

Wsiewki roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami źródłem azotu biologicznego dla ziemniaka jadalnego

ANNA PŁAZA
BARBARA GAŚSIOROWSKA
EMILIA RZAŻEWSKA

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Siedlce 2020

- Autorki monografii:

prof. dr hab. Anna Płaza [ORCID: 0000-0002-2008-1843]

prof. dr hab. Barbara Gąsiorowska [ORCID: 0000-0001-8007-615X]

mgr Emilia Rzążewska [ORCID: 0000-0001-5870-5538]

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Wydział Agrobioinżynierii i Nauk o Zwierzętach

- Recenzja:

prof. dr hab. inż. Andrzej Kotecki

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

- Komitet Wydawniczy:

Andrzej Barczak, Eugeniusz Cieślak, Janina Florczykiewicz (przewodnicząca),
Jerzy-Paweł Georgica, Beata Jakubik, Jarosław Kardas, Wojciech Kolanowski,
Katarzyna Mroczyńska, Agnieszka Prusińska, Sławomir Sobieraj, Jacek
Sosnowski, Maria Starnawska, Ewa Wójcik, Waldemar Wysocki

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Siedlce 2020

Żaden fragment tej publikacji nie może być reprodukowany, umieszczany
w systemach przechowywania informacji lub przekazywany w jakiegokolwiek
formie – elektronicznej, mechanicznej, fotokopii czy innych reprodukcji – bez
zgody posiadacza praw autorskich.

ISBN 978-83-66541-42-9

Wydawnictwo Naukowe

Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach

www.wydawnictwo-naukowe.uph.edu.pl

08-110 Siedlce, ul. Żytnia 17/19, tel. 25 643 15 20

Ark. wyd. 2.0. Ark. druk. 3.8.

Projekt okładki, druk i oprawa: EXDRUK S.C. W. Żuchowski, A. Filipiak

Inspiracją do napisania niniejszej monografii
były badania naukowe zapoczątkowane
przez prof. dr hab. Feliksa Ceglarka
i kontynuowane przez pracowników
Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin.

Spis treści

Wstęp.....	5
1. Rys historyczny i znaczenie wsiewek międzyplonowych we współczesnych systemach produkcji roślinnej	7
2. Dobór gatunków do uprawy	14
3. Sucha masa wsiewek międzyplonowych	20
4. Masa azotu wprowadzona do gleby z biomasą wsiewek międzyplonowych	24
5. Rola wsiewek międzyplonowych w ograniczaniu wymywania azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień–zima–wiosna	25
6. Plon bulw ziemniaka jadalnego uprawianego po wsiewkach międzyplonowych	33
7. Zawartość białka właściwego w bulwach ziemniaka jadalnego	40
8. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka jadalnego	44
9. Zawartość azotu w bulwach ziemniaka jadalnego	48
Podsumowanie	50
Piśmiennictwo	53
Summary	61

Wstęp

Ziemniak to bez wątpienia jedna z najważniejszych roślin uprawnych. Trudno przecenić jego znaczenie w jadłospisie przeciętnego Polaka, nie tylko ze względu na jego wartość energetyczną, ale też jako głównego źródła witaminy C i wartościowego białka. We współczesnym rolnictwie zauważa się rozwój integrowanego i ekologicznego systemu produkcji ziemniaka. W tych systemach uprawy zaleca się stosowanie nawozów zielonych, zwłaszcza z wsiewek roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami, które są źródłem azotu biologicznego dla rośliny następczej – ziemniaka. Stosowanie tych form nawożenia zapobiega wymywaniu azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień-zima-wiosna, co ma istotne znaczenie w ochronie środowiska glebowego. Szczególnie cenne są tu wsiewki pozostawione do wiosny w formie mulczu. Mulcz gromadzi wodę z opadów zimowych, wiosną obniża temperaturę gleby, spowalnia proces mineralizacji substancji organicznej i zapobiega wymywaniu składników pokarmowych, zwłaszcza azotu w głąb profilu glebowego. Wsiewki międzyplonowe traktowane są tu jako „akumulatory” niewykorzystanego w przedplonie azotu dla ziemniaka następczo przychodzącego w zmianowaniu. Pod wpływem biologicznej transformacji włączona biomasa w następnym roku staje się źródłem składników pokarmowych

dla ziemniaka. Po wsiewkach roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami plon bulw ziemniaka jest większy niż na oborniku. Ponadto bulwy ziemniaka uprawianego po tych międzyplonach, w różnych systemach produkcji, charakteryzują się wyższą zawartością białka właściwego, a niższą koncentracją szkodliwych azotanów (V), co jest bardzo ważne z punktu widzenia konsumenta.

1. Rys historyczny i znaczenie wsiewek międzyplonowych we współczesnych systemach produkcji roślinnej

Nawozy zielone docenili już starożytni. Źródła pisane donoszą o stosowaniu ich w Indiach i Chinach około 3000 lat p.n.e. i w Europie za czasów rzymskich. W czasach nowożytnych odegrały dużą rolę w drugiej połowie XIX wieku, po odkryciu zdolności wiązania azotu przez bakterie brodawkowe. Nawozy zielone weszły do powszechnego użytkowania po I wojnie światowej. Tłumaczy się to tym, iż były wówczas najtańszym i jednym z nielicznych powszechnie dostępnych nawozów. Niestety, wraz z rozwojem gospodarczym zapomniano o nich. Zwrócono się w stronę stosowania nawozów mineralnych. Jednak w niedługim czasie okazało się, że intensywne formy gospodarowania, oparte na stosowaniu wysokich dawek nawozów mineralnych, prowadzą do niekorzystnych zmian w środowisku glebowym, wpływają ujemnie na jakość paszy dla zwierząt i żywności dla ludzi [Batalin 1977].

W Polsce w latach trzydziestych ubiegłego wieku zapoczątkowano, a w sześćdziesiątych kontynuowano zakrojone na szeroką skalę badania dotyczące rozpowszechnienia w uprawie nawozów zielonych z międzyplonów. Prace te miały na celu dokonanie wyboru odpowiedniej formy nawozu zielonego (międzyplon ozimy, międzyplon ścierniskowy czy

wsiewka międzyplonowa). Oceny dokonano na podstawie oddziaływania nawozów zielonych na wilgotność gleby i na plon rośliny następczej. Pomimo pozytywnych wyników badań uprawa międzyplonów na zielony nawóz nie jest w Polsce dostatecznie rozpowszechniona [Boliłowa i Dzieńka 1997, Gruczek 1994, Łoginow 1985, Nowak 1982, Rimowsky 1987].

Najtrudniej jest uprawiać międzyplony w gospodarstwie konwencjonalnym, o bardzo intensywnej organizacji produkcji, w której czynniki materiałowe i techniczne dominują nad czynnikami przyrodniczymi. Uprawie międzyplonów sprzyja nowoczesny system gospodarki integrowanej, która umożliwia jak najlepsze wykorzystanie przyrodniczych czynników warunkujących plonowanie roślin uprawnych. Podobnie w gospodarstwach ekologicznych, uprawa międzyplonów jest standardowym elementem zmianowania. Wśród międzyplonów największy udział powinny mieć wsiewki międzyplonowe [Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982b, Hamouz i in. 2005, Sadowski 1992, Witkowicz 1998, Zając 1997, Zając i Witkowicz 1996].

Współczesna literatura rolnicza poświęca stosunkowo mało miejsca uprawie wsiewek międzyplonowych. Mało jest też danych eksperymentalnych dotyczących wsiewek roślin bobowatych jako biologicznego źródła azotu. A przecież wsiewki międzyplonowe charakteryzują się wieloma zaletami. Nie wymagają dodatkowych nakładów związanych z uprawą i przygotowaniem gleby przed siewem, co jest szczególnie uciążliwe przy uprawie międzyplonów ścierniskowych. Nakłady poniesione przy ich uprawie są niewielkie, w zasadzie

ograniczają się do kosztu materiału siewnego i pewnego zwiększania dawek nawozów mineralnych pod rośliny plonu głównego. Korzystne oddziaływanie wsiewek międzyplonowych nie ogranicza się tylko do wzbogacenia gleby w substancję organiczną i poprawienia jej struktury, ale wykazuje także działanie fitosanitarne [Gromadziński i Sypniewski 1977, Miczyński i Siwicki 1960, Płaza 2003].

Nadprodukcja żywności w krajach rozwiniętych skłania do przejścia na alternatywne formy gospodarowania, w których wsiewki międzyplonowe stosowane jako zielony nawóz zyskują na znaczeniu.

Renesans wsiewek z roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami jest niewątpliwie związany z aktualnymi światowymi tendencjami w agrotechnice, zmierzającymi w kierunku propagowania rolnictwa zrównoważonego i ekologicznego. Po ponad 40 latach niedocenywania znaczenia ochrony środowiska w polityce rolnej i w efekcie nasilania się różnych form jego degradacji w Unii Europejskiej zaczęły obowiązywać instrumenty finansowe zachęcające rolników do stosowania metod produkcji zgodnie z wymogami ochrony środowiska i bioróżnorodności, czyli dostosowane do zaleceń Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej.

Należy zauważyć, że w naszym kraju na początku lat 90. ubiegłego wieku nastąpiła zmiana podejścia do określenia kierunku rozwoju rolnictwa. Rząd Rzeczypospolitej Polskiej przyjął założenia rozwoju zrównoważonego i trwałego, czyli ekorozwoju, jako wyznacznika polityki społecznej i gospodarczej [Ceglarek i in. 1998, Płaza 2003].

Niezwykle cenne kompendium wiedzy, ułatwiające realizację zrównoważonej produkcji rolniczej, stanowi opracowany przez pracowników Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. W myśl obowiązujących tu zasad zaleca się utrzymanie dużej powierzchni gruntów ornych pod okrywą roślinną w okresie całego roku, aby nie dochodziło do wyługowania azotanów z gleby i zanieczyszczania nimi wód gruntowych. Doskonale to zadanie spełniają wsiewki międzyplonowe, traktowane tu jako „akumulatory” niewykorzystanego w przedplonie azotu dla roślin ziemniaka następczo przychodzącego w zmianowaniu [Płaza 2003].

Wymywanie azotanów do wód gruntowych z arealów pokrytych szatą roślinną jest wielokrotnie mniejsze niż z gleb pozostających w czarnym ugorze. Wsiewki międzyplonowe zwiększają zawartość łąnu i przedłużają okres trwania okrywy roślinnej. Na tej podstawie można sądzić, iż skażenie spowodowane działalnością rolniczą cieków i zbiorników wodnych w gospodarstwach uprawiających wsiewki międzyplonowe jest mniejsze niż w gospodarstwach uprawiających tylko rośliny w plonie głównym [Ceglarek 1982b, Ceglarek i in. 1998].

W aspekcie środowiskowym wsiewki międzyplonowe chronią glebę przed erozją wodną i wietrzną. Gleba porośnięta roślinami przeznaczonymi na zielony nawóz jest osłonięta przed bezpośrednim działaniem żywiołu, a oprócz tego charakteryzuje się jeszcze zdolnością lepszej infiltracji wody. W tej sytuacji wsiąkająca w nią deszczówka nie uszkadza jej struktur

wewnętrznych. Odnosi się to również do gleby okrytej roślinnością w okresie zimy. Mulcz gromadzi wodę z opadów zimowych, wiosną obniża temperaturę gleby, spowalnia proces mineralizacji substancji organicznej i zapobiega wymywaniu składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu [Witkowicz 1998, Zajac 1997].

Pod ochronnym „dachem liści” istnieją wprost idealne warunki nie tylko do zachowania starych struktur gruzełkowatych, ale i do tworzenia nowych. W ten sposób w krótkim czasie powstaje tzw. sprawna gleba, charakteryzująca się zdolnością lepszego przewietrzenia gleby w górnej warstwie, z odpowiednią temperaturą i aktywnością mikroorganizmów [Kostuch i Janowski 1999].

Dużą rolę przypisuje się tu mieszankom roślin bobowatych z trawami, które wpływają korzystnie na strukturę gleby, poprawiają jej biologiczną aktywność, zwiększają zawartość substancji organicznej oraz ograniczają występowanie chwastów. Rośliny te wzajemnie się uzupełniają, gdyż głęboko ukorzenione rośliny bobowate mogą pobierać wodę i składniki mineralne z podglebia, natomiast system korzeniowy traw wykorzystuje głównie powierzchniową warstwę gleby i częściowo również azot wydzielany do gleby przez rośliny bobowate. Najlepiej poznanym oddziaływaniem roślin bobowatych na glebę jest wzbogacenie jej w azot redukowany z powietrza przez bakterie brodawkowate *Rhizobium*, z którymi rośliny bobowate żyją w symbiozie. Właściwość ta została wykorzystana w praktyce rolnictwa ekologicznego, gdzie uprawą roślin bobowatych zastępuje się nawożenie azotem mineralnym,

a w przyszłości także w rolnictwie zrównoważonym [Ceglarek 1992a, Gromadziński 1980, Płaza 2003, Płaza i Ceglarek 2003].

Wsiewki międzyplonowe wykazują korzystny wpływ na aktywność mikrobiologiczną gleby. Jednak szczególną rolę wśród organizmów glebowych przypisuje się tu dżdżownicom, które stanowią niejako „przewód pokarmowy” i „płuca gleby”. Dżdżownice żywią się resztkami roślin, wciągają je z powierzchni gleby w głąb i trawią, w czym pomagają im bakterie zasiedlające ich przewód pokarmowy. Wydaliny dżdżownic sklejają cząsteczki gleby, nadając im właściwą strukturę. Drażnione przez dżdżownice korytarze tworzą kanały wentylacyjne. Dżdżownice występują masowo tylko w glebach prawidłowo nawożonych, o właściwym odczynie i próchnicznych [Kostuch i Janowski 1999].

Stale pokrycie gleby szatą roślinną w postaci roślin użytkowych i międzyplonów służy jednocześnie regulacji zachwaszczenia. Wzrost chwastów może być tak dalece powstrzymany, że stają się niekonkurencyjne zarówno dla międzyplonów uprawianych na zielony nawóz, jak i roślin użytkowych uprawianych po ich przyoraniu [Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982b, Ceglarek i in. 1998].

Rośliny bobowate uprawiane jako wsiewki międzyplonowe stanowią bogate źródło nektaru i pyłku kwiatowego dla pszczoł, trzmieli i innych pożytecznych owadów. Ponadto nawozy zielone oddziałują estetyzująco na środowisko przyrodnicze. Wynika to przede wszystkim z szerokiej gamy kolorów i ich często okazałych kwiatostanów. Nie sposób przecenić w krajobrazie rolniczym widoku pola z kwitnącą inkarnatką,

koniczyną czerwoną, koniczyną białą czy nostrzykiem białym. Zawsze bowiem ich widok wywiera niezwykle miłe wrażenia estetyczne, gdyż krajobraz z wyżej wymienionymi roślinami jest zdecydowanie piękniejszy, tym bardziej że najczęściej – oprócz kolorów – w powietrzu unosi się aromat kwitnących kwiatów, co jeszcze potęguje percepcję doznawanych wrażeń [Kostuch i Janowski 1999].

2. Dobór gatunków do uprawy

Powodzenie uprawy wsiewek międzyplonowych zależy od wielu czynników. Wśród nich podstawowe znaczenie mają opady w czasie siewu oraz w okresie późniejszym. Badania przeprowadzone przez Miczyńskiego i Siwickiego [1960] wykazały, że na rozwój i stan wsiewek bardzo istotny wpływ ma rozkład opadów w poszczególnych miesiącach ich wegetacji. Brak opadów w kwietniu utrudnia wzejście i zakorzenienie się wsiewek. Suchy maj i czerwiec mogą spowodować częściowe lub całkowite wyginiecie wsiewek wysianych w roślinę ochronną. Wreszcie niedostateczna ilość opadów po żniwach powoduje zahamowanie dalszego rozwoju roślin międzyplonowych i zmniejsza ilość wytworzonej przez nie biomasy.

Należy podkreślić, że w rejonach o mniejszej ilości opadów uprawa wsiewek może mieć szanse powodzenia pod warunkiem wykonania wczesnego ich siewu, unikanie zbyt gęstego siewu i obfitego nawożenia rośliny ochronnej oraz doprowadzenia gleby do wysokiej kultury i sprawności [Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982a, Ceglarek 1982b].

Wsiewki międzyplonowe mogą być wsiewane w rośliny międzyplonu ozimego użytkowanego na wiosnę lub w rośliny jare zbierane wcześniej na zieloną masę [Ceglarek 1982b, Gromadziński 1980, Miczyński i Siwicki 1960]. W takich warunkach okres swobodnego rozwoju wsiewki jest długi, co wpływa na zmniejszenie stopnia ryzyka jej uprawy i stwarza

możliwość uzyskania znacznie większych plonów. Wsiewki międzyplonowe zdaniem Ceglarka i in. [1998] można także zalecać do uprawy w roślinę ochronną – zboża zbierane na zieloną masę. Stwarza to lepsze warunki do wzrostu i rozwoju wsiewek niż zbiór zbóż na ziarno. Niemniej jednak zaleca się wsiewać wsiewki międzyplonowe również w zboża uprawiane na ziarno [Płaza 2004].

Wśród zbóż uprawianych na ziarno najlepsze warunki dla wzrostu i rozwoju wsiewki stwarza jęczmień jary uprawiany przy ograniczonych dawkach nawożenia azotowego [Gromadziński i Sypniewski 1977, Płaza 2004]. Dobrymi roślinami ochronnymi jest żyto i pszenżyto ozime, dopuszczalnymi, chociaż bardziej ryzykownymi – pszenica ozima i jara oraz pszenżyto jare. Z innych gatunków roślin uprawnych można zalecać rzepak ozimy [Gromadziński 1980, Miczyński i Siwicki 1960].

Do uprawy jako wsiewki międzyplonowe odpowiednie są rośliny charakteryzujące się powolnym wzrostem początkowym, a więc lepiej znoszące konkurencję z rośliną ochronną, a także mające małe wymagania termiczne, co umożliwia ich rozwój w okresie jesiennym [Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982a, Gromadziński 1980, Gromadziński i Sypniewski 1977, Płaza 2003, Płaza 2004].

Jako wsiewki międzyplonowe zaleca się uprawiać rośliny bobowate. Renesans wsiewek roślin bobowatych jest niewątpliwie związany z dostrzeganiem ich wielostronnych, cennych, ale nie w pełni wykorzystanych zalet agronomicznych

i biologicznych. Rośliny bobowate są źródłem azotu biologicznego, wzbogacają glebę w azot, który jest redukowany z powietrza przez bakterie brodawkowe, z którymi rośliny bobowate żyją w symbiozie. Bakterie te, po zaspokojeniu tym składnikiem pokarmowym własnych potrzeb, a także roślin bobowatych, pozostawiają resztki azotu w glebie dla roślin niebobowatych rosnących z nimi współrzędnie. Są także źródłem azotu biologicznego dla niebobowatych roślin następnych. Jeśli są przeznaczone na zielony nawóz, w rolnictwie ekologicznym zastępują mineralne nawożenie azotem. Z biologiczną aktywnością drobnoustrojów glebowych wiąże się również fitosanitarne działanie roślin bobowatych na glebę. Polega ono m.in. na tym, że większość toksycznych substancji, które dostaną się do gleby, a szczególnie herbicydy i pestycydy, jest przez drobnoustroje glebowe szybko degradowana, czyli rozkładana na związki nieszkodliwe [Kostuch i Janowski 1999]. Odkrywanie na nowo tych roślin wiąże się z aktualnymi światowymi tendencjami w agrotechnice, zmierzającymi w kierunku propagowania rolnictwa zrównoważonego i ekologicznego. Badania Batalina i in. [1968] dowiodły, że spośród roślin bobowatych najważniejszym gatunkiem przeznaczonym do uprawy na gleby lekkie jest seradela. Natomiast na gleby cięższe zaleca się wysiewać koniczynę czerwoną [Ceglarek 1982a, Ceglarek 1982b]. Inne gatunki są mało rozpowszechnione w uprawie. Wśród nich na uwagę zasługują: lucerna chmielowa, koniczyna biała, koniczyna szwedzka (białoróżowa), koniczyna inkarnatka, nostrzyk biały, a zwłaszcza jego formy jednoroczne [Płaza i in. 2013]. Badania wielu autorów [Batalin

i in. 1968, Ceglarek 1982a, Ceglarek 1982b] wykazały, że wsiewki roślin bobowatych uprawiane w siewie czystym są dość zawodne w plonowaniu. Jeśli nawet należycie nie wyrosną, to zawsze wykształcają silnie rozwinięty system korzeniowy. Jednak wierniejsze w plonowaniu okazują się wsiewki roślin bobowatych uprawiane w mieszankach z trawami. Szczególnie polecane są mieszanki koniczyny czerwonej z życicą wielokwiatową, a także mieszanki lucerny chmielowej z życicą wielokwiatową czy komonicy zwyczajnej z życicą wielokwiatową oraz nostryku białego z życicą westerwoldzką czy koniczyny perskiej z życicą westerwoldzką [Ceglarek i in. 1998, Królikowska 2012, Płaza i in. 2013]. Mieszanki działają strukturotwórczo na glebę. Ich korzenie oraz część nadziemna bardzo skutecznie zabezpiecza glebę przed erozją. Gleby o strukturze gruzelkowej nie tylko są lepiej napowietrzone, ale też wykazują większą retencję wodną. Obydwie te właściwości są bardzo cenne, bo stwarzają zarówno dla drobnoustrojów glebowych, jak też wszystkich roślin uprawnych korzystne warunki rozwoju. Rozkład materii organicznej przebiega wówczas bez większych zakłóceń, prawidłowy jest również obieg składników pokarmowych pomiędzy środowiskiem a biocenozą. W glebach o strukturze gruzelkowej zjawisko suszy glebowej zazwyczaj nie występuje, gdyż w przestrzeniach glebowych prawie zawsze utrzymuje się pewna ilość dostępnej dla roślin wody. Nawet kiedy wyczerpie się woda pochodząca z opadów atmosferycznych, skrapla się znajdująca się w przestrzeniach glebowych para wodna i w ten sposób zasila wodą te magazyny retencyjne. Utrzymująca się w glebach

strukturalnych retencja wodna ma również bardzo duże znaczenie dla mikroflory glebowej. Dlatego w glebach o strukturze gruzelkowej mikroflora glebowa jest nie tylko bardziej liczna, ale też aktywna biologicznie [Kostuch i Janowski 1999].

We współczesnych systemach rolnictwa zaleca się wysiewać rośliny bobowate i ich mieszanki z trawami z przeznaczeniem na mulcz. Z roślin bobowatych niezwykle cenne są tu takie gatunki jak koniczyna perska czy jednoroczne formy nostryzku białego, a z traw życica westerwoldzka. Gatunki te, pozostawione do wiosny w formie mulczu, przemarzają w okresie zimy. Spowalnia to proces mineralizacji substancji organicznej i zmniejsza ryzyko wymywania azotu mineralnego w głąb profilu glebowego, co ma istotne znaczenie w ochronie środowiska. Te formy stosowania nawozu zielonego z roślin bobowatych, a zwłaszcza mieszanek roślin bobowatych z życicą westerwoldzką, jako źródło biologicznego azotu, zarówno w integrowanej, jak i ekologicznej uprawie ziemniaka jadalnego zyskują na znaczeniu. Dodatkową zaletą uprawy mieszanek jest fakt, iż tworzą układ korzeni, który wyjątkowo korzystnie wpływa na stan gleby. System korzeniowy roślin bobowatych dostaje się do głębszych warstw gleby, a traw wypełnia jej górną warstwę [Batalin 1962, Miczyński i Siwicki 1960].

Nawozy zielone z wsiewek międzyplonowych można stosować w dwóch formach: pełne stosowanie nawozu zielonego i częściowe stosowanie nawozu zielonego. Pełnym stosowaniem nawozu zielonego nazywamy przyorywanie lub pozostawienie w formie mulczu roślin w całości na tym samym

2. Dobór gatunków do uprawy

polu, na którym wyrosły. W tym przypadku działanie użyźniające nawozu zielonego uwarunkowane jest zarówno zawartymi w biomasie składnikami pokarmowymi, jak i jego zdolnością tworzenia próchnicy. Częściowym stosowaniem nawozów zielonych nazywamy przyorywanie resztek poźniwnych. Ten sposób nawożenia stosujemy wówczas, gdy uprawiamy rośliny na zieloną paszę. W tym wypadku przyoruje się mniejszą ilość nadziemnej masy roślinnej, a więc i mniej składników pokarmowych [Batalin 1977].

3. Sucha masa wsiewek międzyplonowych

Ilość suchej masy wprowadzana do gleby przez wsiewki roślin bobowatych i ich mieszanki z trawami zależy od uprawianego gatunku, a także od doboru rośliny ochronnej i terminu jej zbioru. Badania różnych autorów [Groma-
dziński i Sypniewski 1977, Miczyński i Siwicki 1960] wykazały, że biomasa części nadziemnej wsiewki seradeli wsiewanej w żyto ozime uprawiane na zieloną masę była większa w porównaniu do wsiewanej w żyto ozime zbieranej na ziarno. Analogiczną zależność odnotowano przy uprawie seradeli wsiewanej w jęczmień jary, ale plony były mniejsze niż przy uprawie jako wsiewka w żyto ozime. Natomiast biomasa części nadziemnej koniczyny czerwonej była większa w warunkach jej uprawy jako wsiewki w jęczmień jary, zwłaszcza zbieranej na zieloną masę. Dobrze plonowała koniczyna biała, jeśli była wsiewana w żyto ozime uprawiane na zieloną masę. Podobnie plonowała lucerna chmielowa, ale większy plon części nadziemnej odnotowano przy jej uprawie jako wsiewka w jęczmień jary zbierany na ziarno. Nadziemna masa nostryku białego była najmniejsza zarówno w przypadku jego uprawy jako wsiewki w żyto ozime zbieranej na ziarno, jak i w jęczmień jary również zbierany na ziarno. Rośliny bobowate uprawiane w mieszankach z życicą wielokwiatową wytworzyły więcej biomasy nadziemnej niż uprawiane w siewie czystym, i to przy zbiorze rośliny ochronnej

zarówno na zieloną masę, jak i na ziarno [Andrzejewska i Ignaczak 1996, Ceglarek 1982a, Ceglarek 1982b].

Plon suchej masy resztek pozbiorowych według wielu autorów [Batalin 1962, Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982b, Gromadziński 1980] był modyfikowany przez badane gatunki roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami oraz przez dobór rośliny ochronnej i termin zbioru [Gromadziński i Sypniewski 1977]. Więcej resztek pozbiorowych wprowadziła do gleby seradela, jeśli była wsiewana w jęczmień ozimy i w jęczmień jary uprawiany na ziarno niż w żyto ozime również uprawiane na ziarno. Spośród badanych wsiewek roślin bobowatych największą ilość resztek pozbiorowych wytworzyła koniczyna czerwona, szczególnie gdy była wsiewana w jęczmień jary uprawiany na ziarno. Należy dodać, iż inne gatunki roślin bobowatych, takie jak: koniczyna biała, lucerna mieszańcowa czy nostryk biały również pozostawiły dużą ilość resztek pozbiorowych. Natomiast mieszanki roślin bobowatych z życią wielokwiatową dostarczyły największą ilość resztek pozbiorowych [Ceglarek i in. 1998].

Ilość suchej masy wprowadzona do gleby z całą biomasą wsiewek międzyplonowych w konwencjonalnym systemie produkcji, według różnych autorów [Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982a, Duer 1999, Gromadziński i Sypniewski 1977, Witkowicz 1998], była zróżnicowana w zależności od badanych gatunków roślin bobowatych i ich mieszanek z życią wielokwiatową oraz od badanych roślin ochronnych i terminu ich zbioru (tabela 1). Seradela wsiewana w żyto ozime uprawiane na ziarno wytworzyła podobną ilość biomasy jak

3. Sucha masa wsiewek międzyplonowych

wsiewana w jęczmień jary uprawiany na ziarno. Większą ilość biomasy wytworzyła koniczyna czerwona, zwłaszcza wsiewana w jęczmień jary uprawiany zarówno na ziarno, jak i na zieloną masę.

Tabela 1. Sucha masa wsiewek międzyplonowych ($t \cdot ha^{-1}$) w konwencjonalnym systemie produkcji, $t \cdot ha^{-1}$ [Batalin i in. 1968, Ceglarek 1982b, Ceglarek i in. 1998, Gromadziński 1980, Miczyński i Siwicky 1960, Płaza 2004]

Wsiewka międzyplonowa	Żyto ozime na ziarno	Jęczmień jary	
		na zielonkę	na ziarno
Seradela	3,3–6,1	-	4,2
Koniczyna czerwona	4,6–6,0	6,7–8,7	3,0–9,0
Koniczyna biała	-	-	5,8
Lucerna chmielowa	3,9–4,0	6,1	7,3
Nostrzyk biały	-	-	4,1
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa	-	7,9	-
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa	-	7,7	-
Koniczyna biała + życica wielokwiatowa	-	-	6,0

Dobrze plonowała koniczyna biała wsiewana w jęczmień jary uprawiany na ziarno, a także lucerna chmielowa i nostrzyk biały. Dużą ilość biomasy wytworzyły mieszanki koniczyny czerwonej z życią wielokwiatową i lucerny chmielowej z życią wielokwiatową wsiewane w jęczmień jary uprawiany na zieloną masę. Nieznacznie mniej suchej

3. Sucha masa wsiewek międzyplonowych

masy wprowadziła do gleby mieszanka koniczyny białej z życią wielokwiatową wsiewana w jęczmień jary uprawiany na ziarno.

Badania Królikowskiej [2012] wykazały, że wsiewka nostryku białego wsiewanego w pszenżyto jare uprawiane na ziarno w integrowanym systemie produkcji plonowała na poziomie $6,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w ekologicznym systemie produkcji $5,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast mieszanka nostryku białego z życią westerwoldzką w integrowanym systemie produkcji plonowała na poziomie $7,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w ekologicznym systemie produkcji $6,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Największą ilość biomasy wytwarzają mieszanki roślin bobowatych z trawami uprawiane w konwencjonalnym i integrowanym systemie produkcji, a mniejszą w ekologicznym systemie produkcji. Rośliny bobowate uprawiane w czystym siewie niżej plonują w porównaniu do ich mieszanek z trawami w każdym systemie produkcji. Dlatego też należy zalecać do uprawy mieszanki roślin bobowatych z życią wielokwiatową czy życią westerwoldzką.

4. Masa azotu wprowadzona do gleby z biomasa wsiewek międzyplonowych

Wsiewki roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami są cennym źródłem azotu biologicznego dla rośliny następcej. Ceglarek i in. [1998] wykazali, że resztki pozbiorowe lucerny chmielowej uprawianej w konwencjonalnym systemie produkcji wprowadzają do gleby $108 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, a mieszanka lucerny chmielowej z życią wielokwiatową mniej, bo $104 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Natomiast cała biomasa tych roślin wprowadza do gleby odpowiednio $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ i $185 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Badania Płazy [1996] wykazały, że w rolnictwie konwencjonalnym cała biomasa koniczyny białej wprowadziła do gleby $159 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Podobną ilość azotu wprowadziła także mieszanka koniczyny białej z życią wielokwiatową – $159 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Królikowska [2012] wykazała, że w integrowanym systemie produkcji nostrzyk biały wprowadził do gleby $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, a mieszanka nostrzyku białego z życią westerwoldzką $158 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Natomiast w ekologicznym systemie produkcji nostrzyk biały wprowadził do gleby $153 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, a mieszanka nostrzyku białego z życią westerwoldzką podobną ilość, bo $152 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Tak więc niezależnie od systemu produkcji rośliny bobowate i ich mieszanki z trawami dostarczają dużej ilości azotu biologicznego roślinie następcej i to zarówno z całą biomasa, jak i też w formie resztek pozbiorowych.

5. Rola wsiewek międzyplonowych w ograniczaniu wymywania azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień–zima–wiosna

We współczesnych systemach produkcji rolniczej zwraca się coraz większą uwagę na ochronę środowiska glebowego. Dlatego też zaleca się wysycanie płodozmianu międzyplonami, a w szczególności wsiewkami międzyplonowymi, które traktowane są tu jako „akumulatory” niewykorzystanych w przedplonie składników pokarmowych, w tym azotu, dla roślin następczo przychodzących w zmianowaniu. Ich wymywanie do wód gruntowych z arealów pokrytych szatą roślinną i ściółkowanymi jest wielokrotnie mniejsza niż z gleb pozostających w czarnym ugorze [Hauggard-Nielsen 2012, Lewan 1994, Płaza i Ceglarek 2003, Płaza 2011, Płaza i in. 2012].

Zaleca się też pozostawienie wsiewki międzyplonowej na okres zimy w formie mulczu, co znacznie spowalnia proces mineralizacji substancji organicznej [Känkänen i Eriksson 2007, Kramberger i in. 2014, Płaza 2011, Płaza i in. 2012]. Badania Płazy i in. [2015] wykazały, że jesienią najwyższą zawartość N-NH_4^+ oraz N-NO_3^- , zarówno w warstwie ornej, jak i w podglebiu, odnotowano na obiekcie kontrolnym bez uprawy wsiewek międzyplonowych (tabele 2 i 3). Wprowadzenie do uprawy wsiewki jednorocznej formy nostryku białego i mieszanki nostryku białego z życicą westerwoldzką

istotnie obniżało zawartość azotu mineralnego w dwóch warstwach gleby, zarówno w konwencjonalnym, jak i ekologicznym systemie produkcji. Natomiast wiosną zawartość N-NH_4^+ i N-NO_3^- w warstwie ornej gleby była znacznie wyższa po zastosowaniu wsiewek międzyplonowych w porównaniu do obiektu kontrolnego. Najwyższą koncentrację azotu mineralnego odnotowano w kombinacji, gdzie nostryk biały był przyorany jesienią, zaś niższą po mieszance nostryku białego z życią westerwoldzką. Zastosowanie wsiewek międzyplonowych w formie mulczu zmniejszyło zawartość azotu mineralnego w glebie, co ograniczyło jego wymywanie w głąb profilu glebowego w okresie jesień–zima–wiosna niezależnie od systemu produkcji. Należy podkreślić, że wymywanie azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień–zima–wiosna jest mniejsze w ekologicznym w porównaniu do konwencjonalnego systemu produkcji. Zatem azot biologiczny z mieszanek roślin bobowatych z trawami jest w większym stopniu dostępny dla rośliny następczej niż z roślin bobowatych przyorywanych jesienią, z których szybciej ulega mineralizacji i jest wypłukiwany w głąb profilu glebowego. Również stosowanie nostryku białego w formie mulczu spowalnia mineralizację azotu biologicznego, co zapobiega jego wymywaniu w głąb profilu glebowego i wpływa korzystnie na plonowanie ziemniaka.

Badania Płazy [2011] oraz Płazy i in. [2012] wykazały, że zawartość N-NH_4^+ i N-NO_3^- w glebie po wsiewce koniczyny perskiej i seradeli była niższa niż na obiekcie kontrolnym bez uprawy wsiewek międzyplonowych (tabele 2 i 4). W podglebiu

zawartość azotu mineralnego była niższa niż w warstwie ornej gleby, przy czym niższe wartości odnotowano w warunkach uprawy wsiewki koniczyny perskiej i seradeli niż na obiekcie kontrolnym bez uprawy wsiewek, gdzie jesienią następuje wymywanie azotu mineralnego w głąb profilu glebowego. Analizując zawartość azotu mineralnego w dwóch systemach uprawy wsiewek międzyplonowych, wykazano wyższą koncentrację N-NH_4^+ i N-NO_3^- w dwóch warstwach gleby w konwencjonalnym niż w ekologicznym systemie produkcji. Analogiczne zależności wykazali Känkänen i Erikson [2007] w uprawie wsiewki życicy wielokwiatowej i lucerny chmielowej.

Wiosną zawartość w glebie N-NH_4^+ i N-NO_3^- po wsiewkach koniczyny perskiej i seradeli była wyższa niż na obiekcie kontrolnym bez uprawy wsiewek międzyplonowych (tabele 3 i 5). Pozostawienie wsiewek roślin bobowatych do wiosny w formie mulczu spowalnia proces mineralizacji zastosowanej biomasy, a to sprawia, że zawartość azotu mineralnego jest niższa niż po przyoraniu wsiewek międzyplonowych jesienią. Analizując zawartość azotu mineralnego w dwóch warstwach gleby, wykazano niższą zawartość N-NH_4^+ i N-NO_3^- w podglebiu niż w warstwie ornej gleby. Na podkreślenie zasługuje fakt niższej koncentracji azotu mineralnego w podglebiu po wsiewkach koniczyny perskiej i seradeli zarówno przyoranych jesienią, jak i pozostawionych do wiosny w formie mulczu niż na obiekcie kontrolnym bez uprawy wsiewek międzyplonowych. Dowodzi to ograniczenia wymywania azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień–zima–wiosna, co ma istotne znaczenie w ochronie środowiska glebowego. Jest to

zbieżne z wynikami badań Kähkönen i Erikson [2007] oraz Sarunaite i in. [2013].

Tabela 2. Zawartość azotu mineralnego w glebie jesienią, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. gleby (średnie z lat 2006-2008) [Płaza 2011]

Wsiewka międzyplonowa	System produkcji				Średnie	
	konwencjonalny		ekologiczny			
	warstwa gleby, cm					
	0-30	31-60	0-30	31-60	0-30	31-60
N-NH ₄ ⁺						
Obiekt kontrolny	4,89	2,41	3,95	1,87	4,42	2,16
Koniczyna perska	2,18	1,42	1,98	1,20	2,08	1,31
Koniczyna perska - mulcz	2,16	1,41	1,96	1,18	2,06	1,30
Średnie	3,08	1,75	2,63	1,42	2,85	1,59
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa System produkcji Interakcja					0,28 0,19 0,34	0,20 0,15 0,23
N-NO ₃ ⁻						
Obiekt kontrolny	7,29	4,87	6,31	3,94	6,80	4,41
Koniczyna perska	4,86	2,38	4,18	1,97	4,52	2,18
Koniczyna perska - mulcz	4,85	2,36	4,15	1,94	4,50	2,15
Średnie	5,67	3,20	4,88	2,62	5,27	2,91
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa System produkcji Interakcja					1,25 1,14 1,32	0,37 0,24 0,42

5. Rola wsiewek międzyplonowych w ograniczaniu wymywania...

Tabela 3. Zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną,
mg · kg⁻¹ s. m. gleby (średnie z lat 2007-2009) [Płaza 2011]

Wsiewka międzyplonowa	System produkcji				Średnie	
	konwencjonalny		ekologiczny			
	warstwa gleby, cm					
	0-30	31-60	0-30	31-60	0-30	31-60
N-NH ₄ ⁺						
Obiekt kontrolny	5,47	3,98	4,32	2,73	4,90	3,36
Koniczyna perska	7,21	2,85	6,65	2,73	6,93	2,61
Koniczyna perska – mulcz	6,53	2,32	6,12	1,98	6,33	2,15
Średnie	6,40	3,05	5,70	2,48	6,05	2,71
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa					0,33	0,23
System produkcji					0,22	0,17
Interakcja					0,34	0,26
N-NO ₃ ⁻						
Obiekt kontrolny	8,93	6,92	7,81	5,84	8,37	6,38
Koniczyna perska	19,38	5,84	17,30	3,69	18,34	4,77
Koniczyna perska – mulcz	15,21	4,18	14,86	3,08	15,04	3,63
Średnie	14,51	5,65	13,32	4,20	13,92	4,93
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa					1,28	0,38
System produkcji					1,17	0,27
Interakcja					1,34	0,44

5. Rola wsiewek międzyplonowych w ograniczaniu wymywania...

Tabela 4. Zawartość azotu mineralnego w glebie jesienią,
mg · kg⁻¹ s. m. gleby (średnie z lat 2007-2009) [Płaza i in. 2012]

Wsiewka międzyplonowa	System produkcji				Średnie	
	konwencjonalny		ekologiczny			
	warstwa gleby, cm					
	0-30	31-60	0-30	31-60	0-30	31-60
N-NH ₄ ⁺						
Obiekt kontrolny	4,93	2,47	3,99	1,90	4,46	2,19
Seradela perska	2,22	1,46	2,02	1,24	2,12	1,35
Seradela – mulcz	2,19	1,43	2,03	1,23	2,11	1,33
Średnie	3,11	1,79	2,68	1,46	2,90	1,62
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa					0,31	0,22
System produkcji					0,23	0,16
Interakcja					0,35	0,25
N-NO ₃ ⁻						
Obiekt kontrolny	7,31	4,90	6,33	3,96	6,82	4,43
Seradela perska	4,92	2,45	4,23	2,02	4,58	2,24
Seradela – mulcz	4,89	2,42	4,23	2,00	4,56	2,22
Średnie	5,71	3,26	4,93	2,66	5,32	2,96
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa					1,27	0,39
System produkcji					1,16	0,26
Interakcja					1,35	0,43

Tabela 5. Zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną, mg · kg⁻¹ s. m. gleby (średnie z lat 2008-2010) [Płaza i in. 2012]

Wsiewka międzyplonowa	System produkcji				Średnie	
	konwencjonalny		ekologiczny			
	warstwa gleby, cm					
	0-30	31-60	0-30	31-60	0-30	31-60
N-NH ₄ ⁺						
Obiekt kontrolny	5,49	4,00	4,34	2,75	4,92	3,38
Seradela perska	7,25	2,89	6,69	2,41	6,97	2,65
Seradela – mulcz	6,57	2,36	6,14	2,00	6,36	2,18
Średnie	6,44	3,08	5,72	2,39	6,08	2,74
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa System produkcji Interakcja					0,34 0,24 0,36	0,25 0,18 0,28
N-NO ₃ ⁻						
Obiekt kontrolny	8,95	6,94	7,83	5,86	8,39	6,40
Seradela perska	19,42	5,88	17,35	3,74	18,39	4,81
Seradela – mulcz	15,26	4,22	14,90	3,12	15,08	3,67
Średnie	14,54	5,68	13,36	4,24	13,95	4,96
NIR _{0,05} Wsiewka międzyplonowa System produkcji Interakcja					1,29 1,18 1,37	0,40 0,27 0,45

Zawartość N-NH₄⁺ i N-NO₃⁻ w glebie w konwencjonalnym systemie produkcji była wyższa niż w ekologicznym systemie produkcji. Wynika to z faktu, iż w konwencjonalnym systemie produkcji wsiewki roślin bobowatych wytworzyły więcej biomasy niż w ekologicznym systemie produkcji, a tym samym dostarczyły większej ilości azotu roślinie następczej.

Badania przeprowadzone przez Płazę i in. [2015] wskazują na celowość uprawy wsiewek roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami, które chronią środowisko glebowe przed wymywaniem azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień-zima-wiosna w porównaniu do pól pozostających w czarnym ugorze, a zarazem są cennym źródłem azotu biologicznego dla rośliny następcej – ziemniaka. Analogiczne zależności wykazali Kähkönen i Erikson [2007] w uprawie wsiewki życicy wielokwiatowej i lucerny chmielowej. Aby zapobiec wymywaniu azotu mineralnego po zastosowaniu roślin bobowatych, Płaza i in. [2015] zalecają ich pozostawienie na okres zimy w formie mulczu, co spowalnia proces mineralizacji substancji organicznej i zapobiega wymywaniu azotu mineralnego w głąb profilu glebowego.

Również Lewan [1994] wskazuje na celowość uprawy w konwencjonalnym systemie produkcji wsiewek traw i ich mieszanek z koniczynami, które zapobiegają wymywaniu azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień-zima-wiosna. Podobne zależności z uprawą roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami w różnych systemach produkcji wykazali Panagiotis [2015], Sarunaite i in. [2013], Nemeikšiene i in. [2010] oraz Arluskienė i Maikstienienė [2008]. Wykazano, że mieszanki roślin bobowatych z trawami zapobiegają wymywaniu azotu mineralnego wiosną w porównaniu do roślin bobowatych. Dlatego też Płaza i in. [2012] zalecają pozostawienie roślin bobowatych na okres zimy w formie mulczu. Należy dodać, że po roślinach bobowatych wymywanie azotu mineralnego wiosną jest niższe niż po zastosowaniu mineralnego nawożenia azotem.

6. Plon bulw ziemniaka jadalnego uprawianego po wsiewkach międzyplonowych

Podstawowym nawozem naturalnym stosowanym w uprawie ziemniaka jest obornik. Jednak zmniejszająca się produkcja obornika oraz ukierunkowanie na integrowaną i ekologiczną produkcję ziemniaka skłania producenta rolnego do wysycenia płodozmianu międzyplonami z przeznaczeniem na zielony nawóz. Spośród międzyplonów najtańszym źródłem biomasy są wsiewki, gdyż nie wymagają dodatkowych nakładów związanych z uprawą i przygotowaniem gleby przed siewem, co jest szczególnie uciążliwe przy uprawie międzyplonów ścierniskowych. Niski jest również koszt materiału siewnego. W dobie biologizacji rolnictwa zaleca się uprawę wsiewek roślin bobowatych z przeznaczenia na zielony nawóz, które są źródłem azotu biologicznego dla ziemniaka.

Badania Płazy [1996] wykazały, że wartość nawozowa wsiewki mieszanki lucerny chmielowej z życią wielokwiatową dorównuje wartości nawozowej obornika w uprawie ziemniaka jadalnego (tabela 6). Plon świeżej masy bulw ziemniaka uprawianego po wsiewkach roślin bobowatych, takich jak lucerna chmielowa i koniczyna czerwona był niższy niż w uprawie na oborniku. Jednak różnice te, chociaż udowodnione statystycznie, nie były aż tak istotne.

Tabela 6. Plon ogólny świeżej masy bulw ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową w konwencjonalnym systemie produkcji, t · ha⁻¹ [Płaza 1996]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	1992	1993	1994	Średnie
Obiekt kontrolny	19,9	22,9	18,6	20,5
Obornik	29,2	31,4	27,9	29,5
Lucerna chmielowa	25,8	31,3	26,4	27,8
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa	28,5	32,7	29,4	30,2
Koniczyna czerwona	25,2	30,0	26,1	27,3
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa	28,0	31,8	29,1	29,6
NIR _{0,05}				
Lata				1,1
Nawożenie wsiewką międzyplonową				1,3
Interakcja				1,5

Inne badania Płazy i Ceglarka [2002] wykazały, że wartość nawozowa resztek pozbiorowych lucerny chmielowej, przyorywanych ze słomą, dorównywała wartości nawozowej obornika (tabela 7).

Również zdaniem Gromadzińskiego [1980], Ceglarka [1982b], Rimowsky [1987] oraz Szałajdy i Nowaka [1993] resztki pozbiorowe wsiewek międzyplonowych mają wysoką wartość nawozową. Wynika to z faktu, iż jednorazowe pobranie próby resztek korzeniowych nie obejmuje całkowitej ilości materii organicznej, jaka w postaci korzeni pozostaje w glebie. Dotyczy to bowiem tylko warstwy ornej, a ponadto w czasie

wegetacji system korzeniowy stale się odnawia przez obumieranie starych i przyrost nowych korzeni [Malicki 1969, Malicki 1997]. Dlatego też wartość nawozowa resztek pozbiorowych wsiewek roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami jest tak wysoka. Natomiast wartość nawozowa całej biomasy wsiewki lucerny chmielowej ze słomą była wyższa od wartości nawozowej mieszanki lucerny chmielowej z życicą wielokwiatową i słomą, dorównywała wartości nawozowej obornika.

Tabela 7. Plon ogólny świeżej masy bulw ziemniaka uprawianego w konwencjonalnym systemie produkcji, t · ha⁻¹ [Płaza i Ceglarek 2002]

Wsiewka międzyplonowa	1993	1994	Średnie
Obiekt kontrolny	24,9	20,1	22,5
Obornik	33,8	29,8	31,8
Resztki pozbiorowe wsiewek ze słomą			
Lucerna chmielowa + słoma	33,2	30,4	29,6
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa + słoma	30,9	28,3	26,1
Cała masa roślinna wsiewek ze słomą			
Lucerna chmielowa + słoma	34,8	31,6	33,2
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa + słoma	32,6	29,9	31,3
Średnie	31,7	28,4	-
NIR _{0,05}			
Lata			0,6
Nawożenie wsiewką międzyplonową			1,1
Interakcja			1,3

W innych badaniach Płaza [2004] wykazała, że wartość nawozowa mieszanki koniczyny białej z życią wielokwiatową była wyższa od wartości nawozowej obornika, a wartość nawozowa koniczyny białej dorównywała wartości nawozowej obornika (tabela 8).

Tabela 8. Plon handlowy bulw ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową i słomą w konwencjonalnym systemie produkcji, t · ha⁻¹ (średnie z lat 2001-2002) [Płaza 2004]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	Nawożenie słomą		Średnie
	podbłok bez słomy	podbłok ze słomą	
Obiekt kontrolny	18,0	27,2	22,6
Obornik	38,8	37,4	38,1
Koniczyna biała	39,1	45,5	42,3
Koniczyna biała + życica wielokwiatowa	47,2	43,8	45,5
Średnie	35,8	38,5	-
NIR _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową			1,1
System produkcji			0,8
Interakcja			1,4

Podobnie Nowak [1982] wskazuje na przewagę nawozów zielonych nad obornikiem. Wynika to z faktu, iż składniki pokarmowe zawarte w nawozie zielonym są na ogół łatwiej przyswajalne niż składniki w oborniku dzięki szybszemu rozkładowi masy organicznej. Już Batalin i in. [1968] najwyższe plony bulw ziemniaka otrzymali po przyoraniu wsiewki koniczyny czerwonej i seradeli, a Ceglarek i in. [1998]

takie wyniki osiągnęli po przyoraniu roślin bobowatych z żywicą wielokwiatową. Powyższe rozbieżności wynikają z różnego tempa mineralizacji stosowanych form nawożenia oraz z faktu wprowadzenia do gleby z mieszanką większej ilości biomasy i makroskładników. Jak podaje Nowak [1982], podczas rozkładu roślin bobowatych mogą występować wysokie straty azotu. W zależności od temperatury, wilgotności i czasu rozkładu straty azotu mogą dochodzić nawet do 50%. Aby temu zapobiec, należy do rozkładającej się biomasy roślin bobowatych dodać materiału bogatego w węgiel, np. traw lub słomy, w celu rozszerzenia stosunku C:N.

Obecnie ziemniak przeznaczony do bezpośredniego spożycia powinien być uprawiany w integrowanym lub ekologicznym systemie produkcji [Kuś i Stalenga 1998, Makaravičiute 2003, Sawicka i Kuś 2002]. Również w tych systemach produkcji zaleca się uprawę ziemniaka po międzyplonach, a w szczególności po wsiewkach międzyplonowych roślin bobowatych i ich mieszankach z trawami. Międzyplony można przyorać jesienią lub pozostawić do wiosny w formie mulczu. Wsiewki międzyplonowe pozostawione do wiosny w takiej formie zapobiegają wymywaniu składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu, do głębszych warstw gleby w okresie jesienno-zimowym, gromadzą wodę z opadów oraz spowalniają proces mineralizacji substancji organicznej. Ponadto zmniejszają koszty uprawy poprzez eliminację orki przedzimowej. Badania Królikowskiej [2012] wykazały, że w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji plon handlowy bulw ziemniaka uprawianego po mieszance nostryzku białego

6. Plon bulw ziemniaka jadalnego uprawianego...

z życicą westerwoldzką przyoraną jesienią oraz w uprawie po nostrzyku białym pozostawionym do wiosny w formie mulczu był istotnie większy niż na oborniku (tabela 9). Natomiast uprawiając ziemniak po nostrzyku białym przyorany jesienią oraz po mieszance nostrzyku białego z życicą westerwoldzką pozostawioną do wiosny w formie mulczu, dorównywał do plonu handlowego otrzymanego w uprawie na oborniku.

Tabela 9. Plon handlowy bulw ziemniaka uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji, t · ha⁻¹ (średnie z lat 2007-2009) [Królikowska 2012]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	System produkcji		Średnie
	integrowany	ekologiczny	
Obiekt kontrolny	23,8	19,4	21,6
Obornik	42,5	30,1	36,3
Nostrzyk biały	42,4	30,3	36,4
Nostrzyk biały + życica westerwoldzka	47,8	33,7	40,8
Nostrzyk biały – mulcz	45,6	32,8	39,2
Nostrzyk biały + życica westerwoldzka – mulcz	43,9	31,2	37,6
Średnie	41,0	29,6	-
NIR _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową			1,4
System produkcji			1,0
Interakcja			1,5

6. Plon bulw ziemniaka jadalnego uprawianego...

W badaniach Płazy i in. [2013] analogicznie, plon handlowy bulw ziemniaka uprawianego po koniczynie perskiej pozostawionej do wiosny w formie mulczu był większy niż w uprawie na oborniku, co świadczy o powolniejszym rozkładzie stosowanej biomasy i równomiernym dostępie składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu, roślinie następczej – ziemniaka, a to przekłada się na większy plon bulw (tabela 10).

Tabela 10. Plon handlowy bulw ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową i systemem produkcji, t · ha⁻¹ (średnie z lat 2006-2008) [Płaza i in. 2013]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	Nawożenie słomą		Średnie
	integrowany	ekologiczny	
Obiekt kontrolny	18,0	27,2	22,6
Obornik	38,8	37,4	38,1
Koniczyna perska	39,1	45,5	42,3
Koniczyna perska – mulcz	47,2	43,8	45,5
Średnie	35,8	38,5	-
NIR _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową			1,0
System produkcji			0,9
Interakcja			1,1

7. Zawartość białka właściwego w bulwach ziemniaka jadalnego

Ziemniak przeznaczony na cele jadalne powinien charakteryzować się wysokim plonem bulw, o jak najwyższych parametrach jakościowych [Gleń i in. 2002, Głuska 200, Haslová i in. 2005, Lachman i in. 2005]. Walory odżywcze ziemniak zawdzięcza obecności białka bogatego w aminokwasy egzogenne [Leszczyński 1994, Leszczyński 2000, Lis i in. 2002, Sawicka i Kuś 2000, Sawicka 2003].

Związki azotowe w bulwach ziemniaka występują średnio w ilości 2% w przeliczeniu na białko ($N \cdot 6,25$) jako tzw. białko ogólne, z czego 35-65% stanowi białko właściwe, które zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne w odpowiednich ilościach i jako jedno z nielicznych białek roślinnych posiada wartość biologiczną odpowiadającą wartości białka zwierzęcego [Leszczyński 2000]. Białko występujące w bulwach ziemniaka zawiera szczególnie dużo leucyny, lizyny, fenyloalaniny i treoniny, natomiast mniej metioniny. Jego wartość biologiczna jest bardzo wysoka, porównywalna do białka sojowego, a tylko nieznacznie ustępująca standardowi żywieniowemu, za jaki przyjmuje się białko jaja kurzego [Pęksa 2003, Zarzyńska i Goliszewski 2006, Zimoch-Guzowska i Flis 2006]. W skład białka wchodzi duża ilość kwasu asparagowego i glutaminowego. Wysokowartościowe białka obecne w bulwach ziemniaka dzielimy na trzy podstawowe grupy:

patatyny, inhibitory proteaz i inne białka o masie 50-120 kDa [Smith 2007, Szarek i Przerodowska 2017]. Patatyna (tuberyna) to rozpuszczalne białka, które pierwszy raz zostały sklasyfikowane w 1980 r. przez Racusena i Foote'a [Philips i Williams 2011]. Jest to grupa kwaśnych protein, stanowiących ok. 40% wszystkich białek w bulwach. Patatyna należy do kompleksu polisacharydowo-białkowego, w którym łańcuch węglowodanowy składa się z czterech cukrów prostych: ramnozy, mannozy, glukozy i galaktozy [Philips i Williams 2011]. Wykazano, że brak odpowiedniej ilości opadów w lipcu i sierpniu w połączeniu z wysoką temperaturą może powodować uszkodzenie aparatów fotosyntetycznych roślin, czego efektem są bulwy o małych rozmiarach i mniejszej ilości białek, w tym patatyny [Bärtová 2008, Bärtová i in. 2013]. Białko ziemniaczane to mieszanina frakcji różniących się pod względem właściwości strukturalnych, ciężaru molekularnego, właściwości fizykochemicznych i biologicznych. Około 75-80% białka ziemniaka stanowią rozpuszczalne białka globularne, wśród których większość to frakcje albumin i globulin, określane jako tuberyna lub „patatin”, tj. białka charakterystyczne tylko dla ziemniaka [Ahlden i Tragardh 1992, Eppendorfer i Eggum 1994, Probereźny i in. 2015]. Zainteresowanie białkiem ziemniaka wynika zarówno z jego wysokiej wartości odżywczej, jak i z faktu dużego spożycia. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż nawożenie ziemniaka międzyplonami z roślin bobowatych stymuluje zawartość tego składnika w bulwach ziemniaka [Mazurczyk i Lis 2000, Płaza i Ceglarek 2008, Wiater 2002]. Wpływ ten potwierdzają też wyniki uzyskane

7. Zawartość białka właściwego w bulwach...

w badaniach Królikowskiej [2012]. Największą zawartość białka właściwego odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego nostrykiem białym pozostawionym do wiosny w formie mulczu i przyorywanym jesienią (tabela 11).

Tabela 11. Zawartość białka właściwego w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową i systemem produkcji, g · kg⁻¹ s.m. (średnie z lat 2007-2009) [Królikowska 2012]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	System produkcji		Średnie
	integrowany	ekologiczny	
Obiekt kontrolny	42,6	41,8	42,2
Obornik	52,8	51,6	52,2
Nostryk biały	61,2	61,0	61,1
Nostryk biały + życica westerwoldzka	53,6	52,8	53,2
Nostryk biały - mulcz	62,9	61,8	62,3
Nostryk biały + życica westerwoldzka - mulcz	56,3	55,2	55,8
Średnie	54,9	54,0	-
NIR _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową			2,2
System produkcji			0,8
Interakcja			2,7

Mniejszą koncentrację tego składnika odnotowano w bulwach nawożonych mieszanką nostryku białego z życicą westerwoldzką pozostawioną do wiosny w formie mulczu i przyoraną jesienią. Należy podkreślić, że stosowanie nawozów zielonych z roślin bobowatych i ich mieszanek

7. Zawartość białka właściwego w bulwach...

z trawami, zwłaszcza stosowanych w formie mulczu, znacznie zwiększa zawartość białka właściwego w bulwach ziemniaka w porównaniu do zawartości tego składnika wykazanego w bulwach nawożonych obornikiem. Badania Królikowskiej [2012] wykazały także, że wyższą koncentracją białka właściwego charakteryzowały się bulwy ziemniaka uprawianego w integrowanym systemie w porównaniu do systemu ekologicznego. Analogiczną zależność wykazały badania przeprowadzone przez Sawicką i Kusia [2002] oraz Panagois [2015].

8. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka jadalnego

Obok składników azotowych, stanowiących o wartości odżywczej i dietetycznej ziemniaka, w bulwach występują także azotowe związki niepożądane. Należą do nich m.in. azotany (V) [Bartova i in. 2013, Cieślik 1992, Makaraviciute 2003]. Zawartość tych związków w bulwach ziemniaka kształtują głównie: czynniki genetyczne, agrotechniczne i warunki klimatyczne [Cieślik 1992, Cieslik 1995, Danilčenko H., Trečiokaite-Jarine 2002]. Azotany (V) są naturalnymi składnikami produktów roślinnych. Same azotany (V) nie są toksyczne, ale istnieje możliwość zredukowania ich przez mikroflorę jelitową do azotanów (III), z udziałem których mogą tworzyć się rakotwórcze nitrozoaminy [Ahlden i Trägårdh 1992, Haslová i in. 2005, Rembiałkowska 2000, Rutkowska 2001]. Zdaniem Płazy i Ceglarka [2008] oraz Pobiereźnego i in. [2015] nawożenie międzyplonem, szczególnie z roślin bobowatych, obniża zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w porównaniu do obiektów, gdzie zastosowano tylko nawożenie mineralne. Potwierdzają to także wyniki badań prowadzonych przez Płazę i in. [2017]. Na podkreślenie zasługuje fakt, że nawożenie ziemniaka koniczyną perską pozo-
stawioną do wiosny w formie mulczu i koniczyną perską przy-
oraną jesienią zapewnia najniższy poziom azotanów (V) w bulwach ziemniaka (tabela 12).

8. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka jadalnego

Tabela 12. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową i systemem produkcji, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. (średnie z lat 2007-2009) [Płaza i in. 2017]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	System produkcji		Średnie
	integrowany	ekologiczny	
Obiekt kontrolny	146,2	146,6	146,4
Obornik	108,0	123,1	115,5
Koniczyna perska	91,1	92,0	91,6
Koniczyna perska + życica westerwoldzka	95,9	97,2	96,6
Koniczyna perska – mulcz	86,8	88,3	87,4
Koniczyna perska + życica westerwoldzka – mulcz	92,0	93,1	92,0
Średnie	103,3	106,7	-
NIR _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową			11,7
System produkcji			1,0
Interakcja			12,7

Jest on niższy w porównaniu do odnotowanego w bulwach zebranych z obiektów nawożonych obornikiem. Natomiast zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka nawożonego mieszanką koniczyny perskiej z życicą westerwoldzką, zarówno pozostawioną do wiosny w formie mulczu, jak i przyoraną jesienią kształtują się na zbliżonym poziomie jak na obiekcie nawożonym obornikiem. Powyższą zależność należy tłumaczyć tym, że biomasa z roślin bobowatych i ich mieszanek z życicą westerwoldzką, poza wyższą zawartością

azotu, zawierała mało włókna, co zapewniło szybki jej rozkład. Dzięki temu składniki pokarmowe, w tym azot, udostępniane są roślinom ziemniaka równomiernie w ciągu całego okresu wegetacyjnego, co umożliwia całkowitą zamianę azotu mineralnego w azot białkowy.

Badania Sawickiej [2003] oraz Płazy i in. [2017] wykazały, że bulwy ziemniaka uprawianego w integrowanym systemie produkcji zawierają mniej azotanów (V) niż uprawiane w ekologicznym systemie produkcji. Natomiast Hamouz i in. [2005] udowodnili istotny wzrost zawartości azotanów (V) w bulwach zebranych z obiektów, gdzie była prowadzona uprawa w systemie konwencjonalnym, w porównaniu do systemu ekologicznego. Również Zarzyńska i Goliśzewski [2006] udowodnili istotny wpływ systemu produkcji na zawartość azotanów (V). Warto zauważyć, że coraz częściej prowadzona jest dyskusja na temat zawartości azotanów (V) w bulwach ziemniaka pochodzącego z pól uprawianych w systemie ekologicznym [2005, 2005]. Okazuje się, że ilość azotanów (V) w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym może być bardzo duża [2003, 2007]. Wynika to z wielu czynników. Na glebach ciężkich w celu zbilansowania azotu w całym płodozmianie stosuje się na ogół duże wysycenie roślinami bobowatymi.

Ziemniak jest tą rośliną, która w płodozmianie przychodzi zaraz po oborniku lub kompoście, a więc w takich przypadkach dawka azotu organicznego może okazać się zbyt duża dla tej rośliny i nie będzie ona w stanie przetworzyć go

8. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka jadalnego

na azot białkowy. Pozostaje więc w bulwach w postaci azotanów (V). Jednak ziemniak należy do roślin kumulujących śladowe ilości azotanów (V), tj. 10-500 mg·kg⁻¹ świeżej masy i azotanów (III), czyli azotanów toksycznych [Haslová i in. 2005, Kołodziejczyk i in. 2007]. Zatem jest bezpieczny dla konsumenta przy zastosowaniu optymalnych dawek mineralnego nawożenia azotem.

9. Zawartość azotu w bulwach ziemniaka jadalnego

Zawartość azotu w bulwach ziemniaka jest modyfikowana przez czynniki agrotechniczne, w tym przez nawożenie. Badania Płazy [1996] wykazały, że zawartość azotu w bulwach ziemniaka nie była modyfikowana przez formę przyorania wsiewki międzyplonowej. Natomiast wykazano wpływ nawożenia wsiewką międzyplonową i nawożenia mineralnego na zawartość tego makroelementu (tabela 13). Najwyższą zawartość azotu odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego wsiewką lucerny chmielowej i mieszanką lucerny chmielowej z życicą wielokwiatową. Zawartość azotu w bulwach ziemniaka nawożonego wsiewką koniczyny czerwonej i mieszanką koniczyny czerwonej z życicą wielokwiatową była niższa niż na obiektach o najwyższej koncentracji tego składnika. Jednak wartości te kształtowały się na poziomie zawartości azotu w bulwach ziemniaka nawożonego obornikiem. Wynika to z faktu, iż lucerna chmielowa charakteryzowała się wyższą koncentracją azotu niż koniczyna czerwona, co przełożyło się na wyższą zawartość tego makroelementu w bulwach ziemniaka. Wzrastające dawki mineralnego nawożenia ziemniaka na tle nawożenia wsiewką międzyplonową także powodowały wzrost zawartości azotu w bulwach ziemniaka. Najwyższą koncentrację tego makroelementu odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego wsiewką

9. Zawartość azotu w bulwach ziemniaka jadalnego

lucerny chmielowej i mieszanką lucerny chmielowej z życicą wielokwiatową przy poziomie mineralnego nawożenia 600 kg NPKha⁻¹. Należy tłumaczyć to tym, iż wzrastające dawki mineralnego nawożenia dostarczyły większej ilości azotu roślinie ziemniaka, co przełożyło się na jego koncentrację w bulwach ziemniaka, zwłaszcza na obiektach z lucerną chmielową. Jednak przy tak wysokiej dawce nawożenia NPK należy przypuszczać, że wzrasta w bulwach ziemniaka zawartość szkodliwych azotanów (V). Zatem należy zalecać do uprawy ziemniak z niższą dawką NPK, tj. 400 kg · ha⁻¹.

Tabela 13. Zawartość azotu w bulwach ziemniaka uprawianego w konwencjonalnym systemie produkcji (średnie z lat 1992-1994), g · kg⁻¹ s. m. [Płaza 1996]

Nawożenie wsiewką międzyplonową	Poziom nawożenia mineralnego NPK kg ha ⁻¹			Średnie
	0	400	600	
Obiekt kontrolny	13,70	15,11	16,38	15,06
Obornik	15,22	16,28	17,21	16,24
Lucerna chmielowa	15,53	16,51	17,60	16,55
Lucerna chmielowa + życica wielokwiatowa	15,39	16,46	17,53	16,46
Koniczyna czerwona	15,38	16,25	17,44	16,36
Koniczyna czerwona + życica wielokwiatowa	15,21	16,20	17,16	16,19
Średnie	15,07	16,14	17,22	-
NIR _{0,05}				
Nawożenie wsiewką międzyplonową				1,42
System produkcji				0,97
Interakcja				1,58

Podsumowanie

Nadmierna eksploatacja zasobów ziemi rolniczej w wyniku stosowania wysokich dawek nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin, a także intensywnego rozwoju przemysłu chemicznego spowodowała niekorzystne następstwa dla środowiska przyrodniczego. Zaistniała więc potrzeba przeciwdziałania powstałym zagrożeniom i dlatego też podjęto działania w celu ograniczenia nadmiernej ekspansji gospodarczej. Ta nowa strategia może być realizowana poprzez integrowany system rolnictwa oraz rolnictwo ekologiczne.

Integrowana produkcja rolnicza jest systemem gospodarowania w rolnictwie uwzględniającym najnowsze osiągnięcia nauki i techniki w zakresie ochrony otaczającego środowiska i rolniczego krajobrazu, którego celem jest uzyskanie produktów rolnych o najwyższej jakości, bezpiecznych dla zdrowia ludzi oraz zapewniających konkurencyjność na rynku i ułatwiających sprzedaż różnych płodów rolnych.

Rolnictwo ekologiczne różni się od naszego rolnictwa konwencjonalnego. Polega ono na świadomym eliminowaniu chemii z produkcji rolnej. Wymaga dużo większej wiedzy z różnych dziedzin, aby móc maksymalnie wykorzystać walory przyrody.

Podstawowym nawozem naturalnym stosowanym w uprawie ziemniaka jest obornik. Jednak zmniejszająca się produkcja obornika oraz rozwój integrowanej i ekologicznej

produkcji ziemniaka skłania producenta rolnego do wysycenia płodozmianu międzyplonami z przeznaczeniem na zielony nawóz. Spośród międzyplonów zaleca się uprawę wsiewek międzyplonowych z roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami, które są źródłem azotu biologicznego dla rośliny następczej. We współczesnym rolnictwie dąży się do ograniczenia stosowania azotu mineralnego na korzyść azotu biologicznego. Wprowadzenie do uprawy wsiewek roślin bobowatych, a zwłaszcza ich mieszanek z trawami, pozostawionych do wiosny w formie mulczu zmniejsza ryzyko wymywania azotu mineralnego w głąb profilu glebowego w okresie jesień–zima–wiosna, co ma istotne znaczenie w ochronie środowiska glebowego. Nie bez znaczenia jest też ich korzystne oddziaływanie na plon i skład chemiczny bulw ziemniaka. Stosowanie wsiewek roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami w pełni zastępuje obornik w integrowanej uprawie ziemniaka, a także korzystnie wpływa na plon i jakość bulw ziemniaka uprawianego w ekologicznym systemie produkcji. Bulwy ziemniaka nawożonego wsiewkami roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami charakteryzują się wyższą zawartością wartościowego białka właściwego, a niższą koncentracją azotanów (V) w porównaniu do bulw zebranych z obiektów nawożonych obornikiem czy tylko nawozami mineralnymi.

Wsiewki roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami uprawiane w integrowanym systemie produkcji wytwarzają większą ilość biomasy i dostarczają więcej azotu biologicznego roślinie następczej niż uprawiane w ekologicznym systemie produkcji. Międzyplony wzbogacają glebę w substancję

organiczną, zapobiegają wymywaniu składników pokarmowych do głębszych warstw gleby i wód gruntowych. Gleba pokryta mulczem posiada większą retencję wodną, potencjał biologiczny oraz nie traci tyle składników pokarmowych co gleba zaorana. Należy podkreślić, że nawóz zielony poprawia cechy jakościowe rośliny następczej – ziemniaka w porównaniu do formy tradycyjnej. Nie bez znaczenia jest też aspekt ekonomiczny, na który składa się niski w porównaniu z obornikiem koszt stosowania nawozów zielonych, zwłaszcza w formie mulczu. Tak więc w rozwijającym się systemie integrowanej produkcji ziemniaka nawożenie biomasa wsiewek roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami, zarówno przyorany jesienią, jak i pozostawionymi do wiosny w formie mulczu, w pełni zastępuje obornik.

Konsumenci oczekują od producentów ziemniaka, zwłaszcza ekologicznego, wyższej wartości odżywczej. Wykazano wyższość systemu integrowanego nad ekologicznym. Przejawia się ona przede wszystkim większym plonem handlowym bulw ziemniaka, o korzystnym składzie chemicznym. A zatem w rozwijającym się systemie integrowanej produkcji ziemniaka nawożenie biomasa wsiewek roślin bobowatych i ich mieszanek z trawami zarówno przyorany jesienią, jak i pozostawionymi do wiosny w formie mulczu zasługuje na szczególną uwagę i wymaga rozpowszechnienia w szerokiej praktyce rolniczej. Również w ekologicznym systemie produkcji ziemniaka stosowanie nawozów zielonych z obornikiem przynosi wymierne korzyści.

Piśmiennictwo

Ahlden L., Trägårdh G. 1992. *A study of soluble proteins from four potato varieties used in the Swedish starch industry*. Food Chem., 44: 113-118.

Ahmed A.A., Zaki M.F., Shafeek M.R., Helmy Y.I., Abd El-Baky M.M.H. 2015. *Integrated use of farmyard manure and inorganic nitrogen fertilizer on growth, yield and quality of potato (Solanum tuberosum L.)*. Intern. Jour. Curr. Microb. App. Sci., 4(10): 325-349.

Andrzejewska J., Ignaczak S. 1996. *Wsiewki międzyplonowe seradeli w pszenżyto i żyto ozime uprawiane w monokulturze*. Cz. II. Warunki świetlne i termiczne w łanie zbóż. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, ser. Rol., 195(37): 21-30.

Arluskiene A., Maiksteniene S. 2008. *The effects of cover crops and straw on soil mineral nitrogen dynamics and losses from arableland*. Agron. Vest., 11: 195-201.

Bártová B. 2008. *Potatin, the Major Protein of Potato (Solanum tuberosum L.) Tubers and its Occurrence as genotype Effect: Processing Versus Table Potatoes*. Czech. Jour. Food Sci., 26: 352-355.

Bártová V., Diviš J., Barta J., Brabcová A., Švajnerová M. 2013. *Variation of nitrogenous components in potato (Solanum tuberosum L.) tubers produced under organic and conventional crop management*. Eur. Jour. Agron., 49: 20-31.

Batalin M. 1962. *Studia nad resztkami poźniwymi roślin uprawianych w łanie*. Roczn. Nauk Rol., ser. D, 98: 5-154.

Batalin M. 1977. *Nawozy zielone. Nawozy organiczne*. Praca zbiorowa pod red. K. Boratyńskiego. PWRiL, Warszawa.

Batalin M., Szałajda R., Urbanowski S. 1968. *Wartość zielonego nawozu z poplonowych wsiewek roślin motylkowatych*. Pam. Puł., 35: 37-51.

Boliłowa E., Dzieńka S. 1997. *Tendencje zmian w agrotechnice ziemniaka*. Mat. konf. nauk. nt. *Nawozy roślinne w integrowanym systemie produkcji rolniczej*. AR Kraków: 51-56.

Ceglarek F. 1982a. *Uprawa wsiewek międzyplonowych w zbożach. Cz. II. Wysokość plonu wsiewek w zależności od rośliny ochronnej*. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, 1: 89-100.

Ceglarek F. 1982b. *Uprawa wsiewek poplonowych w zbożach. Cz. III. Ocena resztek poźniwonych wsiewek poplonowych i ich wpływ na plon pszenicy jarej*. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, 1: 101-114.

Ceglarek F., Płaza A., Buraczyńska D., Jabłońska-Ceglarek R. 1998. *Alternatywne nawożenie organiczne ziemniaka jadalnego w makroregionie środkowowschodnim. Cz. I. Wartość nawozowa wsiewek poplonowych w zależności od ich sposobu użytkowania na tle obornika i nawożenia słomą*. Rocz. Nauk Rol., ser. A, 113(3-4): 173-188.

Cieślak E. 1992. *Czynniki kształtujące zawartość azotanów i azotynów w ziemniaku*. Post. Nauk Rol., 6: 67-71.

Cieślak E. 1995. *Zawartość związków azotowych w bulwach ziemniaka w aspekcie żywnościowym i toksykologicznym*. Zesz. Nauk. AR Kraków, 203: 5-45.

Daniłченко H., Trečiokaite-Jarine E. 2002. *Wpływ ekologicznego i zintegrowanego systemu produkcji ziemniaków na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych produktów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 489: 309-318.

Duer I. 1999. *Plon suchej masy kilku odmian koniczyny uprawianej w ekologicznym i integrowanym systemie produkcji oraz kumulacja azotu w glebie*. Zesz. Nauk. AR Kraków, 347: 69-77.

- Eppendorfer W.H., Eggum B.O. 1994. *Dietary fiber starch, amino acid and nutritive value of potatoes as affected by sulfur, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and water stress*. Acta Agric. Acand., 44: 1-11.
- Gleń K., Boligłowa E., Pisulewski P. 2002. *Wpływ różnego rodzaju nawożenia organicznego na jakość bulw ziemniaka*. Mat. konf. nauk. nt. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. Perspektywy ekologicznej produkcji ziemniaka w Polsce. AR Wrocław: 100-101.
- Głuska A. 2000. *Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu ziemniaka*. Biul. IHAR, 213: 173-178.
- Gromadziński A. 1980. *Wartość nawozowa przyoranych wsiewek poplonowych pod buraki cukrowe*. Nowe Rol., 4: 7-9.
- Gromadziński A., Sypniewski J. 1977. *Przydatność różnych roślin do uprawy jako wsiewka poplonowa w żyto na ziarno i po życie ozimym na zielonkę*. Pam. Puł., 68: 93-103.
- Gruczek T. 1994. *Gospodarka bezobornikowa na glebie lekkiej*. Frag. Agron., 2: 72-82.
- Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Picev V. 2005. *The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality*. Plant Soil Environ., 51: 397-402.
- Hauggard-Nielsen H., Mundus S., Jensen E.J. 2012. *Grass-clover undersowing affects nitrogen dynamics in a grain legume-cereal arable cropping system*. Field Crops Res., 136: 23-31.
- Haslová J., Schulzová V., Slanina P., Janně K., Hellenäs K.E., Anderson Ch. 2005. *Quality of organically and conventionally grown potatoes: For year study of micronutrient, metals, and metabolites, enzymic browning and organoleptic properties*. Food Addit. and Contam., 22(6): 514-534.
- Känkänen H., Eriksson Ch. 2007. *Effects of undersown crops on soil mineral N and grain field of spring barley*. Eurp. Jour. Agron., 27: 25-34.

Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. *Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia*. *Frag. Agron.*, 2(94): 142-150.

Kostuch R., Janowski B. 1999. *Ekologiczna rola roślin motylkowatych*. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 347(62): 203-212.

Kuś J., Stalenga J. 1998. *Plonowanie kilku odmian ziemniaka uprawianych w systemie integrowanym i ekologicznym*. *Rocz. AR Poznań, CCCVII*: 169-174.

Kramberger B., Gselman A., Kristl J., Lešnik M., Šuštar V., Muršec M., Podvršnik M. 2014. *Winter cover crop: the effects of grass-clover mixture proportion and biomass management on maize and the apparent residua N the soil*. *Europ. Jour. Agron.*, 55: 63-71.

Królikowska M.A. 2012. *Jakość bulw ziemniaka odmiany Zeus nawożonego wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji*. *Rozp. doktorska. UPH w Siedlcach*.

Lachman J., Hamouz K., Dvořák P., Orsák M. 2005. *The effect of selected factors on the content of protein and nitrates in potato tubers*. *Plant Soil Environ.*, 10: 431-438.

Leszczyński W. 1994. *Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość*. *Post. Nauk Rol.*, 1: 15-29.

Leszczyński W. 2000. *Kryteria oceny jakości ziemniaka konsumpcyjnego i skrobiowego*. *Mat. konf. nauk. nt. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*. *AR Wrocław*: 41-49.

Lewan E. 1994. *Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements*. *Plant and Soil*, 166: 137-152.

Lis B., Mazurczyk W., Trawczyński C., Wierzbicka A. 2002. *Czynniki ograniczające wykorzystanie azotu przez rośliny ziemniaka a zagrożenie środowiska*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489: 165-174.

Łeginow W. 1985. *Nowoczesne podstawy nawożenia organicznego*. *Post. Nauk Rol.*, 6: 25-37.

- Makaraviciute A. 2003. *Effect of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of different of potato varieties*. Agron. Res., 1(2): 197-209.
- Malicki L. 1969. *Nawożenie organiczne a intensyfikacja nawożenia mineralnego*. Post. Nauk Rol., 3/4: 3-9.
- Malicki L. 1997. *Znaczenie resztek pozbiorowych w płodozmianie*. Acta Acad. Agroc. Tech. Olst. Agric., 64: 57-66.
- Mazurczyk W., Lis B. 2000. *Zawartość azotanów i glikoalkaloidów w dojrzałych bulwach ziemniaka*. Rocz. PZH, 51: 37-41.
- Miczyński J., Siwicki S. 1960. *Międzyplony nawozowe w uprawie buraków cukrowych. Cz. II. Wsiewki międzyplonowe*. Rocz. Nauk Rol., 83-A-2: 311-346.
- Nemeikšiene D., Arlauskienė A., Šlepetienė A., Ceseviciene J., Maikštenienė S. 2010. *Mineral nitrogen content in the soil and winter wheat productivity as influenced by the pre-crop grass species and their management*. Žemdir. Agric., 97(4): 23-36.
- Nowak G. 1982. *Przemiany roślinnej materii organicznej znakowanej izotopem C_{14} w glebach intensywnie nawożonych*. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, ser. Rol., 35: 3-57.
- Pęksa A. 2003. *Białko ziemniaczane – charakterystyka właściwości*. Post. Nauk Rol., 5: 79-94.
- Philips G.O., Williams P.A. 2011. *Handbook of Food Protein*. Woodhead Preob., 12: 317-321, 327-328.
- Plaża A. 1996. *Wpływ wybranych form nawożenia organicznego i poziomów nawożenia mineralnego na wielkość i jakość plonu ziemniaka jadalnego uprawianego na glebie żytnej bardzo dobrej*. Rozp. doktorska. WSRP w Siedlcach.
- Plaża A., Ceglarek F. 2002. *Nawożenie wsiewkami międzyplonowymi ze słomą w proekologicznej uprawie ziemniaka. Cz. I. Plonowanie ziemniaka*. Zesz. Nauk. AP Siedlce, 62: 5-14.

Plaża A. 2003. *Wsiewki międzyplonowe substitutem obornika w uprawie ziemniaka*. Post. Nauk Rol., 1: 93-102.

Plaża A., Ceglarek F. 2003. *Badania nad uprawą wsiewek motylkowych z trawami w warunkach rolnictwa proekologicznego. Cz. II. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych wsiewek oraz ich działanie następne na plonowanie ziemniaka jadalnego*. Pam. Puł., 133: 167-175.

Plaża A. 2004. *Nawożenie ziemniaka jadalnego biomasą międzyplonów i słomą jęczmienia jarego oraz następne działanie na pszenżyto ozime*. Rozp. nauk., 78. AP w Siedlcach.

Plaża A., Ceglarek F. 2008. *Skład chemiczny bulw ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa spożywczego w zależności od nawożenia międzyplonami i słomą*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 530: 127-133.

Plaża A. 2011. *Soil mineral nitrogen content after undersown crops in autumn and spring in the conventional and organic farming system*. Fres. Envir. Bull., 20 (9a): 2446-2450.

Plaża A., Ceglarek F., Gąsiorowska B., Buraczyńska D., Królikowska M.A. 2012. *Effect of undersown catch crops cultivated in conventional and organic farming system on the mineral nitrogen content of soil determined in autumn and spring*. Fres. Envir. Bull., 21 (12b): 3966-3970.

Plaża A., Gąsiorowska B., Makarewicz A., Królikowska M.A. 2013. *Plonowanie ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji*. Biul. IHAR, 267: 71-78.

Plaża A., Makarewicz A., Gąsiorowska B. 2015. *Influence of undersown catch crops on mineral nitrogen content determined in the soil profile in autumn and spring in conventional and organic farming systems*. Fres. Envir. Bull., 24(10a): 3315-3319.

Plaża A., Makarewicz A., Cybulska A., Rzążewska E., Górski R. 2017. *Wpływ warunków pogodowych i wsiewek międzyplonowych na zawartość substancji szkodliwych w bulwach ziemniaka uprawianego*

w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. *Acta Agroph.*, 24(3): 497-507.

Panagiotis D. 2015. *Grain legume effects on soil nitrogen mineralization potential and wheat productivity in a Mediterranean environment*. *Arch. Agron and Soil Sci.*, 61(4): 461-473.

Probereżny J., Wszelaczyńska E., Wichrowska D., Jaskulski D. 2015. *Content of nitrates in potato tubers depending on the organic matter, soil fertilizer, cultivation simplifications applied and storage*. *Chl. Jour. Agric. Res.* 75(1): 42-49.

Rembiałkowska E. 2000. *Wpływ ekologicznej metody uprawy na zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach i wybranych warzywach*. *Rocz. AR Poznań*, 31(1): 429-433.

Rimowsky K. 1987. *Resztki poźniwne roślin uprawnych i ich wpływ na bilans masy organicznej w glebie*. *Acta Acad. Agric. Tech. Ols. Agric.*, 44: 163-170.

Rutkowska B. 2001. *Azotany i azotyny w ziemniakach z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych*. *Rocz. PZH*, 52(3): 231-236.

Sadowski W. 1992. *Porównanie efektywności obornika, słomy, nawozów zielonych i biohumusu w uprawie ziemniaka*. *Mat. konf. nauk. nt. Produkcyjne skutki zmniejszenia nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych*. ART Olsztyn: 216-222.

Sarunaite L., Kadziuline Z., Deveikyte I., Kadziulis L. 2013. *Effect of legume biological nitrogen on cereals grain yield and soil nitrogen budget in double-cropping system*. *Jour. Food Agric. & Envir.*, 11(1): 528-533.

Sawicka B. 2000. *Wpływ technologii produkcji na jakość bulw ziemniaka*. *Pam. Puł.*, 120: 391-401.

Sawicka B., Kuś J. 2000. *Plon i jakość ziemniaka w zależności od systemu produkcji*. *Pam. Puł.*, 120: 379-389.

- Sawicka B., Kuś J. 2002. *Zmienność składu chemicznego bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 489: 273-282.
- Sawicka B. 2003. *Quality of potato cultivated under the ecological and integrated production system*. Hort. Veg. Grow., 22(4): 10-20.
- Smith O. 2007. *Potato quality*. Am. Jour. Potato Res., 28(10): 732-737.
- Szałajda R., Nowak J. 1993. *Masa i skład chemiczny resztek poźniowych traw oraz ich działanie następce*. Zesz. Nauk. ART. Bydgoszcz, 183, ser. Rol., 34: 43-50.
- Szarek D., Przerodowska A. 2017. *Patetyna – białko ziemniaka o cennych właściwościach*. Ziemn. Pol., 1: 32-36.
- Wiater J. 2002. *Wpływ współdziałania niektórych odpadów z roślinami motylkowatymi na ilość i jakość białka ziemniaka*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 484: 743-752.
- Witkowicz R. 1998. *Porównanie plonowania oraz wartości przedplonowej wsiewek roślin motylkowatych i traw na glebie lekkiej*. Roczn. AR Poznań, CCCVII: 65-70.
- Zajac T. 1997. *Dobór roślin do uprawy na nawozy zielone wraz z produkcyjną weryfikacją*. Mat. konf. nauk. nt. Nawozy roślinne w integrowanym systemie produkcji rolniczej. AR Kraków: 5-12.
- Zajac T., Witkowicz R. 1996. *Skład chemiczny biomasy wsiewki koniczyzny czerwonej uprawianej na cele nawozowe*. Zesz. Nauk. AR Szczecin, ser. Rol., 172(62): 553-559.
- Zarzyńska K., Goliński W. 2006. *Uprawa ziemniaka w systemie ekologicznym i integrowanym a jakość plonu bulw*. Pam. Puł., 142: 617-626.
- Zimoch-Guzowska E., Flis B. 2006. *Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 511: 23-36.

Summary

THE COMPANION CROPS OF LEGUMINOUS AND THEIR MIXTURES WITH GRASS A SOURCE OF BIOLOGICAL NITROGEN FOR EDIBLE POTATO

The monograph presents the advantages of cultivating edible potato after companion crop of Fabaceae and their mixtures with grasses. They are a source of biological nitrogen for potatoes. In modernly developing integrated and ecological agriculture, these forms of fertilization are preferred in the cultivation of edible potatoes. The applied fertilization of potatoes with sown Fabaceae and their mixtures with grasses prevents leaching of mineral nitrogen deep into the soil profile in the autumn-winter-spring period, which is important in protecting the soil environment. The companion crop of catch crops in the form of mulch are particularly valuable here. The monograph presents the historical outline and significance of catch crops in modern plant production systems, selection of species for cultivation, amount of dry matter and nitrogen introduced into the soil with biomass of catch crops, mineral nitrogen content in soil determined in autumn and spring, potato tuber yield, specific protein content, nitrates (V) and nitrogen in potato tubers. It was a long-term study conducted in the Department of Detailed Plant Cultivation at the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities. The superiority of the integrated potato production system over organic has been demonstrated. The companion crop of Fabaceae and their mixtures fully replace manure in potato fertilization. In addition, they prevent the leaching of mineral nitrogen deep into the soil profile in the autumn-winter-spring period, which protects the

Summary

soil environment. Potato tubers after planting of Fabaceae and their mixtures with fertilizers are characterized by a higher content of specific protein and a lower concentration of harmful nitrates (V), which is very important from the point of view of the consumer. Also in the organic potato production system, the use of green manure with manure brings measurable benefits,

Keywords: *potato, companion crop of catch crop, biological nitrogen, mineral nitrogen, yield*