe wpłynęły na wzrost koncentracji C_{org}. Po mieszance w zmianowaniu trójpolowym było go o 0,29 pkt % więcej, a w dwupolówce o 0,23 pkt %. Również po gorczycy stwierdzono wzrost jego zawartości lecz nie był on istotny statystycznie.

Nie wykazano istotnego wpływu zmianowań oraz międzyplonów na kształtowanie się wartości pH gleby w łanie owsa siewnego (tab. 28).

Typ zmianowania nie miał istotnego wpływu na zawartość azotu ogólnego, która wraz z jego uproszczeniem nieznacznie malała.

Mieszanka strączkowa spowodowała wyraźny wzrost ilości azotu ogólnego o 11,3% w płodozmianie trójpolowym oraz o 17,6% w dwupolówce zbożowej. Po gorczycy ilość N w trójpolówce była o 15,1% mniejsza, natomiast w zmianowaniu owsa z żytem nie uległa ona zmianie.

Tabela 28. Wybrane właściwości chemiczne gleby w łanie owsa siewnego (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	pH _{KCl}	Zawartość				
		N [g·kg ⁻¹]	P [mg·kg ⁻¹]	K [mg·kg ⁻¹]	Mg [mg·kg ⁻¹]	C [%]
z ⁺ -o-g.p.-ż	4,57	0,56	85,7	113	62,7	0,91
z-o-ż	4,47	0,53	79,7	90,0	56,8	0,81
z-o-ż+g.	4,73	0,45	74,1	78,3	63,5	0,82
z-o-ż+m.	4,57	0,59	82,0	107	75,6	1,00
o-ż	4,73	0,51	95,2	103	57,2	0,87
o-ż+g.	4,97	0,51	97,4	100	70,3	0,93
o-ż+m.	4,93	0,60	101	122	80,7	1,11
NIR _{0,05}	r.n.	0,06	5,11	17,2	15,9	0,11

Najwięcej przyswajalnych form fosforu wykazano w dwupolówce zbożowej, w której było ich istotnie o 11,1 i 19,4% więcej niż w zmianowaniu trój- i czteropolowym.

Międzyplony ścierniskowe wpłynęły korzystnie na zwiększenie zawartości fosforu w glebie, choć nie były to różnice istotne statystycznie. Lepszą okazała się mieszanka strączkowa, po której w zmianowaniu trójpolowym było go o 2,9% więcej, a w dwupolówce zbożowej o 6,1% względem uprawy bez przyorania zielonej masy.

Najwięcej potasu w glebie określono w zmianowaniu czteropolowym i było go istotnie o 25,6% więcej niż w płodozmianie trójpolowym oraz nieznacznie o 9,7% więcej od wykazanego w przemiennej uprawie owsa z żytem.

Międzyplony przyczyniły się do zwiększenia ilości przyswajalnych form potasu w glebie, choć rzadko w sposób znaczący. Jedynie w dwupolówce zbożowej, po grochu polnym i łubinie żółtym, wykazano istotny wzrost jego zawartości o 18,4%.

Typ zmianowania nie kształtował wyraźnie zawartości magnezu w glebie. W poprawnym przyrodniczo płodozmianie było go nieistotnie o 10,4 oraz 9,6% więcej od wykazanego w trój- i dwupolówce.

Na zawartość magnezu istotny wpływ miała jedynie mieszanka strączkowa, po której było go o 33,1% więcej niż w zmianowaniu trójpolowym oraz o 41,1% od stwierdzonej w dwupolówce zbożowej w porównaniu do uprawy bez tego elementu agrotechniki.

Rodzaj zmianowania nie wpłynął istotnie na zawartość węgla organicznego w glebie.

Stwierdzono natomiast korzystny wpływ międzyplonów na jego ilość. Lepszą w tym zakresie okazała się mieszanka strączkowa po której w zmianowaniu trójpolowym było go o 0,24 pkt %, a w dwupolówce o 0,19 pkt % więcej niż w uprawie bez jej udziału.

Nie wykazano istotnego wpływu zmianowań oraz międzyplonów na odczyn gleby w uprawie żyta (tab. 29).

Najwyższą zawartość azotu stwierdzono w dwupolówce zbożowej i było go istotnie o 20,0% więcej od wykazanej w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Międzyplony wpływały z reguły korzystnie na zwiększenie ilości azotu ogólnego w glebie. Po mieszance strączkowej było go istotnie o 25,5% więcej niż w płodozmianie trójpolowym i o 33,3% od określonej w dwupolówce żyta z ziemniakiem oraz nieznacznie o 1,9% więcej niż w zmianowaniu zbożowym. Po gorczycy wzrost koncentracji N w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem i owsa z żytem był natomiast nieistotny.

Tabela 29. Wybrane właściwości chemiczne gleby w łanie żyta zwyczajnego (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	pH _{KCl}	Zawartość				
		N [g·kg ⁻¹]	P [mg·kg ⁻¹]	K [mg·kg ⁻¹]	Mg [mg·kg ⁻¹]	C [%]
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	4,97	0,51	86,0	92,5	71,8	1,11
z-o-ż	4,73	0,47	76,6	82,5	59,9	0,86
z-o-ż+go.	5,13	0,45	88,0	77,5	72,1	0,95
z-o-ż+m.	5,13	0,59	92,4	110	86,7	1,09
z-ż	4,97	0,45	72,1	62,5	59,3	0,98
z-ż+g.	5,07	0,46	72,7	71,7	64,8	0,95
z-ż+m.	4,90	0,60	80,0	104	70,1	1,09
o-ż	4,93	0,54	110	102	55,3	0,90
o-ż+g.	5,07	0,56	98,4	100	71,9	0,98
o-ż+m.	5,03	0,55	100	93,3	69,3	0,97
NIR _{0,05}	r.n.	0,08	21,2	r.n.	r.n.	0,17

Zmianowania miały znaczący wpływ na ilość fosforu w glebie. Najwyższą jego zawartość określono w dwupolówce zbożowej i było go istotnie o 27,9% więcej niż w poprawnym przyrodniczo płodozmianie oraz o 43,6% niż w trójpolówce i o 52,6% niż w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Międzyplony nie modyfikowały istotnie zawartości fosforu w glebie.

Typ zmianowania ani międzyplon nie miały istotnego znaczenia w kształtowaniu się zawartości potasu i magnezu w glebie.

Najwyższą zawartość węgla w glebie stwierdzono w zmianowaniu czteropolowym i było go istotnie o 0,25 pkt % więcej niż w trójpolówce oraz o 0,21 pkt % więcej niż w przemiennej uprawie owsa z żytem.

Międzyplony ścierniskowe wpływały z reguły pozytywnie na zwiększenie ilości $C_{org.}$, jednak nie zawsze były to różnice istotne statystycznie. Widoczny wzrost jego koncentracji odnotowano jedynie po mieszance strączkowej w zmianowaniu trójpolowym (0,23 pkt %).

5.4.3. Właściwości fizyczne gleby

Ziemniak

Typ zmianowania miał wyraźny wpływ na **wilgotność gleby** w warstwie 5–10 cm (tab. 30). Najwyższą określono w uprawie ziemniaka z żytem i była ona o 0,8 pkt % większa od stwierdzonej w płodozmianie czteropolowym i o 1,6 pkt % od wykazanej w trójpolówce. W głębszej warstwie istotną statystycznie różnicę wyznaczono jedynie w zmianowaniu trójpolowym i wyniosła ona 1,8 pkt %.

Gorzycza biała zwiększyła wilgotność gleby w dwupolówce ziemniaka z żytem o 1,1 pkt % w warstwie przypowierzchniowej oraz o 1,6 pkt % w zmianowaniu trójpolowym w warstwie 15–20 cm. Mieszanka strączkowa modyfikowała wyraźnie analizowaną cechę w obu badanych warstwach. W warstwie wierzchniej w zmianowaniu trójpolowym była ona o 3,6 pkt %, a w dwupolówce o 2,8 pkt % większa od wykazanej w uprawie bez jej udziału. W warstwie głębszej wzrost ten wyniósł odpowiednio 3,4 i 1,9 pkt %.

Istotny wpływ zmianowań na **porowatość ogólną gleby** stwierdzono jedynie w warstwie 5–10 cm. Najwyższą wykazano w płodozmianie poprawnym przyrodniczo i była ona o 2,1 pkt % większa niż w dwupolówce okopowo-zbożowej oraz 2,2 pkt % od stwierdzonej w trójpolówce.

Po mieszance strączkowej i gorzycy białej w wierzchniej warstwie zmianowania trójpolowego stwierdzono znaczny wzrost ilości porów o 2,3 pkt % w stosunku do uprawy bez tego elementu agrotechniki. W dwupolówce ziemniaka z żytem tylko po grochu i łubinie było ich o 0,7 pkt % więcej, lecz była to różnica nieistotna statystycznie. W warstwie 15–20 cm porowatość ogólna po mieszance była wyraźnie o 1,8 pkt % większa w płodozmianie trójpolowym i o 1,4 pkt % od stwierdzonej w zmianowaniu dwupolowym

bez jej udziału. Po gorczycy zaobserwowane różnice wyniosły analogicznie 0,3 i 0,2 pkt % jednak nie były one istotne statystycznie.

Tabela 30. Wybrane właściwości fizyczne gleby lekkiej (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Wilgotność [% obj.]	Porowatość ogólna [%]	Porowatość kapilarna [%]	Gęstość objętościowa [mg·m ⁻³]	Zwiężłość [MPa]
					0–10 cm
	5–10 cm				
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	17,3	36,7	30,6	1,66	1,95
z-o-ż	16,5	34,5	28,4	1,71	2,23
z-o-ż+g.	17,0	36,8	30,0	1,66	2,22
z-o-ż+m.	20,1	36,8	30,4	1,70	2,41
z-ż	18,1	34,6	28,5	1,72	2,46
z-ż+g.	19,2	34,5	29,2	1,72	2,29
z-ż+m.	20,9	35,3	29,5	1,70	2,40
NIR _{0,05}	0,61	1,12	0,88	0,04	0,17
-	15–20 cm				10–20 cm
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	18,4	32,0	29,1	1,78	4,49
z-o-ż	16,7	32,2	26,5	1,75	4,40
z-o-ż+g.	18,3	32,5	27,3	1,78	4,09
z-o-ż+m.	20,1	34,0	28,4	1,77	4,54
z-ż	18,5	31,9	26,4	1,75	4,68
z-ż+g.	18,8	32,1	27,0	1,77	4,30
z-ż+m.	20,4	33,3	28,1	1,76	5,14
NIR _{0,05}	0,61	1,08	0,98	r.n.	0,31

Typ zmianowania wpłynął znacząco na **porowatość kapilarną gleby**. W warstwie 5–10 cm największa była ona w płodozmianie typu Norfolk, o 2,2 pkt % większa niż w trójpolówce i o 2,1 pkt % od stwierdzonej w dwupolówce okopowo-zbożowej. Dla warstwy 15–20 cm różnice wyniosły odpowiednio 2,6 oraz 2,7 pkt %.

W płodozmianie trójpolowym po gorczycy w warstwie 5–10 cm było wyraźnie o 1,6 pkt %, a w głębszej nieznacznie o 0,8 pkt % więcej porów. W zmianowaniu ziemniaka z żytem obie wykazane różnice były nieistotne statystycznie (0,7 i 0,6 pkt %). Po mieszance strączkowej porowatość kapilarna w trójpolówce była istotnie o 2,0 i 1,9 pkt % większa, a w dwupolówce okopowo-zbożowej o 1,0 oraz 1,7 pkt %.

Najwyższą **gęstość objętościową gleby** wykazano w zmianowaniu dwupolowym i była ona istotnie o 3,6% większa od stwierdzonej w płodozmianie poprawnym przyrodniczo oraz nieznacznie o 0,6% wyższa od udowodnionej w trójpolówce. Dla warstwy 15–20 cm zaobserwowane różnice były nieistotne statystycznie.

Istotną zmianę gęstości objętościowej gleby wykazano jedynie po gorczycy w zmianowaniu trójpolowym w warstwie 5–10 cm i była ona o 3,0% mniejsza niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Po mieszance strączkowej w trój- i dwupolówce również uległa ona zmniejszeniu (odpowiednio o 0,6 i 1,2%) jednak nie zostało to udowodnione statystycznie. Dla głębszej z warstw nie udowodniono istotnego wpływu międzyplonów na badaną cechę.

Największą **zwięzłość gleby** wykazano w zmianowaniu okopowo-zbożowym i była ona o 10,3% większa od stwierdzonej w trójpolówce oraz o 26,2% od wykazanej w płodozmianie typu Norfolk. W warstwie 10–20 cm różnice były nieznaczne i wyniosły analogicznie 6,4 i 4,2%.

Skuteczniejszą w ograniczaniu zwięzłości gleby okazała się gorczyca biała, po której w płytszej warstwie była ona wyraźnie o 6,9% mniejsza w zmianowaniu trójpolowym i nieznacznie o 0,5% od wykazanej w dwupolówce w porównaniu do uprawy bez tego elementu agrotechniki. W głębszej warstwie różnice wyniosły odpowiednio 7,1 oraz 8,1%. Po mieszance strączkowej w warstwie 0–10 cm w trójpolówce zbitość gleby była wyraźnie o 8,1% większa, a w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem nieznacznie mniejsza (o 2,4%) od wykazanej w obiekcie bez przyorania zielonej masy. W głębszej warstwie istotną różnicę wykazano tylko w dwupolówce okopowo-zbożowej, w której była ona o 19,5% większa, a w trójpolówce nieistotnie o 3,2% mniejsza.

Najwyższy **wskaźnik zbrylenia** stwierdzono w dwupolówce ziemniaka z żytem i był on istotnie 2-krotnie większy niż w zmianowaniu trójpolowym oraz nieistotnie o 33,3% od wykazanego w płodozmianie poprawnym przyrodniczo (tab. 31).

W trójpolówce po gorczycy badana cecha była wyraźnie o 66,7%, a po mieszance ponad 2-krotnie większa niż w uprawie bez międzyplonów. W dwupolówce ziemniaka z żytem różnice te były odpowiednio 1,5-krotnie i o 50% większe.

Wskaźnik struktury nie był istotnie różnicowany przez zmianowanie ani międzyplony.

Typ zmianowania wpłynął natomiast istotnie na **średnią ważoną średnicę agregatu**, która w płodozmianie dwupolowym była o 6,7% większa niż w trójpolówce oraz o 5,3% od wykazanej w płodozmianie klasycznym.

Tabela 31. Trwałość i wodoodporność agregatów glebowych (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	B*	W	MWDa	MWDg	Wod
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	0,09	1,62	1,51	0,83	60,7
z-o-ż	0,06	1,31	1,49	0,72	44,6
z-o-ż+g.	0,10	1,28	1,55	0,85	50,1
z-o-ż+m.	0,16	1,45	1,98	1,04	55,1
z-ż	0,12	1,35	1,59	0,75	47,2
z-ż+g.	0,08	1,46	1,72	0,84	48,1
z-ż+m.	0,18	1,66	2,20	0,94	49,3
NIR _{0,05}	0,04	r.n.	0,37	0,08	4,03

*B – wskaźnik zbrzylenia, W – wskaźnik struktury, MWDa – średnia ważona średnica agregatu, MWDg – średnia ważona średnica gruzelka, Wod – współczynnik wodoodporności

Wartość MWDa w zmianowaniu trójpolowym, po mieszance strączkowej zwiększyła się wyraźnie o 32,9%, a w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem o 38,4%. Po gorczycy uzyskane różnice były nieistotne statystycznie i wyniosły odpowiednio 4,0 i 8,2%.

Płodozmian modyfikował istotnie **średnią ważoną średnicę gruzelka** na mokro, a najwyższą jej wartość wykazano w zmianowaniu poprawnym przyrodniczo, o 15,3% większą niż w trójpolówce oraz o 10,7% od stwierdzonej w dwupolówce.

Po gorczycy w zmianowaniu trójpolowym wartość MWDg wzrosła istotnie o 18,1%, a w uprawie ziemniaka z żytem o 12,0%. Po mieszance strączkowej różnice wyniosły odpowiednio 44,4 i 25,3%.

Wodoodporność agregatów glebowych była istotnie modyfikowana przez rodzaj zmianowania. W okresie zbioru najwyższy współczynnik Wod wykazano w płodozmianie typu Norfolk i był on o 28,6% większy od wykazanego w dwupolówce oraz o 36,1% od stwierdzonego w trójpolówce.

Przyoranie gorczycy i mieszanki strączkowej w trójpolówce spowodowało zwiększenie współczynnika wodoodporności odpowiednio o 12,3 oraz 23,5%. W zmianowaniu ziemniaka z żytem różnice te wyniosły odpowiednio 1,9 i 4,5% jednak nie zostały one potwierdzone statystycznie.

Owies

W obu badanych warstwach najwyższą **wilgotność gleby** odnotowano w przemiennej uprawie owsa z żytem (tab. 32). W warstwie 5–10 cm była ona o 1,8 pkt % większa niż w trójpolówce oraz o 1,1 pkt % od stwierdzonej w płodozmianie typu Norfolk. W głębszej warstwie różnice te wyniosły odpowiednio 2,0 i 2,6 pkt %.

Międzyplony ścierniskowe wpływały z reguły korzystnie na uwilgotnienie gleby, a lepsze wyniki uzyskano po mieszance strączkowej. Po grochu polnym i łubinie żółtym w zmianowaniu trójpolowym była ona o 1,7 pkt % większa, a w dwupolówce zbożowej o 1,0 pkt % niż w uprawie bez ich udziału. W warstwie 15–20 cm różnice te wyniosły analogicznie 1,8 i 1,3 pkt %. Po gorczycy istotną statystycznie różnicę wykazano jedynie w dwupolówce owsa z żytem na głębokości 5–10 cm (0,4 pkt %).

Najwyższą **porowatość ogólną** gleby w warstwie 5–10 cm stwierdzono w płodozmianie przyrodniczo poprawnym i była ona istotnie o 1,6 pkt % większa od określonej w dwupolówce oraz o 2,3 pkt % od wykazanej w płodozmianie trójpolowym. Dla warstwy 15–20 cm różnice te wyniosły odpowiednio 2,5 i 1,4 pkt %.

Międzyplony ścierniskowe miały wyraźny wpływ na porowatość ogólną gleby. Lepszą okazała się mieszanka strączkowa, po której w warstwie 5–10 cm była ona o 2,0 pkt % większa w trójpolówce i o 1,9 pkt % w dwupolówce zbożowej niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki. W warstwie głębszej różnice te wyniosły odpowiednio 1,7 oraz 3,2 pkt %. Po gorczycy dla wspomnianych zmianowań porowatość ogólna była analogicznie w warstwie płytszej o 1,3 i 1,6 pkt % większa, a w warstwie 15–20 cm o 0,8 i 1,9 pkt %.

Tabela 32. Wybrane właściwości fizyczne gleby lekkiej (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Wilgotność [% obj.]	Porowatość ogólna [%]	Porowatość kapilarna [%]	Gęstość objętościowa [mg·m ⁻³]	Zwiężłość [MPa]
					0–10 cm
5–10 cm					
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	12,7	36,4	31,5	1,67	2,79
z-o-ż	12,0	34,1	29,1	1,72	2,11
z-o-ż+g.	11,8	35,4	30,6	1,66	2,55
z-o-ż+m.	13,7	36,1	31,9	1,66	2,81
o-ż	13,8	34,8	29,6	1,71	2,04
o-ż+go.	14,2	36,4	31,2	1,67	2,27
o-ż+m.	14,8	36,7	31,8	1,67	2,59
NIR _{0,05}	0,39	0,84	0,81	0,02	0,16
15–20 cm					
					10–20 cm
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	13,6	35,6	31,1	1,70	4,28
z-o-ż	14,2	34,2	29,0	1,72	3,90
z-o-ż+g.	13,9	35,0	30,3	1,67	4,40
z-o-ż+m.	16,0	35,9	31,6	1,73	4,43
o-ż	16,2	33,1	26,5	1,74	3,46
o-ż+g.	17,1	35,0	29,1	1,69	3,48
o-ż+m.	17,5	36,3	30,9	1,69	4,33
NIR _{0,05}	1,07	0,78	0,98	0,02	0,26

Zmianowania miały istotny wpływ na **porowatość kapilarną** gleby. W obu badanych warstwach największą stwierdzono w płodozmianie typu Norfolk, w którym w warstwie 5–10 cm była ona o 2,4 pkt % większa niż w trójpolówce i o 1,9 pkt % od określonej w dwupolówce. W głębszej warstwie różnice te wyniosły odpowiednio 2,1 oraz 4,6 pkt %.

Międzyplony ścierniskowe zwiększyły istotnie porowatość kapilarną gleby, a lepszą okazała się mieszanka strączkowa, po której w górnej warstwie była ona o 2,8 pkt % większa w zmianowaniu trójpolowym i o 2,2 pkt % w dwupolówce zbożowej w porównaniu do uprawy bez tego elementu. Dla głębszej warstwy udowodnione różnice wyniosły analogicznie 2,6 oraz 4,4 pkt %. W warstwie 5–10 cm po gorczycy porowatość kapilarna zwiększyła się o 1,5 pkt % w trójpolówce oraz o 1,6 pkt % w dwupolówce. W niżej położonej warstwie wykazana porowatość była odpowiednio o 1,3 i 2,6 pkt % większa.

Zmianowania wpłynęły z reguły istotnie na kształtowanie się **gęstości objętościowej gleby**. W warstwie 5–10 cm najwyższą wykazano w trójpolówce i była ona o 3,0% większa niż w płodozmianie typu Norfolk. W dwupolówce zbożowej różnica ta wyniosła 0,6% i była nieistotna statystycznie. W warstwie 15–20 cm badana cecha wzrastała wraz ze zwiększaniem udziału owsa w zmianowaniu i w dwupolówce była ona o 1,2% większa niż w płodozmianie trójpolowym oraz o 2,4% od wykazanej w czteropolówce.

Oba międzyplony ścierniskowe zmniejszyły istotnie gęstość objętościową gleby w warstwie 5–10 cm o 2,3% w płodozmianie trójpolowym oraz o 3,5% w zmianowaniu dwupolowym. W głębszej warstwie jedynie w dwupolówce zbożowej po gorczycy i mieszance strączkowej była ona o 2,9% mniejsza. Obecność mieszanki w zmianowaniu trójpolowym doprowadziła do niewielkiego wzrostu analizowanej cechy (o 0,6%), ale była to różnica nieistotna statystycznie.

Zwięzłość gleby dla warstw 0–10 i 10–20 cm malała wraz ze wzrostem udziału owsa w zmianowaniu. Najwyższą jej wartość w płytszej warstwie wykazano w płodozmianie poprawnym przyrodniczo i była ona istotnie o 32,2% większa niż określona w trójpolówce oraz o 36,8% od stwierdzonej w przemiennej uprawie owsa z żytem. W warstwie 10–20 cm różnice te wyniosły odpowiednio 9,7 i 23,7%.

Międzyplony ścierniskowe wpływały zazwyczaj istotnie na zmiany zwięzłości gleby. W warstwie 0–10 cm największą stwierdzono po mieszance strączkowej i była ona w trójpolówce istotnie o 33,2%, a w dwupolówce zbożowej o 27,0% większa od określonej w uprawie bez tego elementu. W warstwie 10–20 cm po grochu polnym i łubinie żółtym wykazano wyraźne zwiększenie zwięzłości gleby o 13,6% w trójpolówce i o 25,1%

w zmianowaniu dwupolowym. Po gorzycy istotne statystycznie różnice stwierdzono jedynie w zmianowaniu trójpolowym, w którym opór wzrósł o 12,8%.

Najwyższy **wskaźnik zbrylenia gleby** wykazano w płodozmianie poprawnym przyrodniczo i był on nieistotnie o 16,7% większy niż w dwupolówce zbożowej i o 40,0% od stwierdzonego w zmianowaniu trójpolowym (tab. 33).

Międzyplony ścierniskowe oddziaływały korzystnie na wskaźnik zbrylenia gleby, który po mieszance strączkowej wzrósł o 80,0% w zmianowaniu trójpolowym oraz był ponad 2-krotnie wyższy w dwupolówce owsa z żytem w porównaniu do uprawy bez tego elementu. Po gorzycy również odnotowano jego zwiększenie lecz były to różnice nieistotne statystycznie.

Nie wykazano istotnego wpływu zmianowań oraz międzyplonów na **wskaźnik struktury gleby ani średnią ważoną średnicę agregatu**.

Tabela 33. Trwałość i wodoodporność agregatów glebowych (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	B*	W	MWDa	MWDg	Wod
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	0,07	1,40	1,25	0,99	78,3
z-o-ż	0,05	1,08	1,06	0,83	60,7
z-o-ż+g.	0,05	1,13	1,34	0,96	69,6
z-o-ż+m.	0,09	1,65	1,53	1,21	76,5
o-ż	0,06	1,19	1,26	1,01	63,1
o-ż+g.	0,09	1,14	1,33	1,12	69,9
o-ż+m.	0,13	1,39	1,52	1,26	74,7
NIR _{0,05}	0,04	r.n.	r.n.	0,08	4,20

*oznaczenia: patrz tabela 31.

Najwyższą wartość **średniej ważonej średnicy gruzelka** stwierdzono w przemiennej uprawie owsa z żytem i była ona o 21,7% większa niż w zmianowaniu trójpolowym oraz nieistotnie o 2,0% od określonej w płodozmianie typu Norfolk.

Międzyplony miały istotny wpływ na średnią ważoną średnicę gruzelka, która po gorzycy w zmianowaniu trójpolowym była o 15,7%, a w dwupolówce zbożowej o 10,9% większa od wykazanej bez jej udziału. Po mieszance różnice te wyniosły odpowiednio 45,8 i 24,8%.

Zmianowanie modyfikowało istotnie wielkość **współczynnika wodoodporności**. Najwyższy wykazano w płodozmianie poprawnym przyrodniczo i był on o 29,0% większy od stwierdzonego w trójpolówce oraz o 24,1% od określonego w przemiennej uprawie owsa z żytem.

Wod był także istotnie różnicowany przez międzyplony, a lepsza pod tym względem okazała się mieszanka strączkowa. Po międzyplonie tym wzrósł on o 26,0% w zmianowaniu trójpolowym i o 18,4% w dwupolówce owsa z żytem. Po gorczycy stwierdzone różnice wyniosły analogicznie 14,7 oraz 10,8%.

Żyto

Rodzaj zmianowania modyfikował istotnie **wilgotność gleby** (tab. 34). Najwyższą w warstwie 5–10 cm wykazano w przemiennej uprawie owsa z żytem i była ona o 3,3 pkt % większa od stwierdzonej w płodozmianie typu Norfolk, o 3,5 pkt % w zmianowaniu okopowo-zbożowym oraz o 3,7 pkt % od wykazanej w trójpolówce. Dla głębszej warstwy zaobserwowane różnice wyniosły odpowiednio 4,1, 4,5 oraz 3,1 pkt %.

Międzyplony oddziaływały z reguły korzystnie na uwilgotnienie gleby w okresie zbioru. Po gorczycy istotne zmiany w płytszej warstwie odnotowano jedynie w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem (wzrost o 1,1 pkt %), a w warstwie 15–20 cm w trójpolówce i zmianowaniu zbożowym (spadek o 1,9 i 1,6 pkt %). Po mieszance strączkowej wyraźny wzrost wilgotności o 3,0 pkt % stwierdzono w trójpolówce oraz o 1,3 pkt % w dwupolówce okopowo-zbożowej. Podobne tendencje wykazano w warstwie 15–20 cm, w której była ona wyraźnie o 2,4 i 2,2 pkt % większa od stwierdzonej w obiektach bez grochu i łubinu.

W warstwie 5–10 cm najwyższą **porowatość ogólną** wykazano w trójpolówce i była ona istotnie o 2,0 pkt % większa od stwierdzonej w płodozmianie typu Norfolk oraz o 3,1 pkt % od określonej w zmianowaniu zbożowym. W dwupolówce okopowo-zbożowej stwierdzona różnica była nieistotna statystycznie i wyniosła 1,1 pkt %. W głębszej warstwie najwięcej porów stwierdzono w zmianowaniu poprawnym przyrodniczo i było ich wyraźnie o 2,0 pkt % więcej niż w dwupolówce zbożowej oraz nieznacznie o 0,4 i 0,7 pkt % więcej niż w trójpolówce i przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Nie udowodniono wyraźnego wpływu międzyplonów ścierniskowych na porowatość ogólną. Po gorczycy istotne różnice wykazano w wierzchniej warstwie gleby w dwupolówce zbożowej (wzrost o 1,6 pkt %) oraz w warstwie 15–20 cm w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem (wzrost o 2,0 pkt %). Po mieszance strączkowej porowatość w płytszej warstwie była istotnie o 2,5 pkt % większa w dwupolówce okopowo-zbożowej oraz o 1,8 pkt % w zmianowaniu zbożowym, a w głębszej o 2,6 pkt % w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem.

Tabela 34. Wybrane właściwości fizyczne gleby lekkiej (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	Wilgotność [% obj.]	Porowatość		Gęstość objętościowa [mg·m ⁻³]	Zwięzłość [MPa]
		ogólna [%]	kapilarna [%]		
		5–10 cm		5–10 cm	0–10 cm
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	13,0	35,9	31,2	1,68	1,95
z-o-ż	12,6	37,9	33,1	1,63	2,19
z-o-ż+g.	12,7	38,1	33,5	1,62	2,05
z-o-ż+m.	15,6	36,1	31,6	1,67	1,81
z-ż	12,8	36,8	32,3	1,66	2,02
z-ż+g.	13,9	36,6	31,4	1,66	1,81
z-ż+m.	14,1	39,3	32,3	1,59	1,57
o-ż	16,3	34,8	29,1	1,69	1,93
o-ż+g.	15,5	36,4	31,1	1,67	1,91
o-ż+m.	15,9	36,6	29,8	1,68	1,54
NIR _{0,05}	0,74	1,56	1,30	0,04	0,19
-		15–20 cm		15–20 cm	10–20 cm
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	14,1	36,0	31,3	1,68	2,95
z-o-ż	15,1	35,6	30,9	1,69	3,11
z-o-ż+g.	13,2	36,8	32,6	1,66	2,94
z-o-ż+m.	17,5	34,3	29,6	1,68	2,70
z-ż	13,7	35,3	30,0	1,67	2,81
z-ż+g.	14,7	37,3	32,0	1,69	2,55
z-ż+m.	15,9	37,9	31,4	1,67	2,41
o-ż	18,2	34,0	28,3	1,73	2,82
o-ż+g.	16,6	35,3	30,0	1,69	2,90
o-ż+m.	18,8	35,4	30,0	1,69	2,36
NIR _{0,05}	1,14	1,44	1,29	r.n.	0,35

W warstwie powierzchniowej największą **porowatością kapilarną** charakteryzowała się trójpolówka i była ona wyraźnie o 1,9 pkt % większa od wykazanej w płodozmianie norfolkskim oraz o 4,0 pkt % od stwierdzonej w dwupolówce zbożowej. W warstwie 15–20 cm największą jej wartość określono w płodozmianie poprawnym przyrodniczo, istotnie o 1,3 i 3,0 pkt % większą niż w zmianowaniach ziemniaka z żytem i owsa z żytem.

Przyorując gorczycę białą uzyskano wyraźne zwiększenie porowatości kapilarnej o 2,0 pkt % w dwupolówce zbożowej oraz nieznaczny jej wzrost w zmianowaniu trójpolowym (o 0,4 pkt %). W głębszej warstwie gleby była ona istotnie o 1,7 pkt % większa w trójpolówce i przemiennej uprawie ziemniaka z żytem oraz o 2,0 pkt % od wykazanej w zmianowaniu owsa z żytem. Po mieszance strączkowej wyraźny wzrost ilości porów o 1,5 pkt % stwierdzono w zmianowaniu trójpolowym, a nieznaczne zwiększenie ich liczby o 0,7 pkt % w dwupolówce zbożowej w porównaniu do uprawy bez tego elementu agrotechniki. W warstwie 15–20 cm po łubinie i grochu w zmianowaniu ziemniaka z żytem

było ich o 1,4 pkt %, a w dwupolówce zbożowej o 1,7 pkt % więcej. W płodozmianie trójpolowym porowatość kapilarna była z kolei istotnie o 1,3 pkt % mniejsza od stwierdzonej w obiekcie bez przyorywania zielonej masy.

W wierzchniej warstwie gleby najwyższą **gęstość objętościową** wykazano w dwupolówce zbożowej i była ona wyraźnie o 3,7% większa od stwierdzonej w trójpolówce. W pozostałych zmianowaniach oraz warstwie 15–20 nie udowodniono istotnego wpływu zmianowań na badaną cechę.

Międzyplony nie miały z reguły istotnego wpływu na gęstość objętościową gleby. Wyraźne zmiany wykazano jedynie po mieszance strączkowej, po której w warstwie 5–10 cm w zmianowaniu trójpolowym wzrosła ona o 2,5 %, a w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem zmalała o 4,2% względem obiektów na których nie była uprawiana.

W warstwie powierzchniowej największą **zwięzłość gleby** wykazano w trójpolówce i była ona istotnie o 13,5% większa od stwierdzonej w zmianowaniu owsa z żytem i o 12,3% od określonej w płodozmianie poprawnym przyrodniczo, a także nieznacznie o 8,4% większa niż w dwupolówce okopowo-zbożowej. Udowodniono także, że w warstwie 10–20 cm zbitość nie była wyraźnie modyfikowana przez rodzaj zmianowania.

Międzyplony miały istotny wpływ na kształtowanie zwięzłości warstwy ornej, a lepszą pod tym względem była mieszanka. Po łubinie żółtym i grochu polnym była ona o 17,4% mniejsza w zmianowaniu trójpolowym, o 20,2% w dwupolówce zbożowej i o 22,3% od stwierdzonej w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem. W warstwie 10–20 cm opór gleby był odpowiednio o 13,2, 16,3 i 14,2% mniejszy.

Nie udowodniono wyraźnego wpływu zmianowań i międzyplonów na **trwałość agregatów glebowych** podczas ich przesiewania na sucho (tab. 35).

Tabela 35. Trwałość i wodoodporność agregatów glebowych (średnie z lat 2012–2014)

Zmianowanie	B*	W	MWDa	MWDg	Wod
z ⁺⁺ -o-g.p.-ż	0,02	1,16	1,37	1,20	88,5
z-o-ż	0,01	0,98	1,07	0,93	77,2
z-o-ż+g.	0,02	1,10	1,14	1,10	85,3
z-o-ż+m.	0,11	1,28	1,35	1,28	86,2
z-ż	0,04	1,01	1,23	1,10	82,2
z-ż+g.	0,06	1,08	1,37	1,29	87,4
z-ż+m.	0,14	1,20	1,56	1,42	93,9
o-ż	0,09	1,03	1,30	1,01	65,4
o-ż+g.	0,06	1,11	1,40	1,08	76,1
o-ż+m.	0,09	1,21	1,60	1,24	82,9
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	0,12	0,06	5,05

*oznaczenia: patrz tabela 31.

Największą **średnią ważoną średnicę agregatu** wykazano w płodozmianie poprawnym przyrodniczo i była ona istotnie o 28,0% większa od stwierdzonej w zmianowaniu trójpolowym i o 11,4% od określonej w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem. W dwupolówce zbożowej różnica ta wyniosła 5,4% ale była nieistotna statystycznie.

Uprawa międzyplonów wpłynęła korzystnie na **średnią ważoną średnicę agregatu**. Mieszanka strączkowa zwiększyła wartość MWDa o 26,2% w zmianowaniu trójpolowym oraz o 23,1% w zmianowaniu zbożowym i o 26,8% w dwupolówce ziemniaka z żytem. Po gorczycy istotne statystycznie różnice zaobserwowano jedynie w zmianowaniu ziemniaka z żytem (11,4%).

Rodzaj zmianowania miał istotny wpływ na **średnią ważoną średnicę gruzelka**, a najwyższą jej wartość wykazano w płodozmianem typu Norfolk (1,20), w którym była ona o 9,1 oraz 18,8% większa od określonej dla analizowanych dwupolówek (z-ż i o-ż). W zmianowaniu trójpolowym różnica ta wyniosła 29,0%.

Uprawa roślin międzyplonowych wpłynęła istotnie na zwiększenie średniej ważonej średnicy gruzelka. Korzystniej na badaną cechę oddziaływała mieszanka strączkowa, po której w zmianowaniu trójpolowym wartość MWDg była o 37,6% większa od stwierdzonej w uprawie bez przyorania zielonej biomasy. W dwupolówkach ziemniaka z żytem i zbożowej omawiany parametr wzrósł odpowiednio o 29,1 i 22,8% względem obiektów bez tego elementu agrotechniki. Po gorczycy uzyskane różnice wyniosły 18,3% dla płodozmiaru trójpolowego, a dla dwupolówek analogicznie 17,3 i 6,93%.

Typ zmianowania różnicował istotnie **współczynnik wodoodporności agregatów glebowych**. Najlepszą strukturą charakteryzowała się czteropolówka, w której omawiana cecha była o 14,6% większa od ustalonej dla płodozmiaru trójpolowego. W naprzemiennej uprawie żyta z ziemniakiem i owsem uzyskane różnice wyniosły odpowiednio 7,7 i 35,3%.

Przyorywanie międzyplonów ścierniskowych miało korzystny wpływ na wzrost trwałości struktury gleby. Po gorczycy współczynnik wodoodporności w trójpolówce był o 10,5% większy od wykazanego w uprawie bez tego elementu. Dla analizowanych dwupolówek (z-ż i o-ż) udowodnione różnice wyniosły natomiast 6,3 oraz 16,4%. Jeszcze lepszą wodoodpornością charakteryzowały się agregaty z poletek przyoranych mieszanką strączkową. Zabieg ten zwiększył wartość Wod o 11,7% w zmianowaniu trójpolowym oraz 14,2 i 26,8% w naprzemiennej uprawie żyta z ziemniakiem i owsem.

6. Dyskusja

W jednoczynnikowym doświadczeniu polowym prowadzonym przez trzy sezony wegetacyjne analizie poddano reakcję wybranych roślin na uprawę w zmianowaniach z różnym ich udziałem oraz ocenę wpływu dwóch międzyplonów ścierniskowych (z gorczycy białej lub mieszanki roślin bobowatych) na warunki siedliskowe oraz wzrost i plonowanie wybranych roślin rolniczych (owies siewny, ziemniak, żyto zwyczajne).

Wykazano, że mieszanka łubinu żółtego z grochem polnym plonowała wyżej (średnio aż o 43,3%) i stabilniej niż gorczyca biała. Zależało to jednak od ilości opadów w okresie ich wegetacji – w latach o zwiększonej ilości deszczu lepiej plonowała mieszanka, a lata suche – gorczyca. Wojciechowski i Werwińska [2016] stwierdzili z kolei, że plon mieszanki złożonej z grochu polnego i bobiku był tylko o 9,9% wyższy niż gorczycy. Podobnego zdania jest Kwiatkowski [2004] który uważa, że plon z mieszanki wyki jarej z peluszką był zaledwie o 2,6% większy niż z gorczycy. Wilczewski [2004] twierdzi, że choć strączkowe zostawiają po sobie najlepsze stanowisko pod rośliny następcze, mogą być one jednak zawodne w uprawie ze względu na wiele czynników niezależnych od człowieka. Całkiem odmienne wyniki uzyskała Gawęda [2010a] udowodniając, że plon mieszanki łubinu wąskolistnego z grochem siewnym pastewnym był o 60,7% niższy niż z gorczycy białej. Dopka i in. [2012] określili natomiast, że łubin wąskolistny uprawiany jako międzyplon dał plon biomasy nawet ponad 3-krotnie mniejszy niż gorczyca biała. Wojciechowski [2009b] nie wykazał natomiast wyraźnych różnic w ilości biomasy wytworzonej przez gorczycę lub mieszankę strączkowo-zbożową.

Nie wykazano jednoznacznego wpływu zmianowań na zachwaszczenie łanu roślin rolniczych. Odchodzenie od poprawnego przyrodniczo płodozmianu skutkowało najczęściej wzrostem liczby i suchej masy chwastów, jednak skala tego zjawiska była różna i zależała od uprawianego gatunku oraz jego fazy rozwojowej. Wielu autorów uważa monokulturę za niepożądany element uprawy [Mohammaddoust Chamanabad i in. 2009, Rahnavard i in. 2009, Adamiak i in. 2011, Małecka-Jankowiak i in. 2015]. Blecharczyk i in. [2003] w monokulturze żyta wykazali istotnie o 48,5% więcej chwastów i ponad 3-krotnie większą ich masę w porównaniu do oznaczonej w płodozmianie. Suwara i in. [2016] stwierdzili, że w łanie przenziża ozimego uprawianego w zmianowaniu było 3-krotnie mniej chwastów niż w monokulturze, a ich masa była wówczas 7-krotnie niższa. Parylak i in. [2016] w pierwszych latach doświadczenia nie wykazali wprawdzie istotnego wpływu następstwa roślin na liczbę i masę chwastów w uprawie pszenżyta ozimego,

jednak w kolejnych odnotowali oni istotny ich wzrost w monokulturze niż w płodozmianie (odpowiednio 5- i 11-krotnie). Nieco odmienne wyniki uzyskał Deryło [2006], który stwierdził, że zachwaszczenie żyta ozimego nie było istotnie modyfikowane przez rodzaj zmianowania.

Uważa się, że jednym ze sposobów ograniczania zachwaszczenia może być uprawa międzyplonów [Akemo i in. 2000]. W badaniach własnych wykazano zróżnicowany ich wpływ na liczbę i masę chwastów chociaż oddziaływały one z reguły pozytywnie na ograniczenie ich występowania w łanie ziemniaka i zbóż. Skuteczniejszą w tym zakresie okazała się mieszanka strączkowa niż gorczyca biała. Zbliżone wyniki uzyskał Wojciechowski [2009b], który po mieszance strączkowo-zbożowej w fazie krzewienia i kwitnienia pszenicy wykazał odpowiednio o 11,4 i 45,8% mniej chwastów niż w uprawie bez międzyplonu. Po gorzycy białej istotne zmniejszenie ich ilości zaobserwował on jedynie w fazie kwitnienia pszenicy jarej (o 19,3%). Autor jednocześnie nie stwierdził wyraźnego ich wpływu na suchą masę chwastów. Parylak i Pytlarz [2016] przyorując międzyplon z gorzycy w systemie płużnym zredukowały zachwaszczenie pszenicy ozimej o 50,0% w stosunku do wykazanego w uprawie bez tego elementu agrotechniki. W warunkach uproszczonej uprawy roli, różnica ta wyniosła 38,8%. Podobne wyniki uzyskali Wojciechowski i Lehmann [2013], którzy po gorzycy oraz mieszance grochu pastewnego i bobiku ograniczyli liczbę chwastów w łanie pszenicy o 30,4 i 44,4%. Ponadto stwierdzili oni, że istotny wpływ na redukcję ich suchej masy wywarły tylko rośliny strączkowe, po których była ona o 67,3% mniejsza. Ci sami autorzy w łanie owsa, zarówno po gorzycy jak i mieszance grochu z łubinem, obserwowali co prawda ograniczenie liczby chwastów jednak różnice te nie były istotne statystycznie. Przyoranie mieszanki spowodowało natomiast znaczny spadek ich suchej masy niż w uprawie bez międzyplonu (o 20,5%). Kraska i in. [2014b] wykazali, że najskuteczniejszą w redukcji zachwaszczenia pszenicy jarej okazała się gorczyca biała, po której ich liczba była o 17,9%, a sucha masa o 27,2% mniejsza od stwierdzonej bez ich udziału. Również Kwiatkowski [2004] obserwował po niej o 70,9% mniej chwastów oraz o 74,6% niższą ich masę w porównaniu do monokultury jęczmienia bez tego elementu agrotechniki. Gawęda [2009b] po gorzycy białej ograniczyła liczbę chwastów w uprawie pszenicy o 17,5%, a ich masę o 59,6% w stosunku do obiektu bez międzyplonu. Po mieszance roślin strączkowych różnica ta wyniosła odpowiednio 18,5 oraz 56,3%.

Wilczewski i in. [2007] oraz Gawęda [2009a] nie stwierdzili natomiast wyraźnego wpływu międzyplonów na liczbę chwastów. Podobnego zdania są Wojciechowski i Lehmann [2013], którzy także nie udowodnili istotnego znaczenia

międzyplonów ścierniskowych na ograniczenie liczby i suchej masy chwastów w uprawie ziemniaka. Innego zdania jest Gawęda [2010b], która pogorzycy białej i mieszance strączkowej wykazała wzrost zachwaszczenie owsa o 18,7 (r.n.) i 38,5% (r.i.) w porównaniu do uprawy bez ich udziału. Ta sama autorka nie stwierdziła jednak istotnego wpływu badanych międzyplonów na masę chwastów.

Wpływ następstwa roślin na ich zdrowotność jest zróżnicowany i zależy w dużym stopniu od warunków pogodowych. Wielu autorów zauważa jednak, że odchodzenie od płodozmianu powoduje zwiększenie ich porażenia. Sawinska i in. [2016] stwierdzili, że stopień zainfekowania roślin zgorzelą podstawy źdźbła i korzeni był o 34,0 pkt % większy w monokulturze niż w zmianowaniu. Odwrotne wyniki uzyskali oni jednak dla fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i korzeni, ponieważ jęczmień w płodozmianie był o 4,0 punktu procentowego bardziej porażony niż w monokulturze. Solarska [2007] wykazała, że największy udział roślin z nekrozami na pochwie liściowej oraz korzeni występował w monokulturze niż w płodozmianie. Paluch i Parylak [2011] stwierdzili, że porażenie korzeni był o 8,6, a źdźbeł o 13,6 pkt % większe w monokulturze niż zmianowaniu. Również wyniki badań własnych wykazały, że porażenie zbóż kompleksem chorób podsuszkowych było znacznie modyfikowane przez rodzaj zmianowania, a jego wielkość zależała od rośliny uprawnej. Największe porażenie owsa i żyta przez kompleks chorób podstawy źdźbła wykazano w dwupolówce tych roślin.

Wielu autorów donosi, że międzyplony są ważnym czynnikiem ograniczającym porażenie roślin uprawnych. Wojciechowski [2008, 2009b] oraz Wojciechowski i in. [2015] uważają, że porażenie roślin przez choroby po gorzycy białej i mieszance strączkowo-zbożowej jest o kilka procent mniejsze (od 2,0 do 3,4 pkt %). Kraska i Mielniczuk [2012] donoszą natomiast, że ograniczenie występowania chorób po międzyplonie z gorzycy białej może sięgać nawet 71,7%. Wojtala i Parylak [2009] wykazały natomiast, że jedynie porażenie korzeni pszenicy ozimej było istotnie zmniejszone po międzyplonie, ale porażenie podstawy źdźbła już nie. Również Majchrzak i in. [2005] zauważyli, że międzyplony z rodziny krzyżowych wpływają na poprawę warunków fitosanitarnych w monokulturze pszenicy ozimej. Parylak i in. [2014] nie wykazali natomiast wpływu międzyplonu na poprawę zdrowotności źdźbeł i korzeni pszenicy jarej uprawianej w monokulturze. Wyniki badań własnych znajdują odzwierciedlenie w doniesieniach innych autorów. Międzyplony ścierniskowe miały pozytywny wpływ na ograniczenie porażenia korzeni, choć nie zawsze był on istotny statystycznie. W uprawie owsa wyraźne różnice wykazano jedynie w trójpolówce, w której po gorzycy było ono o 3,2 pkt % niższe

w stosunku do stwierdzonego bez tego elementu agrotechniki. W łanie żyta zauważalne zmiany widoczne były w przemiennej jego uprawie z ziemniakiem (o 7,0 pkt % po gorczycy i 4,6 pkt % po łubinie i grochu). W pozostałych zmianowaniach międzyplony również zmniejszały zainfekowanie źdźbeł i korzeni ale już w mniejszym stopniu. Odmienne wyniki uzyskali Pytlarz i in. [2014], którzy w monokulturze pszenicy jarej po międzyplonie z gorczycy białej obserwowali nieznaczne zwiększenie zainfekowania źdźbeł i korzeni przez patogeny chorobotwórcze. Analiza ta dowodzi, że wpływ międzyplonów na stan sanitarny rośliny następczej zależy od wielu czynników jak gatunku rośliny uprawnej, warunków pogodowych, stanowiska w zmianowaniu czy rodzaju gatunku jaki był uprawiany jako międzyplon.

Wykazano istotny wpływ zmianowania na plonowanie roślin uprawnych. Najwyższe plony uzyskiwano każdorazowo w płodozmianie typu Norfolk, a najniższe w dwupolówce okopowo-zbożowej i zbożowej. Dla ziemniaka wykazana różnica wyniosła 20,0%, dla owsa 22,5, a dla żyta 26,8%. Do podobnych wniosków doszedł również Wojciechowski [2009a], który udowodnił, że wraz ze wzrostem udziału żyta w zmianowaniu zmniejszeniu ulegał jego plon. Według niego w poprawnym przyrodniczo płodozmianie był on odpowiednio o 19,4, 33,5 oraz 59,2% większy od stwierdzonego w trójpolówce, przemiennej uprawie ziemniaka z żytem i dwupolówce zbożowej. Woźniak i in. [2005] stwierdzili, że pszenica uprawiana w monokulturze wydała istotnie o 25,8, 28,0 oraz 23,9% mniejszy plon od wykazanego w zmianowaniach z 25, 50 i 75% jej udziałem. Smagacz i Kuś [2010] najwyższy przeciętny plon ziarna pszenicy ozimej określili w płodozmianie typu Norfolk w którym był on o 4,54 i 6,29% większy niż w zmianowaniach wysyconych zbożami w 75% oraz o 10,9% od stwierdzonego w monokulturze. W łanie jęczmienia jarego uzyskane różnice wyniosły analogicznie 4,76, 13,1 i 13,7%. O niekorzystnym wpływie monokultury na plonowanie zbóż donoszą także Blecharczyk [2002] oraz Kostrzevska i Zawiślak [2002], według których plony roślin uprawnych były o 26,9 i 27,5% mniejsze niż w poprawnych płodozmianach. W uprawie ziemniaka zmiany wielkości jego plonu spowodowane odejściem od zmianowania zanotowali natomiast m.in. Jankowska i Szymankiewicz [2004], Blecharczyk i in. [2008] oraz Wojciechowski i in. [2013].

W międzyplonach ścierniskowych upatruje się możliwości łagodzenia niekorzystnych skutków uprawy będących wynikiem nadmiernego wysycenia zmianowań zbożami oraz częstego przychodzenia ich po sobie. O pozytywnym ich wpływie na plonowanie donoszą m.in. Kuś i Jończyk [2000], Wojciechowski i Parylak [2006] oraz Gawęda i Haliniarz [2013]. Gawęda i Kwiatkowski [2013] wykazali, że gorczyca biała i mieszanka łubinu wąskolistnego

z grochem siewnym spowodowały wzrost plonu jęczmienia jarego odpowiednio o 9,3 i 13,7% w stosunku do stwierdzonego w uprawie bez ich udziału. Wojciechowski [2009b] po mieszance strączkowo-zbożowej uzyskał istotnie o 8,7% wyższy plon pszenicy niż bez tego elementu agrotechniki. Harasim i Gawęda [2010] po mieszance łubinu wąskolistnego z grochem pastewnym stwierdziły o 7,7% wyższy plon ziarna jęczmienia. Ten sam międzyplon wpłynął także istotnie na plonowanie pszenicy, powodując wzrost omawianej cechy o 9,2% [Gawęda i Kwiatkowski 2012]. Również Wilczewski i in. [2007] dowiedli, że rośliny motylkowate wpłynęły pozytywnie na plon pszenicy jarej, uzyskując średnio o 5,9% więcej ziarna po łubinie, 7,0% po grochu oraz 7,3% po seradeli. Wilczewski [2014] po międzyplonie z grochu siewnego uzyskał wyraźny wzrost plonu ziarna jęczmienia jarego o 8,6%. Wyniki badań własnych potwierdzają również doniesienia o pozytywnym wpływie międzyplonów na plon ogólny ziemniaka. Wojciechowski i in. [2013] udowodnili, że międzyplon z gorczycy białej zwiększył jego plonowanie o 7,9% w zmianowaniu trójpolowym i o 6,0% w dwupolówce, choć w tym przypadku różnica ta nie została udowodniona statystycznie. Płaza i in. [2009c] zarówno po gorczycy przyoranej jesienią jak i tej pozostawionej do wiosny w formie mulczu wykazali, że średni plon ogólny bulw ziemniaka był istotnie aż o 29,8 i 25,7% wyższy od stwierdzonego w obiekcie kontrolnym. O korzystnym jej wpływie donosi również Wojciechowski [2009a], który w dwupolówkach okopowo-zbożowej i zbożowej uzyskał po niej o 13,0 i 16,4% większy plon żyta od stwierdzonego bez międzyplonu. Podobnego zdania są także Kuś i Jończyk [2000], Wojciechowski i Parylak [2006] oraz Murawska i in. [2015]. Herrera i Liedgens [2009] uważają z kolei, że uprawa międzyplonów pomimo korzystnego wpływu na środowisko nie zawsze powodowała lepszy wzrost i plonowanie roślin następczych. O korzystnym, choć nieistotnym ich wpływie na wielkość plonu donoszą m.in. Dworakowski [1998] oraz Gawęda [2010a]. Podobnego zdania są także Dopka i in. [2012], Gawęda i Kwiatkowski [2012], Maziarek i in. [2015] oraz Wrzesińska i in. [2017], którzy nie wykazali wyraźnego ich wpływu na plonowanie zbóż. Dzienia i Szarek [2000], Rychcik [2000], Parylak i Tendziagolska [2001] oraz Wojciechowski i Parylak [2004a] nie udowodnili natomiast istotnego wpływu międzyplonów na plonowanie ziemniaka.

Sulek i in. [2016] udowodniły, że uprawa pszenicy w stanowisku po sobie w porównaniu do płodozmianu skutkowałą wyraźnym zmniejszeniem liczby kłosów i masy 1000 ziaren co ostatecznie przyczyniło się do istotnego spadku jej plonu. O istotnym wpływie liczby kłosów i MTZ na plonowanie donoszą również Woźniak i in. [2005], którzy w monokulturze pszenicy określili o 18,9% mniej kłosów niż w zmianowaniu z jej 25%

udziałem. Dla płodozmianów z 50 i 75% wysyceniem pszenicą wykazane różnice wyniosły odpowiednio 19,6 oraz 12,1%. Masa 1000 ziaren różniła się analogicznie o 8,84, 5,87 i 6,28%. Wyniki badań własnych znajdują odzwierciedlenie w doniesieniach literaturowych. Wykazano, że liczba wiech i kłosów oraz MTZ były istotnie zależne od rodzaju zmianowania. Największą obsadą i masą tysiąca ziaren charakteryzował się płodozmian przyrodniczo poprawny, istotnie mniejszą natomiast dwupolówki.

Gawęda i Kwiatkowski [2013] istotny statystycznie wzrost obsady kłosów jęczmienia jarego wykazali po mieszance roślin strączkowych i wyniósł on 13,1% w porównaniu do stwierdzonego bez ich przyorania. Ci sami autorzy [2012] zbliżone wyniki uzyskali dla pszenicy, w której po łubinie wąskolistnym i grochu siewnym pastewnym badana cecha była wyraźnie o 8,9% większa. Kwiatkowski [2009b] w monokulturze jęczmienia jarego po międzyplonie z wyki i peluszką oraz gorczycy białej wykazał wzrost obsady kłosów o 6,0 i 8,0% w porównaniu do uprawy bez tego elementu zmianowania. Pozytywny wpływ gorczycy na obsadę kłosów zaobserwowali także Puła i Łabza [2000] oraz Kraska i in. [2014a]. Wilczewski [2014] stwierdził, że po grochu siewnym było ich wyraźnie o 12,3% więcej niż bez jego udziału. Wyniki badań wykazały, że liczba kłosów żyta była istotnie kształtowana przez zastosowane międzyplony ścierniskowe, a nieznacznie lepszą pod tym względem okazała się mieszanka strączkowa, po której wzrost analizowanej cechy wyniósł od 11,5% w zmianowaniu zbożowym do 20,4% w płodozmianie trójpolowym. W łanie owsa istotny wzrost liczby wiech obserwowano jedynie w przemiennej jego uprawie z ziemniakiem po gorczycy (8,9%). Odmienne zdania są natomiast Wrzeńska i in. [2017], którzy po gorczycy białej uzyskali wyraźnie o 3,5% mniej kłosów niż w uprawie bez jej udziału. Gawęda i Kwiatkowski [2012] po międzyplonach ścierniskowych wykazali istotny wzrost masy tysiąca ziaren w stosunku do uprawy bez ich wykorzystania. Największą różnicę wykazali oni po gorczycy białej (4,0%), nieco mniejszą natomiast po łubinie wąskolistnym z grochem siewnym pastewnym (3,2%). Wyniki badań własnych tylko częściowo potwierdzają w tym zakresie dane literaturowe. W łanie żyta wyraźny wzrost wartości MTZ, o 14,5%, stwierdzono jedynie po gorczycy w zmianowaniu zbożowym, w owsie natomiast po łubinie i grochu o 4,7% w płodozmianie trójpolowym i o 6,4% w zmianowaniu dwupolowym. O korzystnym wpływie strączkowych na masę 1000 ziaren piszą także Deryło [1994] oraz Jaskulski i in. [2000]. Innego zdania są Wrzeńska i in. [2017], którzy nie wykazali istotnego wpływu międzyplonów na wspomnianą składową plonu. Puła i Łabza [2000] twierdzą natomiast, że gorczyca biała doprowadziła nawet do obniżenia dorodności ziaren jęczmienia jarego średnio o 5,0%.

Również Wilczewski [2014] wykazał, że masa 1000 ziaren po grochu siewnym była o 6,2% mniejsza od stwierdzonej w uprawie bez jego udziału.

Wykazano, że zmianowania miały istotny wpływ na średnią masę bulw ziemniaka, która zmniejszała się wraz ze wzrostem jego udziału w strukturze zasiewów. Także Blecharczyk i in. [2008] stwierdzili, że wspomniana cecha była wyraźnie o 27,3% większa w zmianowaniu niż w monokulturze. Do podobnych wniosków doszli również Wojciechowski i in. [2013], jednak wykazane przez nich różnice nie były istotne statystycznie.

Na masę bulw ziemniaka pozytywny wpływ miały także międzyplony ścierniskowe, a nieznacznie lepszą okazała się mieszanka łubinu żółtego z grochem polnym. W zmianowaniu trój- i dwupolowym modyfikowała ona istotnie wspomnianą cechę o 15,2 i 18,2%. Wojciechowski i Parylak [2004a] po międzyplonie z gorzycy wykazali wzrost masy bulw (od 1,52 do 5,17%), jednak nie był on istotny statystycznie. Podobnego wyniku uzyskali również Turska i in. [2009] oraz Wojciechowski i in. [2013].

Zmianowania miały istotny wpływ na aktywność biologiczną gleby, a najwyższa była w płodozmianie Norfolkskim. Również Anderson i Domsch [1990] stwierdzili, że w monokulturze intensywności wydzielania dwutlenku węgla była mniejsza niż w płodozmianie. Frąc i in. [2011] wyższą aktywność respiracyjną udowodnili w systemie ekologicznym, niższą natomiast w konwencjonalnym z uprawą pszenicy w monokulturze.

Uważa się, że wprowadzenie do gleby materii organicznej, może skutkować wzrostem aktywności mikroorganizmów [Runowska-Hryńczuk i in. 1998]. Z kolei wysoka ich aktywność dowodzi o dobrej jakości gleby oraz udostępnianiu przez nią składników odżywczych potrzebnymi roślinom [Frąc i in. 2011]. Zawartości materii organicznej, struktura gleby oraz temperatury i warunki wodno-powietrzne panujące w glebie mają wpływ na oddychanie mikroorganizmów, a także na dyfuzję gazów w układzie glebowym [Gliński i Stępniewski 1985, Kuczewski i Nowak 2001, Włodarczyk i in. 2007]. Badania własne wykazały, że aktywność respiracyjna była w istotny sposób modyfikowana przez rodzaj międzyplonu ścierniskowego. Niezależnie od fazy rozwojowej i rośliny uprawnej lepszą pod tym względem była mieszanka strączkowa niż gorczyca biała. Ilość wydzielonego po niej z gleby CO₂ w ziemniaku była istotnie od 13,9 do 22,7% większa od wykazanej w uprawie bez tego elementu agrotechniki. W łanie owsa różnice wyniosły od 11,4 do 23,9%, a w życie od 11,7 do nawet 47,5%.

Doniesienia naukowe odnośnie wpływu zmianowań na zawartość makro- i mikroskładników w glebie są niejednoznaczne i zależą od wielu czynników m.in. od

gatunku uprawianej rośliny. Często jednak najwyższe ich wartości odnotowywane są w płodozmianie poprawnym przyrodniczo. Parylak i in. [2006] dowodzą, że ilość węgla organicznego spod monokultur zbożowych była od 4,5 do 9,2% mniejsza od określonej w płodozmianie typu Norfolk. Także Bleharczyk i in. [2005b] wykazali, że zawartość C_{org} w wieloletniej monokulturze była od 6,31 do aż 34,6% niższa niż określona w 7-polowym płodozmianie. O ograniczającym wpływie monokultury zbożowej na jego obecność w glebie donoszą również Parylak i in. [2002] oraz Strączyńska i in. [2010]. Nieco inne wyniki prezentują natomiast Kuś i Siuta [1999] oraz Smagacz i Kuś [2010], którzy wraz ze zwiększeniem obecności zbóż w strukturze zasiewów obserwowali istotny wzrost zawartości przyswajalnych form P, K i Mg w porównaniu do gleby z ich 50% udziałem. Badania własne nie potwierdziły istotnego wpływu zmianowań na właściwości chemiczne gleby, jednak najczęściej obserwowano po nich zmniejszenie ilości makro- i mikrośladników.

Wykazano, że obecność międzyplonu ścierniskowego nie miała jednoznacznego wpływu na właściwości chemiczne gleby. Nie udowodniono wyraźnego wpływu międzyplonów ścierniskowych na zmiany pH gleby. Podobne wyniki uzyskał Wojciechowski [2009b], który stwierdził, że przyoranie gorczycy białej oraz mieszanki strączkowo-zbożowej nie miało istotnego znaczenia w kształtowaniu pH gleby. W badaniach własnych międzyplony ścierniskowe oddziaływały z reguły pozytywnie na zwiększenie ilości azotu ogólnego w glebie. W uprawie ziemniaka, w trójpolówce, po łubinie żółtym i grochu polnym jego zawartość wzrosła o 24,0%, a w dwupolówce o 26,5% niż w uprawie bez międzyplonu. W owsie wykazane różnice wyniosły odpowiednio 11,3 oraz 17,6%, a w życie 25,5 i 33,3%. Wojciechowski [2009b] udowodnił, że międzyplony ścierniskowe wpływają skutecznie na zawartość azotu ogólnego w glebie, a lepsza pod tym względem jest mieszanka strączkowo-zbożowa, po której była ona o 15,1% większa. Przyoranie gorczycy białej z kolei tylko nieznacznie zwiększało zawartość tego pierwiastka. Waclawowicz [2013] w oparciu o dane literaturowe podaje, że z biomasy międzyplonów można uzyskać więcej azotu niż z nieodpowiednio przefermentowanego obornika. Jaskulski i Jaskulska [2004] wiosną po międzyplonie z grochu odnotowali wyraźny wzrost jego ilości o 18,2% niż w uprawie bez tego elementu. Ci sami autorzy uważają, że gorczyca biała w okresie jesiennym może nawet zmniejszyć zawartość N w glebie. Również Kraska [2011b] donosi, że po międzyplonie z gorczycy zawartość tego pierwiastka w glebie jest mniejsza. Międzyplony przyczyniły się do wzrostu zawartości fosforu, jednak nie zawsze w sposób istotny. Podobnego zdania jest Wojciechowski [2009b], który twierdzi, że nie mają one większego udziału w kształtowaniu się ilości P w warstwie ornej. Natomiast Kraska [2011b] po międzyplonie z gorczycy białej

wykazał nawet o 12,4% mniej tego pierwiastka niż w uprawie bez jego udziału. Międzyplony ścierniskowe oddziaływały korzystnie na zwiększenie zawartości potasu w uprawie ziemniaka oraz nieznacznie w uprawie zbóż. Wojciechowski [2009b] po gorzycy i mieszance obserwował natomiast istotnie o 15,9 oraz 17,2% więcej K niż w uprawie pszenicy bez tego elementu. Również Kraska [2011b] donosi o korzystnym wpływie międzyplonu na ilość potasu w glebie. Nie udowodniono istotnego wpływu uprawy roślin międzyplonowych na zawartość przyswajalnych form magnezu w uprawie ziemniaka i żyta. W łąkach owsa tylko po mieszance obserwowano istotny jej wzrost, odpowiednio o 33,1 oraz 41,1% więcej od stwierdzonej dla zmianowania trój- i dwupolowego bez tego elementu uprawy. Wojciechowski [2009b] określił natomiast ten wzrost na poziomie 12,6%, a Kraska [2011b] tylko o 0,45%. Dowodzi to, że na zawartość tego pierwiastka w glebie ma wpływ wiele czynników m.in. gatunek uprawianej rośliny. Udowodniono korzystny wpływ mieszanki strączkowej na zwiększenie $C_{org.}$ w glebie spod uprawy ziemniaka i owsa w płodozmianie trój- i dwupowym. Zbadane różnice wyniosły odpowiednio 37,7 i 27,1% oraz 23,5 i 27,6%. W łąnie żyta istotną różnicę wykazano tylko w zmianowaniu trójpolowym (26,7%). Wojciechowski [2009b] po gorzycy białej uzyskał o 3,3% więcej $C_{org.}$, a po mieszance międzyplonowej o 9,6% niż w uprawie bez tego elementu agrotechniki. Również Kraska [2011b] stwierdził, że międzyplony poprawiają zawartość węgla w glebie tylko o kilka procent (od 1,0 do 3,9%).

Upraszczanie zmianowań wpływało z reguły na wzrost wilgotności gleby w obu badanych warstwach. Również Czyż i Dexter [2009] stwierdzili, że gleba spod monokultury kukurydzy cechowała się nieznacznie lepszym uwilgotnieniem niż w zmianowaniu (o 4,75%). Odmiennego zdania są natomiast Wojciechowski i Parylak [2004b], którzy największą wilgotność w terminie zbioru owsa wykazali w płodozmianie typu Norfolk i była ona o 9,3% większa w warstwie 5–10 cm, a w głębszej o 13,5% od określonej w dwupolówce zbożowej.

Sharratt [2002], Thomsen [2005] oraz Wilczewski [2011] uważają, że rośliny międzyplonowe oraz ich biomasa są zdolne do modyfikowania takich właściwości fizycznych gleby jak choćby temperatura, wilgotność, porowatość czy gęstość. Badania własne wykazały korzystny wpływ międzyplonów ścierniskowych na uwilgotnienie gleby, a wielkość tych zmian uzależniona była od gatunku rośliny uprawnej. O pozytywnym wpływie przyorowania międzyplonów ścierniskowych na poprawę uwilgotnienia gleby donosi m.in. Wojciechowski [2009b]. Wykazał on, że w fazie kwitnienia pszenicy jedynie w warstwie 5–10 cm była ona istotnie o 6,0% wyższa po gorzycy i 14,8% po mieszance strączkowo-zbożowej niż w uprawie bez tego elementu. W okresie zbioru po mieszance autor znaczny wzrost

uwilgotnienia wykazał tylko w warstwie 5–10 cm. Również Wojciechowski i Parylak [2004b] po gorczycy białej obserwowali zazwyczaj wzrost wilgotności gleby, choć nie zawsze był on istotny statystycznie. O pozytywnym wpływie międzyplonów, szczególnie w okresach przeciętnych i obfitych pod względem opadów, donosi także Parylak [1998b]. Wojciechowski [2004] zaobserwował natomiast, że ich przyoranie wywierało zazwyczaj pozytywny, choć nieudowodniony statystycznie wpływ na wzrost wilgotności gleby. Podobnego zdania są także Jaskulski i Jaskulska [2004] oraz Majchrzak i Skrzypczak [2010].

Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu płodozmianów na kształtowanie się zwięzłości i gęstości gleby, które zależały głównie od gatunku w którym je badano. W uprawie ziemniaka ich upraszczanie powodowało z reguły wzrost zwięzłości, w owsie jej zmniejszenie, natomiast w łanie żyta kierunek ten był różny w zależności od rodzaju zmianowania. Gęstość gleby zazwyczaj wzrastała pod wpływem ograniczania ilości gatunków, choć nie zawsze w sposób istotny. Nieco odmiennego zdania są Czyż i Dexter [2009], którzy wykazali, że gleba spod zmianowania cechowała się nieznacznie większą gęstością niż w monokulturze (o 0,19%). Również Wojciechowski i Parylak [2004b] nie stwierdzili wyraźnego wpływu zmianowań na opisywane cechy.

Międzyplony ścierniskowe wpływały zazwyczaj pozytywnie na zwięzłość i gęstość gleby, powodując ich ograniczenie, nie zawsze jednak w sposób istotny statystycznie. Podobnego zdania są Dopka i in. [2013], którzy po gorczycy obserwowali zmniejszenie zbitości gleby. Wykazali oni, że po międzyplonie z gorczycy w wierzchniej warstwie gleby zwięzłość była o 29,8, a gęstość o 6,5% mniejsza. Dla głębszej warstwy różnice wyniosły odpowiednio 20,0 i 6,8%. Również Parylak [1998] uważa, że przyoranie międzyplonu w monokulturze pszenżyta może spowodować zmniejszenie zwięzłości gleby, nawet o 20%. Nieco inne wyniki prezentują Wojciechowski i Parylak [2004b] oraz Wojciechowski [2009b], którzy obserwowali po międzyplonach zmniejszenie zwięzłości gleby, jednak nie było ono istotne statystycznie. Ten sam autor [2009b] przyorując gorczycę białą zmniejszył znacząco jej gęstość w warstwie 5–10 cm o 1,3%, a w głębszej o 2,5%. Po wprowadzeniu mieszanki strączkowo-zbożowej istotne różnice zaobserwował on jedynie w warstwie 15–20 cm (o 3,1%). Zupełnie odmiennie wyniki uzyskali z kolei Jaskulski i Jaskulska [2004], którzy udowodnili, że uprawa międzyplonów prowadzi do wzrostu zwięzłości, choć nie zawsze można ją udowodnić. Według Parylak i in. [2002] gleba w monokulturze pszenżyta ozimego cechowała się nieistotnie mniejszą gęstością objętościową oraz zdecydowanie większą zwięzłością niż płodozmian.

Upraszczenie zmianowań powodowało z reguły zmniejszenie wartości wskaźników trwałości i wodoodporności agregatów glebowych. Wyraźny wpływ na poprawę trwałości i wodoodporności agregatów glebowych miały natomiast międzyplony. Skuteczniejsza w tym względzie okazała się mieszanka strączkowa niż gorczyca biała. Waclawowicz i Tendziagolska [2008] po gorczycy i plonach ubocznych wykazali wzrost wskaźnika zbrylenia, wodoodporności oraz średniej ważonej średnicy agregatu na sucho i na mokro. Również Wojciechowski [2009b] obserwował po międzyplonach wzrost wskaźnika struktury i wodoodporności oraz średniej ważonej średnicy agregatu. W wierzchniej warstwie gleby po gorczycy białej wykazał on istotny wzrost wartości W oraz MWDa o 45,7 i 8,7%, a w warstwie 10–20 cm - Wod o 12,6%. Po mieszance zbożowo-strączkowej wykazane różnice wyniosły odpowiednio 51,1, 11,1 oraz 12,9%. Giemza-Mikoda i in. [2011] po międzyplonie z gorczycy wymieszanej ze słomą jęczmienną stwierdzili, że wartość wskaźnika struktury zwiększyła się, zmniejszeniu natomiast uległa średnia ważona średnica gruzełka.

7. Wnioski

Na podstawie 3-letnich badań polowych nad rolą międzyplonów w różnych zmianowaniach na glebie lekkiej można sformułować następujące wnioski:

1. Nie wykazano wyraźnego wpływu zmianowań na plonowanie roślin międzyplonowych, które zależało głównie od przebiegu pogody (zwłaszcza opadów) w okresie ich wegetacji. Mieszanka strączkowa wytworzyła w płodozmianie trójpolowym o 53,5% większy plon niż gorczyca. W przemiennej uprawie owsa z żytem oraz zmianowaniu okopowo-zbożowym różnice te wyniosły odpowiednio 59,0 i 18,6%. Z łubinem żółtym i grochem polnym wprowadzono do gleby także więcej makroskładników.
2. Odchodzenie od przyrodniczo poprawnego płodozmiannu powodowało pogorszenie cech plonotwórczych i plonu roślin uprawnych. Najniższy plon ziemniaka uzyskano w dwupółwce tej rośliny z żytem (o 16,7% mniejszy niż w czteropółwce), a zbóż w dwupółwce owsa z żytem (dla owsa 18,4% a dla żyta 21,2% mniejszy niż w płodozmianie typu Norfolk).
3. Międzyplony ścierniskowe oddziaływały korzystnie na składowe plonu i jego wielkość. Po mieszance łubinu żółtego z grochem plon roślin był niekiedy nawet większy niż po zastosowaniu obornika.
4. Upraszczenie zmianowań skutkowało najczęściej wzrostem zachwaszczenia roślin uprawnych, ale zależało to głównie od ocenianego gatunku oraz jego fazy rozwojowej.

5. Nie wykazano jednoznacznego wpływu międzyplonów ścierniskowych na redukcję liczby i suchej masy chwastów w łąkach roślin uprawnych. Najczęściej powodowały one ograniczenie zachwaszczenia, szczególnie w roślinach jarych. Skuteczniejszą w tym zakresie okazała się mieszanka niż gorczyca.
6. Wraz z upraszczaniem zmianowań zainfekowanie zbóż kompleksem chorób podsuszkowych zwiększało się. Największy indeks porażenia korzeni i źdźbeł wykazano w dwupolówce zbożowej.
7. Międzyplony ścierniskowe na ogół poprawiały zdrowotność roślin, a nieznacznie lepszą w tym zakresie była gorczyca niż mieszanka.
8. Upraszczenie zmianowań nie miało wyraźnego wpływu na kształtowanie właściwości fizycznych gleby, pogarszało jednak jej właściwości chemiczne oraz aktywność mikroorganizmów.
9. Międzyplony, a szczególnie mieszanka roślin strączkowych poprawiały na ogół większość właściwości gleby, szczególnie aktywność mikroorganizmów, zawartości azotu i węgla oraz wskaźników struktury gleby.

8. Literatura

1. Acharya B.D., Khattri G.B., Chettri M.K., Srivastava S.C. 2002. Effect of *Brassica campestris var. toria* as a catch crop on *Orobanche aegyptiaca* seed bank. *Crop Prot.*, 21: 533–537.
2. Adamiak E., Adamiak J., Przybylski R. 2011. Znaczenie płodozmianu w regulacji zachwaszczenia zbóż ozimych. *Prog. Plant. Prot.*, 51 (2): 817–821.
3. Adamiak E., Adamiak J., Stępień A., Balicki T. 2003. Wpływ następstwa roślin i poziomu ochrony na zachwaszczenie odmian pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 490: 15–22.
4. Adamiak J., Adamiak E., Balicki T. 2005. Wpływ wieloletniej monokultury na występowanie chorób podstawy źdźbła w czterech zbożach. *Fragm. Agron.*, 2 (86): 7–13.
5. Akemo M.C., Regnier E.E., Bennet M.A. 2000. Weed suppression in spring-sown rye (*Secale cereale*) – pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Weed Technol.*, 14: 545–549.

6. Anderson T.-H., Domsch K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from of soils from different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.*, 22: 251–255.
7. Askegaard M., Eriksen J. 2007. Residual effect and leaching of N and K in cropping systems with clover and ryegrass catch crops on a coarse Sand. *Agric. Ecosys. Environ.*, 123: 99–108.
8. Banaszak H. 2003. Uzależnienie rozwoju populacji mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schm.) od rodzaju nawożenia organicznego w uprawie buraka cukrowego. *Prog. Plant Prot.*, 43 (1): 37–42.
9. Bis M., Marcinkowska K., Zając T. 2001. Intensywność mikrobiologicznych procesów zachodzących w ryzosferze pszenicy ozimej i jarej uprawianej po międzyplonach ścierniskowych. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Kraków, Rol.* 392, Sesja Nauk., 85: 45–52.
10. Biskupski A., Kaus A., Pabin J., Włodesk S. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średnik kąta nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (2): 639–654.
11. Biskupski A., Sekutowski T.R., Włodek S., Smagacz J., Owsiak Z. 2014. Wpływ międzyplonów oraz różnych technologii uprawy na plonowanie kukurydzy. *Inż. Ekol.*, 38: 7–16.
12. Blecharczyk A. 2002. Reakcja żyta ozimego i jęczmienia jarego na system następstwa roślin i nawożenie w doświadczeniu wieloletnim. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 326: ss. 128.
13. Blecharczyk A., Małecka I., Piechota T. 2003. Wpływ płodozmianu, monokultury i nawożenia na zachwaszczenie żyta ozimego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 490: 23–29.
14. Blecharczyk A., Małecka I., Piechota T., Sawinska Z. 2008. Wpływ następstwa roślin i nawożenia na plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka odmiany Sante. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7 (3): 13–19.
15. Blecharczyk A., Małecka I., Pudelko J. 2005a. Reakcja roślin na monokulturę w wieloletnim doświadczeniu w Brodach. *Fragm. Agron.*, 22 (2): 20–29.
16. Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G. 2000a. Wpływ wieloletniego zmianowania i monokultury na zachwaszczenie jęczmienia jarego. *Ann. UMCS, Sect. E*, 55: 17–23.

17. Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G., Pudełko J. 2000b. Wpływ grochu jako rośliny regenerującej na występowanie chorób i plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach uprawy roli. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 470: 13–19.
18. Blecharczyk A., Małecka I., Zawada I., Sawinska Z. 2007. Bioróżnorodność chwastów w pszenicy ozimej w zależności od wieloletniego nawożenia i systemu następstwa roślin. *Fragm. Agron.*, 24 (3): 27–33.
19. Blecharczyk A., Piechota T., Małecka I. 2005b. Zmiany chemicznych właściwości gleby w wyniku wieloletniego oddziaływania systemów następstwa roślin i nawożenia. *Fragm. Agron.*, 22 (2): 30–38.
20. Blombäck K., Eckersten H., Lewan E., Aronsson H. 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agric. Syst.*, 76: 95–114.
21. Bronick C.J., Lal R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124: 3–22.
22. Brunotte J., Joschko M., Rogasik H. 1998. Mulchsaat standortangepasst – fester Baustein heutiger Zuckerrübenproduktion. *Zuckerrübe*, 4: 199–202.
23. Budzyński W., Krasowicz S. 2008. Produkcja zbóż w Europie i w Polsce na przełomie XX i XXI wieku. *Fragm. Agron.*, 25 (1): 50–66.
24. Bundy L.G., Andraski T.W. 2005. Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues and cover crops on an irrigated sandy soil. *Agron. J.*, 69: 640–648.
25. Buraczyńska D. 2004. Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego, cz. 2. Plon i cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego. *Biul. IHAR*, 234: 181–190.
26. Cardina J., Herms C.P., Doohan, D.J. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Sci.*, 50: 448–460.
27. Ceglarek F., Buraczyńska D., Płaza A. 1997. Reakcja buraka cukrowego na nawożenie obornikiem, słomą i międzyplonami wsiewek. *Fragm. Agron.*, 4: 18–26.
28. Cherr C.M., Scholberg J.M.S., McSorley R. 2006. Green manure approaches to crop production: a synthesis. *Agron. J.*, 98: 302–319.
29. Christiansen J.S., Thorup-Kristensen K., Kristensen H.L. 2006. Root development of beetroot, sweet corn and celeriac, and soil N content after incorporation of green manure. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 81 (5): 831–838.
30. Czyż E.A., Dexter A.R. 2009. Środowiskowe skutki uprawy kukurydzy (*Zea mays* L.) w monokulturze i zmianowaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 543: 41–56.

31. Demidowicz G., Gonet Z. 1976. Bonitacja klimatu Polski do uprawy poplonów ścierniskowych. *Pam. Puł.*, 66: 203–204.
32. Deryło S. 1994. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na kształtowanie się struktury i jakość plonu pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w płodozmianach zbożowych. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz* 35: 103–111.
33. Deryło S. 2006. Kształtowanie się zachwaszczenia żyta ozimego w płodozmianach i monokulturze zbożowej na glebie lekkiej. *Pam. Puł.*, 142: 55–63.
34. Dopka D., Korsak-Adamowicz M., Starczewski J. 2007. Wpływ wybranych właściwości fizycznych gleby na plonowanie żyta jarego. *Fragm. Agron.*, 24 (1): 33–40.
35. Dopka D., Korsak-Adamowicz M., Starczewski J. 2012. Biomasa międzyplonów ścierniskowych i ich wpływ na plonowanie żyta jarego w monokulturowej uprawie. *Fragm. Agron.*, 29 (2): 27–32.
36. Dopka D., Korsak-Adamowicz M., Starczewski J. 2013. Zmiany właściwości fizycznych gleby w monokulturowej uprawie żyta jarego. *Polish J. Agron.*, 12: 3–8.
37. Drozdowska L. 1994. Rola biologiczna glukozyolanów. *Post. Nauk Rol.*, 5: 61–67.
38. Duer I. 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. *Fragm. Agron.*, 1: 29–43.
39. Duer I., Fotyma M., Madej A. 2002. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. MRiRW oraz MŚ Warszawa, http://www.mos.gov.pl/1materialy_informacyjne/raporty_opracowania/kodeks/
40. Dworakowski T. 1998. Działanie międzyplonu ścierniskowego w ogniwie zmianowania zboża ozime – zboża jare. *Fragm. Agron.*, 15 (3): 90–99.
41. Dzieńka S., Szarek P. 2000. Efektywność uprawy bezpłużnej oraz międzyplonów słomy w produkcji ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470: 145–152.
42. Dzieńka S., Szarek P., Puzyński S. 2004. Plonowanie i jakość ziemniaka w zależności od systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 500: 235–242.
43. Eriksen J., Thorup-Kristensen K. 2002. The effect of catch crops on sulphate leaching and availability of S in the succeeding crop and sandy loam soil in Denmark. *Agric. Ecosys. Environ.*, 90 (3): 247–254.
44. Fabiański J., Chmielnicki J., Roszak W. 1989. Wpływ członów zmianowania z udziałem roślin motylkowych na niektóre właściwości fizyczne i chemiczne gleby

- oraz plon rośliny następczej. Mater. Konf. XXXV lat AR 1989, Szczecin. Nowe kierunki w uprawie i użytkowaniu roślin motylkowych. AR Szczecin: 120–131.
45. Frąć M., Lipiec J., Rutkowska A., Oszus K., Półtorak M. 2011. Właściwości mikrobiologiczne gleby pod uprawą pszenicy ozimej w systemach ekologicznym i konwencjonalnym. *Acta Agroph.*, 18 (2): 245–254.
 46. Gawęda D. 2009a. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na zachwaszczenie jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze. *Fragm. Agron.*, 26 (1): 34–41.
 47. Gawęda D. 2009b. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na zachwaszczenie pszenicy jarej uprawianej w monokulturze. *Ann. UMCS, Sect. E*, 64 (3): 21–28.
 48. Gawęda D. 2010a. Oddziaływanie międzyplonów ścierniskowych na plonowanie owsa uprawianego w monokulturze. *Acta Agroph.*, 15 (2): 247–255.
 49. Gawęda D. 2010b. Zachwaszczenie owsa uprawianego w monokulturze w zależności od międzyplonów ścierniskowych. *Ann. UMCS, Sect. E*, 65 (4): 12–19.
 50. Gawęda D., Haliniarz M. 2013. Plonowanie i zachwaszczenie owsa siewnego (*Avena sativa* L.) uprawianego w monokulturze w zależności od sposobu odchwaszczania i międzyplonu. [Yielding and weed infestation of oats (*Avena sativa* L.) grown in monoculture depending on weed control method and stubble catch crop]. *Prog. Plant Prot.*, 53 (2): 297–302.
 51. Gawęda D., Kwiatkowski C. 2012. Plonowanie pszenicy jarej uprawianej w krótkotrwałej monokulturze w zależności od międzyplonu i sposobu odchwaszczania. *Ann. UMCS, Sect. E*, 67 (2): 50–58.
 52. Gawęda D., Kwiatkowski C. 2013. Plonowanie jęczmienia jarego uprawianej w krótkotrwałej monokulturze w zależności od międzyplonu i sposobu odchwaszczania. *Fragm. Agron.*, 30 (1): 27–35.
 53. Gawrońska-Kulesza A., Lenart S., Suwara I. 2005. Wpływ zmianowania i nawożenia na zachwaszczenie ładu i gleby. *Fragm. Agron.*, 22 (2): 53–61.
 54. Gąsiorowska B., Koc G., Buraczyńska D., Struk K. 2011. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie zbóż uprawianych w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach. *Infrastr. i Ekolog. Ter. Wiejskich*, PAN, 6: 91–99.
 55. Giemza-Mikoda M., Waclawowicz R., Zimny L., Malak D. 2011. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego i wzrastających dawek azotu na wskaźnik struktury roli. *Fragm. Agron.*, 28 (3): 16–25.

56. Giemza-Mikoda M., Zimny L., Waclawowicz R. 2012. Wpływ systemów uprawy na zachwaszczenie jęczmienia jarego. [The influence of cultivation systems on weed infestation in spring barley]. *Prog. Plant Prot.*, 52 (2): 283–286.
57. Gliński J., Stępniewski W. 1985. Soil aeration and its role for plants. CRC Press, Floryda: ss. 237.
58. Głęb T., Kulik B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). *Soil Till. Res.*, 99 (2): 169–178.
59. Głuska A. 2000. Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu ziemniaka. *Biul. IHAR*, 213: 173–178.
60. Gondek K., Zając T. 2003. Skład frakcyjny próchnicy czarnoziemiu zdegradowanego w zależności od gatunku przyoranych roślin poplonowych. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.*, 41: 3–12.
61. Gonet Z. 1990. Porównanie agroekologicznych warunków uprawy poplonów ścierniskowych w ostatnim 20-leciu. *Mat. Sem. Nauk. Międzyplony we współczesnym rolnictwie*, AR Szczecin, 45–53.
62. Gruber S., Claupein W. 2009. Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil Till. Res.* 105 (1): 104–111.
63. Harasim E., Gawęda D. 2010. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie i efektywność energetyczną produkcji zbóż jarych. *Ann. UMCS, Sect. E*, 65 (1): 64–72.
64. Helander C.A. 2004. Residual nitrogen effects on a succeeding oat (*Avena sativa* L.) crop of clover species and ryegrass (*Lolium perenne* L.) undersown in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agric. Scand., B Soil Plant Sci.*, 54 (2): 67–75.
65. Herrera J.M., Liedgens M. 2009. Leaching and utilization of nitrogen during a spring wheat catch crop succession. *J. Environ. Qual.*, 38 (4): 1410–1419.
66. Hruszka M., 2003. Efektywność proekologicznych i chemicznych sposobów regulacji zachwaszczenia w zasiewach kukurydzy pastewnej. Cz. I. Wpływ zastosowanych zabiegów na stan i stopień zachwaszczenia ładu kukurydzy pastewnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 490: 81–89.
67. Hruszka M., Brzozowska I. 2008. Skuteczność chemicznych i proekologicznych sposobów regulacji zachwaszczenia w zmianowaniu. *Acta Agroph.*, 12 (2): 347–355.
68. Jabłońska-Urbaniak T. 2009. Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w Polsce. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa: ss. 83.

69. Jabłoński B. 1979. Porównanie plonowania owsa i żyta w płodozmianach o różnym udziale zbóż w strukturze zasiewów na glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 218:56–60.
70. Jabłoński K. 1993. Rzędowe nawożenie pod ziemniaki. Ziemn. Pol., 1:16-19.
71. Jankowska D., Szymankiewicz K. 2004. Plonowanie ziemniaka w płodozmianie i monokulturze w warunkach zróżnicowanej uprawie roli. Ann. UMCS, Sect. E, 59 (2): 989–994.
72. Jaskulska I., Gałęzewski L. 2009. Aktualna rola międzyplonów w produkcji roślinnej i środowisku. Fragm. Agron., 26 (3): 48–57.
73. 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.
74. Jaskulski D., Tomalak S. 2001. Wpływ głębokości i sposobu umieszczenia biomasy różnych gatunków roślin w glebie na wschody i masę wsiewki jęczmienia jarego. Zesz. Nauk. – Akad. Tech.-Rol., Bydgoszcz, Rol. 47: 7–14.
75. Jaskulski D., Tomalak S., Rudnicki F. 2000 . Regeneracja stanowiska po pszenicy ozimej dla jęczmienia jarego przez rośliny międzyplonu ścierniskowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 470: 49–57.
76. Jędruszczak M., Wesołowski M., Bujak K. 2005. Funkcja płodozmienu jako regulatora zachwaszczenia łąnów roślin uprawnych. Fragm. Agron., 22 (2): 81–88.
77. Jiao Y., Whalen J.K., Hendershot W.H. 2006. No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil. Geoderma 134 (1–2): 24–33.
78. Kaczmarek J., Bujak H., Gandecki R. 2000. Reakcja genotypów żyta jarego na czynniki środowiska glebowego związane z rekultywacją. Biul. IHAR, 216: 87–93.
79. Kalbarczyk E. 2005. Wymagania termiczne pszenżyta ozimego. Acta Sci. Pol., Agricultura 4: 41–50.
80. Kalbarczyk R. 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. Acta. Agrophys., 4 (2): 339–350.
81. Kimpinski J., Arsenault W.J., Gallant C.E., Sanderson J.B. 2000. The effect of marigolds (*Tagetes* spp.) and other cover crops on *Pratylenchus penetrans* and on following potato crops. J. Nematol., 32 (4S): 531–536.

82. Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka uprawianego w warunkach zróżnicowanego nawożenia organicznego. *Fragm. Agron.*, 24 (2): 142–150.
83. Kopczyński J. 1994. Współdziałanie poplonu ścierniskowego, obornika i azotu mineralnego w nawożeniu buraka cukrowego na glebie lekkiej i średniej. *Fragm. Agron.*, 4: 46–54.
84. Korbias M., Mrówczyński M. (red.) 2009. Integrowana produkcja pszenicy ozimej i jarej. Inst. Ochr. Roślin – PIB, Poznań: ss. 168.
85. Kordas L., Klima K. 2005. Wpływ wieloletniego stosowania uproszczeń w uprawie roli i siewu bezpośredniego w uprawie grochu siewnego na właściwości fizyczne gleby. *Rocz. Glebozn.* 56 (1-2): 105–111.
86. Kordas L., Majchrowski P. 2001. Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głębszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 415, Rol. 80: 145–152.
87. Kordas L., Spyra M. 2013. Ocena stosowania różnych systemów uprawy roli i regeneracji stanowiska na zachwaszczenie żyta ozimego uprawianego w krótkotrwałej monokulturze. *Fragm. Agron.*, 30 (2): 87–93.
88. Kordas L., Zimny L. 2002. Wpływ wieloletniego stosowania siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego na niektóre wskaźniki gleby. *Biul. IHAR*, 222: 263–270.
89. Kostrzewska M., Zawiślak K. 2002. Plonowanie żyta ozimego w różnych warunkach następstwa i ochrony roślin. *Fragm. Agron.*, 19 (2): 96–103.
90. Koziara W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe* 269: ss. 98.
91. Kraska P. 2011a. 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.
92. Kraska P. 2011b. Effect of conservation tillage and catch crops on some chemical properties of rendzina soil. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 10 (3): 77–92.
93. Kraska P. 2012. Effect of tillage system and catch crop on weed infestation of spring wheat stands (*Triticum aestivum* L.). *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 11 (2): 27–43.

94. Kraska P., Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Pałys E. 2014a. The effect of tillage systems and catch crops on the yield, grain quality and health of spring wheat. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 13 (1): 21–38.
95. Kraska P., Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Pałys E., 2014b. Tillage systems and catch crops as factors determining weed infestation level in a spring wheat canopy (*Triticum aestivum* L.) sown in monoculture. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 13 (2): 33–50.
96. Kraska P., Mielniczuk E. 2012. The occurrence of fungi on the stem base and roots of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in monoculture depending on tillage systems and catch crops. *Acta Agrobot.*, 65 (1): 79–90.
97. Kuc P., Waclawowicz R. 2010. Wpływ różnych wariantów uprawy, stosowanych pod buraki cukrowe, na strukturę roli. *Probl. Inż. Rol.*, 2: 13–23.
98. Kuchar L. 1987. Modele pogoda – plon i metody prognozowania plonów roślin uprawnych. *Fragm. Agron.*, 1: 15–30.
99. Kuczewski K., Nowak I. 2001. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne gleby na terenie roślinno-glebowej oczyszczalni ścieków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 475: 147–154.
100. Kulig B., Szafranski W., Zajac T. 2004. Plonowanie międzyplonu w stanowisku po bobiku oraz zawartość węgla organicznego w glebie w zależności od przebiegu pogody. *Acta Agroph.*, 3 (2): 307–315.
101. Kundler P., Smukalski M., Herzog R., Seeboldt M. 1985. Auswirkungen von Stoppelfruchtgruendungung und unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Bodenfruchtbarkeitskennziffern, Unkrautbesatz und Ertraege lines sandigen Bodens bei Getreidedaueranbau. *Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkd.*, 29 (3):157–164.
102. Kuraszkiewicz R., Pałys E. 2004. Wpływ wsiewek międzyplonowych na zachwaszczenie ładu roślin ochronnych na glebie lekkiej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 58: 53–67.
103. Kuś J. 2002. Gospodarka płodozmianowa i uprawa roli w rolnictwie zrównoważonym. W: „Rolnictwo zrównoważone”. Materiały konferencyjne. Wyd. ODR Zarzeczewo: 7–29.
104. Kuś J., Jończyk K. 2000. Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470: 59–65.
105. Kuś J., Siuta A. 1999. Wpływ zmianowań zbożowych na wybrane wskaźniki żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467: 89–94.

106. Kwiatkowski C. 2004. Wpływ międzyplonu na plonowanie i zachwaszczenie jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (2): 809–815.
107. Kwiatkowski C. 2006. Wpływ międzyplonu na wybrane elementy struktury plonu i jakość ziarna jęczmienia jarego uprawianego w czteroletniej monokulturze. *Pam. Puł.*, 142: 263–275.
108. Kwiatkowski C. 2008. Architektura ładu i zdrowotność jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze w zależności od regeneracyjnego wpływu międzyplonu. *Fragm. Agron.*, 25 (1): 199–209.
109. Kwiatkowski C. 2009a. Struktura zachwaszczenia i produktywność biomasy pszenicy ozimej oraz chwastów w zależności od systemu następstwa roślin i sposobu pielęgnacji. *Ann. UMCS, Sect. E*, 64 (3): 69–78.
110. Kwiatkowski C. 2009b. Studia nad plonowaniem jęczmienia jarego nagoziarnistego i oplewionego w płodozmianie i monokulturze. *Rozpr. Nauk. UP Lublin* 336: ss. 117.
111. Kwiatkowski C., Wesołowski M. 2005. Jakość ziarna jęczmienia uprawianego w płodozmianie i monokulturze w zależności od sposobu pielęgnacji ładu. *Pam. Puł.*, 139: 97–104.
112. Majchrzak B., Chodorowski B., Okorski A. 2005. Choroby podstawy źdźbła pszenicy ozimej uprawianej po roślinach przedplonowych z rodziny *Brassicaceae*. *Acta Agrobot.*, 58 (2): 307–318.
113. Majchrzak B., Kurowski T.P., Karpińska Z., 2002. Zdrowotność jarych roślin krzyżowych a grzyby zasiedlające ich nasiona. *Acta Agrobot.*, 55 (1): 199–210.
114. Majchrzak B., Okorski A., Chodorowski B. 2004. Zdrowotność korzeni i podstawy źdźbła pszenicy jarej uprawianej po różnych przedplonach. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (4): 1779–1788.
115. Majchrzak L., Skrzypczak G. 2010. Wpływ systemu uprawy roli oraz międzyplonu ścierniskowego na właściwości fizyczne gleby i plonowanie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 65 (2): 1–9.
116. Makulec I., Marczak E., Lipkowski A., Baranowska B. 1995. Przeciwbakteryjne i przeciwgrzybowe działanie glukozynolanów wyekstrahowanych ze śruty rzepaku. *Rośl. Ol.*, 16 (2): 255–258.
117. Małecka I., Bleharczyk A., Dobrzeniecki T. 2006. Zachwaszczenie zbóż ozimych w zależności od systemu uprawy roli. *Prog. Plant Prot.*, 46 (2): 253–255.

118. Małecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z., Dobrzeński T. 2012. The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield. *Turk. J. Agric. For.*, 36: 217–226.
119. Małecka-Jankowiak I., Blecharczyk A., Sawinska Z., Piechota T., Waniorek B. 2015. Wpływ następstwa roślin i systemu uprawy roli na zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 32 (3): 54–63.
120. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.*, 43 (2): 77–89.
121. Maziarek A., Parylak D., Waclawowicz R. 2015. Wpływ stosowania biostymulatorów i międzyplonu ścierniskowego na zachwaszczenie łanu krótkotrwałej monokultury pszenicy jarej. [The effect of biostimulants and stubble crop on weed infestation of short-term spring wheat monoculture]. *Prog. Plant Prot.*, 55 (2): 170–176.
122. Maziarek A., Parylak D., Waclawowicz R. 2016. Wpływ międzyplonu ścierniskowego i biostymulatorów na jakość ziarna pszenicy jarej uprawianej w monokulturze. [Effect of stubble intercrop and biostimulants on the grain quality of spring wheat cultivated in monoculture]. *Prog. Plant Prot.*, 56 (4): 455–461.
123. Mohammaddoust Chamanabad H.R., Ghorbani A., Asghari A., Tulikowv A.M., Zargarzadeh F. 2009. Long-term effects of crop rotation and fertilizers on weed community in spring barley. *Turk. J. Agric. For.*, 33 (4): 315–323.
124. Müller T., Thorup-Kristensen K., Magid J., Jensen L.S., Hansen S. 2006. Catch crops affect nitrogen dynamics in organic farming systems without livestock husbandry – Simulations with the DAISY model. *Ecol. Model.*, 191 (3): 538–544.
125. Murakami H., Tsushims S., Akimoto T., Murakami K., Goto I., Shishido Y. 2000. Effects of growing leafy daikon (*Raphanus sativus*) on populations of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). *Plant Pathol.*, 49 (5): 584–589.
126. Murawska B., Sychaj-Fabisiak E., Majcherczak E., Kozera W., Gaj R., Różański Sz., Jachymska J. 2015. Znaczenie międzyplonów i mikroelementów w uprawie ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 580: 75–83.
127. Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Wojciechowski W., Żmijewski M. 2008. Zdrowotność i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od międzyplonu i nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 25 (1): 251–260.

128. Nowakowski M. 1997. Nowości technologiczne w uprawie buraka cukrowego. Mat. semin. „Produkcja buraka cukrowego w świetle przystąpienia Polski do Unii Europejskiej”. ODR Piotrowice, 3–22.
129. 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 (2): 168–178.
130. Oleszek W. 1995 Kwasy hydroksamowe żyta (*Secale cereale* L.) i ich aktywność allelopatyczna. *Fragm. Agron.*, 3: 9–20.
131. Oleszek W., Ascard J., Johansson H. 1994. *Brassicaceae* jako rośliny alternatywne umożliwiające kontrolę zachwaszczenia w rolnictwie zachowawczym. *Frag. Agron.*, 4: 5–19.
132. Orzech K., Marks M., Dragańska E., Stępień A. 2009. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i różnych sposobów uprawy gleby średniej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 64: 122–129.
133. Orzech K., Rychcik B., Stępień A. 2011. Wpływ sposobu uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 28 (2): 63–70.
134. Paluch M., Parylak D. 2011. Wpływ zabiegów proekologicznych w monokulturze pszenżyta ozimego na ograniczenie porażenia przez choroby podsuszkowe. *Prog. Plant Prot.*, 51 (3): 1328–1332.
135. Panek K. 1991. Działanie i współdziałanie opadów na plonowanie żyta ozimego w różnych rejonach kraju. *Biul. ART Olsztyn*, 32: 55–65.
136. Parylak D. 1998a. Efektywność terapeutyczna i produkcyjna zwiększonego nawożenia mineralnego oraz międzyplonu ścierniskowego w monokulturze pszenżyta ozimego. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 113 (3-4): 95–104.
137. Parylak D. 1998b. Międzyplony ścierniskowe jako czynnik regenerujący w monokulturze pszenżyta ozimego uprawianego na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 460: 709–718.
138. Parylak D., Kita W. 2000. Zabiegi regeneracyjne a porażenie pszenżyta ozimego w monokulturze przez choroby podstawy źdźbła. *Prog. Plant Prot.*, 40 (2): 627–630.
139. Parylak D., Kordas L. 2004. Możliwość ograniczania chorób podstawy źdźbła w pszenicy uprawianej po sobie w technologii tradycyjnej i zerowej. *Materiały z 46 Sesji Naukowej IOR, Poznań 11–13 luty 2004*: 57–58.
140. Parylak D., Maziarek A., Waclawowicz R. 2014. Ocena przydatności biostymulatorów i międzyplonu w redukcji występowania chorób podsuszkowych

- w krótkotrwałej monokulturze pszenicy jarej. [The assessment of the usefulness of bio-stimulators and stubble crop to reduce the occurrence of roots and stem base diseases in short-term spring wheat monoculture]. *Prog. Plant Prot.*, 54 (1): 14–18.
141. Parylak D., Pytlarz E. 2016. Zachwaszczenie monokultury pszenicy ozimej po zastosowaniu międzyplonu ścierniskowego i biostymulatora Nano-Gro. [Weed infestation of winter wheat continuous cropping after implementation of catch crop and biostimulant Nano-Gro]. *Prog. Plant Prot.*, 56 (3): 343–347.
142. Parylak D., Pytlarz E., Paluch M. 2016. Zmiany zachwaszczenia ładu w wieloletniej monokulturze pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 33 (2): 63–70.
143. Parylak D., Sebzda J. 2001. Zachwaszczenie żyta ozimego w płodozmianach specjalistycznych. *Pam. Puł.*, 128: 203–209.
144. Parylak D., Sebzda J., Waclawowicz R. 2006. Siedliskowe i produkcyjne skutki wieloletniej uprawy owsa w uproszczonych płodozmianach na glebie lekkiej. *Fragm. Agron.*, 23 (2): 140–148.
145. Parylak D., Tendziagolska E. 2001. Reakcja ziemniaka na długotrwałą uprawę w płodozmianach specjalistycznych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol.*, 80: 153–159.
146. Parylak D., Wojciechowski W., Tendziagolska E. 2002. Zmiany właściwości fizykochemicznych gleby w monokulturze pszenżyta ozimego pod wpływem różnej uprawy przedsewnej. *Pam. Puł.*, 130: 541–548.
147. Płaza A. 2007a. Plonowanie a opłacalność uprawy ziemniaka jadalnego nawożonego międzyplonami i słomą. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 6 (1): 5–12.
148. Płaza A. 2007b. Wpływ nawożenia międzyplonami i słomą jęczmienia jarego na plonowanie i opłacalność uprawy ziemniaka jadalnego. *Ann. UMCS, Sect. E*, 62 (1): 123–130.
149. Płaza A. 2009. Plon i struktura plonu bulw ziemniaka nawożonego międzyplonem i słomą. *Biul. IHAR*, 251: 197–205.
150. Płaza A. 2010. Międzyplony ścierniskowe alternatywną formą nawożenia w integrowanej uprawie ziemniaka. *Biul. IHAR*, 257/258: 129–136.
151. Płaza A., Ceglarek F. 2007. Rola międzyplonów w regulacji zachwaszczenia pszenżyta ozimego uprawianego w drugim roku po ich zastosowaniu. *Prog. Plant Prot.*, 47 (3): 238–241.
152. Płaza A., Ceglarek F., Królikowska M.A. 2008. Rola międzyplonów w ograniczeniu zachwaszczenia plantacji ziemniaka. *Prog. Plant Prot.*, 48 (4): 1466–1469.

153. Płaza A., Ceglarek F., Królikowska M.A. 2009a. Wpływ międzyplonów i słomy jęczmienia jarego na jakość bulw ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.*, 26 (4): 132–139.
154. Płaza A., Ceglarek F., Królikowska M.A., Próchnicka M. 2009b. Nawożenie ziemniaka jadalnego biomasą międzyplonów w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR*, 254: 137–143.
155. Płaza A., Ceglarek F., Próchnicka M. 2009c. Wpływ międzyplonów na plon i strukturę plonu bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 26 (3): 137–145.
156. Poggio S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agric. Ecosys. Environ.*, 109 (1–2): 48–58.
157. Puła J., Łabza T. 2000. Następcze działanie nawożenia organicznego na jęczmień jary. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470: 91–98.
158. Puła J., Łabza T. 2004. Wpływ nawożenia organicznego na zawartość składników mineralnych w warstwie ornej gleby lekkiej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (3): 1505–1511.
159. Pytlarz E., Parylak D., Szalata M., Lehmann A., Zych A. 2014. Choroby podstawy źdźbła pszenicy jarej w monokulturze po zastosowaniu międzyplonu i biostymulatora. *Episteme*, 22 (3): 299–306.
160. Radecki A., Rzeźnicki B. 2008. Agrotechniczna i ekonomiczna ocena różnych technik uprawy facelii błękitnej w międzyplonie ścierniskowym. *Fragm. Agron.*, 25 (3): 123–134.
161. Radzka E., Gąsiorowska B., Koc G., Rak J. 2009. Wstępna analiza niedoborów opadowych w RSD Zawady. *Infrastr. i Ekolog. Ter. Wiejskich*, 6: 179–185.
162. Radzka E., Koc G., Rak J., Jankowska J. 2007. Niedobór i rozkład opadów w Siedlcach w latach 1971–2005. *Przeg. Nauk. Inż. i Kształt. Środow.*, 16 (3): 33–38.
163. Rahnavard A., Ashrafi Z.Y., Alizade H.M., Sadeghi S. 2009. Studies on the effect of fertilizer application and crop rotation on the weed infested fields in Iran. *J. Agric. Sci. Technol.*, 5 (1): 41–50.
164. Rewut I.B. 1980. *Fizyka gleb*. PWRiL, Warszawa, ss. 383.
165. Richards I.R., Wallace P.A., Turner I.D.S. 1996. A comparison of six cover crop types in terms of nitrogen uptake and effect on response to nitrogen by a subsequent spring barley crop. *J. Agric. Sci.*, 127 (4): 441–449.
166. Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R. 1998. Wpływ przyorania poplonów ścierniskowych na właściwości chemiczno-biologiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 460: 145–152.

167. Rychcik B. 2000. Rośliny fitosanitarne w płodozmianach a zdrowotność i plonowanie ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 470: 153–161.
168. Sawinska Z., Bleharczyk A., Małecka-Jankowiak I., Strzelińska J., Grześ S. 2016. Porażenie jęczmienia jarego przez choroby w zależności od następstwa roślin i nawożenia w doświadczeniu wieloletnim. Fragm. Agron., 33 (4): 123–133.
169. Schnug E., Ceynowa J. 1990. Phytopathological aspects of glucosinolates in oilseed rape. J. Agronomy Crop Sci., 165: 319–328.
170. Sharratt B.S. 2002. Corn stubble height and residue placement in the northern US Corn Belt. II. Spring microclimate and wheat development. Soil Till. Res., 64 (3): 253–261.
171. Sieling K., Ubben K., Christen O. 2007. Effects of preceding crop, sowing date, N fertilization and fluquinconazole seed treatment on wheat growth, grain yield and take-all. J. Plant Dis. Prot., 114 (5): 213–220.
172. Siuta A. 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasą międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 467: 245–251.
173. Siwicki S. 1971. Wartość nawozowa międzyplonów i obornika w uprawie buraków cukrowych. Biul. IHAR, 6: 59–71.
174. Skinder Z., Lemańczyk G., Wilczewski E. 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. I. Wydajność biomasy i zdrowotność roślin. Acta Sci. Pol., Agricultura, 6 (1): 23–33.
175. Smagacz J. 2006. Porównanie skuteczności dwóch zapraw nasiennych przeciwko zgorzeli podstawy źdźbła *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* w monokulturze pszenicy ozimej w zależności od sposobu nawożenia słomą. Prog. Plant Prot., 46 (1): 409–416.
176. Smagacz J., Kuś J. 2010. Wpływ długotrwałego stosowania płodozmianów zbożowych na plonowanie zbóż oraz wybrane chemiczne właściwości gleby. Fragm. Agron., 27 (4): 119–134.
177. Solarska E. 2007. Porażenie pszenicy ozimej przez *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* na tle innych patogenów w zależności od systemu uprawy. J. Res. Appl. Agricultural Engin., 52 (4): 65–70.
178. Sørensen J.N., Thorup-Kristensen K. 2003. Undersowing legume crops for green manuring of lettuce. Biol. Agric. Hortic., 21 (4): 399–414.

179. Starczewski J., Dopka D., Korsak-Adamowicz M. 2008. Ocena energetycznej efektywności wybranych technologii uprawy żyta jarego. *Acta Agrophys.*, 11 (3): 733–739.
180. Stępień A. 2000. Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin, Agric.*, 84: 459–464.
181. Stępień A., Adamiak J. 2002. Wpływ różnych sposobów nawożenia na plonowanie buraka cukrowego. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 116, 1-4, 89–100.
182. Stępniewska Z., Przywara G., Bennicelli R.P. 2004. Reakcja roślin w warunkach anaerobiozy. *Rozprawy i Monografie 113. Lublin.* ss. 86.
183. Strączyńska S., Strączyński S., Wojciechowski W. 2010. Wpływ różnych sposobów użytkowania gruntów na niektóre właściwości gleb. *Rocz. Glebozn.*, 61 (4): 227–232.
184. Stupnicka-Rodzynekiewicz E., Kozłowska A., Hochół T. 1988. Wpływ roślin regenerujących uprawianych w zmianowaniach zbożowych na zachwaszczenie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 331: 393–400.
185. Sułek A., Podolska G., Jaśkiewicz B. 2016. Plonowanie i zdrowotność dwóch podgatunków pszenicy w zależności od udziału zbóż w strukturze zasiewów w warunkach integrowanej produkcji. *Polish J. Agron.*, 27: 118–125
186. Suwara I., Stępień W., Tymińska A., Pruska K. 2016. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i zmianowania na zachwaszczenie pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 33 (3): 107–116.
187. Sypniewski J., Andrzejewska J., Ignaczak S. 1995. Agronomic practices of winter triticale in agriculture of the Kujawy–Pomerania Region on the basis of an inquiry study. *Fragm. Agron.*, 2: 34–35.
188. Szafranski W., Kulig B. 2005. Plonowanie pszenicy jarej uprawianej po międzyplonie w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 22 (1): 574–584.
189. Thomsen I.K. 2005. Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: Results from a lysimeter experiment. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 111(1–4): 21–29.
190. Thomsen I.K., Christensen B.T. 2004. Yields of wheat and soil carbon and nitrogen contents following long-term incorporation of barley straw and ryegrass catch crops. *Soil Use Manage.*, 20 (4): 432–438.
191. 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.

192. Thorup-Kristensen K. 1994. The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops. *Fert. Res.*, 37 (3): 227–234.
193. Townsend G.R., Heuberger J.W. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis. Rep.*, 27 (17): 340–343.
194. Tørresen K.S., Skuterud R. 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV.: Changes in the weed flora and weed seedbank. *Crop Prot.*, 21 (3): 179–193.
195. Trzcińska-Tacik H. 2003. Znaczenie różnorodności gatunkowej chwastów segetalnych. *Pam. Puł.*, 134: 253–262.
196. Turska E., Wielogórska G., Czarnocki Sz. 2010. Rola międzyplonów ścierniskowych w monokulturowej uprawie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 65 (1): 90–96.
197. Turska E., Wielogórska G., Rymuza K. 2009. Oddziaływanie wybranych czynników agrotechnicznych na jakość bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 26 (3): 156–161.
198. Turski M. 2010. Wpływ sposobu użytkowania na trwałość agregatów gleby wytworzonej z lessu. *Acta Agrophys.*, 15 (1): 197–203.
199. Waławowicz R. 2013. Siedliskowe i produkcyjne skutki polowego zagospodarowania liści buraka cukrowego. *Monografie UP we Wrocławiu* 165: ss. 134.
200. Waławowicz R., Parylak D. 2004. Zmiany wybranych właściwości gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia organiczno-mineralnego. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (3): 1345–1354.
201. Waławowicz R., Parylak D., Śniady R. 2005. Następczy wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 139: 277–288.
202. Waławowicz R., Tendziagolska E. 2008. Długotrwałe oddziaływanie nawożenia organicznego i azotowego na wskaźniki struktury roli. *Probl. Inż. Rol.*, 2: 81–89.
203. Waławowicz R., Wojciechowski W., Zawieja J. 2006a. Liczebność i skład gatunkowy diaspor chwastów w glebie w zależności od udziału owsa w płodozmianie. *Prog. Plant Prot.*, 46 (2): 229–232.
204. Waławowicz R., Zimny L., Oliwa T. 2006b. Wpływ uprawy ziemniaka w wieloletniej monokulturze i płodozmianie specjalistycznych na jakość bulw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511: 255–264.
205. Walter H. 1976. *Strefy roślinności a klimat*. PWRiL, Warszawa, ss. 243.

206. Wanic M., Kostrzewska M.K., Myśliwiec M., Brzezin G.M. 2013. Wpływ wsiewek międzyplonowych i płodozmianu na niektóre fizyczne i chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 30 (1): 121–132.
207. Weikai Y., Hunt L.A. 1999. An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Ann. Botany*, 84 (5): 607–614.
208. Weinert T.L., Pan W.L., Moneymaker M.R., Santo G.S., Stevens R.G. 2002. Nitrogen recycling by nonleguminous winter cover crops to reduce leaching in potato rotations. *Agron. J.*, 94 (2): 365–372.
209. Wiater J., Wesołowski M. 1990. Wpływ różnych nawozów na pH i kwasowość hydrolityczną w glebie lessowej wieloletnich monokultur zbożowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 450: 509–514.
210. Wilczewski E. 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. II. Skład chemiczny i akumulacja makroskładników. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 6 (1): 35–44.
211. Wilczewski E. 2011. Wartość przedplonowa roślin niemotylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym dla pszenicy jarej. Cz. I. Plon ziarna i słomy. *Fragm. Agron.*, 28 (1): 96–106.
212. Wilczewski E. 2014. Wpływ intensywności uprawy i międzyplonu ścierniskowego na plonowanie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 31 (1): 95–112.
213. Wilczewski E., Skinder Z. 2005. Zawartość i akumulacja makroskładników w biomase roślin niemotylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 4 (1): 163–173.
214. Wilczewski E., Skinder Z. 2011. Wartość przedplonowa roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym dla pszenicy jarej. Cz. II. Zawartość Ważniejszych makroskładników w ziarnie i słomie. *Fragm. Agron.*, 28 (1): 107–114.
215. Wilczewski E., Skinder Z., Lemańczyk G. 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. III. Wpływ następczy dla pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 6 (1): 45–56.
216. Włodarczyk T., Brzezińska M., Borkowska A., Kotowska U., Nosalewicz M., Szarlip P., Pazur M. 2007. Wydzielanie dwutlenku węgla z pól uprawianych metodą tradycyjną i uproszczoną. *Acta Agrophy.*, 4: 29–41.
217. Wojciechowski W. 2004. Kształtowanie właściwości fizycznych gleby lekkiej w płodozmianach uproszczonych z różnym udziałem ziemiaka. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (3): 1113–1119.

218. Wojciechowski W. 2005a. Oddziaływanie przyorywanych międzyplonów ścierniskowych i nawożenia azotem na zdrowotność roślin pszenicy jakościowej. *Prog. Plant Prot.*, 45 (2): 1197–1199.
219. Wojciechowski W. 2005b. Reakcja pszenicy jarej odmiany Torka na nawożenie azotem w warunkach przyorywania międzyplonów ścierniskowych. *Biul. IHAR*, 237/238: 23–30.
220. Wojciechowski W. 2006. Reakcja owsa siewnego na uprawę w płodozmianie uproszczonym. *Biul. IHAR*, 239: 147–153.
221. Wojciechowski W. 2008. Następczy wpływ międzyplonów ścierniskowych na zdrowotność pszenicy uprawianej w krótkotrwałej monokulturze. *Progr. Plant Prot.*, 48 (1): 381–384.
222. Wojciechowski W. 2009a. Plonowanie żyta ozimego w różnych zmianowaniach. *Fragm. Agron.*, 26 (2): 176–182.
223. Wojciechowski W. 2009b. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w optymalizacji nawożenia azotem jakościowej pszenicy jarej. *Monografie UP we Wrocławiu* 76: ss. 122.
224. Wojciechowski W., Lehmann A. 2013. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na zachwaszczenie roślin uprawnych. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CVII*, 596: 107–112.
225. Wojciechowski W., Lehmann A., Waclawowicz R. 2013. Reakcja ziemniaka na uproszczenia w zmianowaniu. *Fragm. Agron.*, 30 (4): 181–188.
226. Wojciechowski W., Parylak D. 2004a. Oddziaływanie przyorywanego międzyplonu ścierniskowego na plonowanie ziemniaka w płodozmianach specjalistycznych. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59 (3): 1121–1128.
227. Wojciechowski W., Parylak D. 2004b. Oddziaływanie różnorodności gatunkowej płodozmianów specjalistycznych na właściwości fizyczne gleby lekkiej. *Rocz. Glebozn.*, 55 (4): 157–162.
228. Wojciechowski W., Parylak D. 2004c. Znaczenie międzyplonów w regulowaniu zachwaszczenia żyta ozimego w płodozmianach specjalistycznych. *Prog. Plant Prot.*, 44 (2): 1216–1219.
229. Wojciechowski W., Parylak D. 2006. Oddziaływanie międzyplonów ścierniskowych na plonowanie żyta ozimego w płodozmianach uproszczonych na glebie lekkiej. *Pam. Puł.*, 142: 575–584.
230. Wojciechowski W., Szałata M., Lehmann A. 2015. Międzyplony ścierniskowe uprawiane zgodnie z zasadami programu rolno środowiskowego „Ochrona gleb

- i wód” jako czynnik fitosanitarny w pszenicy jarej. [Stubble catch crops cultivated in accordance with the principles of agri-environmental scheme “Soil and water protection” as a plant-health factor in spring wheat]. *Prog. Plant Prot.*, 55 (2): 211–215.
231. Wojciechowski W., Werwińska M. 2016. Plonowanie i wartość nawozowa międzyplonów ścierniskowych uprawianych zgodnie z zasadami Programu Rolnośrodowiskowego. *Fragm. Agron.*, 33 (2): 103–109.
232. Wojciechowski W., Zawieja J. 1999. Wpływ zróżnicowanej uprawy późniejszej i przedwiosennej z zastosowaniem międzyplonów ścierniskowych na przyoranie na zachwaszczenie łanu pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 118: 439–445.
233. Wojciechowski W., Zawieja J. 2007. Oddziaływanie płodozmianów specjalistycznych na dynamikę zachwaszczenia pól. *Pam. Puł.*, 145: 255–261.
234. Wojciechowski W., Zawieja J., Lehmann A., Sekutowski T.R. 2016. The effect of catch crops cultivated in accordance with the agri-environment scheme on weed infestation of spring wheat stand. *Plant Soil Environ.*, 62: 99–104.
235. Wojciechowski W., Zawieja J., Waclawowicz R. 2005. Kształtowanie się zapasu diaspor chwastów w glebie w zależności od udziału ziemniaka w płodozmianie. *Fragm. Agron.*, 22 (2): 291–295.
236. Wojciechowski W., Zawieja J., Waclawowicz R. 2011. Wpływ udziału ziemniaka w płodozmianie na bank nasion chwastów w glebie. *Prog. Plant Prot.*, 51 (1): 497–500.
237. Wojtala L., Parylak D. 2009. Skuteczność zapraw nasiennych, międzyplonu i poziomu nawożenia azotowego w ograniczaniu porażenia pszenicy ozimej przez patogeny podstawy żdźbła. *Prog. Plant Prot.*, 49 (2): 769–772.
238. Woźniak A. 2007. Zapas diaspor chwastów w glebie rędzinowej w stanowisku po pszenicy jarnej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 62: 250–256.
239. Woźniak A. 2012. Weed infestation of pea (*Pisum sativum* L.) crop under the conditions of plough and ploughless tillage. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 11 (2): 253–262.
240. Woźniak A., Gontarz D., Staniszewski M. 2005. Wpływ zmianowania na plonowanie i wartość wskaźnika LAI pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR 237/238*: 13–21.
241. Wrześcińska E., Pużyński S., Nurkiewicz G. 2017. Wpływ międzyplonu ścierniskowego na plonowanie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 34 (2): 115–123.

242. Yang X-M., Wander M.M. 1998. Temporal changes in dry aggregate size and stability: tillage and crop effects on a silty loam Mollisol in Illinois. *Soil Till. Res.*, 49 (3): 173–183.
243. Zając T. 2006. Znaczenie nawozowe międzyplonów w uprawie pszenicy. *Post. Nauk Rol.*, 3: 7–23.
244. Zając T., Antonkiewicz J. 2006. Zawartość i nagromadzenie makroelementów w biomase międzyplonów ścierniskowych i wsiewek śródplonowych w zależności od doboru gatunków i sposobu ich siewu. *Pam. Puł.*, 142: 595–606.
245. Zając T., Sobkowicz P., Puła J. 2007. Ocena produktywności i wzajemnego oddziaływania roślin uprawianych w międzyplonie ścierniskowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 516: 303–312.
246. Zając T., Szafranski W., Gierdziewicz M, Pieniek J. 2006. Plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.*, 23 (2): 174–184.
247. Zawiaślak K., Adamiak E., Adamiak J., Pudełko J., Grzebisz W., Bleharczyk A. 1990. Produkcja biomasy roślinnej w monokulturach. [W:] *Badania monokultur zbożowych*. Wyd. SGGW, Warszawa: 136–171.
248. Zawiaślak K., Kostrzewska M.K. 2000. Konkurencja pokarmowa chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianie i wieloletniej monokulturze. I. Zagęszczenie i skład florystyczny zbiorowiska chwastów. *Ann. UMCS, Sect. E*, 55 (30): 245–251.
249. Zimny L. 2014. *Leksykon przyrodniczy polsko-angielski - Polish-English dictionary of environmental science*. UP Wrocław, ss. 504.
250. Zimny L., Waclawowicz R., Malak D. 2005. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby jako skutki zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego azotowego. *Fragm. Agron.*, 22 (1): 664–677.
251. Zimny L., Waclawowicz R., Zych A. 2015. Porównanie bilansu substancji organicznej w glebie metodami Eicha i Kundlera oraz Heylanda. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 582: 137–146.