



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 106

Grażyna Harasimowicz-Hermann

WPŁYW MIKROELEMENTÓW
NA PLON ŁUBINU ŻÓŁTEGO I SERADELI,
WARTOŚĆ NASTĘPCZĄ STANOWISKA
DLA PSZENICY OZIMEJ
ORAZ WYBRANE ELEMENTY ŻYZNOŚCI GLEBY

.5/9

simowicz-Hermann, Gra
yw mikroelementów na p

BYDGOSZCZ – 2002

634.7.9



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 106

Grażyna Harasimowicz-Hermann

WPŁYW MIKROELEMENTÓW
NA PLON ŁUBINU ŻÓŁTEGO I SERADELI,
WARTOŚĆ NASTĘPCZĄ STANOWISKA
DLA PSZENICY OZIMEJ
ORAZ WYBRANE ELEMENTY ŻYZNOŚCI GLEBY

Biblioteka Główna ATR w Bydgoszczy



000000103436

BYDGOSZCZ – 2002

REDAKTOR NACZELNY
dr hab. inż. Janusz Prusiński, prof. nadzw. ATR

OPINIODAWCY
prof. dr hab. Czesława Jasiewicz
prof. dr hab. Andrzej Kotecki

REDAKTOR NAUKOWY
dr hab. inż. Janusz Prusiński, prof. nadzw. ATR

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Michał Górecki, Ewa Olawińska

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
Bydgoszcz 2002

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. (052) 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@atr.bydgoszcz.pl <http://www.atr.bydgoszcz.pl/~wyd>

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 8,95. Ark. druk. 8,50. Papier druk. kl. III.
Oddano do druku i druk ukończono w listopadzie 2002 r.
Zakład Małej Poligrafii ATR, ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz
Zamówienie nr 14/2002

2002 K 175/22

53

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL BADAŃ.....	5
2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ.....	10
2.1. Metodyka badań polowych.....	10
2.2. Metodyka badań laboratoryjnych	13
2.3. Warunki glebowe.....	15
2.4. Przebieg pogody	16
3. WYNIKI BADAŃ	19
3.1. Wpływ mikroelementów na plonowanie łubinu żółtego	19
3.1.1. Plon i jakość masy nadziemnej.....	19
3.1.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona	23
3.1.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach.....	25
3.1.4. Porównanie ilości i jakości biomasy oraz nagromadzenia składników przy różnych kierunkach użytkowania łubinu żółtego	29
3.2. Wpływ mikroelementów na plonowanie seradeli.....	35
3.2.1. Plon i jakość masy nadziemnej.....	35
3.2.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych seradeli użyt- kowanej na zielonkę i nasiona	38
3.2.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach.....	40
3.2.4. Porównanie ilości i jakości biomasy oraz nagromadzenia składników przy różnych kierunkach użytkowania seradeli	43
3.3. Ocena wartości stanowiska po łubinie żółtym dla pszenicy ozimej	49
3.3.1. Plon i jakość masy nadziemnej pszenicy.....	50
3.3.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych pszenicy.....	53
3.3.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach pszenicy	53
3.4. Ocena wartości stanowiska po seradeli dla pszenicy ozimej.....	58
3.4.1. Plon i jakość masy nadziemnej pszenicy.....	59
3.4.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych pszenicy.....	59
3.4.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach pszenicy.....	59
3.5. Porównanie ilości i jakości biomasy oraz nagromadzenia składni- ków przez pszenicę ozimą uprawianą na różnych stanowiskach.....	66

3.6. Wpływ przedplonów i mikroelementów na wartość stanowiska dla pszenicy ozimej	81
3.6.1. Zawartość azotu ogółem, azotu azotanowego i amonowego, przyswajalnych form makro- i mikroskładników. Odczyn gleby	81
3.6.2. Zawartość i jakość materii organicznej (Corg), skład frakcyjny próchnicy oraz zmiany struktury i właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych	88
4. DYSKUSJA	106
5. WNIOSKI	116
LITERATURA	118
STRESZCZENIA	131

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Łubin żółty (*Lupinus luteus* L.) i seradela (*Ornithopus sativus* Roth.) są jednorocznymi roślinami strączkowymi, niezbędnymi i zalecanymi do uprawy na glebach lekkich [6, 8, 9, 70, 119, 155, 166, 174, 181, 183, 185, 189, 191]. Gatunki te mają istotne znaczenie dla produkcji białka paszowego, poprawy struktury i żyzności gleby, szczególnie w Pasie Wielkich Dolin – na glebach lżejszych, w warunkach niedoborów opadów. Łubin żółty użytkuje się zarówno na zieloną masę, jak i nasiona, które pod względem zawartości białka przewyższają wszystkie uprawiane w Polsce rośliny. W uprawie seradeli pozyskuje się wysokiej jakości zielonkę albo nasiona i wartościową słomę. Jej wszechstronność polega na tym, że doskonale nadaje się do siewu w różnych terminach sezonu wegetacyjnego i różnych stanowiskach [4, 5, 166, 171, 175-178, 188, 195].

Warunkiem uzyskania stabilnych i pełnowartościowych plonów łubinu żółtego i seradeli – podobnie jak i innych gatunków – jest zrównoważone zaopatrzenie w składniki pokarmowe [15]. Skład chemiczny części zielnych roślin, ich nasion czy słomy, może stanowić informację o zaopatrzeniu stanowiska i roślin w składniki pokarmowe. Gorlach [50], Gorlach i Gambuś [51] wskazują, że ilość mikroelementów zawarta w roślinie informuje o zapasie ich form przyswajalnych w glebie. Znajomość składu mineralnego roślin pozwala określić również przydatność żywieniową paszy wytworzonej z ich udziałem [118].

Zalecenia dotyczące nawożenia łubinu żółtego i seradeli związkami azotu pozostają rozbieżne [2, 3, 10, 64, 83, 130, 131, 150, 155, 167, 177, 178, 192]. Rośliny te żyją w symbiozie z bakteriami *Bradyrhizobium lupini* i są zdolne do wykorzystywania azotu z atmosfery [84]. Wilczek [191] wyraża opinię, że występowanie niekorzystnych dla procesu symbiozy warunków środowiskowych lub założenie wyższego plonowania łubinu żółtego wymaga uzupełnienia nawożenia azotem mineralnym. Fosfor i potas decydują nie tylko o ogólnym rozwoju roślin motylkowatych [84, 191], ale również wpływają na wiązanie wolnego azotu w brodawkach, spełniając bardzo ważną rolę w szeregu procesach życiowych, w tym w przemianie materii i energii. Fosfor wchodzi także w skład niektórych białek oraz błon cytoplazmatycznych. Zachowanie właściwego stosunku N:P w żywieniu roślin decyduje o prawidłowym przebiegu procesów metabolicznych i wielkości plonu. Dobre zaopatrzenie w potas sprzyja gromadzeniu wolnych aminokwasów przez rośliny motylkowate, dodatnio działa na nodulację, wpływa na powstawanie i przemieszczanie się węglowodanów z organów asymilujących do korzeni roślin.

Dobór dawek w nawożeniu fosforem i potasem, a także mikroelementami dla łubinu i seradeli wynika z ogólnie przyjętych zasad nawożenia, czyli zasobności gleby i przewidywanych plonów [13, 75, 81, 83, 85, 86, 124, 128, 138, 152-154, 173, 192, 194, 196]. W celu zwiększenia plonu, złagodzenia niedoborów składników w glebie, ograniczenia niekorzystnego dla roślin wpływu okresowych niedoborów opadów, a także poprawy konsumpcyjnych, paszowych i technologicznych cech jakościowych plonu, stosuje się obecnie coraz częściej dokarmianie dolistne [22]. Wprawdzie nie zastępuje ono nawożenia podstawowego, jednak jest bardzo efektywne [21, 27].

Wielokrotnie wskazywano w badaniach na niezbędność boru w procesie symbiozy, transporcie i przemianach węglowodanów, a także w metabolizmie kwasów nukleinowych, procesach wzrostu komórek (jego niedobór może prowadzić do zamierania merystemów wierzchołkowych i narządów generatywnych). Wpływ boru na metabolizm rośliny jest wszechstronny, choć nie do końca poznany [57, 146-148, 194]. Rola molibdenu w procesie wiązania wolnego azotu została stosunkowo dobrze określona dzięki zidentyfikowaniu enzymów i koenzymów, w skład których wchodzi wspomniany składnik [19, 41, 159, 172]. W uprawie roślin motylkowatych wskazuje się szczególnie na funkcje manganu w aktywowaniu przez ten pierwiastek szeregu reakcji enzymatycznych związanych z metabolizmem azotowym. Miedź bierze udział i jest aktywatorem szeregu reakcji enzymatycznych, ponadto ma znaczenie w powstawaniu chlorofilu i jego stabilizacji, w przemianach związków azotowych, w tym w syntezie białka, działa korzystnie na rozwój brodawek korzeniowych, tkanki wzmacniającej i uodparnia rośliny na choroby [148, 152-154, 195].

Ocena reakcji roślin motylkowatych na nawożenie mikroelementami zmierza do rozpoznania biologicznych barier ich produktywności oraz określenia, które z nich warunkują otrzymanie oczekiwanych plonów o dobrych cechach jakościowych. Jak wynika z przeglądu badań nad nawożeniem mikroelementami nowszych odmian roślin motylkowatych [6, 19, 28, 33, 79, 80, 81, 83, 95, 96, 146, 159, 170, 180], ich reakcja zależała od gatunku rośliny, rodzaju i dawki nawozu, terminu stosowania oraz zasobności gleby w dany składnik. Nawożenie mikroelementami roślin motylkowatych żyjących w symbiozie z *Rhizobium* należy uznać za ważny element agrotechniki, kształtujący także środowisko tych roślin [128, 146, 147, 194, 205]. Bezpośredni efekt działania mikroelementów na rośliny strączkowe stwierdza się przede wszystkim w poprawie biologicznej wartości plonu, co ma szczególne znaczenie w żywieniu zwierząt [44, 67, 145, 202] i wpływa na wartość siewną nasion. Uwzględniając potrzeby pokarmowe zwierząt, wartość paszową zielonki, nasion czy słomy ocenia się na podstawie zawartości składników pokarmowych i wzajemnych relacji pomiędzy poszczególnymi składnikami [32]. Relacje te są coraz częściej wyrażane w jednostkach opartych na podstawach molekularnych – w postaci równowaznika chemicznego. Pojęcie równowaznika stosuje się zarówno do pierwiastków, jak i związków. Równowaznik odzwierciedla równoważne relacje pomiędzy poszczególnymi pierwiastkami zachodzące w reakcjach chemicznych, biochemicznych i procesach fizjologicznych.

Wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju rolnictwa i ochrony środowiska sprawia, że obok oceny bezpośrednich efektów działań agrotechnicznych w większym stopniu monitoruje się ich wpływ następczy [7, 31, 39, 41, 52, 58, 75, 91, 111, 126, 135, 186, 203, 204, 205]. Dobór gatunków w zmianowaniu i zbilansowane nawożenie roślin są czynnikami decydującymi o plonie i jego jakości, a także o żyzności gleb i ochronie środowiska, zwłaszcza wód gruntowych i powierzchniowych przed zanieczyszczeniami eutroficznymi.

Wykorzystanie postępu naukowego, biologicznego i agrotechnicznego należy do głównych czynników decydujących o wysokim plonowaniu roślin motylkowatych [140, 182, 184]. Jednak względy ekonomiczne i rynkowe warunkują uprawę wysokotowarowych gatunków po sobie lub w mniej korzystnych stanowiskach. Takie postępowanie sprzyja jednostronnemu wyczerpywaniu gleby ze składników pokarmowych, w tym również mikroelementów, których naturalne zasoby w glebach nie są duże [23, 45, 56]. Motylkowate uznawane były zawsze za dobry przedplon dla zbóż [70, 149]. Jakkolwiek wiedza na temat przedplonowego działania lubinu żółtego [16, 18, 31, 40, 64, 94, 136]

i seradeli [8, 9, 119, 155, 179] na jakość gleby jest systematycznie poszerzana, to jednak w dalszym ciągu pozostaje niepełna. Na wysoką rolniczą ocenę uprawy łubinu i seradeli wpływa fakt, że rośliny te są bogatym źródłem materii organicznej. Wprowadzają, z resztkami pozbiorowymi, do wtórnego obiegu dużą ilość węgla, azotu, potasu i innych składników [8, 49, 60-62, 69, 113, 114, 119, 120, 151]. W efekcie uprawy tych roślin bilans próchnicy jest dodatni, co decyduje o stopniu żyzności gleby [121, 123]. Korzenie i ścierni roślin strączkowych pozostawiają od kilku do kilkunastu ton suchej masy resztek pozbiorowych w warstwie ornej gleby. W masie resztek nagromadzone zostaje po kilka kg fosforu, magnezu i wapnia oraz kilkanaście kg potasu i do kilkudziesięciu kg azotu. Składniki te w procesie mineralizacji materii organicznej, stopniowo zostają uruchomiane i stają się przyswajalne dla roślin [8, 64, 69, 143, 150]. O ilości składników pokarmowych, które pozostają w resztkach decyduje przede wszystkim gatunek rośliny i stan jej odżywienia. Grzebisz [55] uważa, że większy plon roślin wytworzony w następstwie prawidłowej agrotechniki i komplementarnego zaspokojenia potrzeb pokarmowych, to także bardziej obfita masa resztek pozbiorowych, gdyż organy nadziemne i podziemne rozwijają się współzależnie.

Pszenica ozima spośród roślin zbożowych ma największe wymagania przedplonowe i silnie reaguje na nawożenie azotem [1, 2, 21, 149, 200]. Z kolei rośliny motylkowate pozostawiają stanowisko korzystnie kształtujące wysokość plonu i wartość technologiczną ziarna pszenicy oraz innych zbóż [18, 31, 74, 76, 87, 92, 93, 100, 162, 204, 205]. Powierzchnia uprawy pszenicy ozimej w Polsce systematycznie rośnie i wynosi obecnie 1.9 mln ha, co stanowi średnio 22% areалу zajętego przez wszystkie zboża. Występuje jednak duże zróżnicowanie przestrzenne udziału pszenicy w strukturze zasiewów, która coraz częściej uprawiana jest w płodozmianie zbożowym na glebach lekkich, po słabych przedplonach.

Wzrost udziału zbóż w strukturze zasiewów do 70%, a w niektórych rejonach lub gospodarstwach do 80, a nawet 100% gruntów ornych [144], dokonywany jest kosztem roślin pastewnych. W takich warunkach coraz trudniejsze staje się zapewnienie pszenicy dobrych przedplonów [162]. Jednocześnie coraz częściej obserwuje się ujemny bilans materii organicznej, pogłębiany przez spadek produkcji obornika i ograniczenie uprawy międzyplonów na zielony nawóz. Zjawiska te powodują stopniowe wyczerpywanie gleby ze składników pokarmowych i obniżenie jej produktywności [122].

Nawożenie mineralne i organiczne są ważnymi czynnikami, za pomocą których można wpływać na ilość i jakość plonu roślin oraz kumulację i rozkład materii organicznej w glebie, a więc na jej żyzność i równowagę ekologiczną agrosystemu. Wobec tego niezbędna jest systematyczna ocena zmian zachodzących w roślinie pod wpływem czynników zewnętrznych i zmian w środowisku w następstwie uprawy współczesnych odmian roślin motylkowatych przy różnych formach i poziomach nawożenia. Pozostawiane corocznie resztki pozbiorowe roślin stanowią 50-60% zaopatrzenia gleby w materię organiczną. Przy ograniczonej ilości i częstotliwości stosowania nawozów organicznych, nabierają one dużego znaczenia w bilansie materii organicznej [123].

Łubin żółty i seradela należą do roślin wzbogacających glebę w materię organiczną o wysokiej zawartości azotu i dużej jej podatności na humifikację [8, 54, 64, 69, 88, 89, 112-114, 116, 119, 120, 132, 139, 143]. Wprowadzanie tych roślin do zmianowania poprawia wartość stanowiska dla roślin następczych. Kusińska [97, 98], Gonet [47] i inni [42, 43, 46, 105, 201] wskazują na ważną rolę czynników agrotechnicznych, które wpływają na skład frakcyjny i właściwości fizykochemiczne próchnicy glebowej. Zastosowanie różnych metod ekstrakcji i frakcjonowania pozwala na ilościowe oznaczenie

składu grupowego kwasów huminowych, kwasów fulwowych i humin. Stosując ekstrakcję wodą lub roztworem soli o odczynie obojętnym można wydzielić z gleby frakcję próchnicy rozpuszczalną w wodzie (najbardziej mobilną) o szerokim oddziaływaniu ekologicznym [48, 66]. Działalność rolnicza, w tym dobór gatunków roślin, zabiegi agrotechniczne, stan fizyczny i chemiczny gleby, natężenie procesów mineralizacji materii organicznej, a także inne czynniki wpływają na zróżnicowanie poziomu rozpuszczalnego węgla organicznego. Obszerne badania metodyczne nad jego zawartością w glebach i nawozach organicznych przeprowadzili Dębska i Gonet [30] oraz Gonet i in. [48], którzy stwierdzili m.in., iż zawartość ekstrahowalnego węgla organicznego zależy przede wszystkim od zawartości węgla organicznego w glebie.

Trudności w śledzeniu naturalnych procesów utleniania glebowej materii organicznej skłoniły do poszukiwania metod rozkładu, które byłyby odzwierciedleniem naturalnego procesu. Blair i in. [11], Łoginow [107], Łoginow i in. [108-110] wykazali przydatność metody rozkładu glebowej materii organicznej, poprzez utlenianie chemiczne z zastosowaniem nadmanganianu potasowego o różnym stężeniu. W próchnicy wyróżniono tą metodą frakcję węgla organicznego najbardziej podatną na utlenianie, frakcję o niższej podatności oraz nie podlegającą utlenieniu w warunkach metody. Istnieje powiązanie między utlenianiem niektórych związków organicznych a uwalnianiem z nich azotu. Stąd ocena podatności materii organicznej na utlenianie pozwala wnioskować również o przemianach azotu w glebie, a w ślad za tym o możliwości żywienia azotowego roślin.

Przemiany ilościowe próchnicy zachodzące w różnych typach gleb w warunkach zmianowania i monokultury, nawożenia mineralnego i organicznego, pod wpływem pielęgnacji i ochrony roślin poznano lepiej niż wpływ tych czynników na jej strukturę i właściwości fizykochemiczne [38, 42, 43, 46, 68, 101, 105, 187, 201]. W przeprowadzonych w tym zakresie badaniach udowodniono, że czynniki siedliskowe i działalność rolnicza, w tym zabiegi agrotechniczne i agrochemiczne są źródłem zmian jakościowych próchnicy. Kusińska [97] podaje m.in., że ilość węgla z dekalcytacji malała z postępującą monokulturą kukurydzy, jednak nie podlegała zmianom wskutek ochrony chemicznej czy systemu uprawy. Nawożenie obornikiem zwiększało udział frakcji kwasów huminowych [47], tak jak wapnowanie i wysokie nawożenie azotowe, a uprawa kukurydzy w monokulturze obniżała ich udział w stosunku do zmianowania. W uprawie żyta sytuacja była odwrotna [97]. Nawożenie mineralne gleby wysokimi dawkami NPK zwiększało zawartość kwasów fulwowych [47]. Wyższa ich zawartość pokrywała się z niskim odczynem gleby [99], a ich ilość malała w kolejnych latach monokultury [97]. Wskazana cecha wykazała dużą zmienność sezonową [97, 98]. Huminy należą do dość trwałych frakcji próchnicy glebowej, jednak ich ilość także podlega zmianom wskutek działalności rolniczej [97, 99].

Próchnica jest źródłem energii dla szeregu procesów zachodzących w glebach; zasoby energetyczne oraz ich charakterystyka oceniane są najczęściej derywograficznie. Badania Dziadowiec [35] i Kusińskiej [97] wykazały, że kwasy fulwowe posiadają niższe wartości ciepła spalania niż kwasy huminowe. Na tej podstawie wyjaśniono, że mineralizacja materii organicznej przebiega selektywnie, co oznacza, że w pierwszej kolejności następuje rozkład frakcji o niskiej kaloryczności. Na podstawie analizy termicznej stwierdzono, że na zasoby oraz stan energetyczny kwasów huminowych mają wpływ zarówno gatunki roślin, jak i rodzaj nawożenia [47, 97, 162]. W analizie tej mierzone własności fizyczne kwasów huminowych w zależności od temperatury i według kontrolowanego programu. W pewnym stopniu jest ona odzwierciedleniem procesów

oksydacyjnych przebiegających w glebowej materii organicznej. Niektóre elementy tej analizy można wykorzystać do prognozowania przebiegu i natężenia humifikacji. W zależności od warunków klimatycznych, biologicznych, a także składu jakościowego i ilościowego, substancja organiczna może ulegać całkowitemu rozkładowi lub też przekształceniu w procesach polimeryzacji i kondensacji w koloidalną próchnicę. Tworzą ją zatem związki polimeryczne, zbudowane z monomerów składających się z mikro-strukturalnych jednostek podstawowych, takich jak np.: mostki strukturalne, czy grupy funkcyjne. Analiza strukturalna kwasów huminowych oparta na badaniu widm w podczerwieni (IR) pozwala zarejestrować i zidentyfikować obraz widm uwarunkowanych obecnością różnych jednostek strukturalnych w cząsteczkach kwasów huminowych. Czynniki zewnętrzne, w tym agrotechnika, a zwłaszcza nawożenie i zmianowanie, wpływają na istotne zróżnicowanie tych jednostek.

Hipoteza badań własnych zakładała, że dolistne dokarmianie mikroelementami łubinu żółtego i seradeli – gatunków roślin strączkowych zróżnicowanych pod względem budowy morfologicznej części nadziemnych i podziemnych, a także tempa wzrostu i rozwoju roślin – wpłynie istotnie na ich plonowanie (plon nasion i zielonki oraz masy resztek pozbiorowych). Tym samym gatunki te i mikroelementy będą kształtować warunki dla wzbogacania gleby w materię organiczną, zwiększać jej żyzność i wartość przedplonową dla pszenicy ozimej oraz różnicować procesy związane z przemianami próchnicy.

Celem pracy było określenie wpływu dolistnego dokarmiania mikroelementami łubinu żółtego i seradeli na ich wzrost i plonowanie, a także na wartość następczą dla pszenicy ozimej. Dla określenia wpływu bezpośredniego oznaczono plon i skład chemiczny biomasy roślin, nagromadzenie składników pokarmowych zarówno w plonie, jak i resztkach pozbiorowych. Wpływ następczy oceniano z wykorzystaniem testu roślinnego pszenicą ozimą i analizy gleby. Zbadano plon ziarna, słomy i resztek pozbiorowych pszenicy oraz ich skład chemiczny. Dla określenia zmian zasobności w glebie oznaczono zawartość azotu ogółem, azotu azotanowego i amonowego, przyswajalne formy makro- i mikrośladników oraz odczyn. Z uwagi na fakt, iż materia organiczna jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o żyzności gleby, dla pełnej jej charakterystyki przeprowadzono dodatkowe badania. Obejmowały one określenie wpływu uprawy i dokarmiania łubinu żółtego i seradeli na zawartość i jakość materii organicznej, skład frakcyjny próchnicy oraz zmiany struktury i właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych. Uzyskane wyniki posłużą do określenia i charakterystyki stanowiska w aspekcie optymalizacji zmianowania.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

2.1. Metodyka badań polowych

W latach 1985-1990 w Stacji Badawczej Akademii Techniczno-Rolniczej w Mochleku przeprowadzono ścisłe doświadczenia polowe opierając się na członach zmianowań „lubin żółty – pszenica”, „seradela – pszenica”, „pszenica – pszenica”. Zmianowanie rozpoczynały buraki cukrowe na oborniku (w dawce $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), po nich uprawiano pszenicę ozimą, która była przedplonem dla roślin w prowadzonych eksperymentach.

Doświadczenie I. Wpływ mikroelementów na plonowanie łubinu żółtego i jego wartość przedplonową dla pszenicy ozimej

W doświadczeniu określono wpływ dokarmiania mikroelementami na plon i skład chemiczny łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę (Ia) i nasiona (Ib). Dokonano również oceny wartości przedplonowej stanowiska po łubinie żółtym dla pszenicy ozimej. W latach 1985, 1987 i 1988 na stanowisku po pszenicy ozimej wysiano łubin żółty odmiany Topaz. Założono dwa odrębne doświadczenia jednoczynnikowe metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. W następnym roku stanowisko po obu doświadczeniach z łubinem żółtym obsiano pszenicą ozimą odmiany Liwilla. Badania wpływu następczego wykonano opierając się na doświadczeniach założonych metodą podbloków, dwuczynnikowych z obiektem kontrolnym w czterech powtórzeniach. Obiektem kontrolnym była pszenica uprawiana równolegle w polu eksperymentu. Zmianowanie, w którym uprawiano pszenicę rozpoczynały również buraki na oborniku, po nich wysiano pszenicę, która następowała po sobie na tym stanowisku w kolejnych dwóch latach. W ten sposób porównywano wartość przedplonową stanowiska po łubinie żółtym uprawianym na zielonkę i nasiona ze stanowiskiem po dwuletniej monokulturze pszenicy. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 10 m^2 .

Następstwo roślin w doświadczeniu I

	Zmianowanie z udziałem roślin motylkowatych	Zmianowanie obektu kontrolnego
Przedprzedplon	buraki cukrowe	buraki cukrowe
Przedplon	pszenica ozima	pszenica ozima
Doświadczenie	lubin żółty na zielonkę (Ia) lubin żółty na nasiona (Ib)	pszenica ozima
Doświadczenie	pszenica ozima	pszenica ozima

Badania wykonano w trzech cyklach zakończonych w 1989 roku. Czynnikiem w doświadczeniach z łubinem żółtym było nawożenie mikroelementami.

Nawożenie łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona

Warianty nawożenia – objekty

1. PK – nawożenie fosforem i potasem pod orkę zimową – obiekt kontrolny,
2. PK + B – nawożenie fosforem i potasem pod orkę zimową + dolistne dokarmianie borem,
3. PK + Cu – nawożenie fosforem i potasem pod orkę zimową + dolistne dokarmianie miedzią,
4. PK + Mn – nawożenie fosforem i potasem pod orkę zimową + dolistne dokarmianie manganem,
5. PK + Mo – nawożenie fosforem i potasem pod orkę zimową + dolistne dokarmianie molibdenem.

Łubin żółty wysiewano w I i II dekadzie kwietnia w ilości $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na nasiona i $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na zielonkę w rozstawie 20 cm. na głębokość 3 cm. Nawozy – fosforowy (superfosfat potrójny) P – $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i potasowy (sól potasowa) K – $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowano przedsięwzięcie. Mikroskładniki wnoszone w fazie rozety liściowej łubinu w formie dokarmiania dolistnego.

Zastosowano wodne roztwory soli:

- bor – w postaci 10 · hydrat tetraboran sodu ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) – $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, stężenie roztworu 0,3%,
- miedź – w postaci 5 · hydrat miedzi(II) siarczan(VI) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) – $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, stężenie roztworu 1%,
- mangan – w postaci 5 · hydrat manganu(II) siarczan(VI) ($\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) – $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, stężenie roztworu 2%,
- molibden – w postaci 4 · hydrat molibdenianu(VI) amonu ($(\text{NH}_4)_6 \cdot \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) – $0.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, stężenie roztworu 0.05%.

Zbiór na zielonkę dokonano w fazie od pełni kwitnienia do formowania płaskich strąków, co następowało w I lub II dekadzie lipca. Łubin na nasiona zbierano w I lub II dekadzie września. Plon zielonki stanowiły części nadziemne rośliny bez dolnej 7 cm części łodygi (ścierni). W uprawie na nasiona określono oddzielnie plon nasion i słomy, w skład której zaliczono również strąkowiny. Bezpośrednio po zbiorze na zielonkę i nasiona pobierano resztki pozbiorowe metodą „dołków” [8] z monolitu glebowego o średnicy 25 cm i głębokości 25 cm i określono plon ich suchej masy. Resztki pozbiorowe stanowiły korzenie z warstwy ornej i ściern – dolna część łodygi o długości 7 cm oraz ściółka (opadłe liście i ewentualnie inne części roślin). W materiale roślinnym określono zawartość suchej masy, obliczono plon suchej masy, plon białka oraz oznaczono zawartość makro- i mikroskładników, a także obliczono ich pobranie.

Podstawowe zabiegi przygotowania gleby do siewu pszenicy ozimej i ochronę roślin wykonano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi [198].

Schemat doświadczenia następczego

Czynnikiem doświadczenia były:

1. Przedplon:
 - pszenica ozima – obiekt kontrolny,

- łubin żółty użytkowany na zielonkę.
- łubin żółty użytkowany na nasiona.

2. Dokarmianie łubinu żółtego mikroelementami wg schematu zawartego w opisie doświadczenia przedplonowego.

W pierwszym i drugim roku uprawy pod pszenicę (obiekt kontrolny) stosowano: superfosfat potrójny – (P) $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, sól potasową – (K) $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i saletrę amonową (N) $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W trzecim roku monokultury pod pszenicę nie stosowano nawozów mineralnych. Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę i nasiona była uprawiana bez nawożenia mineralnego.

Pszenicę ozimą wysiewano w ostatniej dekadzie września, w ilości $200\text{-}220 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na głębokość 2,5 cm. przy rozstawie rzędów 15 cm. Rośliny wchodziły w okres zimowy przeciętnie w fazie 4-5 liści. Zbiór pszenicy przeprowadzono metodą dwufazową, w dojrzałości mleczno-woskowej, w II lub III dekadzie lipca bądź w I dekadzie sierpnia. Określono plon ziarna, słomy i resztek pozbiorowych oraz zawartość i nagromadzenie w nich makro- i mikrośladników.

Doświadczenie II. Wpływ mikroelementów na plonowanie seradeli i jej wartość przedplonową dla pszenicy ozimej

W doświadczeniu oceniano wpływ dokarmiania mikroelementami na plon i skład chemiczny seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona. Zbadano wartość przedplonową stanowiska po seradeli dla pszenicy ozimej. W trzyletnim okresie 1987-1989 w Stacji Badawczej Mochełek przeprowadzono jednoczynnikowe doświadczenia (II) z seradela odmiany Mazurska Biała, uprawianą na zielonkę (IIa) i nasiona (IIb) o identycznym układzie czynników jak w doświadczeniu I. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. W drugim roku stanowisko po obu doświadczeniach z seradela obsiano pszenicą ozimą odmiany Liwilla i w tok analizy włączono także obiekt kontrolny.

Następstwo roślin w doświadczeniu II

	Zmianowanie z udziałem roślin motylkowatych	Zmianowanie obiektu kontrolnego
Przedprzedplon	buraki cukrowe	buraki cukrowe
Przedplon	pszenica ozima	pszenica ozima
Doświadczenie	seradela na zielonkę (IIa) seradela na nasiona (IIb)	pszenica ozima
Doświadczenie	pszenica ozima	pszenica ozima

Badania wykonano w trzech cyklach zakończonych w 1990 roku. Czynnikiem w doświadczeniu z seradela było dokarmianie mikroelementami, przeprowadzone według tego samego schematu, jak w doświadczeniu I.

Seradela wysiewano bez rośliny ochronnej od końca I do końca II dekady kwietnia w ilości $38\text{-}40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w rozstawie rzędów 15 cm, na głębokość 1-2 cm. Nawożenie

fosforem i potasem zastosowano pod orkę przedzimową w dawce jednolitej na wszystkich obiektach doświadczenia. Seradelę w fazie rozety liściowej (ostatnia pentada maja) dokarmiano dolistnie wodnymi roztworami soli zawierającymi mikroskładniki zgodnie z dawkami podanymi w doświadczeniu I. Przed siewem umieszczono w łanie i całkowicie zagłębiono w ziemi wazono o średnicy 25 cm i głębokości 25 cm, z perforowanym dnem. Z tych wazonów pobierano po zbiorze seradeli resztki pozbiorowe.

Zbiór zielonej masy przeprowadzono w momencie, gdy seradela była w fazie zawiązywania strąków na 2-3 piętrze (II i III dekada lipca). Seradelę na nasiona zbierano w latach suchych w I dekadzie sierpnia, a w lata wilgotne w I dekadzie września. Plon zielonki stanowiły części nadziemne rośliny bez dolnej 4 cm części łodygi (ścierni). W uprawie na nasiona określono oddzielnie plon nasion i słomy. Bezpośrednio po zbiorach, z wazonów pobierano resztki pozbiorowe i określono plon suchej masy. Resztki pozbiorowe stanowiły korzenie roślin wypreparowane z monolitów glebowych pobranych z wazonów, a także ścierni i ściółka. W materiale roślinnym określono zawartość suchej masy i obliczono jej plon oraz oznaczono zawartość i pobranie z plonem składników pokarmowych – podobnie jak w doświadczeniu I.

W doświadczeniu I i II zbadano również wpływ dwóch czynników zmianowania – motylkowatych i pszenicy na zmiany żyzności gleby. W tym celu bezpośrednio po zbiorze roślin pobrano próbki gleby z warstwy 0-25 cm, oznaczono zawartość azotu ogółem, azotu azotanowego i amonowego, przyswajalne formy makro- i mikroskładników oraz odczyn, a także wpływ uprawy i nawożenia łubinu żółtego i seradeli na zawartość i jakość materii organicznej, skład frakcyjny próchnicy oraz zmiany struktury i właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych.

W doświadczeniu I prowadzona ocena wpływu dokarmiania mikroelementami na plon i skład chemiczny łubinu żółtego stanowiła część eksperymentu realizowanego w ramach projektu badawczego CPBR 10.17/1 [163]. W doświadczeniu II temat dotyczący reakcji seradeli na nawożenie mikroelementami realizowano w ramach projektu badawczego CPBR 10.2/2 [164].

W poszczególnych latach badań rozkład zmienności wysokości i jakości plonu łubinu żółtego i seradeli wynikających z dokarmiania mikroelementami był systematyczny, dlatego też w pracy zaprezentowano średnie wyniki dla okresu badawczego.

2.2. Metodyka badań laboratoryjnych

Analizy chemiczne materiału roślinnego i gleby wykonano metodami powszechnie przyjętymi w badaniach chemiczno-rolniczych, stosując się do metodyk określonych przez Nowosielskiego [127], Lityńskiego i in. [103] oraz metod referencyjnych, obowiązujących w masowych badaniach wykonywanych w okręgowych stacjach chemiczno-rolniczych [125]. W materiale roślinnym zawartość suchej masy oznaczono metodą suszarkowo-wagową. Azot ogółem (N) oznaczono metodą Kjeldahla, fosfor (P) i magnez (Mg) metodą kolorymetryczną, potas (K) i wapń (Ca) za pomocą fotometru płomieniowego. Zawartość mikroskładników oznaczono kolorymetrycznie określając – bor (B) metodą spektrometryczną z zastosowaniem 1,1' Diantrymidu (1,1 bis antrachinonyloaminy), pomiary przeprowadzono w temperaturze 293 K przy długości fali 620 nm. Miedź (Cu) oznaczono przy użyciu dwuetylodwutiokarbaminianu sodu, mangan (Mn) – stosując nadsiarczan amonu, a molibden (Mo) – metodą rodankową.

Stosunki równoważnikowe makro- i mikroelementów w biomasie roślin wyliczono określając masę równoważnikową w g na mol. Dla używanych w badaniach pierwiastków stosowano tzw. wartościowość formalną, określoną liczbą atomów wodoru reagujących z jednym atomem pierwiastka. Jeżeli pierwiastek nie reaguje z wodorem, to jego wartościowość porównywano z innym pierwiastkiem o znanej wartościowości.

W celu określenia zmian zasobności gleb analizowano ich skład przed założeniem doświadczeń i w zmianowaniu, czyli po zbiorze łubinu żółtego, seradeli i pszenicy ozimej.

W próbach zbiorczych gleby (tworzonych z czterech powtórzeń) pobieranych na obiektach z łubinem żółtym i seradela oznaczono zawartości: węgla organicznego (Corg) analizatorem TOC „Primacs” firmy Skalar (Breda, Holandia), azotu ogółem (N-og.) metodą Kjeldahla, formy azotu metodą kolorymetryczną wg Jacksona: azot azotanowy ($N - NO_3^-$) z wykorzystaniem kwasu fenylo-disulfonowego i azot amonowy ($N - NH_4^+$) z odczynnikami Nesslera. Przyswajalne związki fosforu i potasu określono metodą Egnera-Riehma, magnezu (Mg) metodą Schachtschabela. Przyswajalne formy mikroskładników oznaczono wg zaleceń IUNG [125] w 1 molowym roztworze HCl; kolorymetrycznie określono – bor (B) metodą Bergera-Truoga z zastosowaniem 1.1' Diantrymidu, miedź (Cu) – przy użyciu dwuetylodwutiokarbaminianu sodu, mangan (Mn) – metodą Schachtschabela i molibden (Mo) – metodą Grigga. Odczyn gleby określono potencjometrycznie w roztworze KCl 1 mol · dm⁻³.

Zawartości Corg oznaczone za pomocą TOC są 1,3-krotnie wyższe od otrzymywanych standardową metodą Tiurina [30]. Zawartość Corg w próbce obliczono z różnicy między zawartością węgla całkowitego (TC) oraz węgla nieorganicznego (IC) [48]. Rozpuszczalny węgiel organiczny (RWO) oznaczono w próbkach powietrznie suchych, stosując ekstrahent 0,004 M CaCl₂. Oznaczenie RWO wykonano analizatorem TOCN „Primacs” firmy Skalar (Breda, Holandia), zgodnie z procedurą opisaną przez Goneta i in. [48]. Ekstrakcję z gleby i oczyszczanie kwasów huminowych przeprowadzono metodą Schnitzera [36]. Oczyszczenie kwasów dokonano w celu uzyskania preparatów zawierających małe ilości popiołu. Niska popielność była warunkiem koniecznym dla otrzymania nadających się do interpretacji wyników analiz fizykochemicznych, np. widm w podczerwieni i analizy termicznej. W czasie ekstrakcji oznaczono zawartość węgla organicznego w poszczególnych frakcjach: w I frakcji – C – z dekalcytacji, w II określanej jako suma frakcji węgla kwasów huminowych i węgla kwasów fulwowych (C_{kh}+C_{kf}), oraz w III, zawierającej frakcje węgla kwasów fulwowych (C_{kf}).

Analizę strukturalną kwasów huminowych (KH) przeprowadzono po ich zliofilizowaniu, stosując technikę pastylek w bromku potasowym oraz pomiar widm w podczerwieni spektrometrem IR Spectrum BX firmy Perkin Elmer. Widma w podczerwieni kwasów huminowych wykonano w zakresie 400–4000 cm⁻¹ dla tabletek 3 mg KH w 800 mg KBr [36] i analizowano w nich szerokość, intensywność oraz obecność określonych pasm absorpcyjnych. Analizę termiczną kwasów huminowych przeprowadzono na derywografie OD 102 systemu Paulik-Paulik Erdey, formułując próbki z 40 mg preparatu KH zmieszanych w proporcji 1:9 z Al₂O₃ i ogrzewanych z szybkością 3,3°C · min⁻¹, w atmosferze powietrza [47]. Wykonano termiczną analizę różnicową (DTA), termogravimetrię różnicową (DTG) i termogravimetrię (TG). Badania strukturalne i analizę termiczną kwasów huminowych przeprowadzono na próbach łączonych z obiektów nawożonych mikroelementami.

Oznaczenie frakcji próchnicy podatnych na utlenianie roztworami KMnO_4 o stężeniach $0,0333 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $0,3333 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ w środowisku obojętnym wykonano zgodnie z procedurą określoną przez Dziadowiec i Goneta [36] oraz Łoginowa i in. [109].

Obliczenia statystyczne wykonano metodą analizy wariancji za pomocą pakietu statystycznego Statistica for Windows StatSoft. Inc. (1997); NIR obliczono z dokładnością $p = 95\%$. Dla oceny istotności różnic między obiektami (przedplonami) zastosowano test Tukeya, a wpływ nawożenia mikroelementami porównywano w stosunku do obiektu kontrolnego, korzystając z wielokrotnego testu Dunnetta. Współzależności pomiędzy wybranymi zmiennymi wyrażono za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona.

2.3. Warunki glebowe

Doświadczenia zakładano na glebach płowych typowych [170]. Zaliczane są one do następujących jednostek hierarchicznych systematyki gleb: rząd – gleby brunatnoziemne, typ – gleby płowe, podtyp – gleby płowe typowe, rodzaj – wytworzone z gliny zwałowej, gatunek – piasek gliniasty lekki. Można je zakwalifikować do gleb lekkich, zawierających poniżej 20% frakcji spławialnej.

Tabela 1. Skład chemiczny gleby (w warstwie 0-25 cm) – przed założeniem doświadczeń

Table 1. Chemical composition of the soil (in horizon 0-25 cm) – before the experiments

Zawartość Content		Doświadczenia – Experiments			
		Doświadczenie I kompleks żytni bardzo dobry Experiment I very good rye complex		Doświadczenie II kompleks żytni dobry Experiment II good rye complex	
		Lubin żółty – Yellow lupine		Seradela – Serradella	
		na zielonkę for green crop	na nasiona for seeds	na zielonkę for green crop	na nasiona for seeds
Węgiel – Carbon					
Corg. – Corg	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	7,27-7,37	6,78-7,18	6,37-6,82	6,69-7,22
Azot – Nitrogen					
N – og. – Total N	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	0,70-0,75	0,70-0,74	0,70-0,74	0,70-0,75
N- NO_3	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	7,1-7,5	7,6-7,8	6,2-8,0	6,7-7,7
N- NH_4	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	13,2-13,5	13,0-14,3	14,1-14,6	13,9-14,2
Formy przyswajalne – Available forms					
P	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	38 - 42	37 - 40	30 - 35	30 - 36
K	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	76 - 81	77 - 80	66 - 76	69 - 75
Mg	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	23 - 24	23 - 24	19 - 21	20 - 22
B	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0,25 - 0,26	0,23 - 0,26	0,19 - 0,23	0,20 - 0,23
Cu	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	3,0 - 3,1	2,7 - 3,0	1,9 - 2,4	1,8 - 2,2
Mn	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	23,4 - 25,0	22,0 - 24,4	16,2 - 17,3	17,1 - 20,0
Mo	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0,54 - 0,61	0,55 - 0,60	0,56 - 0,61	0,58 - 0,62
pH	H_2O	5,2 - 5,4	4,8 - 5,2	5,4 - 5,6	5,4 - 5,6
	KCl	4,2 - 4,4	4,3 - 4,7	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0

Na podstawie składu granulometrycznego gleby, stosunków powietrzno-wodnych oraz składu chemicznego określono kompleks przydatności rolniczej gleby w doświadczeniu I jako żytnej bardzo dobry (klasa bonitacyjna gleby – IVa), a w doświadczeniu II jako żytnej dobry (IVb). Skład chemiczny gleby oznaczony przed założeniem doświadczenia zestawiono w tabeli 1. Ocenę poziomów zasobności gleby dokonano na podstawie liczb granicznych do wyceny zawartości makro- i mikroelementów w glebach [199]. Określono poziom zasobności gleb w fosfor i potas jako niski, magnez – bardzo niski do niskiego. Gleba pod uprawę seradeli charakteryzowała się niskim poziomem boru oraz manganu i średnim miedzi oraz molibdenu – a pod łubin żółty średnią zasobnością w miedź (dolne granice zakresu), mangan i molibden oraz niską w bor.

2.4. Przebieg pogody

Temperaturę, ilość i rozkład opadów zestawiono na podstawie danych ze Stacji Badawczej Mochelek (tab. 2). W sześcioletnim okresie badawczym wystąpiły trzy lata o temperaturze wyższej oraz trzy o opadach wyższych niż średnia z 42-letnia (1949-1990) dla tego rejonu, który charakteryzuje się szczególnie niskimi opadami w stosunku do średniej krajowej. Trzyletnie okresy badawcze uprawy łubinu żółtego i seradeli przyпадаły na jeden rok o obfitych opadach, rok posuszny i o przeciętnym uwilgotnieniu. Pierwsze dwa lata uprawy łubinu żółtego, 1985 i 1987, charakteryzowały się w porównaniu ze średnimi wieloletnimi niższą roczną temperaturą powietrza odpowiednio o 1,2 i 0,8°C, a w okresie wegetacji kwiecień-wrzesień o 0,1 i 1°C, ale za to wyższymi całorocznymi opadami o 192,5 mm i 127,5 mm, a w okresie wegetacji o 209,9 mm i 88,2 mm. Takie warunki meteorologiczne wyjątkowo korzystnie wpływały na produkcję zielonej masy łubinu, lecz niekorzystnie na plony nasion. W trzecim roku uprawy łubinu żółtego (1988) roczna temperatura powietrza była wyższa niż w wieloleciu o 0,9°C, a w okresie wegetacji łubinu o 0,7°C, przy opadach rocznych o 74,1 mm i w okresie wegetacji o 24,4 mm wyższych od średnich wieloletnich. Wiosna w 1988 roku była ciepła i sucha, w kwietniu i maju spadło łącznie tylko 16,8 mm deszczu, ale miesiące od czerwca do września obfitywały w opady. Przy takim układzie opadów, łubin wschodził gorzej niż w latach poprzednich, ale dobrze plonował w uprawie na zielonkę. Dojrzewanie nasion następowało wolno i nierównomiernie.

Pierwszy rok (1987) uprawy seradeli był chłodny. W porównaniu ze średnimi wieloletnimi, roczna temperatura była o 0,8°C niższa, a w okresie wegetacji seradeli (od kwietnia do sierpnia) niższa o 1°C, opady zaś najwyższe z zanotowanych, o 127,5 mm w roku, a w okresie wegetacji o 46,9 mm. W 1988 roku temperatura była wyższa o 0,9°C, a w okresie wegetacji o 0,7°C, natomiast opady były wyższe w skali roku o 71,4 mm, w tym w okresie wegetacji o 8,4 mm niż średnia za wielolecie. W 1989 roku opady roczne były niższe o 131,1 mm, w tym w okresie wegetacji o 101,7 mm, przy ogólnie wysokich rocznych temperaturach powietrza o 2°C wyższych, a w sezonie o 1°C wyższych niż średnie z wielolecia. Pierwsze dwa lata uprawy sprzyjały rozwojowi wegetatywnemu seradeli, natomiast wystąpiły problemy z dojrzewaniem nasion. W trzecim roku rozwój wegetatywny, jak i generatywny seradeli był utrudniony z powodu suszy.

Tabela 2. Warunki meteorologiczne w latach 1985-1990
 Table 2. Meteorological conditions over 1985-1990

Lata Years	Miesiące - Months												\bar{x}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Temperatura powietrza w °C - Air temperature in °C													
1985	-8,2	-7,6	2,1	7,0	13,8	14,0	17,1	17,2	12,2	8,6	0,5	1,8	6,4
1986	-1,0	-8,8	1,3	6,7	14,6	16,2	18,2	16,9	19,9	8,6	5,1	0,8	7,5
1987	-11,5	-2,1	2,5	7,3	11,5	15,1	17,0	15,0	12,8	8,7	4,2	8,8	6,8
1988	1,2	0,9	0,5	7,2	14,8	16,8	18,5	17,3	14,1	8,3	0,7	1,4	8,5
1989	2,1	3,7	5,6	8,5	13,9	16,4	19,3	17,9	14,8	10,2	2,1	1,2	9,6
1990	2,0	5,0	6,4	8,3	15,1	16,9	17,3	18,0	11,6	9,5	4,4	-0,2	9,5
\bar{x} za 42-letnie \bar{x} for 42 years	-2,6	-1,8	-0,2	7,1	12,8	16,2	17,6	17,2	13,2	8,3	3,3	0,7	7,6
Opady atmosferyczne w mm - Precipitation in mm													Σ
1985	16,9	17,4	21,3	12,4	79,1	95,5	58,4	210,5	31,4	4,6	28,3	46,9	625,4
1986	45,5	1,7	29,6	29,7	40,5	35,0	39,0	30,2	49,6	23,9	34,3	37,4	396,4
1987	16,0	27,0	4,6	43,9	30,8	79,8	55,5	76,7	78,9	51,6	69,7	26,3	560,8
1988	44,4	32,0	39,2	11,7	5,1	82,4	99,7	49,3	53,6	6,7	39,9	43,0	507,0
1989	9,0	14,9	32,3	18,6	9,1	44,9	22,1	43,4	9,4	42,1	12,2	43,8	301,8
1990	16,4	13,9	25,6	41,8	11,0	58,5	50,0	55,8	42,7	29,4	34,5	22,6	402,2
\bar{x} za 42-letnie \bar{x} for 42 years	23,1	17,3	19,8	27,7	36,1	54,7	72,1	49,2	37,6	32,8	32,0	30,5	432,9

Pszenicę ozimą uprawiano po łubinie żółtym w pierwszym i trzecim roku badań przy opadach rocznych mniejszych niż średnia wieloletnia o 36,5 mm w 1986 roku i o 131,1 mm w 1989 roku oraz średniej temperaturze wyższej o 2°C.

Wschody i rozwój przedzimowy pszenicy w tych latach przypadły także na suchą jesień i początek zimy. Drugi rok uprawy (1988) charakteryzował się korzystnym dla rozwoju pszenicy przebiegiem pogody (opady były o 74,1 mm a temperatura o 0,9°C wyższe niż średnia wieloletnia). Uprawa pszenicy ozimej po seradeli przypada na lata 1987-1988, 1988-1989, 1989-1990. Pierwszy rok (1987-1988) uprawy pszenicy ozimej po zbiorze seradeli przypadał na mokrą jesień (opady od września do grudnia wynosiły 226,5 mm) i wilgotny 1988 rok. W całym okresie wegetacji – wrzesień 1987-lipiec 1988 – pszenica korzystała z około 540 mm opadu. W drugim roku uprawy – w okresie wegetacji od września 1988 do początku lipca 1989 roku – rośliny korzystały z połowy ilości wody w stosunku do pierwszego roku (272 mm), a w trzecim tylko z nieco większej ilości – 300 mm niż w roku drugim. Średnia wieloletnia suma opadów – od września do połowy lipca – wynosiła dla tego rejonu 350 mm. Uprawa pszenicy po seradeli przypadała na okres łagodnych zim. Średnia temperatura miesięczna w czasie tych trzech zim była dodatnia.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Wpływ mikroelementów na plonowanie łubinu żółtego

3.1.1. Plon i jakość masy nadziemnej

W okresie prowadzenia eksperymentu zmienność rocznych plonów zielonki łubinu warunkowana była przede wszystkim ilością i rozkładem opadów. W mokrym 1985 roku plon suchej masy wynosił $8,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w suchym 1988 roku był o połowę niższy – $4,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast przy przeciętnym uwilgotnieniu w 1987 roku plon był również wysoki – $8,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [59, 64, 163]. Średni plon łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę w trzyletnim okresie badawczym wynosił $7,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ suchej masy (tab. 3), a rozkład zaistniałych pod wpływem dokarmiania mikroelementami zmienności w poszczególnych latach badań był systematyczny. Uzupelnienie doglebowego nawożenia fosforem i potasem, dolistnym dokarmianiem manganem i molibdenem skutkowało istotnie wyższym plonem zielonki łubinu żółtego.

Tabela 3. Plon masy nadziemnej i białka ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę i zawartość makro- i mikroelementów

Table 3. Dry matter yield from the above-ground component and total protein yield of yellow lupine grown for green crop, and content of macro- and microelements

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Plon suchej masy w $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Dry matter yield in $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$							
	6,72	6,85	6,45	7,78	7,75	7,11	0,614
Plon białka ogółem w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Total protein yield in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
	1019	1012	972	1145	1162	1062	n.i. – n.s.
Zawartość makroelementów w $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Macroelement content in $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM							
N	24,2	23,7	25,0	23,7	23,6	24,0	0,36
P	3,4	3,3	3,4	3,5	3,3	3,4	n.i. – n.s.
K	19,1	19,8	17,9	20,0	18,6	19,1	0,71
Mg	1,7	1,9	1,6	1,8	1,6	1,7	n.i. – n.s.
Ca	5,5	5,2	5,1	5,7	5,1	5,3	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Microelement content in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM							
B	28,2	34,1	28,0	26,6	27,5	28,9	2,27
Cu	21,7	21,2	28,4	21,5	21,3	22,8	1,46
Mn	167	163	170	198	166	173	9,6
Mo	0,96	0,94	1,03	1,02	1,48	1,09	0,13

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Plon białka w latach badań, podobnie jak plon zielonki, uzależniony był przede wszystkim od przebiegu pogody. Łubin żółty okazał się wysoko wydajną rośliną

motylkowatą. W 1985 roku zebrano z plonem zielonki 1375 kg białka z hektara, w kolejnych latach już mniej, bo w 1987 roku – 1122 kg, a w 1988 roku – 689 kg [163]. Dokarmianie łubinu żółtego manganem i molibdenem średnio w okresie badawczym zwiększyło zbiory białka w porównaniu z pozostałymi obiektami, ale różnice nie były udowodnione statystycznie (tab. 3). Dolistne dokarmianie mikroelementami różnicowało w pewnym stopniu zawartość makroskładników w roślinach. Łubin żółty nawożony przedsięwzięciem fosforem i potasem stanowił punkt odniesienia dla efektów uzyskanych dzięki dokarmianiu mikroelementami. Zawartość azotu zmieniała się dwukierunkowo. Dokarmianie borem, manganem i molibdenem istotnie obniżało, a miedzią podnosiło jego udział w masie nadziemnej w stosunku do obiektu nawożonego fosforem i potasem. Wpływ dokarmiania mikroelementami na zawartość fosforu, magnezu i wapnia był nieistotny na poszczególnych obiektach. Zawartość potasu w zielonce istotnie wzrosła, osiągając korzystny – uwzględniając wartość pokarmową – poziom $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy, kiedy obok przedsięwziętego nawożenia potasem zastosowano dolistne dokarmianie manganem.

Uzupełnienie zawartości mikroelementów w roślinach poprzez ich dolistne zastosowanie okazało się bardzo skuteczne. Efektem dokarmiania łubinu żółtego w fazie rozety liściowej borem, miedzią, manganem i molibdenem był istotny wzrost zawartości tych mikroelementów w biomase nadziemnej roślin zbieranych na zielonkę w fazie płaskiego strąka. Stwierdzono również, że dokarmianie borem dawało przyrost jego zawartości w biomase nadziemnej o 21%, dokarmianie łubinu miedzią spowodowało podniesienie jej zawartości w biomase nadziemnej o 30,9%, a w przypadku pozostałych mikroelementów zmiany były następujące: przyrost manganu wyniósł 18,5%, a molibdenu – 54,2% w stosunku do obiektu kontrolnego.

Plon nasion (12% H_2O), pozostawał w ścisłej zależności od sumy opadów. W suchym 1987 roku wynosił tylko $1,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, w 1988 roku o przeciętnym uwilgotnieniu zebrano nieco więcej – $1,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w dość mokrym 1985 roku plon nasion wyniósł $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [59, 64, 163]. W okresie badawczym (z wyjątkiem suchego 1987 roku, w którym nie udowodniono wpływu czynników) plon nasion był istotnie wyższy wówczas, kiedy nawożenie fosforem i potasem uzupełniono, miedzią i manganem (tab. 4). Dokarmianie mikroelementami nie zmieniało natomiast istotnie masy słomy, której średni plon wynosił $3,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w latach 1985, 1987-1988 wahał się od $2,6$ do $3,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [59, 64, 163]. Współczynnik plonu nasion w stosunku do całej masy nadziemnej łubinu nasiennego kształtował się w zakresie od 0,32 do 0,35, osiągając najwyższą wartość po zastosowaniu miedzi.

Plon białka zawartego w nasionach łubinu żółtego był o ponad połowę mniejszy niż przy zbiorze na zielonkę i wynosił średnio $601 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w kolejnych latach eksperymentu kształtował się następująco: w 1985 roku – $850 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w 1987 – $448 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i w 1988 – $505 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [59, 64, 163]. Dokarmianie mikroelementami zwiększało wydajność białka, lecz tylko miedź i mangan dawały istotny przyrost plonu białka w stosunku do obiektu kontrolnego.

Uzupełnienie nawożenia fosforem i potasem mikroelementami (z wyjątkiem magnezu i wapnia) przyczyniało się do nieudowodnionego statystycznie wzrostu zawartości makroskładników w nasionach. W słomie zmiany zawartości makroskładników były niewielkie i niejednolite. Średnia zawartość azotu w nasionach wynosiła $59,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w słomie $10,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zawartość pozostałych składników kształtowała się odpowiednio: fosforu – $9,1$ i $1,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, potasu – $10,6$ i $14,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, magnezu – $2,5$ i $0,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, wapnia – $1,5$ i $3,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Tabela 4. Plon nasion i słomy łubinu żółtego oraz zawartość w nich makro- i mikroelementów wraz ze wskaźnikami ich translokacji. Plon białka ogółem w nasionach

Table 4. Yield of yellow lupine seeds and straw content of macro- and microelements and translocation ratios. Total protein yield in seeds

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Plon w t · ha ⁻¹ – Yield in t · ha ⁻¹							
Nasiona – 12% H ₂ O Seeds – 12% H ₂ O	1,42	1,57	1,83	1,75	1,53	1,62	0,176
Słoma – s.m. Straw – DM	3,08	3,10	3,14	3,37	3,32	3,20	n.i. – n.s.
Plon białka ogółem w kg · ha ⁻¹ – Total protein yield in kg · ha ⁻¹							
Białko ogółem Total protein	513	603	699	641	549	601	112
Zawartość makroelementów w nasionach w g · kg ⁻¹ s.m. Macroelement content in seeds in g · kg ⁻¹ DM							
N	58,7	59,7	61,3	59,9	58,9	59,7	n.i. – n.s.
P	8,8	9,1	9,4	9,3	8,9	9,1	n.i. – n.s.
K	10,2	10,7	10,7	11,0	10,6	10,6	n.i. – n.s.
Mg	2,7	2,3	2,3	2,6	2,7	2,5	n.i. – n.s.
Ca	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w nasionach w mg · kg ⁻¹ s.m. Microelement content in seeds in mg · kg ⁻¹ DM							
B	17,4	25,0	18,0	18,4	17,2	19,2	1,84
Cu	9,0	9,2	13,4	9,2	9,3	10,0	0,97
Mn	123	125	120	150	122	128	6,99
Mo	2,12	2,21	2,18	2,25	3,78	2,51	0,35
Zawartość makroelementów w słomie w g · kg ⁻¹ s.m. – Macroelement content in straw in g · kg ⁻¹ DM							
N	10,7	10,3	10,5	10,9	10,3	10,5	n.i. – n.s.
P	1,8	1,7	1,9	1,7	1,8	1,8	n.i. – n.s.
K	14,3	14,6	14,2	13,4	14,3	14,2	n.i. – n.s.
Mg	1,0	0,8	0,	0,8	0,9	0,9	n.i. – n.s.
Ca	3,2	3,0	3,1	3,2	3,0	3,1	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w słomie w mg · kg ⁻¹ s.m. Microelement content in straw in mg · kg ⁻¹ DM							
B	15,5	22,1	16,4	16,6	15,70	17,30	1,760
Cu	3,50	3,40	7,00	3,60	3,60	4,20	0,640
Mn	147	142	146	179	147	152	8,760
Mo	0,23	0,24	0,19	0,29	0,83	0,36	0,09
Wskaźniki translokacji mikroelementów – Microelements translocation ratios							
		PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo	
B w nasionach: B w słomie: B in seeds: B in straw		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
Cu w nasionach: Cu w słomie: Cu in seeds: Cu in straw		2,6	2,7	1,9	2,6	2,6	
Mn w nasionach: Mn w słomie: Mn in seeds: Mn in straw		0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	
Mo w nasionach: Mo w słomie: Mo in seeds: Mo in straw		9,2	9,2	11,5	7,8	4,6	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Dolistnie dokarmianie roślin borem, miedzią, manganem i molibdenem w początkowym etapie wzrostu wegetatywnego istotnie zwiększało zawartość tych mikrośladników zarówno w nasionach, jak i w słomie. Dokarmianie borem powodowało wzrost jego udziału w nasionach o 43,7%, z poziomu 17,4 do 25,0 mg · kg⁻¹, a w słomie o 42,6%, z 15,5 do 22,1 mg · kg⁻¹. Nawożenie pozostałymi mikrośladnikami skutkowało wzrostem ich udziału w następującym zakresie: miedzią w nasionach o 48,9%, od 9,0 do 13,4 mg · kg⁻¹ i w słomie o 100%, od 3,5 do 7,0 mg · kg⁻¹, manganem w nasionach o 21,4%, od 123,4 do 149,8 mg · kg⁻¹ i w słomie o 20,2%, od 146,9 do 178,8 mg · kg⁻¹, molibdenem w nasionach o 78,3%, od 2,12 do 3,78 mg · kg⁻¹ i w słomie o 260%, od 0,23 do 0,83 mg · kg⁻¹. Zmienność koncentracji mikroelementów w łubinie żółtym pod wpływem stosowania ich w dokarmianiu była duża i zależna od kierunku użytkowania. W zielonce łubinu żółtego zbieranej w fazie płaskiego strąka przyrost zawartości stosowanych mikroelementów był niższy niż w organach wegetatywnych i generatywnych roślin zbieranych po osiągnięciu pełnej dojrzałości. Niezależnie od kierunku użytkowania roślin stwierdzono istotny wzrost zawartości w ich biomacie tego mikrośladnika, którym je nawożono, natomiast nie udowodniono statystycznie zmian innych badanych mikroelementów. Zawartość mikroelementów w masie nadziemnej roślin, niezależnie od kierunku ich użytkowania, można przedstawić w następującym malejącym szeregu: Mn > B > Cu > Mo.

W uprawie łubinu na nasiona określono wskaźnik translokacji mikroelementów, który wyrażony jest stosunkiem zawartości danego mikrośladnika w nasionach do zawartości w słomie. Wskaźnik translokacji boru był identyczny na wszystkich obiektach doświadczenia. Również dolistne dokarmianie borem nie miało wpływu na jego zmianę, co świadczy o równomiernym wzroście zawartości tego mikroelementu zarówno w nasionach, jak i w słomie nawożonych nim roślin. Wskaźnik translokacji miedzi wskazuje, że przeciętnie 2,6-2,7 razy więcej tego mikroelementu zawierały nasiona niż słoma. Dokarmianie roślin miedzią w większym stopniu podnosiło jej zawartość w słomie niż w nasionach. Zawartość manganu w nasionach w stosunku do słomy – podobnie jak boru – charakteryzowała się dość stałym stosunkiem, a dokarmianie tym składnikiem roślin prowadziło to do równomiernego jego przyrostu zarówno w nasionach, jak i w słomie. Organy generatywne różniły się zawartością molibdenu od organów wegetatywnych. Przy stosunkowo niskim zaopatrzeniu roślin, molibden gromadzony był przede wszystkim w nasionach. Wskaźnik translokacji molibdenu w roślinach wahał się od 4,6 do 11,5. Niską wartością tego wskaźnika charakteryzował się łubin nawożony tym mikrośladnikiem. Jego zawartość w nasionach rosła, ale w znacznie większym stopniu wzrastał jego udział w słomie.

W tabeli 5 zestawiono stosunki równoważnikowe makro- i mikroelementów w zielonce i nasionach. Stosunek N:P oraz K: (Ca+Mg) dla zielonki i nasion był bardzo zbliżony, a Ca:N, Ca:P zdecydowanie szerszy w zielonce niż w nasionach. Stosunek azotu do zastosowanych w badaniach mikroelementów w zielonce i nasionach kształtował się odmiennie. W zielonce był on dla wszystkich mikroelementów szerszy niż w nasionach. Zastosowanie mikroelementów zawężyło te stosunki w zielonce i w nasionach. Stosunek Cu:Mo był bardzo szeroki w zielonce i zdecydowanie węższy w nasionach.

Tabela 5. Stosunki równoważnikowe makro- i mikroelementów w zielonce i nasionach łubinu żółtego

Table 5. Equivalent ratios of macro- and microelements in yellow lupine green crop and seeds

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo	
Stosunki równoważnikowe w zielonce Equivalent ratios of macro- and microelements in green crop						
N:P	15,7	15,9	16,3	15,0	15,8	15,7
Ca:N	0,12	0,12	0,11	0,13	0,11	0,12
Ca:P	1,9	1,8	1,7	1,9	1,8	1,8
K:(Ca + Mg)	4,7	4,9	4,7	4,7	4,9	4,8
(N:B) · 10 ⁻²	6,62	5,36	6,89	6,87	6,62	6,47
(N:Cu) · 10 ⁻³	3,37	3,38	2,66	3,33	3,35	3,22
(N:Mn) · 10 ⁻²	3,78	3,80	3,84	3,12	3,70	3,65
(N:Mo) · 10 ⁻⁴	17,3	17,3	16,6	15,9	10,9	15,6
Cu:Mo	51,2	51,1	62,4	47,7	32,6	49,0
Stosunki równoważnikowe w nasionach Equivalent ratios in seeds						
N:P	14,7	14,5	14,4	14,2	14,6	14,5
Ca:N	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca:P	0,20	0,20	0,18	0,19	0,20	0,19
K:(Ca+Mg)	3,5	4,1	4,1	3,9	3,7	3,9
(N:B) · 10 ⁻²	26,0	18,4	26,3	25,1	26,4	24,4
(N:Cu) · 10 ⁻³	19,7	19,6	13,8	19,7	19,1	18,4
(N:Mn) · 10 ⁻²	12,4	12,5	13,3	10,5	12,6	12,3
(N:Mo) · 10 ⁻⁴	19,0	18,5	19,3	18,2	10,7	17,1
Cu:Mo	9,6	9,4	13,9	9,3	5,6	9,6

3.1.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona

Łubin żółty pozostawił średnio po zbiorze zielonki 1,91 t · ha⁻¹ s.m. resztek pozbiorowych (tab. 6). Masa resztek wyższa od średniej występowała przy niedoborze opadów w 1987 roku i wynosiła 2,31 t · ha⁻¹, a niższą masę resztek stwierdzono w korzystniejszych warunkach wilgotnościowych w 1985 roku – 1,88 t · ha⁻¹ oraz w 1988 roku – 1,54 t · ha⁻¹ [59, 64, 163]. Pozostająca po zbiorze masa resztek pozbiorowych była istotnie wyższa w efekcie uzupełnienia doglebowego nawożenia fosforem i potasem dokarmianiem dolistnym manganem, natomiast pod wpływem boru, miedzi i molibdenu nie wykazano zmian istotnych. Stosowane w nawożeniu dolistnym mikroelementy niejednolicie i w niewielkim stopniu wpływały na zawartość makroelementów: azotu 16,6-17,7 g · kg⁻¹, fosforu 1,6-1,8 g · kg⁻¹, magnezu 2,0-2,4 g · kg⁻¹ i wapnia 2,3-2,7 g · kg⁻¹ (tab. 6). Zawartość potasu w resztkach pozbiorowych roślin nawożonych borem była najwyższa – 17,8 g · kg⁻¹ i istotnie różniła się pod tym względem od resztek roślin pozostających na obiekcie kontrolnym. Dokarmianie badanymi mikroelementami decydowało o stanie zapotrzebowania w dany składnik całych roślin. Znalazło to odzwierciedlenie również w zmia-

nach zawartości mikroelementów w resztkach pozbiorowych. Analogicznie do wzrostu zawartości danego mikroelementu w masie nadziemnej łubinu żółtego następowała także istotnie wyższa jego koncentracja w pozostających po zbiorze resztkach pozbiorowych. Dokarmianie borem zwiększyło o 43,7%, miedzią o 48,9%, manganem o 21,4% i molibdenem o 78,3% zawartość tych mikroelementów w resztkach pozbiorowych w stosunku do ich ilości zawartych w resztkach łubinu bez nawożenia dolistnego i były to różnice statystycznie istotne. Zastosowanie boru nie miało wpływu na istotne zmiany w zawartości pozostałych badanych mikroelementów. Takie samo działanie obserwowano w ocenie wzajemnego oddziaływania na zawartość innych mikroelementów dokarmiania miedzią, manganem i molibdenem.

Tabela 6. Masa resztek pozbiorowych łubinu żółtego uprawianego na zielonkę i zawartość w nich makro- i mikroelementów

Table 6. Weight of post-harvest residue of yellow lupine grown for green crop and the content of macro- and microelements

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa w t · ha ⁻¹ s.m. – Weight in t · ha ⁻¹ DM							
	1,87	1,86	1,87	2,14	1,80	1,91	0,109
Zawartość makroelementów w g · kg ⁻¹ s.m. – Macroelement content in g · kg ⁻¹ DM							
N	16,5	17,7	17,7	16,9	17,1	17,2	n.i. – n.s.
P	1,8	1,8	1,8	1,6	1,7	1,7	n.i. – n.s.
K	16,2	17,8	16,9	15,6	15,8	16,5	0,88
Mg	2,0	2,3	2,4	2,2	2,3	2,2	n.i. – n.s.
Ca	2,5	2,7	2,6	2,3	2,6	2,5	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w mg · kg ⁻¹ s.m. – Microelement content in mg · kg ⁻¹ DM							
B	17,4	25,0	18,0	18,4	17,2	19,2	1,82
Cu	9,0	9,2	13,4	9,2	9,3	10,0	0,86
Mn	123	125	121	150	122	128	7,13
Mo	2,12	2,21	2,18	2,25	3,78	2,51	0,331

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Masa resztek pozbiorowych łubinu zbieranego na nasiona była najwyższa w morkym 1985 roku i wynosiła 3,75 t · ha⁻¹. W kolejnych latach eksperymentu, o mniejszych opadach ich masa wynosiła w 1987 roku – 3,28 t · ha⁻¹, a w 1988 roku – 2,83 t · ha⁻¹ [59, 64, 163]. Przeciętnie masa resztek pozbiorowych łubinu zbieranego na nasiona w okresie badawczym osiągnęła 3,28 t · ha⁻¹ (tab. 7). Porównując masę resztek pozbiorowych przy różnych kierunkach użytkowania łubinu należy stwierdzić, że była ona średnio o 72% wyższa przy zbiorze na nasiona (tab. 6 i 7), niż przy zbiorze łubinu na zielonkę. Uzupełnienie nawożenia fosforem i potasem mikroelementami zwiększało masę resztek pozbiorowych łubinu, ale różnice nie były istotne.

Zawartość makroskładników w resztkach pozbiorowych – przy porównywanych kierunkach użytkowania – była zróżnicowana. Rośliny, które zakończyły w sposób naturalny wegetację wydając nasiona, pozostawiły resztki pozbiorowe bogatsze w fosfor i magnez, a resztki pozbiorowe roślin zbieranych na zielonkę były bogatsze w azot, potas i wapń. Korzystna reakcja łubinu żółtego uprawianego na nasiona, na dokarmianie

miedzią uwidoczniła się także w istotnym wzroście zawartości azotu w resztkach pozbiorowych.

Tabela 7. Masa resztek pozbiorowych łubinu żółtego uprawianego na nasiona i zawartość w nich makro- i mikroelementów

Table 7. Weight of post-harvest residue of yellow lupine grown for seeds and the content of macro- and microelements

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Srednia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa w t · ha ⁻¹ s.m. – Weight in t · ha ⁻¹ DM							
	3,07	3,18	3,35	3,31	3,51	3,28	n.i. – n.s.
Zawartość makroelementów w g · kg ⁻¹ s.m. – Macroelement content in g · kg ⁻¹ DM							
N	13,1	13,1	14,8	12,4	13,4	13,4	0,97
P	3,0	3,3	3,7	3,3	3,3	3,3	n.i. – n.s.
K	5,9	6,2	6,2	5,8	6,9	6,2	0,36
Mg	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	n.i. – n.s.
Ca	1,9	2,1	2,1	1,8	2,0	2,0	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w mg · kg ⁻¹ s.m. – Microelement content in mg · kg ⁻¹ DM							
B	16,0	20,9	15,2	15,7	14,9	16,5	1,53
Cu	6,8	6,8	12,3	6,6	6,9	7,9	0,98
Mn	114	115	117	141	114	120	5,11
Mo	0,40	0,38	0,39	0,50	1,01	0,54	0,124

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

W resztkach pozbiorowych roślin łubinu nasiennego dokarmianego molibdenem stwierdzono istotnie więcej potasu w porównaniu z obiektem kontrolnym. Zawartość pozostałych makroskładników nie była istotnie różnicowana przez dokarmianie mikroelementami. Uzupełnienie w uprawie łubinu doglebowego nawożenia fosforem i potasem dolistnym dokarmianiem borem zwiększyło jego zawartość w resztkach o 30,6%, miedzią dawało przyrost miedzi o 80,9%, manganem – manganu o 23,8%, a molibdenem – molibdenu o 152%. Zmiany te były statystycznie istotne. Nie obserwowano, aby stosowany w dokarmianiu mikroelement ograniczał lub stymulował wzrost zawartości innych mikroskładników.

3.1.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach

Łubin żółty z plonem zielonki pobrał najwięcej azotu: od 162 do 184 kg · ha⁻¹, mniej potasu – 115-156 kg · ha⁻¹ i w kolejności wapnia – 32,9-44,3 kg · ha⁻¹, fosforu – 21,9-27,2 kg · ha⁻¹ i magnezu – 10,3-14,0 kg · ha⁻¹ (tab. 8). Porównując reakcję łubinu żółtego na zastosowane mikroelementy można stwierdzić, że uzupełnienie podstawowego nawożenia fosforem i potasem dolistnym dokarmianiem manganem powodowało udowodnione statystycznie wzrost pobrania wszystkich badanych makroelementów. Zastosowanie molibdenu również zwiększało nagromadzenie tych składników, przy czym azotu, fosforu i potasu istotnie. Dokarmianie miedzią obniżało pobranie każdego makroelementu, wpływ boru był niejednorodny, a stwierdzone różnice nie udowodniono statystycznie.

Pobranie danego mikroelementu z plonem zielonki jest funkcją plonu i zawartości składnika w roślinie. Łubin żółty dokarmiany borem pobrał w plonie zielonki $229 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ B. Była to ilość istotnie wyższa niż na pozostałych obiektach. Nie stwierdzono wpływu boru na różnicowanie pobrania innych mikroelementów. Udowodniono, że dokarmianie miedzią skutkowało istotnie wyższym pobraniem miedzi i nie miało wpływu na gromadzenie innych mikroelementów. Dolistne dokarmianie manganem dało najwyższe i udowodnione statystycznie, w porównaniu z obiektem kontrolnym, pobranie tego mikroelementu w zielonce, ale również istotne wyższe miedzi i molibdenu. Wynikało to przede wszystkim z wysokich plonów zielonki łubinu dokarmianego manganem. Dokarmianie roślin molibdenem pozwalało zebrać z plonem zielonki istotnie więcej tego i pozostałych mikroelementów.

Tabela 8. Pobranie makro- i mikroelementów z plonem masy nadziemnej łubinu żółtego uprawianego na zielonkę

Table 8. Macro- and microelements uptake with the above-ground component yield of yellow lupine grown for green crop

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Pobranie makroelementów w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Macroelement uptake in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
N	163	162	161	184	183	171	9,2
P	22,8	22,6	21,9	27,2	25,6	24,0	2,00
K	128	136	115	156	144	136	15,1
Mg	11,4	13,0	10,3	14,0	12,4	12,2	1,62
Ca	36,9	35,6	32,9	44,3	39,5	37,9	4,38
Pobranie mikroelementów w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Microelement uptake in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$							
B	185	229	177	205	211	202	21,1
Cu	146	144	181	168	165	161	18,7
Mn	1121	1122	1093	1538	1288	1234	138,2
Mo	6,41	6,33	6,60	8,13	11,39	7,77	1,39

W plonie nasion łubinu żółtego najwięcej było azotu – $85,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, mniej pozostałych makroskładników, w tym potasu $15,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforu $13,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, magnezu $3,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i wapnia $2,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 9). Uzupełnienie przedsięwziętego nawożenia fosforem i potasem łubinu żółtego dokarmianiem dolistnym mikroelementami decydowało o wyższym pobraniu z plonem nasion badanych makroskładników z tych obiektów. Nawożenie borem istotnie zwiększyło pobranie wapnia i potasu. Najwyższe i istotne statystycznie pobranie azotu, fosforu, potasu oraz wapnia z plonem nasion stwierdzono na obiektach nawożonych miedzią. Dokarmianie manganem istotnie zwiększyło pobranie wszystkich makroskładników, natomiast wpływ molibdenu na pobranie badanych makroskładników nie został udowodniony statystycznie.

Dolistne dokarmianie mikroelementami w szerokim zakresie modyfikowało ich pobranie z plonem nasion. Rośliny dokarmiane borem istotnie zwiększyły pobranie tego mikroelementu, nawożone molibdenem – molibdenu, czyli składnika, którym je dokarmiano. Miedź i mangan spowodowały istotny wzrost plonu nasion, z którym rośliny pobierały nie tylko więcej miedzi i manganu, ale również wszystkich mikroelementów. Różnice były udowodnione statystycznie.

Z plonem słomy rośliny łubinu żółtego pobrały najwięcej potasu – $45,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nieco mniej azotu – $33,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i wapnia – $9,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforu $5,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a najmniej

magnezu – $2,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Mikroelementy stosowane dolistnie nie różnicowały istotnie pobrania makroelementów z plonem słomy łubinu. Wynoszenie z plonem słomy mikrośladników było istotnie zależne od dokarmiania roślin mikroelementami. Udowodniono statystycznie, że nawożenie borem istotnie zwiększyło jego pobranie. Tak samo zachowywały się rośliny na pozostałych obiektach, czyli dokarmianie miedzią istotnie zwiększało jej pobranie, a molibdenem – molibdenu. Słoma z obiektów, na których stosowano mangan gromadziła istotnie więcej boru i manganu.

Tabela 9. Pobranie makro- i mikroelementów z plonem masy nadziemnej łubinu żółtego uprawianego na nasiona

Table 9. Macro- and microelements uptake with the above-ground component yield of yellow lupine grown for seeds

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Srednia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Pobranie makroelementów w nasionach w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Macroelement uptake in seeds in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
N	73,4	82,4	98,7	92,2	79,5	85,2	10,18
P	11,0	12,6	15,1	14,3	12,0	13,0	1,99
K	12,7	14,8	17,2	16,9	14,3	15,2	2,01
Mg	3,38	3,17	3,70	4,00	3,65	3,58	0,378
Ca	1,88	2,21	2,42	2,31	2,03	2,17	0,231
Pobranie mikroelementów w nasionach w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Microelement uptake in seeds in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$							
B	21,7	34,1	28,4	27,9	23,1	27,0	4,11
Cu	11,4	12,7	21,5	14,2	12,4	14,4	1,75
Mn	155	174	198	233	167	185	25,4
Mo	2,67	3,07	3,53	3,50	5,13	3,58	0,433
Pobranie makroelementów w słomie w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Macroelement uptake in straw in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
N	32,9	31,9	32,9	36,7	34,2	33,8	n.i. – n.s.
P	5,54	5,27	5,97	5,73	5,98	5,70	n.i. – n.s.
K	44,0	45,3	44,6	45,2	47,5	45,3	n.i. – n.s.
Mg	3,08	2,48	2,83	2,70	2,99	2,82	n.i. – n.s.
Ca	9,86	9,30	9,73	10,78	9,96	9,93	n.i. – n.s.
Pobranie mikroelementów w słomie w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Microelement uptake in straw in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$							
B	47,5	68,6	51,5	56,1	52,1	55,2	6,96
Cu	10,6	10,4	22,1	11,9	11,7	13,3	1,86
Mn	448	438	456	600	485	485	44,3
Mo	0,70	0,70	0,57	0,97	2,70	1,13	0,287

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Resztki pozbirowe łubinu uprawianego na zielonkę gromadziła $32,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ azotu, $31,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ potasu, $6,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ fosforu, $4,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ wapnia i $4,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ magnezu (tab. 10).

Dolistne dokarmianie mikroelementami łubinu użytkowanego na zielonkę zwiększyło nagromadzenie makrośladników w resztkach pozbirowych w porównaniu z obiektem, na którym nie stosowano ich w nawożeniu. Jednak tylko fosfor w efekcie nawożenia miedzią i manganem gromadzony był w istotnie wyższych ilościach. Uzupełnienie przedsięwziętego nawożenia fosforem i potasem dolistnym dokarmianiem mikroelementami sprzyjało ich nagromadzeniu w resztkach pozbirowych. Bor, miedź, mangan i molibden z tych obiektów, na których uzupełniano je dolistnie zostały nagro-

madzone w resztkach pozbiorowych w istotnie wyższych ilościach. Istotny wpływ na gromadzenie innych mikroelementów w masie resztek miał jedynie mangan, który powodował wzrost pobrania boru.

Resztki pozbiorowe łubinu żółtego – pozostające w glebie po zbiorze roślin na nasiona – nagromadziły najwięcej azotu – $43,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, o ponad połowę mniej potasu – $20,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, wapnia – $6,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforu – $5,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i najmniej magnezu – $3,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 11). Uzupelnienie podstawowego nawożenia fosforem i potasem łubinu żółtego mikroelementami zwiększało nagromadzenie w jego resztkach pozbiorowych makroskładników. Istotne różnice stwierdzono w gromadzeniu azotu i wapnia pod wpływem stosowania miedzi oraz azotu, wapnia i potasu przy dokarmianiu roślin molibdenem.

Tabela 10. Masa makro- i mikroelementów nagromadzonych w resztkach pozbiorowych łubinu żółtego uprawianego na zielonkę

Table 10. Weight of macro- and microelements accumulated in post-harvest residue of yellow lupine grown for green crops

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa makroelementów w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. – Macroelement weight in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ DM							
N	30,9	32,9	33,1	36,2	30,8	32,8	n.i. – n.s.
P	5,61	6,14	6,92	7,06	5,94	6,33	0,687
K	30,3	33,1	31,6	33,4	28,4	31,4	n.i. – n.s.
Mg	3,74	4,28	4,49	4,71	4,14	4,27	n.i. – n.s.
Ca	4,68	5,02	4,86	4,92	4,68	4,83	n.i. – n.s.
Masa mikroelementów w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. – Microelement weight in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ DM							
B	27,1	35,7	26,7	31,2	25,9	29,3	3,33
Cu	11,9	11,3	23,0	13,7	12,4	14,5	3,04
Mn	214	208	230	314	207	234	28,2
Mo	0,69	0,74	0,69	0,86	1,76	0,95	0,220

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 11. Masa makro- i mikroelementów nagromadzonych w resztkach pozbiorowych łubinu żółtego uprawianego na nasiona

Table 11. Weight of macro- and microelements accumulated in post-harvest residue of yellow lupine grown for seeds

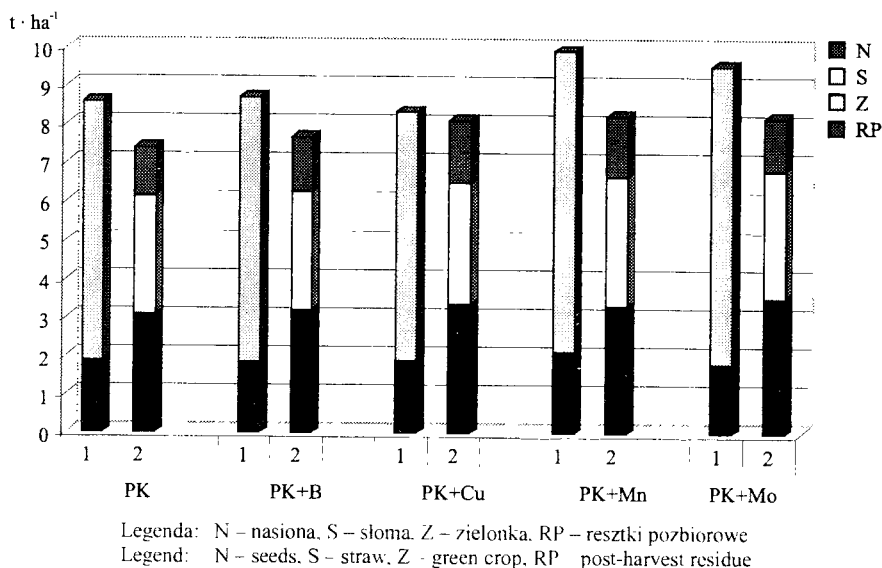
Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa makroelementów w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. – Macroelement weight in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ DM							
N	40,2	41,7	49,6	41,0	47,0	43,9	4,28
P	5,53	5,72	6,03	5,30	5,97	5,71	n.i. – n.s.
K	18,1	19,7	20,8	19,2	24,2	20,4	2,96
Mg	3,68	4,13	4,02	3,97	3,86	3,93	n.i. – n.s.
Ca	5,83	6,68	7,04	5,96	7,02	6,51	1,003
Masa mikroelementów w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. – Microelement weight in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ DM							
B	49,1	66,5	50,9	52,0	52,3	54,1	5,04
Cu	20,9	21,6	41,2	21,8	24,2	26,0	4,87
Mn	349	364	393	465	399	394	49,8
Mo	1,23	1,21	1,31	1,66	3,55	1,79	0,554

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Dolistne dokarmianie łubinu mikroelementami pozwalało istotnie zwiększyć ich nagromadzenie w resztkach pozbiorowych. Na obiekcie nawożonym borem jego masa zawarta w resztkach wynosiła $66,5 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, zastosowanie miedzi podnosiło jej zasób do $41,2 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla pozostałych mikroelementów były to następujące wartości: manganu – $399 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, a molibdenu – $3,6 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$.

3.1.4. Porównanie ilości i jakości biomasy oraz nagromadzenia składników przy różnych kierunkach użytkowania łubinu żółtego

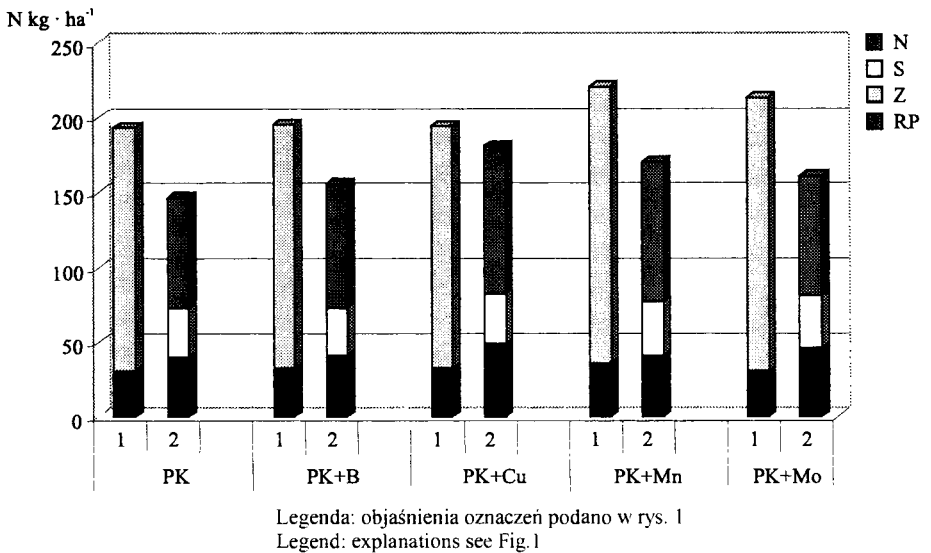
Plon suchej masy nadziemnych części łubinu w okresie zbioru nasion był o 34,9 % niższy (rys. 1), niż w fazie płaskiego strąka. Łączna biomasa nadziemna i resztek pozbiorowych, wytworzona przez rośliny zbierane na zielonkę, była już tylko o 15,5% wyższa niż biomasa roślin zbieranych na nasiona. Na zmniejszenie tej różnicy wpłynęła przede wszystkim duża masa resztek pozbiorowych pozostawianych przez rośliny użytkowane na nasiona. Stwierdzono istotną korelację pomiędzy plonem masy nadziemnej łubinu uprawianego na zielonkę ($r = 0,42$) i na nasiona ($r = 0,66$) a masą resztek pozbiorowych.



Rys. 1. Plon biomasy (s.m.) ogółem łubinu żółtego w uprawie na zielonkę (1) i nasiona (2)
Fig. 1. Total biomass (DM) yield of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)

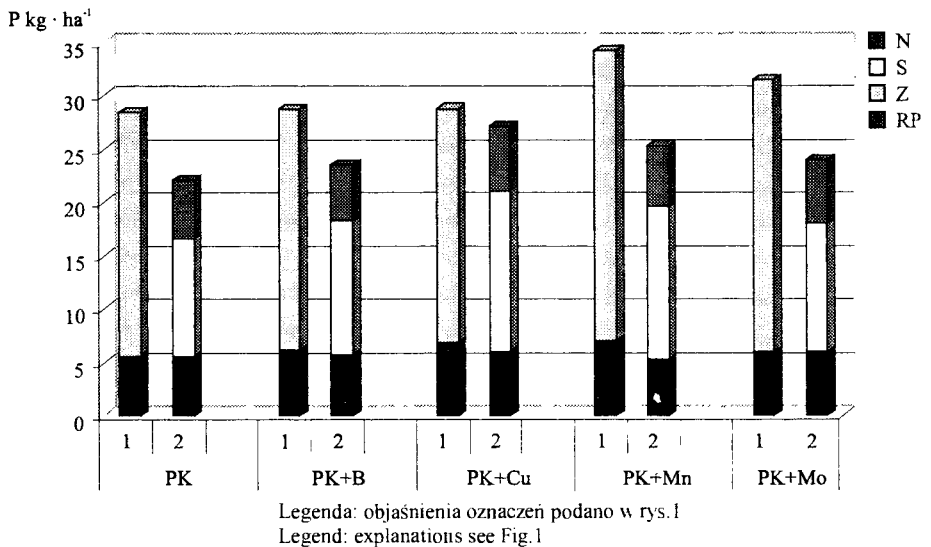
Łubin uprawiany na zielonkę charakteryzował się tym, że w ogólnej biomacie roślin, wysokiemu plonowi masy nadziemnej towarzyszyła mniejsza masa resztek pozbiorowych, a u roślin zbieranych na nasiona relacja była odwrotna. Łubin zbierany na zielonkę jak i użytkowany na nasiona wytworzył więcej biomasy, kiedy podstawowe nawożenie fosforem i potasem uzupełniano mikroelementami. Najwięcej biomasy przy obu kierunkach użytkowania wytworzyły rośliny dokarmiane manganem, a następnie molibdenem. Działanie pozostałych mikroelementów było różnicowane przez kierunki

użytkowania i tak: miedź silniej niż bor sprzyjała przyrostowi biomasy łubinu nasienne-
go, a w uprawie na zielonkę było odwrotnie.



Rys. 2. Nagromadzenie azotu w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

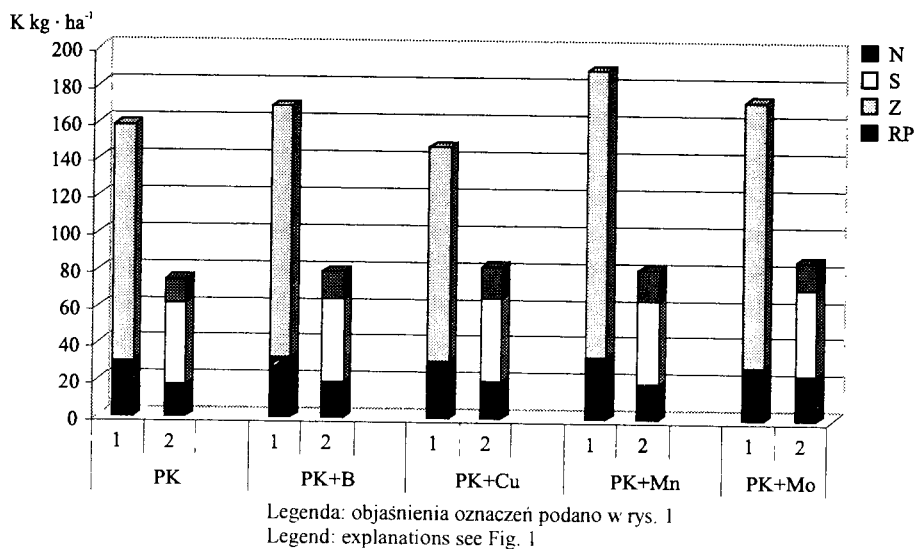
Fig. 2. Accumulation of nitrogen in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)



Rys. 3. Nagromadzenie fosforu w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

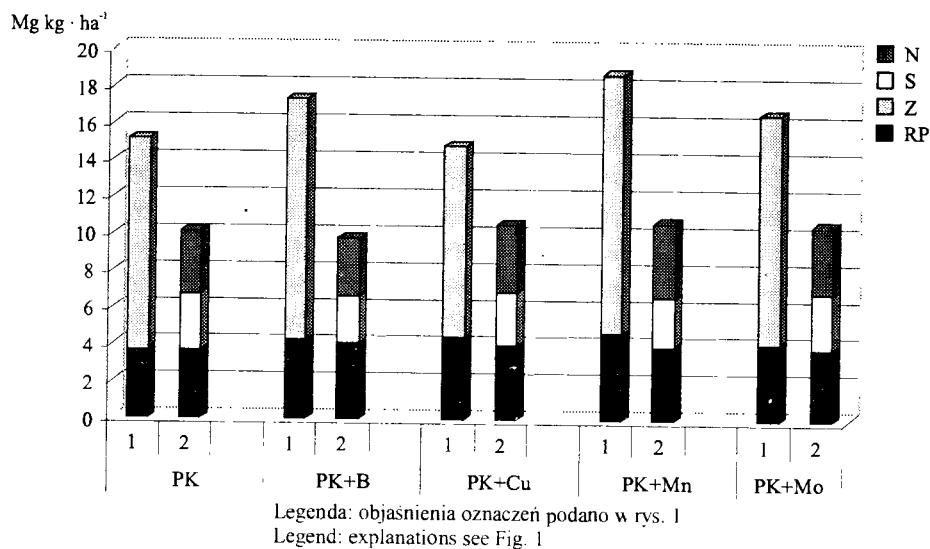
Fig. 3. Accumulation of phosphorus in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)

Pobranie zarówno makro- (rys. 2-6), jak i mikrośladników (rys. 7-10) było wyższe z plonem zielonki łubinu żółtego, niż z masą nadziemną – nasionami i słomą – łubinu uprawianego na nasiona.



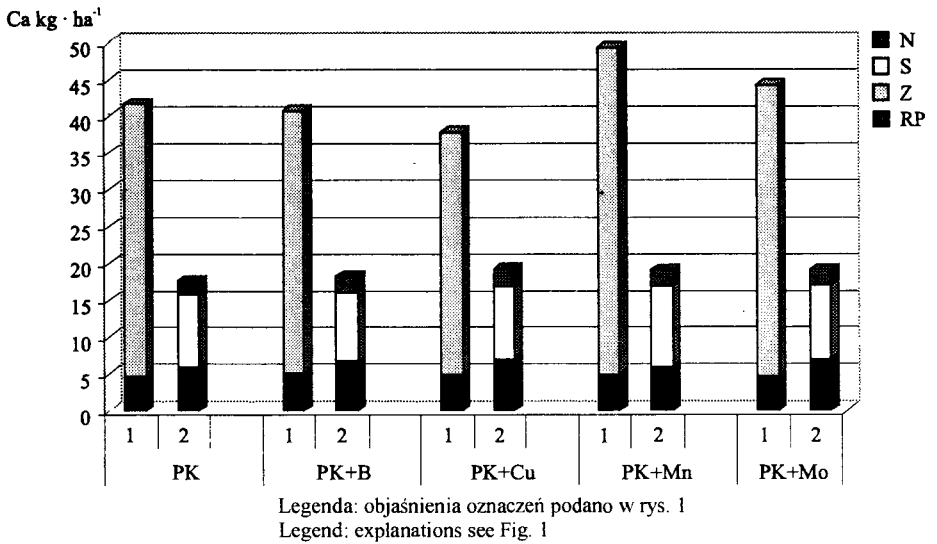
Rys. 4. Nagromadzenie potasu w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 4. Accumulation of potassium in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)



Rys. 5. Nagromadzenie magnezu w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 5. Accumulation of magnesium in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)

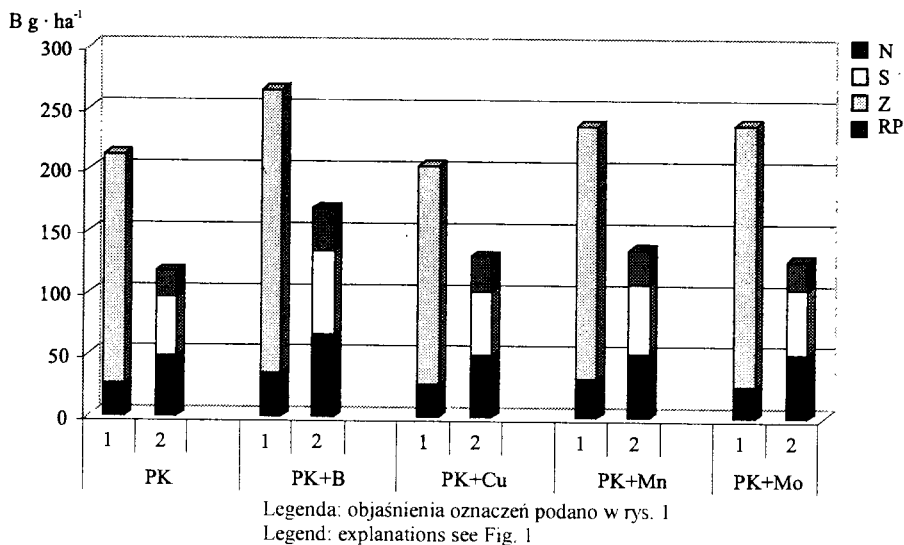


Rys. 6. Nagromadzenie wapnia w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 6. Accumulation of calcium in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)

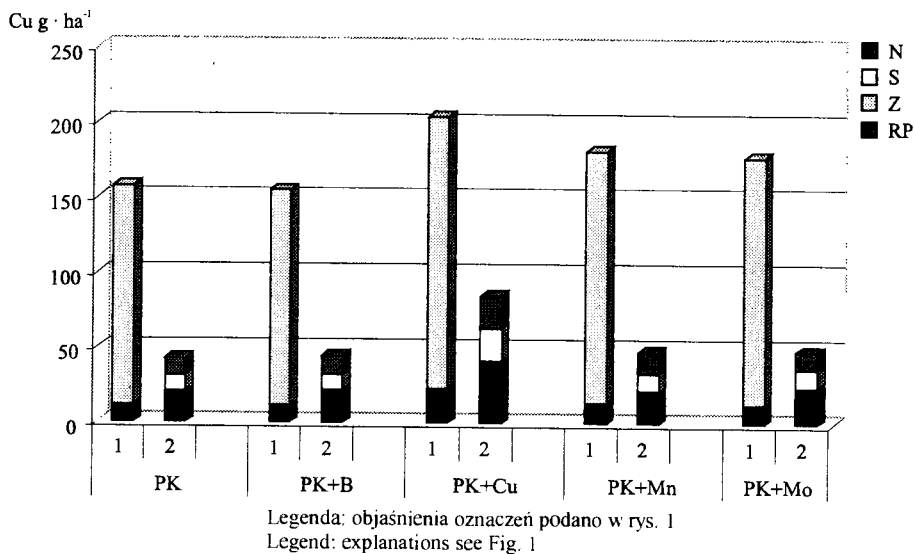
Rośliny zbierane w fazie płaskiego strąka akumulowały w plonie o 43,4% więcej azotu, o 28,6 % fosforu; o 124,5% potasu; o 91% magnezu i aż o 213% wapnia, niż w plonie nasion i słomy. Nagromadzenie makro- i mikrośkładników w biomacie całej rośliny łubinu żółtego uprawianego na zielonkę było wyższe niż przy uprawie na nasiona. Łubin żółty do momentu zbioru na zielonkę pobrał i zakumulował w częściach zielnych i resztkach pozbiorowych najwięcej makroskładników: do 220 kg · ha⁻¹ azotu, 189 kg · ha⁻¹ potasu, 49 kg · ha⁻¹ wapnia, 34 kg · ha⁻¹ fosforu i 19 kg · ha⁻¹ magnezu. Ilość zgromadzonych mikrośkładników wynosiła średnio w kolejności malejącej: 1475 g · ha⁻¹ manganu, 231 g · ha⁻¹ boru, 175 g · ha⁻¹ miedzi, 9 g · ha⁻¹ molibdenu (rys. 7-10). W uprawie na nasiona ilość makroskładników nagromadzona w roślinach w pełnej dojrzałości wynosiła średnio: 150 kg · ha⁻¹ azotu, o połowę mniej potasu – 79 kg · ha⁻¹, fosforu – 23 kg · ha⁻¹, wapnia – 18 kg · ha⁻¹ i magnezu – 10 kg · ha⁻¹. Ilości dotyczące mikrośkładników wynosiły: 1065 g · ha⁻¹ manganu, 136 g · ha⁻¹ boru, 54 g · ha⁻¹ miedzi i 6,5 g · ha⁻¹ molibdenu. W resztkach pozbiorowych łubinu uprawianego na nasiona zostało więcej: o 24% azotu, o 22% fosforu i potasu, o 35% magnezu oraz o 32% wapnia w stosunku do nagromadzenia tych makroelementów w masie resztek pozbiorowych roślin zbieranych na zielonkę. Ich udział w ogólnym pobraniu składników wynosił odpowiednio: azotu – 13%, fosforu – 17%, potasu – 15%, magnezu – 23% i wapnia – 10%.

Dokarmianie łubinu żółtego mikroelementami spowodowało większe ich nagromadzenia w biomacie roślin w stosunku do obiektu kontrolnego, przy użytkowaniu na zielonkę: boru o 25%, miedzi o 29%, manganu o 38% i molibdenu aż o 85%, a w użytkowaniu na nasiona zanotowano wzrost pobrania boru o 43%, miedzi o 98%, manganu o 37%, a molibdenu o 147%.



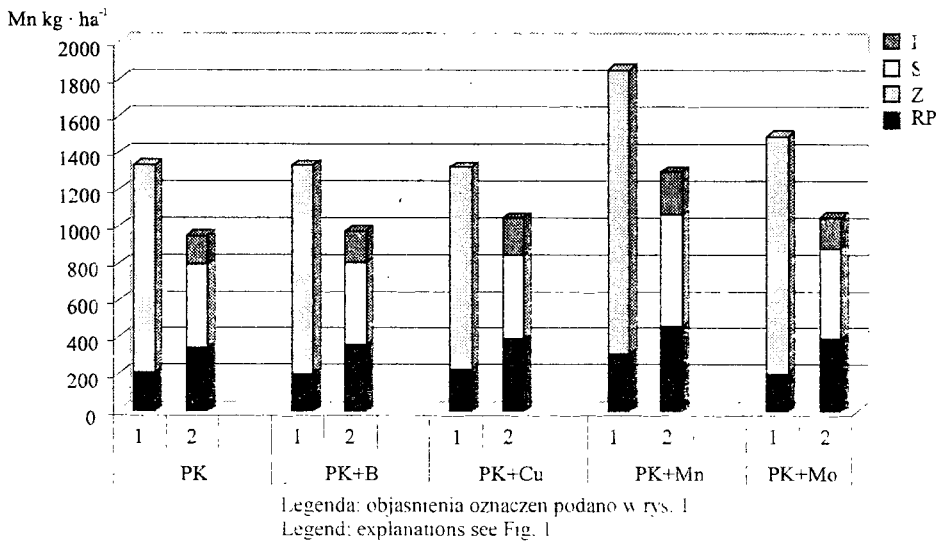
Rys. 7. Nagromadzenie boru w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 7. Accumulation of boron in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)



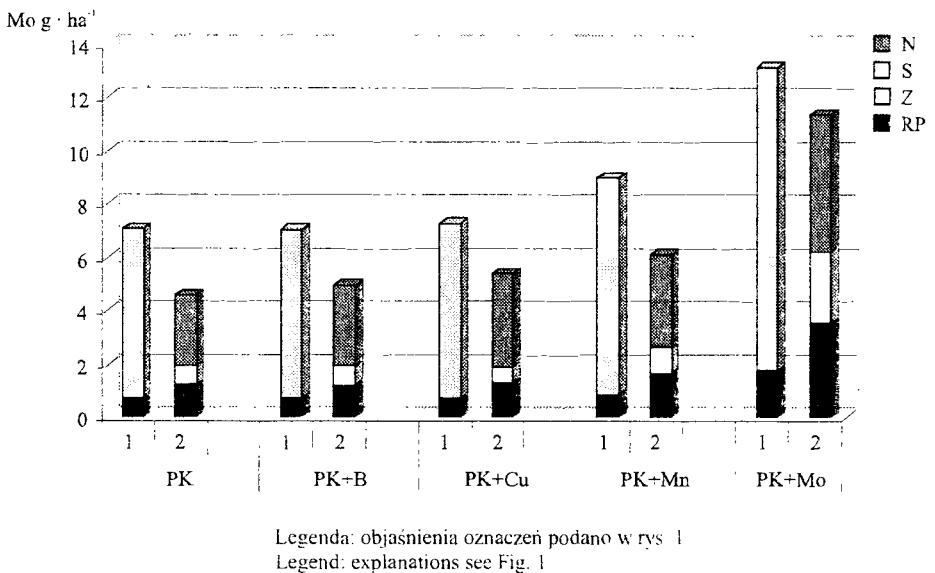
Rys. 8. Nagromadzenie miedzi w biomacie ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 8. Accumulation of copper in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)



Rys. 9. Nagromadzenie manganu w biomasic ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 9. Accumulation of manganese in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)



Rys. 10. Nagromadzenie molibdenu w biomasic ogółem łubinu żółtego uprawianego na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 10. Accumulation of molybdenum in total biomass of yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2)

3.2. Wpływ mikroelementów na plonowanie seradeli

3.2.1. Plon i jakość masy nadziemnej

W trzyletnim okresie badawczym plon s.m. zielonki seradeli wynosił średnio $4,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 12). Największy plon stwierdzono w 1988 roku – $5,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, niższy w 1987 roku – $4,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a najniższy w 1989 roku – $3,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [64, 164]. Wprawdzie 1987 rok charakteryzował się najbardziej obfitymi opadami (560,8 mm), to prawdopodobnie ze względu na niższą temperaturę w okresie wegetacji, plon z tego roku był niższy niż z 1988 roku o nieco mniejszych opadach (507 mm), ale o wyższej średniej temperaturze. Suchy 1989 rok (301,8 mm) mniej sprzyjał rozrostowi masy wegetatywnej i plonowaniu seradeli.

Uzupełnienie przedsięwziętego nawożenia fosforem i potasem dolistnym dokarmianiem manganem istotnie zwiększyło plon zielonki. Na tym obiekcie stwierdzono również najwyższy plon białka $804 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, jednak różnice pomiędzy obiektami nie były istotne. W kolejnych latach eksperymentu plon białka uzależniony był od przebiegu pogody i kształtował się analogicznie do plonu zielonki i wynosił 1985 roku – $727 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w 1987 roku – $897 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w 1989 roku – $556 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [64, 164].

Tabela 12. Plon masy nadziemnej i białka ogółem seradeli uprawianej na zielonkę i zawartość makro- i mikroelementów

Table 12. Dry matter yield from the above-ground component and total protein yield of serradella grown for green crop, and content of macro- and microelements

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Plon suchej masy w $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Dry matter yield in $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$							
	4,61	4,35	4,28	5,22	4,42	4,61	0,327
Plon białka ogółem w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Total protein yield in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
	727	683	706	804	712	726	n.i. – n.s.
Zawartość makroelementów w $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Macroelement content in $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM							
N	25,1	25,0	26,1	24,4	25,8	25,3	n.i. – n.s.
P	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,6	n.i. – n.s.
K	24,4	24,6	25,1	24,4	25,8	24,9	n.i. – n.s.
Mg	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3	n.i. – n.s.
Ca	8,3	8,4	8,9	7,9	8,4	8,4	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Microelement content in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM							
B	31,4	43,3	34,6	33,5	33,9	35,3	3,61
Cu	24,5	25,5	40,2	26,9	25,6	28,5	3,61
Mn	186	190	184	215	178	191	11,6
Mo	1,13	1,15	1,19	1,17	1,67	1,26	0,107

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Zielonka seradeli zawierała najwięcej azotu – $25,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i potasu – $24,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., stosunkowo dużo wapnia – $8,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a mniej fosforu – $3,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i magnezu – $1,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 12). Nawożenie mikroelementami nie różnicowało istotnie zawartości makroskładników w porównaniu z obiektem kontrolnym. Dolistne dokarmianie roślin borem, miedzią, manganem i molibdenem spowodowało istotny wzrost ich zawartości w zielonce:

ich przyrost w stosunku do obiektu kontrolnego wynosił: boru o 38%, miedzi o 64%, manganu o 16% i molibdenu o 48%.

Średni plon nasion seradeli wynosił $0,48 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a plon słomy $5,18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 13). W okresie badawczym plon nasion kształtował się następująco: w latach o korzystnym uwilgotnieniu: w 1987 roku – $0,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i w 1988 roku – $0,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w suchym 1989 roku zbiór był najwyższy – $0,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Plon słomy wynosił: 1987 roku – $6,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, w 1988 roku – $5,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i w 1989 roku $3,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W suchym 1989 roku seradela wydała wysoki plon nasion i niski słomy [164]. Nasiona seradeli służą wyłącznie jako materiał siewny i nie są wykorzystywane na paszę dla zwierząt jak to się dzieje w przypadku nasion łubinu. Oprócz nasion seradeli użytkuje się słomę, która tylko w niewielkim stopniu ustępuje wartością żywieniową zielonce seradeli i dlatego przeznaczają się ją na paszę. Plon białka zebrany w masie słomy seradeli wynosił średnio $538 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był niewiele niższy niż zebrany z plonem zielonki (tab. 13). Najwięcej białka wydała seradela dokarmiana manganem i miedzią, ale różnice nie były udowodnione statystycznie.

Dokarmianie dolistne seradeli mikroelementami nie różnicowało plonu nasion i słomy w porównaniu z uprawą seradeli nawożonej tylko fosforem i potasem. Nie zmieniała się istotnie również zawartości makroelementów w nasionach i słomie. Nasiona seradeli zawierały średnio: $36,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ azotu, $9,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ potasu, $5,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ wapnia, $4,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ fosforu i $3,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ magnezu. Słoma seradeli jest dobrą paszą dla zwierząt, bogatą w azot – $17,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, potas – $18,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, wapń – $4,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, fosfor – $2,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i dość ubogą w magnez $1,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stwierdzono, że dolistne dokarmianie seradeli mikroelementami spowodowało istotny wzrost ich zawartości w nasionach i słomie. I tak masa boru w nasionach wzrosła pod wpływem nawożenia tym składnikiem o 53%, a w słomie o 56%, miedzi odpowiednio o 65% i 111%, manganu o 23% i 33%, a molibdenu o 49% i 115% w stosunku do obiektu kontrolnego. Daje się zauważyć, że reakcją na nawożenie miedzią i molibdenem był dużo wyższy przyrost zawartości tych mikroelementów w słomie, niż w nasionach seradeli. Nie stwierdzono, aby dokarmianie borem wywarło istotny wpływ na zawartość miedzi, manganu lub molibdenu. To samo odnosi się do wzajemnego oddziaływania pozostałych mikroelementów.

Stosunek zawartości mikroelementów w nasionach do zawartości w słomie seradeli był odmienny dla każdego składnika (tab. 13). Wskaźnik translokacji boru miał zbliżony poziom na wszystkich obiektach. Dokarmianie borem dość jednolicie zwiększało jego zawartość zarówno w nasionach, jak i w słomie, nawożenie borem i molibdenem prowadziło do wzrostu wartości tego wskaźnika dla miedzi, co świadczy o wyższym przyroście jej zawartości w nasionach, niż w słomie. Dokarmianie seradeli miedzią spowodowało, że znacznie wzrastała jej zawartość w słomie, niż w nasionach. Wskaźnik translokacji manganu był jednakowy na wszystkich obiektach, a wzrost jego zawartości pod wpływem dokarmiania następował proporcjonalnie w ocenianych częściach roślin. Molibden wyróżnił się największą zmiennością tego współczynnika. Miedź obniżyła jego zawartość w całej roślinie, lecz w większym stopniu w słomie, a działanie manganu było odwrotne. Dokarmianie seradeli molibdenem dało w efekcie przyrost jego zawartości w całej roślinie, jednak przyrost w słomie był wyższy.

Stosunki równoważnikowe pomiędzy wybranymi makroelementami w zielonce i w nasionach seradeli były mało zróżnicowane (tab. 14). Stosunek N:B, N:Cu i N:Mo był węższy dla zielonki niż dla nasion, dla N:Mo odwrotnie, a N:Mn był równoważny w badanych częściach roślin. Nawożenie mikroelementami powodowało zawężenie tych stosunków w zielonce i w nasionach. Stosunek równoważnikowy Cu:Mo w nasionach był dużo węższy niż w zielonce.

Tabela 13. Plon masy nadziemnej seradeli uprawianej na nasiona i zawartość makro- i mikroelementów

Table 13. Dry matter yield and total protein yield from the above-ground component of serradella grown for seeds, and macro- and microelements content

Wyszczególnienie Description	Nawozenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Plon w t · ha ⁻¹ – Yield in t · ha ⁻¹							
Nasiona – 12% H ₂ O Seeds – 12% H ₂ O	0,47	0,47	0,47	0,50	0,50	0,48	n.i. – n.s.
Słoma – s.m. Straw – DM	5,33	5,14	5,07	5,49	4,87	5,18	n.i. – n.s.
Białko ogółem Total protein	538	522	550	569	511	538	n.i. – n.s.
Zawartość makroelementów w nasionach w g · kg ⁻¹ s.m. Macroelement content in seeds in g · kg ⁻¹ DM							
N	36,5	35,1	35,9	37,5	36,3	36,3	n.i. – n.s.
P	5,00	4,70	4,80	4,80	4,90	4,80	n.i. – n.s.
K	8,90	9,10	8,90	9,10	9,30	9,10	n.i. – n.s.
Mg	3,10	3,30	2,80	3,20	2,90	3,10	n.i. – n.s.
Ca	5,20	5,40	4,80	5,10	4,80	5,10	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w nasionach w mg · kg ⁻¹ s.m. Microelement content in seeds in mg · kg ⁻¹ DM							
B	15,4	23,6	17,7	17,9	17,3	18,4	2,78
Cu	8,00	9,00	13,2	9,50	8,80	9,70	1,56
Mn	111	117	112	136	109	117	7,97
Mo	2,10	2,08	2,11	2,12	3,13	2,31	0,197
Zawartość makroelementów w słomie w g · kg ⁻¹ s.m. Macroelement content in straw in g · kg ⁻¹ DM							
N	16,7	17,3	17,8	17,5	17,5	17,4	n.i. – n.s.
P	2,70	3,00	2,90	3,00	2,90	2,90	n.i. – n.s.
K	17,6	17,9	19,7	19,2	18,2	18,5	n.i. – n.s.
Mg	1,40	1,30	1,50	1,40	1,40	1,40	n.i. – n.s.
Ca	4,80	4,40	5,00	4,50	4,70	4,70	n.i. – n.s.
Zawartość mikroelementów w słomie w mg · kg ⁻¹ s.m. Microelement content in straw in mg · kg ⁻¹ DM							
B	11,8	18,4	14,9	14,7	13,6	14,7	3,17
Cu	2,60	2,70	5,50	3,20	2,70	3,30	0,67
Mn	120	126	128	159	125	132	11,70
Mo	0,33	0,29	0,30	0,29	0,71	0,38	0,043
Wskaźniki translokacji mikroelementów – Microelements translocation ratios							
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
B w nasionach : B w słomie B in seeds : B in straw	1,30	1,30	1,20	1,20	1,30		
Cu w nasionach : Cu w słomie Cu in seeds : Cu in straw	3,10	3,30	2,40	3,00	3,30		
Mn w nasionach : Mn w słomie Mn in seeds : Mn in straw	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
Mo w nasionach : Mo w słomie Mo in seeds : Mo in straw	6,40	7,20	7,00	7,30	4,40		

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 14. Stosunki równoważnikowe makro- i mikroelementów w zielonce i słomie seradeli

Table 14. Equivalent ratios of macro- and microelements in serradella green crop and straw

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean
	PK	Mean	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo	
Stosunki równoważnikowe w zielonce Equivalent ratios in green crop						
N:P	15.90	15.80	16.00	15.00	15.40	15.61
Ca:N	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17
Ca:P	2.70	2.80	2.90	2.50	2.60	2.70
K:(Ca + Mg)	4.70	4.70	4.60	5.10	5.10	4.80
(N:B) · 10 ⁻²	6.17	4.45	5.82	5.62	5.87	5.59
(N:Cu) · 10 ⁻³	3.10	2.96	1.96	2.74	3.05	2.76
(N:Mn) · 10 ⁻²	3.53	3.44	3.70	2.96	3.78	3.48
(N:Mo) · 10 ⁻⁴	15.20	14.90	15.00	14.30	10.60	14.00
Cu:Mo	49.10	50.20	76.60	52.00	34.70	52.50
Stosunki równoważnikowe w nasionach – Equivalent ratios in seeds						
N:P	13.70	12.70	13.60	12.90	13.30	13.20
Ca:N	0.15	0.13	0.15	0.14	0.14	0.14
Ca:P	2.10	1.70	2.00	1.70	1.90	1.90
K:(Ca+Mg)	5.10	5.60	5.40	5.80	5.30	5.40
(N:B) · 10 ⁻²	10.90	7.25	9.22	9.19	9.93	9.30
(N:Cu) · 10 ⁻³	19.40	19.40	9.80	16.50	19.60	16.90
(N:Mn) · 10 ⁻²	3.65	3.58	3.63	2.87	3.66	3.48
(N:Mo) · 10 ⁻⁴	34.60	40.80	40.70	41.20	16.90	34.80
Cu:Mo	17.80	21.00	41.60	25.00	8.60	22.80

3.2.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona

Po zbiorze seradeli na zielonkę, który nastąpił na początku formowania strąków w pełni wegetacji rośliny, średnia masa pozostawianych w glebie resztek pozbiorowych była obfita i wynosiła 4,2 t · ha⁻¹. W kolejnych latach badań kształtowała się następująco: w 1987 roku – 4,8 t · ha⁻¹, w 1988 roku – 4,1 i w 1989 roku – 3,5 t · ha⁻¹ [64, 164]. W całym okresie badawczym z porównywanych mikroelementów dokarmianie miedzią i manganem istotnie zwiększyło masę resztek pozbiorowych w stosunku do ilości oznaczonej na obiekcie kontrolnym (tab. 15). Nawożenie seradeli borem nie różnicowało zawartości makroskładników, miedź istotnie obniżała zawartość wapnia tak samo jak mangan i molibden. Ponadto mangan wpłynął na istotny spadek zawartości potasu i jednocześnie wzrost fosforu. Zawartość tego makroelementów była też istotnie wyższa na obktach dokarmianych molibdenem. Resztki pozbiorowe seradeli uprawianej na zielonkę były dość bogate w makroskładniki, które są potencjalnym źródłem składników pokarmowych dla roślin następczych, zawierały bowiem 17,7 g · kg⁻¹ azotu, jeszcze więcej – 19,7 g · kg⁻¹ potasu, znacznie mniej – 4,5 g · kg⁻¹ wapnia, 3,9 g · kg⁻¹ fosforu oraz 1,3 g · kg⁻¹ magnezu. Zawartość mikroelementu w resztkach roślinnych istotnie wzrastała w efekcie dołstnego dokarmiania nimi seradeli. Istotności zmian oceniano w odniesieniu do roślin, których nie nawożono mikroelementami. Zastosowanie boru powodowało zwiększenie jego zawar-

tości o 41%, miedzi – przyrost miedzi w resztkach o 32% i odpowiednio pozostałych mikroelementów – manganu o 8%, a molibdenu o 5%.

Tabela 15. Masa resztek pozbiorowych seradeli uprawianej na zielonkę i zawartość w nich makro- i mikroelementów

Table 15. Post-harvest residue weight of serradella grown for green crop and the content of macro- and microelements

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa w t · ha ⁻¹ s.m. – Weight in t · ha ⁻¹ DM							
	4,01	3,90	4,34	4,40	4,19	4,17	0,225
Zawartość makroelementów w g · kg ⁻¹ s.m. – Macroelement content in g · kg ⁻¹ DM							
N	18,0	16,9	17,3	18,2	18,2	17,7	n.i. – n.s.
P	3,40	3,60	3,80	4,60	3,90	3,90	0,43
K	20,2	20,4	19,2	17,2	21,7	19,7	1,92
Mg	1,40	1,10	1,30	1,30	1,40	1,30	n.i. – n.s.
Cu	5,00	5,00	3,90	4,50	4,30	4,50	0,47
Zawartość mikroelementów w mg · kg ⁻¹ s.m. – Microelement content in mg · kg ⁻¹ DM							
B	16,0	22,6	15,7	16,0	17,2	17,5	1,77
Cu	9,00	9,30	11,90	9,10	9,60	9,80	0,78
Mn	133	133	132	144	135	135	10,9
Mo	0,72	0,75	0,69	0,68	0,76	0,72	0,036

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Masa resztek pozbiorowych przy użytkowaniu seradeli na nasiona wynosiła średnio 1,72 t · ha⁻¹ (tab. 16) i różniła się w latach badań. W 1987 roku rośliny pozostawiły najwięcej resztek – 2,37 t · ha⁻¹, mniej w 1988 roku – 1,21 t · ha⁻¹ i w 1989 roku – 1,53 t · ha⁻¹ [64, 164].

Tabela 16. Masa resztek pozbiorowych seradeli uprawianej na nasiona i zawartość w nich makro- i mikroelementów

Table 16. Post-harvest residue weight of serradella grown for seeds and the content of macro- and microelements

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa w t · ha ⁻¹ s.m. – Weight in t · ha ⁻¹ DM							
	1,57	1,85	1,76	1,55	1,80	1,72	0,236
Zawartość makroelementów w g · kg ⁻¹ s.m. – Macroelement content in g · kg ⁻¹ DM							
N	17,6	17,7	17,6	19,8	19,4	18,4	n.i. – n.s.
P	4,0	3,6	3,6	4,1	3,8	3,8	n.i. – n.s.
K	18,0	17,0	17,2	22,4	21,0	19,1	1,89
Mg	2,1	2,0	2,1	2,1	1,9	2,0	n.i. – n.s.
Cu	4,4	4,2	3,6	5,0	4,1	4,3	0,56
Zawartość mikroelementów w mg · kg ⁻¹ s.m. – Microelement content in mg · kg ⁻¹ DM							
B	19,1	27,5	18,3	19,6	19,6	20,8	2,36
Cu	10,6	12,1	18,6	11,1	10,8	12,6	2,11
Mn	144	148	140	177	135	149	12,9
Mo	0,68	0,57	0,60	0,66	1,27	0,76	0,17

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Uzupełnienie nawożenia fosforem i potasem seradeli uprawianej na nasiona borem istotnie zwiększyło masę jej resztek pozbiorowych (tab. 16). Dokarmianie dolistnie borem nie różnicowało istotnie zawartości makroskładników w resztkach pozbiorowych. Spośród badanych mikroelementów mangan istotnie zwiększał w nich zawartość potasu i wapnia, molibden – potasu, a miedź istotnie zmniejszyła zawartość wapnia w stosunku do obiektu kontrolnego. Resztki pozbiorowe seradeli po zbiorze na nasiona charakteryzował podobny – jak przy zbiorze na zielonkę – udział azotu – $18,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i potasu – $19,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz pozostałych makroskładników jak wapnia – $4,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, fosforu – $3,8 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ i magnezu – $2,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dokarmianie seradeli borem pozwoliło na istotne zwiększenie zawartości tego mikroelementu także w resztkach pozbiorowych; przyrost jego zawartości wyniósł 44% w stosunku do obiektu kontrolnego. Efekty nawożenia pozostałymi mikroelementami były także istotne: zawartość miedzi wzrosła o 75%, manganu o 23%, a molibdenu o 87% w odniesieniu do roślin, które nawożono tylko fosforem i potasem.

3.2.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach

Pobranie makroskładników z plonem zielonki seradeli nie było istotnie różnicowane przez mikroelementy (tab. 17). Z plonem masy nadziemnej rośliny wyniosły najwięcej azotu – $116 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i potasu – $112 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, stosunkowo dużo wapnia – $37,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, znacznie mniej fosforu – $16,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i magnezu – $5,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie borem zwiększyło o 28% pobranie boru, miedzią – miedzi o 50% i molibdenem – molibdenu o 42%. Natomiast rośliny dokarmiane manganem, przede wszystkim z racji istotnie wyższego plonu, charakteryzowało istotnie wyższe pobranie boru, miedzi, manganu i molibdenu. Oceny te należy odnieść do pobrania składników z zielonką seradeli, która nie była dokarmiana dolistnie mikroelementami. Wielkości wynoszenia mikroelementów z plonem zielonki można zestawić w postaci malejącego szeregu $\text{Mn} > \text{B} > \text{Cu} > \text{Mo}$.

Tabela 17. Pobranie makro- i mikroelementów z plonem masy nadziemnej seradeli uprawianej na zielonkę

Table 17. Macro- and microelements uptake with the yield of the above-ground component of serradella grown for green crop

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NR _{0,05} LS _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Pobranie makroelementów w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Macroelement uptake in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
N	117	110	113	128	115	116	n.i. – n.s.
P	16,1	15,4	15,5	18,8	16,2	16,4	n.i. – n.s.
K	112	106	106	126	114	112	n.i. – n.s.
Mg	6,48	5,94	5,84	6,10	5,47	5,97	n.i. – n.s.
Ca	37,8	36,0	36,9	40,9	36,9	37,7	n.i. – n.s.
Pobranie mikroelementów w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Microelement uptake in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$							
B	145	186	147	175	150	161	15,10
Cu	113	110	169	140	113	129	17,60
Mn	855	818	774	1121	786	871	78,00
Mo	5,20	4,94	5,08	6,16	7,37	5,75	0,791

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Pobranie makroskładników z plonem nasion i słomy nie było istotnie różnicowane przez nawożenie mikroelementami (tab. 18). Z plonem nasion seradela wynosiła z hektara najwięcej azotu – 15,3 kg, potasu – 3,9 kg, wapnia – 2,1 kg, fosforu – 2,0 kg i magnezu – 1,2 kg. Nagromadzenie makroskładników w słomie seradeli było znacznie większe niż w nasionach przede wszystkim dlatego, że plon słomy był ponad dziesięciokrotnie wyższy. Rośliny pobrały $91,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ potasu, nieco mniej azotu $86,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, stosunkowo dużo wapnia – $25,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforu – $15,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i magnezu – $7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na obiektach nawożonych poszczególnymi mikroelementami stwierdzono istotny wzrost ich pobrania z plonem zarówno nasion, jak i słomy. Ponadto dokarmianie manganem istotnie podniosło pobranie z plonem nasion i słomy boru i miedzi. Bor powodował zwiększenie wyniesienia tego składnika z nasionami i słomą o 50%. W odniesieniu do pozostałych składników wzrost pobrania wynosił dla miedzi – w nasionach o 68% i w słomie o 105%, dla manganu odpowiednio o 30% i 37%, a dla molibdenu o 60% i 119%. Istotność zmian odnosi się do obiektu kontrolnego, na którym nie stosowano nawożenia mikroelementami.

Tabela 18. Pobranie makro- i mikroelementów z plonem masy nadziemnej seradeli uprawianej na nasiona

Table 18. Macro- and microelements uptake with the yield of the above-ground component of serradella grown for seeds

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Pobranie makroelementów w nasionach w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Macroelements uptake in seeds in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
N	15,0	14,5	14,9	16,3	16,0	15,3	n.i. – n.s.
P	2,00	1,90	1,96	2,06	2,15	2,01	n.i. – n.s.
K	3,73	3,81	3,80	4,03	4,12	3,90	n.i. – n.s.
Mg	1,13	1,26	1,04	1,25	1,25	1,19	n.i. – n.s.
Ca	2,15	2,23	1,98	2,24	2,11	2,14	n.i. – n.s.
Pobranie mikroelementów w nasionach w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Microelements uptake in seeds in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$							
B	6,60	9,90	7,50	7,90	7,70	7,90	1,13
Cu	3,40	3,70	5,70	4,20	3,90	4,20	0,67
Mn	46,8	48,5	47,3	60,7	48,7	50,4	3,47
Mo	0,87	0,87	0,88	0,93	1,39	0,99	0,116
Pobranie makroelementów w słomie w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Macroelements uptake in straw in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$							
N	86,0	83,5	87,9	91,0	81,8	86,1	n.i. – n.s.
P	14,6	15,5	15,1	16,7	14,3	15,2	n.i. – n.s.
K	89,4	86,2	96,4	100,6	83,5	91,2	n.i. – n.s.
Mg	7,00	6,58	7,41	7,50	6,43	6,98	n.i. – n.s.
Ca	27,0	23,6	26,9	26,2	24,1	25,6	n.i. – n.s.
Pobranie mikroelementów w słomie w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Microelements uptake in straw in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$							
B	62,3	93,5	75,4	80,9	66,5	75,7	13,33
Cu	13,7	13,2	28,1	17,0	12,7	16,9	3,19
Mn	636	647	646	869	604	680	74,2
Mo	1,60	1,41	1,41	1,50	3,50	1,88	0,370

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Dolistne dokarmianie mikroelementami działało na metabolizm całej rośliny i nagromadzenie składników również w resztkach pozbiorowych seradeli uprawianej na zielonkę (tab. 19). Bor nie zmienił istotnie gromadzenia makroskładników. Udowodniono statystycznie, że miedź i molibden obniżyły nagromadzenie wapnia, a mangan

decydował o istotnym przyroście w nich masy azotu i fosforu w stosunku do obiektu kontrolnego. Resztki pozbiorowe seradeli kumulowały dużą ilość makroskładników: potasu – $82 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nieco mniej azotu – $73,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz wapnia – $18,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforu – $16,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i magnezu – $5,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Udowodniono statystycznie wyższe nagromadzenie boru w resztkach seradeli dokarmianej borem, dokarmianej miedzią – miedzi, manganem – manganu i molibdenem – molibdenu

Tabela 19. Masa makro- i mikroelementów nagromadzonych w resztkach pozbiorowych seradeli uprawianej na zielonkę

Table 19. Weight of macro- and microelements accumulated in post-harvest residue of serradella grown for green crop

Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Srednia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa makroelementów w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. – Macroelement weight in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ DM							
N	72,2	65,9	75,1	80,1	76,3	73,9	6,07
P	13,6	14,0	16,5	20,2	16,3	16,1	2,94
K	81,0	79,6	83,3	75,7	90,9	82,1	n.i. – n.s.
Mg	5,61	4,29	5,64	5,72	5,87	5,43	n.i. – n.s.
Ca	20,0	19,5	16,9	19,8	18,0	18,9	1,90
Masa mikroelementów w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Microelement weight in $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM							
B	64,2	88,1	68,10	70,4	72,1	72,6	8,24
Cu	36,1	36,3	51,60	40,0	40,2	40,8	4,28
Mn	534	517	571	634	564	564	45,9
Mo	2,89	2,93	2,99	2,99	3,18	3,0	0,237

n.i. – różnice nieistotne: n.s. – insignificant differences

Resztki pozbiorowe seradeli dokarmianej dolistnie mikroelementami i uprawianej na nasiona charakteryzowały się wyższą kumulacją makroskładników w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 20).

Tabela 20. Masa makro- i mikroelementów nagromadzonych w resztkach pozbiorowych seradeli uprawianej na nasiona

Table 20. Weight macro- and microelements accumulated in post-harvest residue of serradella grown for seeds

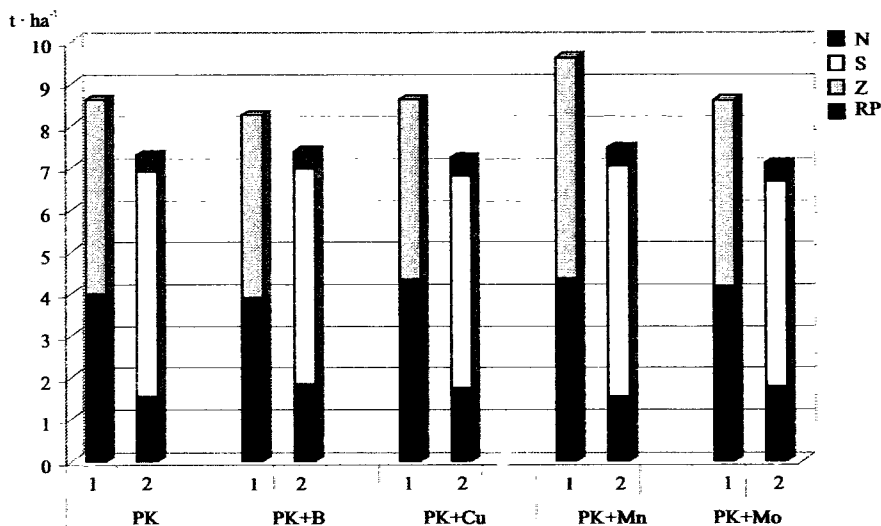
Wyszczególnienie Description	Nawożenie – Fertilization					Srednia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	PK	PK+B	PK+Cu	PK+Mn	PK+Mo		
Masa makroelementów w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. – Macroelement weight in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ DM							
N	27,6	32,7	31,0	30,7	34,9	31,4	3,63
P	6,28	6,66	6,34	6,36	6,84	6,5	n.i. – n.s.
K	28,3	31,4	30,3	34,7	37,8	32,5	3,64
Mg	3,30	3,70	3,70	3,26	3,42	3,48	n.i. – n.s.
Ca	6,91	7,77	6,34	7,75	7,38	7,23	n.i. – n.s.
Masa mikroelementów w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. – Microelement weight in $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM							
B	30,0	50,9	32,2	30,4	35,3	35,7	5,81
Cu	16,6	22,4	32,7	17,2	19,4	21,7	5,04
Mn	225	274	247	275	243	253	26,2
Mo	1,07	1,05	1,06	1,02	2,29	1,30	0,235

n.i. – różnice nieistotne: n.s. – insignificant differences

Bor istotnie zwiększył nagromadzenie w nich azotu, mangan – potasu, a molibden obu tych składników. Resztki roślinne zawierały w masie pozostającej na hektarze 32,5 kg potasu, 31,4 kg azotu, 7,23 kg wapnia oraz 6,5 kg fosforu i 3,5 kg magnezu. Dokarmianie seradeli borem spowodowało istotne podniesienie pobrania boru, ale również miedzi i manganu, miedzią – miedzi, manganem – manganu, molibdenem – molibdenu.

3.2.4. Porównanie ilości i jakości biomasy oraz nagromadzenia składników przy różnych kierunkach użytkowania seradeli

Plon biomasy nadziemnej nasion i słomy seradeli zbieranej w pełnej dojrzałości nasion był wyższy o 34% niż użytkowanej na zielonkę, którą zbierano we wcześniejszej fazie rozwojowej (rys. 11). Przy obu kierunkach użytkowania dokarmianie manganem dawało największy przyrost masy nadziemnej. Porównując łączną biomasa seradeli (masę nadziemną + resztki pozbiorowe) można stwierdzić, że była ona o 23% wyższa przy użytkowaniu na zielonkę, niż na nasiona. Występowała średnia korelacja między biomasa seradeli uprawianej na nasiona a masą resztek pozbiorowych oraz wysoka przy uprawie na zielonkę. Udział resztek pozbiorowych seradeli uprawianej na nasiona w ogólnej biomacie stanowił 23%, natomiast przy użytkowaniu na zielonkę był dwukrotnie wyższy – 47%. Dokarmianie manganem seradeli użytkowanej na zielonkę zwiększyło plon biomasy ogółem o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m., co stanowi przyrost o 11,6% w stosunku do obiektu kontrolnego. Nawożenie seradeli na nasiona mikroelementami nieznacznie zmieniło łączny plon jej biomasy.



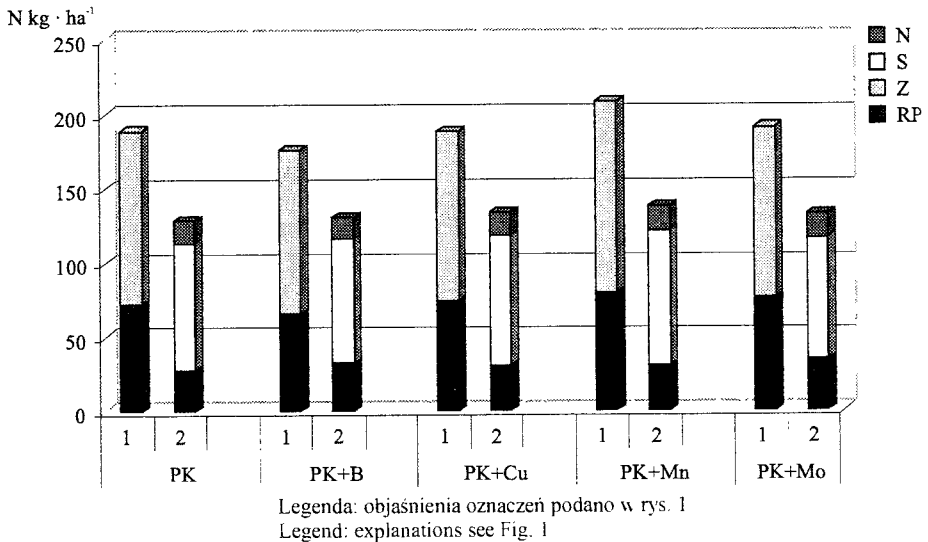
Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 1

Legend: explanations see Fig. 11

Rys. 11. Plon biomasy (s.m.) ogółem seradeli w uprawie na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 11. Total biomass yield (DM) of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)

Rośliny w masie nadziemnej – przy obu kierunkach użytkowania – zgromadziły (średnio) najwięcej azotu – $116 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – uprawa na zielonkę i $101 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – uprawa na nasiona, na drugim miejscu był potas odpowiednio – $112,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $95,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, trzecim z rzędu wapń – $37,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $27,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, następnie fosfor – $14,4$ i $17,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a na ostatnim magnez – $5,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $8,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 12-16). Najwyższym pobraniem makroskładników z masą nadziemną seradeli, niezależnie od kierunku użytkowania, charakteryzowały się rośliny nawożone manganem.

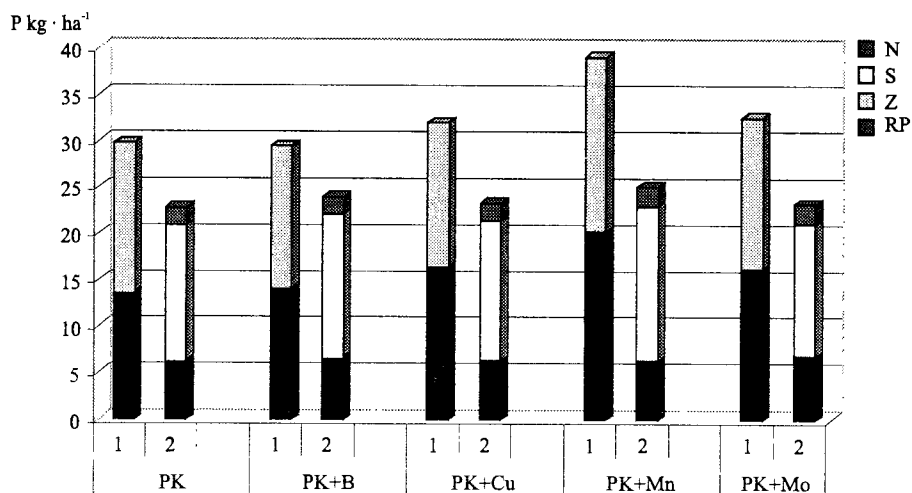


Rys. 12. Nagromadzenie azotu w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 12. Accumulation of nitrogen in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)

Pobranie mikroelementów z masą nadziemną seradeli użytkowanej na zielonkę było wyższe niż z uprawianą na nasiona (rys. 17-20). Z zielonką seradela wyносиła średnio z hektara: 160 g boru, 129 g miedzi, 870 g manganu i 5,75 g molibdenu, natomiast ze słomą i nasionami odpowiednio 83,6 g, 21,1 g, 730 g i 2,8 g. Rośliny dokarmiane danym mikroelementem wyносиły go w ilościach dużo wyższych przy obu kierunkach użytkowania seradeli: boru – $186,1 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ z zielonką i $103,4 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ze słomą i nasionami. Wartości pobrania pozostałych mikroelementów kształtowały się następująco: miedzi – $169,5$ i $33,8 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, manganu – $1121,0 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $929,7 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, molibdenu – $7,37 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $4,89 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Resztki pozbirowe seradeli były bogatym źródłem składników pokarmowych dla roślin następczych szczególnie wówczas, gdy dokarmiano je mikroelementami. Nagromadzenie w nich azotu wahało się od 66 do $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla seradeli zbieranej na zielonkę i $24-31 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przy jej uprawie na nasiona, fosforu odpowiednio $14-20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $5-6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, potasu $76-91 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $25-33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; magnezu $4,0-6,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $3,0-3,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a wapnia $17-20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $6,0-6,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 12-16). Jak wskazują powyższe dane masa makroskładników nagromadzona w resztkach pozbirowych seradeli użytkowanej na zielonkę była zdecydowanie wyższa, niż w seradeli zbieranej na nasiona.

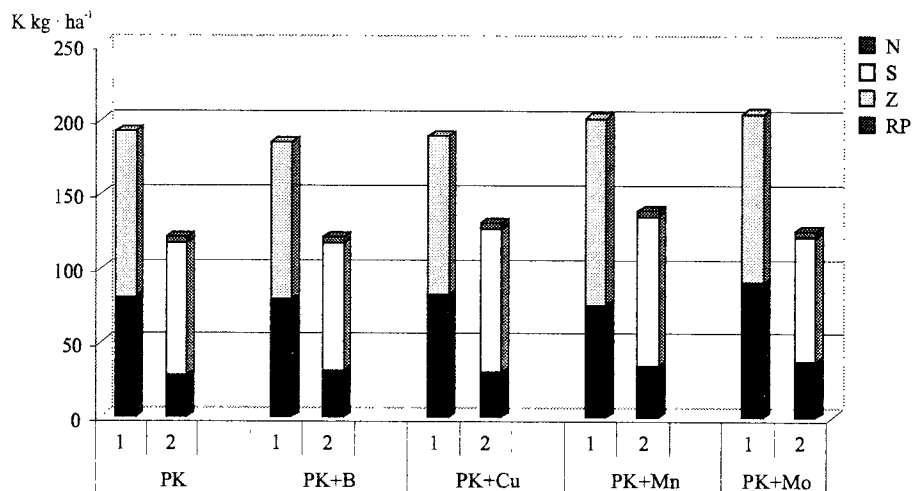


Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 1

Legend: explanations see Fig. 1

Rys. 13. Nagromadzenie fosforu w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 13. Accumulation of phosphorus in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)

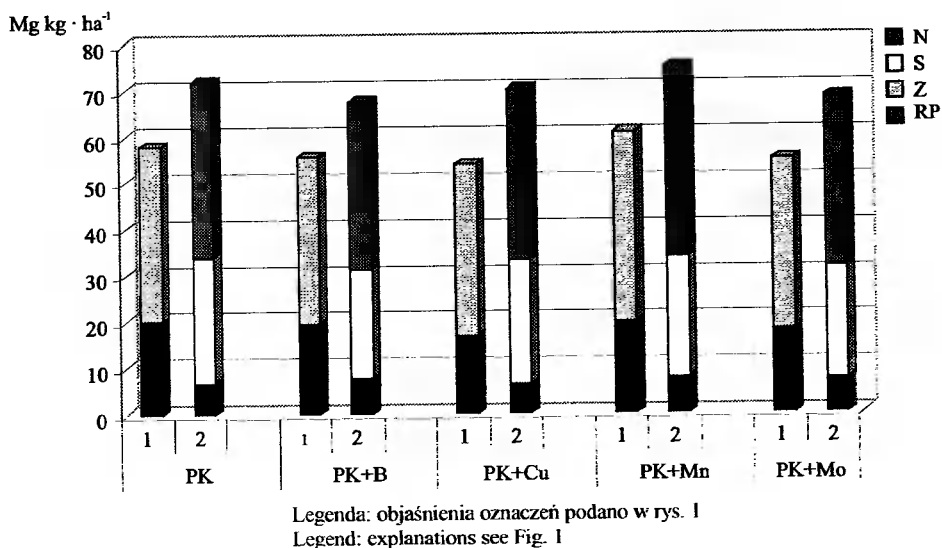


Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 1

Legend: explanations see Fig. 1

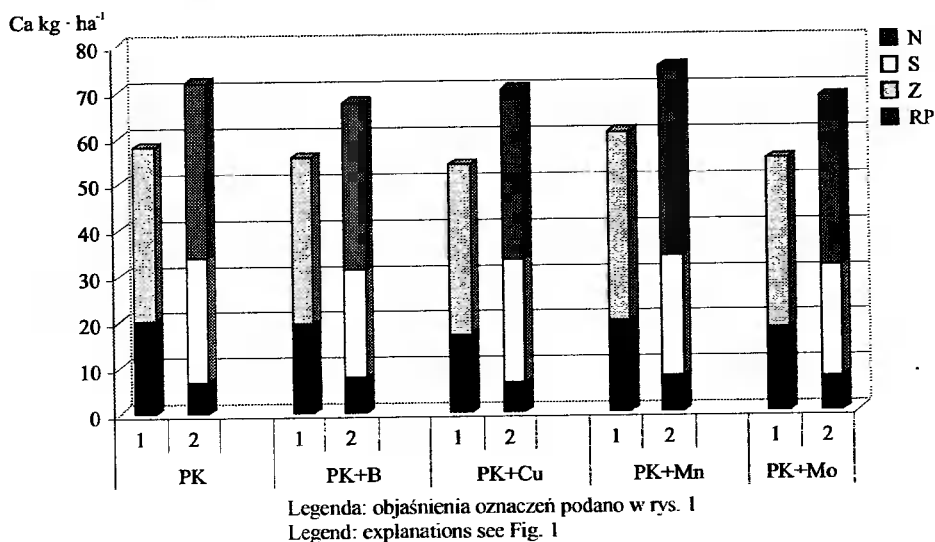
Rys. 14. Nagromadzenie potasu w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 14. Accumulation of potassium in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)



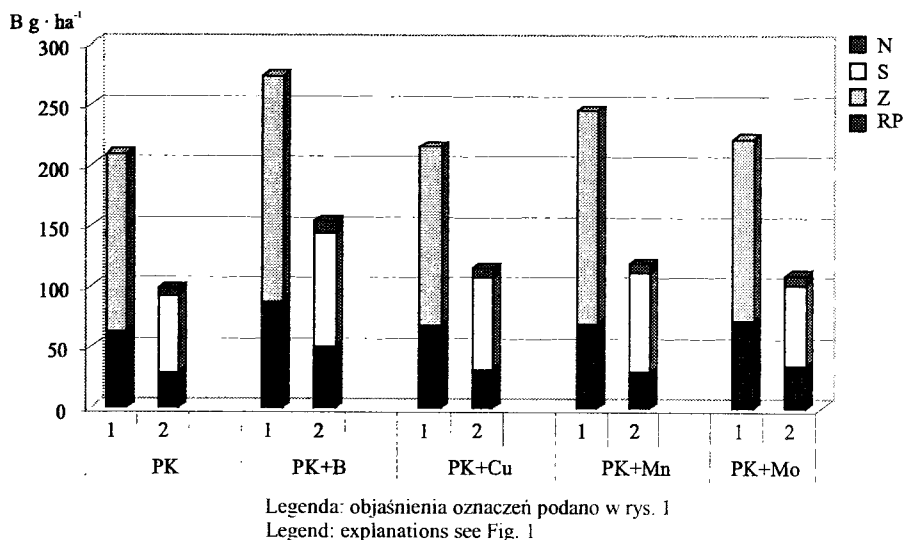
Rys. 15. Nagromadzenie magnezu w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 15. Accumulation of magnesium in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)



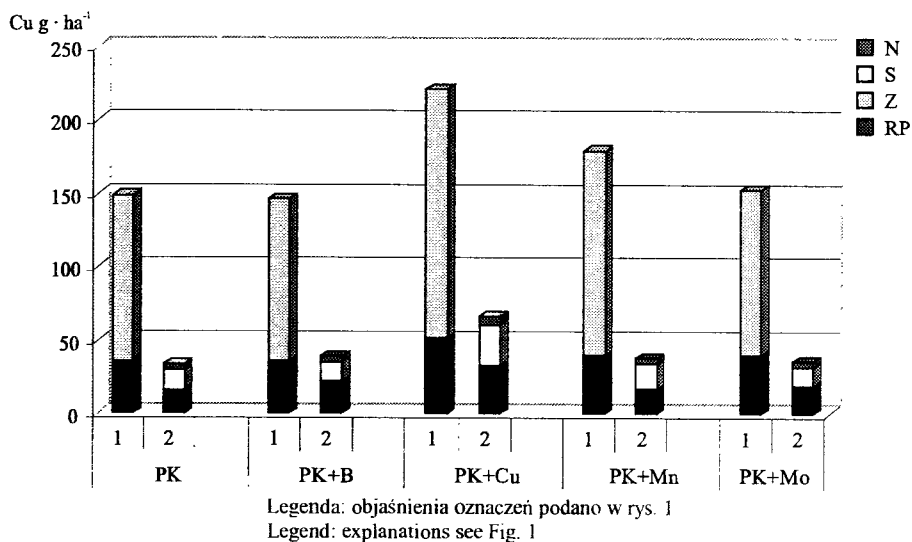
Rys. 16. Nagromadzenie wapnia w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 16. Accumulation of calcium in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)



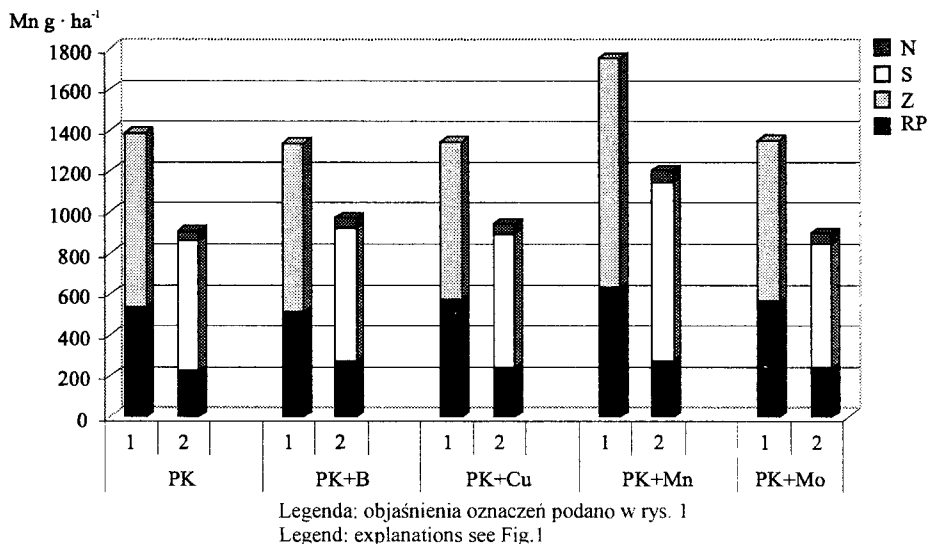
Rys. 17. Nagromadzenie boru w biomasic ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 17. Accumulation of boron in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)



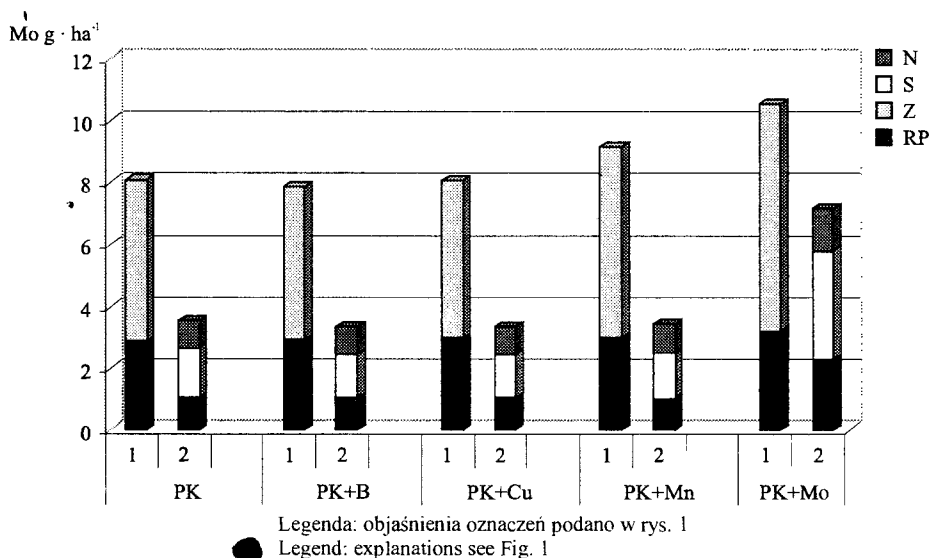
Rys. 18. Nagromadzenie miedzi w biomasic ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 18. Accumulation of copper in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)



Rys. 19. Nagromadzenie manganu w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 19. Accumulation of manganese in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)



Rys. 20. Nagromadzenie molibdenu w biomacie ogółem seradeli uprawianej na zielonkę (1) i nasiona (2)

Fig. 20. Accumulation of molybdenum in total biomass of serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2)

Dokarmianie seradeli mikroelementami zwiększyło również ich nagromadzenie w resztkach pozbiorowych. Obfitszym źródłem mikrośladków dla środowiska glebowego okazały się resztki roślin zbieranych na zielonkę, które pozostawiały (średnio)

na hektarze 72,6 g boru, 40,8 g miedzi, 564 g manganu i 3 g molibdenu, niż zbieranych na nasiona, z którymi pozostawało w glebie 35,7 g boru, 21,7 g miedzi, 253 g manganu i 1,3 g molibdenu.

Wytworzenie biomasy nadziemnej i podziemnej prowadziło do pobrania szczególnie dużych ilości azotu – 134 kg · ha⁻¹ w uprawie seradeli na nasiona i 208 kg · ha⁻¹ przy użytkowaniu jej na zielonkę, zbliżonych ilości potasu, odpowiednio 134 i 200 kg · ha⁻¹, znacznie mniej wapnia 74 i 61 kg · ha⁻¹, fosforu 24 i 39 kg · ha⁻¹ oraz najmniej magnezu 12 i 12 kg · ha⁻¹.

3.3. Ocena wartości stanowiska po łubinie żółtym dla pszenicy ozimej

W trzyletnim okresie oceny uprawy pszenicy ozimej po sobie i po łubinie żółtym lata 1985-1986 i 1988-1989 były posuszne, natomiast okres wegetacji 1987-1988 charakteryzował się korzystnym dla rozwoju pszenicy przebiegiem pogody. Na wszystkich ocenianych stanowiskach najwyższy plon ziarna i słomy pszenicy zebrano w drugim roku eksperymentu (1987-1988); w pierwszym roku uprawy (1985-1986) plony były pośrednie, a najmniejsze przy niedoborach opadów (1988-1989) (tab. 21).

Tabela 21. Plon ziarna, słomy i masa resztek pozbiorowych pszenicy ozimej na różnych stanowiskach

Table 21. Yield of grain and straw, and weight of post-harvest residue of winter wheat on different stands

Lata Years	Plon w t · ha ⁻¹ Yield in t · ha ⁻¹		Masa resztek pozbiorowych, t · ha ⁻¹ Post-harvest residue weight in t · ha ⁻¹
	ziarno – grain	słoma – straw	
Pszenica w stanowisku po pszenicy – trzeci rok następstwa po sobie Wheat on the stand after wheat – in the third year of the succession			
1985-1986	3,00	4,73	2,57
1987-1988	3,60	5,50	3,00
1988-1989	2,86	3,96	2,09
Srednia – Mean	3,15	4,73	2,55
Pszenica w stanowisku po łubinie na zielonkę Wheat on the stand after lupine for green crop			
1985-1986	4,05	5,79	3,72
1987-1988	4,68	6,32	3,41
1988-1989	3,25	5,03	2,87
Srednia – Mean	3,99	5,71	3,33
Pszenica w stanowisku po łubinie na nasiona Wheat on the stand after lupine for seeds			
1985-1986	4,21	5,51	4,00
1987-1988	4,79	6,56	3,66
1988-1989	3,42	4,98	3,00
Srednia – Mean	4,14	5,68	3,55

3.3.1. Plon i jakość masy nadziemnej pszenicy

Pszenica ozima należy do tej grupy roślin, które źle znoszą nawet krótkotrwałą uprawę po sobie. Plon ziarna pszenicy uprawianej po pszenicy, czyli w drugim roku monokultury był istotnie (o 27 i 31%) niższy niż po łubinie żółtym, ale nie różnicowany przez kierunki jego użytkowania (tab. 22). Zawartość azotu, fosforu, potasu i magnezu w ziarnie pszenicy uprawianej po łubinie, przy obu kierunkach jego użytkowania, była wyższa niż w ziarnie z obiektu kontrolnego, w tym azotu i potasu istotnie. Udowodniono statystycznie, że pszenica uprawiana po łubinie zawierała w ziarnie więcej boru i manganu przy zbiorze przedplonu na nasiona, a miedzi przy obu kierunkach użytkowania, niż na stanowisku po sobie. Uzupełnienie przedsiwnego plonowaniem pszenicy na tych obiektach, ale różnice nie były udowodnione statystycznie. Nawożenie łubinu miedzią i molibdenem istotnie zwiększyło zawartość azotu i potasu w ziarnie rośliny następczej. Pozostałe mikroelementy stosowane w przedplonie nieistotnie zmieniały zawartość makroelementów w ziarnie. Niezależnie od kierunku użytkowania łubinu widoczny był efekt następczy nawożenia tej rośliny borem, miedzią, manganem i molibdenem. W ziarnie pszenicy zebranym z tych obiektów zawartość wymienionych mikroelementów była istotnie wyższa.

Zawartość składników pokarmowych w ziarnie pszenicy w znacznym stopniu regulowana jest właściwościami genetycznymi rośliny, natomiast niedobory i nadmiary zasobów glebowych znacznie wyraźniej ujawniają się w składzie chemicznym słomy. O wysokiej wartości przedplonowej łubinu żółtego dla pszenicy świadczy zarówno istotnie wyższy plon słomy zebrany z tych obiektów, jak i wyższa zawartość w niej azotu i potasu, od uzyskanych na obiektach, gdzie przedplonem była pszenica (tab. 23). Zawartość fosforu i magnezu w słomie zmieniała się nieznacznie i przedplon nie miał na to wpływu. Słoma pszenicy uprawianej po łubinie żółtym na nasiona wyróżniała się istotnie wyższą zawartością wapnia w porównaniu z innymi stanowiskami. Wpływ przedplonów na koncentrację mikroelementów był udowodniony statystycznie, chociaż niejednolity. Więcej manganu i molibdenu oznaczono w słomie pszenicy na stanowisku po łubinie, niezależnie od kierunku jego użytkowania, miedzi tylko wówczas, gdy przedplonem był łubin na nasiona – porównania te odnoszą się do uprawy pszenicy po sobie. Pszenica uprawiana w monokulturze zawierała w słomie istotnie więcej boru niż w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę.

Uzupełnienie przedsiwnego nawożenia fosforem i potasem łubinu poprzez dolistne dokarmianie molibdenem istotnie zwiększyło plon słomy pszenicy. Następcze działania mikroelementów było udowodnione statystycznie i niezależne od kierunków użytkowania łubinu. Molibden stymulował wzrost zawartości azotu, wapnia oraz molibdenu w słomie pszenicy. Miedź natomiast powodowała, że w słomie pszenicy z tych obiektów więcej było azotu, potasu, wapnia i oczywiście miedzi. Bor i mangan zastosowane w uprawie łubinu niezależnie od kierunku jego użytkowania, wykazały długofalowe działanie. Ich koncentracja w słomie pszenicy z tych obiektów była wyższa.

Tabela 22. Plon ziarna pszenicy ozimej i zawartość makro- i mikroelementów w zależności od przedplonu – łubin żółty i dokarmiania mikroelementami

Table 22. Grain yield of winter wheat and the content of macro- and microelements in relation to forecrop – yellow lupine, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Plon ziarna Grain yield t · ha ⁻¹	Zawartość składników mineralnych – Content of mineral components mg · kg ⁻¹									
			g · kg ⁻¹					mg · kg ⁻¹				
			N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
Pszenica ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		3,15	17,8	3,4	2,4	1,7	0,70	2,41	4,21	41,8	0,36	
	Łubin żółty uprawiany na zielonkę Yellow lupine cultivated for green crop	3,83 4,05 3,93 4,01 4,11	18,7 18,2 21,8 18,8 20,0	2,9 3,3 3,8 3,5 4,0	2,1 2,8 3,3 2,9 3,2	1,5 1,9 1,7 1,5 1,9	0,51 0,73 0,66 0,72 0,78	1,71 4,11 2,00 1,41 2,07	8,86 10,38 14,12 8,61 8,67	37,1 43,3 39,5 66,2 30,2	0,36 0,36 0,32 0,26 0,70	
	Srednia – Mean	3,99	19,5	3,5	2,9	1,7	0,70	2,26	10,13	43,3	0,40	
	Łubin żółty uprawiany na nasiona Yellow lupine cultivated for seeds	4,02 4,04 4,17 4,19 4,30	18,7 19,7 23,5 19,7 21,0	3,6 3,6 4,2 3,1 3,4	3,1 2,9 2,9 2,8 3,3	1,8 2,0 2,3 1,9 1,7	0,63 0,47 0,82 0,79 0,89	2,17 4,12 2,56 2,33 2,53	11,63 12,79 16,11 12,69 10,97	42,1 45,1 43,1 64,3 41,2	0,35 0,30 0,39 0,36 0,61	
	Srednia – Mean	4,14	20,5	3,6	3,0	1,9	0,70	2,74	12,84	47,2	0,40	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania łubinu żółtego forecrops – control – utilization trends of yellow lupine		0,363	1,13	n.i. – n.s.	0,228	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	0,208	2,46	4,16	n.i. – n.s.	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		n.i. – n.s.	1,28	n.i. – n.s.	0,312	n.i. – n.s.	0,137	0,546	1,36	8,53	0,81	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 23. Plon słomy pszenicy ozimej i zawartość makro- i mikroelementów w zależności od przedplonu – łubin żółty i dokamiania mikroelementami

Table 23. Straw yield of winter wheat and the content of macro- and microelements in relation to forecrop – yellow lupine, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Plon słomy Straw yield t · ha ⁻¹	Zawartość składników mineralnych – Content of mineral components mg · kg ⁻¹									
			N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
Pszenna ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		4,73	3,4	0,8	8,9	0,9	2,7	20,3	5,12	49,7	0,50	
Łubin żółty uprawiany na zielonkę Yellow lupine cultivated for green crop	PK PK+B PK+Cu PK+Mn PK+Mo	5,28 5,74 5,76 5,70 5,90	3,1 3,6 4,6 3,3 3,7	1,2 0,7 0,8 0,8 0,9	8,9 11,2 11,7 10,0 12,0	0,8 1,2 0,8 1,0 1,0	2,4 2,9 3,4 2,5 3,1	13,4 26,6 17,4 12,1 16,3	3,75 4,26 8,01 4,75 4,74	42,2 45,1 50,8 71,0 51,1	0,42 0,56 0,41 0,50 0,80	
Srednia – Mean		5,68	3,7	0,9	10,8	1,0	2,9	17,2	5,10	52,0	0,54	
Łubin żółty uprawiany na nasiona Yellow lupine cultivated for seeds	PK PK+B PK+Cu PK+Mn PK+Mo	5,54 5,65 5,72 5,69 5,93	3,8 3,9 3,6 4,0 4,8	0,7 0,9 1,0 0,8 0,9	9,5 10,0 12,0 10,0 10,3	0,9 0,9 0,9 0,9 0,9	2,8 3,3 3,9 3,0 3,5	15,5 26,4 22,2 18,2 16,3	6,13 6,69 8,36 6,30 6,34	48,1 46,2 59,7 70,1 46,5	0,49 0,55 0,50 0,49 0,77	
Srednia – Mean		5,71	4,0	0,9	10,4	0,9	3,3	19,7	6,76	54,1	0,56	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania łubinu żółtego forecrops – control – utilization trends of yellow lupine		0,397	0,27	n.i. – n.s.	0,71	n.i. – n.s.	0,26	1,13	0,560	2,31	0,037	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		0,431	0,63	n.i. – n.s.	1,89	n.i. – n.s.	0,64	5,47	0,971	7,31	0,081	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

3.3.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych pszenicy

Średnia masa resztek pozbiorowych pszenicy w okresie badawczym wynosiła $3,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, najmniej resztek stwierdzono na wszystkich stanowiskach w ostatnim roku badań (1988-1989) i była ona zbieżna z niskimi plonami ziarna i słomy (tab. 21). Masa resztek pozbiorowych pszenicy ozimej była istotnie wyższa na stanowisku po łubinie żółtym niż przy uprawie pszenicy po sobie (tab. 24). Na różnicowanie w nich zawartości makro- i mikroskładników przedplon nie miał wpływu, z wyjątkiem zawartości manganu, którego w stanowisku po pszenicy było istotnie mniej niż po motylkowatych. Dolistne dokarmianie łubinu miedzią powodowało, że na tych obiektach masa resztek pozbiorowych pszenicy była istotnie wyższa, stwierdzono też więcej azotu i miedzi w porównaniu ze stanowiskiem po łubinie nawożonym tylko potasem i fosforem. Działanie następcze pozostałych mikroelementów wyrażało się istotnie wyższą ich zawartością w resztkach pozbiorowych pszenicy pochodzących z obiektów, na których w przedplonie mikroelementy te stosowano.

3.3.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach pszenicy

Istotą testów roślinnych jest założenie, iż ilość pobranych przez roślinę składników jest proporcjonalna lub równa ilości tego składnika znajdującego się w glebie w formie przyswajalnej. Pszenica uprawiana w krótkotrwałej monokulturze nagromadziła w ziarnie istotnie mniej makro- i mikroskładników niż uprawiana na stanowisku po łubinie żółtym przy obu kierunkach jego użytkowania (tab. 25). Miedź i molibden stosowane w dolistnym dokarmianiu łubinu istotnie zwiększyły pobranie z plonem ziarna pszenicy azotu, fosforu; miedź i potasu, sama miedź – magnezu, a wszystkie trzy wymienione wcześniej mikroelementy – wapnia w stosunku do pobrania tych makroelementów z obiektów, na których w przedplonie łubin nawożony był tylko fosforem i potasem. Udowodniono statystycznie, że mikroelementy wnoszone w uprawie łubinu wykorzystywane były również przez roślinę następczą. Pszenica pobrała w plonie ziarna istotnie więcej boru, miedzi, manganu i molibdenu z obiektów, na których stosowano te mikroelementy w przedplonie. Nagromadzenie boru i miedzi było dodatkowo zróżnicowane przez kierunki użytkowania łubinu. Udowodniono, że pszenica uprawiana po łubinie na nasiona pobrała tych składników więcej niż po łubinie zebranych na zielonkę.

Pszenica uprawiana po łubinie żółtym pobierała istotnie więcej badanych makro- i mikropierwiastków w plonie słomy niż na stanowisku po sobie (tab. 26). Nagromadzenie w słomie makroelementów, manganu i molibdenu było wyższe przy obu kierunkach użytkowania przedplonu, natomiast boru i miedzi tylko po łubinie na nasiona. Nawożenie przedplonu miedzią i molibdenem istotnie zwiększyło pobranie azotu i potasu z plonem słomy pszenicy uprawianej na tych stanowiskach. Działanie następcze boru i manganu uwidoczniło się w istotnym obniżeniu pobrania fosforu. Ponadto stosowanie w przedplonie boru zwiększyło pobranie magnezu, wapnia, molibdenu i samego boru; miedzi – wzrost pobrania wapnia, boru, manganu i miedzi; manganu – magnezu i manganu; molibden powodował wzrost nagromadzenia w słomie magnezu, wapnia i molibdenu – wymienione różnice były istotne w odniesieniu do obiektów, na których łubin przedplonowy nawożono tylko fosforem i potasem.

Resztki pozbiorowe pszenicy z monokultury charakteryzowały się istotnie mniejszym nagromadzeniem składników mineralnych niż w stanowisku po łubinie (tab. 27).

Tabela 24. Masa resztek pozbiorowych pszenicy ozimej oraz zawartość makro- i mikroelementów w zależności od przedplonu – łubin żółty i dokarmiania mikroelementami

Table 24. Weight of post-harvest residue of winter wheat and the content of macro- and microelements in relation to forecrop – yellow lupine, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Masa resztek pozbiorowych Weight of post-harvest residue	Zawartość składników mineralnych – Content of mineral components									
			N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
			g · kg ⁻¹					mg · kg ⁻¹				
Pszenica ozima – obiekt kontrolny Winter wheat – control		2,55	8,0	3,7	10,0	1,5	1,0	12,1	6,05	41,2	0,38	
Łubin żółty uprawiany na zielonkę Yellow lupine cultivated for green crop	PK	2,87	8,4	1,9	10,0	1,5	0,8	11,1	6,07	45,3	0,34	
	PK+B	3,60	9,0	2,4	10,0	1,6	0,9	16,8	6,23	46,0	0,34	
	PK+Cu	3,62	9,6	3,0	11,4	1,6	0,9	12,7	9,77	51,5	0,34	
	PK+Mn	3,09	8,8	3,0	10,0	1,6	1,0	13,2	6,00	67,6	0,34	
	PK+Mo	3,49	9,4	2,6	10,0	1,6	1,2	12,1	5,51	45,6	0,45	
Średnia – Mean			9,0	2,6	10,3	1,6	1,0	13,2	6,72	51,2	0,36	
Łubin żółty uprawiany na nasiona Yellow lupine cultivated for seeds	PK	3,11	8,1	3,6	10,0	1,4	0,9	11,2	6,11	47,1	0,34	
	PK+B	3,77	8,6	4,0	10,9	1,4	1,1	18,4	5,63	56,0	0,38	
	PK+Cu	3,81	9,6	3,7	11,6	1,4	1,0	12,1	9,15	51,1	0,37	
	PK+Mn	3,33	8,2	3,4	10,8	1,4	1,1	14,5	7,00	76,1	0,36	
	PK+Mo	3,75	8,8	3,4	11,5	1,4	1,0	13,1	7,34	46,1	0,51	
Średnia – Mean			8,7	3,6	11,0	1,4	1,0	13,8	7,05	55,3	0,39	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontrolny a kierunki użytkowania łubinu żółtego forecrops – control – utilization trends of yellow lupine			n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	6,37	n.i. – n.s.	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization			1,11	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	2,32	1,112	7,11	0,038	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 25. Pobranie makro- i mikroelementów z plonem ziarna pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – lubin żółty i dokarmiania mikroelementami

Table 25. The uptake of mineral components with winter wheat grain yield in relation to forecrop – yellow lupine, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Navożenie Fertilization	Pobranie składników mineralnych – Uptake of mineral components										
		N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	g · ha ⁻¹	
Pszenica ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		49,3	9,42	6,65	4,71	1,94	6,68	11,7	116	1,00		
Lubin żółty uprawiany na zielonkę Yellow lupine cultivated for green crop	PK	63,0	9,77	7,08	5,06	1,72	5,76	29,9	125	1,21		
	PK+B	64,8	11,7	9,97	6,76	2,60	14,6	36,9	154	1,28		
	PK+Cu	75,4	13,1	11,4	5,88	2,28	6,92	48,9	137	1,11		
	PK+Mn	66,4	12,4	10,2	5,30	2,54	4,98	30,4	234	0,92		
	PK+Mo	72,4	14,5	11,6	6,88	2,82	7,49	31,4	109	2,53		
Średnia – Mean		68,4	12,3	10,1	5,98	2,39	7,96	35,5	152	1,41		
Lubin żółty uprawiany na nasiona Yellow lupine cultivated for seeds	PK	66,2	12,7	10,9	6,37	2,23	7,68	41,2	149	1,24		
	PK+B	70,1	12,8	10,3	7,12	1,67	14,6	45,5	160	1,07		
	PK+Cu	86,2	15,4	10,6	8,44	3,01	9,40	59,1	158	1,43		
	PK+Mn	72,7	11,4	10,3	7,01	2,92	8,60	46,8	237	1,33		
	PK+Mo	79,4	12,8	12,5	6,43	3,36	9,56	41,5	156	2,31		
Średnia – Mean		71,4	12,6	10,5	6,48	2,50	8,88	40,6	161	1,44		
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania lubinu żółtego forecrops – control – utilization trends of yellow lupine		11,13	1,56	1,99	1,324	0,393	1,753	8,97	29,7	0,187		
navożenia mikroelementami microelement fertilization		10,37	2,11	1,75	1,472	0,674	2,516	6,92	25,3	0,213		

Tabela 26. Pobranie makro- i mikroelementów z plonem słomy pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty i dokarmiania mikroelementami

Table 26. The uptake of mineral components with winter wheat straw yield in relation to forecrop – yellow lupine, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Pobranie składników mineralnych – Uptake of mineral components									
		N	P	K	Mg	Ca	B	g · ha ⁻¹			
								Cu	Mn	Mo	
Pszenica ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		16,1	3,78	42,1	4,26	12,8	96,4	26,2	215		2,37
	PK	16,4	6,34	47,0	4,22	12,7	70,7	20,8	223		2,22
Łubin żółty uprawiany na zielonkę Yellow lupine cultivated for green crop	PK+B	20,7	4,02	64,3	6,89	16,6	152	24,1	259		3,21
	PK+Cu	26,5	4,61	67,4	4,61	19,6	100	45,8	293		2,36
Srednia – Mean	PK+Mn	18,8	4,56	57,0	5,70	14,2	68,9	27,0	405		2,85
	PK+Mo	21,8	5,31	70,8	5,90	18,3	96,2	28,1	301		4,72
Łubin żółty uprawiany na nasiona Yellow lupine cultivated for seeds	Srednia – Mean	20,8	4,97	61,3	5,46	16,3	97,8	29,2	296		3,07
	PK	21,0	3,88	52,6	4,99	15,5	86,1	33,9	267		2,71
Srednia – Mean	PK+B	22,0	5,09	56,5	5,09	18,6	149	37,8	261		3,11
	PK+Cu	20,6	5,72	68,6	5,15	22,3	126	47,8	342		2,86
Srednia – Mean	PK+Mn	22,8	4,55	56,9	5,12	17,1	103	35,8	399		2,79
	PK+Mo	28,5	5,34	61,1	5,34	20,8	103	37,6	275		4,57
Srednia – Mean		23,0	4,92	59,1	5,14	18,9	114	38,6	309		3,21
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania łubinu żółtego forecrops – control – utilization trends of yellow lupine		2,76	0,387	6,33	0,497	2,79	10,1	4,97	32,1		0,297
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		2,91	0,489	11,37	0,596	3,19	25,4	6,47	48,2		0,563

Tabela 27. Nagromadzenie makro- i mikroelementów z masą resztek pozbiorowych pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty i dokarmiania mikroelementami

Table 27. Accumulation of macro- and microelements with mass of winter wheat post-harvest residue in relation to forecrop – yellow lupine, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend		Pobranie składników mineralnych – Uptake of mineral components									
		N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
		kg · ha ⁻¹					g · ha ⁻¹				
Pszenica ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		20,4	9,44	25,5	3,83	2,55	35,9	15,5	86,8	0,97	
Łubin żółty uprawiany PK		24,1	5,45	28,7	4,31	2,30	31,9	17,4	129,9	0,98	
na zielonkę PK+ B		32,4	8,64	36,0	5,76	3,24	60,6	22,4	165,6	1,22	
Yellow lupine PK+ Cu		34,7	10,9	41,3	5,79	3,26	46,1	35,4	186,5	1,23	
cultivated for green PK+ Mn		27,2	9,27	30,9	4,94	3,09	40,7	18,5	208,9	1,05	
crop PK+ Mo		32,8	9,07	34,9	5,58	4,19	42,1	19,2	159,2	1,57	
Średnia – Mean		30,2	8,66	34,3	5,28	3,22	44,3	22,6	170,0	1,21	
Łubin żółty PK		25,2	11,2	31,1	4,35	2,80	34,7	19,0	146,5	1,06	
Uprawiany na nasiona PK+ B		32,4	15,1	41,1	5,28	4,15	69,4	21,2	211,1	1,43	
Yellow lupine PK+ Cu		36,6	14,1	44,2	5,33	3,81	45,9	34,9	194,8	1,41	
cultivated for seeds PK+ Mn		27,3	11,3	35,9	4,66	3,66	48,3	23,3	253,5	1,20	
PK+ Mo		33,0	12,7	43,1	5,25	3,75	49,2	27,5	172,7	1,91	
Średnia – Mean		30,9	12,9	39,1	4,97	3,63	49,5	25,2	195,7	1,40	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiect kontroly a kierunki użytkowania łubinu żółtego forecrops – control – utilization trends of yellow lupine		3,27	1,54	6,01	0,761	0,473	5,98	3,96	41,17	0,203	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		4,71	2,67	6,01	0,644	0,884	11,23	5,26	52,54	0,312	

Dokarmianie mikroelementami łubinu w przedplonie w szerokim zakresie zmieniło gromadzenie składników nie tylko w masie nadziemnej pszenicy, ale również w pozostających po jej uprawie resztkach pozbiorowych. W masie resztek pszenicy stwierdzono istotnie więcej azotu, potasu, magnezu, wapnia i boru na stanowiskach po łubinie żółtym użytkowanym na nasiona i zielonkę i nawożonym borem, miedzią i molibdenem. Nagromadzenie fosforu było wyższe na stanowisku po nawożeniu borem i miedzią. Działanie następcze mikroelementów stosowanych w przedplonie ujawniało się również istotnie wyższą ich akumulacją w masie resztek pozbiorowych pszenicy.

3.4. Ocena wartości stanowiska po seradeli dla pszenicy ozimej

W trzyletnim okresie oceny uprawy pszenicy ozimej po sobie i po seradeli, pierwszy rok (1987-1988) charakteryzował się korzystnym dla rozwoju i plonowania pszenicy przebiegiem pogody, a dwa kolejne lata, 1988-1989 i 1989-1990 były posuszne, co odbiło się na poziomie plonu. Na wszystkich ocenianych stanowiskach najwyższy plon ziarna, słomy i resztek pozbiorowych pszenicy stwierdzono w pierwszym roku eksperymentu (1987-1988) (tab. 28).

Tabela 28. Plon ziarna, słomy i masa resztek pozbiorowych pszenicy ozimej na różnych stanowiskach

Table 28. Grain and straw yield, and weight of post-harvest residue of winter wheat on different stands

Lata badań Years of the testing	Plon w t · ha ⁻¹ – Yield in t · ha ⁻¹		Masa resztek pozbiorowych w t · ha ⁻¹ Weight of post-harvest residue in t · ha ⁻¹
	ziarno – grain	słoma – straw	
	Pszenica w stanowisku po pszenicy – trzeci rok następstwa po sobie Wheat on the stand after wheat – in the third year of the succession		
1987-1988	3,64	4,95	2,10
1988-1989	2,83	3,60	1,88
1989-1990	2,51	2,82	1,56
Srednia – Mean	2,99	3,79	1,84
	Pszenica w stanowisku po seradeli na zielonkę Wheat on the stand after serradella cultivated for green crop		
1987-1988	4,56	6,39	3,38
1988-1989	3,87	4,58	3,17
1989-1990	3,38	3,95	2,98
Srednia – Mean	3,94	4,97	3,18
	Pszenica w stanowisku po seradeli na nasiona Wheat on the stand after serradella cultivated for seeds		
1987-1988	4,38	6,12	3,19
1988-1989	3,66	4,40	3,10
1989-1990	3,37	4,17	2,86
Srednia – Mean	3,80	4,89	3,05

3.4.1. Plon i jakość masy nadziemnej pszenicy

Plon ziarna pszenicy uprawianej na stanowisku po pszenicy był istotnie niższy niż po seradeli użytkowanej na zielonkę i na nasiona (tab. 29). Wyższa wartość stanowiska dla pszenicy po seradeli niż po sobie widoczna była również w składzie chemicznym ziarna. Istotnie wyższym poziomem zawartości makro- (z wyjątkiem fosforu) i mikroelementów wyróżniło się ziarno pszenicy na stanowisku po seradeli niż po pszenicy. Z małymi wyjątkami kierunek użytkowania przedplonu miał wpływ na koncentrację składników w ziarnie pszenicy. Magnezu, wapnia i molibdenu istotnie więcej było w ziarnie pszenicy uprawianej po seradeli zbieranej na zielonkę. Nie udowodniono statystycznego zróżnicowania plonu ziarna pszenicy w wyniku dokarmiania mikroelementami przedplonu w porównaniu z obiektem kontrolnym. Działanie następcze mikroelementów stosowanych w przedplonie sprowadzało się do istotnego wzrostu zawartości potasu w efekcie zastosowania miedzi i molibdenu. Istotnie wyższe zawartości w ziarnie boru, miedzi, manganu i molibdenu były silnie skorelowane z zawartością tych składników w glebie (tab. 35).

Plon słomy pszenicy i zawartość w niej wapnia, miedzi, manganu i molibdenu były istotnie wyższe w roślinach ze stanowiska po seradeli, niezależnie od kierunku jej użytkowania, niż przy uprawie pszenicy po sobie (tab. 30). Poziom zawartości azotu i magnezu był istotnie wyższy tylko w stanowisku po seradeli na zielonkę, natomiast zawartość fosforu i potasu jak i boru była niezależna od przedplonu. Dokarmianie mikroelementami seradeli nie zmieniało istotnie plonu słomy rośliny następczej. Udowodniono statystycznie, że słoma pszenicy ze stanowisk, na których w przedplonie stosowano miedź charakteryzowała się wyższą zawartością azotu, wapnia i miedzi, dokarmianie molibdenem podnosiło koncentrację wapnia i molibdenu, borem – boru i manganem – manganu w stosunku do obiektu kontrolnego.

3.4.2. Masa i skład chemiczny resztek pozbiorowych pszenicy

Istotnie wyższą masę resztek pozbiorowych pszenicy stwierdzono w stanowisku po seradeli niż po sobie (tab. 31). Na wyższą wartość stanowiska po seradeli niż po pszenicy wskazuje także zwiększona zawartość makro- i mikroskładników w masie resztek pozbiorowych. Tylko zawartość wapnia nie była zróżnicowana przez przedplony. Mikroelementy wykorzystywane w dolistnym dokarmianiu seradeli miały wpływ również na zmianę składu chemicznego resztek pozbiorowych pszenicy. Dokarmianie miedzią istotnie zwiększyło zawartość azotu i miedzi, molibdenem – azotu i molibdenu, a borem przyczyniło się do podniesienia zawartości boru, manganem – manganu w resztkach pszenicy w porównaniu z obiektem kontrolnym.

3.4.3. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w plonach pszenicy

Pobranie makro- i mikroskładników z plonem ziarna było znacznie wyższe przy uprawie pszenicy w stanowisku po seradeli w porównaniu do pobrania z uprawy w monokulturze (tab. 32). Ziarno akumulowało od 46,3 do 79,4 kg · ha⁻¹ azotu i był to składnik pobierany w największej ilości. Występowały też istotne różnice w pobraniu składników, wynikające z kierunku użytkowania seradeli.

Tabela 29. Plon ziarna pszenicy ozimej i zawartość makro- i mikroelementów w zależności od przedplonu – seradela i dokarmiania mikroelementami
 Grain yield of winter wheat and the content of macro- and microelements in relation to forecrop – serradella, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trends	Nawożenie Fertilization	Plon ziarna Grain yield t · ha ⁻¹	Zawartość składników mineralnych – Content of mineral components mg · kg ⁻¹									
			N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
Pszenica ozima – obiekt kontrolny Winter wheat – control		2,99	17,6	3,4	2,6	1,6	0,6	2,55	6,36	46,2	0,29	
	PK	3,78	19,7	3,6	3,0	1,8	0,7	2,63	5,96	50,0	0,32	
Seradela uprawiana na zielonkę Serradella cultivated for green crop	PK+B	3,94	20,9	3,8	3,2	2,1	0,9	3,11	6,55	41,1	0,36	
	PK+Cu	4,04	22,3	4,0	3,5	2,2	1,1	2,77	9,76	49,1	0,34	
Serradella cultivated for green crop	PK+Mn	4,01	21,1	3,8	3,5	2,0	0,8	2,60	6,17	64,5	0,34	
	PK+Mo	3,93	22,1	3,7	3,2	2,4	1,1	2,65	7,13	37,1	0,47	
Srednia – Mean		3,94	21,2	3,8	3,3	2,1	0,9	2,75	7,11	48,4	0,37	
Seradela uprawiana na nasiona Serradella cultivated for seeds	PK	3,60	17,8	3,3	2,6	1,5	0,5	2,56	6,74	49,2	0,28	
	PK+B	3,83	18,8	3,3	3,0	1,6	0,6	3,42	6,69	55,6	0,29	
Serradella cultivated for seeds	PK+Cu	3,85	21,1	3,3	3,2	1,8	0,7	2,86	9,76	60,4	0,30	
	PK+Mn	3,85	18,8	3,5	3,0	1,6	0,6	2,96	7,25	70,1	0,30	
Srednia – Mean	PK+Mo	3,88	20,0	3,6	3,0	1,8	0,6	2,85	7,20	54,4	0,40	
		3,80	19,3	3,4	3,0	1,7	0,6	2,93	7,53	58,0	0,31	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontrolny a kierunki użytkowania seradeli forecrops – control – utilization trends of serradella nawożenia mikroelementami microelement fertilization		0,468	1,68	n.i. – n.s.	0,32	0,24	0,08	0,188	0,487	5,36	0,051	
		n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	0,40	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	0,244	0,877	6,27	0,051	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 30. Plon słomy pszenicy ożymiej i zawartość makro- i mikroelementów w zależności od przedplonu – seradela i dokarmiania mikroelementami
 Table 30. Straw yield of winter wheat and the content of macro- and microelements in relation to forecrop – serradella, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trends	Nawożenie Fertilization	Plon słomy Straw yield (t · ha ⁻¹)	Zawartość składników mineralnych – Content of mineral components									
			N	P	g · kg ⁻¹			mg · kg ⁻¹				
					K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
Pszennica ożymia – obiekty kontrolny Winter wheat - control		3,79	0,8	9,0	0,7	2,6	20,2	4,13	47,1	0,55		
Seradela uprawiana na zielonkę Serradella cultivated for green crop	PK PK+ B PK+ Cu PK+ Mn PK+ Mo	4,70 4,93 5,09 5,01 5,11	0,7 0,9 1,0 0,9 1,0	10,8 10,5 11,3 10,6 11,5	0,9 1,1 1,2 1,1 1,2	3,4 3,3 3,9 3,3 3,9	21,2 27,9 23,2 24,1 23,9	4,52 4,50 9,13 4,53 5,23	53,2 47,1 52,7 76,1 50,0	0,55 0,62 0,62 0,61 0,81		
Srednia – Mean		4,97	0,9	10,9	1,1	3,6	24,0	5,58	55,8	0,64		
Seradela uprawiana na nasiona Serradella cultivated for seeds	PK PK+ B PK+ Cu PK+ Mn PK+ Mo	4,54 4,91 5,00 4,98 5,02	0,7 1,0 0,7 0,7 0,7	10,0 10,3 10,6 10,6 10,0	0,7 0,7 0,9 0,7 0,9	2,8 3,1 3,5 3,1 3,5	19,5 27,2 21,6 20,7 22,4	4,91 5,40 7,63 6,03 6,00	53,8 59,0 54,4 86,6 54,4	0,53 0,55 0,59 0,60 0,76		
Srednia – Mean		4,89	0,8	10,3	0,8	3,2	22,3	5,99	61,6	0,61		
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:												
przedplonów – obiekty kontrolny a kierunki użytkowania seradeli forecrops – control – utilization trends of serradella		0,537	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	0,15	0,47	n.i. – n.s.	0,966	6,33	0,049		
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		n.i. n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	0,47	3,22	1,123	6,31	0,078		

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 31. Masa resztek pozbiorowych pszenicy ożimej oraz zawartość makro- i mikroelementów w zależności od przedplonu – seradela i dokamiania mikroelementami

Table 31. Weight of post-harvest residue of winter wheat and the content of macro- and microelements in relation to forecrop – serradella, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trends	Masa resztek pozbiorowych After – harvest residue weight t · ha ⁻¹	Nawożenie Fertilization	Zawartość składników mineralnych – Content of mineral components									
			N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
			g · kg ⁻¹					mg · kg ⁻¹				
Pszennica ożyma – obiekt kontroly Winter wheat – control	1,84		7,8	3,3	9,6	1,3	1,0	19,2	4,75	49,8	0,38	
Seradela uprawiana na zielonkę Serradella cultivated for green crop	3,12	PK	8,4	2,6	10,8	1,8	1,0	21,1	5,56	63,6	0,46	
	3,12	PK+B	8,3	3,2	11,1	1,6	1,1	29,1	6,40	66,9	0,45	
	3,22	PK+Cu	10,1	3,2	11,5	2,2	1,2	24,1	8,69	60,9	0,44	
	3,21	PK+Mn	8,6	3,0	11,1	1,6	1,0	22,1	6,18	83,1	0,42	
	3,24	PK+Mo	9,9	3,1	11,5	1,9	1,3	25,9	6,00	63,7	0,52	
Srednia – Mean	3,18		9,1	3,0	11,2	1,8	1,1	24,5	6,57	67,6	0,46	
Seradela uprawiana na nasiona Yellow lupine cultivated for seeds	2,90	PK	8,0	2,3	9,6	1,5	0,8	19,4	4,82	52,0	0,36	
	3,01	PK+B	8,3	2,9	10,6	1,6	0,9	25,1	5,14	53,9	0,39	
	3,07	PK+Cu	9,1	2,9	10,8	1,6	1,0	20,2	6,81	55,0	0,39	
	3,11	PK+Mn	8,5	2,9	10,3	1,6	0,9	20,3	5,13	73,3	0,37	
	3,15	PK+Mo	9,1	2,9	10,6	1,7	1,0	20,3	5,41	53,5	0,51	
Srednia – Mean	3,05		9,1	2,8	10,4	1,6	0,9	21,0	5,46	57,6	0,40	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania seradeli forecrops – control – utilization trends of serradella			0,88	0,24	0,78	0,25	n.i. – n.s.	3,19	0,834	8,35	0,033	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization			0,63	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. n.s.	n.i. – n.s.	3,25	0,815	8,53	0,036	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 32. Pobranie makro- i mikroelementów z ziarnem pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela i dokarmiania mikroelementami
 The uptake of mineral components with winter wheat grain yield in relation to forecrop – serradella, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Pobranie składników mineralnych – Uptake of mineral components									
		N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
		kg · ha ⁻¹					g · ha ⁻¹				
Pszenica ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		46,3	8,94	6,84	4,21	1,58	6,71	16,7	121	0,76	
Seradela uprawiana na zielonkę Serradella cultivated for green crop	PK	65,6	12,0	9,99	5,99	2,33	8,76	19,8	166	1,07	
	PK+B	72,5	13,2	11,1	7,29	3,12	10,8	22,7	143	1,25	
	PK+Cu	79,4	14,2	12,5	7,83	3,92	9,86	34,7	175	1,21	
	PK+Mn	74,5	13,4	12,4	7,06	2,82	9,18	21,8	228	1,20	
	PK+Mo	76,5	12,8	11,1	8,30	3,81	9,17	24,7	129	1,63	
Srednia – Mean		73,7	13,1	11,4	7,29	3,20	9,55	24,8	168	1,27	
Seradela uprawiana na nasiona Serradella cultivated for seeds	PK	56,4	10,5	8,24	4,76	1,59	8,12	21,4	156	0,89	
	PK+B	63,4	11,1	10,1	5,39	2,02	11,5	22,5	187	0,98	
	PK+Cu	71,5	11,2	10,8	6,10	2,37	9,70	33,1	205	1,02	
	PK+Mn	63,7	11,9	10,2	5,42	2,03	10,0	24,6	238	1,02	
	PK+Mo	68,2	12,3	10,2	6,14	2,05	9,72	24,5	186	1,36	
Srednia – Mean		64,6	11,4	9,92	5,56	2,01	9,82	25,2	194	1,05	
NIR _{0,05} dla: -- LSD _{0,05} for: przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania seradeli forecrops – control – utilization trends of serradella		12,68	2,56	2,42	1,871	0,834	1,306	3,81	41,1	0,283	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		9,71	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	1,925	0,727	1,651	4,79	33,6	0,263	

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Tabela 33. Pobranie makro- i mikroelementów ze słomą pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela i dokarmiania mikroelementami
 The uptake of mineral components with winter wheat straw yield in relation to forecrop – serradella, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Pobranie składników mineralnych – Uptake of mineral components									
		N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
		kg · ha ⁻¹					g · ha ⁻¹				
Pszenica ozima – obiekt kontroly Winter wheat – control		13,6	3,03	34,1	2,65	9,85	76,4	15,6	178	2,08	
	PK	17,9	3,29	50,8	4,23	15,9	99,4	21,2	250	2,59	
	PK+B	20,7	4,44	51,8	5,42	16,3	137	22,2	232	3,06	
	PK+Cu	24,9	5,09	57,5	6,11	19,8	118	46,5	268	3,16	
	PK+Mn	19,5	4,51	53,1	5,51	16,5	121	22,7	381	3,06	
PK+Mo	24,5	5,11	58,8	6,13	19,9	122	26,7	255	4,14		
Średnia – Mean		21,5	4,49	54,4	5,48	17,7	119	27,9	277	3,20	
Seradela uprawiana na zielonkę Serradella cultivated for green crop	PK	15,9	3,18	45,4	3,18	12,7	88,5	22,3	244	2,41	
	PK+B	17,7	4,91	50,6	3,44	15,2	133	26,5	290	2,70	
	PK+Cu	22,0	3,50	53,0	4,50	17,5	108	38,1	272	2,95	
	PK+Mn	17,4	3,49	52,8	3,49	15,4	103	30,0	431	2,99	
	PK+Mo	19,1	3,51	50,2	4,52	17,6	113	30,1	273	3,82	
Średnia – Mean		18,4	3,72	50,4	3,83	15,7	109	29,4	302	2,97	
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:											
przedplonów – obiekt kontroly a kierunki użytkowania seradeli forecrops – control – utilization trends of serradella		3,59	0,711	8,00	1,396	2,69	17,5	4,97	49,1	0,643	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		3,17	0,757	6,27	1,293	n.i. – n.s.	24,1	6,75	51,2	0,643	

Tabela 34. Nagromadzenie makro- i mikroelementów z masą resztek pozbiorowych pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela i dokarmiania mikroelementami
 Table 34. Accumulation of macro- and microelements with mass of winter wheat post-harvest residue in relation to forecrop – serradella, and microelements fertilization

Przedplon i kierunek użytkowania Forecrop and utilization trend	Nawożenie Fertilization	Pobranie składników mineralnych – Uptake of mineral components									
		N	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Mo	
		kg · ha ⁻¹					g · ha ⁻¹				
Pszenica ozima – obiekty kontrolny Winter wheat – control		14,4	6,07	17,7	2,39	1,84	35,3	8,74	91,6	0,70	
	PK	26,2	8,11	33,7	5,62	3,12	65,9	17,3	198	1,44	
	PK+B	25,9	9,98	34,6	4,99	3,43	90,8	20,0	209	1,40	
	PK+Cu	32,5	10,3	37,0	7,08	3,86	77,6	28,0	196	1,42	
	PK+Mn	27,6	9,63	35,6	5,14	3,21	71,0	19,8	267	1,35	
Seradela uprawiana na zielonkę Serradella cultivated for green crop	PK+Mo	32,1	10,0	37,3	6,16	4,21	84,1	19,4	206	1,68	
	Średnia – Mean	28,9	9,61	35,6	5,80	3,57	77,9	20,9	215	1,46	
	PK	23,2	6,67	27,8	4,35	2,32	56,1	14,0	151	1,04	
	PK+B	25,0	8,73	31,9	4,82	2,71	75,6	15,5	162	1,17	
	PK+Cu	27,9	8,90	33,2	4,91	3,07	62,0	20,9	169	1,20	
Seradela uprawiana na nasiona Serradella cultivated for seeds	PK+Mn	26,4	9,02	32,0	4,98	2,80	63,0	15,9	228	1,15	
	PK+Mo	28,7	9,14	33,4	5,36	3,15	63,4	17,0	169	1,61	
	Średnia – Mean	26,2	8,49	31,7	4,88	2,81	64,0	16,7	176	1,23	
	NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:										
	przedplonów – obiekty kontrolny a kierunki użytkowania seradeli forecrops – control – utilization trends of serradella		1,311	7,26	1,533	0,873	21,14	5,27	53,1	0,293	
nawożenia mikroelementami microelement fertilization		3,47	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	13,64	3,47	36,2	0,237		

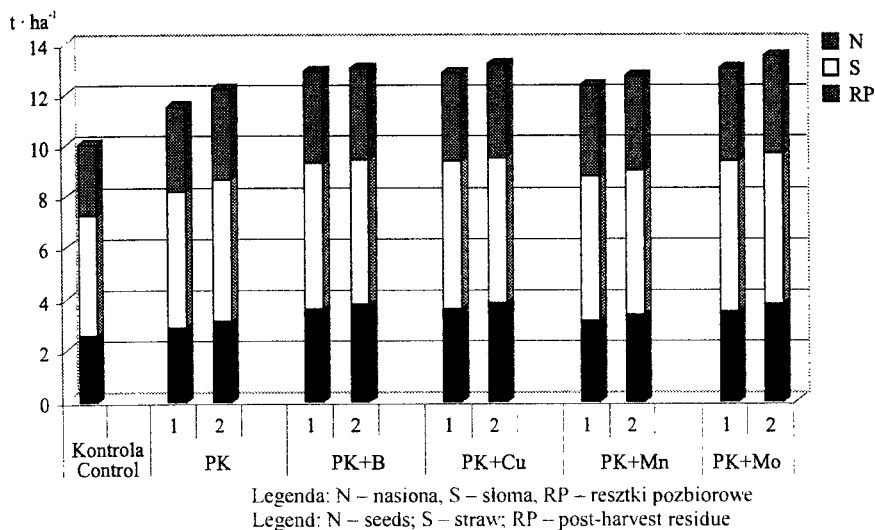
n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

W ziarnie pszenicy uprawianej po seradeli na nasiona pobranie magnezu i wapnia była istotnie niższe niż po seradeli na zielonkę. Nawożenie seradeli miedzią przyczyniło się do pobrania istotnie wyższych ilości azotu, wapnia i miedzi, molibdenu – azotu, magnezu, wapnia i molibdenu w ziarnie pszenicy. Uzupełnienie przedplonu borem istotnie zwiększyło jego pobranie w ziarnie pszenicy. To samo dotyczyło manganu. Następczy efekt mikroelementów określano w odniesieniu do stanowiska, na którym uprawiano seradę nawożoną tylko fosforem i potasem. Stwierdzono wysoką korelację między zawartością mikroelementów w glebie a ich nagromadzeniem w ziarnie pszenicy (tab. 35). W plonie słomy stwierdzono istotnie więcej wszystkich makro- i mikroelementów na stanowisku po seradeli niezależnie od kierunku jej użytkowania (wyjątek stanowił fosfor i magnez, w odniesieniu do których istotne różnice dotyczyły tylko użytkowania na zielonkę) niż po pszenicy (tab. 33). Spośród wszystkich składników słoma kumulowała najwięcej potasu, od 34,1 do 57,5 kg · ha⁻¹. Z wyjątkiem wapnia pobranie pozostałych składników w słomie było istotnie różnicowane przez dokarmianie przedplonu mikroelementami – miedź i molibden istotnie zwiększyły pobranie azotu, fosforu, potasu i magnezu. Udowodniono działanie następcze nawożenia mikroelementami przedplonu i ich wpływ również na zwiększone wyniesienie z plonem słomy tego składnika, który na danym stanowisku stosowany był dolistnie. Wyższy plon ziarna i słomy pszenicy ozimej w stanowisku po seradeli świadczy o tym, że rośliny były dorodniejsze niż wówczas, gdy uprawiano je po sobie. Odnosi się to nie tylko do masy nadziemnej, lecz również do bardziej rozbudowanego systemu korzeniowego z którym pozostawiały większą masę resztek pozbiorowych (tab. 34). Udowodniono statystycznie, że nagromadzenie w tych resztkach makro- i mikroskładników na stanowisku po seradeli zarówno użytkowanej na zielonkę, jak i nasiona było wyższe niż przy uprawie pszenicy w monokulturze. Każdy ze stosowanych w przedplonie mikroelementów został nagromadzony w resztkach pozbiorowych pszenicy w istotnie większych ilościach, ponadto miedź i molibden wpłynęły istotnie na zwiększenie nagromadzenia azotu w porównaniu z obiektem kontrolnym.

3.5. Porównanie ilości i jakości biomasy oraz nagromadzenia składników przez pszenicę ozimą uprawianą na różnych stanowiskach

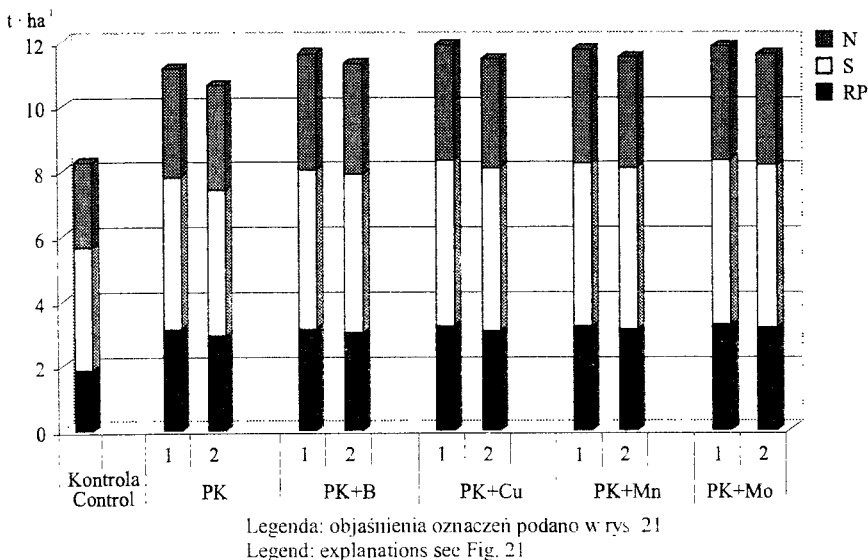
Strukturę biomasy pszenicy ozimej w stanowisku po łubinie żółtym i po seradeli przedstawiono na rysunkach 21 i 22. Badania nad reakcją pszenicy na stanowisko łubinie żółtym wykonano w latach 1985-1986, 1987-1988 i 1988-1989, a wpływ irawy i nawożenia seradeli na pszenicę oceniano w latach 1987-1988, 1988-1989 i 1989-1990. Ocena działania następczego przedplonów przypadała w obu eksperymentach na jeden rok o korzystnym rozkładzie opadów i na dwa lata posuszne, dlatego czynnik ten nie różnicował porównywanych doświadczeń z pszenicą.

Ogólna biomasa pszenicy uprawianej w monokulturze wynosiła średnio 9,2 t · ha⁻¹ i była niższa niż w stanowisku po seradeli – 11,5 t · ha⁻¹ i po łubinie żółtym – 12,2 t · ha⁻¹ (rys. 21, 22). Obserwowano dużą zbieżność wpływu kierunków użytkowania przedplonów na ogólny plon biomasy pszenicy.



Rys. 21. Plon biomasy pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – lubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 21. Biomass yield of winter wheat in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1) and seeds (2), and microelements fertilization



Rys. 22. Plon biomasy pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 22. Biomass yield of winter wheat in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1) and seeds (2), and microelements fertilization

Wykazano, że plon ziarna pszenicy był wysoko skorelowany z masą resztek pozbiorowych roślin przedplonowych, zawartością w glebie makroskładników i słabiej z zawartością mikroskładników; nie stwierdzono korelacji z odczynem gleby (tab. 35).

Tabela 35. Współczynniki korelacji dla wybranych zależności
 Table 35. Correlation coefficients for selected relations

Badane cechy Examined properties	Stanowisko – Stand	
	po łubinie żółtym after yellow lupine	po seradeli after serradella
1	2	3
Korelacje między plonem ziarna pszenicy a wybranymi cechami stanowiska Correlations between wheat grain yield and selected properties of the position in the crop rotation		
Plon ziarna x zawartość węgla organicznego (Corg) w glebie Seed yield to (Corg) content in soil	$r_z^* = 0,86; r_n^{**} = 0,76$	$r_z = 0,22; r_n = 0,79$
Plon ziarna x zawartość azotu ogółem (Nog.) w glebie Seed yield to total N content	$r_z = 0,95; r_n = 0,79$	$r_z = 0,61; r_n = 0,85$
Plon ziarna x zawartość fosforu (P) przyswajalnego Seed yield to P available content	$r_z = 0,75; r_n = 0,86$	$r_z = 0,81; r_n = 0,57$
Plon ziarna x zawartość potasu (K) przyswajalnego Seed yield to K available content	$r_z = 0,87; r_n = 0,83$	$r_z = 0,77; r_n = 0,86$
Plon ziarna x zawartość magnezu (Mg) przyswajalnego Seed yield to Mg available content	$r_z = 0,81; r_n = 0,86$	$r_z = -0,21; r_n = 0,42$
Plon ziarna x zawartość boru (B) przyswajalnego Seed yield to B available content	$r_z = 0,43; r_n = 0,33$	$r_z = 0,52; r_n = 0,49$
Plon ziarna x zawartość miedzi (Cu) przyswajalnej Seed yield to Cu available content	$r_z = 0,21; r_n = 0,26$	$r_z = 0,73; r_n = 0,48$
Plon ziarna x zawartość manganu (Mn) przyswajalnego Seed yield to Mn available content	$r_z = 0,23; r_n = 0,26$	$r_z = 0,25; r_n = 0,45$
Plon ziarna x zawartość molibdenu (Mo) przyswajalnego Seed yield to Mo available content	$r_z = 0,31; r_n = 0,42$	$r_z = 0,09; r_n = 0,56$
Plon ziarna x pH gleby Seed yield to pH of soil	$r_z = 0,42; r_n = 0,15$	$r_z = 0,38; r_n = -0,28$
Korelacje między zawartością mikroelementów w glebie a ich zawartością i nagromadzeniem w plonie ziarna pszenicy Correlations between microelements content in the soil and their content and accumulation in wheat grain yield		
Zawartość boru (B) przyswajalnego w glebie x zawartość boru w ziarnie B available content in soil to B content in seed	$r_z = 0,92; r_n = 0,97$	$r_z = 0,78; r_n = 0,91$
Zawartość miedzi (Cu) przyswajalnej w glebie x zawartość miedzi w ziarnie Cu available content in soil to Cu content in seed	$r_z = 0,92; r_n = 0,89$	$r_z = 0,94; r_n = 0,99$
Zawartość manganu (Mn) przyswajalnego w glebie x zawartość manganu w ziarnie Mn available content in soil to Mn content in seed	$r_z = 0,96; r_n = 0,99$	$r_z = 0,82; r_n = 0,82$
Zawartość molibdenu (Mo) przyswajalnego w glebie x zawartość molibdenu w ziarnie Mo available content in soil to Mo content in seed	$r_z = 0,98; r_n = 0,94$	$r_z = 0,80; r_n = 0,95$
Zawartość boru (B) przyswajalnego w glebie x nagromadzenie boru w ziarnie B available content in soil to B accumulation in seed	$r_z = 0,92; r_n = 0,96$	$r_z = 0,82; r_n = 0,87$

cd. tabeli 35

1	2	3
Zawartość miedzi (Cu) przyswajalnej w glebie x miedzi nagromadzenie w ziarnie Cu available content in soil to Cu accumulation in seed	$r_z = 0,91$; $r_n = 0,92$	$r_z = 0,98$; $r_n = 0,94$
Zawartość manganu (Mn) przyswajalnego w glebie x nagromadzenie manganu w ziarnie Mn available in soil to Mn accumulation in seed	$r_z = 0,96$; $r_n = 0,99$	$r_z = 0,90$; $r_n = 0,83$
Zawartość molibdenu (Mo) przyswajalnego w glebie x nagromadzenie molibdenu w ziarnie Mo available in soil to Mo accumulation in seed	$r_z = 0,98$; $r_n = 0,94$	$r_z = 0,94$; $r_n = 0,95$
Korelacje między wybranymi parametrami żyzności gleby Correlations between selected soil fertility parameters		
Masa resztek pozbiorowych roślin motylkowatych x zawartość węgla organicznego (Corg) w glebie Weight post-harvest residue of papilionaceous plants to Corg content in soil	$r^{***} = 0,93$	$r = 0,96$
Masa resztek pozbiorowych roślin motylkowatych x zawartość azotu ogółem (Nog.) w glebie Weight post-harvest residue of papilionaceous plants to total N content in soil	$r = 0,70$	$r = 0,94$
Masa resztek pozbiorowych roślin motylkowatych x zawartość azotu – N – NO ₃ ⁻ w glebie Weight post-harvest residue of papilionaceous plants to N – NO ₃ ⁻ content in soil	$r = \text{n.i.}$ $r = \text{n.s.}$	$r = 0,53$
Masa resztek pozbiorowych roślin motylkowatych x zawartość azotu – N – NH ₄ ⁺ w glebie Weight post-harvest residue of papilionaceous plants to N – NH ₄ ⁺ content in soil	$r = \text{n.i.}$ $r = \text{n.s.}$	$r = 0,87$
Masa resztek pozbiorowych roślin motylkowatych x „alifatyczność” KH Weight post-harvest residue of papilionaceous plants to KH „aliphaticness”	$r = \text{n.i.}$ $r = \text{n.s.}$	$r = 0,61$
Zawartość węgla organicznego x „alifatyczność” KH Corg content to KH „aliphaticness”	$r = -0,62$	$r = -0,45$

* r_z – korelacja dotyczy roślin uprawianych na zielonkę – correlation regards plants grown for green crops,

** r_n – korelacja dotyczy roślin uprawianych na nasiona – correlation regards plants grown for seeds,

*** r – korelacja dotyczy roślin niezależnie od kierunku użytkowania – correlation regards plants irrespective of utilization trend

n.i. – różnice nieistotne: n.s. – insignificant differences

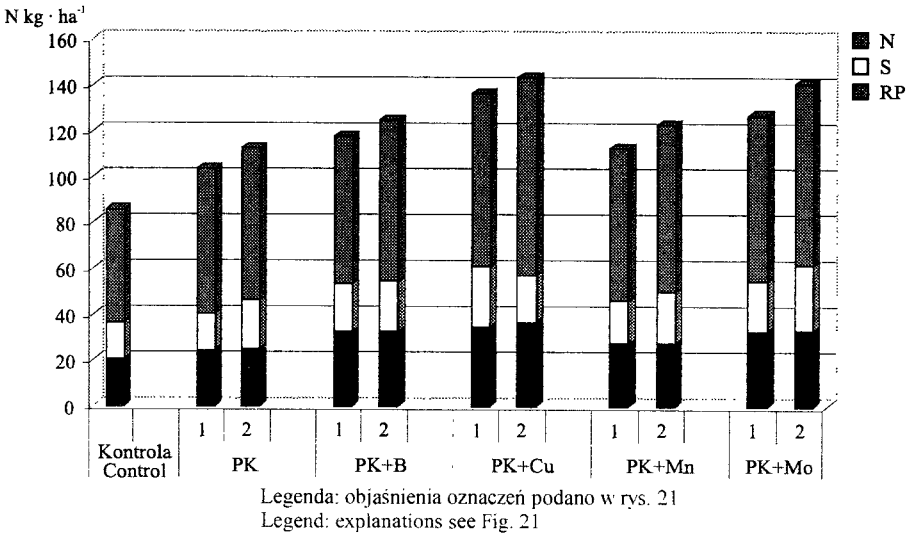
Udział ziarna w biomase pszenicy z monokultury, w stanowisku po łubinie żółtym i seradeli był bardzo zbliżony. Masa resztek pozbiorowych pszenicy w monokulturze stanowiła średnio 23% ogólnej biomasy. w stanowisku po łubinie i seradeli była nieco wyższa i wynosiła 25-27%. Efektem dolistnego dokarmiania mikroelementami przedpło-

nu łubinu żółtego i seradeli był zbiór większej biomasy pszenicy z tych obiektów w porównaniu z nawożonymi tylko fosforem i potasem. Stwierdzono wysoką korelację między masą azotu nagromadzoną w resztkach pozbiorowych roślin przedplonowych a biomasą wytworzoną przez pszenicę. Pobranie azotu w biomacie ogółem pszenicy, przy uprawie roślin w monokulturze, było dużo niższe (wynosiło od 74 do 86 kg · ha⁻¹) niż w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę – średnio 120 kg · ha⁻¹ i na nasiona 125 kg · ha⁻¹ (rys. 23) oraz po seradeli odpowiednio 124 i 109 kg · ha⁻¹ (rys. 24). Dokarmianie przedplonu mikroelementami skutkowało wyższym nagromadzeniem azotu w roślinie następczej. Najwyższym pobraniem azotu wyróżniła się biomasa pszenicy ze stanowiska po łubinie i seradeli nawożonych miedzią. Stwierdzono wyjątkowo korzystny wpływ tego mikroelementu na gromadzenie azotu. Najwyższe jego pobranie było w pszenicy ze stanowiska po łubinie żółtym na nasiona i wynosiło 143 kg · ha⁻¹. Największy udział w pobraniu azotu z biomasą miało jego nagromadzenie w ziarnie pszenicy.

Masa fosforu pobrana przez całe rośliny pszenicy uprawianej po sobie wynosiła 18-23 kg · ha⁻¹, w stanowisku po łubinie żółtym – 25-30 kg · ha⁻¹ (rys. 25), a po seradeli – 24-27 kg · ha⁻¹ (rys. 26), nawożenie przedplonu miedzią także zwiększyło pobranie z tych obiektów fosforu (ponad 35 kg · ha⁻¹). Najwięcej fosforu gromadziła pszenica w ziarnie. Stwierdzono wyższe nagromadzenie fosforu w pszenicy na stanowisku po łubinie użytkowanym na nasiona niż na zielonkę. W przypadku seradeli było odwrotnie. Potas był drugim makroskładnikiem po azocie, nagromadzonym przez biomasę pszenicy w dużych ilościach: w monokulturze – 59-74 kg · ha⁻¹, na stanowisku po łubinie – 106-109 kg · ha⁻¹ (rys. 27), po seradeli – 92-102 kg · ha⁻¹ (rys. 28). Najwięcej potasu nagromadziło się w słomie, w drugiej kolejności w resztkach pozbiorowych pszenicy. Kierunki użytkowania motylkowatych uprawianych w przedplonie w niewielkim stopniu różnicowały pobranie potasu z masą pszenicy. Doliste dokarmianie mikroelementami roślin przedplonowych łubinu i seradeli wyrażało się wyższym pobraniem z tych stanowisk potasu, a najwięcej tego składnika nagromadziła pszenica, której przedplon nawożono miedzią (do 123 kg · ha⁻¹).

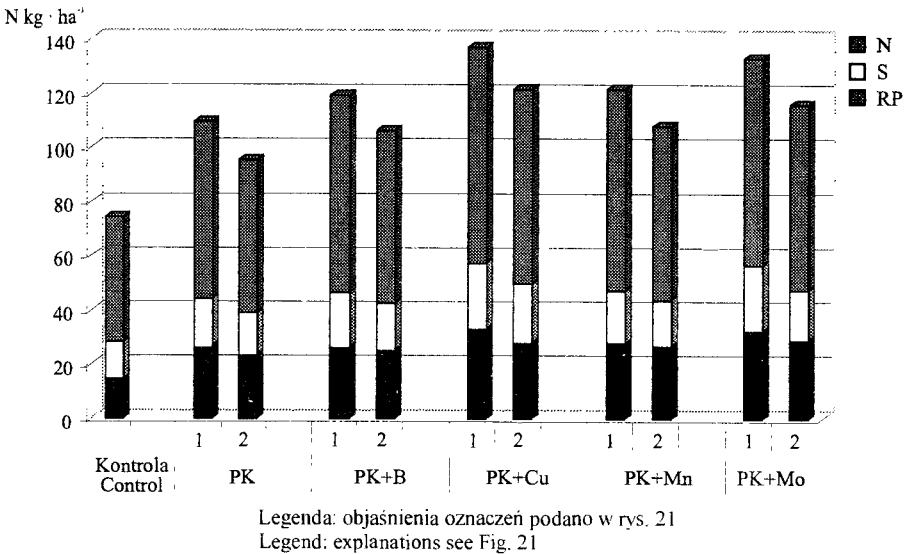
Pszenica uprawiana w monokulturze pobrała na budowę całej biomasy 9-13 kg · ha⁻¹ magnezu, nieco więcej gdy przedplonem były rośliny motylkowate – po łubinie żółtym 17 kg · ha⁻¹ (rys. 29), po seradeli – 14-19 kg · ha⁻¹ (rys. 30). Nagromadzenie magnezu w pszenicy uprawianej po łubinie żółtym nie było różnicowane przez sposób jego użytkowania. Uzupełnienie nawożenia fosforowego i potasowego mikroelementami w uprawie przedplonów miało działanie następcze, wyrażające się wyższym pobraniem przez pszenicę magnezu z tych obiektów. Podobnie jak w nagromadzeniu azotu, fosforu i potasu – miedź działała także najsilniej na wzrost pobrania magnezu (najwyższe – 21 kg · ha⁻¹ – pszenica po seradeli nawożonej miedzią na zielonkę).

Pobranie wapnia z biomasą pszenicy kształtowało się następująco: 13-17 kg · ha⁻¹ w monokulturze, 22-25 kg · ha⁻¹ po łubinie żółtym (rys. 31), 21-24 kg · ha⁻¹ po seradeli (rys. 32). Największy udział w pobraniu wapnia z biomasą miało jego nagromadzenie w słomie pszenicy. Systematycznie więcej wapnia pobrały rośliny na stanowisku po łubinie żółtym na nasiona w porównaniu ze stanowiskiem po zbiorze na zielonkę: w doświadczeniu z seradelą było odwrotnie.



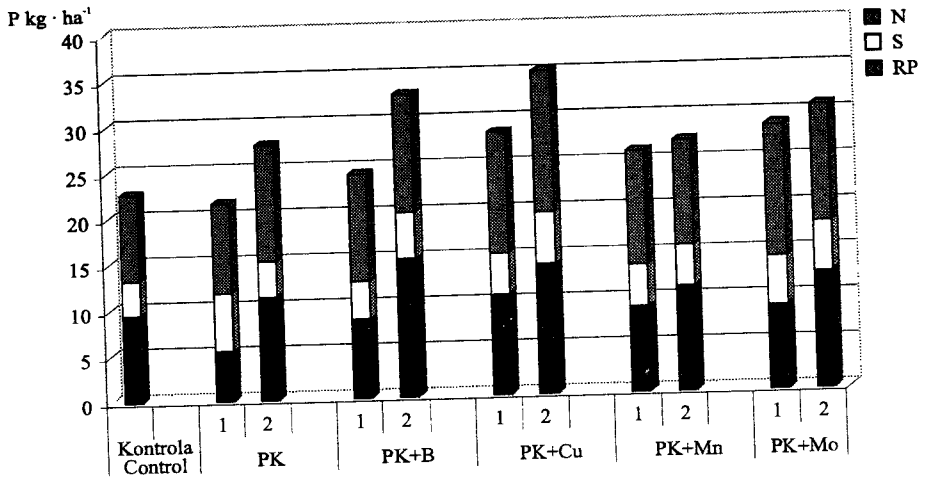
Rys. 23. Nagromadzenie azotu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – lubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 23. Accumulation of nitrogen in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Rys. 24. Nagromadzenie azotu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – serradella uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

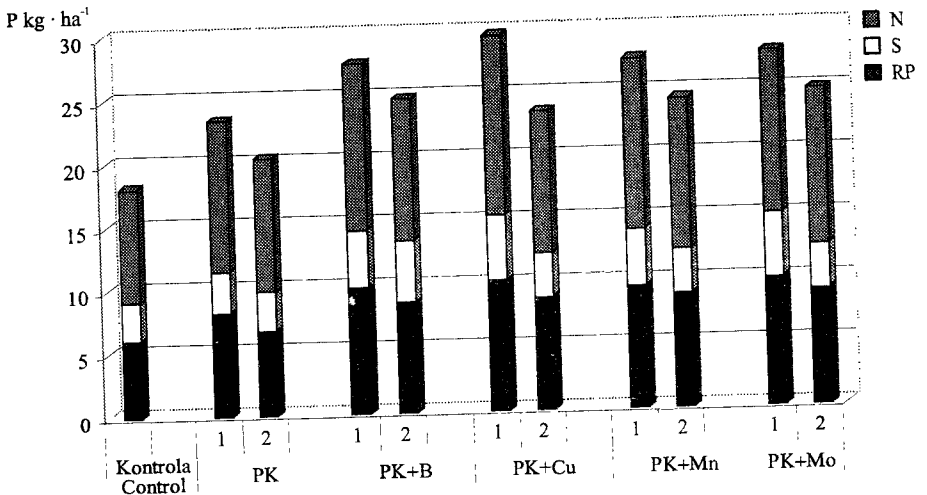
Fig. 24. Accumulation of nitrogen in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 21
 Legend: explanations see Fig. 21

Rys. 25. Nagromadzenie fosforu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – lubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

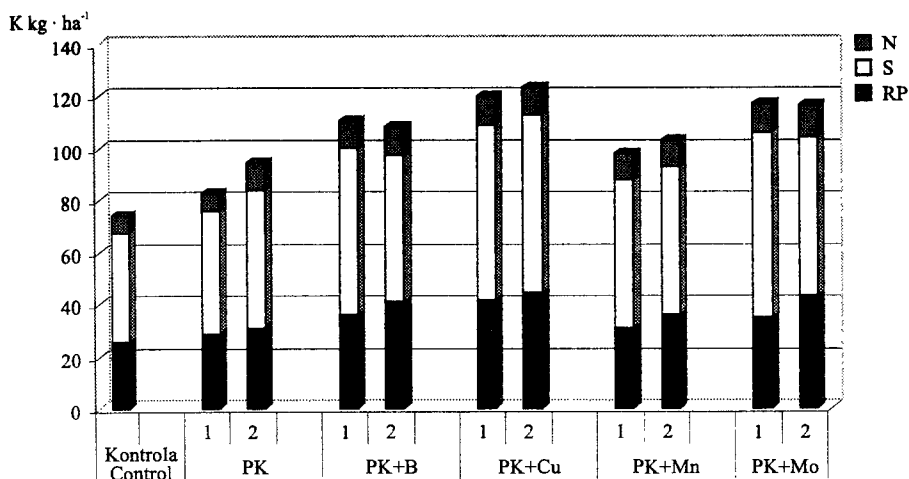
Fig. 25. Accumulation of phosphorus in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 21
 Legend: explanations see Fig. 21

Rys. 26. Nagromadzenie fosforu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

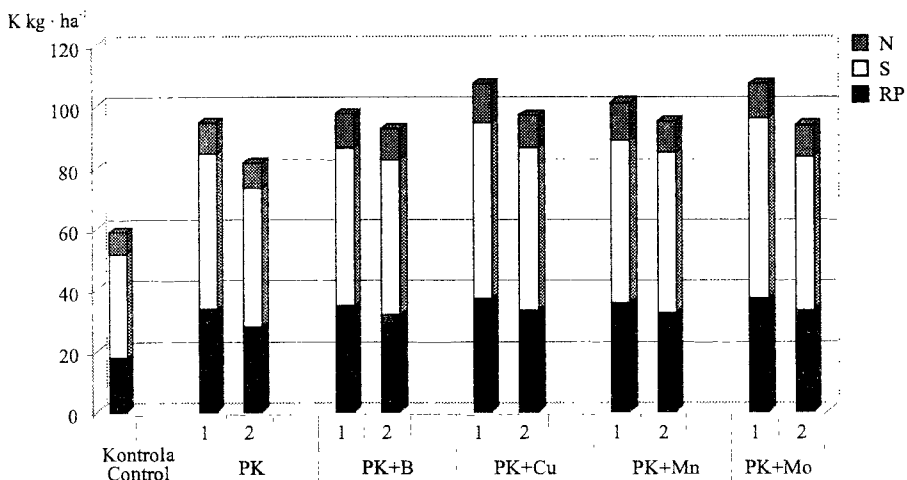
Fig. 26. Accumulation of phosphorus in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 21
 Legend: explanations see Fig. 21

Rys. 27. Nagromadzenie potasu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

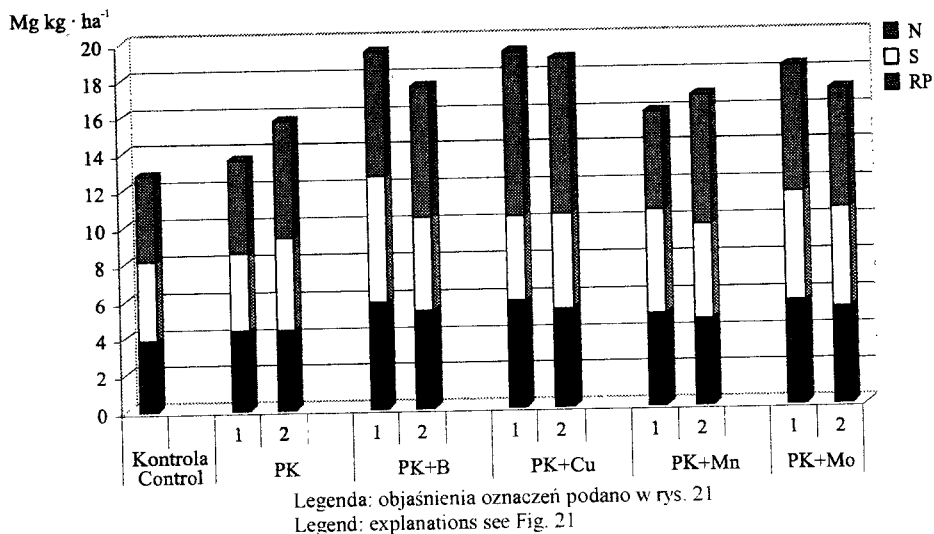
Fig. 27. Accumulation of potassium in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 21
 Legend: explanations see Fig. 21

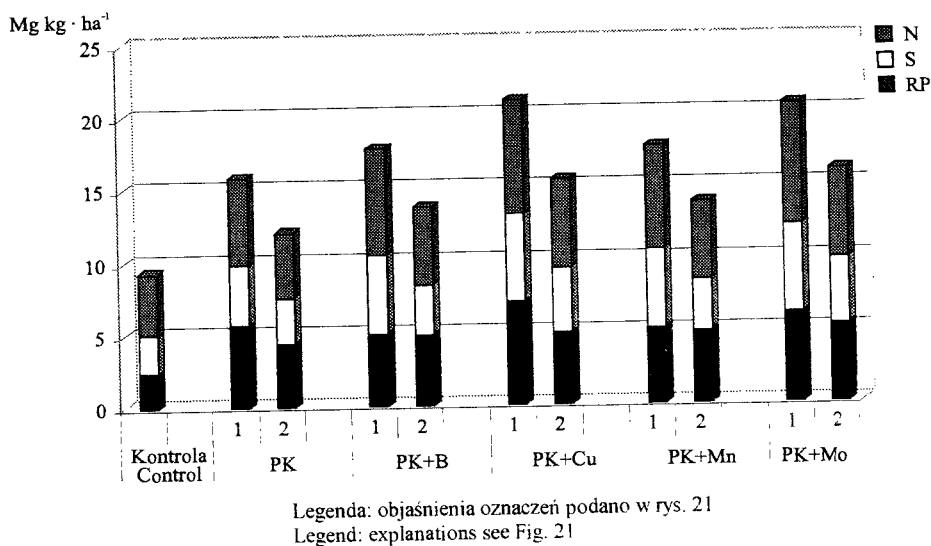
Rys. 28. Nagromadzenie potasu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 28. Accumulation of potassium in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



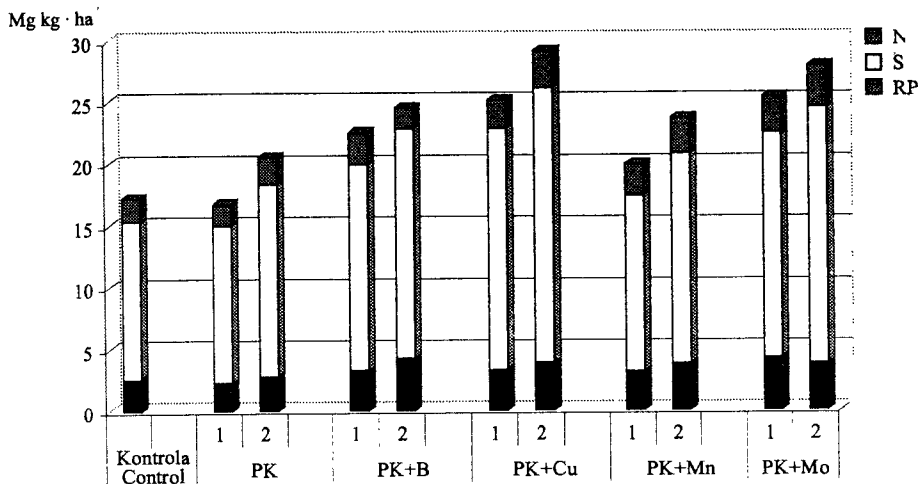
Rys. 29. Nagromadzenie magnezu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – lubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 29. Accumulation of magnesium in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Rys. 30. Nagromadzenie magnezu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

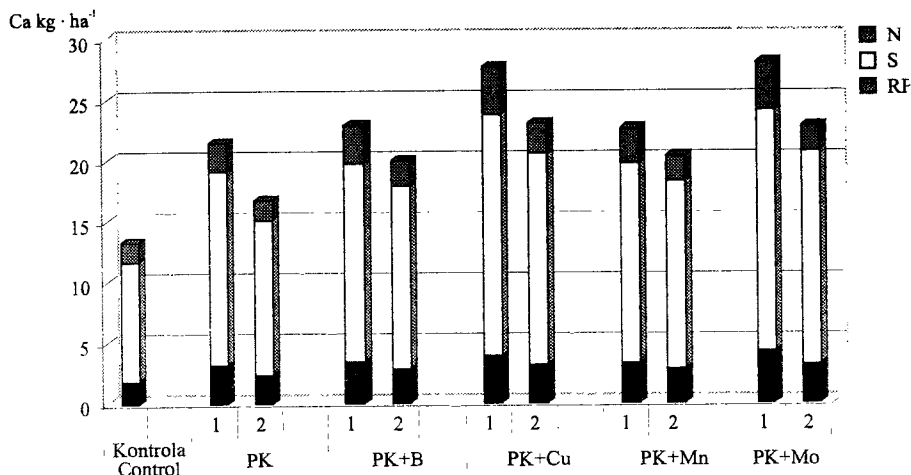
Fig. 30. Accumulation of magnesium in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 21
 Legend: explanations see Fig. 21

Rys. 31. Nagromadzenie wapnia w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 31. Accumulation of calcium in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 21
 Legend: explanations see Fig. 21

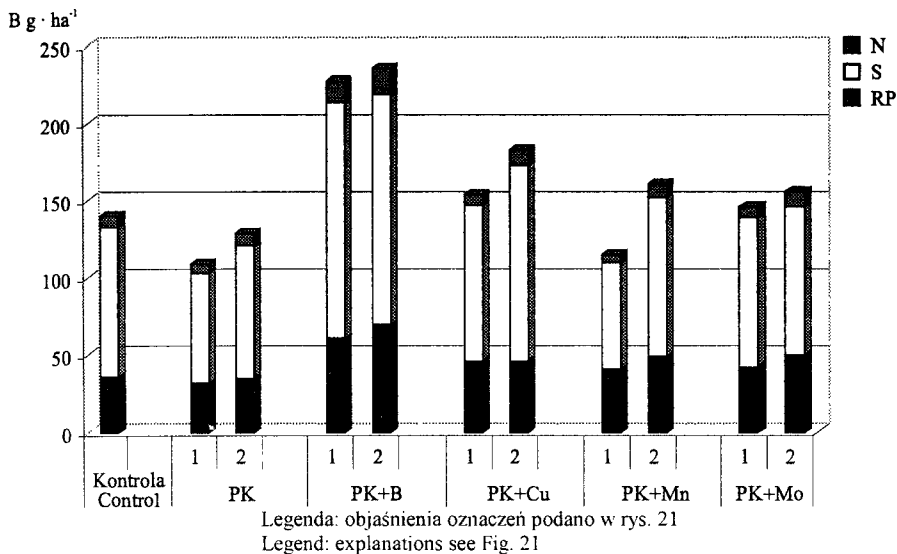
Rys. 32. Nagromadzenie wapnia w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 32. Accumulation of calcium in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization

Dokarmianie mikroelementami przedplonu łubinu i seradeli stymulowało pobranie wapnia z biomasą pszenicy. Ponownie nawożenie miedzią skutkowało najwyższym pobraniem wapnia: $28 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – po łubinie żółtym uprawianym na zielonkę. Nagromadzenie mikro- i makroelementów w biomacie pszenicy było funkcją plonu i zawartości składników. Pszenica była dorodniejsza i wydała wyższy plon, lepiej zaopatrzone w składniki pokarmowe po przedplonach motylkowatych, niż przy uprawie w monokulturze. Ponadto, akumulacja mikroelementów w masie nadziemnej jak i w resztkach pozbiorowych była istotnie wyższa w wyniku następczego działania mikroskładników użytych w nawożeniu przedplonu. Pszenica uprawiana w monokulturze pobrała z biomasą pszenicy – $118\text{-}139 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ boru, więcej po łubinie żółtym – $150\text{-}172 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 33), a po seradeli – $183\text{-}207 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 34). Wartości te były jeszcze wyższe, kiedy rośliny przedplonowe dokarmiano borem i wynosiły odpowiednio $228\text{-}233 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $221\text{-}239 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Kierunki użytkowania przedplonu tylko nieznacznie różnicowały pobranie tego mikroelementu. Najwięcej boru pszenica pobierała z masą słomy, mniej z resztkami pozbiorowymi, a najmniej w ziarnie.

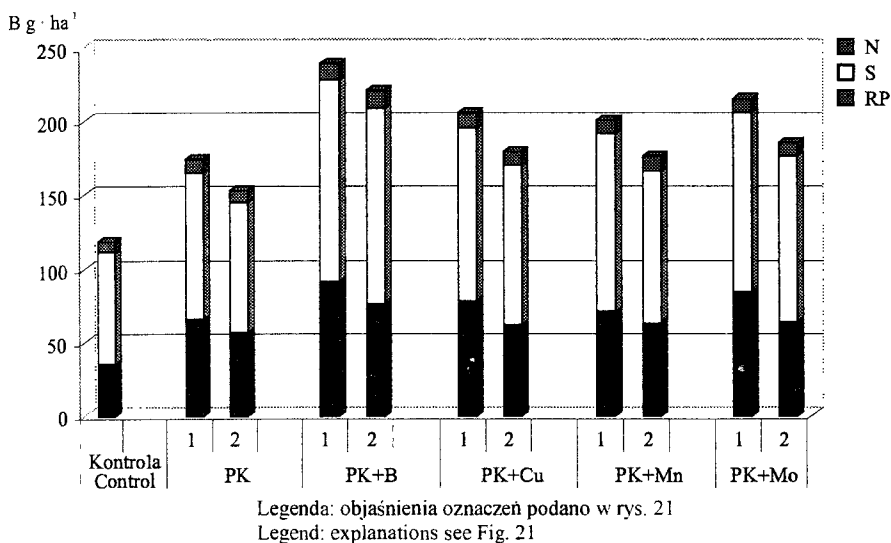
Pobranie miedzi z biomasą pszenicy modyfikowały te same czynniki jak w przypadku boru, czy innych mikroelementów. Pszenica uprawiana w monokulturze nagromadziła miedzi najmniej, od 41 do $53 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, najwięcej $87\text{-}104 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ przy uprawie w stanowisku po łubinie żółtym (rys. 35), a po seradeli odpowiednio $71\text{-}74 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 36). Nagromadzenie miedzi w pszenicy uprawianej po przedplonie nawożonym miedzią wzrastało do $130\text{-}141 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (łubin) oraz $92\text{-}109 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (seradela). Większy udział w pobraniu miedzi z biomasą pszenicy miała masa ziarna, a następnie słoma i resztki pozbiorowe.

Wpływ kierunku użytkowania przedplonu na pobranie miedzi przez pszenicę był wyraźny tylko u łubinu – wyższe wartości stwierdzono przy uprawie na zielonkę. Spośród badanych mikroelementów w największej ilości był pobierany mangan. Jego nagromadzenie w biomacie pszenicy było wyższe w roślinach uprawianych w stanowisku po motylkowatych – $639\text{-}700 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, łubinie – $850\text{-}890 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 37) i seradeli – $617\text{-}672 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 38), niż w przypadku pszenicy – $391\text{-}418 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie przedplonu manganem zwiększyło jego pobranie z masą pszenicy – $847\text{-}890 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (łubin) i $875\text{-}897 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (seradela). Kierunki uprawy przedplonu miały niewielki i niejednorodny wpływ na pobranie manganu. Molibden w przeciwieństwie do manganu gromadzony był w roślinach w niewielkich ilościach. Największy udział w pobraniu miała słoma pszenicy. Nagromadzenie molibdenu w biomacie pszenicy z monokultury wynosiło $3,5\text{-}4,3 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, więcej po łubinie – $5,7\text{-}6,0 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 39), po seradeli – $5,2\text{-}5,9 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 40). Wzrost pobrania z masą pszenicy do poziomu $8,8 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (łubin) i $6,8\text{-}7,5 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (seradela) następował na obiektach nawożonych w przedplonie molibdenem.



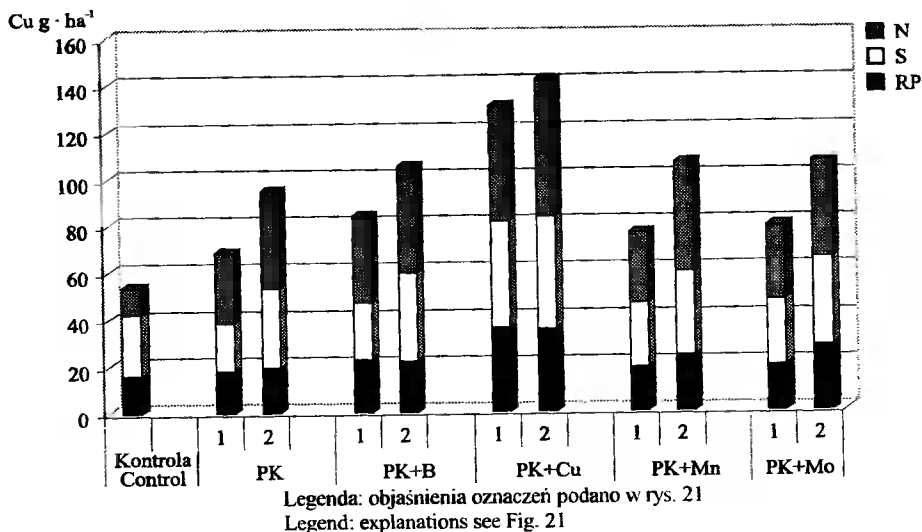
Rys. 33. Nagromadzenie boru w biomase pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 33. Accumulation of boron in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



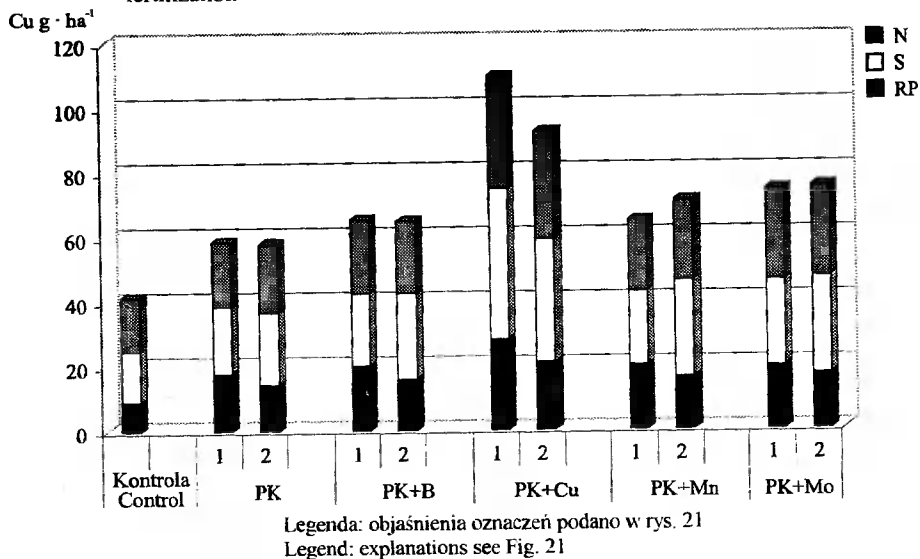
Rys. 34. Nagromadzenie boru w biomase pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 34. Accumulation of boron in winter wheat biomass in relation to forecrop, serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



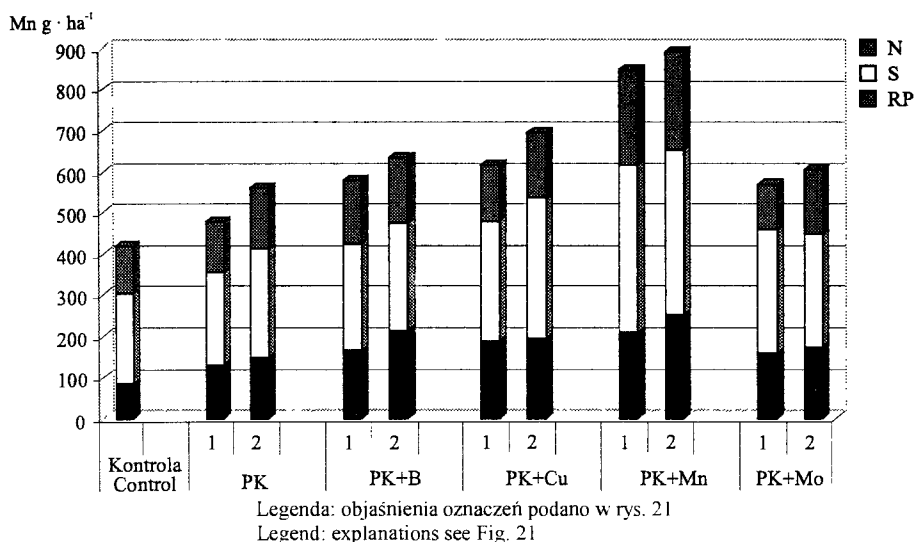
Rys. 35. Nagromadzenie miedzi w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 35. Accumulation of copper in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



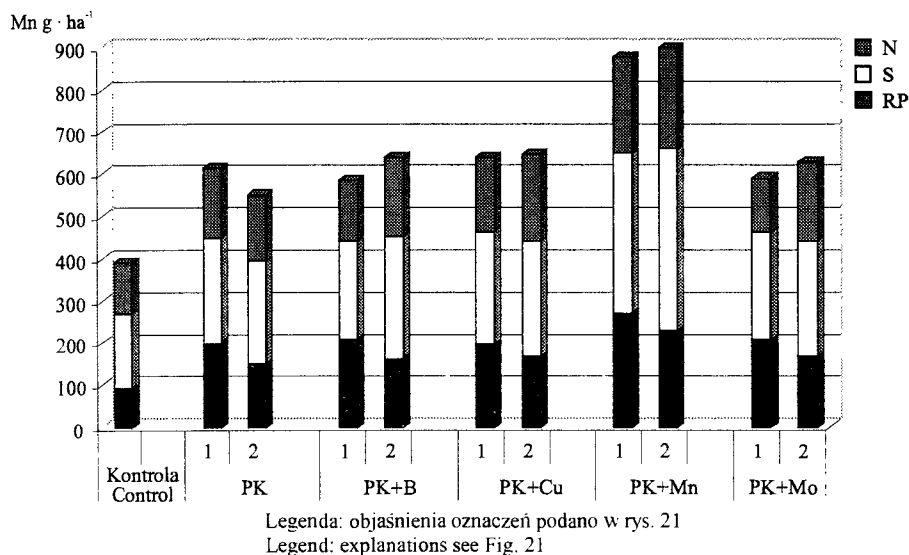
Rys. 36. Nagromadzenie miedzi w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradella uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 36. Accumulation of copper in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



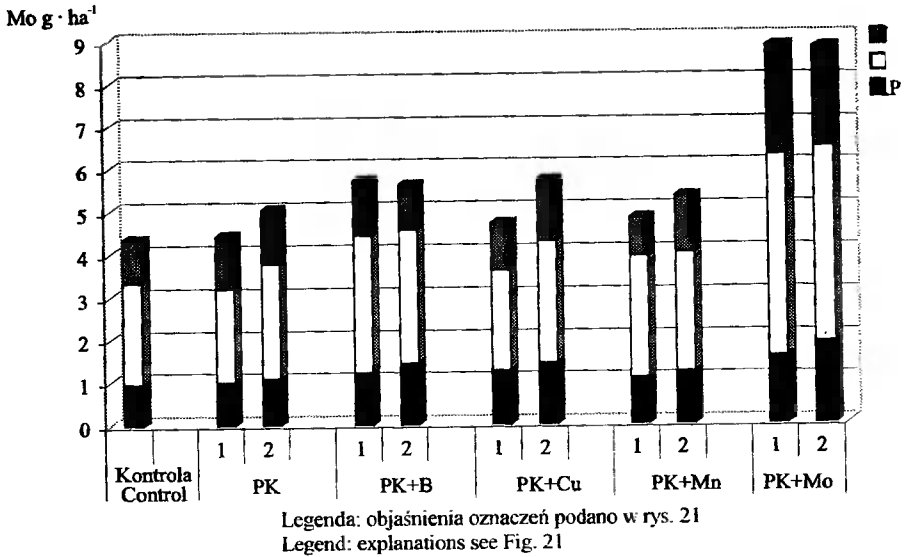
Rys. 37. Nagromadzenie manganu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 37. Accumulation of manganese in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization

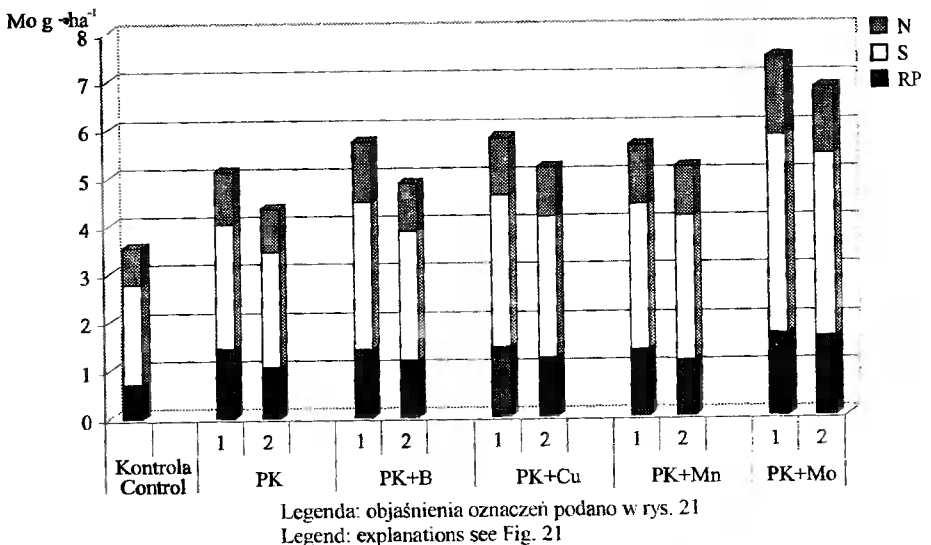


Rys. 38. Nagromadzenie manganu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradella uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami

Fig. 38. Accumulation of manganese in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



▼ Rys. 39. Nagromadzenie molibdenu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – łubin żółty uprawiany na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiana mikroelementami
Fig. 39. Accumulation of molybdenum in winter wheat biomass in relation to forecrop – yellow lupine cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization



Rys. 40. Nagromadzenie molibdenu w biomacie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu – seradela uprawiana na zielonkę (1) i nasiona (2) oraz dokarmiania mikroelementami
Fig. 40. Accumulation of molybdenum in winter wheat biomass in relation to forecrop – serradella cultivated for green crop (1), and seeds (2), and microelements fertilization

3.6. Wpływ przedplonów i mikroelementów na wartość stanowiska dla pszenicy ozimej

3.6.1. Zawartość azotu ogółem, azotu azotanowego i amonowego, przyswajalnych form makro- i mikroskładników. Odczyn gleby

Na podstawie dwóch członów zmianowań: łubin żółty – pszenica ozima; seradela – pszenica ozima oraz pszenica ozima – pszenica ozima, oceniano zmiany zasobności gleby. Zasobność jest częścią pojęcia żyzności gleby, rozumianej jako zdolność do zapatrywania roślin w wodę i składniki pokarmowe. W najprostszym ujęciu zasobność definiuje się jako zawartość w glebie dostępnych dla roślin składników mineralnych. W pracy posłużono się dwiema metodami badania zasobności gleb: testem z wykorzystaniem roślin wyższych (pszenica) i analizą gleby.

Uprawa łubinu żółtego na zielonkę jak i na nasiona sprzyjała wzrostowi wartości wszystkich badanych parametrów jakości gleby w porównaniu ze stanem przed założeniem doświadczenia (tab. 36). Przyrost azotu ogółem w warstwie ornej gleby – przy obu kierunkach użytkowania – wynosił 6% pomimo tego, że nie stosowano nawożenia tym składnikiem, a w plonie części nadziemnych roślin pobrała ze stanowiska średnio od 119 do 171 kg · ha⁻¹ azotu. Łubin przy obu kierunkach użytkowania nawożono 100 kg · ha⁻¹ potasu. Rośliny pobierały go z plonem masy nadziemnej w ilości od 60 do 136 kg · ha⁻¹, a mimo tego zawartość przyswajalnego potasu w glebie wzrastała o 8-16%. Przyrost zawartości fosforu w glebie na stanowisku po łubinie wynosił 4-16%, a magnezu 13-23%. Zawartość mikroskładników w stanowisku po łubinie była również wyższa w porównaniu ze stanem wyjściowym, szczególnie na obiektach nawożonych tymi składnikami.

Dwuletnia uprawa pszenicy ozimej po sobie, pomimo wnoszenia składników pokarmowych w ilości 60 kg · ha⁻¹ azotu, 40 kg · ha⁻¹ fosforu i 80 kg · ha⁻¹ potasu (przy plonie ziarna 3,45 t · ha⁻¹ i słomy 4,12 t · ha⁻¹) powodowała spadek zasobności gleby w stosunku do stanu przed założeniem doświadczenia. W ocenie statystycznej porównywano wartość stanowiska po łubinie żółtym uprawianym na zielonkę i nasiona z obiektem kontrolnym, którym była dwuletnia monokultura pszenicy. W stanowisku po łubinie żółtym stwierdzono wyższą niż po pszenicy zawartość badanych wskaźników jakości gleby, niezależnie od kierunku jego użytkowania. Istotnie wyższa była zawartość potasu, boru i manganu, przy uprawie na nasiona więcej było azotanowej i amonowej formy azotu oraz fosforu i magnezu. Stosunek C/N w glebie był najszerszy po łubinie użytkowanym na zielonkę, węższy przy uprawie po pszenicy, a najwęższy po łubinie na nasiona.

Oceniano również wpływ następczy stosowanego w przedplonie dolistnego dokarmiania mikroelementami łubinu na zasobność gleby na tle podstawowego nawożenia fosforem i potasem. Udowodniono statystycznie, że dokarmianie roślin łubinu borem, miedzią, manganem i molibdenem nie różnicowało istotnie zasobności gleby w azot ogółem i jego formy, fosfor i potas. Udokumentowano również, że gleba z tych obiektów, na których stosowano dany mikroelement zawierała go w istotnie większej ilości. Ponadto nawożenie molibdenem przyczyniło się do udowodnionego przyrostu zawartości przyswajalnego magnezu w glebie. Stosunek C/N pod wpływem nawożenia zmieniał się nieregularnie. Nie stwierdzono zróżnicowania następczego wpływu stosowania mikroelementów – przy wnoszeniu ich na łubin użytkowany na zielonkę – w porównaniu z użytkowanym na nasiona.

Tabela 36. Skład chemiczny gleby – stan przed założeniem doświadczenia oraz zmiany zasobności pod wpływem uprawy i nawożenia łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona na tle monokultury pszenicy

Table 36. Chemical composition of the soil before the experiments and changes in soil resources as an effect of cultivating and fertilizing yellow lupine for green crop and seeds against wheat monoculture

Objekty Objects	C*/N	Azot			P	K	Mg	B	Cu	Mn	Mo	pH _{KCl}						
		N – og.	N-NO ₃	N-NH ₄									Formy przyswajalne – Available forms					
		Total N	Zawartość – Content															
g · kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹																	
Przed założeniem doświadczenia – Before the experiment																		
	-	0,72	7,5	13,5	39,5	78,5	23	0,24	2,9	23,7	0,57	4,0						
Bezpośrednio po zbiorze łubinu żółtego na zielonkę – After yellow lupine harvest for green crop																		
PK	11,9	0,77	7,8	14,2	42	85	24	0,26	3,00	25,6	0,55	4,5						
PK + B	11,9	0,78	7,9	14,1	41	86	27	0,40	3,10	26,1	0,56	4,4						
PK + Cu	13,2	0,80	8,0	14,6	40	82	25	0,25	4,50	25,9	0,57	4,5						
PK + Mn	12,3	0,81	8,2	14,4	40	86	27	0,28	3,20	42,4	0,55	4,3						
PK + Mo	12,0	0,81	8,1	14,3	44	87	28	0,26	3,30	24,4	0,71	4,6						
Srednia Mean	12,2	0,80	8,0	14,3	41	85	26	0,29	3,40	28,90	0,59	4,5						
Bezpośrednio po zbiorze łubinu żółtego na nasiona – After yellow lupine harvest for seeds																		
PK	10,3	0,77	8,3	14,5	44	88	27	0,24	2,80	25,5	0,57	4,2						
PK + B	10,4	0,80	8,4	14,6	45	93	28	0,38	3,30	25,9	0,59	4,4						
PK + Cu	10,3	0,83	8,5	14,8	47	93	30	0,26	4,30	26,7	0,60	4,4						
PK + Mn	11,5	0,77	8,4	14,6	47	90	29	0,27	3,00	43,7	0,56	4,1						
PK + Mo	9,6	0,81	8,5	14,8	45	89	32	0,25	3,20	23,7	0,74	4,7						
Srednia Mean	10,4	0,80	8,4	14,7	46	91	29	0,28	3,30	29,1	0,61	4,4						
Skład chemiczny gleby na obiekcie kontrolnym – monokultura pszenicy Chemical composition of the soil in the control – wheat monoculture																		
Po dwuletniej uprawie pszenicy – After two years of wheat growing																		
	10,9	0,71	7,5	13,0	36	70	22	0,22	2,9	23,1	0,55	4,3						
NIR _{0,05} dla: przedplonów – obiekt kontrolny a łubin żółty na zielonkę i nasiona LSD _{0,05} for: forecrops – control versus yellow lupine for green crop and seeds																		
		0,057	0,86	1,56	5,6	12,3	4,3	0,043	0,48	5,21	n.i. n.s.	n.i. n.s.						
NIR _{0,05} dla: nawożenia mikroelementami LSD _{0,05} for: microelement fertilization																		
		n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	4,2	0,072	0,52	4,43	0,100	n.i. n.s.						

*C = Corg (TOC)

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Stanowiska, na których prowadzono ocenę reakcji łubinu żółtego i seradeli na dostawne dokarmianie mikroelementami były pod względem badanych parametrów jakości gleby zbliżone. W przeprowadzonym eksperymencie porównywano działanie następcze uprawy seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona z wpływem uprawy pszenicy ozimej, która na tym stanowisku uprawiana była drugi rok po sobie (tab. 37).

Tabela 37. Skład chemiczny gleby – stan przed założeniem doświadczenia oraz zmiany zasobności pod wpływem uprawy i nawożenia seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona

Table 37. Chemical composition of the soil – before the experiments and changes in soil resources as an effect of cultivating and fertilizing serradella for green crop and seeds

Obiekty Objects	C*/N	Azot			P	K	Mg	B	Cu	Mn	Mo	pH _{KCl}			
		N – og.	N-NO ₃	N-NH ₄									Formy przyswajalne – Available forms		
		Total N	Zawartość – Content												
		mg · kg ⁻¹													
Przed założeniem doświadczenia – Before the experiment															
	-	0,72	7,15	14,2	32,5	71,5	20,5	0,21	2,1	17,6	0,59	4,7			
Bezpośrednio po zbiorze seradeli na zielonkę – After serradella harvest for green crop															
PK	12,4	0,74	7,8	14,0	42	86	21	0,20	2,2	19,9	0,57	4,8			
PK + B	12,4	0,75	7,0	13,7	46	86	19	0,39	3,0	19,5	0,54	4,8			
PK + Cu	13,7	0,77	7,2	14,4	46	85	22	0,29	4,1	17,6	0,51	4,7			
PK + Mn	14,5	0,69	6,9	13,0	41	81	21	0,30	2,8	37,2	0,50	4,6			
PK + Mo	11,5	0,84	7,3	16,3	47	80	23	0,30	3,0	20,0	0,64	4,8			
Srednia Mean	12,9	0,75	7,2	14,3	44	84	21	0,30	3,0	22,8	0,55	4,7			
Bezpośrednio po zbiorze seradeli na nasiona – After serradella harvest for seeds															
PK	11,0	0,87	7,6	15,3	34	84	22	0,26	2,3	23,1	0,60	3,7			
PK + B	10,5	0,92	7,3	14,9	35	86	23	0,40	2,3	20,5	0,64	3,8			
PK + Cu	12,0	0,89	7,6	15,4	38	91	27	0,27	3,9	22,6	0,66	4,8			
PK + Mn	11,2	1,01	8,3	16,3	34	85	23	0,29	2,5	32,7	0,59	3,7			
PK + Mo	10,8	0,96	7,4	15,6	40	90	25	0,25	2,6	21,4	0,81	4,2			
Srednia Mean	11,1	0,93	7,6	15,5	36	87	24	0,29	2,7	24,1	0,66	4,0			
Skład chemiczny gleby na obiekcie kontrolnym – monokultura pszenicy Chemical composition of the soil in the control – wheat monoculture															
Po dwuletniej uprawie pszenicy After two years of wheat growing															
	12,9	0,63	6,9	14,0	32	70	22	0,20	1,8	17,1	0,52	4,6			
NIR _{0,05} dla : przedplonów – obiekt kontrolny a seradela na zielonkę i nasiona LSD _{0,05} for: forecrops – control versus serradella for green crop and seeds															
		0,075	0,38	1,21	4,5	11,1	n.i. n.s.	0,046	0,57	5,14	0,084	n.i. n.s.			
NIR _{0,05} dla : nawożenia mikroelementami LSD _{0,05} for microelement fertilization															
		n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	0,084	0,66	6,27	0,069	n.i. n.s.			

*C = C_{org} (TOC)

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Uprawa seradeli niezależnie od kierunku jej użytkowania podniosła zasobność gleby w azot ogółem i jego formy, makro- i mikroskładniki w stosunku do ich zawartości przed założeniem doświadczenia. Uprawa seradeli wzbogaciła glebę w azot; przyrost tego składnika w porównaniu ze stanem przed jej siewem wyniósł 10%. Pomimo, że nie stosowano nawożenia azotowego, pobranie azotu z plonem masy nadziemnej wyniosło średnio 101 kg · ha⁻¹ przy uprawie na nasiona i 116 kg · ha⁻¹, gdy seradela zbierana była na zielonkę. Potasu rośliny wynosiły z plonem podobne ilości jak azotu, odpowiednio 95 i 112 kg · ha⁻¹, ale przedsięwzięcie seradela nawożono 100 kg · ha⁻¹ tego składnika. Pod pszenicę zimą na obiekcie kontrolnym zastosowano nawożenie mineralne w wysokości N-60

P-40 i K-80 kg · ha⁻¹. Uzyskano średni plon ziarna 3,35 t · ha⁻¹ i 4,0 t · ha⁻¹ słomy pszenicy. W plonie masy nadziemnej roślina zgromadziła 74 kg azotu, 14 kg fosforu i 45 kg potasu. Uprawa pszenicy spowodowała, że zawartości składników pokarmowych w glebie w stosunku do poziomu oznaczonego przed jej siewem były niższe. Porównanie wartości stanowisk po seradeli użytkowanej na zielonkę ze zbieraną na nasiona i po pszenicy udokumentowano oceną statystyczną. Udowodniono, że najbardziej zasobne w składniki mineralne stanowisko było po seradeli zbieranej na nasiona; na tych obiektach pozostawało istotnie więcej azotu, makro- (z wyjątkiem fosforu i magnezu) i mikroskładników niż po pszenicy. Seradela zbierana na zielonkę miała krótszą niż nasienna wegetację i przyrost zasobności gleby w składniki nie był już tak wyraźny. Na tych obiektach na istotnie wyższym poziomie stwierdzono zawartość azotu ogółem, fosforu, potasu, boru, miedzi i manganu w stosunku do obiektu kontrolnego. Stosunek C/N, dość szeroki, był zbliżony dla stanowiska po seradeli na zielonkę i po pszenicy, a węższy po seradeli na nasiona. Analogicznie do oceny wartości przedplonowej stanowiska po łubinie i seradeli oceniano wpływ następczy na glebę nawożenia mikroelementami. Dokarmianie mikroelementami seradeli nie zwiększyło istotnie zawartości azotu ogółem oraz pozostałych makroelementów w stosunku do obiektu, na którym stosowano wyłącznie nawożenie fosforem i potasem. Zgodnie ze schematem doświadczenia na wszystkich obiektach nawożenie fosforem i potasem seradeli było jednakowe. Poza obiektem kontrolnym uzupełniono je mikroelementami. Działanie następcze tego nawożenia było niezależne od kierunku użytkowania seradeli i powodowało istotny wzrost zawartości w warstwie ornej gleby tego mikroelementu, którym na danym obiekcie dokarmiano rośliny.

W teście roślinnym wykorzystano pszenicę ozimą, którą obsiano stanowiska po użytkowanych na zielonkę i nasiona łubinie i seradeli oraz po pszenicy ozimej. Dla oceny efektów następczych pszenicę uprawiano bez nawożenia. Zróżnicowane ilościowo i jakościowo plony pszenicy uprawianej w tych stanowiskach zestawiono w tabelach 22-27 i 29-34, natomiast w tabelach 38 i 39 przedstawiono wyniki składu chemicznego gleby po zbiorze rośliny testującej. Jak wykazały analizy gleby, pobranie składników pokarmowych na wytworzenie plonu pszenicy obniżyło zasobność stanowiska w stosunku do stanu po zbiorze roślin przedplonowych. Relatywna ocena zmian zasobności gleby w członie zmianowania rośliny motylkowate – pszenica, w odniesieniu do stanu przed założeniem doświadczenia, pozwala wnioskować, że działanie następcze roślin motylkowatych nie ograniczyło się wyłącznie do najbliższej rośliny w członie zmianowania (tab. 40). Wyższa zawartość składników pokarmowych w stosunku do wartości wyjściowych na stanowisku po motylkowatych utrzymywała się również po zbiorze rośliny następczej. Udowodniono, że zmiany w zawartości tych składników w glebie były istotnie zależne od przedplonu. Uprawa pszenicy w dwuletniej monokulturze, a następnie trzyletniej doprowadziła do ubytku składników mineralnych z gleby w stosunku do poziomu przed założeniem doświadczenia, pomimo stosowania nawożenia podstawowymi makroelementami (NPK) w pierwszym i drugim roku jej uprawy. Zasobność stanowiska po trzyletniej monokulturze pszenicy była istotnie niższa pod względem zawartości azotu ogółem i jego form, potasu, magnezu, manganu i molibdenu niż po pszenicy uprawianej na stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę i nasiona (tab. 38). Jedynie nie udowodniono różnic w zawartości fosforu w glebie po pszenicy uprawianej po łubinie na zielonkę a glebą z monokultury pszenicy. Zróżnicowanie odczynu gleby (pH) pomiędzy obiektami nie było udowodnione statystycznie.

Tabela 38. Skład chemiczny gleby – stan po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po łubinie żółtym użytkowym na zielonkę i nasiona na tle monokultury pszenicy

Table 38. Chemical composition of the soil – the condition following harvest of winter wheat on the stand after yellow lupine grown for green crop and seeds against wheat monoculture

Objekty Objects	C*/N	Azot			P	K	Mg	B	Cu	Mn	Mo	pH _{KCl}						
		N – og.	N–NO ₃	N–NH ₄									Formy przyswajalne – Available forms					
		Total N	Zawartość – Content w mg · kg ⁻¹															
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę Following harvest of winter wheat on the stand after yellow lupine grown for green crop																		
PK	12,4	0,72	7,5	13,8	40	80	22	0,25	2,9	25,1	0,54	3,9						
PK + B	11,7	0,75	7,7	13,9	41	84	24	0,34	3,0	26,3	0,54	4,0						
PK – Cu	11,3	0,78	8,0	13,4	3,9	80	24	0,24	4,0	26,0	0,55	4,0						
PK + Mn	12,4	0,77	7,6	14,0	41	84	21	0,25	3,1	42,0	0,54	3,8						
PK + Mo	13,2	0,80	8,2	13,4	37	82	26	0,25	3,1	24,0	0,69	4,0						
Srednia Mean	12,2	0,77	7,8	13,7	33	82	23	0,27	3,2	28,7	0,57	3,9						
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona Following harvest of winter wheat on the stand after yellow lupine grown for seeds																		
PK	11,9	0,72	7,9	13,8	40	80	23	0,24	2,8	24,7	0,56	4,2						
PK – B	10,8	0,72	7,8	14,3	40	82	25	0,32	3,0	26,0	0,57	4,4						
PK + Cu	12,4	0,75	8,4	14,4	45	82	25	0,24	2,8	40,3	0,54	4,1						
PK + Mn	11,3	0,71	8,2	14,0	42	78	25	0,24	2,8	40,3	0,54	4,1						
PK + Mo	11,8	0,74	7,7	14,0	39	82	26	0,22	3,0	24,0	0,70	4,3						
Srednia Mean	11,8	0,72	8,0	14,1	41	81	25	0,25	2,9	31,1	0,58	4,2						
Po zbiorze pszenicy uprawianej po pszenicy – monokultura – obiekt kontrolny Following harvest of wheat on the stand after wheat – monoculture – control																		
Po trzyletniej uprawie pszenicy po sobie After three years of growing wheat after wheat																		
	10,9	0,66	7,1	12,6	31	65	20	0,22	2,8	22,2	0,53	4,3						
NIR _{0,05} dla: przedplonów – obiekt kontrolny a łubini żółtej na zielonkę i nasiona LSD _{0,05} for: forecrops – control versus yellow lupine for green crop and seeds																		
		0,032	0,64	0,96	4,7	14,3	3,12	0,43	0,36	4,12	0,032	n.i. n.s.						
NIR _{0,05} dla: nawożenia mikroelementami LSD _{0,05} for: microelement fertilization																		
		n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	4,2	0,045	0,22	7,12	0,09	n.i. n.s.						

*C = Corg (TOC)

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Uprawa pszenicy w stanowisku po motylkowatych prowadziła do stopniowego wyrównywania się stosunku C/N na wszystkich obiektach. Działanie następcze mikroelementów w drugim roku od ich zastosowania w dolistnym dokarmianiu roślin wyrażało się utrzymującym się istotnie wyższym ich poziomem w glebie w stosunku do obiektu kontrolnego i było zbliżone przy obu kierunkach użytkowania łubinu żółtego.

Stan zasobności gleby w drugim roku po uprawie seradeli był wyższy niż po trzecim roku monokultury pszenicy (tab. 39). Na stanowisku po pszenicy, której przedplonem była seradela użytkowana na zielonkę i nasiona gleba charakteryzowała się istotnie

wyższą zawartością azotu ogółem i jego form, fosforu, potasu oraz wszystkich badanych mikroelementów niż po trzyletniej uprawie pszenicy.

Tabela 39. Skład chemiczny gleby - stan po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona na tle monokultury pszenicy

Table 39. Chemical composition of the soil – the condition following harvest of winter wheat on the stand after serradella grown for green crop and seeds against wheat monoculture

Objekty Objects	C*/N	Azot		P	K	Mg	B	Cu	Mn	Mo	pH _{KCl}		
		N - og. Total N	N-NO ₃	N-NH ₄	Formy przyswajalne – Available forms								
			Zawartość – Content mg · kg ⁻¹										
g · kg ⁻¹													
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po seradeli na zielonkę Following harvest of winter wheat on the stand after serradella grown for green crop													
PK	12,0	0,74	7,4	14,0	40	83	20	0,20	2,1	18,7	0,58	4,7	
PK + B	12,3	0,71	6,9	13,5	42	82	19	0,32	2,7	18,3	0,54	4,4	
PK + Cu	11,9	0,72	5,9	14,0	41	82	22	0,27	3,6	19,0	0,53	4,8	
PK + Mn	13,6	0,69	6,9	13,0	38	78	21	0,29	2,5	35,5	0,49	4,8	
PK + Mo	13,2	0,72	7,1	14,0	40	80	21	0,27	2,6	21,1	0,55	4,5	
Srednia Mean	12,5	0,72	6,8	13,7	40	81	21	0,27	2,7	22,5	0,54	4,6	
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po seradeli na nasiona Following harvest of winter wheat on the stand after serradella grown for seeds													
PK	11,1	0,75	7,3	15,2	33	80	21	0,23	2,7	21,2	0,59	3,9	
PK + B	11,7	0,78	7,0	14,4	34	82	20	0,39	2,5	24,7	0,62	4,0	
PK + Cu	10,3	0,80	7,2	14,9	36	85	23	0,26	4,0	23,1	0,64	4,8	
PK + Mn	10,0	0,81	7,9	15,9	34	80	20	0,28	2,8	39,9	0,59	3,9	
PK + Mo	11,0	0,78	7,3	15,0	36	82	22	0,28	2,8	22,1	0,68	4,0	
Srednia Mean	10,9	0,78	7,3	15,1	35	82	21	0,29	3,0	26,2	0,62	4,1	
Po zbiorze pszenicy uprawianej po pszenicy – monokultura – obiekt kontrolny Following harvest of wheat on the stand after wheat – monoculture – control													
Po trzyletniej uprawie pszenicy po sobie After three years of growing wheat after wheat													
	10,7	0,64	5,6	12,6	30	68	20	0,18	1,7	16,6	0,49	4,5	
NIR _{0,05} dla: przedplonów – obiekt kontrolny a lubin żółty na zielonkę i nasiona LSD _{0,05} for: forecrops – control versus yellow lupine for green crop and seeds													
		0,063	0,72	0,97	4,7	10,3	n.i. n.s.	0,042	0,44	5,00	0,430	n.i. n.s.	
NIR _{0,05} dla: nawożenia mikroelementami LSD _{0,05} for: microelement fertilization													
		n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	n.i. n.s.	0,071	0,33	6,11	n.i. n.s.	n.i. n.s.	

*C = Corg (TOC)

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Korzystniejsze działanie następcze seradeli uprawianej na nasiona wyrażało się wyższą zasobnością w azot ogółem oraz jego form w stosunku do uprawianej na zielonkę. Relatywne zmiany w składzie chemicznym gleby zachodzące w czasie zmianowania seradela – pszenica w stosunku do wartości oznaczonych przed założeniem doświadczenia wskazują, że wyższy przyrost zasobności gleby nastąpił po seradeli na nasiona niż na zielonkę. Różnica ta utrzymywała się w efektach następczych (tab. 40).

Już po dwóch latach uprawy pszenicy po pszenicy – przy średnim poziomie jej nawożenia mineralnego – spadła zasobność gleby w stosunku do stanu wyjściowego a jej degradacja postępowała po trzecim roku uprawy pszenicy po sobie.

Tabela 40. Relatywne zmiany w składzie chemicznym gleby zachodzące w czlonie zmianowań łubin żółty – pszenica i pszenica – pszenica, jak również w czlonie seradela – pszenica i pszenica – pszenica w stosunku do wartości oznaczonych przed założeniem doświadczenia

Table 40. Relative changes in the chemical composition of the soil occurring in the rotation module yellow lupine – wheat and wheat – wheat as well as in the rotation module serradella – wheat and wheat – wheat in relation to values determined before the experiment

Węgiel Carbon Corg	Azot Nitrogen			P	K	Mg	B	Cu	Mn	Mo	pH _{KCl}								
	N – og.	N–NO ₃	N–NH ₄									Formy przyswajalne – Available forms							
	Total N	Różnice + - Differences																	
g kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹																		
Po zbiorze łubinu żółtego na zielonkę After harvest of yellow lupine for green crop																			
+1,00	+0,08	+0,5	+0,8	+1,5	+6,5	+3	+0,05	+0,5	+5,2	+0,02	0								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę After harvest of wheat grown on the stand after yellow lupine for green crop																			
+0,58	+0,05	+0,3	+0,2	-6,5	+3,5	0	+0,03	+0,3	+5,0	0	-0,6								
Po zbiorze łubinu żółtego na nasiona After harvest of yellow lupine for seeds																			
+0,45	+0,08	+0,9	+1,2	+6,5	+12,5	+6	+0,04	+0,4	+5,4	+0,04	-0,1								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona After harvest of wheat grown on the stand after yellow lupine for seeds																			
-0,11	0	+0,5	+0,6	+1,5	+2,5	+2	+0,01	0	+7,4	+0,01	-0,3								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po pszenicy 2 lata po sobie After harvest of wheat grown stand after wheat for 2 consecutive years																			
-0,03	-0,01	0	-0,5	-3,5	-8,5	-1	-0,02	0	-0,6	-0,02	-0,2								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po pszenicy 3 lata po sobie After harvest of wheat grown on the stand after wheat for 3 consecutive years																			
-0,24	-0,06	-0,4	-0,9	-8,5	-13,5	-3	-0,02	-0,1	-1,5	-0,04	-0,2								
Po zbiorze seradeli na zielonkę After harvest of serradella for green crop																			
-0,04	+0,03	+0,05	+0,1	+11,5	+12,5	+0,5	+0,09	+0,9	+5,2	-0,04	0								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po seradeli na zielonkę After harvest of wheat grown on the stand after serradella for green crop																			
-0,13	0	-0,75	-0,5	+7,5	+9,5	+0,5	+0,06	+0,6	+4,9	-0,05	-0,1								
Po zbiorze seradeli na nasiona After harvest of serradella for seeds																			
+0,71	+0,21	+0,45	+1,3	+3,5	+15,5	+3,5	+0,08	+0,6	+6,5	+0,07	-0,7								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po seradeli na nasiona After harvest of wheat grown on the stand after serradella for seeds																			
+0,43	+0,06	+0,15	+0,9	+2,5	+10,5	+0,5	+0,08	+0,9	+8,6	+0,03	-0,6								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po pszenicy 2 lata po sobie After harvest of wheat grown on the stand after wheat for 2 consecutive years																			
-0,1	-0,09	-0,25	-0,2	-0,5	-1,5	+1,5	-0,01	-0,3	-0,5	-0,07	-0,1								
Po zbiorze pszenicy uprawianej w stanowisku po pszenicy 3 lata po sobie After harvest of wheat grown on the stand after wheat for 3 consecutive years																			
-0,42	-0,08	-1,55	-1,6	-2,5	-3,5	-0,5	-0,03	-0,4	-1	-0,1	-0,2								

Porównując wpływ następczy badanych roślin motylkowatych stwierdzono wysoko istotne korelacje (tab. 35) pomiędzy masą resztek pozbiorowych seradeli oraz łubinu a ich działaniem następczym wyrażającym się wyższą zawartością węgla organicznego w glebie, a dla seradeli azotu ogółem i jego form. Kierunek użytkowania roślin miał pośredni wpływ na zmiany zasobności gleby, gdyż efektywniejsze działanie następcze obserwowano przy takim użytkowaniu, po którym w glebie pozostaje więcej resztek pozbiorowych. W prezentowanych badaniach wyższa masa resztek pozbiorowych pozostawała po łubinie na nasiona niż na zielonkę. W przypadku seradeli sytuacja była odwrotna.

3.6.2. Zawartość i jakość materii organicznej (Corg), skład frakcyjny próchnicy oraz zmiany struktury i właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych

Zawartość węgla organicznego (Corg) jest podstawowym miernikiem ilości materii organicznej gleb. W glebie ze stanowiska po łubinie żółtym zawartość węgla organicznego była istotnie wyższa niż w glebie ze stanowiska po pszenicy (tab. 41), którą na tym obiekcie uprawiano dwa lata po sobie. Kierunki użytkowania przedplonu też istotnie różnicowały zawartość węgla organicznego w glebie i po łubinie na zielonkę była istotnie wyższa niż po uprawianym na nasiona. Nie stwierdzono istotnego wpływu przedplonu na zróżnicowanie podatności próchnicy na utlenianie roztworami $KMnO_4$. Średni udział frakcji I najbardziej podatnej na utlenianie wynosił 31%, frakcji II o średniej podatności – 12%, a frakcja III węgla, która nie podlegała utlenieniu w warunkach przeprowadzonej analizy stanowiła 57%. Zawartość labilnej frakcji węgla organicznego oceniono na podstawie zawartości rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) w glebach. Gleby z porównywanych stanowisk istotnie różniły się pod względem zawartości tej frakcji materii organicznej. Zawartość RWO była wyższa w glebie ze stanowiska po pszenicy, niż po łubinie żółtym, a wyrażona w % Corg wynosiła odpowiednio: 1,16% i 0,85-0,99%. Zawartość węgla z dekalcytacji, była istotnie najniższa w glebie ze stanowiska po pszenicy i udział tej frakcji próchnicy ekstrahowanej kwasem stanowił 4,55% Corg. Łączna zawartość w glebie węgla kwasów huminowych i fulwowych nie była istotnie różnicowana przez uprawiane rośliny. Udział węgla tych frakcji próchnicy wahał się od 40% – po łubinie do 45% węgla organicznego – po pszenicy. Oceniane przedplony nie różnicowały istotnie zawartości węgla kwasów fulwowych. Udowodniono natomiast, że udział węgla kwasów huminowych był istotnie wyższy w glebach po łubinie niż po pszenicy. Stosunek węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych był średnio wyższy w glebie po łubinie niż po pszenicy. Zawartość węgla frakcji humin, w glebach po badanych przedplonach, nie wykazywała istotnych różnic.

Tabela 41. Zawartość węgla organicznego (C_{org}) i jego frakcji utleniających, rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) oraz skład frakcyjny próchnicy w glebie po zbiorze łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona
 Table 41. Content of organic carbon (C_{org}) and its oxidable fractions, of dissolved organic carbon (DOC), and fractional composition of humus in the soil after harvesting yellow lupine cultivated for green crop and seeds

Objekty Objects	C _{org} g kg ⁻¹		Frakcje C utleniające w % C _{org} Fractions of C oxidable in % C _{org}			C – RWO C – DOC		C – z dekalcytacji C – from decalcitation		C _{th} + C _{kr}		C _{kl}		C _{kb}		C – humin C – humins		
	I	II	III	mg kg ⁻¹	% C _{org}	mg kg ⁻¹	% C _{org}	mg kg ⁻¹	% C _{org}	mg kg ⁻¹	% C _{org}	mg kg ⁻¹	% C _{org}	mg kg ⁻¹	% C _{org}	mg kg ⁻¹	% C _{org}	
	Stanowisko po zbiorze łubinu żółtego na zielonkę – Stand after harvesting yellow lupine for green crop																	
PK	8,9	33,0	14,8	52,2	80,2	0,90	588	6,57	3330	37,4	1715	19,3	1615	18,1	0,94			56,0
PK + B	8,4	31,5	12,1	56,4	72,9	0,87	412	4,91	3421	40,7	1976	23,5	1445	17,2	0,73			54,4
PK + Cu	10,9	30,4	11,7	57,9	73,3	0,67	574	5,27	3711	34,0	1851	17,0	1860	17,1	1,00			60,6
PK + Mn	8,9	30,5	11,0	58,5	75,5	0,85	497	5,59	4098	46,0	1668	18,8	2430	27,3	1,46			48,4
PK + Mo	10,7	33,1	12,9	54,0	100,2	0,94	415	3,87	4405	41,2	1999	18,7	2406	22,5	1,20			54,9
Srednia Mean	9,6	31,7	12,5	55,8	80,4	0,99	497	5,24	3793	39,9	1842	19,5	1951	20,4	1,07			54,9
Stanowisko po zbiorze łubinu żółtego na nasiona – Stand after harvesting yellow lupine for seeds																		
PK	7,9	32,1	14,8	53,2	64,1	0,81	607	7,68	3421	40,7	1445	17,2	1976	23,5	1,37			54,4
PK + B	8,3	28,2	14,2	57,6	53,3	0,64	608	7,32	3711	34,0	1851	17,0	1860	17,1	1,00			60,6
PK + Cu	8,5	30,4	11,7	57,9	80,3	0,94	363	4,27	3593	42,3	1593	18,7	2000	23,5	1,26			53,4
PK + Mn	8,8	30,5	11,0	58,5	75,7	0,86	342	4,28	4405	41,2	1999	18,7	2406	22,5	1,20			54,9
PK + Mo	7,8	33,1	12,9	54,1	77,7	1,00	405	5,19	3893	41,0	1842	19,5	2051	21,6	1,13			53,7
Srednia Mean	8,3	30,8	12,9	56,3	70,2	0,85	465	5,75	3805	39,8	1746	18,2	2059	21,6	1,19			55,4
Stanowisko po zbiorze pszenicy uprawianej po pszenicy – monokultura – obiekt kontroli Stand after harvesting wheat cultivated after wheat – monoculture – control																		
7,7	31,5	12,2	56,4	89,1	1,16	350	4,55	3493	45,4	1991	25,9	1502	19,5	0,75				50,1
NIR _{0,05} dla: przedplonów – obiekt kontroli a kierunki użytkowania łubinu żółtego – LSD _{0,05} for: forecrops – control – utilization trends of yellow lupine																		
0,57	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	7,99	-	59,7	-	n.i.– n.s.	-	n.i.– n.s.	-	296,4	-	-	-	-	-	n.i.– n.s.
NIR _{0,05} dla: nawożenia mikroelementami – LSD _{0,05} for: microelement fertilization																		
0,77	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	8,91	-	81,2	-	452,0	-	210,4	-	372,1	-	-	-	-	-	n.i.– n.s.

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Mikroelementy użyte w dokarmianiu przedplonu również wpływały na ilość i jakość próchnicy. W glebie ze stanowiska po łubinie żółtym dokarmianym borem stwierdzono istotnie niższy udział rozpuszczalnego węgla organicznego oraz węgla z dekalcytacji, a wyższy węgla kwasów fulwowych. Gleba, na której uprawiano łubin dokarmiany miedzią, zawierała statystycznie więcej węgla organicznego. W glebie z obiektów, na których łubin dokarmiano manganem zawartość węgla z dekalcytacji była istotnie niższa, a istotnie wyższa łączna zawartość węgla kwasów huminowych i fulwowych. W stanowisku po łubinie dokarmianym molibdenem gleba wyróżniła się istotnie wyższą zawartością węgla organicznego, RWO, który również miał największy udział w ogólnej puli węgla organicznego i istotnie niższą zawartością węgla z dekalcytacji. Bor, miedź, mangan i molibden nie zmieniały podatności węgla na utlenianie i nie miały wpływu na udział badanych frakcji w ogólnej puli węgla organicznego. Stosunek węgla kwasów huminowych do fulwowych wskazuje, że na obiektach nawożonych borem dominujący był udział kwasów fulwowych, pozostałe mikroelementy wpływały na wyższy udział kwasów huminowych. Łubin żółty nawożony przedsejwennie fosforem i potasem stanowił punkt odniesienia dla efektów uzyskanych wskutek uzupełnienia tego nawożenia mikroelementami.

Przeprowadzone badania wskazują, że uprawa seradeli wpływała na stan próchnicy w glebie odmiennie niż uprawa pszenicy (tab. 42). Niezależnie od kierunku użytkowania seradeli, gleba z tego stanowiska zawierała istotnie więcej węgla organicznego niż po pszenicy. Gleba po pszenicy uprawianej dwa lata po sobie była uboższa w węgiel organiczny (Corg) niż po seradeli (o 16-21%), a także zawierała istotnie mniej jego najbardziej mobilnej frakcji – rozpuszczalnego węgla organicznego. Przedplon nie modyfikował utlenialności węgla – udział frakcji I najłatwiej utlenialnej wynosił 30%, a frakcji II mniej podatnej 12%. Frakcja III, która nie podlegała utlenieniu w warunkach przeprowadzonej analizy stanowiła 57%. Zawartość węgla z dekalcytacji, była istotnie wyższa w glebie spod uprawy pszenicy niż spod seradeli. Suma węgla kwasów huminowych i fulwowych, zawartość kwasów huminowych i udział węgla humin w ogólnej puli węgla organicznego w glebie po pszenicy, był istotnie niższy niż po łubinie użytkowanym na zielonkę i nasiona. Wartość stosunku węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych C_{kh}/C_{kf} świadczy, że w glebie ze stanowiska po seradeli dominowały kwasy huminowe, a po pszenicy kwasy fulwowe. Gleba w stanowisku po seradeli, której podstawowe nawożenie fosforem i potasem uzupełniano borem, miedzią, manganem i molibdenem, zawierała istotnie mniej węgla z dekalcytacji niż gleba z obiektu kontrolnego (PK). Zawartość węgla organicznego i jego utlenialność nie była różnicowana przez badane mikroelementy. Zawartość węgla rozpuszczalnego była istotnie niższa pod wpływem dokarmiania seradeli manganem lub molibdenem w porównaniu do obiektu, na którym nie stosowano mikroelementów. Uprawa seradeli dokarmianej miedzią wpływała na istotne obniżenie w glebie zawartości węgla kwasów fulwowych a wzrost udziału węgla frakcji humin. Przyrost tej frakcji węgla następował także pod wpływem manganu. Uprawa seradeli dokarmianej molibdenem powodowała przyrost w glebie zawartości węgla kwasów huminowych a obniżenie węgla kwasów fulwowych w porównaniu z obiektem kontrolnym. Ocena zmian zawartości węgla organicznego i jego frakcji, jakości próchnicy, ich kierunek i trwałość opracowano na podstawie dwuletniego członu zmianowania: roślina motylkowata – pszenica i pszenica – pszenica. Określono, jakie wszechstronne i korzystne zmiany w stanowisku powoduje przerwanie monokultury pszenicy poprzez uprawę roślin motylkowatych.

Tabela 42. Zawartość węgla organicznego (Corg) i jego frakcji utleniających, rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) oraz skład frakcji próchnicy w glebie po zbiorze seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona
 Table 42. Content of organic carbon (Corg) and its oxidizable fractions, of dissolved organic carbon (DOC), and fractional composition of humus in the soil after harvesting serradella cultivated for green crop and seeds

Obiekty Objects	Frakcje C – utleniałego w %Corg Fractions of C – oxidizable in %Corg			C – RWO C – DOC		C – z dekalcytacji C – from decalcitation		C _{kh} + C _{kl}		C _{kl}		C _{kh}		C – humin C – humins	
	I	II	III	mg kg ⁻¹	% Corg	mg kg ⁻¹	% Corg	mg kg ⁻¹	% Corg	mg kg ⁻¹	% Corg	mg kg ⁻¹	% Corg	mg kg ⁻¹	% Corg
Stanowisko po zbiorze seradeli na zielonkę – Stand after harvesting serradella for green crop															
PK	9,1	32,8	5,8	99,4	1,09	660	7,25	3629	39,9	1738	19,1	1891	20,8	1,09	52,8
PK + B	9,3	30,5	12,0	70,6	0,76	497	5,34	3462	37,2	1504	16,2	1958	21,1	1,30	57,4
PK + Cu	10,5	27,9	11,6	81,4	0,78	493	4,69	3302	31,5	1365	13,0	1937	18,5	1,42	63,9
PK + Mn	10,0	29,3	10,1	50,6	0,51	454	4,54	4174	41,7	1820	18,2	2349	23,5	1,29	53,7
PK + Mo	9,7	28,7	11,0	60,3	0,60	434	4,47	3604	37,2	1438	14,8	2166	22,3	1,51	58,4
Srednia Mean	9,7	29,8	11,2	59,0	0,74	507	5,26	3634	37,5	1573	16,3	2060	21,2	1,32	57,2
Stanowisko po zbiorze seradeli na nasiona – Stand after harvesting serradella for seeds															
PK	9,6	28,7	13,9	62,9	0,66	644	6,71	3671	38,2	1770	18,4	1901	19,8	1,07	55,1
PK + B	9,6	29,3	11,0	59,7	0,70	390	4,06	3688	38,4	1668	17,4	2020	21,0	1,21	57,5
PK + Cu	10,6	35,0	12,0	53,0	0,54	376	3,55	3515	33,2	1663	15,7	1852	17,5	1,11	63,3
PK + Mn	11,3	33,3	11,6	55,2	0,69	433	3,83	3336	29,5	1512	13,4	1824	16,1	1,21	66,7
PK + Mo	10,4	28,7	12,4	59,0	0,68	415	3,99	3834	36,9	1610	15,5	2224	21,4	1,38	59,2
Srednia Mean	10,3	31,0	12,2	56,9	0,65	451	4,43	3609	35,2	1645	16,1	1964	19,2	1,20	60,4
Stanowisko po zbiorze pszenicy uprawianej po pszenicy – monokultura – obiekt kontroli – Stand after harvesting wheat cultivated after wheat – monoculture – control															
8,1	30,2	12,7	57,1	60,5	0,75	661	8,16	3222	39,8	1705	21,1	1517	18,7	0,89	52,1
NIR _{0,05} dla: przedplonów – obiekt kontroli a kierunki użytkowania seradeli – LSD _{0,05} for: forecrops control – utilization trends of serradella															
0,85	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	6,42	-	126,0	-	266,3	-	ju. i. – n.s.	-	256,5	-	-	6,11
NIR _{0,05} dla: nawożenia mikroelementami – LSD _{0,05} for: microelement fertilization															
n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	9,25	-	126,0	-	192,6	-	211,5	-	-	-	-	6,12

n. i. – różnice nieistotne; n. s. – insignificant differences

W doświadczeniu I stanowiska po łubinie żółtym uprawianym na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy uprawianej dwa lata po sobie obsiano pszenicą ozimą. Po zbiorze pszenicy na ziarno – ponownie jak po jej przedplonach – określono w glebie ilość i jakość materii organicznej. Uprawa pszenicy w stanowisku po łubinie na zielonkę i po pszenicy spowodowała ubytek w glebie próchnicy w porównaniu do stanu przed jej uprawą (tab. 41 i 43). Zawartość węgla organicznego po trzyletniej monokulturze pszenicy była istotnie niższa niż w glebie po pszenicy, której przedplonem był łubin żółty. Glebę z krótkotrwałej monokultury pszenicy charakteryzował: istotnie wyższy udział węgla z dekalcytacji, oraz istotnie niższa zawartość sumy węgla kwasów huminowych i fulwowych, węgla kwasów huminowych (z wyjątkiem łubinu żółtego na nasiona) i humin w porównaniu do gleby ze zmianowania z udziałem łubinu żółtego. Działanie następcze łubinu wyrażało się także zróżnicowaniem utleniałości węgla organicznego – w glebie ze stanowiska, na którym w przedplonie uprawiano łubin żółty na nasiona był istotnie mniejszy udział frakcji węgla nie podatnego na utlenianie w warunkach przeprowadzonej analizy, a istotnie wyższy frakcji o średniej podatności. Zawartość rozpuszczalnego węgla organicznego w glebie nie była po zbiorze pszenicy istotnie różnicowana przez przedplon. Stosunek węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych C_{kf}/C_{kf} informuje, że po łubinie żółtym na zielonkę i zbiorze kolejnej rośliny zmianowania utrzymywał się dominujący udział kwasów huminowych. W glebie z pozostałych obiektów parametr ten zbliżony był do „1”, co świadczy o zrównoważonym udziale tych frakcji.

Działanie następcze nawożenia borem, miedzią, manganem i molibdenem łubinu w przedplonie pszenicy wyrażało się istotnie niższą zawartością w glebie węgla z dekalcytacji. Mikroelementy te, w drugim roku od ich zastosowania powodowały: bor – istotne obniżenie w glebie zawartości sumy węgla kwasów huminowych i fulwowych, węgla kwasów huminowych, miedź i mangan – obniżenie zawartości węgla kwasów huminowych; mangan i molibden istotnie zwiększyły udział frakcji humin w ogólnej puli węgla organicznego w porównaniu do obiektu kontrolnego (PK).

Uprawa pszenicy, niezależnie od przedplonu (seradela, pszenica), spowodowała ubytek materii organicznej z gleby (tab. 44). Działanie następcze seradeli sprawiło, że pomimo ubożenia gleby w próchnicę pod uprawą pszenicy, zawartość węgla organicznego na tych obiektach pozostała istotnie wyższa, niż po pszenicy uprawianej w trzyletniej monokulturze. Nie stwierdzono wpływu następczego przedplonu na podatność węgla na utlenianie i zawartość w glebie frakcji RWO. W glebie ze stanowiska po trzyletniej monokulturze pszenicy utrzymywała się istotnie wyższa zawartość węgla z dekalcytacji, niższa zawartość węgla kwasów huminowych (z wyjątkiem seradeli na zielonkę) i humin niż w zmianowaniu z udziałem seradeli.

Mikroelementy stosowane w przedplonie nie różnicowały w badanych glebach ilości węgla organicznego, jego podatności na utlenianie i zawartości RWO. Stwierdzono, że bor, miedź, mangan i molibden miały istotny wpływ na skład frakcyjny próchnicy. Stosowana w przedplonie miedź istotnie zmniejszała w glebie sumę węgla kwasów huminowych i fulwowych, a miedź i molibden obniżyły zawartość frakcji kwasów huminowych, a istotnie zwiększyły zawartość węgla frakcji humin, w porównaniu z obiektem kontrolnym (PK). W glebie ze stanowiska po uprawie pszenicy, której przedplonem była seradela nawożona fosforem i potasem, użytkowana na zielonkę i nasiona, stwierdzono wysoką zawartość w glebie węgla frakcji kwasów huminowych w porównaniu z obiektami, na których uzupełniano to nawożenie mikroelementami.

Tabela 43. Zawartość węgla organicznego (Corg) i jego frakcji utlenialnych, rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) oraz skład frakcyjny próchnicy w glebie po uprawie pszenicy w stanowisku po łubinie żółtym użytkowanym na zielonkę i nasiona
 Table 43. Content of organic carbon (Corg) and its oxidable fractions, of dissolved organic carbon (DOC), and fractional composition of humus in the soil after harvesting wheat on the stand after yellow lupine cultivated for green crop and seeds

Obiekty Objects	Corg g.kg ⁻¹	Frakcje C – utlenialnego w % Corg Fractions of C – oxidable in % Corg			C – RWO C – DOC mg.kg ⁻¹ % Corg		C z dekalcytacji C -- from decalcitation mg.kg ⁻¹ % Corg		C _{kh} + C _{kr} mg.kg ⁻¹ % Corg		C _{kr} mg.kg ⁻¹ % Corg		C _{kh} mg.kg ⁻¹ % Corg		C – humin C-humins mg.kg ⁻¹ % Corg	
		I	II	III	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg
Pszenvica w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona – Wheat on the stand after yellow lupine for green crop																
PK	8,9	32,9	13,4	53,7	63,0	0,71	602	6,76	516,5	58,0	1973	22,2	3192	35,9	1,62	35,2
PK + B	8,8	29,1	12,6	58,3	53,8	0,61	322	3,66	4868	55,3	2073	23,6	2795	31,8	1,35	41,0
PK + Cu	8,8	28,7	13,8	57,4	50,9	0,58	351	3,99	4982	56,6	2120	24,1	2862	32,5	1,35	39,4
PK + Mn	9,5	26,1	11,3	62,7	53,4	0,56	378	3,97	5736	60,4	2139	22,5	3597	37,9	1,68	35,7
PK + Mo	10,5	30,7	10,8	58,6	50,0	0,48	357	3,40	4936	47,0	2156	20,5	2780	26,5	1,29	49,6
Srednia Mean	9,3	29,5	12,4	58,1	54,2	0,58	402	4,36	5137	55,5	2092	22,6	3045	32,9	1,46	40,2
Pszenvica w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona – Wheat on the stand after yellow lupine for seeds																
PK	8,6	31,2	14,2	54,6	48,1	0,56	601	6,99	4344	50,5	2111	24,5	2233	26,0	1,06	42,5
PK + B	7,8	32,4	15,6	52,0	59,3	0,76	462	5,92	3653	46,8	1946	25,0	1707	21,9	0,88	47,2
PK + Cu	9,3	31,3	14,1	54,6	54,5	0,59	388	4,17	3789	40,7	1978	21,3	1811	19,5	0,92	55,1
PK + Mn	8,0	35,4	14,3	50,3	48,8	0,61	478	5,98	4405	55,1	2050	25,6	2355	29,4	1,15	38,9
PK + Mo	8,7	34,2	12,6	53,2	61,7	0,71	378	4,35	4041	46,5	1968	22,6	2073	23,8	1,05	49,2
Srednia Mean	8,5	32,9	14,1	53,0	54,5	0,64	461	5,48	4046	47,9	2011	23,8	2036	24,1	1,01	46,6
Stanowisko po zbiorze pszenicy uprawianej po pszenicy – monokultura – Stand after harvesting wheat cultivated after wheat – monoculture - control																
	7,2	29,7	11,2	59,1	60,5	0,84	659	9,13	4322	60,0	2150	29,9	2172	30,2	1,01	30,9
NIR _{org} dla: przedplonów – obiekt kontroly a kierunku użytkowania łubiny żółtego – LSD _{org} for: forecrops – control - utilization trends of yellow lupine																
	0,87	n.i.-n.s.	1,87	5,26	n.i.-n.s.	-	67,5	-	511,0	-	n.i.-n.s.	-	312,3	-	-	7,16
NIR _{org} dla: nawożenia mikroelementami – LSD _{org} for: microelement fertilization																
	n.i.-n.s.	n.i.-n.s.	n.i.-n.s.	n.i.-n.s.	n.i.-n.s.	-	74,2	-	490,1	-	n.i.-n.s.	-	211,1	-	-	6,12

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

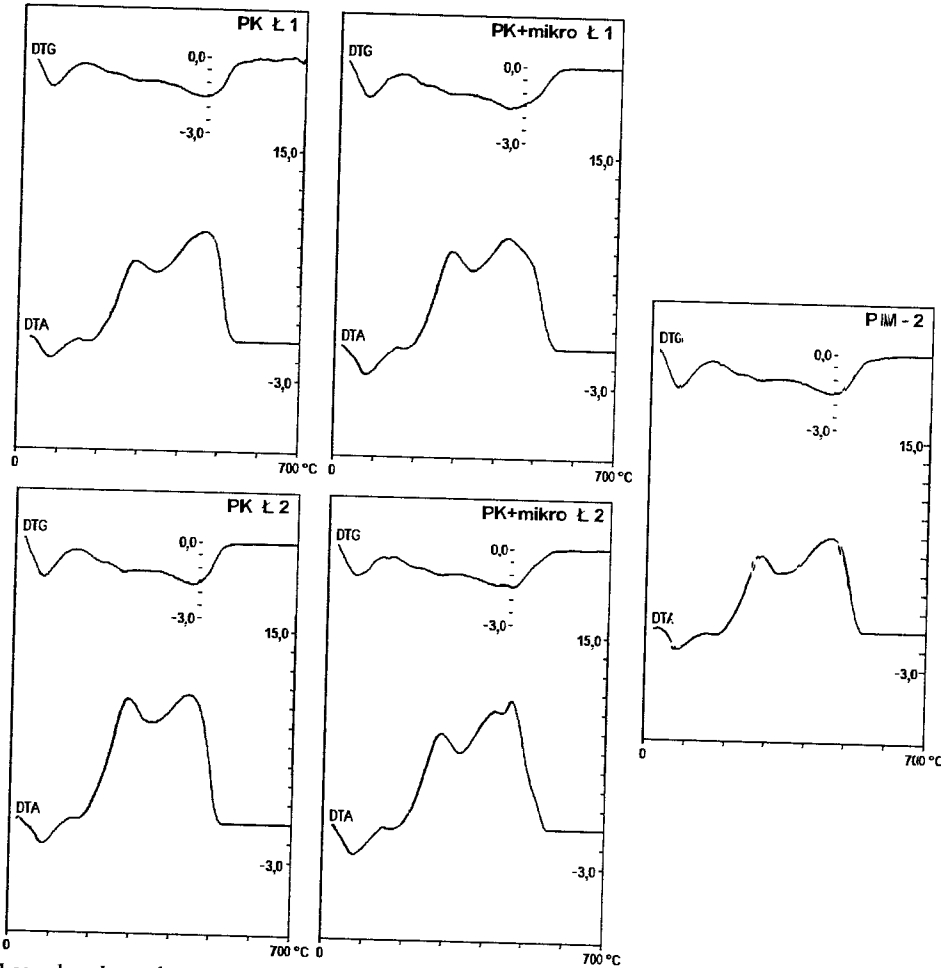
Tabela 44. Zawartość węgla organicznego (Corg) i jego frakcji utleniających, rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) oraz skład frakcyjny próchnicy w glebie po uprawie pszenicy w stanowisku po seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona

Table 44. Content of organic carbon (Corg) and its oxidizable fractions, of dissolved organic carbon (DOC), and fractional composition of humus in the soil after harvesting wheat on the stand after serradella cultivated for green crop and seeds

Obiekty Objects	Frakcje C – utleniałego w % Corg Fractions of C – oxidizable in % Corg			C – RWO C – DOC		C – z dekalcytacji C – from decalcitation		C _{th} + C _{cr}		C _{cr}		C _{th}		C – humin C – humins	
	I	II	III	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg	mg.kg ⁻¹	% Corg
Pszennica w stanowisku po seradeli na zielonkę – Wheat on the stand after serradella for green crop															
PK	8,8	29,3	12,6	53,4	0,61	613	6,97	5096	57,9	2338	26,6	2758	31,3	1,18	35,1
PK + B	8,7	28,5	13,8	52,6	0,60	363	4,17	4588	52,7	2182	25,1	2406	27,7	1,10	43,1
PK + Cu	8,6	31,2	12,3	56,5	0,70	366	4,25	3111	36,2	1605	18,7	1507	17,5	0,94	59,6
PK + Mn	9,4	28,0	11,7	60,3	0,62	376	4,00	4800	51,1	2239	23,8	2561	27,3	1,14	44,9
PK + Mo	9,5	27,2	12,5	58,4	0,61	409	4,31	4444	46,8	2410	25,4	2034	21,4	0,84	48,9
Srednia Mean	9,0	28,8	12,6	56,5	0,63	426	4,74	4408	48,9	2155	23,9	2253	25,0	1,04	46,3
Pszennica w stanowisku po seradeli na nasiona – Wheat on the stand after serradella for seeds															
PK	8,3	27,9	14,9	64,4	0,78	596	7,18	3992	48,1	1611	19,4	2381	28,7	1,48	44,7
PK + B	9,1	27,2	11,1	77,9	0,86	420	4,61	4546	50,0	2069	22,7	2478	27,2	1,20	45,4
PK + Cu	8,2	28,9	13,9	57,2	0,64	436	5,32	4661	56,9	2137	26,1	2525	30,8	1,18	37,8
PK + Mn	8,1	33,0	13,7	53,3	0,67	306	3,78	4252	52,5	2000	24,7	2252	27,8	1,13	43,7
PK + Mo	8,6	33,0	13,7	53,3	0,70	331	3,85	4694	54,6	2232	26,0	2462	28,6	1,10	41,6
Srednia Mean	8,5	30,0	13,5	56,6	0,73	418	4,95	4429	52,4	2010	23,8	2420	28,6	1,22	42,6
Stanowisko po zbiorze pszenicy uprawianej po pszenicy – monokultura – obiekt kontroli – Stand after harvesting wheat cultivated after wheat – monoculture – control															
7,2	29,7	11,2	59,1	60,5	0,84	659	9,13	4322	60,0	2150	29,9	2172	30,2	1,01	30,9
NIR _{0,05} dla: przedplonów – obiekt kontroli a kierunki użytkowania seradeli– LSD _{0,05} for: forecrops – control - utilization trends of serradella															
0,77	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	-	93,6	-	n.i.– n.s.	-	n.i.– n.s.	-	206,2	-	-	8,36
NIR _{0,05} dla: nawożenia mikroelementami - LSD _{0,05} for: microelement fertilization															
n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	n.i.– n.s.	-	87,1	-	444,6	-	n.i.– n.s.	-	296,3	-	-	5,36

n.i. – różnice nieistotne; n.s. – insignificant differences

Wykonane badania termograficzne kwasów huminowych (KH) pochodzących z gleb pobranych z różnych stanowisk potwierdzają ich dwuczłonową budowę (rys. 41-46).



Legenda: - Legend:

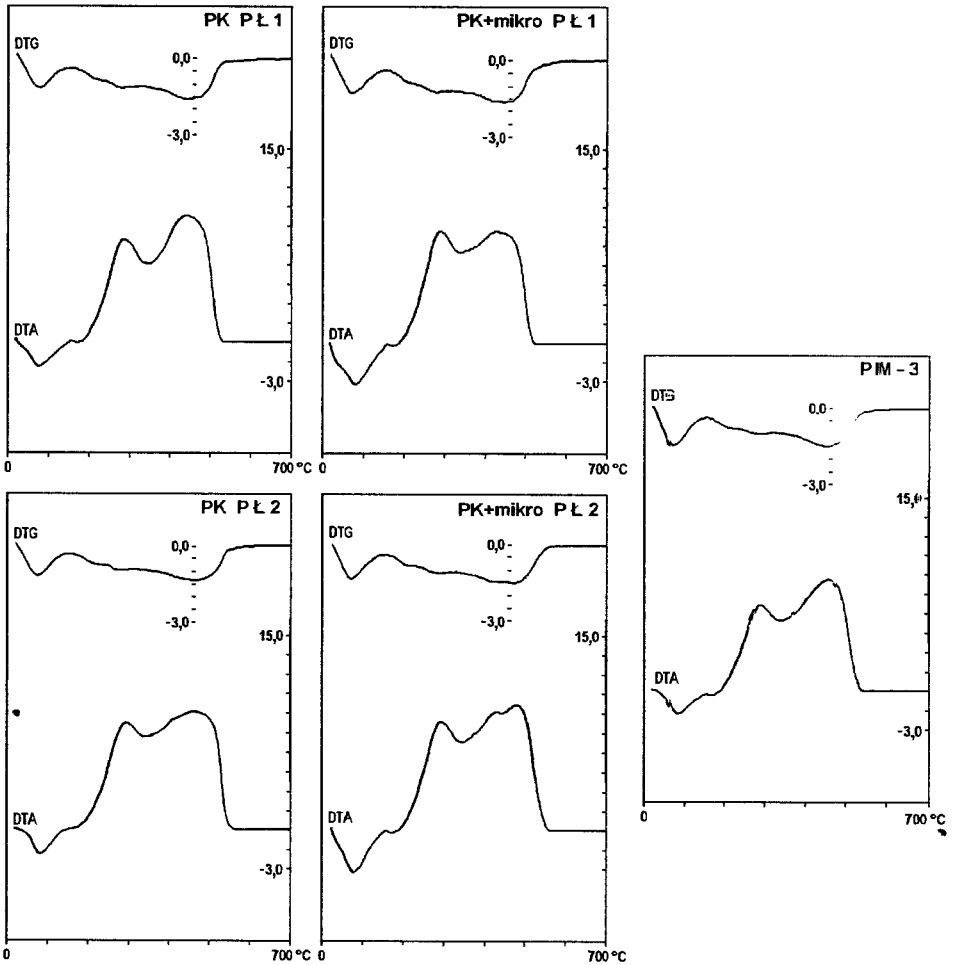
PK Ł 1 - Łubin żółty na zielonkę - Yellow lupine for green crop, PK+mikro Ł 1 - Łubin żółty na zielonkę dokarmiany mikroelementami - Yellow lupine for green crop fertilized with microelements, PK Ł 2 - Łubin żółty na nasiona - Yellow lupine for seeds, PK+mikro Ł 2 - Łubin żółty na nasiona dokarmiany mikroelementami - Yellow lupine for seeds fertilized with microelements, PM 2 - Pszenvica - monokultura 2 lata - obiekt kontrolny - Wheat - monoculture 2 years - control

Rys. 41. Termogramy kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie łubinu żółtego na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Ryc. 41. Thermograms of humic acids isolated from the soils after yellow lupine cultivated for green crop and seeds, and after wheat

W początkowym procesie spalania występowała typowa reakcja endotermiczna (endo) związana z odparowaniem wody higroskopijnej, a także z rozszczepieniem łańcucha węglowego i wydzieleniem substancji lotnych. W temperaturze spalania do 350°C następowała też pierwsza reakcja egzotermiczna (exo 1) związana z utlenianiem

części alifatycznej, a powyżej 350°C druga reakcja egzotermiczna (exo 2) w trakcie której część aromatyczna cząsteczki kwasów huminowych ulegała rozkładowi [36, 47].

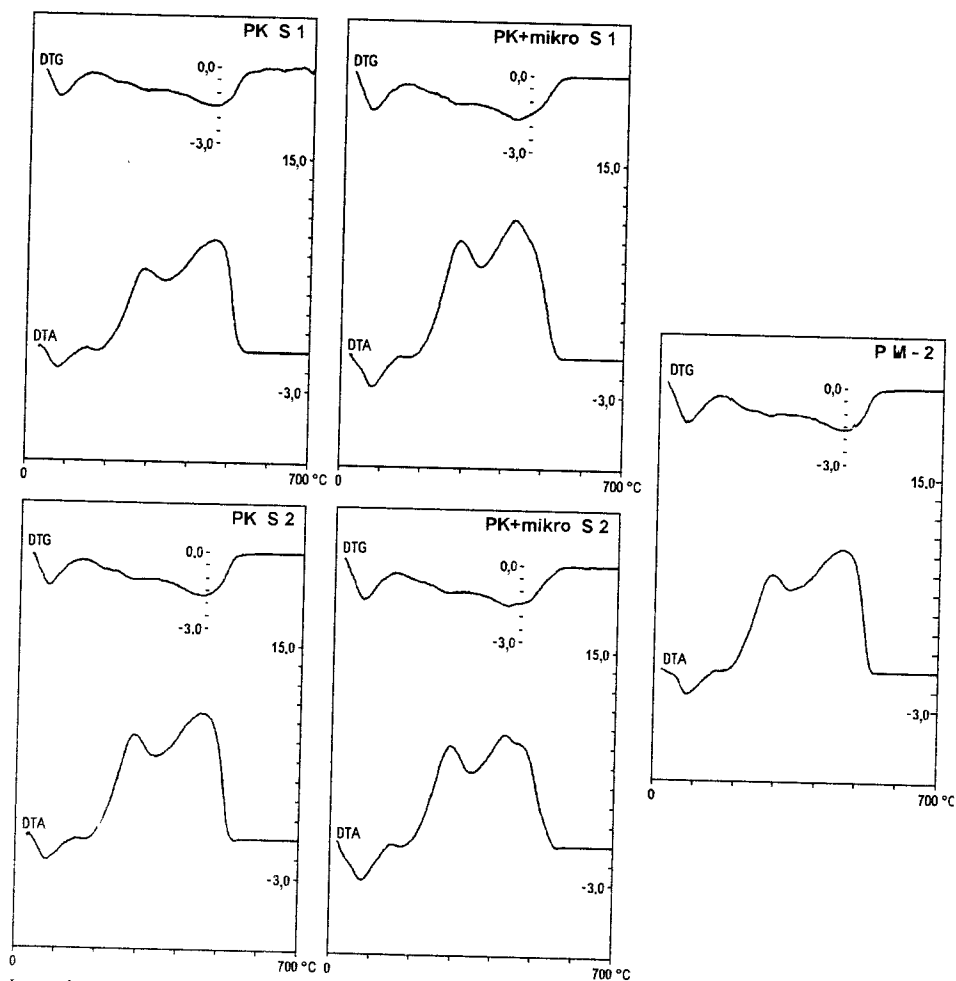


Legenda: – Legend:

PK PŁ 1 – Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę – Wheat on the stand after yellow lupine for green crop, PK+mikro PŁ 1 – Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę dokarmianym mikroelementami – Wheat on the stand after yellow lupine for green crop, fertilized with microelements, PK PŁ 2 – Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona – Wheat on the stand after yellow lupine for seeds, PK+mikro PŁ 2 – Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona dokarmiany mikroelementami – Wheat on the stand after yellow lupine for seeds, fertilized with microelements, PM 3 – Pszenica w stanowisku po pszenicy – monokultura 3 lata – obiekt kontrolny – Wheat on the stand after wheat – monoculture 3 years – control

Rys. 42. Termogramy kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie pszenicy w stanowisku po łubinie żółtym użytkowanym na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Fig. 42. Thermograms of humic acids isolated from the soils after wheat on the stand after yellow lupine cultivated for green crop and seeds, and after wheat

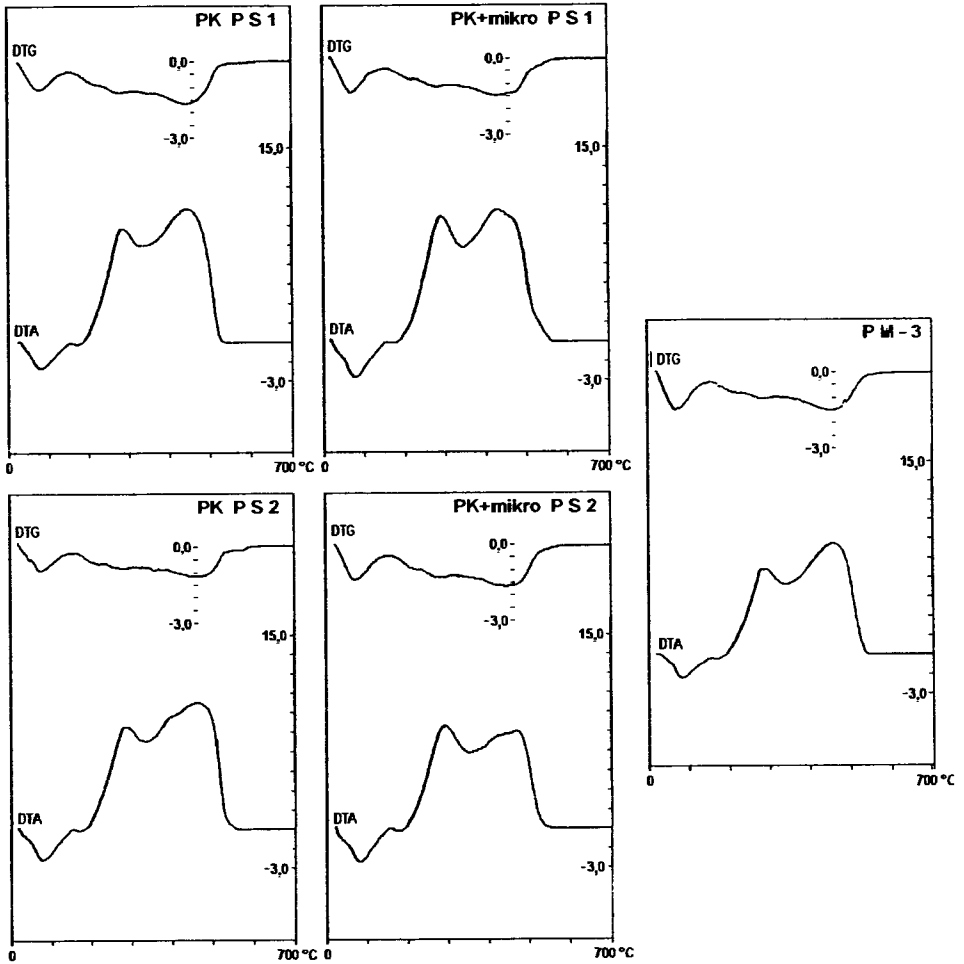


Legenda: - Legend:

PK S 1 - Seradela na zielonkę - Serradella for green crop, PK+mikro S 1 - Seradela na zielonkę dokarmiana mikroelementami - Serradella for green crop fertilized with microelements, PK S 2 - Seradela na nasiona - Serradella for seeds, PK+mikro S 2 - Seradela na nasiona dokarmiana mikroelementami - Serradella for seeds fertilized with microelements, P M - 2 - Pszenica - monokultura 2 lata - obiekt kontrolny - Wheat - monoculture 2 years - control

Rys. 43. Termogramy kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie seradeli na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Fig. 43. Thermograms of humic acids isolated from the soils after serradella cultivated for green crop and seeds, and after wheat



Legenda: – Legend:

PK PS 1 – Pszenica w stanowisku po seradeli na zielonkę – Wheat on the stand after serradella for green crop,
 PK+mikro PS 1 – Pszenica w stanowisku po seradeli na zielonkę dokarmiano mikroelementami – Wheat on the stand after serradella for green crop fertilized with microelements, PK PS 2 – Pszenica w stanowisku po seradeli na nasiona – Wheat on the stand after serradella for seeds, PK+mikro PS 2 – Pszenica w stanowisku po seradeli na nasiona dokarmianej mikroelementami – Wheat on the stand after serradella for seeds, PM 3 – Pszenica w stanowisku po pszenicy – monokultura 3 lata – obiekt kontrolny – Wheat on the stand after wheat – monoculture 3 years – control

Rys. 44. Termogramy kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie pszenicy w stanowisku po seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Fig. 44. Thermograms of humic acids isolated from the soils after wheat on the stand after serradella cultivated for green crop and seeds, and after wheat

Charakterystykę rozkładu termicznego kwasów huminowych zamieszczono w tabelach 45 i 46. Porównywano gleby ze stanowiska po zbiorze łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy, którą na tym polu uprawiano w monokulturze i traktowano jako obiekt kontrolny (tab. 45). Maksimum pierwszej reakcji egzotermicznej kwasów huminowych wyekstrahowanych z gleb, na których uprawiano łubin żółty nawożony przedsięwzięciem fosforem i potasem i użytkowany na zielonkę wystąpiło w temperaturze 294°C, a drugiej 457°C - towarzyszył im ubytek masy odpowiednio – 30% i 55%. Obliczono stosunki pól powierzchni DTA/DTG, które charakteryzowały „wartość energetyczną” materiału organicznego ulegającego rozkładowi w kolejnych etapach. Stwierdzono, że substancja utleniana w przedziale niskotemperaturowym (do 350°C) miała najniższą wartość ciepła spalania, stosunek ten wzrastał w wyższych temperaturach rozkładu, a pośredni był dla preparatu w całości ($\Sigma DTA/\Sigma DTG$). Analizując glebę z pól, na których uprawiano łubin na nasiona stwierdzono, że rozkład kwasów huminowych na etapie endotermicznym następował w nieznacznie wyższej temperaturze, jednocześnie towarzyszył temu zdecydowanie wyższy ubytek masy, natomiast maksimum pierwszej jak i drugiej reakcji egzotermicznej było niższe, a także, że drugiemu efektowi egzotermicznemu odpowiadał niższy ubytek masy niż w omówionych wcześniej kwasach huminowych z obiektu z łubinem na zielonkę. Kwasy huminowe, pochodzące z ekstrakcji gleby ze stanowiska po łubinie na nasiona, charakteryzowały się nieznacznie wyższą „wartością energetyczną” niż po uprawie łubinu na zielonkę. Rozkład kwasów huminowych pochodzących z gleb, na których uprawiany łubin dokarmiano dolistnie mikroelementami następował w zakresie endo- i egzotermicznym w zbliżonych maksimach temperatur – podobnie jak w przypadku obiektów bez nawożenia mikroskładnikami. Maksimum drugiej reakcji egzotermicznej było nieco niższe. Jednocześnie należy wyróżnić obiekt po łubinie na nasiona dokarmiany mikroelementami, bowiem w kwasach huminowych z tego obiektu podczas ich rozkładu występowały dwa efekty egzotermiczne wysokotemperaturowe, których maksima temperatury wynosiły: dla pierwszego 425°C, a dla drugiego 469°C. Uzyskane wyniki mogą świadczyć o tym, że podlegająca destrukcji materia w tym zakresie temperaturowym była niejednorodna. W tym też zakresie termicznym ubytek masy był przeciętnie wyższy niż na innych porównywanych obiektach. Gleba ze stanowiska po pszenicy (M-2) uprawianej dwa lata po sobie zawierała kwasy huminowe, które pod względem parametrów termicznego rozkładu nie różniły się wyraźnie od kwasów huminowych pochodzących z gleb, na których uprawiano łubin żółty.

Wartość następczą przedplonów testowano poprzez wpływ ich na ilość i jakość plonu pszenicy oraz na różnicowanie struktury kwasów huminowych.

Maksima temperatur w jakich przebiegały poszczególne etapy rozkładu kwasów huminowych były zbliżone do wartości oznaczonych dla rozkładu KH pochodzących z gleb pobranych z tych obiektów rok wcześniej, czyli po uprawie przedplonu. Kwasy huminowe wyekstrahowane z gleby pochodzącej ze stanowisk, na których w przedplonie uprawiano łubin żółty lub pszenicę nie różniły się w znaczący sposób. Z przedstawionej powyżej charakterystyki wyróżnia się obiekt, na którym przedplonem pszenicy był łubin żółty na nasiona nawożony mikroelementami, bowiem w kwasach huminowych z tego obiektu w procesie ich destrukcji utrzymują się obserwowane rok wcześniej dwa efekty egzotermiczne wysokotemperaturowe, których maksima temperatur wynosiły: dla pierwszego 423°C, a dla drugiego 477°C.

„Alifatyczność” preparatów KH z badanych próbek charakteryzuje się nieznaczną zmiennością.

Tabela 45. Parametry termicznego rozkładu kwasów huminowych pochodzących z ekstrakcji gleby w czlonie zmianowania łubin żółty – pszenica i pszenica – pszenica
 Parameters of thermal decomposition of humic acids obtained from soil extraction in the rotation module yellow lupine – wheat and wheat – wheat

Objekty Objects	Temperatury °C maksimum efektów rejestrowanych na krzywych DTA Temperature (°C) maximum of effects recorded on DTA-curves		Straty masy próbek odpowiadające efektom na krzywej DTA (%)* Loss of weight corresponding with effects on DTA-curves (%)*		Stosunki pól powierzchni DTA i DTG dla efektów egzotermicznych The ratios of area under DTA and DTG curves according to exothermal reactions		„Alifaticzność” Z exo 1 exo 2		
	endo	exo 1	exo 1	exo 2	DTA ₁ /DTG ₁	DTA ₂ /DTG ₂			
Stanowisko po zbiorze łubinu żółtego na zielonkę Stand after harvesting yellow lupine for green crop									
PK	73	294	14,5	32,9	52,6	4,77	4,98	4,90	0,63
PK+mikro	78	291	12,7	32,3	55,0	3,73	3,81	3,78	0,59
Stanowisko po zbiorze łubinu żółtego na nasiona Stand after harvesting yellow lupine for seeds									
PK	76	290	14,8	34,8	55,4	5,36	5,59	5,50	0,62
PK+mikro	78	294	11,6	33,7	54,7	3,85	4,59	4,30	0,62
Stanowisko po zbiorze pszenicy – obiekt kontroli Stand after harvesting wheat – control									
M-2	75	287	14,8	32,8	53,4	4,43	4,58	4,53	0,61
Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na zielonkę Wheat on the stand after harvesting yellow lupine for green crop									
PK	75	290	12,2	32,1	55,7	4,29	4,64	4,51	0,58
PK+mikro	79	296	12,2	33,7	54,1	3,65	3,77	3,73	0,62
Pszenica w stanowisku po łubinie żółtym na nasiona Wheat on the stand after harvesting yellow lupine for seeds									
PK	77	295	14,1	34,8	51,1	5,25	5,39	5,34	0,68
PK+mikro	78	294	11,9	32,3	55,8	3,98	4,12	4,07	0,58
Pszenica w stanowisku po pszenicy – obiekt kontroli (monokultura 3 lata) Wheat on the stand after wheat – control (3-years monoculture)									
M-3	77	291	16,3	31,2	52,5	5,02	5,24	5,16	0,59

* w procentach substancji bezwodnej i bezpopielnej per cent of waterless and ashless substance

Tabela 46. Parametry termicznego rozkładu kwasów huminowych pochodzących z ekstrakcji gleby w członie zmianowania seradela – pszenica i pszenica – pszenica
 Parameters of thermal decomposition of humic acids obtained from soil extraction in the rotation module serradella – wheat and wheat - wheat

Obiekty Objects	Temperature °C maksimum efektów zarejestrowanych na krzywych DTA Temperature (°C) maximum of effects recorded on DTA-curves		Straty masy próbek odpowiadające efektom na krzywej DTA (%) Loss of weight corresponding with effects on DTA-curves (%)		Stosunki pól powierzchni DTA i DTG dla efektów egzotermicznych The ratios of area under DTA and DTG curves according to exothermal reactions			„Alifajczność” „Aliphaticity” Z exo 1 exo 2		
	endo	exo 1	exo 2	endo	exo 1	exo 2	DTA ₁ /DTG ₁		DTA ₂ /DTG ₂	$\frac{\sum DTA}{\sum DTG}$
Stanowisko po zbiorze seradeli na zielonkę Stand after harvesting serradella for green crop										
PK	77	292	459	15,1	29,7	55,2	4,48	4,94	4,78	0,54
PK+mikro	75	291	425	13,2	32,4	54,5	4,24	4,57	4,45	0,59
Stanowisko po zbiorze seradeli na nasiona Stand after harvesting serradella for seeds										
PK	78	295	450	14,1	33,0	52,9	4,98	5,12	5,06	0,62
PK+mikro	77	295	428	14,4	32,4	53,2	3,31	3,61	3,50	0,61
Stanowisko po zbiorze pszenicy - obiekt kontrolny Stand after harvesting wheat - control										
M-2	77	296	443	15,3	32,2	52,5	4,26	5,12	4,79	0,63
Pszenica w stanowisku po seradeli na zielonkę Wheat on the stand after serradella for green crop										
PK	74	285	432	9,7	35,9	54,4	4,73	5,27	5,06	0,66
PK+mikro	80	293	425	13,4	33,0	53,6	4,55	4,70	4,64	0,62
Pszenica w stanowisku po seradeli na nasiona Wheat on the stand after serradella for seeds										
PK	77	292	454	11,6	33,8	54,6	4,24	4,79	4,59	0,62
PK+mikro	81	294	420	8,8	36,1	55,1	3,07	3,17	3,13	0,66
Pszenica w stanowisku po pszenicy - obiekt kontrolny (monokultura 3 lata) Wheat on the stand after wheat - control (3-years monoculture)										
M-3	77	290	453	16,3	31,2	52,5	5,02	5,24	5,16	0,59

* w procentach substancji bezwodnej i bezpopielonej – per cent of waterless and ashless substance

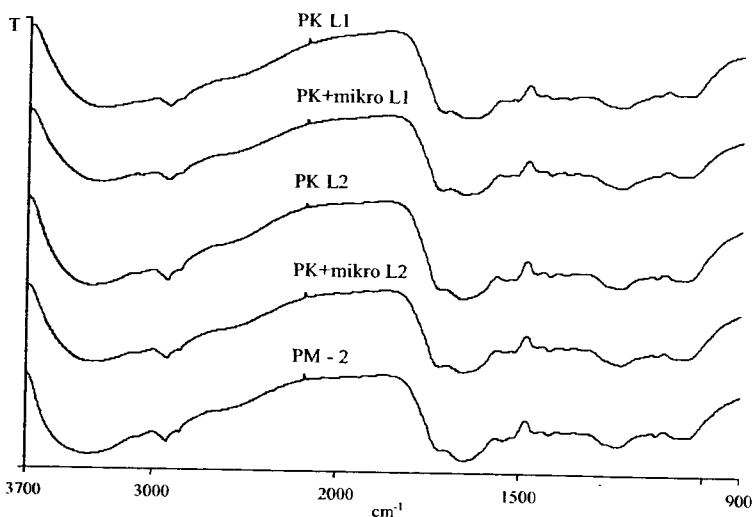
Porównywano również gleby ze stanowiska, na którym uprawiano seradelę na zielonkę i nasiona z pszenicą ozimą w dwuletniej monokulturze (tab. 46). Pierwszej reakcji egzotermicznej towarzyszył ubytek masy, który był zbliżony dla preparatów kwasów huminowych wyekstrahowanych z gleby po łubinie uprawianym na zielonkę i nasiona. Gleba ze stanowiska po seradeli niezależnie od kierunku jej użytkowania i nawożenia wyróżniła się tym, że zawarte w niej kwasy huminowe na etapie wysokotemperaturowego spalania charakteryzował wyraźnie wyższy ubytek masy niż po pszenicy. Obliczono stosunki pól powierzchni DTA/DTG, które określały „wartość energetyczną” materiału organicznego ulegającego rozkładowi w kolejnych etapach i stwierdzono, że kwasy huminowe ze stanowiska po seradeli nawożonej fosforem i potasem utleniane w przedziale niskotemperaturowym (do 350°C) miały najniższą wartość „ciepła spala”; wartość tego stosunku rosła w wyższych temperaturach rozkładu i była pośrednia dla preparatu w całości ($\Sigma DTA/\Sigma DTG$). Gleba pobrana z obiektów po seradeli uprawianej i dokarmianej dolistnie mikroelementami, zawierała kwasy huminowe, które w zakresie rozkładu wysokotemperaturowego charakteryzowały dwa maksima: dla pierwszego 428°C, a drugiego 467°C. Świadczy to o pewnej niejednorodności struktur aromatycznych.

Wartość przedplonową seradeli i pszenicy testowano także poprzez wpływ następczy na zróżnicowanie struktury kwasów huminowych. Po zbiorze rośliny testowej z próbek gleby wyekstrahowano KH i poddano procesowi termicznego utleniania. Maksima temperatur w jakich przebiegały poszczególne etapy rozkładu były zbliżone do wartości oznaczonych dla rozkładu kwasów humusowych pochodzących z gleb pobranych po uprawie przedplonu. Kwasy huminowe wyekstrahowane z gleby pochodzącej ze stanowiska, na którym w przedplonie uprawiano seradelę na zielonkę i nasiona, niezależnie od dokarmiania mikroelementami, miały nieco wyższy ubytek masy w pierwszej i drugiej reakcji egzotermicznej niż pochodzące z gleby po trzyletniej monokulturze pszenicy. „Wartość energetyczna” materiału organicznego ulegającego rozkładowi w kolejnych etapach spalania zmieniała się bardzo regularnie. Kwasy huminowe utleniane w przedziale niskotemperaturowym (do 350°C) miały najniższą wartość „ciepła spalania”. Uprawa seradeli, której podstawowe nawożenie fosforem i potasem uzupełniono mikroelementami, jeszcze w drugim roku (po zbiorze rośliny następczej) wpływała na zróżnicowanie struktury kwasów huminowych. Zmiany te zidentyfikowano poprzez pojawienie się w drugiej reakcji egzotermicznej dwóch maksimów termicznych, w których temperatury wynosiły: dla pierwszego 420 a drugiego 466°C.

Wskaźnik „alifatyczności” KH w drugim roku od uprawy seradeli nieznacznie wzrastał w porównaniu z jego wartością oznaczoną bezpośrednio po jej zbiorze, w stanowisku po łubinie jego zmiany były nieregularne. Po trzyletniej monokulturze pszenicy wartość tego wskaźnika malała w stosunku do wartości oznaczonej po dwuletniej monokulturze.

W spektrogramach badanych kwasów huminowych w zakresie liczb falowych 400-4000 cm^{-1} występowało szereg pasm absorpcyjnych charakterystycznych dla określonych grup chemicznych. Pasma absorpcyjne w zakresie liczb falowych 3000-3600 cm^{-1} odpowiadają drganiom rozciągającym grupy OH w alkoholach, fenolach i kwasach oraz wiązaniom wodorowym. W badanych preparatach (rys. 45-48) występuje szerokie pasmo absorpcyjne w zakresie 3200 do 3400 cm^{-1} (3280-3350 cm^{-1}). Po łubinie na zielonkę na obiekcie PK i PK+mikro zakres liczb falowych zawarty był w przedziale 3100-3300 cm^{-1} . W tym przypadku mogą wystąpić drgania rozciągające NH, które bywają także związane z wodą krystalizacyjną. Na stanowisku po łubinie uprawianym na na-

siona i po dwuletniej monokulturze pszenicy maksimum absorpcji miało nieznacznie wyższy poziom. Obserwowano na spektrogramach badanych kwasów huminowych wyraźną absorpcję związaną z obecnością grup $-\text{CH}_3$ i $=\text{CH}_2$ połączeń alifatycznych w zakresie liczb falowych $2920\text{--}2960\text{ cm}^{-1}$ bez zróżnicowania między badanymi obiektami. Pasma o liczbie falowej $1710\text{--}1720\text{ cm}^{-1}$ wskazuje na obecność grup karbonylowych $\text{C}=\text{O}$ (drgania rozciągające) w kwasach i ketonach. W kwasach huminowych wyekstrahowanych z gleby po dwuletniej monokulturze pszenicy jak wykazuje analiza widm była nieznacznie niższa intensywność piku 1720 cm^{-1} w porównaniu z kwasami huminowymi z gleb po seradeli i łubinie żółtym. Absorpcja w zakresie $1600\text{--}1660\text{ cm}^{-1}$ jest złożona. Występujące w badanych kwasach huminowych maksimum w 1650 cm^{-1} wykazuje związek z występowaniem drgań rozciągających $\text{C}=\text{O}$ ($1630\text{--}1680\text{ cm}^{-1}$), deformacyjnych NH ($1620\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$) w amidach pierwszorzędowych.



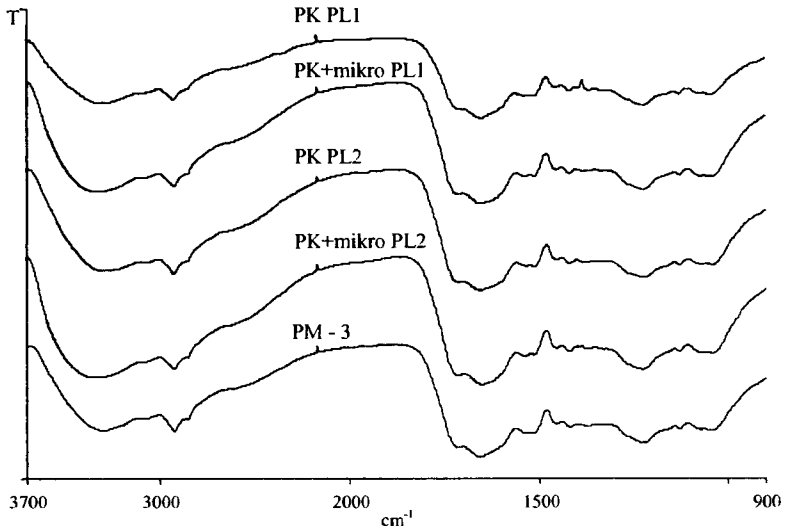
Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 41 – Legend: explanations see Fig. 41

Rys. 45. Widma w podczerwieni kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie łubinu żółtego na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Fig. 45. IR-spectra of humic acids isolated from the soils after yellow lupine cultivated for green crop and seeds, and after wheat

W zakresie $1600\text{--}1660\text{ cm}^{-1}$ mogą również występować pasma pochodzące od drgań grup $\text{C}=\text{N}$ oraz $\text{C}=\text{C}$ sprzężonych z grupą karbonylową, a także pierścienie aromatyczne ($\text{CH}=\text{CH}$).

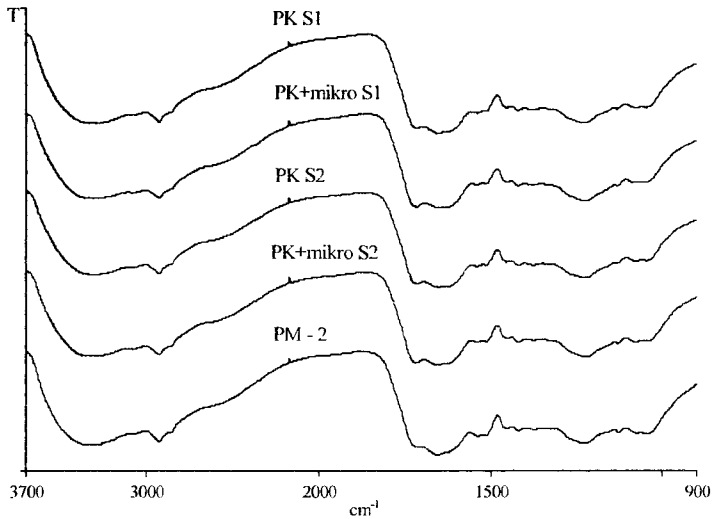
Pasma 1540 cm^{-1} wskazuje na obecność grup aminowych, a 1510 cm^{-1} odpowiada drganiom $\text{C}=\text{C}$ w pierścieniu aromatycznym. Należy zauważyć nieco większą intensywność piku 1540 cm^{-1} w widmie kwasów huminowych, pochodzących ze stanowiska po trzyletniej monokulturze pszenicy w porównaniu do pochodzących ze stanowisk, na których przedplonem pszenicy były łubin żółty i seradela. W widmie KH wyizolowanych z gleb różnych stanowisk stwierdzono obecność łagodnego piku o częstotliwości fal w zakresie $1440\text{--}1460\text{ cm}^{-1}$ odpowiadającemu drganiom deformacyjnych grup $-\text{CH}_3$ i $=\text{CH}_2$. Charakter pasma w zakresie $1400\text{--}1420\text{ cm}^{-1}$ wskazuje na obecność grup $-\text{O}-\text{C}-\text{O}-$ w estrach i $\text{C}=\text{}$ w kwasach karboksylowych oraz $-\text{OH}$.



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 41 – Legend: explanations see Fig. 41

Rys. 46. Widma w podczerwieni kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie pszenicy w stanowisku po łubinie żółtym użytkowanym na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

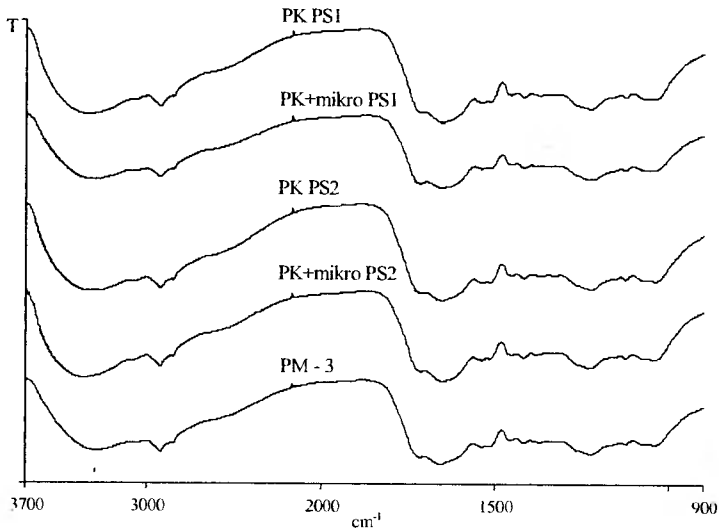
Fig. 46. IR-spectra of humic acids isolated from the soils after wheat on the stand after yellow lupine cultivated for green crop and seeds, and after wheat



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 43 – Legend: explanations see Fig. 43

Rys. 47. Widma w podczerwieni kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie seradeli na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Fig. 47. IR-spectra of humic acids isolated from the soils after serradella cultivated for green crop and seeds, and after wheat



Legenda: objaśnienia oznaczeń podano w rys. 43 – Legend: explanations see Fig. 43

Rys. 48. Widma w podczerwieni kwasów huminowych wyizolowanych z gleb po uprawie pszenicy w stanowisku po seradeli użytkowanej na zielonkę i nasiona oraz po pszenicy

Fig. 48. IR-spectra of humic acids isolated from the soils after wheat on the stand after serradella cultivated for green crop and seeds, and after wheat

W zakresie liczb falowych $1350-1460\text{ cm}^{-1}$ występuje charakterystyczna absorpcja dla drgań deformacyjnych wiązań C-H w grupach $=\text{CH}_2$ i $-\text{CH}_3$, drgań deformacyjnych O-C-O w estrach oraz drgań rozciągających C=O w kwasach karboksylowych. Badane kwasy huminowe wykazywały zbliżoną absorpcję przy 1375 cm^{-1} .

Absorpcja dla drgań deformacyjnych grupy OH w alkoholach I, II, i III rzędowych, estrach, kwasach i fenolach występuje w zakresie liczb falowych $1000-1300\text{ cm}^{-1}$. Zróżnicowanie widma badanych kwasów huminowych w tym zakresie było zbliżone. Wyróżniono w nim piki 1225 cm^{-1} , 1125 cm^{-1} i $1043-1075\text{ cm}^{-1}$.

4. DYSKUSJA

Potencjał plonowania łubinu żółtego jest wysoki, ale stabilność produkcji nasiennej obciążona bywa znacznym ryzykiem [6, 13, 17, 25, 34, 53, 71, 72, 78, 83, 85, 86, 138, 140, 156, 158, 180, 182, 184, 192-194]. W hodowli nowych odmian łubinu żółtego nastąpił w ostatnich latach duży postęp, który przede wszystkim wyraża się wyższą plennością i wiernością plonowania (plon w COBORU – ponad $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [165]), tolerancją i odpornością na choroby. wcześniejszym i wyrównanym dojrzewaniem [141, 184]. Ocena ekonomiczna uprawy łubinu na nasiona jaką wykonał Krasowicz [90] wykazała, że na glebach lekkich uprawa łubinu może być komplementarna do zbóż i innych roślin uprawianych na paszę. Autor uważa, że ze względu na specyfikę tej grupy roślin w ekonomicznej ocenie należy uwzględnić kryteria dodatkowe współdecydujące o wartości gospodarczej. Istotnym kryterium nie tylko przyrodniczym, ale i ekonomicznym jest wpływ roślin motylkowatych na podniesienie zasobności stanowiska i obniżenie nawozochłonności upraw następczych.

W badaniach własnych plon nasion łubinu żółtego wahał się od 1,2 do $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a słomy od $2,6$ do $3,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, plon zielonki stanowił ponad $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Plon białka był wyższy przy zbiorze roślin na zielonkę i wynosił nieco ponad $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, podczas gdy z plonem nasion zebrano około $0,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ białka. Z kolei uprawa seradeli na nasiona przyniosła średnio $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ nasion i ponad $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ słomy, z którą zebrano tylko nieco mniej białka (średnio $538 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) niż z nasionami łubinu. Plon zielonki seradeli był wysoki, a z hektara zebrano ponad $0,7 \text{ t}$ białka. Zielonka łubinu żółtego i seradeli zawierała około 16% białka i od 23 do 28% włókna surowego, co wskazuje na jej wysoką wartość paszową. Nasiona łubinu żółtego porównywane są na podstawie zawartości białka i jego wartości biologicznej do poekstrakcyjnej śruty sojowej [44, 104].

W nowocześnie pojmowanej ochronie agrosystemów rola roślin motylkowatych, a w konsekwencji ich areal powinien wzrosnąć. Rośliny motylkowane dostarczają wysokobiałkowej paszy, wzbogacając glebę w materię organiczną i azot, podnosząc jej żyzność. Znane jest działanie fitosanitarne i fitomelioryacyjne tych roślin, a ich rola w płodozmianie doceniana była od dawna, choć jest trudno wymierna [8, 9, 18, 24, 31, 40, 49, 59-65, 73, 76, 87, 94, 100, 117, 119, 121, 123, 155, 162]. Aby podnieść opłacalność uprawy roślin łubinu żółtego i seradeli, wielu naukowców [13, 15, 17, 19, 26, 37, 53, 59-61, 64, 71, 72, 78, 81, 83, 85-87, 89, 95, 131, 138, 140, 151, 152, 153-155, 166-169, 171, 174-178, 180, 181, 188-194, 196, 202] zajmowało się oddziaływaniem czynników agrotechnicznych, w tym nawożenia i dokarmiania na plon i jakość roślin.

Stosowane w badaniach własnych mikroelementy – bor, miedź, mangan i molibden wpływały na ilość i jakość plonu biomasy łubinu i seradeli oraz nagromadzenie składników pokarmowych zarówno w organach nadziemnych, jak i podziemnych roślin. Łubin żółty i seradela dokarmiana mikroelementami poprawiały wartość stanowiska dla pszenicy, pozostawiały z resztkami pozbiorowymi dużo materii organicznej, wpływały na ilość i strukturę próchnicy glebowej. Dofistne dokarmianie manganem badanych roślin było bardzo efektywne, wzrosły plony zielonki i nasion łubinu żółtego oraz plon zielonki seradeli. Przy obu kierunkach użytkowania łubinu (średnia zasobność gleby w mangan) i seradeli (niska zasobność gleby w mangan) rośliny nawożone manganem

wytworzyły największą biomasę organów nadziemnych i korzeni. Niewiele jest badań nad reakcją łubinu i seradeli na nawożenie manganem [81, 83, 192]. W literaturze [17] spotyka się analizę wpływu manganu na łubin żółty prowadzoną także pośrednio, gdy występował on w wieloskładnikowych nawozach mikroelementowych. Standardowe nawozy wieloskładnikowe (Insol i Agrosol, Florovit) lub mieszaniny mikroelementów zwiększały plon również innych roślin motylkowatych [25, 28, 33, 79, 95, 206]. Mangan jest niezbędny w roślinach motylkowatych, gromadzących duże ilości białka [102, 159, 172], bowiem zwiększa on intensywność fotosyntezy, przyswajanie azotu, a także biosyntezę białka. W badaniach własnych łubin żółty i seradela nie reagowały na nawożenie manganem wzrostem zawartości makroskładników, ale z racji wyższego plonowania roślin dokarmianych tym mikroelementem nagromadzenie ich w biomasie było bardzo wysokie. Naturalną reakcją łubinu i seradeli na stosowanie manganu był wzrost zawartości tego mikroelementu w całych roślinach i wyższe jego nagromadzenie w masie roślinnej. Wskaźnik translokacji manganu w roślinie wskazuje na wyższą koncentrację składnika w słomie, zielonce niż w nasionach i resztkach pozbiorowych. Związki manganu są tym bardziej rozpuszczalne i łatwiej dostępne dla roślin, im gleba ma niższy odczyn [102]. Łubin żółty [6] i seradela [181] wykazują większą tolerancję na kwaśny odczyn gleby niż inne motylkowate. W badaniach własnych gatunki te uprawiano na glebie kwaśnej (pH_{KCl} 4,2-5,0), niezależnie od tego bardzo pozytywnie zareagowały na dokarmianie tym mikroelementem.

Uzupełnienie podstawowego nawożenia fosforem i potasem łubinu żółtego dolistnym dokarmianiem miedzią przyczyniło się do zebrania najwyższego plonu nasion i białka, zwiększenia zawartości azotu w zielonce, nasionach i resztkach pozbiorowych oraz podniesienia zawartości i nagromadzenia miedzi w roślinie, niezależnie od kierunku jej użytkowania. Miedź sprzyjała gromadzeniu azotu w nasionach i w rezultacie zebrano około $700 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ białka. Seliga [152-154] i inni [17, 64] uzyskali również zwyczajki plonu nasion łubinu żółtego pod wpływem nawożenia miedzią lub nawozami wieloskładnikowymi z jej udziałem. Łubin żółty odmiany Topaz, jak podaje Seliga [152-154] wykazał się wyższą efektywnością funkcjonowania brodawek korzeniowych w wyniku nawożenia miedzią. Ruszkowska [146] i inni [102] podają, że miedź zwiększa plon nasion i białka roślin motylkowatych, masę brodawek korzeniowych i zawartości w nich żelaza i molibdenu oraz przyspiesza syntezę aminokwasów. O wysokich potrzebach pokarmowych motylkowatych w stosunku do miedzi świadczy również fakt, że należą one do roślin o największej zawartości miedzi spośród 70 gatunków przebadanych w Polsce [159]. W ostatnich latach nie prowadzono badań nad reakcją seradeli na nawożenie mikroelementami. Seradela uprawiana w stanowisku o średniej zasobności w miedź zareagowała na dokarmianie miedzią zwiększeniem zawartości azotu w zielonce i słomie oraz zawartości i nagromadzenia miedzi w całej biomasie. Rabikowska [142] zaproponowała wskaźnik translokacji do określenia zróżnicowania koncentracji badanego składnika mineralnego w poszczególnych organach rośliny. Ocena translokacji miedzi w łubinie żółtym i seradeli wskazuje, że nawożenie miedzią sprzyjało jej intensywniejszemu gromadzeniu w słomie niż w nasionach badanych roślin. Curyło [20] stwierdził, że w wyniku nawożenia bobiku miedzią jej zawartość najsilniej przyrastała w korzeniach. Jakkolwiek miedź jest mikroelementem mało ruchliwym, to jednak obserwuje się jej ubytek z gleby. Aktualnie około 60% gleb polskich ma negatywny wskaźnik bonitacji zasobności w miedź [56].

W badaniach własnych stwierdzono, że pod wpływem nawożenia borem nieznacznie zwiększył się plon zielonki i nasion łubinu żółtego, a zmniejszył plon zielonki

seradeli, plon jej nasion pozostał bez zmian. U obu gatunków nawożenie borem zwiększało istotnie jego koncentrację w roślinach. Przyrost zawartości boru pod wpływem nawożenia odbywał się z jednakowym natężeniem w organach wegetatywnych i generatywnych roślin. Niewielkie efekty plonotwórcze boru obserwowane w badaniach własnych trudno wytłumaczyć przy niskiej jego zasobności w glebie pola doświadczalnego (według liczb granicznych opracowanych przez IUNG) [199]. Barbacki [6], Ślusarczyk i in. [180], Wilczek i in. [192, 194] udowodnili pozytywny wpływ boru, przede wszystkim w produkcji nasiennej, na liczbę strąków, nasion i ich zdolność kiełkowania. Jednak Szukalski [172] przytacza również przykłady spadku plonu nasion łubinu żółtego pod wpływem nawożenia borem. Dowiedziono jednak, że bor jest niezbędny w biologicznym procesie wiązania azotu cząsteczkowego [146], bowiem stymuluje tworzenie się brodawek i zachodzące w nich procesy.

Molibden wchodzi w skład nitrogenazy – najważniejszego enzymu biorącego udział w wiązaniu N_2 przez rośliny motylkowate. Niezbędny jest w przemianach fosforu, reakcjach oksydoredukcyjnych, wpływa na syntezę chlorofilu i witamin [129, 146, 159, 172]. Pomimo tak wszechstronnego oddziaływania molibdenu, potrzeby nawozowe roślin są bardzo małe i wynoszą od kilkudziesięciu do kilkuset gramów Mo na hektar [159, 172].

W badaniach własnych dokarmianie dolistne molibdenem łubinu żółtego zwiększało, a seradeli zmniejszało plon zielonki. W uprawie nasiennej obie rośliny miały plon nieco wyższy niż nawożone tylko fosforem i potasem. Burkin [19], analizując szereg wyników stwierdza, że zapotrzebowanie łubinu żółtego na molibden jest nieco większe niż innych roślin strączkowych i dzięki temu zazwyczaj gatunek ten reaguje na nawożenie wzrostem plonu nasion. Wzrost plonu wahał się od kilku, do ponad 65%, w zależności od dawek nawozów molibdenowych. Ten sam autor [19] podaje, że również seradela wydała plon nasion wyższy, dzięki nawożeniu molibdenem. Kotecki [81], Kotecki i Malarz [83] stwierdzili małe różnice w plonowaniu łubinu żółtego nawożonego tylko molibdenem; wyraźniejszą reakcję wyrażającą się wzrostem plonu słomy obserwowano w skojarzonym nawożeniu azotem i molibdenem. Wilczek i in. [192, 194] określili, że reakcją łubinu żółtego na nawożenie tym mikroelementem był przyrost plonu. W badaniach własnych łubin żółty i seradela zareagowały na dokarmianie molibdenem, zwiększając zawartość tego składnika w biomacie całej rośliny. Znajduje to potwierdzenie w literaturze zarówno w odniesieniu do efektów nawożenia tym mikroskładnikiem łubinu, jak i innych roślin strączkowych [81-83, 192, 194]. Wskaźnik translokacji informuje, że wskutek nawożenia zawartość molibdenu w słomie łubinu i seradeli przyrastała w wyższym stopniu niż w nasionach.

Stosowane w badaniach mikroelementy – tylko w nieznacznym stopniu wpływały na zmiany w zawartości makroelementów. W łubinie użytkowanym na zielonkę miedź zwiększyła zawartość azotu, mangan – potasu w zielonce, a bor – potasu w resztkach pozbiorowych. W łubinie zbieranym na nasiona miedź podniosła zawartość azotu, a molibden – potasu w resztkach pozbiorowych. Nagromadzenie makro- i mikroskładników w biomacie roślin pozostawało przede wszystkim w ścisłym związku z plonem. Kotecki i Janeczek [82] potwierdzają, że nagromadzenie składników w materiale roślinnym, to funkcja plonu i zawartości danego składnika. W badaniach własnych mangan i molibden przyczyniając się do podniesienia plonu zielonki łubinu również powodowały wyższą akumulację w tym plonie makroskładników. Natomiast miedź i mangan zwiększyły nagromadzenie fosforu w resztkach pozbiorowych łubinu. W uprawie łubinu na nasiona, to miedź i mangan stymulowały zwiększone pobranie z plonem nasion azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia, a na gromadzenie się makroskładników

w masie słomy żaden z mikroelementów nie miał decydującego wpływu. Miedź powodowała, że w resztkach pozbiorowych łubinu nasiennego pozostawało więcej azotu i wapnia, a molibden zwiększał obok azotu, nagromadzenie potasu.

Mikroelementy stosowane dolistnie nie zmieniały zawartości i gromadzenia makroskładników w organach nadziemnych (zielonce, nasionach i słomie) seradeli. Pewien wpływ mikroelementów obserwowano w gospodarce makroskładnikami w resztkach pozbiorowych seradeli. W roślinach zebranych na zielonkę mangan i molibden zwiększyły zawartość fosforu, ale obniżyły wapnia. Spadła także zawartość wapnia pod wpływem nawożenia miedzią i potasem oraz przy nawożeniu manganem. Resztki pozbiorowe, przy tym kierunku użytkowania seradeli, były obfitym źródłem azotu i fosforu wskutek nawożenia manganem, a nawożone miedzią i molibdenem gromadziły mniej wapnia. Seradela uprawiana na nasiona pod wpływem dolistnego dokarmiania manganem i molibdenem zawierała i gromadziła w resztkach pozbiorowych więcej potasu, a nawożenie jej borem i molibdenem sprzyjało kumulacji azotu. Łubin żółty i seradela użytkowane na zielonkę i nasiona przede wszystkim reagowały na nawożenie mikroelementami wzrostem ich zawartości w całej biomase rośliny i to niezależnie od zasobności gleby w dany składnik. Nawożenie borem, miedzią, manganem i molibdenem zwiększało ich nagromadzenie w plonie i resztkach pozbiorowych, prowadząc do uzyskania paszy lub materiału siewnego zasobniejszego w mikroskładniki. Zielonka, nasiona, a nawet słoma zalecane są w żywieniu zwierząt stanowiąc dla nich bogate źródło białka oraz makro- i mikroskładników [145]. Prawidłową ocenę wartości paszy przeprowadzono na podstawie zawartości oraz relacji między poszczególnymi składnikami pokarmowymi w postaci równoważnika chemicznego. Stosunki równoważnikowe między makro- i mikroskładnikami świadczą, że nawożenie tych roślin mikroelementami poprawiało wartość paszy [32].

Resztki pozbiorowe podlegają w środowisku glebowym złożonym przemianom, a bogatsze w mikroelementy są obfitym ich źródłem dla roślin i edafonu glebowego. Jak podaje Martyniuk [117] proces biologicznego wiązania azotu atmosferycznego dostarcza corocznie do globalnego cyklu obiegu azotu około 100 do 172 mln t tego pierwiastka. W badaniach własnych łubinu żółtego i seradeli nie nawożono azotem mineralnym, a rośliny wiązały w biomase do 220 kg · ha⁻¹ azotu. Część tego azotu pozostaje z resztkami pozbiorowymi w środowisku glebowym. Resztki pozbiorowe roślin motylkowatych w badaniach własnych były najbogatsze w azot, a w dalszej kolejności: w potas, wapń, fosfor i magnez, co potwierdza wyniki uzyskane przez innych autorów [8, 54, 55, 88, 89, 123].

Większość współczesnych badań nad masą korzeniową dotyczyła zbóż [55, 114, 115, 132, 133], natomiast wszechstronne badania masy i jakości resztek pozbiorowych roślin motylkowatych wykonano przed kilkudziesięcioma lub kilkunastoma latami [8, 9, 54, 88, 89, 143]. Sporadycznie publikowane są dane dotyczące aktualnie prowadzanych badań nad tym zagadnieniem [60-65, 69, 71, 157]. Brakuje analiz uwzględniających – przy ujednoliconej metodyce oznaczeń – nowe odmiany, nowoczesne czynniki agrotechniczne (mikroelementy), oddziaływanie antropogeniczne na środowisko itp. Wymieniane czynniki modyfikują masę i jakość resztek pozbiorowych, wpływając na stopień przerośnięcia gleby korzeniami, na ich fizjologię, morfologię i anatomię [55]. Rośliny będą mniej narażone na okresowo działające niekorzystne czynniki, takie jak susza czy niedobór składników, kiedy wytworzą rozległe, gęste o dużej zdolności penetracji systemy korzeniowe. Omawiane gatunki – łubin żółty i seradela – zalecane są do uprawy na glebach lekkich, bowiem charakteryzują się – szczególnie łubin żółty – dobrze rozbudowanym systemem korzeniowym. W warunkach własnego doświadczenia

czynnik nawozowy, który istotnie zwiększał plon masy nadziemnej łubinu żółtego, seradeli, najczęściej również istotnie zwiększał masę resztek pozbiorowych. Jeżeli wzrost nie był istotny, to przynajmniej utrzymywał się taki sam kierunek zmian.

Uzupełnienie przedsięwziętego nawożenia fosforem i potasem łubinu i seradeli dokarmianiem dolistnym mikroelementami miało nie tylko wszechstronny wpływ na rośliny, ale również na środowisko glebowe. Celem przeprowadzonych badań było wykazanie wpływu uprawy i nawożenia wybranych roślin motylkowatych na zmiany żyzności gleby, czyli w efekcie na ich wartość następczą dla pszenicy ozimej. Z tej racji, że każda roślina stanowi miarę warunków w jakich rośnie, na stanowisku po łubinie żółtym i seradeli wyznaczono jako roślinę testującą pszenicę ozimą. Porównywano pszenicę uprawianą po motylkowatych z jej krótkotrwałą, bo trzyletnią, monokulturą. Rośliny dla rozwoju i plonowania korzystały wyłącznie ze składników pokarmowych dostępnych w środowisku.

Jak podaje Zawiaślak i in. [200] oraz wielu innych autorów [1, 93, 94, 100, 149] pszenica ozima należy do zbóż o najmniejszej autotolerancji, jej uprawa po sobie daje zazwyczaj złe efekty. Rozwój pszenicy w monokulturze jest gorszy, najczęściej wyraża się słabszym przyrostem masy korzeniowej i zaburzeniami w pobieraniu z gleby składników pokarmowych, któremu towarzyszy ograniczony rozwój masy nadziemnej. Skutki tych ograniczeń ujawniają się w postaci niższej wydajności ziarna, gorszej wartości technologicznej i zdrowotności pszenicy, a także jako wynik długofalowego pogorszenia parametrów jakości gleby. Tymczasem szczególną rolę w podnoszeniu żyzności gleb przypisuje się roślinom motylkowatym [14, 18, 31, 94, 157]. W badaniach własnych opinia ta również znalazła potwierdzenie. Pszenica uprawiana trzy lata po sobie wydała plon ziarna istotnie niższy o 27 do 32% od uprawianej po łubinie, czy seradeli i to niezależnie od kierunku ich użytkowania. Plon słomy pszenicy w monokulturze także był zdecydowanie niższy, różnica w stanowisku po łubinie wynosiła 20%, a po seradeli 30%. Jeszcze większe ograniczenia stwierdzono dla rozwoju masy korzeniowej pszenicy uprawianej w monokulturze – była ona niższa o 39% niż w stanowisku po łubinie, i aż o 70% w porównaniu ze stanowiskiem po seradeli.

Efekt plonotwórczy łubinu żółtego [14, 18, 31, 156, 157] i seradeli [197] w zmianowaniu mierzony plonem rośliny następczej oceniany jest przyrostem plonu od 0,3 do 0,6 t · ha⁻¹ w stosunku do przedplonu zbożowego. W badaniach własnych przyrost plonu ziarna pszenicy w stanowisku po łubinie i seradeli przy obu kierunkach ich użytkowania był zbliżony i wynosił od 0,8 do 1,0 t · ha⁻¹ w stosunku do uprawy pszenicy po sobie. Korzystne działanie następcze badanych roślin motylkowatych wyraża się również lepszym zaopatrzeniem pszenicy w składniki mineralne. Ziarno pszenicy z tych obiektów zawierało więcej azotu o ponad 2 g · kg⁻¹, potasu o 0,6 g · kg⁻¹, zawartość pozostałych makroskładników była także wyższa. Pszenica ozima w plonie biomasy nadziemnej i podziemnej gromadziła średnio w stanowisku po łubinie: N - 122 kg · ha⁻¹, P - 28 kg · ha⁻¹, K - 107 kg · ha⁻¹, Mg - 17 kg · ha⁻¹, Ca - 24 kg · ha⁻¹, zbliżone ilości po seradeli: N - 117 kg · ha⁻¹, P - 25 kg · ha⁻¹, K - 96 kg · ha⁻¹, Mg - 16 kg · ha⁻¹, Ca - 22 kg · ha⁻¹. Pobranie składników przez pszenicę uprawianą trzeci rok po sobie było natomiast dużo niższe i wynosiło: N - 80 kg · ha⁻¹, P - 20 kg · ha⁻¹, K - 66 kg · ha⁻¹, Mg - 11 kg · ha⁻¹, Ca - 15 kg · ha⁻¹. Udowodniono również, że dolistne dokarmianie przedplonu mikroelementami miało działanie następcze. Bor, miedź, mangan i molibden nie różnicowały istotnie plonu pszenicy, ale zwiększały w całej biomacie zawartość tego mikroelementu, który został użyty w nawożeniu przedplonu. Stwierdzono, że nawożenie poszczególnymi mikroelementami roślin przedplonowych zwiększało ich zawartość w ziarnie pszenicy i w organach wegetatywnych z poziomu niskiego do średniego lub wysokiego (w zakresie wystarczającego

zaopatrzenia roślin w mikroelementy opracowanym przez Bergmanna [12]). Stosowanie (dogłębowo) nawozu miedziowego i molibdenowego miało długofalowe, określane na podstawie 12-letnich doświadczeń, działanie następcze na rośliny i glebę [52]. Inni autorzy [7, 57] również stwierdzali istotne oddziaływanie następcze mikroelementów.

W badaniach własnych, aplikując mikronawóz dolistnie wnoszono dawkę przewyższającą potrzeby pokarmowe nawozonej rośliny, stąd należało założyć, że z tych składników będą korzystały także rośliny następcze. Plonowanie pszenicy oraz wartość biologiczna plonu była istotnym kryterium rolniczej oceny wartości przedplonowej łubinu i seradeli. Wzajemne relacje między plonem i jego składem chemicznym i nagromadzeniem pierwiastków dostarczają interesujących informacji o zasobności gleby. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na to, że wydanie wyższego plonu pszenicy na stanowisku po łubinie i seradeli oraz pobranie z nim większych ilości składników pokarmowych: o 40 kg · ha⁻¹ azotu, 35 kg · ha⁻¹ potasu i od kilku do kilkunastu kg na hektar pozostałych makroskładników było możliwe bez stosowania nawozów. Wyniki badań własnych dowodzą, że stanowisko po motylkowatych było zdecydowanie zasobniejsze niż stanowisko po pszenicy ozimej. O wartości następczej danego gatunku decyduje w dużej mierze masa resztek pozbiorowych, zawartość w nich składników mineralnych i materii organicznej. Pod tym względem oceniane motylkowate we własnym eksperymencie pozostawiały w resztkach pozbiorowych następujące ilości makroskładników: po łubinie: 33-40 kg · ha⁻¹ N oraz 20-31 kg · ha⁻¹ K, 6 kg · ha⁻¹ P i 5-6,5 kg · ha⁻¹ Ca, po seradeli: 31-74 kg · ha⁻¹ N, 32-82 kg · ha⁻¹ K, 6,5-16 kg · ha⁻¹ P, 7-19 kg · ha⁻¹ Ca i kilka kilogramów Mg. Zróżnicowanie w ilości nagromadzonych w resztkach składników wynikało przede wszystkim ze zróżnicowania ich masy. Łubin żółty uprawiany na zielonkę pozostawił mniej resztek pozbiorowych niż uprawiany na nasiona. W uprawie seradeli było przeciwnie. W doświadczeniu własnym jako resztki pozbiorowe traktowano nie tylko korzenie, ale i krótką ściern, jak również osypane na powierzchnię gleby fragmenty roślin – liście, niewykształcone strąki itd. Podczas zbioru łubinu na zielonkę w fazie płaskiego strąka wynoszono z pola w pełni ulistnione lodygi, natomiast rośliny zbierane na nasiona w pełnej dojrzałości były praktycznie pozbawione liści, które opadły na glebę i stanowiły duży udział w masie resztek pozbiorowych przy tym kierunku użytkowania. Seradela na zielonkę była zbierana w fazie zawiązywania strąków na 2-3 piętrze, a na nasiona niewiele później (2-3 tygodnie). Seradela należy do roślin motylkowatych, u których przyrost masy wegetatywnej nie jest determinowany wykształcaniem strąków. Jednak w miarę starzenia się roślin następuje obumieranie korzeni i ograniczenie ich masy. Należy założyć, że mniejsza masa resztek pozbiorowych w stanowisku po seradeli na nasiona, możliwa do wyodrębnienia z gleby przyjętymi metodami analitycznymi, miała związek z częściowym już obumarciem i wstępną mineralizacją bardzo delikatnych, bogatych w azot korzeni. Potwierdzenie tej tezy znaleziono w wysokiej zasobności gleby na tym stanowisku w azot ogółem, amonowy i azotanowy oraz w węgiel organiczny, w tym frakcję najbardziej podatną na utlenianie. Postępujące w trakcie wegetacji roślin przemiany ich obumarłych resztek zwiększają wpływ następczy roślin i stanowią przykład, że masa resztek pozbiorowych oznaczona po zbiorze nie w pełni precyzyjnie określa ich wartość następczą. Takie zjawisko obserwowano już wcześniej, kiedy na stanowisku po grochu, który pozostawiał mało resztek pozbiorowych w porównaniu z innymi motylkowatymi, uzyskiwano wyższe przyrosty plonu roślin następczych.

W badaniach własnych, w celu rozgraniczenia bezpośredniego wpływu uprawy roślin motylkowatych na zasobność gleby od wpływu następczego wynikającego z roz-

kładu resztek pozbiorowych, oceniano zmiany zasobności gleby po zbiorze roślin motylkowatych bez udziału świeżych resztek pozbiorowych. Przy takim systemie oceny można dowiedzieć, że rośliny motylkowe już podczas wegetacji korzystnie wpływają na glebę, a pozostające w glebie resztki pozbiorowe są dodatkowym źródłem materii organicznej i składników mineralnych dla wtórnego obiegu. Uprawa łubinu żółtego i seradeli zwiększyła zawartość w glebie azotu ogółem, azotu amonowego i azotanowego oraz przyswajalnych form makroskładników w stosunku do poziomu zasobności przed uprawą roślin motylkowatych. Dokarmianie dolistne borem, miedzią, manganem i molibdenem łubinu i seradeli skutkowało także podniesieniem zasobności gleby we wspomniane mikroelementy. Zmiany składu chemicznego gleby na stanowisku po pszenicy – drugi rok uprawy po sobie – wskazywały, że zasobność gleby obniżyła się, pomimo stosowania nawozów mineralnych w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ azotu, $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ fosforu i $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ potasu. Jak podaje Martyniuk [117], rośliny motylkowe są bogatym źródłem azotu biogenego. W badaniach własnych wykazano, że rośliny motylkowe nie nawożone azotem wzbogaciły agrosystem, podnosząc zawartość tego składnika w glebie o średnio 10-15% w stosunku do stanu wyjściowego, jednocześnie zgromadziły w plonie biomasy ponad 200 kg N . Zmiany te następowały pod wpływem procesów metabolicznych zachodzących w roślinach i glebie. Wzrost zasobności gleby był możliwy, gdyż w trakcie wzrostu, rozwoju i dojrzewania roślin część systemu korzeniowego, a także brodawek obumiera i okresowo zastępowana jest przyrostem nowych korzeni. Także wcześniejszej mineralizacji ulegają opadające liście, a wraz z wydzielinami korzeni i brodawek do gleby dostaje się azot, substancje organiczne i mineralne (np. przemieszczone z podglebia) [8, 88, 129]. Na wartość stanowiska po motylkowatych pozytywnie wpływało wzbogacanie gleby w materię organiczną resztek pozbiorowych, a różnice w ich masie, tempie mineralizacji ostatecznie określały dostępność składników pokarmowych dla pszenicy.

W celu udokumentowania trwałości działania następczego uprawy i nawożenia mikroelementami łubinu żółtego i seradeli w porównaniu z monokulturą pszenicy, określono zasobność stanowiska w składniki mineralne ponownie po zbiorze pszenicy – rośliny testującej wartość stanowiska. Jak wykazały badania własne, uprawa pszenicy ozimej bez nawożenia mineralnego spowodowała obniżenie zasobności gleby w podstawowe składniki pobrane z plonem. Występuje jednak zasadnicza różnica w zasobności stanowiska po pszenicy, której przedplonami były rośliny motylkowe i po pszenicy w trzyletniej monokulturze. Stanowisko po pszenicy, której przedplonem był łubin lub seradela w porównaniu z pszenicą w monokulturze było zasobniejsze w składniki pokarmowe, pomimo wyższego plonowania roślin na tych obiektach. Dolistne dokarmianie mikroelementami rośliny przedplonowej skutkowało utrzymującym się jeszcze po dwóch latach od zastosowania wyższym poziomem mikroskładników w glebie. O ile działanie następcze nawożenia dogłębowego mikroelementami zostało dość szeroko rozpoznane [39, 41], o tyle informacja odnośnie przemieszczania się do gleby składników aplikowanych nalistnie jest niepełna. Ich działanie następcze wyrażało się zarówno wyższym plonowaniem roślin, jak i wzrostem żyzności gleby. Wartość przedplonową analizowanych w badaniach gatunków łubinu żółtego i seradeli zarówno w użytkowaniu na zielonkę, jak i na nasiona można określić jako równorzędną. Jednak zdania na ten temat są podzielone, jedni badacze twierdzą, że rośliny strączkowe użytkowane na zielonkę odznaczają się wyższą wartością przedplonową [160], a inni [185], że jest wyższa, gdy zbieramy je na nasiona. Styk i Przybysz [160] oraz Świętochowski [185], Ziółek i in. [204, 205] podają, że plon pszenicy ozimej uprawianej po łubinie żółtym,

białym, bobiku, lędźwianie afrykańskim był podobny. Także Skrzyczyński i in. [157] nie stwierdzili udowodnionej reakcji jęczmienia jarego na różne gatunki roślin strączkowych w przedplonie. Natomiast w badaniach z żytem, jęczmieniem i pszenicą [136, 137] wykazano zróżnicowanie wartości przedplonowej kilku porównywanych roślin strączkowych.

W badaniach własnych, poza oceną oddziaływania przedplonów na skład chemiczny gleby, wykonano analizę materii organicznej. Stwierdzono wielokierunkowy wpływ roślin motylkowatych na zawartość i jakość materii organicznej, skład frakcyjny próchnicy oraz zmiany struktury i właściwości fizykochemicznych kwasów huminowych. Stanowisko po motylkowatych charakteryzowała wyższa niż po pszenicy zawartość węgla organicznego w glebie. Zróżnicowanie to utrzymywało się jeszcze w kolejnym roku eksperymentu. Stwierdzono wysoką korelację między masą resztek pozbiorowych jaką zostawiły rośliny przedplonowe a zawartością węgla organicznego oraz azotu ogółem w glebie. Wyższe plony rośliny testującej w stanowisku po łubinie i seradeli niż po pszenicy potwierdzają zależność pomiędzy żyznością gleb a zawartością węgla organicznego [77, 108]. Wcześniej już stwierdzono [46, 97, 201], że pod większością roślin uprawianych w monokulturach następuje spadek zawartości próchnicy.

W glebie pobranej bezpośrednio po zbiorze roślin przedplonowych jakość materii organicznej była mało zróżnicowana przez uprawiane gatunki roślin i ich użytkowanie. Przeciętnie udział I frakcji węgla najbardziej podatnej na utlenianie roztworami $KMnO_4$ wynosił 30%, frakcji II o średniej podatności 12%, a udział III frakcji nie podlegającej utlenieniu w warunkach przeprowadzonej analizy stanowił 58%. Natomiast, w drugim roku od uprawy łubinu na tych obiektach stwierdzono zmianę utlenialności węgla organicznego – istotnie wzrósł udział frakcji węgla nieutleniającego w warunkach przeprowadzonej analizy, a uległ obniżeniu udział frakcji o średniej podatności.

Jak podaje Gonet i in. [48] rozpuszczalny węgiel organiczny (RWO) jest najbardziej labilną frakcją węgla, na jej udział w siedliskach naturalnych wpływa wiele czynników, w tym ilość i rodzaj resztek pozbiorowych, typ gleby, działalność mikroorganizmów, uwilgotnienie gleby i inne. W badaniach własnych nie obserwowano, aby zawartość węgla rozpuszczalnego podlegała zmianom proporcjonalnym do zawartości węgla organicznego. W glebie, na której uprawiano łubin, tej frakcji węgla było mniej niż w stanowisku po pszenicy, a po seradeli więcej niż po pszenicy. W drugim roku od uprawy motylkowatych nie stwierdzono różnicującego, następczego oddziaływania przedplonu na zawartość RWO. Wpływ rośliny i jej miejsca w zmianowaniu na zawartość węgla z dekalcytacji był niejednorodny. Kusińska [97] badając udział węgla z dekalcytacji w glebie pod uprawianymi roślinami przy różnych systemach ich uprawy i ochrony nie stwierdziła wyraźnej regularności w kształtowaniu jego udziału. Z analizy składu frakcyjnego próchnicy wynika, że poziom węgla kwasów fulwowych w glebie ze stanowiska po motylkowatych (w dwuletnim okresie badań) był dość wyrównany, aczkolwiek następował przyrost jego udziału w ogólnej puli węgla organicznego. W stanowisku po pszenicy zarówno po dwu-, jak i trzyletniej monokulturze mniejszej zawartości węgla organicznego towarzyszył wyższy niż w stanowisku po motylkowatych udział węgla kwasów fulwowych i huminowych w ogólnej puli węgla organicznego. Zmiany w zawartości węgla kwasów huminowych następowały pod wpływem bezpośredniego i następczego oddziaływania uprawianych roślin. Uprawa pszenicy w stanowiskach po łubinie i seradeli wpływała na obniżenie zawartości węgla organicznego (z wyjątkiem stanowiska po łubinie na nasiona), jednocześnie na tych stanowiskach wzrastał udział węgla kwasów huminowych w ogólnej puli węgla organiczne-

go. W miarę postępowania monokultury pszenicy w glebie następował przyrost udziału węgla kwasów huminowych w ogólnej puli węgla.

Działanie i następcze uprawy łubinu oraz seradeli należy określić jako pożądane także pod względem korzystnego ich oddziaływania na wartość stosunku C_{kh}/C_{kf} . Wyższy stosunek C_{kh}/C_{kf} obserwował Gonet [47] w glebie nawożonej obornikiem, podobnie jak Łakomic in. [106], uznając jego przyrost jako jeden ze wskaźników trwałości i jakości próchnicy. Dębska [29] stwierdziła, że w procesie rozkładu resztek roślinnych lucerny powstające substancje humusowe mają zbliżone właściwości do substancji humusowych gleby brunatnej. Huminy, to trudno rozpuszczalna, najbardziej trwała frakcja próchnicy glebowej. Udowodniono w badaniach własnych istotny wpływ uprawy łubinu żółtego i seradeli na przyrost węgla humin. W kolejnych latach monokultury pszenicy ozimej udział węgla humin silnie się obniżał. Kierunki użytkowania łubinu i seradeli na zielonkę lub nasiona nie miały wyraźnego wpływu na zróżnicowanie zawartości węgla organicznego i skład frakcyjny próchnicy. Mikroelementy – bor, miedź, mangan i molibden stosowane w dokarmianiu roślin motylkowatych istotnie, ale niejednolicie zmieniały skład frakcyjny próchnicy, regularnie zmniejszały udział węgla z dekalcytacji i węgla kwasów huminowych. W drugim roku od ich zastosowania obserwowano istotne różnicowanie zawartości węgla humin. jednocześnie w dwuletnim okresie obserwacji nie stwierdzono ich wpływu na zmiany w zawartości węgla organicznego.

Ponieważ proces termicznego utleniania związków humusowych w derywatografie może w pewnym sensie naśladować ich przemiany naturalnie zachodzące w glebie, w badaniach własnych oceniono zróżnicowanie właściwości termicznych kwasów huminowych pod wpływem uprawy i nawożenia mikroelementami łubinu i seradeli. Wyekstrahowane kwasy huminowe z próbek gleb pobranych bezpośrednio po zbiorze roślin motylkowatych i pszenicy (przedplon) nie miały wyraźnie zróżnicowanych właściwości termicznych. Stwierdzono jednak, że wskaźnik „alifatyczności” kwasów huminowych maleje po kolejnych latach monokultury pszenicy. Oznacza to mniejszą podatność KH na mineralizację. Kwasy huminowe wyekstrahowane z gleb stanowiska po łubinie żółtym i seradeli uprawianych na nasiona i nawożonych mikroelementami wyróżniły się spośród badanych próbek tym, iż podczas rozkładu termicznego występowały dwa efekty egzotermiczne wysokotemperaturowe. Świadczą one o tym, że podlegające destrukcji w tym zakresie temperaturowym struktury aromatyczne KH nie były jednorodne.

Widma w podczerwieni kwasów huminowych wyseparowanych z gleb po różnych przedplonach charakteryzowały się występowaniem wielu pasm absorpcyjnych w zakresie liczb falowych $1000-4000\text{ cm}^{-1}$, które są charakterystyczne dla różnych jednostek strukturalnych i grup funkcyjnych. Analiza spektrogramów nie pozwala stwierdzić wyraźniejszego zróżnicowania budowy chemicznej kwasów huminowych w badanych glebach. Należy jednak zwrócić uwagę na nieco większą intensywność piku 1540 cm^{-1} w widmie kwasów huminowych pochodzących ze stanowiska po trzyletniej monokulturze pszenicy w porównaniu z pochodzącymi ze stanowisk, na których przedplonem pszenicy były łubin żółty i seradela. Występujące pasmo 1540 cm^{-1} wskazuje na obecność grup aminowych oraz struktur aromatycznych. Kusińska [98] wskazała, że najbardziej wyraźną absorpcją w tym zakresie charakteryzowały się kwasy huminowe z obornika, podobnie Strączyńska [161] wiązała uzyskany efekt z nawożeniem gleby gnojowicą. Jak wykazuje analiza widm, w kwasach huminowych wyekstrahowanych z gleby po dwuletniej monokulturze pszenicy była nieznacznie niższa intensywność piku

1720 cm^{-1} w porównaniu z kwasami huminowymi z gleb po seradeli, jak i po łubinie żółtym. Pasma o liczbie falowej 1700 do 1720 cm^{-1} wskazuje na występowanie grup karboksylowych w kwasach i ketonach. Gonet [47] i Kusińska [97] nie stwierdzili w swoich badaniach wpływu nawożenia na zmiany absorpcji w tym zakresie widma.

Większość ocen jakości próchnicy odnosi się do wpływu na jej cechy grupy roślin w cyklu zmianowania, czyli mierzona jest średnią wartością nakładającego się przez kilka lat oddziaływania ich na glebę. W doświadczeniu własnym natomiast oceniono zmiany w jakości próchnicy, zachodzące bezpośrednio po uprawie rośliny motylkowatej i w dwuletnim członie zmianowania z jej udziałem. W związku z tym wyniki mogą służyć do określenia i charakterystyki zmian zachodzących w strukturze próchnicy w krótkim przedziale czasowym.

Reasumując, przeprowadzony eksperyment i wykonane analizy potwierdzają, że prawidłowe zmianowanie roślin uprawnych, oparte na czynnikach przyrodniczych wraz ze stosowanym w nim właściwym systemem agrotechnicznym, w największym stopniu zapewniają sukcesywny wzrost plonów przy stale wzrastającej żyzności gleby.

5. WNIOSKI

1. Łubin żółty i seradela uprawiane na zielonkę i nasiona reagowały na dolistne dokarmianie borem, miedzią, manganem i molibdenem zróżnicowaniem wysokości i jakości plonu. Wzrosła zawartość i nagromadzenie badanych mikroelementów w biomacie roślin. Najbardziej wszechstronnie działał mangan, który wpływał istotnie na wzrost plonu zielonki i nasion łubinu oraz zielonki seradeli. Miedź szczególnie efektywnie wpłynęła na plonowanie łubinu żółtego, gromadzenie azotu i na plon białka, a molibden istotnie zwiększył plon zielonki łubinu. Najstabsze efekty plonotwórcze wykazał bor. W uprawie łubinu żółtego i seradeli, jednym z warunków wzrostu plonu nasion, zielonki i białka było nawożenie manganem, a w uprawie na nasiona miedzią.
2. Stwierdzono istotną korelację pomiędzy plonem masy nadziemnej łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę i nasiona a masą resztek pozbiorowych. Podobny związek zanotowano u seradeli uprawianej na zielonkę. Jakkolwiek wpływ nawożenia mikroelementami na masę resztek pozbiorowych nie był istotny (poza borem), to jednak lepiej plonujące rośliny pozostawiły w glebie wyższą masę resztek pozbiorowych i składników pokarmowych.
3. Łubin żółty i seradela nagromadziły w biomacie po około 200 kg azotu i potasu, duże ilości pozostałych makro- i mikroskładników; część tych składników z masą $2-4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ resztek pozbiorowych pozostawała w glebie.
4. Plon ziarna pszenicy ozimej zebrany w stanowisku po łubinie żółtym i seradeli użytkowanych na zielonkę i nasiona świadczył o ich wysokiej wartości przedplonowej. Był on istotnie wyższy na tych stanowiskach niż pszenicy uprawianej po sobie. Występowała silna dodatnia korelacja plonu z zawartością węgla organicznego w glebie, azotu ogółem, przyswajalnego fosforu i potasu, i nieco słabsza z zawartością mikroelementów.
5. Plonowanie pszenicy ozimej na poziomie $3,8-4,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ziarna w stanowisku po łubinie i seradeli było możliwe bez stosowania nawozów. Pszenica uprawiana w monokulturze w tych samych warunkach siedliskowych plonowała przeciętnie o $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niżej.
6. Dolistne dokarmianie borem, miedzią, manganem i molibdenem przedplonu spowodowało wzrost ich zawartości w glebie. Wykazano, że występuje dodatnia i istotna korelacja między zawartością tych mikroelementów w biomacie pszenicy a zawartością przyswajalnych mikroskładników w glebie.
7. Mikroelementy zastosowane dolistnie w uprawie łubinu żółtego i seradeli poprawiały wartość stanowiska dla pszenicy ozimej, która plonowała wyżej niż uprawiana w monokulturze, pozostawiła więcej resztek pozbiorowych zasobniejszych w składniki mineralne, w tym również w mikroelementy.
8. Działanie następcze uprawy i dokarmiania łubinu żółtego i seradeli niezależnie od kierunku ich użytkowania wyrażało się wzrostem żyzności gleby. Po uprawie roślin motylkowatych następował w glebie wzrost zawartości próchnicy, azotu i pozostałych składników pokarmowych. Wzrost żyzności gleby w stanowiskach po motyl-

kowatych miał charakter stabilny. Wyższy poziom ocenianych parametrów jakości gleby utrzymywał się jeszcze w drugim roku od uprawy tych roślin.

9. Udowodniono, że wpływ następczy seradeli uprawianej na nasiona był wyższy niż wskazuje na to masa i skład chemiczny jej resztek pozbiorowych. Decydowała o tym postępująca mineralizacja obumarłych części roślinnych, zachodząca już w trakcie wegetacji seradeli. Znajduje to potwierdzenie w wyższej zasobności gleby na tym stanowisku w azot ogółem, węgiel organiczny, w tym frakcję najbardziej podatną na utlenianie. Ocenę działania następczego roślin nie można zatem opierać wyłącznie na określeniu masy i składu chemicznego resztek pozbiorowych, lecz należy uzupełnić ją określeniem parametrów żyzności gleby.
10. Niezależnie od kierunków użytkowania, uprawa łubinu żółtego i seradeli wpływała dodatkowo na bilans i jakość próchnicy glebowej. Wykazano ścisłą korelację pomiędzy zawartością węgla organicznego, azotu ogółem i wartością próchnicy a masą resztek pozbiorowych pozostawianych w glebie przez rośliny przedplonowe.
11. Rośliny motylkowate powodowały korzystne zmiany jakości próchnicy – podobne do zmian obserwowanych w glebach nawożonych obornikiem.

LITERATURA

- [1] Adamiak J., Adamiak E., Zawisłak K., 1994. Reakcja pszenicy ozimej na udział zbóż w płodozmianie i dobór przedplonów. *Fragm. Agron.* 1, 82-89.
- [2] Allos H.F., Bartholomew W.V., 1955. Effect of available nitrogen on symbiotic fixation. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 19, 182-184.
- [3] Allos H.F., Bartholomew W.V., 1959. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. *Soil Scv.* 87, 61-66.
- [4] Andrzejewska J., 1990. Wsiewki poplonowe seradeli w pszenżyto i żyto ozime uprawiane w monokulturze. Praca doktorska. ATR Bydgoszcz (maszynopis).
- [5] Andrzejewska J., Ignaczak S., 1996. Wsiewki poplonowe seradeli w pszenżyto i żyto ozime uprawiane w monokulturze. Cz. III. Rozwój, plon i skład chemiczny seradeli. *Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo* 37, 31-41.
- [6] Barbacki S., 1972. Łubin. PWRiL Warszawa.
- [7] Barrow N.J., Leahy P.J., Southey I.N., Purser D.B., 1985. Initial and residual effectiveness of molybdate fertilizer in two areas of South Western Australia. *Austr. J. Agric. Res.* 36, 579-587.
- [8] Batalin M., 1962. Studium nad resztkami poźniwnymi roślin uprawnych w łanie. *Rocz. Nauk Roln.* 98-D, PWRiL Warszawa.
- [9] Batalin M., Szałajda R., Urbanowski S., 1968. Wartość zielonego nawozu z poplonowych wsiewek roślin motylkowych. *Pam. Puł.* 35, 37-51.
- [10] Batalin M., Urbanowski S., 1969. Nawożenie gleb kwaśnych. Cz. II. Wpływ nawozów mineralnych na silnie kwaśnej glebie piaskowej. *Pam. Puł.* 37, 99-112.
- [11] Blair G.J., Lefroy R.D.B., Lisle L., 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of carbon management index. *Austr. J. Agric. Res.* 46, 1459-1466.
- [12] Bergmann W., 1986. *Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen Visuelle und analytische Diagnose.* VEB G. Fisher Verlag, Jena.
- [13] Bieniaszewski T., 2001. Niektóre czynniki agrotechniczne warunkujące wzrost, zdrowotność i plonowanie odmian łubinu żółtego. *Rozp. hab.* 51, UWM Olsztyn.
- [14] Blecharczyk A., Pudelko J., Śpitalniak J., 1999. Reakcja pszenicy ozimej na sposoby uprawy roli w zależności od przedplonu i nawożenia azotowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 74, 163-170.
- [15] Bochniarz J., 1989. Czynniki agrotechniczne w plonowaniu roślin strączkowych. *Mat. konf. nauk. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych.* Puławy, Cz. I, 19-43.
- [16] Boreńska Ł., Niewiadomski W., 1987. Ocena zmianowań o narastającym udziale pszenicy ozimej na glebie średniej i lekkiej. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agriculture* 44, 55-65.

- [17] Borowska M., 2001. Wpływ wybranych regulatorów wzrostu i Ekolistu na plonowanie łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.). Praca doktorska, ATR Bydgoszcz (maszynopis).
- [18] Budzyński W., Dubis B., 1997. Plonowanie pszenżyta ozimego jako kryterium rolniczej oceny wartości przedplonowej różnych form łubinu żółtego. Zesz. Nauk. AR Szczecin 175 (65), 49-54.
- [19] Burkin J., 1976. Znaczenie molibdenu w produkcji rolniczej. PWRiL Warszawa.
- [20] Curyło T., 2000. Wpływ miedzi i cynku na proces wiązania N₂ przez bakterie symbiotyczne bobiku. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471, 209-217.
- [21] Czuba R., 1969. Badania nad pobieraniem składników pokarmowych przez pszenicę ozimą. Rocz. Nauk Roln. A-96 (1), 5-28.
- [22] Czuba R., 1996. Agrochemiczne podstawy formowania układów mikroelementowych w nawozach dolistnych. Prace Naukowe Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej. Konferencje 26, 251-257.
- [23] Czuba R., 1996. Celowość i możliwość uzupełnienia niedoborów mikroelementów u roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 55-64.
- [24] Czuba R., Gorlach E., Kalembasa S., Loginow Wł., Mazur T., 1991. Azot w glebach uprawnych. Praca zbiorowa. pod red. T. Mazura, PWN Warszawa.
- [25] Czuba R., Sztuder H., Świerczewska M., 1999. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. IV. Reakcja roślin na dolistne stosowanie magnezu łącznie z mikroelementami oraz magnezu, azotu i mikroelementów w zabiegu łączonym. Rocz. Glebozn. L (3/4), 51-59.
- [26] Czuba R., Mazur T., 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa.
- [27] Czuba R., Szukalski H., 1973. Mikronawozy i ich stosowanie. PWRiL Warszawa.
- [28] Czyż H., 1993. Reakcja odmian grochu na dolistne dokarmianie borem, manganem i molibdenem. Fragm. Agron. 1, 14-21.
- [29] Dębska B., 1996. Właściwości substancji humusowych powstałych podczas rozkładu resztek roślinnych w glebie. Praca doktorska, ATR Bydgoszcz (maszynopis).
- [30] Dębska B., Gonet S.S., 2002. Wpływ zmianowania oraz nawożenia obornikiem i azotem na zawartość węgla rozpuszczalnego w glebie płowej. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization 1, IUNG Puławy, 209-216.
- [31] Dubis B., Budzyński W., 1998. Wartość przedplonowa różnych typów łubinu żółtego dla zbóż ozimych. Rocz. Nauk Roln. 113 A (3-4), 145-154.
- [32] Dudziak S., Gajda J., 1983. Zależność zawartości mikroelementów w sianie łąkowym od nawożenia mikroelementami. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 242, 367-377.
- [33] Dudziak St., Bartuzi J., Rzepliński H., 1981. Zawartość mikroelementów w nasionach i słomie niektórych odmian roślin strączkowych. Pam. Puł. 76, 192-205.
- [34] Dworakowski T., 1994. Porównanie plonowania odmian łubinu żółtego w warunkach glebowo-klimatycznych województw białostockiego i łódzkiego. Lubin-Białko-Ekologia. I Ogólnopl. konf. nauk. rol. Poznań. 385-388.
- [35] Dziadowiec H., 1979. Zjawiska energetyczne towarzyszące procesowi humifikacji. Prace Komisji Naukowej PTG 37, 229-242.

- [36] Dziadowiec H., Gonet S.S., 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. PTG Warszawa.
- [37] Dzieżyc J., 1993. Czynniki plonotwórcze - plonowanie roślin. Praca zbiorowa. PWN Warszawa-Wrocław.
- [38] Esaki I., Watanabe A., Kimura M., 1993. Water-soluble organic materials in paddy soil ecosystem. 1. Fractionation of water-soluble organic materials in leachate from submerged paddy soils using PVP and ion exchange resin. *Soil Sci. Plant Nutr.* 39, 529-538.
- [39] Faber A., 1992. Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. *Rozp. hab., IUNG Puławy.*
- [40] Fabijański J., Chmielewski J., Roszak W., 1989. Wpływ członów zmianowania z udziałem roślin motylkowatych na niektóre właściwości fizyczne i chemiczne gleby oraz plon rośliny następczej. W: *Nowe kierunki w uprawie i użytkowaniu roślin motylkowych.* AR Szczecin, 120-131.
- [41] Finck A., 1987. Report of the symposium on the utilization of secondary and trace element in agriculture. *The Utilization of Secondary and Trace Elements in Agriculture.* Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, 1-8.
- [42] Flaig W., Beutelspacher H., Rietz E., 1975. Chemical composition and physical properties on humic substances. *Soil components.* J.E. Gieseking. Springer-Verlag, New York.
- [43] Flis-Bujak M., 1978. Przemiany związków próchnicznych w glebach wytworzonych z lessu pod wpływem zmianowania o zróżnicowanym udziale zbóż. *Rozprawy,* AR Lublin.
- [44] Flis M., Zduńczyk Z., 1997. Wpływ obłuskiwania, obróbki termicznej i dodatku enzymów na wartość pokarmową nasion łubinu. 2. Łubin we współczesnym rolnictwie. „Łubin – Białko – Ekologia”. *Mat. konf. ART Olsztyn-Kortowo,* 155-172.
- [45] Gembarzewski H., 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 171-179.
- [46] Gołębiowska D., Giegużyńska E., Milczarek I., Puzyna W., Szczodrowska B., Sienkiewicz M., 1990. Właściwości substancji humusowych gleb. *Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż.* Poznań, 133-163.
- [47] Gonet S.S., 1989. Właściwości kwasów huminowych gleb o zróżnicowanym nawożeniu. *Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz, Rozprawy* 33.
- [48] Gonet S.S., Dębska B., Pakuła J., 2002. Zawartość rozpuszczalnego węgla organicznego w glebach i nawozach organicznych. *PTSH Wrocław,* 17-37.
- [49] Gonet S., Zaujec A., Dębska B., 1992. Chemiczna charakterystyka produktów rozkładu resztek roślinnych w glebie. *Mat. konf. nauk. „Nawozy organiczne”.* Szczecin, 306-313.
- [50] Górlach E., 1985. Teoria i praktyka nawożenia mikroelementami. *Fragm. Agron.* 1, 3-12.
- [51] Górlach E., Gambuś F., 1992. Mikroelementy w nawożeniu roślin potrzeby i stosowanie. *Mat. VII Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie”.* Wrocław, 13-19.

- [52] Gorlach E., Jasiewicz Cz., 1986. Określenie czasu działania siarczanu miedzi i molibdenianu amonu zastosowanych doglebowo w warunkach doświadczeń łąkowych. Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Cz. II. Mat. kraj. symp. Wrocław, IUNG Puławy, 102-107.
- [53] Gromadziński A., 1989. Określenie optymalnej ilości wysiewu łubinu żółtego i wąskolistnego w zależności od nawodnienia i dolistnego nawożenia azotem i mikroelementami. Mat. konf. nauk. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Puławy, 270-279.
- [54] Grzebisz W., 1988. Wpływ uprawy roślin w monokulturze na trwałość struktury gleby. Roczn. Nauk. Roln. 107 A (3), 53-65.
- [55] Grzebisz W., 1988. Wpływ uprawy w monokulturze na masę i skład chemiczny korzeni jęczmienia. Roczn. Nauk. Roln. 107 A (3), 67-78.
- [56] Grzeškowiak A., 1996. Nawozy mineralne we współczesnym rolnictwie. W: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Praca zbiorowa pod red. R. Czuby, Police, 17-56.
- [57] Gupta U.C., Cutcliffe J.A., 1982. Residual effect of boron applied to rutabaga on subsequent cereal crops. Soil Sci. 133 (3), 155-159.
- [58] Gupta U.C., Cutcliffe J.A., 1984. Effects of applied and residual boron on the nutrition of cabbage and field beans. Can. J. Soil Sci. 64, 571-578.
- [59] Harasimowicz-Hermann G., 1988. The effect of fertilization with microelements and magnesium on the development and the yield of yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) 5-th Inter. Lupin Conf., Poznań, 488-493.
- [60] Harasimowicz-Hermann G., 1991. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami łubinu żółtego na ich pobranie z plonem masy nadziemnej i resztek poźniwnych roślin użytkowanych na zielonkę i na nasiona. VII Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie” AR Wrocław, 237-242.
- [61] Harasimowicz-Hermann G., 1993. Wpływ zróżnicowanej architektury łąnu na elementy struktury plonu i masę resztek pozbiorowych form tradycyjnych i samo kończących łubinu żółtego i wąskolistnego. I Kongres PTNA, Fragm. Agron. 4, 181-183.
- [62] Harasimowicz-Hermann G., 1994. Wpływ architektury łąnu na masę resztek roślinnych łubinu żółtego i wąskolistnego odmian samo kończących w porównaniu z tradycyjnymi. Konf. nauk. PTL „Łubin-Białko-Ekologia”, Poznań, 364-369.
- [63] Harasimowicz-Hermann G., 1994. Ocena resztek pozbiorowych odmian samo kończących i tradycyjnych łubinu żółtego przy uprawie na różnych kompleksach glebowych. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 414, 169-178.
- [64] Harasimowicz-Hermann G., 1996. Ocena oddziaływania nawożenia na plon roślin motylkowatych i ich wartość następczą. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz, Rozprawy 72.
- [65] Harasimowicz-Hermann G., 1998. Wartość następcza łubinów, ich miejsce w zmianowaniu oraz w siedliskach pozarolniczych. Łubin w rolnictwie ekologicznym. „Łubin – Białko – Ekologia”. Mat. ogólnopol. sem. nauk., Przysiek, 31-40.

- [66] Hermann J., Harasimowicz-Hermann G., 2001. Zawartość rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) wskaźnikiem określającym stopień dojrzałości kompostu popieczarkowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 478, 138-145.
- [67] Hill G.D., 1990. The utilization of lupins in animal nutrition. *Proc. 6th Inter. Lupin Conf. Temuco-Pucon, Chile*, 68-91.
- [68] Inbar Y., Chen Y., Hadar Y. 1990. Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 13-16.
- [69] Jasińska Z., Kotecki A., 1993. Wpływ terminu siewu na wartość resztek poźniowych bobiku. *Biul. IHAR* 186, 21-27.
- [70] Jasińska Z., Kotecki A., 1993. *Rośliny strączkowe*. PWN Warszawa.
- [71] Jasińska Z., Kotecki A., 1994. Produktivność różnych form łubinu żółtego w zależności od obsady roślin. „Łubin - Białko - Ekologia”. I Ogólnopol. konf. nauk., Poznań, 79-90.
- [72] Jasińska Z., Kotecki A., Malarz W., 1988. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie odmian łubinu żółtego. *Biul. Oceny Odm.* 20, 91-99.
- [73] Jelinowski S., 1989. Rola i znaczenie zmianowania w rolnictwie współczesnym i ekologicznym. *Biologiczne metody podnoszenia żyzności i urodzajności gleb.* IUNG Puławy, 59-70.
- [74] Jelinowski S., Kuś J., Kamińska M., 1989. Wpływ stanowiska na plonowanie zbóż. *Fragm. Agron.* 3, 7-19.
- [75] Karamanos R.E., Kruger G.A., Stewart J.W.B., 1986. Copper deficiency in cereal and oilseed crops in Northern Canadian prairie soils. *Agron. J.* 78, 317-323.
- [76] Koc J., Kubel S., Procyk Z., Szurpicka-Połtarzewska L., 1997. Wpływ łubinu jako przedplonu na obniżenie nawozochłonności uprawy pszenżyta na glebie lekkiej. *Optymalizacja połowej produkcji roślinnej w zmienionych warunkach ekonomicznych.* Bibliotheca *Fragm. Agron.* 3, 117-122.
- [77] Kononowa M., 1968. *Substancje organiczne gleby, ich budowa, właściwości i metody badań.* PWRiL Warszawa.
- [78] Kotecki A., 1990. Wpływ temperatury i opadów na rozwój i plonowanie łubinu żółtego odmiany Topaz. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LII*, 97-107.
- [79] Kotecki A., 1990. Wpływ dolistnego nawożenia manganem na plonowanie odmian bobiku. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LII*, 110-119.
- [80] Kotecki A., 1990. Wpływ dolistnego nawożenia molibdenem na plonowanie odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LIII*, 110-133.
- [81] Kotecki A., 1991. Wpływ przedsiewnego nawożenia azotem i dolistnego nawożenia mikroelementami na wartość pokarmową nasion oraz słomy łubinu żółtego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LV*, 99-111.
- [82] Kotecki A., Janeczek E., 2000. Wpływ nawożenia mikroelementami na gromadzenie składników mineralnych przez fasolę zwyczajną. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 353-361.
- [83] Kotecki A., Malarz W., 1991. Wpływ przedsiewnego nawożenia azotem i dolistnego nawożenia mikroelementami na rozwój i plonowanie łubinu żółtego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LV*, 85-97.

- [84] Koter Z., 1980. Azot mineralny w glebie i roślinie. W: Gospodarka azotowa roślin uprawnych. Praca zbiorowa pod red. E. Nowackiego. PWRiL Warszawa, 116-163.
- [85] Kotowska J., 1992. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na plon oraz zawartość Cu, Zn, Fe, Ca, K, N, P w roślinach uprawnych w zmianowaniu. AR Szczecin, Rozprawy 146.
- [86] Kotowska J., 1998. Współdziałanie wapnowania oraz nawożenia NPK na wielkość i jakość plonów roślin uprawianych na glebie lekkiej. Rozp. hab. 183, AR Szczecin.
- [87] Kotwica K., 1996. Wpływ gęstości siewu na plon nasion łubinu żółtego i jego wartość przedplonową dla pszenicy ozimej. Łubin: kierunki badań i perspektywy użytkowe. PTL Poznań, 31-36.
- [88] Köhnlein J., Vetter H., 1953. Ernterückstände und Wurzelbild Hamburg u. Berlin.
- [89] Könnecke G., 1974. Zmianowanie. PWRiL Warszawa.
- [90] Krasowicz S., 1997: Ekonomiczna ocena uprawy łubinów na nasiona. I. Łubin we współczesnym rolnictwie. „Łubin – Białko – Ekologia”. Mat. konf. ART Olsztyn-Kortowo, 165-177.
- [91] Krauze A., Bowszyc T., Benedycka Z., Bobrzecka D., 1989. Wpływ nawożenia borem w zmianowaniu na jego dynamikę w glebie. Roczn. Glebozn. XL (1), 213-219.
- [92] Krężel R., Miklaszewski S., 1988. Wpływ zmianowań specjalistycznych na plonowanie roślin i właściwości gleby średniej. Cz. III. Wybrane właściwości chemiczne gleby. Fragm. Agron. 4, 71-80.
- [93] Krężel R., Mrówka M., Parylak D., Szumilak D., 1988. Wpływ zmianowań specjalistycznych na plonowanie roślin i właściwości gleby lekkiej. Cz. I. Plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. Fragm. Agron. 4, 47-60.
- [94] Krześlak S., Sadowski T., 1997. Plonowanie i wartość przedplonowa łubinu żółtego. I. Łubin we współczesnym rolnictwie. „Łubin – Białko – Ekologia”. Mat. konf., ART Olsztyn-Kortowo, 179-184.
- [95] Książek J., Podleśny J., Lenartowicz W., 1993. Dolistne dokarmianie roślin strączkowych. Fragm. Agron. 4, 195-196.
- [96] Kulig B., 1992. Wpływ dolistnego stosowania mikroelementów na plonowanie bobiku w zależności od poziomu nawożenia azotowego. Mat. VII Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie” Wrocław. 174-177.
- [97] Kusińska A., 1993. Wpływ systemu uprawy roślin na zawartość substancji organicznej w glebie. skład frakcyjny próchnicy, struktury i właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych. Rozprawy naukowe i monografie. Wyd. SGGW Warszawa.
- [98] Kusińska A., 1997. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na niektóre właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych z czarnej ziemi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 439, 223-232.
- [99] Kusińska A., Brodowicz J., Kozanecka T., 1997. Rola wybranych czynników agrotechnicznych w kształtowaniu substancji organicznej w glebie pod sadem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 439, 215-221.

- [100] Kuś J., Siuta A., 1995. Plonowanie zbóż ozimych w zależności od przedplonu i kompleksu glebowego. *Fragm. Agron.* 3, 53-58.
- [101] Kuszelewski L., 1972. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość i niektóre wskaźniki jakościowe substancji próchnicowych gleby. *Rocz. Nauk Roln.* 98 A, 7-27.
- [102] Lityński T., Jurkowska H., 1982. Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN Warszawa.
- [103] Lityński I., Jurkowska H., Górlach E., 1976. Analiza chemiczno-rolnicza. PWN Warszawa.
- [104] Lubowicki R., Petkov K., Kotlarz A., Łukaszewski Z., 1996. Ocena porównawcza składu chemicznego i wartości pokarmowej nasion łubinu żółtego odmian konwencjonalnych z odmianą samokończącą Manru. Łubin: kierunki badań i perspektywy użytkowe. PTL Poznań, 370-377.
- [105] Łakomiec I., 1984. Wpływ nawożenia na skład związków próchnicznych w glebie w oparciu o doświadczenia wieloletnie na polu doświadczalnym w Skierniewicach. *Symp. nauk., Skierniewice*, 37-40.
- [106] Łakomiec I., Kusińska A., Usakiewicz T., 1984. Stosunek wartości kwasów huminowych do fulwowych jako kryterium żyzności gleb. W: *Naukowe podstawy podnoszenia żyzności i urodzajności gleb w warunkach intensywnych systemów rolnictwa*. IUNG Puławy, 181-188.
- [107] Łoginow W., 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. *Pol. J. Soil Sci.* 20 (1), 47-51.
- [108] Łoginow W., Andrzejewski J., Wiśniewski W., Kusińska A., Cieścińska B., Karlik B., Janowiak J., 1990. Wpływ monokulturowej uprawy zbóż na przemiany materii organicznej i azotu w glebie. *Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż*. Poznań, 111-133.
- [109] Łoginow W., Wiśniewski W., Gonet S.S., Cieścińska B., 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. *Pol. J. Soil Sci.* 20 (1), 47-52.
- [110] Łoginow W., Wiśniewski W., Gonet S.S., Cieścińska B., 1993. Testowa metoda oceny podatności na utlenianie materii organicznej gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 411, 207-212.
- [111] Malhi S.S., Piening L.J., Macpherson D.J., 1989. Effect of copper of stem melanosis and yield of wheat: source, rates and methods of application. *Plant and Soil* 119, 119-204.
- [112] Malicki L., 1968. Oznaczanie masy korzeniowej roślin w warunkach polowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 88, 1-24.
- [113] Malicki L., 1969. Wpływ wilgotności gleby na korzenie roślin. *Post. Nauk Roln.* 6, 11-19.
- [114] Malicki L., Pałys E., 1989. Resztki poźniwne ważniejszych gatunków zbóż na różnych glebach. *Ann. UMCS 40 E, AR Lublin*, 1-9.
- [115] Malicki L., Pałys E., Tarkowski Cz., 1989. Dynamika wzrostu masy korzeniowej i nadziemnej pszenżyta w porównaniu z żytem i pszenicą ozimą na glebie płowej wytworzonej z lessów. *Ann. UMCS 40 E, AR Lublin*, 21-32.

- [116] Martyniak L., 1992. Wpływ uwilgotnienia gleby na zawartość mikroelementów w resztkach poźniwnych roślin i roli przy zróżnicowanym poziomie nawożenia NPK. Mat. VII Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie”. Wrocław, 243-246.
- [117] Martyniak S., 2002. Systemy biologicznego wiązania azotu. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization 1, IUNG Puławy, 264-277.
- [118] Matyka S., Buraczyńska-Niedziałek A., Korol W., 1985. Skład chemiczny nasion krajowych odmian roślin strączkowych grubonasiennych. Biul. Przem. Pasz. 1, 3-10.
- [119] Mazur T., 1965. Badania nad przemianami organicznego i mineralnego azotu oraz związków próchnicznych podczas rozkładu nawozów zielonych na glebach lekkich. WSR Olsztyn, Rozprawa habilitacyjna.
- [120] Mazur T., 1991. Bilans substancji organicznej w glebach uprawnych. Mat. sesji nauk. Badania nad bilansem substancji organicznej i składników pokarmowych w układzie gleba-roślina. ATR Bydgoszcz, 7-20.
- [121] Mazur T., 1992. Rozważania nad nawożeniem w rolnictwie ekologicznym. Symp. nauk. ART Olsztyn, 97-102.
- [122] Mazur T., 1996. Zrównoważone nawożenie czynnikiem uzyskania oczekiwanego plonowania i zachowania warunków ekologicznych. Poradnik Nawożenia i Ochrony Roślin. Agrochem – SITR, 21-26.
- [123] Mazur T., Mineev D., M., Debreczeni B., 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. ART Olsztyn.
- [124] Mercik S., Goralski J., Goźliński H., Mercik J., 1984. Badania nad współdziałaniem potasu z magnezem i wapniem na różnych glebach i pod różnymi roślinami. Cz. III. Wpływ na plonowanie i skład chemiczny zycicy wielokwiatowej i seradeli. Roczn. Glebozn. XXXVI (1), 81-96.
- [125] Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. 1980. Cz. I-IV, IUNG Puławy.
- [126] Nowak W., 2000. Wpływ przedplonów i nawożenia azotem na zawartość niektórych mikroelementów w ziarnie pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471, 403-411.
- [127] Nowosielski O., 1968. Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL Warszawa.
- [128] Nowotny-Mieczyńska A., 1976. Fizjologia mineralnego żywienia roślin. PWRiL Warszawa.
- [129] Nowotny-Mieczyńska A., Gołębiowska J., 1960. Krążenie azotu w przyrodzie. PWRiL Warszawa.
- [130] Nowotny-Mieczyńska A., Arażna J., 1965. Wpływ różnych dawek azotu amonowego stosowanych w różnych terminach wegetacji na symbiozę soi i seradeli. Pam. Puł. 20, 53-74.
- [131] Nowotny-Mieczyńska A., Arażna J., 1968. Wpływ długości dnia na symbiozę soi i seradeli w zależności od różnych dawek azotu amonowego. Pam. Puł. 33, 177-196.
- [132] Pałys E., 1980/81. Masa korzeniowa zbóż jarych na glebie płowej wytworzonej z lessów. Cz. I. Dynamika masy korzeniowej. Ann. UMCS 107 A (3), Lublin, 59-69.

- [133] Pałys E., 1980/81. Masa korzeniowa zbóż jarych na glebie płowej utworzonej z lessów. Cz. II. Stosunek masy korzeni do części nadziemnych. Ann. UMCS, 107 A (3), Lublin, 71-79.
- [134] Parylak D., Waclawowicz R., 2000. Pobranie manganu przez pszenicę w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471, 419-427.
- [135] Parylak D., Waclawowicz R., Majchrowski P., 2000. Wpływ następczy nawozów organicznych na zawartość mikroelementów w glebie i pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471, 427-433.
- [136] Pawłowski F., Bujak K., Wesołowski M., 1992. Następczy wpływ niektórych gatunków roślin strączkowych na plonowanie i zachwaszczenie zbóż na glebach różnych kompleksów. Cz. I. Kompleks pszenno-dobry. Roczn. Nauk Roln. 109 A (3), 9-20.
- [137] Pawłowski F., Bujak K., Wesołowski M., 1992. Następczy wpływ niektórych gatunków roślin strączkowych na plonowanie i zachwaszczenie zbóż na glebach różnych kompleksów. Cz. II. Kompleks żytni dobry. Roczn. Nauk Roln. 109 A (3), 21-30.
- [138] Podsiadło C., 2001. Studia nad deszczowaniem i nawożeniem mineralnym bobiku, grochu siewnego, łubinu białego i łubinu żółtego uprawianych na glebie lekkiej. Rozpr. hab. 203, AR Szczecin.
- [139] Prusinkiewicz Z., Dziadowiec H., Józefkiewicz-Kotlarz J., 1990. Rozkład resztek poźniowych. W: Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż. Poznań, 91-111.
- [140] Prusiński J., 1997. Rola kompleksu glebowego, terminu siewu, rozstawy rzędów i obsady roślin w kształtowaniu plonności łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 253-259.
- [141] Prusiński J., Wiatr K., 1999. Łubin w doświadczeniach w regionie kujawsko-pomorskim. Inter. Conf. Proc. Lupin in Polish and European Agriculture. Przysiek, Poland, 71-81.
- [142] Rabikowska B., 2000. Zawartość i pobranie miedzi, manganu i cynku przez jęczmień jary uprawiany w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia obornikiem i azotem. Cz. I. Zawartość Cu, Mn i Zn w ziarnie i słomie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471, 463-471.
- [143] Řimovský K., 1987. Resztki poźniowe roślin uprawnych i ich wpływ na bilans masy organicznej w glebie. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura 44, 163-171.
- [144] Rocznik Statystyczny, 2000. Wyd. GUS Warszawa.
- [145] Ruszczyc Z., 1985. Żywność zwierząt i paszoznawstwo. Mineralne składniki pasz. PWRiL Warszawa, 110-136.
- [146] Ruskowska M., 1991. Rola mikroelementów w biologicznym wiązaniu N₂. Mat. VI Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie”. Wrocław, 5-13.
- [147] Ruskowska M., Rębowska Z., 1980. Rola mikroelementów w metabolizmie azotowym roślin. W: Gospodarka azotowa roślin uprawnych. Praca zbiorowa pod red. E. Nowackiego. PWRiL Warszawa, 193-223.

- [148] Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U., 1996. Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 1-11.
- [149] Ruszkowski M., Mazurek J., 1975. Pszenica. PWRiL Warszawa.
- [150] Sawicka A., 1983. Ekologiczne aspekty wiązania azotu atmosferycznego. Roczn. AR Poznań, Rozprawa naukowa 134.
- [151] Savenkova L., Duchanin A., Pavlov A., 1983. Dejstivie mineralnykh udobreni na formirovanie urozhajja zerna ljupina. Agrochimija 12, 53-56.
- [152] Seliga H., 1993. The role of copper in nitrogen fixation in *Lupinus luteus* L. Plant and Soil 155/156, 349-352.
- [153] Seliga H., 1995. Physiological role of copper in dry matter and nitrogen accumulation in *Lupinus luteus* L. Acta Physiol. Plant. 17 (4), 309-314.
- [154] Seliga H., 1996. Zróznicowanie reakcji na działanie miedzi kilku gatunków roślin strączkowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 25-29.
- [155] Shapovalov V.F., Trepachev E.P., 1986. Udobrenije seradelly. Agrochimija 1, 69-75.
- [156] Skrzyczyński T., Boligłowa E., 1991. Możliwości produkcyjne roślin strączkowych na glebie kompleksu żytniego dobrego. Zesz. Nauk. WSP-R w Siedlcach, Rolnictwo 29, 9-19.
- [157] Skrzyczyński T., Boligłowa E., Starczewski J., 1992. Wartość przedplonowa roślin strączkowych dla jęczmienia jarego i pszenżyta ozimego. Fragm. Agron. 4, 35-42.
- [158] Songin Wł., 1989. Problemy agrotechniczne produkcji nasion roślin strączkowych w warunkach Pomorza Zachodniego. Mat. konf. nauk. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Puławy, 123-130.
- [159] Sójkowski Z., 1971. Udział mikroelementów w metabolizmie roślin. PWRiL Warszawa.
- [160] Styk B., Przybysz T., 1968. Wpływ następczy niektórych roślin strączkowych wyka jara, peluszka, łądzwian afrykański, siewny na plon pszenicy ozimej. Ann. UMCS 23 E (7), Lublin, 87-95.
- [161] Strączyska S., 1993. Wpływ nawożenia na właściwości związków próchnicznych gleby piaszczystej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 411, 37-42.
- [162] Suwara I., Gawrońska-Kulesza A., 1997. Rola przedplonu w ograniczeniu nawożenia azotem pod pszenicę ozimą. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 439, 211-214.
- [163] Synteza za lata 1985-1988 pracy badawczej pt. Wpływ nawożenia mikroelementami i magnezem łubinu żółtego na ilość i wartość pastewną plonu. CPBR10.17/1. Metody intensyfikacji produkcji zwierzęcej w oparciu o regionalną bazę paszową różnych typów gospodarstw. Maszynopis.
- [164] Synteza za lata 1987-1989 pracy badawczej pt. Wpływ nawożenia mikroelementami na ilość i jakość plonu zielonki seradeli. CPBR10.2/2. Produktywność i wartość pastewna roślin strączkowych i motylkowatych uprawianych w plonie głównym w różnych warunkach środowiskowych. Maszynopis.

- [165] Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Łubin żółty, wąskolistny, biały – wyniki badań 2000, COBORU Słupia Wielka.
- [166] Sypniewski J., 1958. Wpływ terminu, sposobu i ilości wysiewu na rozwój i plon seradeli uprawianej w plonie głównym i w wsiewkach. Cz. I. Seradela w plonie głównym. Roczn. Nauk Roln. 79 A (1), 187-237; Cz. II. Wsiewki seradeli w żyto. Roczn. Nauk Roln. 79 A (2), 467-493; Cz. III. Porównanie seradeli w plonie głównym z wsiewką w żyto. Roczn. Nauk Roln. 79 A (2). 495-503.
- [167] Sypniewski J., 1985. Uprawa seradeli. Mat. konf. „Problemy produkcji, użytkowanie i nasiennictwo roślin motylkowych” SITR, Bydgoszcz, 94-103.
- [168] Sypniewski J., 1986. Problemy uprawy roślin strączkowych w Polsce. Fragm. Agron. 1, 29-36.
- [169] Sypniewski J., 1989. Uprawa roślin strączkowych na paszę. PWRiL Warszawa.
- [170] Systematyka gleb Polski (wydanie czwarte), 1989. Roczn. Glebozn. XL (3/4).
- [171] Szapowałow W.F., Trepaczew E., 1986. Udobrienije seradelli. Agrochimija 1, 69-75.
- [172] Szukalski H., 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL Warszawa.
- [173] Szukalski H., Sikora H., Pytlak J., Chróst J., 1976. Kształtowanie się zawartości boru, miedzi, manganu, molibdenu i cynku w glebach i roślinach w zależności od dawek i częstotliwości ich stosowania w płodozmianie. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 179, 65-72.
- [174] Szukała J., 1994. Wpływ czynników agrotechnicznych na plon, skład chemiczny i wartość siewną nasion trzech gatunków łubinu, ze szczególnym uwzględnieniem łubinu białego. AR Poznań, Rozprawa naukowa 245.
- [175] Szukała J., Rybak H., 1989. Uprawa seradeli na nasiona. Cz. I. Wpływ ilości wysiewu i rozstawy rzędów na wysokość plonu i wartość siewną nasion. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 37, 159-177.
- [176] Szukała J., Rybak H., 1989. Uprawa seradeli na nasiona. Cz. II. Wpływ terminu siewu i zbioru oraz sposobu zbioru na wysokość plonu i wartość siewną nasion. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 37, 179-196.
- [177] Szukała J., Rybak H., 1989. Uprawa seradeli na nasiona. Cz. III. Plonowanie w siewie czystym oraz w mieszance z owsem. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 37, 197-217.
- [178] Szukała J., Rybak H., Małecka J., 1993. Wpływ sposobu uprawy seradeli na plon i wartość siewną nasion. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 42, 79-90.
- [179] Ślusarczyk E., 1989. Przyczyny niskiej żyzności i urodzajności gleb oraz metody ich ulepszenia. Mat. szkol. Biologiczne metody podnoszenia żyzności i urodzajności gleb. IUNG Puławy, 4-18.
- [180] Ślusarczyk E., Biały Z., Płoszczyński M., 1989. Poprawienie wskaźników biologicznego rozwoju i plonowania łubinu pod wpływem uzupełniania niedoboru boru. Mat. konf. nauk. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Puławy, Cz. II, 131-138.
- [181] Święcicki W., 1972. Seradela. PWRiL Warszawa.
- [182] Święcicki W., 1986. Developments in breeding *L. luteus* and its relatives. Proc. 4th Inter. Lupin Conf., Geraldton, Australia, 20-24.

- [183] Święcicki W., 1993. Łubin jako roślina ekologiczna. Łubin w gospodarce i życiu człowieka. PTL Poznań, 15-21.
- [184] Święcicki W., Święcicki W.K., Wiatr K., 1997. Historia, współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli roślin strączkowych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 15-32.
- [185] Świętochowski B., Piasecka S., Sienkiewicz J., 1960. Wstępne badania nad strączkowymi jako roślinami strukturotwórczymi. Prace Zakładu Uprawy Roli i Płodozmianów IUNG 3, 15-29.
- [186] Tahtinen H., 1970. Residual effect of boron fertilization. Ann. Agric. Fenn. 9, 331-335.
- [187] Trojanowski J., 1973. Przemiany substancji organicznych w glebie. PWRiL Warszawa.
- [188] Tworowski J., 1987. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na plon i wartość siewną nasion seradeli. Acta Acad. Agricult. Techn. Obst. Agricultura 44 A.
- [189] Uprawa łubinu i seradeli, 1993. Praca zbiorowa pod red. J. Prusińskiego. ODR Minikowo.
- [190] Wilczek M., 1976. Badania nad plonowaniem seradeli (*Ornithopus sativus*) uprawianej na nasiona w północnym i południowym regionie województwa lubelskiego. Ann. UMCS 31, 35-47.
- [191] Wilczek M., 1993. Plony nasion łubinu żółtego w zależności od nawożenia azotem i ilości wysiewu. Fragm Agron. 3, 70-76.
- [192] Wilczek M., 1997. Wpływ nawożenia makro- (NPK) i mikroelementami (B, Mn, Mo) na plony nasion łubinu żółtego oraz ich jakość. I. Łubin we współczesnym rolnictwie. „Łubin – Białko – Ekologia”. Mat. konf. ART Olsztyn-Kortowo. 197-203.
- [193] Wilczek M., Cwintal M., 1989. Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego i terminów siewu na plony nasion łubinu żółtego na glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 377, 111-118.
- [194] Wilczek M., Cwintal M., Wilczek P., 1996. Wpływ nawożenia makro- (P, K) i mikroelementami (B, Mo) na plony nasion łubinu żółtego i ich jakość. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 151-155.
- [195] Witkowicz R., Zając T., 2002. Growth analysis of serradella (*Ornithopus sativus* Brot.) developed under different soil, methods of sowing and seasons. Acta Physiol. Plant. 24 (2), 201-210.
- [196] Voisin A., 1969. Nawożenie a nowe prawa naukowe. PWRiL Warszawa.
- [197] Zając T., 1999. Indeks powierzchni liści oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od doboru przedplonu. Pam. Puł. 114, 375-380.
- [198] Zalecenia agrotechniczne. 1992. Technologia uprawy łubinów. IUNG Puławy 1, 253-266.
- [199] Zalecenia nawozowe. 1990. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości makro- i mikroelementów w glebach. IUNG Puławy.

- [200] Zawiślak K., Adamiak J., Gawrońska-Kulesza A., Pudelko J., Blecharczyk A., 1990. Plonowanie podstawowych zbóż i kukurydzy w monokulturach. W: Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż. Poznań, 197- 223.
- [201] Zawiślak K., Adamiak J., Tyburski J. 1988. Dynamika substancji organicznej i składników mineralnych w warstwie uprawnej gleby pod wieloletnimi monokulturami. I. Gatunki o większych wymaganiach glebowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 331, 227-235.
- [202] Zduńczyk Z., Flis M., 1997. Skład mineralny nasion łubinu oraz biologiczne skutki podwyższonego poziomu manganu w dietach zwierząt. 2. Łubin we współczesnym rolnictwie. „Łubin – Białko – Ekologia”. Mat. konf. ART Olsztyn-Kortowo, 229-243.
- [203] Ziętecka M., Dynysiuk B. 1986. Reakcja roślin na nawożenie miedzią w warunkach doświadczenia wazonowego. Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Cz. II. Mat. kraj. symp. IUNG Puławy, 21-30.
- [204] Ziółek E., 1965. Badania nad wartością przedplonową roślin strączkowych. Cz. I. Wpływ roślin strączkowych na bilans składników pokarmowych w glebie. Acta Agr. Silv. 5 A (1), 209-246.
- [205] Ziółek E., 1965. Badania nad wartością przedplonową roślin strączkowych. Cz. II. Wpływ następczy roślin strączkowych na plon roślin zbożowych i jego jakość. Acta Agr. Silv. 6 A (1), 3-24.
- [206] Ziółek E., Ziółek W., Desoń-Barańska B., Pryga M., Kulig B., Ostrowska A., 1992. Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami na plonowanie wybranych gatunków roślin uprawnych. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”. Wrocław, 158-161.

WPLYW MIKROELEMENTÓW NA PLON ŁUBINU ŻÓŁTEGO I SERADELI, WARTOŚĆ NASTĘPCZĄ STANOWISKA DLA PSZENICY OZIMEJ ORAZ WYBRANE ELEMENTY ŻYZNOŚCI GLEBY

Streszczenie

W latach 1985-1990 w Stacji Badawczej Mochelek przeprowadzono doświadczenia polowe opierając się na członach zmianowań „łubin żółty – pszenica”, „seradela – pszenica”, „pszenica – pszenica”. Zmianowanie rozpoczynały buraki cukrowe na oborniku (w dawce $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), po nich uprawiano pszenicę ozimą, która była przedplonem roślin w prowadzonych eksperymentach.

Określono wpływ bezpośredni oraz następczy uprawy i dolistnego dokarmiania borem, miedzią, manganem i molibdenem łubinu żółtego i seradeli w porównaniu z monokulturą pszenicy. Analizę wpływu bezpośredniego wykonano na podstawie plonu i składu chemicznego biomasy roślin, nagromadzenia składników pokarmowych zarówno w plonie i resztkach pozbiorowych. Wpływ następczy oceniano za pomocą testu roślinnego z wykorzystaniem pszenicy ozimej i analizy gleby. Określono plon ziarna, słomy, masę resztek pozbiorowych pszenicy oraz ich skład chemiczny. Dla oceny zmian zasobności gleby oznaczono w niej zawartość azotu ogółem, azotu azotanowego i amonowego, przyswajalne formy makro- i mikroelementów oraz odczyn. Materia organiczna jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o żyzności gleby, stąd dla pełnej jej charakterystyki określono skład frakcyjny próchnicy oraz strukturę i właściwości fizykochemiczne kwasów huminowych.

Łubin żółty i seradela uprawiane na zielonkę i nasiona reagowały na dolistne dokarmianie borem, miedzią, manganem i molibdenem różnicowaniem ilości oraz jakości plonu. Wzrosła zawartość i nagromadzenie badanych mikroelementów w biomacie roślin. Najbardziej wszechstronnie działał mangan, który wpłynął na istotny wzrost plonu zielonki i nasion łubinu oraz zielonki seradeli. Miedź szczególnie efektywnie wpłynęła na plonowanie łubinu żółtego i plon białka. Molibden istotnie zwiększył plon zielonki łubinu. Najsłabsze efekty plonotwórcze wykazywały bor. W uprawie łubinu żółtego i seradeli, mimo średniej zasobności gleby w mangan i miedź, jednym z warunków wzrostu plonu nasion, zielonki i białka było dokarmianie manganem, a w uprawie na nasiona – miedzią.

Stwierdzono istotną korelację pomiędzy plonem masy nadziemnej łubinu żółtego użytkowanego na zielonkę a nasiona z masą resztek pozbiorowych. W przypadku seradeli wystąpił związek między tymi parametrami tylko przy jej uprawie na zielonkę. Jakkolwiek wpływ nawożenia mikroelementami na masę resztek pozbiorowych nie był istotny (poza borem), to jednak lepiej plonujące rośliny, pozostawiły wyższą masę resztek pozbiorowych i składników pokarmowych.

Łubin żółty i seradela nagromadziły w biomacie po około 200 kg azotu i potasu, duże ilości makro- i mikroelementów. Część tych składników z masą $2-4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ resztek pozbiorowych pozostały w glebie.

O wysokiej wartości przedplonowej łąbinu żółtego i seradeli użytkowanych na zielonkę i na nasiona świadczył plon ziarna pszenicy ozimej. Na tych stanowiskach był on istotnie wyższy, niż po pszenicy uprawianej po sobie. Wystąpiła silna korelacja plonu z zawartością w glebie węgla organicznego, azotu ogółem, przyswajalnego fosforu i potasu i nieco słabsza z zawartością mikroelementów.

Plonowanie pszenicy ozimej na poziomie $3,8-4,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ziarna w stanowisku po łąbinie i seradeli było możliwe bez stosowania nawozów. Pszenica uprawiana w monokulturze w tych samych warunkach siedliskowych wydała plon ziarna przeciętnie o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niższy.

Doliste dokarmianie borem, miedzią, manganem i molibdenem przedplonu spowodowało przyrost zawartości tych mikroelementów w glebie. Wykazano istotną korelację pomiędzy zawartością i nagromadzeniem mikroelementów w pszenicy a ilością przyswajalnych mikroskładników w glebie.

Łubin żółty i seradela dokarmianie mikroelementami polepszały wartość stanowiska dla pszenicy ozimej. W stanowisku po motylkowatych pszenica plonowała wyżej – niż uprawiana w monokulturze i pozostawiła więcej resztek pozbiorowych. zasobniejszych w składniki mineralne, w tym również w mikroelementy.

Działanie następcze uprawy i nawożenia łąbinu żółtego i seradeli niezależnie od kierunku ich użytkowania wyrażało się wzrostem żyzności gleby. Po roślinach motylkowatych nastąpił w glebie wzrost zawartości próchnicy, azotu i pozostałych składników odżywczych. Wzrost żyzności gleby w stanowiskach po motylkowatych miał charakter stabilny. Wyższy poziom ocenianych parametrów jakości gleby utrzymywał się jeszcze w drugim roku od uprawy tych roślin.

Udowodniono, że wpływ następczy seradeli uprawianej na nasiona był wyższy niż wskazuje na to masa i skład chemiczny jej resztek pozbiorowych. Decydowała o tym postępująca mineralizacja obumarłych części roślinnych, zachodząca już w trakcie wegetacji seradeli. Znajduje to potwierdzenie w wyższej zasobności gleby na tym stanowisku w azot ogółem, węgiel organiczny, w tym frakcje najbardziej podatną na utlenianie. Ocenę działania następczego roślin nie można opierać wyłącznie na określeniu masy i składu chemicznego resztek pozbiorowych, lecz należy uzupełnić ją określeniem zmian w zasobności gleby.

Niezależnie od kierunków użytkowania, uprawa łąbinu żółtego i seradeli wpływała dodatnio na bilans i jakość próchnicy glebowej. Wykazano ścisłą korelację pomiędzy zawartością węgla organicznego, azotu ogółem, (azotu azotanowego i amonowego w odniesieniu wyłącznie do seradeli), „alifatyczności” kwasów huminowych a ilością resztek pozbiorowych pozostawianych w glebie przez rośliny przedplonowe. Rośliny motylkowate powodowały korzystne zmiany jakości próchnicy, podobne do zmian obserwowanych w glebach nawożonych obornikiem. Uprawa pszenicy w manokulturze obniżyła zasobność gleby w składniki pokarmowe, nastąpił ubytek próchnicy i pogorszyła się jej jakość.

EFFECT OF MICROELEMENTS ON YIELD OF YELLOW LUPINE AND SERRADELLA, RESIDUAL VALUE OF STAND FOR WINTER WHEAT AND ON SELECTED PARAMETERS OF SOIL FERTILITY

Summary

In the years 1985-1990 field experiment was conducted at the Mochelek Research Station, based on the rotation module 'yellow lupine – wheat', 'serradella – wheat', and 'wheat – wheat'. Prior to the experiment sugar beet was grown on manure ($20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), after which winter wheat was cultivated as forecrop to the plants tested in the experiment.

Both direct and residual effect of cropping yellow lupine and serradella with the foliar application of microelements was determined in comparison with cropping wheat in monoculture. Analysis of the direct impact was carried out on the basis of the yield, chemical composition of the plant biomass, and accumulation of the nutritive elements both in the crop and in the post-harvest residue. The residual effect was assessed using the plant test of winter wheat and soil analysis. The yield of grain and straw was examined as well as the weight of wheat post-harvest residue and its chemical composition. In order to establish the changes in the soil resources, its content of total nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, available forms of macro- and microelement and reaction were determined. Because organic matter is a crucial factor bringing about soil fertility, a comprehensive study determined the effect of cultivating and fertilizing yellow lupine and serradella on the composition and quality of organic matter, fractional composition of humus, structure and physio-chemical properties of humic acids.

Yellow lupine and serradella cultivated for green crop and seeds responded to the foliar application of boron, copper, manganese, and molybdenum by varying quantity and quality of crop yield. The most comprehensive effect observed was due to the application of manganese which significantly increased the yield of yellow lupine green crop and seeds, and serradella green crop. Copper especially beneficially affected yellow lupine crop yield, nitrogen accumulation, and protein yield. Molybdenum significantly increased lupine green crop yield. Boron was least effective in improving crop yields. Also the content and accumulation of the microelements was found to rise in the plant biomass. In yellow lupine and serradella cultivation, despite the fact that the soil was medium-rich in manganese and copper, one of the preconditions for increasing the yield of seeds, green crop, and protein was applying manganese on leaves, and in cultivation for seeds – applying copper.

A significant correlation was found between the dry matter yield of the above-ground component of yellow lupine cultivated for green crop and seeds, and the weight of its post-harvest residue. In case of serradella, a relation occurred between these parameters when cultivating it for green crop. Even though the impact of microelements fertilization on the mass of post-harvest residue was not significant (with the exception of boron), plants giving higher yields, left a larger weight of post-harvest residue and of the nutritive elements.

Yellow lupine and serradella accumulated approximately 200 kg of nitrogen and potassium, and sizeable quantities of macro- and microelements in the biomass, while a portion of these elements remained in the soil with the weight of post-harvest residue ranging from 2 to 4 t · ha⁻¹.

Great value of yellow lupine and serradella as forecrops was evidenced by the grain yield of winter wheat. It was significantly higher than on the stand after wheat. The yield was strongly correlated with organic carbon, total nitrogen, and available potassium and phosphorus contents in the soil, and more loosely correlated with the content of the microelements.

It was possible to achieve crop yields of winter wheat at the level of 3.8 to 4.1 t · ha⁻¹ on the stands after lupine and serradella without using fertilizers. Wheat cultivated in monoculture in the same habitat conditions produced grain yield lower on average by 1 t · ha⁻¹.

Foliar application of boron, copper, manganese, and molybdenum on the forecrops led to the increased content of these elements in the soil. It has been proved that there exists a significant correlation between the content and accumulation of these microelements in wheat and the quantity of available microelements in the soil.

Fertilized with microelements, yellow lupine and serradella improved the quality of a stand for wheat. On the stands after the papilionaceous plants, wheat produced higher yields of grain and straw, and left more post-harvest residue, richer in mineral elements, including microelements, than wheat cultivated in monoculture.

Residual effect of cultivating and fertilizing yellow lupine and serradella, irrespective of utilization trends, manifested itself in increased soil fertility. On the stands after the papilionaceous plants, there occurred growth in the humus, nitrogen and other nutritive elements in the soil. The increase in the soil fertility on these stands was stable, the elevated levels of the considered soil quality parameters persisted well into the second year following their cultivation.

It has been demonstrated that residual effect of serradella grown for seeds is stronger than the weight and chemical composition of its post-harvest residue would indicate. This results from the ongoing mineralization of dead plant pieces, the process occurring already during the serradella vegetation season. It is corroborated by higher content of total nitrogen, organic carbon, including its fractions most susceptible to oxidation, in the soil on this stand. Assessment of residual effect of plants must not be based solely on determining the mass and chemical composition of post-harvest residue, but it should be complemented by establishing changes in the soil resources.

Regardless of utilization trends, cultivation of yellow lupine and serradella beneficially affected the balance and quality of soil organic matter. A strict correlation has been proved between organic carbon, total nitrogen (ammonia nitrogen and nitrate nitrogen exclusively in reference to serradella), "aliphaticness" of humic acids on one hand, and the quantity of post-harvest residue left in the soil by the forecrops, on the other. The papilionaceous plants brought about favorable changes in humus quality, similar to the changes observed following manure fertilization. Cropping wheat in monoculture decreased the soil nutrients content humus resources dropped and its quality deteriorated.

Biblioteka Główna ATR w Bydgoszczy

85005



ISSN 0209-0597

