



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

ROZPRAWY NR 105

Jadwiga Andrzejewska

AGROTECHNICZNE UWARUNKOWANIA
PLONOWANIA I BRODAWKOWANIA
ZRÓŻNICOWANYCH ODMIAN
GROCHU SIEWNEGO (*Pisum sativum* L.)

3/635

Andrzejewska, Jadwiga.
Agrotechniczne uwarunkowa

2.

BYDGOSZCZ – 2002





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

ROZPRAWY NR 105

Jadwiga Andrzejewska

AGROTECHNICZNE UWARUNKOWANIA
PLONOWANIA I BRODAWKOWANIA
ZRÓŻNICOWANYCH ODMIAN
GROCHU SIEWNEGO (*Pisum sativum* L.)

Biblioteka Główna ATR w Bydgoszczy



000000100073

BYDGOSZCZ – 2002

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

OPINIODAWCY
prof. dr hab. Dorota Bobrecka-Jamro
prof. dr hab. Jan Kucharski

REDAKTOR NAUKOWY
prof. dr Jerzy Sypniewski



OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Michał Górecki, inż. Edward Gołata

© 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. 5,40. Ark. druk. 5,75. Papier druk. kl. III.
Oddano do druku i druk ukończono w maju 2002 r. Zamówienie nr 5/2002
Zakład Małej Poligrafii ATR, ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz

Spis treści

1. WSTĘP	5
2. PRZEGLĄD LITERATURY I CEL BADAŃ	6
3. METODYKA BADAŃ	12
4. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ	19
4.1. Charakterystyka warunków glebowo-klimatycznych w Przechowie	19
4.2. Charakterystyka warunków glebowo-klimatycznych Stacji Badawczej ATR w Mochełku	20
5. WYNIKI BADAŃ	23
5.1. Wpływ nawozów organicznych i azotu mineralnego na plonowanie i brodawkowanie grochu siewnego	23
5.1.1. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na właściwości chemiczne gleby	23
5.1.2. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania	23
5.1.3. Plon nasion	26
5.1.4. Plon słomy	29
5.1.5. Zawartość białka ogółem w nasionach	31
5.1.6. Brodawkowanie	31
5.1.7. Przyrost biomasy nadziemnej	33
5.1.8. Zawartość azotu ogółem w roślinach	35
5.2. Wpływ mikroelementów i nitraginy na plonowanie i brodawkowanie odmian grochu siewnego	36
5.2.1. Struktura biomasy nadziemnej	36
5.2.2. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania	38
5.2.3. Plon nasion	41
5.2.4. Plon słomy	43
5.2.5. Zawartość białka ogółem w nasionach	44
5.2.6. Brodawkowanie	45
5.3. Wpływ zapraw chemicznych i nitraginy na plonowanie, brodawkowanie i zasiedlenie przez grzyby korzeni odmian grochu siewnego	49
5.3.1. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania	49
5.3.2. Plon nasion	51
5.3.3. Plon słomy	52
5.3.4. Zawartość białka ogółem w nasionach	53
5.3.5. Brodawkowanie	54
5.3.6. Zasiedlenie materiału siewnego i korzeni roślin przez grzyby	57
6. Dyskusja	63
7. Wnioski	77
Literatura	79
Streszczenia	89

1. WSTĘP

Koncepcja rolnictwa integrowanego zakłada kompensowanie części nakładów ponoszonych na produkcję zabiegami agrotechnicznymi i wdrażaniem różnych form postępu, w tym głównie biologicznego. W porównaniu z rolnictwem konwencjonalnym wzrasta zatem ranga doboru gatunków w zmianowaniu. Element ten jest istotny także w rolnictwie ekologicznym, gdzie płodozmian ma decydujące znaczenie plonotwórcze. W obu tych systemach gospodarowania preferowane są więc rośliny, których uprawa podnosi aktywność biologiczną gleby, poprawia jej strukturę, przyczynia się do wzrostu zawartości materii organicznej i składników pokarmowych, a także ogranicza zachwaszczenie pola. Kryteriom tym w znacznym stopniu odpowiadają rośliny z rodziny *Fabaceae* (bobowate)*, w tym także gatunki jednoroczne, w nomenklaturze rolniczej określane jako strączkowe. Wśród tych roślin szczególne znaczenie, ze względu na potencjał plonowania i bardzo dobre dostosowanie do warunków klimatycznych Polski, ma groch siewny (*Pisum sativum* L.) [8, 43, 123].

Powierzchnia uprawy roślin strączkowych w Polsce uległa w ostatnich latach znacznej redukcji i wynosi obecnie 140-150 tys. ha, z czego na około 50 tys. ha uprawia się jadalne gatunki strączkowe [97]. Statystyki nie wyszczególniają powierzchni zajmowanej przez groch siewny, ale fakt, że w obrębie tego gatunku występują zarówno odmiany ogólnoużytkowe, warzywne, jak i pastewne oraz, że jest on często komponentem mieszanek zbożowo-strączkowych, świadczy o dominującej roli w grupie roślin strączkowych. Pozycja tego gatunku wynika także ze znacznego postępu w hodowli odmian [126], możliwości doboru odmian do różnych warunków glebowych i przede wszystkim z dużego potencjału plonowania. Przeciętne plony nasion w doświadczeniach COBORU [135] w latach 1995-2001 wynosiły ok. 5,0 t·ha⁻¹ (odmiany jadalne) i 4,5 t·ha⁻¹ (odmiany pastewne). W praktyce rolniczej plony te wahają się w granicach 2,0-3,5 t·ha⁻¹. Badania z zakresu agrotechnicznych uwarunkowań plonowania nie zawsze podążają za postępem hodowlanym, a najczęściej podejmowaną problematyką w tym zakresie jest ustalenie optymalnej obsady dla różniących się morfologicznie i użytkowo odmian grochu [12, 28, 36, 44, 45, 53, 111, 128].

Problematyka niniejszej pracy obejmuje zagadnienia związane z reakcją odmian grochu siewnego na te zabiegi agrotechniczne, które związane są przede wszystkim z brodawkowaniem, czyli nodulacją jako wskaźnikiem symbiozy z bakteriami *Rhizobium leguminosarum*. Badania przeprowadzono w regionie kujawsko-pomorskim, gdzie uprawa grochu ma duże tradycje i uzyskuje się tu jedne z najwyższych w kraju plony nasion [90, 135].

* W dotychczasowej literaturze określane jako rodzina *Papilionaceae* (motylkowate) [48].

2. PRZEGLĄD LITERATURY I CEL BADAŃ

Szczególnością cechą roślin z rodziny *Fabaceae* jest zdolność do współżycia z bakteriami brodawkowymi asymilującymi wolny azot atmosferyczny. Dla grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) właściwymi są bakterie *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* [22, 116]. Ten uwarunkowany genetycznie proces kształtowany jest w znacznym zakresie przez czynniki ekologiczne i agrotechniczne. Zabiegi związane z uprawą roli, nawożeniem, siewem i pielęgnacją mają na celu stworzenie optymalnych warunków rozwoju zarówno dla rośliny, jak i współżyjących z nią bakterii. Taki układ warunkuje efektywną symbiozę, decydującą głównie o wielkości plonu [8, 91]. Intensywność, z jaką bakterie brodawkowe, współżyjące z roślinnym gospodarzem wiążą azot atmosferyczny określana jest mianem ich aktywności, natomiast wpływ tego procesu na wielkość plonu rośliny definiuje się jako efektywność symbiozy [116]. Pośrednim wskaźnikiem funkcjonowania symbiozy jest nodulacja rozumiana jako liczba i masa brodawek korzeniowych [138].

Obecność w glebie aktywnych szczepów bakterii brodawkowych jest podstawowym warunkiem inicjacji symbiozy. W celu zapewnienia odpowiedniej liczby komórek *Rhizobium* lub *Bradyrhizobium* stosuje się szczepienie nasion lub gleby specjalnymi preparatami, przeważnie o nazwie nitragina, zawierającymi wybrane i namnożone szczepy odpowiedniego gatunku bakterii brodawkowych. Szczepy te powinny być konkurencyjne dla szczepów zasiedlających glebę [15, 114, 115]. Znaczące efekty stosowania nitraginy notowano w Polsce w latach 50. i 60. [85]. Późniejsze, stosunkowo nieliczne wyniki badań nad szczepieniem powszechnie uprawianych gatunków roślin bobowatych nie są już tak jednoznacznie korzystne [2, 4, 9, 35, 95, 108], prawdopodobnie ze względu na obecność w większości gleb wprowadzonych tam już bakterii brodawkowych (w drodze szczepienia lub rozpowszechnienia uprawy roślin bobowatych). Badania Mercik i Mercik [76] wykazały występowanie *Rhizobium leguminosarum* nawet po 50 latach monokultury ziemniaka. Bakterie symbiotyczne roślin bobowatych występują w większości gleb uprawnych w ilościach od 10^3 do 10^6 na 1 g gleby [6].

Według wyników doświadczeń, efektywność nitraginy zastosowanej do zaprawiania bobiku wynosiła 84 kg nasion z 1 ha [9], a łubinu białego 400 kg nasion z 1 ha [88]. W doświadczeniach Rajs [95] nitragina spowodowała natomiast znaczne obniżenie obsady roślin grochu, co istotnie ujemnie wpłynęło na plon nasion. Także Gospodarczyk i wsp. [35] uzyskali niższe plony nasion lucerny po zastosowaniu szczepienia bakteriami *Rhizobium*. Wobec dość fragmentarycznych aktualnych badań na ten temat i braku jednoznacznych wyników, istnieje obecnie potrzeba ich uzupełnienia i pogłębienia. Pozwoliłoby to jednoznacznie sprecyzować zalecenia dotyczące efektywności szczepienia nitraginą współczesnych odmian grochu.

W literaturze pojawiły się liczne doniesienia o możliwości korzystnego oddziaływania różnych drobnoustrojów ryzosferowych na rozwój i plon roślin

uprawnych, w tym również roślin bobowatych. Drobnooustroje te określane są jako PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria). Stymulacja może być wynikiem: bezpośredniego zaopatrywania roślin w substancje pokarmowe, zwiększenia przyswajalności substancji znajdujących się w podłożu, wytwarzania witamin i substancji antybiotycznych, co za wieloma autorami podaje Strzelec [117, 118]. Efektywność symbiozy można więc podnieść poprzez szczepienie roślin bobowatych nie tylko bakteriami symbiotycznymi, lecz również odpowiednio dobranymi szczepami innych drobnoustrojów z grupy PGPR, np. bakteriami z rodzaju *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, bakteriami rozpuszczającymi fosforany, a także grzybami mikoryzowymi [7, 16, 24, 114, 115].

Powszechnie stosowanym sposobem, prowadzącym między innymi do zwiększania aktywności mikrobiologicznej środowiska glebowego, jest nawożenie organiczne, w tym słomą i nawozami zielonymi. Zarówno w badaniach laboratoryjnych [58, 59], jak i polowych [5, 25, 70, 78, 81, 104], w których stosowano nawożenie słomą, stwierdzano wzrost liczebności i aktywności drobnoustrojów glebowych, w tym bakterii z rodzaju *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Clostridium*, drobnoustrojów celulozowych, zbiłczających azotany i amonifikatorów. Stosowanie gnojowicy jako nawozu organicznego prowadziło natomiast do obniżenia liczebności tych mikroorganizmów [63].

Nawożenie słomą powoduje ponadto wzrost zawartości w glebie węgla organicznego, potasu oraz w pewnym stopniu także azotu i fosforu. W badaniach Gorzelanego [34], a w mniejszym zakresie również innych autorów [19], tylko duże i bardzo duże dawki słomy wpływały na zmniejszenie zwięzłości, zwiększenie porowatości gleby, obniżenie jej gęstości i opóźnienie osiadania. Podobne efekty przynosi stosowanie nawozów zielonych [3].

Zalecenia agrotechniczne dla uprawy grochu w warunkach Polski [43, 123] nie przewidują nawożenia organicznego. Jednak w praktyce rolniczej groch uprawiany jest po zbożach, po zbiorze których nie zawsze zbiera się słomę. Bardzo często jest ona przyorywana, a więc jest wówczas nawozem organicznym. Według przyjętych we współczesnym rolnictwie zasad, gleba powinna być pokryta roślinnością przez możliwie najdłuższy okres w roku, stąd pomiędzy zbiorem przedplonu zbożowego a uprawą rośliny jarej zasadna jest uprawa międzyplonów, które także można użytkować jako zielony nawóz.

Proces symbiotycznego wiązania azotu jest wysoce energochłonny. Oszacowano, że nakłady energetyczne mogą wahać się od 24 do 52,5 moli ATP na jeden mol związanego N_2 albo 11 kg węglowodanów na związanie 1 kg N_2 i są to potrzeby znacznie większe niż na pobranie azotu mineralnego z gleby [74, 79, 105, 133]. W fazie wzrostu wegetatywnego rośliny grochu są zdolne przyswoić w ciągu dnia na powierzchni jednego hektara od 3 do 4 kg azotu. Maksymalne przyswajanie tego pierwiastka przypada na fazę kwitnienia oraz zawiązywania strąków ($10-11 \text{ kg} \cdot \text{dzień}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) i maleje gwałtownie w czasie wypełniania nasion. Obniża się wówczas również tempo wzrostu roślin i zaczyna się przemieszczanie azotu z części wegetatywnych do nasion [46, 47, 64]. Badania ze znakowanymi pierwiastkami wskazują, że azot mineralny gromadzony jest

w większym stopniu w częściach wegetatywnych niż w nasionach, a wraz ze wzrostem dawki nawozu maleje udział azotu przemieszczanego do nasion [96, 129]. U roślin strączkowych udział azotu przyswojonego na drodze symbiozy, w stosunku do całej ilości tego pierwiastka zawartego w roślinie, wynosi około 70-80 % [46, 47, 96].

Groch siewny, podobnie jak i inne rośliny bobowate, może korzystać z azotu mineralnego. Zmniejsza się jednak wtedy wiązanie N_2 z atmosfery, w ilości prawie równoważnej pobranemu N mineralnemu. Zjawisko to tłumaczy się łączeniem pobranego azotu z produktami rozpadu węglowodanów, przez co bakterie brodawkowe zostają pozbawione źródła energii, a tym samym ich zdolność wiązania azotu cząsteczkowego jest osłabiona. W praktyce często pod groch stosuje się tzw. startowe nawożenie azotem w dawce $20-40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, aby zaspokoić potrzeby pokarmowe rośliny na ten składnik w pierwszym okresie wegetacji, zanim wykształcony będzie odpowiednio duży aparat fotosyntetyczny [8, 43, 91, 123].

Wyniki badań nad reakcją grochu na nawożenie azotem, mimo że pozornie dość rozbieżne, można zreasumować następująco: dawki azotu w granicach $20-30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie ograniczają wiązania azotu atmosferycznego [47, 125], ale już zastosowanie, np. $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zmniejsza symbiozę do około 15 % [47]. Stosując pod groch azot w dawkach $60-120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ można oczekiwać wzrostu plonu części wegetatywnych [40, 136], a także plonu nasion niektórych odmian uprawnych [37, 45, 111]. Nawożenie azotem mineralnym nie różnicuje przebiegu wegetacji roślin strączkowych, ale może wpłynąć na wzrost zawartości białka w nasionach [51, 87, 129]. Azot stosowany w formie oprysku dolistnego ma większy wpływ na wzrost zawartości białka niż azot stosowany doglebowo. Efektywność nawożenia azotem mineralnym zależy od przebiegu pogody i jest wyraźnie mniejsza w czasie suszy, a także wtedy, gdy wegetacja przebiega w warunkach niskich temperatur i dużego zachmurzenia [51, 62].

Według Koter [56], formy amonowe osłabiają nodulację w większym stopniu niż formy azotanowe. Bollman i Vessey [11] wykazali natomiast, że podanie nawet niewielkich ilości azotu w formie amonowej stymulowało, a w formie azotanowej hamowało brodawkowanie. Jony NH_4^+ i NO_3^- powodują zmniejszenie skręcalności włókników, osłabienie infekcji przez bakterie i w efekcie obniżenie brodawkowania. Włókniki korzenia głównego grochu i bobiku są bardziej wrażliwe na azot mineralny niż włókniki korzeni bocznych [1]. Czas pojawienia się brodawek nie zależy od poziomu nawożenia azotem, ale ich liczba gwałtownie maleje przy rosnących dawkach, co wykazała między innymi Wojcieszka i wsp. [137]. Przy dużych dawkach azotu mineralnego zmniejszyła się również masa brodawek korzeniowych zebranych z rośliny. W badaniach innych autorów [65] mniejsza liczba brodawek rekompensowana była ich większą masą. W warunkach doświadczeń hydroponicznych, nawet najmniejsze dawki azotu, niezależnie od jego formy, hamowały nodulację grochu [134].

We współzawodnictwie roślin bobowatych o azot cząsteczkowy i związany zasadniczą rolę może odgrywać stosunek C:N w roślinie [82]. Roślina bobowata,

dysponująca odpowiednio dużymi zapasami akceptorów węglowych (na skutek intensywnej fotosyntezy), a więc szerokim stosunkiem C:N, może korzystać z azotu mineralnego bez szkody dla procesu symbiozy [32, 131]. Założenie takie sugeruje, że roślina bobowata uprawiana na glebie bardzo żyznej, dobrze uwilgotnionej i odchwaszczonej może przyswajać azot atmosferyczny i jednocześnie efektywnie pobierać azot mineralny.

Koncepcja dotychczasowych badań nad nawożeniem grochu w większości zakładała, że azot mineralny może przyczynić się do wzrostu plonów w warunkach nie sprzyjających symbiozie. Nawożenie grochu azotem mineralnym w obecnych warunkach ekonomicznych Polski i Europy jest trudne do uzasadnienia, ale z naukowego punktu widzenia interesujący jest problem, jak dalece w warunkach polowych, przy dużym dostępie azotu glebowego i mineralnego, zmniejsza się brodawkowanie grochu i jaki w związku z tym jest wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w nasionach.

Istotną rolę w rozwoju symbiozy między bakteriami brodawkowymi a roślinami bobowatymi odgrywa oprócz nawożenia azotowego, także nawożenie innymi makroelementami, jak również mikroelementami [60, 87, 124]. Fosfor bierze udział w procesie regeneracji ATP – u strączkowych w stopniu większym niż u innych roślin. Potas sprzyja produkcji węglowodanów. Wapń decyduje o pH gleby, a tym samym o stopniu przyswajalności wielu składników mineralnych. Wśród mikropierwiastków niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania symbiozy znajdują się: bor, molibden, żelazo i kobalt [10, 83, 124]. Zapotrzebowanie na bor wynika z jego wpływu na transport asymilatów z miejsc ich syntezy do korzeni. Kobalt jest konieczny do spowodowania infekcji korzeni i wytworzenia brodawek. Molibden i żelazo są składnikami nitrogenazy – enzymu katalizującego wiązanie azotu atmosferycznego. Niektóre badania wykazały, że stosowanie molibdenu podnosi efektywność symbiozy [57, 88, 98].

Zwyżki plonu nasion roślin bobowatych pod wpływem nawożenia mikroelementami są wynikiem głównie zwiększenia liczby strąków na roślinie i masy 1000 nasion. Uzyskuje się również wzrost plonu białka surowego [21]. Badania Czyża [21] wykazały, że nawożenie dolistne jest skuteczniejsze niż doglebowe, natomiast badania Nowotny-Mieczynskiej i Arażnej [83] dały wynik przeciwny.

Czyż [21] wykazał zróżnicowaną reakcję odmian grochu na nawożenie różnymi mikroelementami, ale wyniki badań Koteckiego [52] takiej interakcji nie potwierdziły. Wobec różnorodności odmian uprawnych grochu siewnego celowe jest prowadzenie takich prac badawczych, które pozwoliłyby odpowiedzieć na pytanie, czy reakcja odmian grochu na nawożenie mikroelementami zależy tylko od warunków pogodowych i glebowych, czy też jest związana z niektórymi uwarunkowanymi genetycznie cechami, w tym przede wszystkim z formą ulistnienia.

W uprawie roślin na efektywność symbiozy znaczący wpływ mogą mieć pestycydy, zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi, a także obecność bakteriofagów [38, 114, 115, 122]. Spośród pestycydów najwięcej uwagi poświęcono

herbicydom i fungicydom. Udowodniono, że rośliny bobowate są bardziej wrażliwe na różne preparaty herbicydowe niż współżyjące z nimi *Rhizobium* [109].

W przypadku grochu oraz innych roślin strączkowych ważny jest wciąż problem stosowania chemicznych zapraw do ochrony materiału siewnego przed chorobami grzybowymi przy jednoczesnym szczepieniu nitraginą. Stwierdzono, że większość badanych preparatów zastosowanych razem z nitraginą zmniejsza przeżywalność szczepów *Rhizobium*. Następują wtedy deformacje komórek bakterijskich, opóźnia się powstawanie brodawek, a szczególnie wrażliwy jest na to układ symbiotyczny łubin – *Bradyrhizobium*. Hamowany jest wtedy również rozwój bakterii wolnożyjących [23, 118, 119, 120]. W celu ograniczenia ujemnego wpływu preparatów chemicznych na *Rhizobium* zaleca się wcześniejsze stosowanie zapraw chemicznych, a następnie bezpośrednio przed siewem szczepienie nasion bakteriami. Strzelec i Martyniuk [121] nie stwierdziły jednak wpływu terminu stosowania Zaprawy nasiennej T i Funabenu T – preparatów, w których substancjami czynnymi są odpowiednio tiuram oraz tiuram i karbendazym – na aktywność symbiozy. Zahamowanie rozwoju bakterii przez fungicydy nie zawsze też ujemnie wpływa na plony roślin [23, 120].

Osiągnięcia polskiej hodowli grochu są bardzo znaczące. W ciągu ostatnich dwudziestu lat, dzięki wykreowaniu nowych odmian, uzyskano ponad 50 % wzrost plonu nasion [126]. Wyniki dotychczasowych prac nad rozpoznaniem nodulacji oraz aktywności i efektywności symbiozy grochu wskazują, że występują tu także pewne różnice między odmianami [4, 47, 75, 89, 106, 107]. Stwierdzono między innymi, że w przypadku całkowicie wąsolistej odmiany grochu posiadającej również przylistki przekształcone w wąsy, wszystkie oceniane parametry związane z plonowaniem, brodawkowaniem i aktywnością nitrogenazy były niższe w porównaniu z odmianą konwencjonalną i pośrednią, tzw. semi-leafless [89].

Przegląd piśmiennictwa wskazuje więc na rozpoznany szeroki zakres uwarunkowań nodulacji i symbiozy. Mimo to ciągle podejmowane są nowe prace dotyczące tego zagadnienia. Ostatnio opublikowano na przykład wyniki badań nad korzystnym wpływem promieniowania ultrafioletowego (w znacznie większym stopniu docierającego obecnie do Ziemi z powodu uszkodzenia warstwy ozonowej) na brodawkowanie i efektywność symbiozy grochu i bakterii *Rhizobium* [103].

Większość dotychczas przeprowadzonych prac badawczych nad uwarunkowaniami symbiozy odnosiła się przede wszystkim do gatunku rośliny. Obecnie ze względu na znaczne zróżnicowanie odmian uprawnych grochu siewnego istotne jest ukierunkowanie prac badawczych na poszczególne odmiany lub grupy odmian o zbliżonych cechach morfologicznych lub użytkowych, a w tym prac nad znaczeniem dla ich plonowania tych zabiegów, które stymulują lub ograniczają liczebność i aktywność bakterii brodawkowych. Do czynników stymulujących brodawkowanie zalicza się przede wszystkim stosowanie nitraginy, a także nawożenie organiczne i nawożenie mikroelementami, a do czynników ograniczających nawożenie azotem mineralnym i stosowanie zapraw nasiennych de

ochrony materiału siewnego. Ocena wpływu wymienionych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie zróżnicowanych morfologicznie i użytkowo odmian grochu siewnego była przedmiotem niniejszej pracy, której hipoteza badawcza zakładała, że:

- nawożenie organiczne stymuluje rozwój mikroorganizmów glebowych, w tym bakterii brodawkowych, co może mieć korzystny wpływ na plonowanie i zawartość białka w nasionach,
- nawożenie azotem mineralnym ogranicza brodawkowanie, a tym samym wiązanie azotu atmosferycznego, ale roślina rekompensuje to korzystając z azotu mineralnego,
- nawożenie mikroelementami stymuluje wzrost i rozwój roślin, w tym także ich nodulację, ale dolistne aplikowanie nawozu może być dla odmian wąsolistnych mniej efektywne niż dla odmian o liściu parzystopierzasto złożonym, a wtedy alternatywą może być nawożenie przedsiewne,
- zaprawianie materiału siewnego preparatami chemicznymi redukuje populację grzybów naturalnie zasiedlających nasiona i korzenie, ale jednocześnie obniża skuteczność działania nitraginy, z tym że zakres tego zjawiska może być w dużym stopniu zależny od odmiany grochu, a zwłaszcza od budowy okrywy nasiennej.

Celem pracy była ocena plonowania i brodawkowania zróżnicowanych morfologicznie i użytkowo odmian grochu siewnego w zależności od:

- nawożenia organicznego w formie słomy zbożowej lub zielonej masy gorczyca białej oraz nawożenia wzrastającymi dawkami azotu mineralnego,
- nawożenia mikroelementami i sposobu ich aplikacji,
- stosowania chemicznego zaprawiania materiału siewnego,
- szczepienia gleby lub nasion nitraginą.

3. METODYKA BADAŃ

Cele badawcze realizowano opierając się na doświadczeniach polowych, które przeprowadzono w dwóch miejscowościach południowego i południowo-wschodniego skraju Wysoczyzny Krajeńskiej. Obejmowały one następujące zagadnienia:

- 1) wpływ nawozów organicznych i azotu mineralnego na plonowanie i brodawkowanie grochu siewnego,
- 2) wpływ mikroelementów i nitraginy na plonowanie i brodawkowanie odmian grochu siewnego,
- 3) wpływ zapraw chemicznych i nitraginy na plonowanie, brodawkowanie oraz zasiedlenie przez grzyby korzeni odmian grochu siewnego.

Wpływ nawozów organicznych i azotu mineralnego na plonowanie i brodawkowanie grochu siewnego

Badania przeprowadzono w latach 1992-1994 (przygotowanie stanowiska rozpoczęto w 1991 roku) na polu produkcyjnym w Przechowie w województwie kujawsko-pomorskim. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe, w układzie split-block w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 16 m².

Czynnikami doświadczenia były:

1. Nawożenie organiczne:
 - bez nawożenia,
 - słoma pszenicy ozimej,
 - nawóz zielony z gorczycy białej.
2. Nawożenie azotem (kg·ha⁻¹) w dawce:
 - 0,
 - 30,
 - 60,
 - 90.

Przedplonem i przed przedplonem była pszenica ozima. W obiekcie, w którym zaplanowano przyoranie słomy, została ona po zbiorze zboża pocięta i przykryta płytką orką, a po około 2 tygodniach wykonano bronowanie. Plon słomy, oznaczony bezpośrednio po zbiorze pszenicy, był podobny we wszystkich latach badań i wahał się w przedziale od 5,0 do 5,5 t·ha⁻¹, a przeciętna zawartość składników mineralnych wynosiła: N ogółem – 0,50 %, P – 0,20 %, K – 1,75 %. Mg – 0,12 %. Ze względu na wysoką zawartość azotu dostępnego w glebie zrezygnowano z zalecanej zwykle przy nawożeniu słomą, niewielkiej dawki azotu mineralnego.

Z poletek dwóch pozostałych obiektów pierwszego czynnika słoma została usunięta i bezzwłocznie wykonano płytką orką. Pole wyrównano stosując bronowanie i w obiekcie, w którym przewidziane było stosowanie nawozu zielonego wysiano gorczycę białą odmiany 'Nakielska' w terminach pomiędzy 10 a 20

sierpnia, w ilości $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przed siewem zastosowano nawożenie N w ilości $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na początku listopada oznaczono plon nadziemnych części roślin gorczycy oraz ich skład mineralny. Następnie zielonkę pocięto, aby ułatwić jej przyoranie. Plony zielonej masy gorczycy białej w kolejnych latach wynosiły: 1991 – $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, 1992 – $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i w 1993 – $17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, przy przeciętnej 15 % zawartości suchej masy. Średnia zawartość składników mineralnych w suchej masie części nadziemnych roślin wynosiła: N ogółem – 2,60 %, P – 0,27 %, K – 1,90 %, Mg – 0,20 %. Nie oznaczono masy i składu chemicznego części podziemnych wytworzonych przez gorczycę białą.

W obiekcie, w którym przyorywano ściern lub słomę wykonano dwukrotnie bronowanie pielęgnacyjne. Orkę przedzimową przeprowadzono w połowie listopada, jednocześnie na całej powierzchni pola doświadczalnego.

Wiosną pobierano próby glebowe w celu zbadania wpływu jesiennych zabiegów na zawartość podstawowych składników pokarmowych. Przed uprawkami wiosennymi wysiewano nawóz fosforowy w formie superfosfatu potrójnego, w dawce $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (P_2O_5) i potasowy w formie 56 % soli potasowej, w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (K_2O), a bezpośrednio przed siewem nasion nawóz azotowy w postaci saletry amonowej w dawkach przewidzianych dla obiektu drugiego czynnika. Glebę doprawiono za pomocą agregatu uprawowego. Planowana obsada roślin grochu wynosiła 100 sztuk na 1 m^2 . Nasiona zaprawiono Funabenem T. Przed siewem, doglebowo zastosowano nitraginę, gdyż na wybranym polu od 7, 8 i 9 lat (odpowiednio w pierwszym, drugim i trzecim roku badań) nie uprawiano grochu siewnego. Do badań wybrano odmianę 'Gniewko'. Jest to odmiana średnio wysoka, o liściu parzystopierzastym, białokwitnąca, o nasionach gładkich, żółtych. Charakteryzuje się dużymi wymaganiami glebowymi, późnym dojrzewaniem, przydatnością do uprawy na suche nasiona konsumpcyjne lub paszowe [66]. Materiał siewny pochodził ze Stacji Hodowli Roślin Więclawice.

W celu oceny brodawkowania, na każdym poletku wkopano po dwa plastikowe wazony o pojemności 15 dm^3 z tak wyciętym dnem, aby wydobyć możliwie dokładnie bryłę gleby z masą korzeniową grochu. W każdym wazonie rosło po 5 roślin, które wykopywano i poddano oznaczeniom nodulacji dwukrotnie w czasie wegetacji, tj. w początkowej fazie tworzenia wąsów czepnych i w początkowej fazie kwitnienia. Bryły gleby wyflukiwano na sitach o średnicy 5 i 1 mm, ustalono liczbę brodawek korzeniowych i oberwano brodawki korzeniowe o średnicy powyżej 1 mm. Oznaczono plon ich suchej masy w przeliczeniu na składniki niepopielne, aby uniknąć niedokładności pomiaru wynikających z ewentualnych zanieczyszczeń glebą. Tę metodę oceny brodawkowania zastosowano także w dwóch pozostałych doświadczeniach przeprowadzonych w Stacji Badawczej w Mochełku.

Części nadziemne roślin z wazonów wykorzystano do oznaczenia przyrostów plonu biomasy nadziemnej i zawartości azotu ogółem. Rośliny do tych oznaczeń pobierano jeszcze z poletek dwukrotnie, tj. w fazie płaskiego strąka i dojrzałości technicznej.

Wpływ mikroelementów i nitraginy na plonowanie i brodawkowanie odmian grochu siewnego

Doświadczenie przeprowadzono w latach 1991-1994 w Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego Mochelek, należącej do Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Doświadczenie założono w układzie split-split-plot w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletek wynosiła 4 m^2 , z czego do zbioru zostawiono 2 m^2 a z pozostałej części pobierano rośliny do analiz w trakcie wegetacji.

Czynnikami doświadczenia były:

1. Odmiany uprawne grochu siewnego:
 - ‘Jaran’,
 - ‘Stella’.
2. Szczepienie nitraginą:
 - bez nitraginy,
 - nitragina.
3. Sposób stosowania mikroelementów:
 - bez mikroelementów,
 - przedsiewnie (na nasiona),
 - dolistnie.

Wybrane do badań pastewne odmiany grochu przeznaczone są do użytkowania nasiennego i zielonkowego na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego oraz dobrego. Są to odmiany średniopóźne, obie zaliczane do grupy odmian wysokich, przy czym ‘Stella’ posiada dłuższą łodygę. ‘Jaran’ to odmiana białokwitnąca, wąsolistna, o bardzo dużych przylistkach. ‘Stella’ ma kwiaty czerwono-fioletowe, liście parzystopierzaste składające się z 2-3 par listków zakończonych wąsem czepnym [66]. Materiał siewny pochodził ze Stacji Hodowli Roślin Pasterzowice (‘Jaran’) i Dusina (‘Stella’).

Zastosowano nawóz mikroelementowy Insol 6, przeznaczony dla roślin strączkowych, o następującym składzie: bor 0,50 %, cynk 0,30 %, mangan 0,73 %, miedź 0,10 %, molibden 0,001 %, żelazo 0,40 %. Na kilka dni przed siewem nasiona grochu opryskano roztworem preparatu Insol 6 w dawce dwukrotnie wyższej niż przewidziano przy stosowaniu dolistnym ($4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, w rozcieńczeniu 1:1) – zgodnie z zaleceniami Szukalskiego [124]. Dokarmianie dolistne przeprowadzono stosując osłony ochraniające sąsiednie poletki. Zabieg wykonano w fazie 5-6 liści oraz na początku pąkowania roślin, stosując w każdym terminie Insol 6 w dawce $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Bezpośrednio przed siewem nasiona zaprawiono preparatem Oxafun T. Nitraginę zastosowano dogłębowo, umieszczając ją równomiernie na głębokości 6 cm w rowkach przygotowanych do wysiewu nasion. Po siewie nasiona i nitraginę przykryto warstwą gleby i wyrównano powierzchnię pola. Ze względu na użycie zaprawy chemicznej do ochrony materiału siewnego, zastosowano potrójną dawkę szczepionki bakteryjnej, w stosunku do zalecanej przez producenta ($0,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

W terminach wykonywania oprysków dolistnych oznaczono długość łodyg, suchą masę zielonych liści (z wyodrębnieniem przylistków) i łodyg obu badanych odmian, zakładając, że masa ta pozostaje w związku z powierzchnią, jaką rośliny mogą pobierać mikroelementy w wodnym roztworze.

Doświadczenia tej serii zakładano w trzecim lub czwartym roku po oborniku, przedplonem i przed przedplonem były zboża, a przerwa w uprawie grochu wynosiła 5 lub 6 lat. Po zbiorze przedplonu wykonywano typowy zespół uprawek późniwnych, a w końcu października lub w listopadzie orkę przedzimową. Wiosną pobrano próby glebowe w celu oznaczenia zawartości mikroelementów. Nawozy fosforowe i potasowe zastosowano, opierając się na wynikach zasobności w następujących dawkach: $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ w formie superfosfatu potrójnego i $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ w formie 56 % soli potasowej. Siew wykonano ręcznie, odliczając nasiona na każde poletko tak, aby uzyskać obsadę 100 roślin na 1 m^2 .

Wpływ zapraw chemicznych i nitraginy na plonowanie, brodawkowanie oraz zasiedlenie przez grzyby korzeni odmian grochu siewnego

Doświadczenie dotyczące reakcji różnych odmian grochu na jednoczesne stosowanie zapraw chemicznych do ochrony nasion i szczepienia nitraginą przeprowadzono w Stacji Badawczej Mochełek w latach 1995-1997 w układzie split-split-plot w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletek wynosiła 5 m^2 , z czego do zbioru pozostawiono 3 m^2 , a z pozostałej pobierano rośliny do oznaczenia nodulacji i badań fitopatologicznych.

Czynnikami doświadczenia były:

1. Odmiany grochu siewnego:
 - ‘Cyrkon’,
 - ‘Bart’,
 - ‘Saturn’.
2. Stosowanie zapraw chemicznych:
 - bez zaprawiania,
 - zaprawianie (Funaben T + Captan 50 WP).
3. Szczepienie nitraginą:
 - bez nitraginy,
 - nitragina.

Do badań wybrano odmiany różniące się znacznie cechami użytkowymi i morfologicznymi, przy czym dla celu doświadczenia szczególnie ważna była odmienność budowy okrywy nasiennej. Według COBORU [66, 67] badane odmiany charakteryzowały się następującymi cechami:

- ‘Cyrkon’ jest odmianą o nasionach kulistych, gładkich, o okrywie bezbarwnej oraz żółtych liścieniach. Jest to odmiana niska, przydatna do uprawy na zbiór suchych nasion z przeznaczeniem głównie do konsumpcji;
- ‘Bart’ jest odmianą o nasionach walcowatych, o powierzchni dołkowanej, okrywie od oliwkowej do brązowej z fioletową ornamentacją w kształcie cę-

tek oraz żółtych liścieniach. Rośliny są niskie do średnio wysokich. Odmiana jest przydatna do uprawy na zbiór suchych nasion przeznaczonych na paszę; – ‘Senator’ jest odmianą o nasionach zielonych, walcowatych, silnie pomarszczonych. Jest formą ogrodową, przeznaczoną do przetwórstwa.

Materiał siewny pochodził z ZDHAR Oleśnica Mała – ‘Cyrkon’, Hodowli Roślin Kosieczyn – ‘Bart’ i ze SHR Zielonki – ‘Senator’.

Doświadczenia tej serii założono po zbożach w czwartym roku po oborniku. Zabiegi uprawowe, w tym także nawożenie fosforem i potasem były takie same jak w realizowanym wcześniej doświadczeniu z zastosowaniem mikroelementów. Różnica dotyczyła przede wszystkim doboru preparatów do zaprawiania nasion i sposobu stosowania nitraginy. Wybrano mieszaninę dwóch preparatów – zaprawę Funaben T (substancja czynna – tiuram i karbendazym) i Captan 50 WP (substancja czynna – kaptan) po to, żeby poszerzyć spektrum działania przeciwko patogenom grzybowym. Każdy z preparatów zastosowano w dawce 3 g na 1 kg nasion. Zaprawianie przeprowadzono na miesiąc przed siewem, a nitraginę zastosowano w dniu siewu poprzez jej wymieszanie ze zwilżonymi wodą nasionami. Szczepionkę zastosowano w dawce czterokrotnie wyższej w stosunku do zalecanej przez producenta.

Nitragina użyta do badań zrealizowanych w Przechowie i w Mochelku pochodziła z Zakładu Produkcji Nitraginy w Wałczu¹. Ze względu na konieczną precyzję stosowania szczepionki, w tym głównie głębokość umieszczenia szczepionki i nasion w glebie oraz dokładność pokrycia nasion, zdecydowano się na przeprowadzenie doświadczeń mikropoletkowych.

Przed siewem na nasionach oznaczono liczbę i zróżnicowanie rodzajowe grzybów zasiedlających zewnętrzne i wewnętrzne partie okrywy nasiennej. W celu oznaczenia grzybów znajdujących się w zewnętrznej części okrywy nasiona płukano przez 30 minut w wodzie wodociągowej, a następnie przepłukiwano trzykrotnie w sterylnej wodzie, po czym wyłożono na płytki z pożywką glukozowo-ziemniaczaną zakwaszaną roztworem kwasu cytrynowego do pH 5,5. Pożywkę tę stosowano do wszystkich oznaczeń mikologicznych wykonywanych zarówno na nasionach, jak i na korzeniach. W celu oznaczenia grzybów zasiedlających wewnętrzne partie okrywy nasiennej, nasiona przed ich wyłożeniem na pożywkę odkażano przez 5 sekund w 70 % etanolu oraz przez 5 sekund w 0,1 % sublimacie, a następnie przepłukiwano trzykrotnie w sterylnej wodzie. W każdym roku użyto do oznaczeń po 100 nasion poszczególnych odmian (50 odkażanych i 50 nieodkażanych).

W trakcie wegetacji rośliny do badań mikologicznych pobierano dwukrotnie, tj. w fazie 5-6 liści i na początku kwitnienia. Z każdego obiektu wykopywano po 12 roślin, z których wycinano po 5 fragmentów o długości 0,5 cm, uzyskując 60 skrawków korzeni. Pocięte skrawki płukano przez 30 minut pod bieżącą wodą wodociągową oraz przepłukiwano trzykrotnie w sterylnej wodzie, a następ-

¹ W trakcie realizacji badań nazwa szczepionki nie była zastrzeżona przez producenta, stąd w tekście pracy podawana jest z małej litery.

nie wyłożono na płytki z pożywką glukozowo-ziemniaczną. Wyrosłe kultury grzybów przeszczepiano na skosy agarowe, po czym oznaczono według kluczy mikologicznych.

We wszystkich doświadczeniach w początkowej fazie wegetacji konieczne było wykonanie zabiegów przeciwko oprzędzikom (*Sitona* spp.). Stosowano Decis 2,5 EC lub Karate 025 EC w dawkach $0,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Niezbędne było również zwalczanie chwastów. Stosowano Basagran 460 SL w dawce $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz pielienie ręczne. Wykonano opryski insektycydami Fastac 10 EC lub Decis 2,5 EC, przeciwko mszycy grochowej (*Acyrtosiphon pisum* Harris) i pachówce strąkowiec (*Laspeyresia nigricana* Steph.).

Doświadczenie w Przechowie zakładano między 5. a 15. kwietnia, a w Stacji Badawczej Mochełek w ostatnim tygodniu marca lub pierwszym tygodniu kwietnia. Rośliny ze wszystkich doświadczeń zbierano z pola tuż przed osiągnięciem dojrzałości pełnej, a po ich dosuszeniu przeprowadzono omlot nasion młocarnią poletkową lub młocarnią do pojedynków.

We wszystkich doświadczeniach wykonywano następujące pomiary i oznaczenia:

- liczby brodawek korzeniowych w dwóch terminach, tzn. w fazie wykształcania wąsów czepnych i początku kwitnienia, a w doświadczeniu prowadzonym w latach 1995-1997 dodatkowo w trzecim terminie – w fazie płaskiego strąka,
- obsady wyrażonej liczbą roślin na 1 m^2 w fazie pełni wschodów,
- strukturalnych elementów plonowania: liczby strąków na roślinie, liczby nasion w strąku, masy 1000 nasion; oznaczenia wykonano na 10, a w doświadczeniu prowadzonym w latach 1995-1997 na 5 roślinach z każdego powtórzenia,
- plonu nasion i słomy,
- zawartości białka ogółem w nasionach (obliczono na podstawie zawartości azotu ogółem według metody Kjeldahla i przelicznika 6,25).

Zawartość podstawowych pierwiastków w glebie oznaczono powszechnie przyjętymi metodami: Kjeldahla – azot ogółem, Tiurina – węgiel organiczny, Egnera-Riehma – przyswajalne formy fosforu i potasu, Schachtschabela – magnez. Zawartość mikroelementów oznaczono kolorymetrycznie: bor metodą Bergera-Truoga, cynk – Weara-Sommerera, miedź – Westerhoffa, molibden – Grigga, mangan – Schachtschabela.

Wyniki plonów nasion i słomy grochu, zawartości białka ogółem w nasionach, liczby i masy brodawek korzeniowych, obsady roślin i strukturalnych elementów plonowania poddano analizie wariancji, a różnice oceniono testem Tukeya. Różnice statystycznie istotne przy $p = 95 \%$ zaznaczono dużymi literami (A,B,C) w kolumnach i małymi literami (a,b,c) w wierszach tabel, a na rysunkach w postaci słupków.

W tabelach podano wyniki plonów nasion i słomy grochu, zawartości białka ogółem w nasionach, liczby i masy brodawek korzeniowych w poszczególnych latach i średnio dla całego okresu badawczego. Pozostałe wyniki zestawiono jako średnie lub sumy (liczebność izolatów grzybów) z lat badań. W tabelach

zestawiono średnie dla wyodrębnionych kolejno czynników doświadczenia niezależnie od czynników pozostałych. Istotne współdziałania pomiędzy czynnikami doświadczenia lub czynnikami a latami badań przedstawiono oddzielnie na rysunkach.

4. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ

Region Wysoczyzny Krajeńskiej województwa kujawsko-pomorskiego, w którym przeprowadzono doświadczenia, charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami glebowymi, obejmującymi zakres gleb od ciężkich do bardzo lekkich. Jednocześnie dla większości obszaru charakterystyczna jest stosunkowo niska suma opadów rocznych i częsty ich niedobór w okresie wegetacyjnym.

Warunki pogodowe w trakcie realizacji badań opisano korzystając z danych stacji meteorologicznej PIMiGW w Toruniu oraz Stacji Badawczej ATR Bydgoszcz zlokalizowanej w Mochełku.

4.1. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GLEBOWO-KLIMATYCZNYCH W PRZECHOWIE

Pole doświadczalne w Przechowie położone jest w odległości 50 km w kierunku północno-wschodnim od Bydgoszczy, w dolinie Wisły, 1 km od jej koryta. Doświadczenie założono na madzie rzecznej brunatnej zaliczonej do kompleksu pszennego dobrego i II klasy bonitacyjnej. Jest to gleba stosunkowo trudna do uprawy ze względu na powolne obsychanie wiosną i skłonność do zaskorupiania. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu była wysoka, potasu średnia, magnezu bardzo wysoka, a odczyn obojętny.

Okres, w którym prowadzono badania, charakteryzował się odmiennym w poszczególnych latach przebiegiem pogody (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Średnie dobowe temperatury powietrza (°C) w rejonie Przechowa
Table 1. Daily mean air temperature (°C) in the vicinity of Przechowo

Miesiąc – Month	Rok – Year			Średnia z lat Mean for years 1949-1994
	1992	1993	1994	
Styczeń – January	1,0	0,6	1,9	2,9
Luty – February	1,9	-0,5	-0,3	2,3
Marzec – March	3,3	1,7	3,9	1,3
Kwiecień – April	7,4	9,2	8,9	6,8
Maj – May	13,6	16,8	12,1	12,3
Czerwiec – June	18,4	15,3	15,8	16,8
Lipiec – July	20,0	16,5	21,8	17,7
Sierpień – August	20,8	16,4	18,9	17,1
Wrzesień – September	13,1	11,7	14,3	13,0
Październik – October	5,5	7,6	6,8	8,0
Listopad – November	4,0	1,9	3,9	3,4
Grudzień – December	-0,3	2,0	1,6	-0,6
Średnia – Mean	9,5	8,3	9,1	8,4

Stosunkowo najcieplejszym i najbardziej suchym był okres wegetacyjny grochu i gorczyca białej w 1992 roku. Odmiennie warunki panowały w roku 1993 – począwszy od czerwca do końca listopada średnia dobowa temperatura powietrza była od 0,5 do 1,5 stopnia niższa od średniej wieloletniej, a suma opadów w okresie od sierpnia do listopada znacząco wyższa w porównaniu z innymi wieloletnimi. W ostatnim roku badań odnotowano wyraźnie niższe od średniej wieloletniej opady w okresie od połowy czerwca do końca lipca, co jednak nie powodowało przedwczesnego zasychania roślin, ale sprzyjało ich równomiernemu dojrzewaniu.

Tabela 2. Miesięczne sumy opadów (mm) w rejonie Przechowa
Table 2. Monthly precipitation (mm) in the vicinity of Przechowo

Miesiąc – Month	Rok – Year			Średnia z lat Mean for years 1949-1994
	1992	1993	1994	
Styczeń – January	25,0	43,0	57,0	26,0
Luty – February	23,0	22,0	18,0	23,0
Marzec – March	51,0	19,0	51,0	24,0
Kwiecień – April	22,0	18,0	41,0	32,0
Maj – May	40,0	21,0	49,0	51,0
Czerwiec – June	32,0	65,0	40,0	70,0
Lipiec – July	39,0	68,0	19,0	89,0
Sierpień – August	54,0	94,0	64,0	60,0
Wrzesień – September	47,0	155,0	84,0	43,0
Październik – October	22,0	5,0	62,0	35,0
Listopad – November	42,0	34,0	25,0	36,0
Grudzień – December	37,0	70,0	44,0	36,0
Suma – Total	434,0	614,0	554,0	525,0

4.2. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GLEBOWO- -KLIMATYCZNYCH STACJI BADAWCZEJ ATR W MOCHEŁKU

Stacja Badawcza Mochełek położona jest w odległości 25 km na północny zachód od Bydgoszczy. Doświadczenia zakładano na glebie płowej typowej, wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żytniego bardzo dobrego. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu była średnia, magnezu niska, a pH gleby wynosiło 5,8. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów oznaczona dla potrzeb doświadczenia, w którym czynnikiem było nawożenie mikroelementami, wynosiła: B – 0,25, Cu – 0,4, Mn – 15,4, Zn – 5,5, Mo – 5,0 mg·kg⁻¹ gleby. Według liczb granicznych podanych przez Szukalskiego [124] zawartość molibdenu, manganu i miedzi była niska, boru średnia, a cynku wysoka.

Rejon, w którym położony jest Mochełek wyróżnia się dużym niedoborem opadów, gdyż średnia roczna suma z ostatnich 48 lat wynosiła 431,9 mm. W okresie badawczym najwyższe średnie dobowe temperatury odnotowano w czasie wegetacji grochu w latach 1992, 1994 i 1995 (tab. 3 i 4).

Tabela 3. Średnie dobowe temperatury powietrza (°C) w Stacji Badawczej w Mochełku
Table 3. Daily mean air temperature (°C) at the Mochełek Experiment Station

Miesiąc Month	Rok – Year							Średnia z lat Mean for years 1949-1997
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Styczeń January	0,6	-0,2	0,2	1,8	-0,9	-6,1	-4,3	-2,4
Luty February	-2,9	2,0	-0,7	-3,5	3,2	-6,4	1,8	-1,7
Marzec March	4,3	3,6	1,7	3,9	2,8	-1,8	2,8	1,8
Kwiecień April	7,9	7,8	9,4	9,2	8,2	8,0	4,7	7,2
Maj May	9,5	14,1	17,3	12,6	13,0	12,6	11,5	12,6
Czerwiec June	14,8	19,1	15,5	15,9	16,8	15,8	16,0	16,2
Lipiec July	19,0	20,4	16,7	22,7	21,0	15,3	17,7	17,8
Sierpień August	18,6	20,9	16,4	19,1	19,7	18,2	19,9	17,4
Wrzesień September	14,6	13,5	11,7	14,2	13,2	10,4	13,2	13,2
Październik October	8,2	5,4	8,0	6,9	10,6	8,9	6,8	8,3
Listopad November	3,7	3,9	-2,0	3,8	0,9	4,3	2,3	3,1
Grudzień December	-0,2	-0,2	1,8	1,8	-5,0	-4,8	2,4	-0,6
Średnia Mean	8,2	9,2	8,0	9,0	8,6	6,2	7,9	7,7

Tabela 4. Miesięczne sumy opadów (mm) w Stacji Badawczej w Mochetku
 Table 4. Monthly precipitation (mm) at the Mochełek Experiment Station

Miesiąc Month	Rok – Year							Średnia z lat Mean for years 1949-1997
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Styczeń January	15,8	8,3	38,3	53,5	22,1	8,5	2,0	23,0
Luty February	6,5	9,7	15,7	13,2	25,8	22,6	35,9	17,4
Marzec March	18,9	57,4	20,5	57,0	23,9	3,6	28,4	20,8
Kwiecień April	37,7	12,7	27,2	16,3	25,9	19,4	20,7	27,3
Maj May	46,7	41,2	36,1	66,9	51,5	103,7	96,5	39,9
Czerwiec June	120,4	24,8	55,7	44,3	52,2	40,1	36,7	55,5
Lipiec July	55,6	27,4	70,8	6,5	12,1	91,9	108,5	69,5
Sierpień August	24,0	12,0	50,0	27,7	55,7	94,9	15,1	47,5
Wrzesień September	15,5	21,0	95,3	68,2	94,3	43,1	24,0	39,6
Październik October	17,8	18,9	2,5	33,5	15,2	22,3	28,8	31,0
Listopad November	21,8	40,5	28,2	17,3	10,4	22,7	20,2	32,0
Grudzień December	35,2	28,3	66,2	30,5	13,4	5,2	31,9	30,2
Suma Total	415,9	302,2	506,5	434,9	402,5	478,0	448,7	431,9

Jednocześnie sezon wegetacyjny grochu w latach 1992 i 1995 charakteryzował się znacznym niedoborem opadów – o około 50 mm poniżej średniej wieloletniej. W pozostałych latach przebieg warunków pogodowych był stosunkowo korzystny dla rozwoju grochu z tym, że dość obfite opady w lipcu 1996 i 1997 roku spowodowały opóźnienie dojrzewania, dlatego sprzęt roślin z pola był możliwy dopiero w pierwszej dekadzie sierpnia.

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. WPŁYW NAWOZÓW ORGANICZNYCH I AZOTU MINERALNEGO NA PŁONOWANIE I BRODAWKOWANIE GROCHU SIEWNEGO*

5.1.1. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na właściwości chemiczne gleby

Doświadczenie przeprowadzono na glebie o średnim lub wysokim poziomie zawartości składników pokarmowych, w tym także azotu ogółem. Odczyn gleby był obojętny, a zawartość węgla organicznego wysoka (tab. 5).

Tabela 5. Wpływ nawożenia organicznego na właściwości gleby
Table 5. Effect of organic fertilisation on soil properties

Wyszczególnienie Specification	Nawożenie organiczne – Organic fertilisation		
	bez nawożenia without fertilisation	słoma straw	nawóz zielony green manure
P, mg·100 g ⁻¹	8,6	10,7	7,6
K, mg·100 g ⁻¹	13,3	19,7	12,4
Mg, mg·100 g ⁻¹	9,3	8,3	9,1
N ogółem – Total N, %	0,22	0,24	0,25
C organiczny – Organic C, %	1,82	2,03	2,00
C/N	8,3	8,5	8,0
pH w 1 M KCl – pH in 1 M KCl	6,9	7,1	7,0

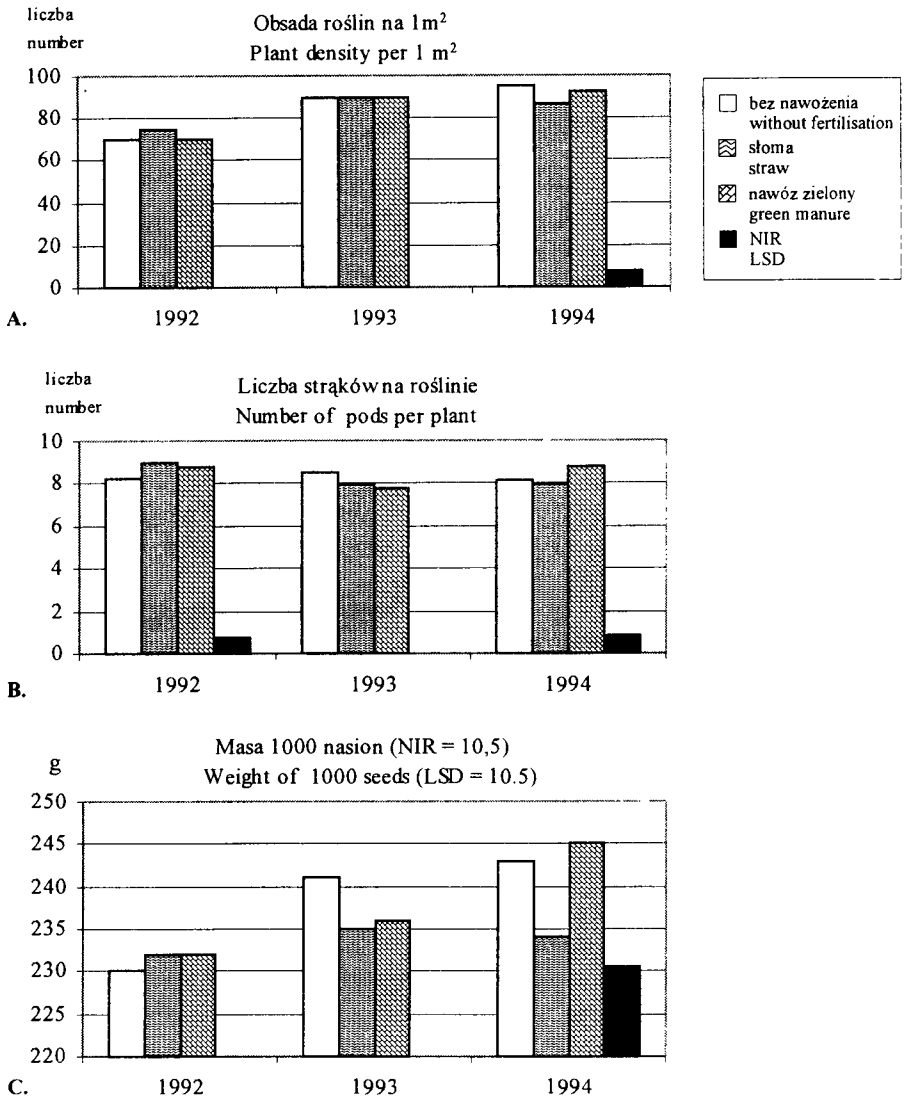
Analizy chemiczne gleby wykonane we wczesnym okresie wiosennym wykazały, że nawożenie organiczne w formie słomy lub nawozu zielonego z gorczyca białej nie różnicowało zawartości azotu ogółem w porównaniu do obiektu, w którym przyorywano tylko ścierną. Gleba, na której zastosowano nawożenie słomą, charakteryzowała się natomiast wyższym poziomem przyswajalnych form potasu i fosforu, a nieco niższym magnezu. Nie stwierdzono wyraźnego wpływu nawozu zielonego na zmianę właściwości chemicznych gleby. Płon suchej masy międzyplonu był mniejszy niż słomy, a pod względem składu chemicznego zasadniczo różnił się większą o 2,1 % zawartością azotu ogółem. Nawożenie organiczne wpłynęło w pewnym stopniu na zwiększenie zawartości węgla organicznego. Nie zmieniło to jednak w sposób znaczący stosunku węgla do azotu, który we wszystkich obiektach pierwszego czynnika mieścił się w przedziale od 8,0 do 8,5.

5.1.2. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania

W kwietniu 1992 roku, po wykonaniu siewu, wystąpiły krótkotrwałe, ale intensywne opady deszczu, które utrudniły wschody i w efekcie spowodowały

* Temat realizowany w ramach projektu badawczego KBN PB 0706/S3/92/02

zmniejszenie obsady grochu 'Gniewko' o 30 %. Fakt ten w największym stopniu zadecydował o tym, że dla całego okresu badawczego średnia obsada była o 15-18 % niższa od planowanej. Czynniki doświadczenia w większości nie miały istotnego wpływu na obsadę roślin. Jedynie w ostatnim roku badań rośliny uprawiane w stanowisku ze słomą wykazywały słabsze wschody niż rośliny uprawiane bez nawożenia organicznego (rys. 1A, tab. 6).



Rys. 1 Obsada i strukturalne elementy plonowania grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia organicznego

Fig. 1. 'Gniewko' pea plant density and seed yield components depending on organic fertilisation

Tabela 6. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania grochu siewnego odmiany 'Gniewko' (średnia z lat 1992-1994)

Table 6. 'Gniewko' pea plant density and seed yield components (mean for 1992-1994)

Wyszczególnienie Specification	Nawożenie organiczne Organic fertilisation			Nawożenie mineralne N Mineral N fertilisation kg·ha ⁻¹			
	I	II	III	0	30	60	90
Obsada roślin na 1 m ² Plant density per 1 m ²	85	82	84	84	84	85	82
Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	8,4	8,2	8,4	7,4 b	8,2 ab	8,8 a	8,9 a
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	5,9	6,0	5,6	5,6	5,9	5,7	6,0
Masa 1000 nasion w g Weight of 1000 seeds, g	238	232	238	236	236	236	237
Masa nasion z rośliny w g Weight of seeds per plant, g	11,8	11,4	11,2	9,8 b	11,4 a	11,8 a	12,6 a

I - bez nawożenia organicznego – without organic fertilisation

II - słoma – straw

III - nawóz zielony – green manure

a, b - średnie oznaczone różnymi małymi literami w wierszach różniły się istotnie przy p = 95 %

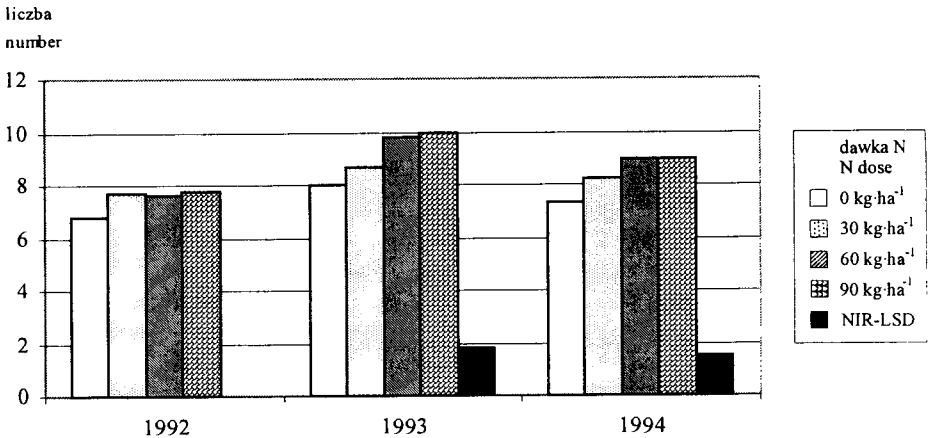
mean values followed by the different lower-case letters in rows did differ significantly at p = 95 %

Stosowanie nawożenia organicznego w postaci słomy i zielonej masy wpłynęło na istotne zwiększenie liczby strąków na roślinie, ale tylko w pierwszym roku, kiedy istotny wpływ miały obie formy nawozu organicznego czyli słoma i nawóz zielony oraz w trzecim roku, gdy stwierdzono korzystne działanie tylko nawozu zielonego. W drugim roku badań tendencja była odwrotna, stąd średnio nie udowodniono wpływu tego czynnika na liczbę strąków na roślinie (rys. 1B).

Najdrobniejsze nasiona, ale tylko w 1994 roku i to w porównaniu z roślinami uprawianymi na nawozie zielonym, wytworzyły rośliny grochu uprawianego na glebie nawożonej słomą (rys. 1C).

Liczba nasion w strąku i masa nasion z jednej rośliny były statystycznie podobne we wszystkich obiektach z nawożeniem organicznym. Stosunkowo najmniejsze wartości tych parametrów uzyskano dla roślin grochu uprawianych po nawozie zielonym.

Nawożenie wzrastającymi dawkami azotu wpłynęło na przyrost liczby strąków na roślinie, przy czym w przypadku obiektu bez nawożenia, istotny był dopiero wpływ dawek N 60 i 90 kg·ha⁻¹ (tab. 6). Rośliny reagowały podobnie na nawożenie azotem w 1993 i 1994 roku, natomiast w 1992 roku nie stwierdzono istotnego wpływu rosnących dawek azotu na liczbę strąków (rys. 2).



Rys. 2. Liczba strąków na roślinie grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia azotem

Fig. 2. 'Gniewko' pea number of pods per plant depending on nitrogen fertilisation

Nie udowodniono istotnego wpływu nawożenia azotem na kształtowanie obsady, liczby nasion w strąku i masy 1000 nasion. Przyrost plonu nasion z jednej rośliny pod wpływem nawożenia azotem wynikał więc przede wszystkim ze zróżnicowania liczby strąków na roślinie, a w mniejszym stopniu także z tendencji do zwiększenia liczby nasion w strąku.

5.1.3. Plon nasion

W trzyletnim okresie badawczym średni plon nasion odmiany 'Gniewko' wynosił 4,46 t·ha⁻¹ (tab. 7).

Najniższe plony nasion zebrano w 1992 roku, co było związane z mniejszą niż w innych latach obsadą roślin oraz niższą masą 1000 nasion, a najwyższe w 1993 roku, charakteryzującym się większym uwilgotnieniem i niższą niż przeciętnie temperaturą powietrza.

Wpływ nawożenia organicznego na groch należy rozumieć jako reakcję na nawożenie słomą lub masą zieloną z gorczycy białej i związany z tym zespół niezbędnych zabiegów uprawowych. Można więc posługiwać się także określeniem: „sposób przygotowania stanowiska”, które obejmuje wpływ obu tych elementów.

Reakcja odmiany 'Gniewko' na sposób przygotowania stanowiska była odmienna w poszczególnych latach badań. W 1992 roku istotnie najwyższe plony nasion zebrano z obiektu, w którym stosowano nawożenie słomą. W drugim roku badań plony nasion z porównywanych stanowisk nie różniły się istotnie. W ostatnim roku badań istotnie wyższe plony zebrano z roślin, które uprawiano na glebie po międzyplonie z gorczycy białej lub bez nawożenia organicznego niż z roślin uprawianych po przyoranej słomie.

Tabela 7. Plon nasion grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w t·ha⁻¹
 Table 7. 'Gniewko' pea seed yield, t·ha⁻¹

Czynnik – Treatment	Rok – Year			Średnia – Mean
	1992	1993	1994	
Nawożenie organiczne – Organic fertilisation				
Bez nawożenia Without fertilisation	3,27 B	5,34	4,74 A	4,45
Słoma Straw	3,73 A	5,27	4,22 B	4,41
Nawóz zielony Green manure	3,17 B	5,54	4,84 A	4,52
Nawożenie azotem (dawka N w kg·ha ⁻¹) – Nitrogen fertilisation (dose of N, kg·ha ⁻¹)				
0	3,29	5,10 B	4,56	4,32
30	3,46	5,40 AB	4,62	4,49
60	3,43	5,60 A	4,61	4,55
90	3,38	5,46 AB	4,60	4,48
Średnia – Mean	3,39 c	5,39 a	4,60 b	4,46

a, b, c - jak w tabeli 1 – see Table 1

A, B - średnie oznaczone różnymi dużymi literami w kolumnach różniły się istotnie przy p = 95 %

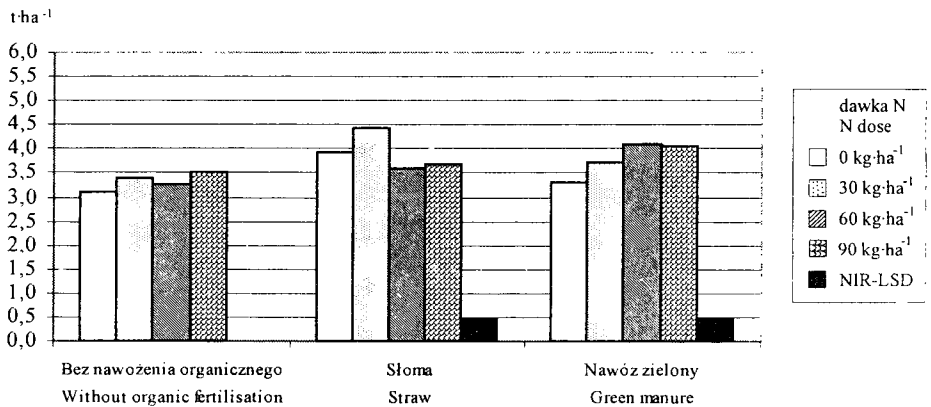
mean values followed by the different capital letters in rows did differ significantly at p = 95 %

Zmienny w latach wpływ nawożenia organicznego na plony nasion sugeruje związek przede wszystkim z przebiegiem pogody, zarówno w sezonie wegetacyjnym grochu, jak i w poprzedzającym go okresie jesiennym, a także zimowym. Suma opadów w miesiącach zimowych 1992 i 1993 roku była zbliżona do sumy opadów z wielolecia, natomiast w zimie 1993/1994 suma ta przewyższała dość znacznie wartości wieloletnie. Duże znaczenie miał również w tym przypadku plon zielonej masy gorczycy białej. W 1991 roku plon ten był najwyższy (20 t·ha⁻¹), a więc pobranie wody w okresie późnoletnim i jesiennym musiało być znaczne i nie zostało uzupełnione opadami zimowymi. Wysoka temperatura i niska suma opadów wiosną i latem 1992 roku spotęgowały niedobór wody i nawet na madzie, na której rośliny rzadko odczuwają niedobór wilgoci, odbiło się to spadkiem plonu nasion grochu uprawianego w obiekcie z nawozem zielonym. W stosunkowo wilgotnym i chłodnym 1993 roku nie stwierdzono wpływu nawożenia organicznego na plon nasion, co wynikało również z tego, że plon przyzoranego nawozu zielonego był stosunkowo niski (8 t·ha⁻¹). Rok 1994 można pod względem pogody uznać za typowy dla rejonu, w którym prowadzono badania, a jednak nastąpiło wówczas obniżenie plonu nasion grochu uprawianego po przyzoraną słomę. Wynikało to z najniższej obsady roślin w tym obiekcie (o 6-8 roślin na 1 m² mniej niż w obu pozostałych obiektach), co z kolei mogło być związane z niecałkowitym rozłożeniem słomy w okresie zimowym. Rośliny uprawiane w stanowisku z przyzoraną słomą zawiązały w tym roku rów-

niez mniej strąków na roślinie i wytworzyły drobniejsze nasiona. Dodatkowo zwraca uwagę fakt, że plon nasion był zbliżony w obiekcie bez nawożenia organicznego po przyoranyh ściernisku i w obiekcie z międzyplonem, mimo że masa przyoranej zielonki wynosiła wtedy $17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Nawożenie azotem wywarło istotny wpływ na plon nasion tylko w 1993 roku (tab. 7). Dawka N $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przyczyniła się do istotnego wzrostu plonu nasion w porównaniu z obiektem bez nawożenia azotem. Wzrost nawożenia azotem o dalsze $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodował natomiast stosunkowo niewielkie obniżenie plonu. W 1992 roku stwierdzono jedynie tendencję do wzrostu plonu nasion pod wpływem azotu mineralnego w stosunku do obiektu bez nawożenia. W 1994 roku plony nasion nie zależały od stosowanych dawek azotu.

Istotne współdziałanie czynników doświadczenia, tj. nawożenia organicznego i mineralnego wystąpiło tylko w 1993 roku (rys. 3).



Rys. 3. Plon nasion grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia organicznego i azotem mineralnym (1993 r.)

Fig. 3. 'Gniewko' pea seed yield depending on organic and mineral nitrogen fertilisation (1993)

W obiekcie bez nawożenia organicznego zastosowanie azotu w dawkach 30 i $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu nasion w porównaniu z roślinami bez nawożenia azotem mineralnym. Zwiększenie dawki N o kolejne $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie miało już wpływu na plon nasion.

W trzyletnim okresie badawczym średnia efektywność 1 kg azotu wynosiła:

- 5,7 kg nasion na hektar w przedziale nawożenia N $0-30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 3,8 kg nasion na hektar w przedziale nawożenia N $0-60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 1,8 kg nasion na hektar w przedziale nawożenia N $0-90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W najbardziej korzystnym pod tym względem 1993 roku, efektywność ta przedstawiała się następująco:

- 10,0 kg nasion na hektar w przedziale nawożenia N $0-30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 8,3 kg nasion na hektar w przedziale nawożenia N $0-60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 4,0 kg nasion na hektar w przedziale nawożenia N $0-90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

5.1.4. Plon słomy

W okresie badawczym uzyskano średni plon słomy na poziomie $6,42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 8). Szczególnie wysokie plony zebrano w wyjątkowo obfitym w opady 1993 roku.

Tabela 8. Plon słomy grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$
Table 8. 'Gniewko' pea straw yield, $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$

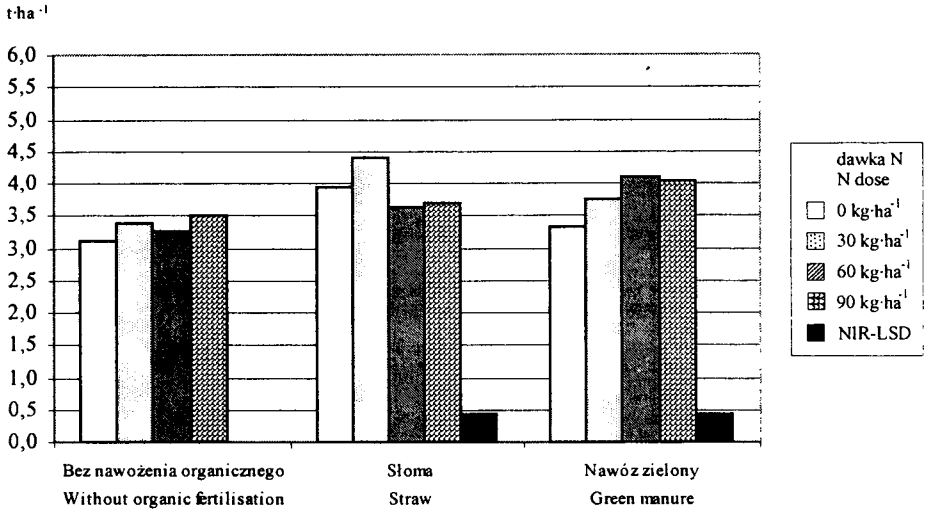
Czynnik – Treatment	Rok – Year			Średnia – Mean
	1992	1993	1994	
Nawożenie organiczne – Organic fertilisation				
Bez nawożenia Without fertilisation	3,32 B	10,3	5,01	6,21
Słoma Straw	3,91 A	10,5	5,15	6,52
Nawóz zielony Green manure	3,80 AB	10,6	5,14	6,51
Nawożenie azotem (dawka N w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – Nitrogen fertilisation (dose of N, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0	3,46	10,3 B	5,08	6,28
30	3,85	10,2 B	5,01	6,35
60	3,66	10,9 A	5,08	6,55
90	3,75	10,5 AB	5,20	6,48
Średnia – Mean	3,68 c	10,5 a	5,09 b	6,42

Sposób przygotowania stanowiska wywarł istotny wpływ na plony słomy odmiany 'Gniewko' tylko w pierwszym roku badań. Najwyższe plony zebrano wówczas z roślin uprawianych w stanowisku z przyoraną słomą, a nieznacznie mniejsze po zastosowaniu nawozu zielonego. W stanowisku bez nawożenia organicznego plon słomy był w tym roku istotnie niższy, lecz tylko w porównaniu z obiektem, w którym stosowano nawożenie słomą. Średnio dla całego okresu badawczego plon słomy grochu uprawianego w stanowisku bez nawożenia organicznego był o $0,31 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ niższy od plonu słomy grochu uprawianego w stanowisku ze słomą lub zieloną masą z gorczycy białej (o $0,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Tylko w 1993 roku nawożenie dawką azotu $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ wpłynęło w istotnym stopniu, w porównaniu z dawkami 0 i $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, na przyrost plonu słomy grochu. Wyniki za cały okres badawczy wskazują także na tendencję do wzrostu plonów słomy grochu pod wpływem nawożenia azotem do poziomu $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Uwzględniając fakt, że nawożenie mineralne nie wpłynęło na obsadę roślin można stwierdzić, że zwiększenie plonu słomy wynikać mogło z przyrostu masy liści i długości łodyg.

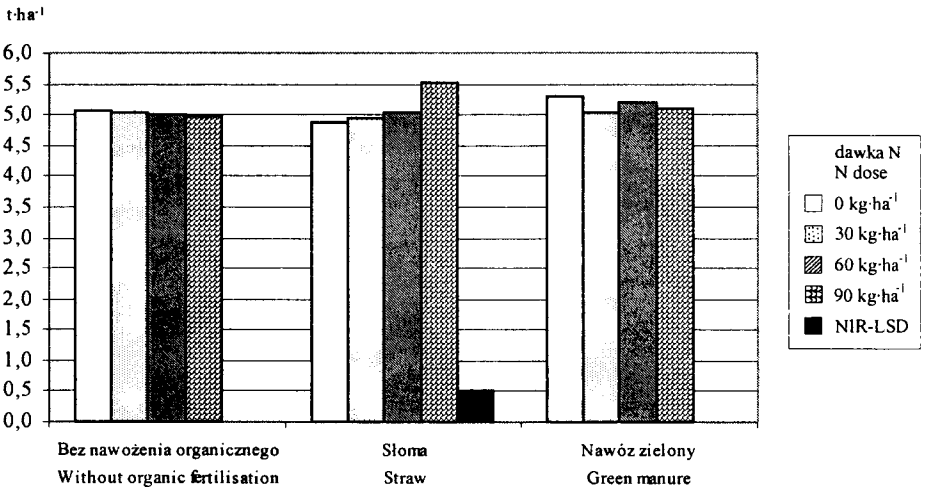
W pierwszym i trzecim roku badań stwierdzono współdziałanie czynników doświadczenia mające wpływ na plony słomy (rys. 4 i 5). W 1992 roku w stanowisku z przyoraną słomą zbożową istotnie najwyższy plon zebrano z roślin nawożonych azotem w dawce $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w porównaniu z wyższymi dawkami N),

a w stanowisku z nawozem zielonym plony słomy grochu były istotnie najwyższe, gdy stosowano dawkę N $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (w porównaniu z obiektem bez nawożenia azotem). W 1994 roku groch uprawiany w stanowisku ze słomą reagował istotnym zwiększeniem plonu po zastosowaniu dawki N $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale tylko w porównaniu z obiektem, w którym nawożenia azotem nie stosowano.



Rys. 4. Plon słomy grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia organicznego i azotem mineralnym (1992 r.)

Fig. 4. 'Gniewko' pea straw yield depending on organic and mineral nitrogen fertilisation (1992)



Rys. 5. Plon słomy grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia organicznego i azotem mineralnym (1994 r.)

Fig. 5. 'Gniewko' pea straw yield depending on organic and mineral nitrogen fertilisation (1994)

5.1.5. Zawartość białka ogółem w nasionach

Zawartość białka w nasionach w największym stopniu zależała od przebiegu pogody, gdyż w 1994 roku była ona o 2,1-2,3 % wyższa w porównaniu z dwoma poprzednimi latami. Średnio dla całego okresu badawczego, a także w poszczególnych latach nie udowodniono istotnego wpływu czynników doświadczenia na gromadzenie tego składnika. Wskazano jedynie tendencję do wzrostu zawartości białka w nasionach grochu uprawianego w obiekcie ze słomą w porównaniu z nasionami z dwóch pozostałych obiektów pierwszego czynnika oraz tendencję do wzrostu pod wpływem wysokich dawek azotu mineralnego (tab. 9).

Tabela 9. Zawartość białka ogółem w nasionach grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w % suchej masy

Table 9. Content of total protein in 'Gniewko' pea seed, % of dry matter

Czynnik – Treatment	Year – Rok			Średnia – Mean
	1992	1993	1994	
Nawożenie organiczne – Organic fertilisation				
Bez nawożenia Without fertilisation	21,5	22,3	24,6	22,8
Słoma Straw	22,5	22,2	24,6	23,1
Nawóz zielony Green manure	22,0	22,1	23,7	22,6
Nawożenie azotem (dawka N w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – Nitrogen fertilisation (dose of N, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0	21,4	22,0	23,9	22,4
30	21,8	21,9	23,7	22,5
60	22,0	22,6	25,2	23,3
90	22,8	22,2	24,5	23,2
Średnia – Mean	22,0	22,2	24,3	22,8

5.1.6. Brodawkowanie

W fazie 3-4 liści rośliny zawiązały średnio 15 brodawek korzeniowych i do początku kwitnienia ich liczba zwiększyła się ponad dwukrotnie (tab. 10 i 11).

Najobfitszą nodulację stwierdzono w 1992 roku. W początkowym okresie wegetacji wyraźnie zaznaczył się wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na liczbę brodawek korzeniowych. Średnio w okresie badawczym największą liczbę brodawek zawiązały rośliny uprawiane w stanowisku, w którym stosowano nawożenie słomą, o około 20-23% mniej rośliny uprawiane po nawozie zielonym i bez nawożenia organicznego. Wzrastające dawki nawozu azotowego hamowały brodawkowanie, co szczególnie uwidoczniło się porównując dane z obiektu kontrolnego (bez nawożenia azotem) i z obiektu, gdzie stosowano N w dawce $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W trakcie dalszego rozwoju różnice te uległy zmniejszeniu i w fazie początku kwitnienia nie stwierdzono wpływu nawożenia mineralnego na liczbę brodawek korzeniowych grochu. Pozostał jednak pewien wpływ nawożenia sło-

mą, gdyż liczba brodawek korzeniowych na roślinach z tego obiektu była jeszcze o około 15 % większa niż na roślinach uprawianych bez nawożenia organicznego.

Tabela 10. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w fazie 3-4 liści

Table 10. Number of root nodules per 'Gniewko' pea plant over 3-4 leaf phase

Czynnik – Treatment	Rok – Year			Średnia – Mean
	1992	1993	1994	
Nawożenie organiczne – Organic fertilisation				
Bez nawożenia Without fertilisation	18,8	15,6	8,2 B	14,2 B
Słoma Straw	20,5	16,0	18,1 A	18,2 A
Nawóz zielony Green manure	17,7	15,0	9,0 B	13,9 B
Nawożenie azotem (dawka N w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – Nitrogen fertilisation (dose of N, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0	23,8	18,5	13,5	18,6 A
30	19,4	13,6	13,8	15,6 AB
60	15,7	17,7	9,2	14,2 AB
90	17,0	12,2	10,7	13,3 B
Średnia – Mean	19,0 a	15,5 ab	11,8 b	15,4

Tabela 11. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w fazie początku kwitnienia

Table 11. Number of root nodules per 'Gniewko' pea plant at the beginning of flowering

Czynnik – Treatment	Rok – Year			Średnia – Mean
	1992	1993	1994	
Nawożenie organiczne – Organic fertilisation				
Bez nawożenia Without fertilisation	42,0	25,0	25,7	30,9
Słoma Straw	48,2	21,4	41,1	36,9
Nawóz zielony Green manure	34,5	30,2	37,6	34,1
Nawożenie azotem (dawka N w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – Nitrogen fertilisation (dose of N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0	42,2	26,2	37,5	35,3
30	39,5	28,4	33,2	33,7
60	40,6	22,6	38,5	33,9
90	44,1	24,8	30,1	33,0
Średnia – Mean	41,6 a	25,5 b	34,8 a	34,0

Wpływ nawożenia organicznego na suchą masę brodawek korzeniowych zebranych w fazie początku kwitnienia ujawnił się w 1993 roku, kiedy istotnie

większą masę brodawek zebrano z roślin grochu uprawianego po słomie niż z roślin uprawianych po nawozie zielonym (tab. 12). Wpływ nawożenia mineralnego stwierdzono natomiast w 1994 roku, kiedy w obiekcie z najwyższą dawką azotu masa brodawek była istotnie mniejsza w porównaniu z obiektem bez nawożenia mineralnego. Średnio w całym okresie badawczym wystąpiła jedynie tendencja wskazująca na to, że pod wpływem rosnących dawek azotu mineralnego masa brodawek ulegała obniżeniu.

Tabela 12. Sucha masa brodawek korzeniowych w mg na jedną roślinę grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w fazie początku kwitnienia

Table 12. Dry matter of 'Gniewko' pea root nodules per plant at the beginning of flowering, mg

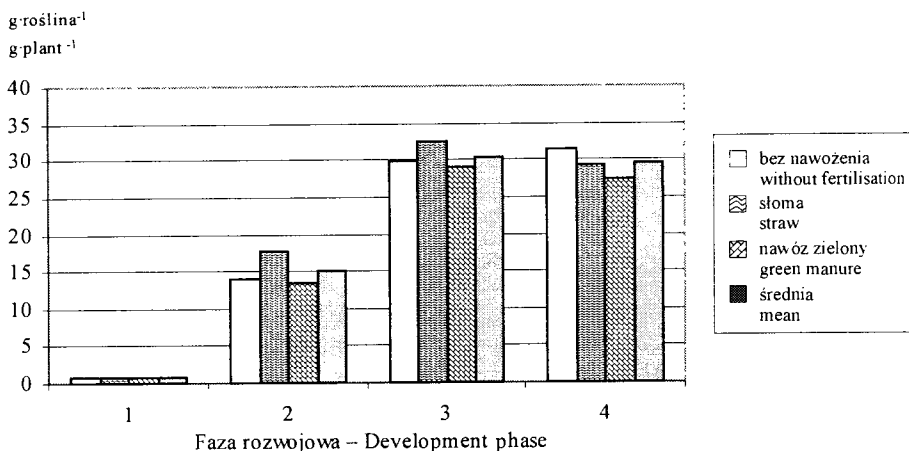
Czynnik – Treatment	Rok – Year			Średnia – Mean
	1992	1993	1994	
Nawożenie organiczne – Organic fertilisation				
Bez nawożenia Without fertilisation	30,4	16,6 AB	21,4	22,8
Słoma Straw	35,6	20,5 A	30,9	29,0
Nawóz zielony Green manure	28,5	13,9 B	19,4	20,6
Nawożenie azotem (dawka N w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) – Nitrogen fertilisation (dose of N, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)				
0	32,2	17,4	28,5 A	26,0
30	33,1	16,0	24,9 AB	24,7
60	33,8	18,1	22,5 AB	24,8
90	26,9	16,5	19,5 B	21,0
Średnia – Mean	31,5	17,0	23,9	24,1

5.1.7. Przyrost biomasy nadziemnej

Plony suchej masy części nadziemnych roślin grochu oznaczano czterokrotnie w ciągu każdego sezonu wegetacyjnego (rys. 6).

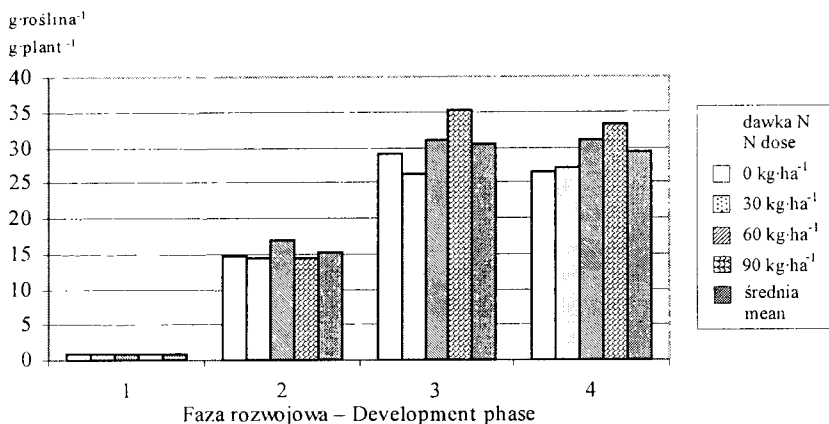
Nie wykazano wpływu nawożenia organicznego ani mineralnego na suchą masę pojedynczych roślin w początkowej fazie ich rozwoju. W fazie początku kwitnienia sucha masa roślin uprawianych w obiekcie z przyoraną słomą była o około 20 % wyższa niż roślin z dwóch pozostałych obiektów pierwszego czynnika. Zróżnicowanie to było jeszcze stosunkowo wyraźnie widoczne w fazie płaskiego strąka. W dojrzałości pełnej masa roślin była jednakowa niezależnie od nawożenia organicznego, co w znacznym stopniu znalazło także swoje odzwierciedlenie w plonach nasion, a szczególnie słomy grochu.

Wpływ nawożenia azotem na zróżnicowanie plonów części nadziemnych odmiany 'Gniewko', uwidocznił się w fazie początku kwitnienia, kiedy wyraźnie większą masą charakteryzowały się rośliny, pod które zastosowano N w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 7).



Rys. 6. Plon suchej masy części nadziemnych grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia organicznego i fazy rozwojowej roślin (średnia z lat 1992-1994): 1 – 3-4 liście, 2 – początek kwitnienia, 3 – płaski strąk, 4 – dojrzałość techniczna

Fig. 6. 'Gniewko' pea over-the-ground dry matter yield depending on organic fertilisation and development phase (mean for 1992-1994): 1 – 3-4 leaves, 2 – beginning of flowering, 3 – flat pod, 4 – harvest maturity



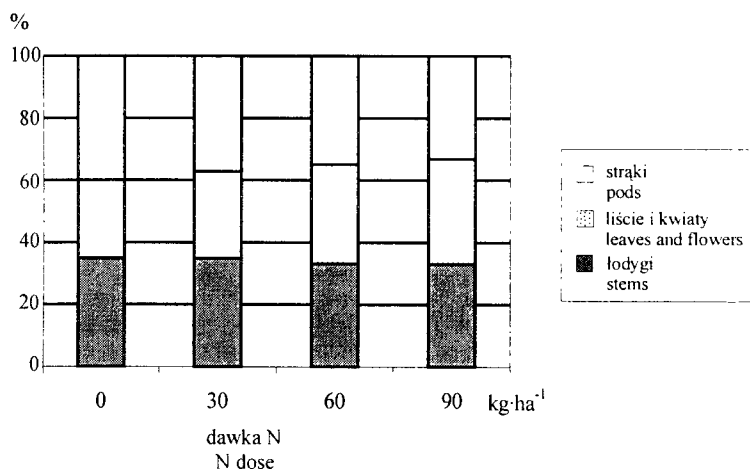
Rys. 7. Plon suchej masy części nadziemnych grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia organicznego i fazy rozwojowej roślin (średnia z lat 1992-1994): 1, 2, 3, 4 – jak na rysunku 6

Fig. 7. 'Gniewko' pea over-the-ground dry matter yield depending on organic fertilisation and development phase (mean for 1992-1994): 1, 2, 3, 4 – see Fig. 6

Oznaczenia wykonane w fazie płaskiego strąka i w dojrzałości pełnej wykazały, że sucha masa roślin zwiększała się systematycznie wraz ze wzrostem dawek azotu, gdzie różnica pomiędzy skrajnymi poziomami nawożenia wynosiła w obu tych terminach ponad 15 %, czego jednak nie odzwierciedlały łączne

plony nasion i słomy, gdyż różnica pomiędzy najwyższym a najniższym poziomem nawożenia wynosiła w przypadku plonów nasion tylko 3,8 %, a w przypadku plonów słomy 3,1 %.

W fazie płaskiego strąka oznaczono również udział łodyg, liści i kwiatów oraz strąków wraz z nasionami w masie części nadziemnych (rys. 8). W tej fazie wegetacji masa łodyg i strąków była prawie jednakowa, niezależna od poziomu nawożenia mineralnego. Zwiększenie plonu części nadziemnych pod wpływem rosnących dawek azotu mineralnego, a przede wszystkim dawek najwyższych, tj. 60 i 90 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, wynikało z przyrostu masy liści i kwiatów. Liście w czasie dalszej wegetacji, a szczególnie w dojrzałości pełnej, kiedy dokonywano zbioru roślin, zasychały i opadały, stąd prawdopodobnie różnice w zebranych plonach nasion i słomy, nawet pomiędzy najwyższym i najniższym poziomem nawożenia azotem, nie były już tak wyraźne.



Rys. 8. Struktura plonu suchej masy części nadziemnych grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w fazie płaskiego strąka w zależności od nawożenia azotem (średnia z lat 1992-1994)

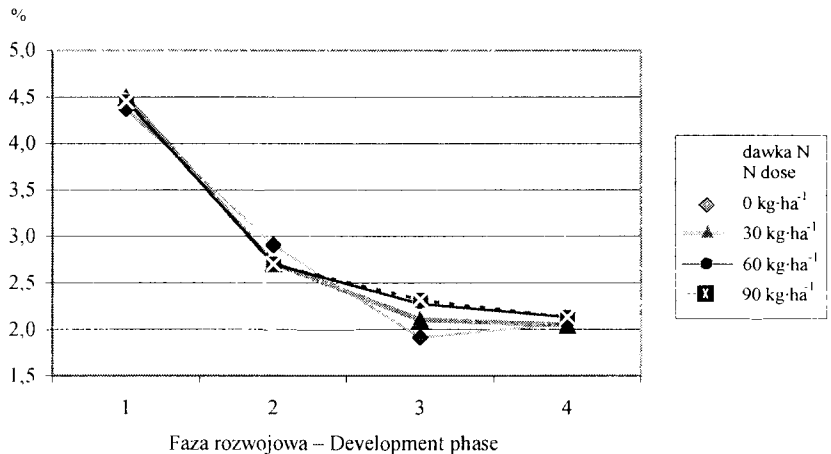
Fig. 8. 'Gniewko' pea over-the-ground dry matter yield components over the flat pod phase depending on nitrogen fertilisation (mean for 1992-1994)

5.1.8. Zawartość azotu ogółem w roślinach

Zawartość azotu ogółem w nadziemnych częściach roślin grochu zmniejszała się wraz ze stopniem zaawansowania ich rozwoju. W żadnym z badanych terminów nie zaznaczył się jednoznacznie wpływ nawozów organicznych na zawartość tego pierwiastka w roślinach. Wcześniej wykazano jednak, że rośliny uprawiane w stanowisku, w którym stosowano nawożenie słomą zawierały w nasionach o 0,3-0,5 % więcej białka w suchej masie niż rośliny uprawiane bez nawożenia organicznego lub po nawożeniu zielonym. Nie analizowano jednak zawartości azotu w pozostałych częściach roślin. Można więc przypuszczać, że łodygi i liście grochu uprawianego na glebie nawożonej słomą kumulowały mniej azotu

lub też wcześniej został on przetransportowany do nasion niż miało to miejsce u roślin uprawianych w obiekcie bez nawożenia organicznego lub z nawozem zielonym.

Znaczne zróżnicowanie dawek azotu mineralnego również nie miało wyraźnego wpływu na zawartość azotu w roślinach grochu. W fazie płaskiego strąka zaznaczyła się jedynie pewna tendencja do wzrostu zawartości tego pierwiastka pod wpływem rosnących dawek nawożenia mineralnego (rys. 9).



Rys. 9. Zawartość azotu ogółem w suchej masie nadziemnych części roślin grochu siewnego odmiany 'Gniewko' w zależności od nawożenia azotem i fazy rozwojowej (średnia z lat 1992-1994): 1 – 3-4 liście, 2 – początek kwitnienia, 3 – płaski strąk, 4 – dojrzałość techniczna

Fig. 9. 'Gniewko' pea over-the-ground dry matter total N content depending on nitrogen fertilisation and development phase (mean for 1992-1994): 1 – 3-4 leaves, 2 – beginning of flowering, 3 – flat pod, 4 – harvest maturity

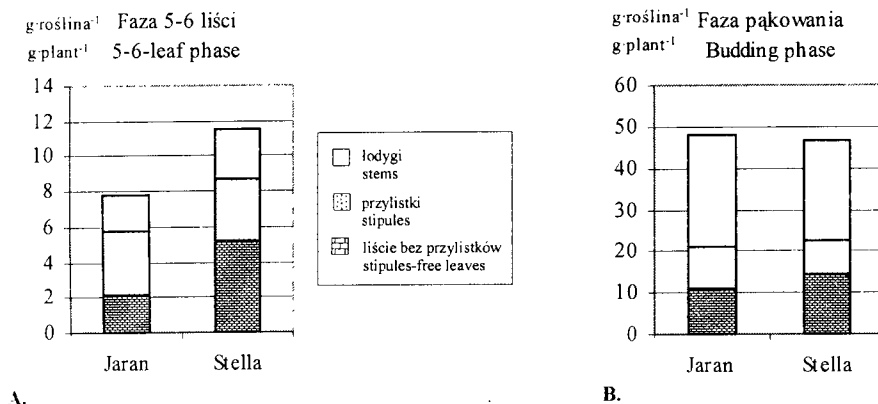
5.2. WPŁYW MIKROELEMENTÓW I NITRAGINY NA PLONOWANIE I BRODAWKOWANIE ODMIAN GROCHU SIEWNEGO

5.2.1. Struktura biomasy nadziemnej

Udział łodyg i liści w nadziemnej biomacie roślin odmian grochu określano dwukrotnie w terminach, w których wykonywano dokarmianie dolistne preparatem Insol 6. Przyjęto, że zielone, nie zaschnięte części łodyg i liści mogą wchłaniać na swej całej powierzchni wodę wraz z rozpuszczonym nawozem. a od wielkości tej powierzchni zależy skuteczność dolistnego nawożenia mikroelementami odmian grochu różniących się typem ulistnienia. Oznaczono także

udział przylistków w masie liścia, zakładając znaczną ich rolę w pobieraniu mikroelementów, szczególnie w przypadku wąsolistnej odmiany 'Jaran'.

W pierwszym terminie, w którym wykonywano zabieg nawożenia dolistnego i który przypadał w fazie 5-6 liści, większą masę wegetatywną części nadziemnych wytworzyły rośliny odmiany 'Stella'. Wynikało to z wykształcenia dłuższej łodygi i obfitszego ulistnienia, chociaż udział przylistków w masie liścia odmiany 'Stella' wynosił 40 %, natomiast 63 % u roślin odmiany 'Jaran' (rys. 10A).



Rys. 10. Struktura plonu suchej masy nadziemnej odmian grochu siewnego w dwóch fazach rozwojowych (średnia z lat 1991-1994)

Fig. 10. Pea cultivar over-the-ground dry matter yield components over two development phases (mean for 1991-1994)

W fazie pąkowania, całkowita masa nie zaschniętych części nadziemnych roślin odmiany 'Stella' była zbliżona do masy roślin odmiany 'Jaran', chociaż łodygi tej odmiany były dłuższe i posiadały większą liczbę liści (tab. 13). Odmiana 'Jaran' posiadała jednak sztywniejsze i wyraźnie grubsze łodygi.

Tabela 13. Cechy morfologiczne odmian grochu siewnego w fazie pąkowania (średnia z lat 1991-1994)

Table 13. Pea cultivar morphology over budding phase (mean for 1991-1994)

Odmiana Cultivar	Liczba liści na roślinie Number of leaves per plant	Wysokość rośliny, cm Plant height, cm
Jaran	18	120
Stella	20	165

Udział liści w biomacie nadziemnej był u obu odmian jednakowy, ale wystąpiła różnica w proporcjach pomiędzy przylistkami a pozostałymi częściami liścia. U roślin wąsolistnej odmiany 'Jaran' udział obu tych elementów był zbliżony – 47 % masy stanowiły przylistki, a 53 % pozostała część liścia (ogonek liściowy, listki i wąsy czepne). U roślin odmiany 'Stella' o liściu parzystopie-

rzastym udział przylistków w masie liścia był wyraźnie mniejszy i wynosił 36 % (rys. 10B).

Wykonane oznaczenia sugerują pośrednio, że powierzchnia jaką rośliny mogły pochłaniać nawóz dolistny była w początkowym okresie rozwoju większa u odmiany 'Stella', natomiast w fazie pąkowania u obu odmian była zbliżona.

5.2.2. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania

Obsada roślin kształtowała się w stosunku do planowanej na poziomie niższym o 8-11 %. Średnio za okres badawczy obsada roślin obu odmian była podobna, chociaż w 1992 roku istotnie więcej roślin na 1 m² stwierdzono dla odmiany 'Jaran', a w latach 1993 i 1994 dla odmiany 'Stella' (tab. 14, rys. 11A).

Tabela 14. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania grochu siewnego (średnia z lat 1991-1994)

Table 14. Pea plant density and seed yield components (mean for 1991-1994)

Wyszczególnienie Specification	Odmiana Cultivar		Szczepienie nitraginą Nitragine inoculation		Stosowanie mikroelementów Microelement application		
	Jaran	Stella	BN	N	O	P	D
Obsada roślin na 1 m ² Plants density of per 1 m ²	91	92	90	93	89	93	92
Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	5,9 b	9,4 a	7,6	7,6	7,3 b	7,5 b	8,1 a
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	4,4	4,8	4,5	4,7	4,4	4,6	4,8
Masa 1000 nasion w g Weight of 1000 seeds, g	150,6 a	136,1 b	142,8	143,9	142,8	142,9	144,4
Masa nasion z rośliny w g Weight of seeds per plant, g	3,9 b	7,4 a	5,6	5,8	4,6 b	4,9 ab	5,6 a

BN – bez nitraginy, without nitragine

N – nitragina, nitragine

O – bez mikroelementów, without microelements

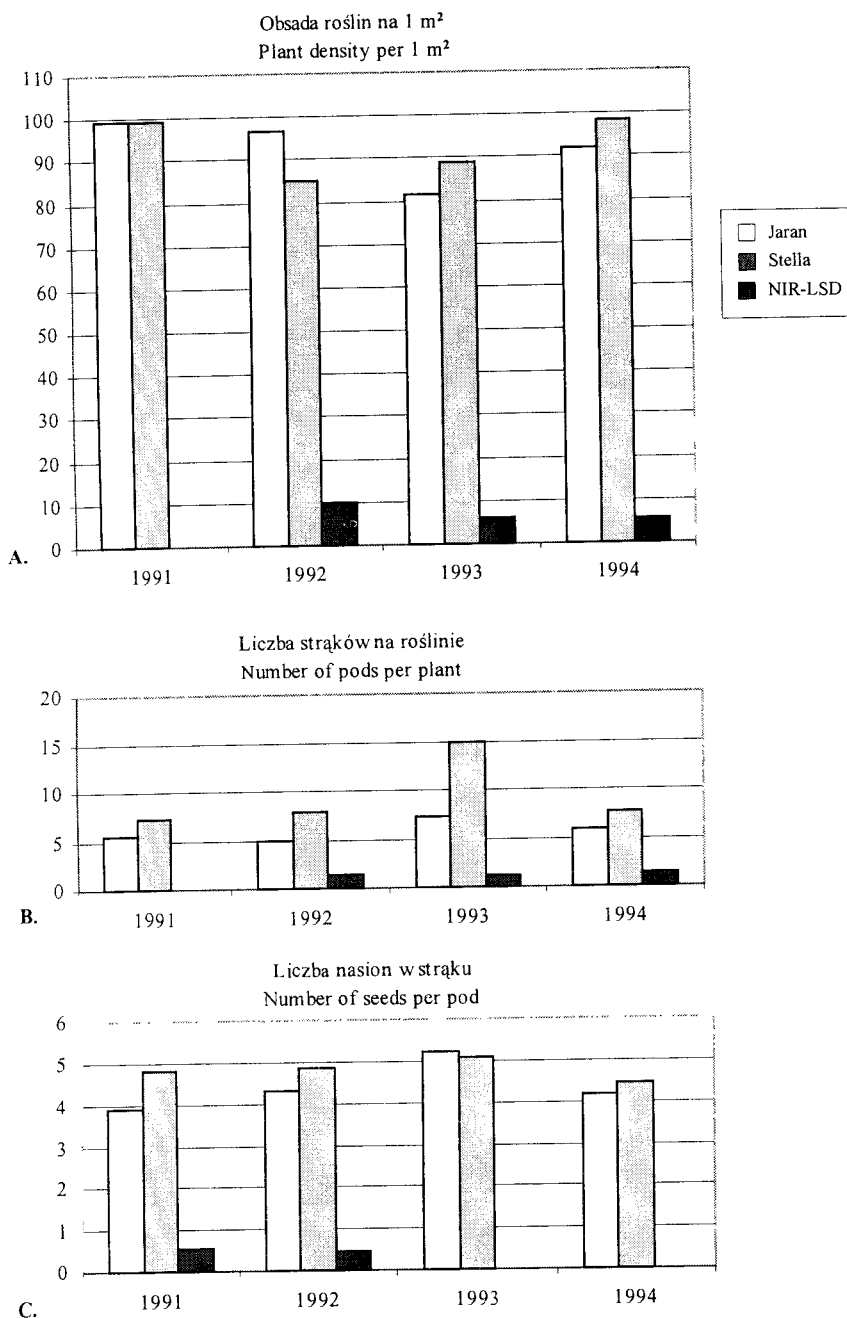
P – przedsiewne, pre-sowing

D – dolistnie, foliar application

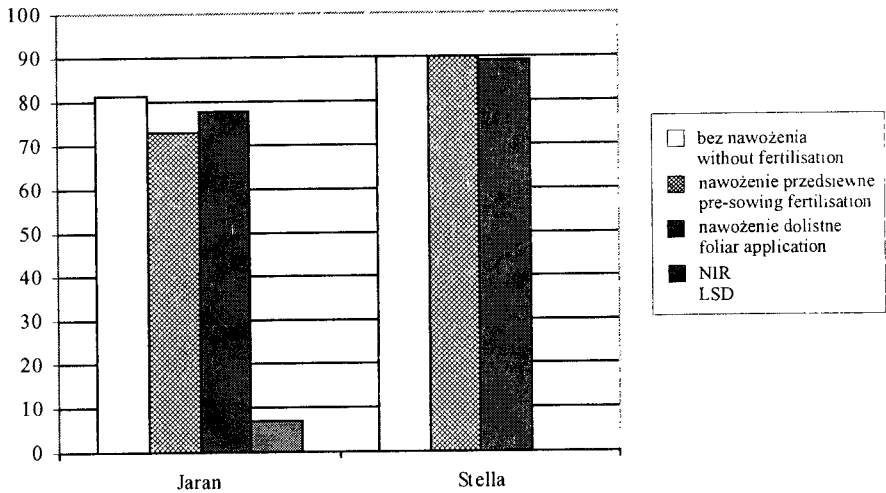
Obsada roślin obu odmian nie zależała od pozostałych czynników doświadczenia, za wyjątkiem 1993 roku, kiedy odmiana 'Jaran' zareagowała istotnym obniżeniem liczby roślin na jednostce powierzchni po przedsiewnym zastosowaniu nawozu mikroelementowego (rys. 12).

Odmiany różniły się przede wszystkim liczbą strąków wykształconych na roślinie i masą 1000 nasion oraz plonem nasion z jednej rośliny, a w dwóch pierwszych latach badań także liczbą nasion w strąku. Za wyjątkiem 1991 roku, w pozostałych latach badań odmiana 'Stella' zawiązywała istotnie więcej strąków na roślinie, ale w każdym roku nasiona tej odmiany były znacznie drobniejsze niż odmiany 'Jaran'. Istotnie wyższy plon nasion z jednej rośliny odmiany

'Stella' wynikał przede wszystkim z większej liczby strąków na jednej roślinie, a w latach 1991 i 1992 również z większej liczby nasion w strąku (rys. 11 B,C).



Rys. 11. Obsada i strukturalne elementy plonowania odmian grochu siewnego
Fig. 11. Pea cultivar plant density and yield components



Rys. 12. Obsada roślin odmian grochu siewnego na 1 m² w zależności od stosowania mikroelementów (1993 r.)

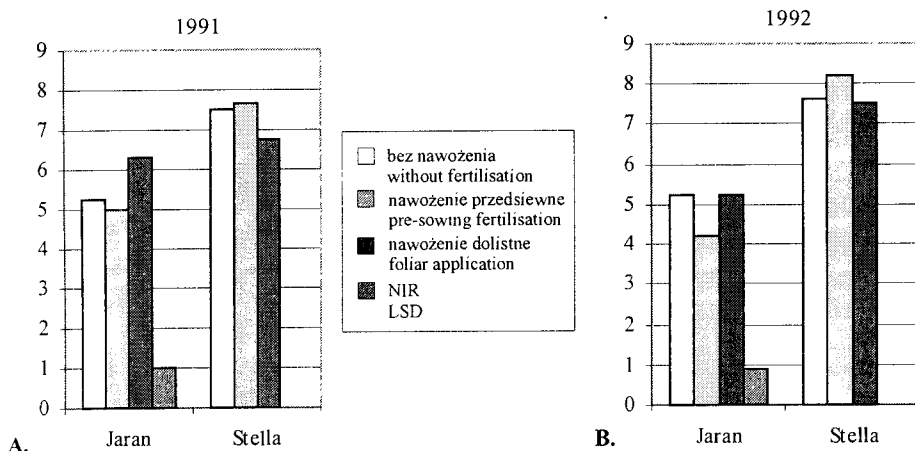
Fig. 12. Pea cultivar plant density per 1 m² depending on microelement application (1993)

Średnio za cały okres badawczy, jak również w poszczególnych latach badań szczepienie nitraginą nie wpłynęło w sposób istotny na kształtowanie strukturalnych elementów plonu nasion grochu.

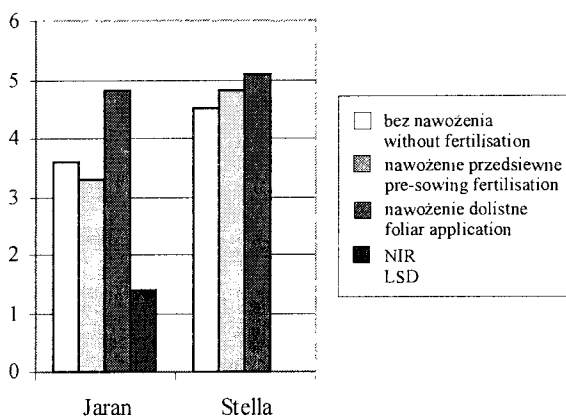
Dokarmianie dolistne, w porównaniu z nawożeniem przedsiewnym, a także z obiektem bez nawożenia, spowodowało istotny przyrost liczby strąków na roślinie. W obiektach nawożonych mikroelementami zaznaczyła się jedynie tendencja do zwiększenia liczby nasion w strąku. Przedsiewne zastosowanie mikroelementów nie zmieniło w sposób istotny żadnego z strukturalnych elementów plonu nasion, chociaż w porównaniu z obiektem bez nawożenia zaznaczyła się tendencja do wzrostu wartości ocenianych parametrów. Plon nasion z jednej rośliny dokarmianej dolistnie był wyższy o 22 % w porównaniu z rośliną nie nawożoną i o 14 % w porównaniu z rośliną nawożoną przedsiewnie (tab. 14).

Wpływ współdziałania badanych odmian z mikroelementami na kształtowanie strukturalnych elementów plonu udowodniono w dwóch pierwszych latach badań (rys. 13 A,B i 14).

W 1991 roku groch odmiany 'Jaran' uprawiany w obiekcie z dokarmianiem dolistnym związał istotnie więcej strąków i nasion w strąku niż w dwóch pozostałych obiektach. W 1992 roku liczba strąków związanych przez rośliny grochu odmiany 'Jaran' była taka sama w obiekcie bez nawożenia jak i z dokarmianiem dolistnym, a znacząco mniejsza w przypadku roślin nawożonych przedsiewnie.



Rys. 13. Liczba strąków na roślinie w zależności od odmian i stosowania mikroelementów
 Fig. 13. Number of pods per plant depending on cultivar and microelement application



Rys. 14. Liczba nasion w strąku w zależności od odmiany i stosowania mikroelementów
 (1991 r.)

Fig. 14. Number of seeds per pod depending on cultivar and microelement application
 (1991)

5.2.3. Plon nasion

W badaniach własnych, tak jak w większości prac badawczych nad roślinami strączkowymi, poziom plonów odmian grochu zależał przede wszystkim od przebiegu warunków pogodowych (tab. 15).

W latach 1991, 1993 i 1994, charakteryzujących się stosunkowo dobrym uwilgotnieniem (w roku 1994 niedobór opadów wystąpił dopiero pod koniec wegetacji), plony nasion były średnio o 13 % wyższe niż w ciepłym i suchym 1992 roku. Wynikało to przede wszystkim z wykształcania drobniejszych nasion (średnia dla obu odmian masa 1000 nasion wynosiła w kolejnych latach

badan: 165 g, 114 g, 138 g, 157 g). W dwóch ostatnich latach 'Stella' wydała plony nasion istotnie wyższe niż 'Jaran', co związane było z wyższą obsadą roślin i większą liczbą strąków na roślinie. Tylko w suchym 1992 roku nieco wyższe plony zebrano z odmiany 'Jaran', kiedy obsada roślin tej odmiany była także istotnie większa w porównaniu z odmianą 'Stella'.

Tabela 15. Plon nasion grochu siewnego w $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
Table 15. Pea seed yield, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

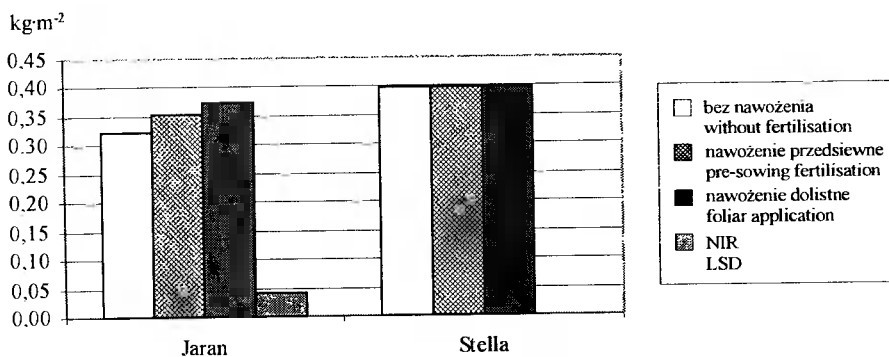
Czynnik Treatment	Rok – Year				Średnia Mean
	1991	1992	1993	1994	
Odmiana – Cultivar					
Jaran	0,39	0,35	0,33 B	0,35 B	0,35
Stella	0,39	0,33	0,47 A	0,42 A	0,40
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation					
Bez nitraginy – Without nitragine	0,40	0,33	0,39	0,36	0,37
Nitragina – Nitragine	0,39	0,35	0,40	0,40	0,38
Stosowanie mikroelementów – Microelement application					
Bez mikroelementów Without microelements	0,38 B	0,32	0,40	0,36 B	0,36
Przedsięwne – Pre-sowing	0,39 B	0,35	0,38	0,39 A	0,37
Dolistnie – Foliar application	0,42 A	0,35	0,42	0,40 A	0,40
Średnia – Mean	0,39 ab	0,34 b	0,40 a	0,38 ab	0,38

W czteroletnim cyklu badawczym nie udowodniono statystycznego wpływu szczepienia nitraginą na plon nasion. Największy, bo 10 % przyrost plonu uzyskano tylko w ostatnim roku badań własnych (1994), lecz nie potwierdzono, że była to różnica istotna.

W każdym roku wystąpił wzrost plonu nasion pod wpływem stosowania mikroelementów, szczególnie w formie oprysku dolistnego, ale istotne różnice stwierdzono tylko w pierwszym i ostatnim roku badań. W latach wilgotnych reakcja na dokarmianie dolistne była wyraźnie korzystniejsza niż w posuszonym 1992 roku.

Odmiany grochu nie wykazały jednokierunkowej reakcji na stosowanie mikroelementów. Stwierdzano wyższą plonu nasion odmiany 'Jaran' po zastosowaniu nawozu mikroelementowego – mniejszą przy stosowaniu przedsięwnym (średnio za cztery lata o 9 %) i większą, udowodnioną statystycznie po dokarmianiu dolistnym (średnio o 16 %). Plony nasion odmiany 'Stella' były jednakowe we wszystkich obiektach z nawożeniem mikroelementami (rys. 15).

Nie stwierdzono odmiennego wpływu nitraginy na plon nasion porównywanych odmian grochu. Nie uzyskano także wyników wskazujących na wpływ współdziałania szczepienia nitraginą i stosowania mikroelementów na plon nasion.



Rys. 15. Plon nasion odmian grochu siewnego w zależności od stosowania mikroelementów (średnia z lat 1991-1994)

Fig. 15. Pea cultivar seed yield depending on microelement application (mean for 1991-1994)

5.2.4. Plon słomy

Plony słomy w większym jeszcze stopniu niż plony nasion zależały od warunków pogodowych w latach badań. Były one istotnie wyższe w 1991 i 1993 roku w porównaniu z dwoma pozostałymi latami. Uzyskano zbliżone plony słomy dla obu porównywanych odmian, chociaż pomiary wysokości roślin wykonane w fazie pąkowania, czyli 50-55 dni przed zbiorem wykazywały, że rośliny odmiany 'Stella' były wyższe. Wyjątkiem był 1994 rok, kiedy plon słomy odmiany 'Stella' istotnie przewyższał plon słomy odmiany 'Jaran'. Nie uzyskano także, z wyjątkiem roku 1994, wyników potwierdzających korzystny wpływ szczepienia nitraginą na plony słomy grochu. Rośliny reagowały wzrostem plonów słomy na przedsiewne i dolistne dokarmianie mikroelementami tylko w pierwszym roku badań.

Tabela 16. Plon słomy grochu siewnego w kg·m⁻²
Table 16. Pea straw yield, kg·m⁻²

Czynnik Treatment	Rok – Year				Średnia Mean
	1991	1992	1993	1994	
Odmiana – Cultivar					
Jaran	0,59	0,45	0,56	0,26 B	0,47
Stella	0,61	0,42	0,59	0,49 A	0,53
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation					
Bez nitraginy – Without nitragine	0,61	0,45	0,56	0,34 B	0,49
Nitragina – Nitragine	0,60	0,43	0,59	0,42 A	0,51
Stosowanie mikroelementów – Microelement application					
Bez mikroelementów Without microelements	0,53 B	0,44	0,56	0,36	0,47
Przedsiewne – Pre-sowing	0,64 A	0,44	0,56	0,37	0,50
Dolistnie – Foliar application	0,63 A	0,44	0,61	0,40	0,52
Średnia – Mean	0,60 a	0,44 b	0,57 a	0,38 b	0,50

Średnio w całym okresie badawczym stosowanie mikroelementów w formie dolistnego oprysku spowodowało 9,0 %, a stosowanie przedsiewne (dona-sienne) 6,4 % wzrost plonów słomy obu odmian (tab. 16).

Reakcja porównywanych odmian na różne sposoby stosowania mikroelementów była jednokierunkowa, co oznacza, że nie wystąpiło tu współdziałanie czynników doświadczenia, tak jak wykazano to dla plonu nasion. Nie udowodniono także odmiennej reakcji odmian na szczepienie nitraginą, ani też interakcji nitraginy ze sposobem aplikacji mikroelementów. W zestawieniu z wyżej opisanymi wynikami, dotyczącymi wpływu szczepionki bakteryjnej na plon nasion odmian grochu 'Jaran' i 'Stella' i na strukturalne elementy plonowania wskazuje na niewielką skuteczność tego zabiegu.

5.2.5. Zawartość białka ogółem w nasionach

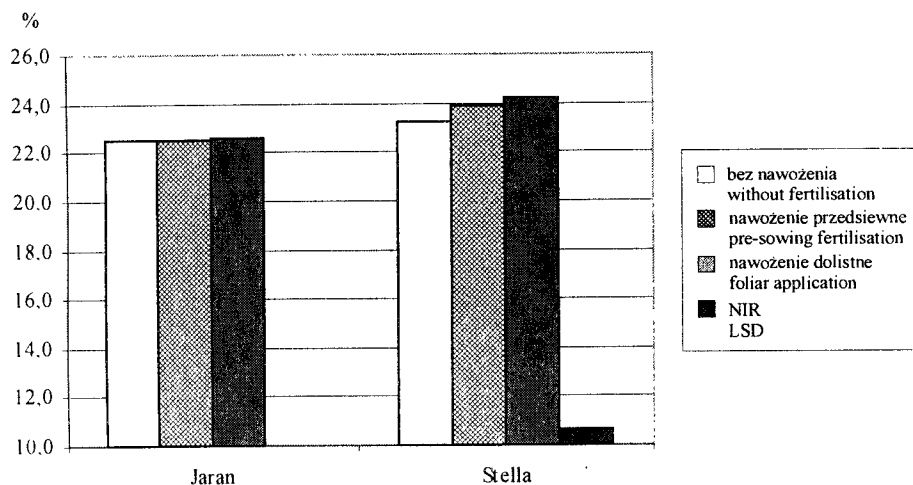
Badane odmiany, reprezentujące typ pastewny grochu siewnego różniły się uwarunkowaną genetycznie zawartością białka w nasionach. U odmiany 'Stella' poziom ten był o 1,3 % w s.m. wyższy niż u odmiany 'Jaran', co zostało także potwierdzone statystycznie (tab. 17).

Tabela 17. Zawartość białka ogółem w nasionach grochu siewnego w % suchej masy
Table 17. Content of total protein in pea seed, % of dry matter

Czynnik Treatment	Rok – Year				Średnia Mean
	1991	1992	1993	1994	
Odmiana – Cultivar					
Jaran	21,9 B	23,1 B	22,3 B	22,7	22,5 B
Stella	23,3 A	24,6 A	24,6 A	22,7	23,8 A
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation					
Bez nitraginy – Without nitragine	22,6	23,9	23,6	22,4	23,1
Nitragina – Nitragine	22,7	23,8	23,3	23,0	23,2
Stosowanie mikroelementów – Microelement application					
Bez mikroelementów Without microelements	22,5	23,6	22,9 B	22,4	22,9
Przedsiewne – Pre-sowing	22,6	23,8	23,6 A	22,7	23,2
Dolistnie – Foliar application	22,9	24,1	23,8 A	22,9	23,4
Średnia – Mean	22,7	23,8	23,4	22,7	23,2

Zawartość białka w nasionach roślin szczepionych nitraginą była taka sama jak w nasionach roślin nie szczepionych. Nie wystąpiła tutaj także odmienna reakcja porównywanych odmian na zabieg szczepienia gleby bakteriami *Rhizobium*. W 1993 roku stwierdzono istotny wzrost zawartości białka ogółem w nasionach pod wpływem nawożenia mikroelementami (przedsiewnego i dolistnego). Średnio za cały okres badawczy wykazano także tendencję do wzrostu zawartości białka pod wpływem stosowania mikroelementów. Tendencja ta związana była ze statystycznie udowodnionym wpływem dokarmiania dolistnego na wzrost zawartości białka w nasionach grochu odmiany 'Stella' (rys. 16). Przy-

rost ten wynosił 1 % w s.m. przy dokarmianiu dolistnym i 0,7 % przy nawożeniu przedsiewnym (donasiennym). Zawartość białka w nasionach grochu odmiany 'Jaran' pozostała na bardzo zbliżonym poziomie, niezależnie od stosowania mikroelementów.



Rys. 16. Zawartość białka ogółem w % suchej masy nasion odmian grochu siewnego w zależności od stosowania mikroelementów (średnia z lat 1991-1994)

Fig. 16. Pea cultivar seed total-protein content in % of dry matter depending on microelement application (mean for 1991-1994)

Nie uzyskano, podobnie jak w przypadku plonów nasion i słomy, oczekiwanego współdziałania nitraginy i mikroelementów na kształtowanie poziomu białka w nasionach obu badanych odmian grochu.

5.2.6. Brodawkowanie

W fazie 3-4 liści, czyli w czasie zawiązywania wąsów czepnych, na korzeniu jednej rośliny oznaczono średnio 16-17 brodawek (tab. 18).

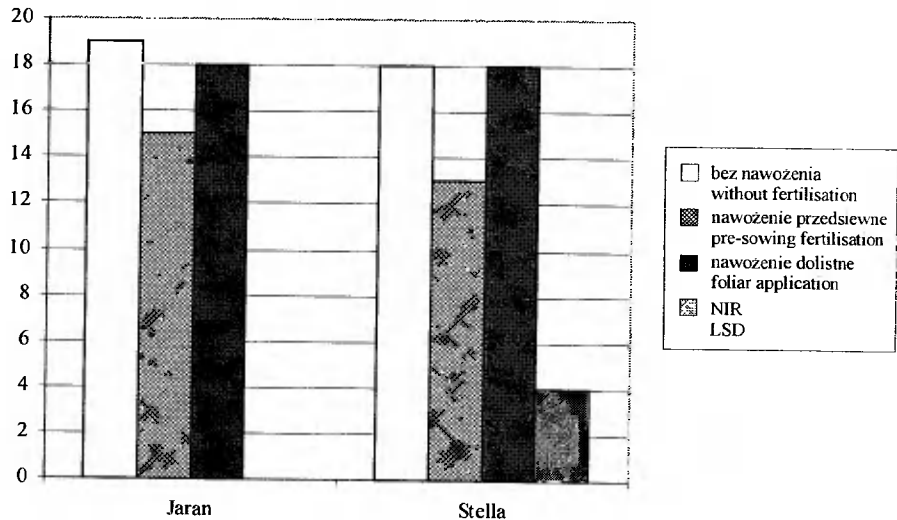
Najobfitszą nodulację obserwowano w 1991 roku, czyli w warunkach, kiedy suma opadów w okresie wegetacji grochu była stosunkowo wysoka, a średnie temperatury niższe w porównaniu z trzema pozostałymi latami badań. Średnia liczba brodawek z czterech lat badań na korzeniach obu odmian była podobna. W poszczególnych latach różnice między odmianami były jednak znaczne i w większości udowodnione statystycznie, ale to zróżnicowanie w poszczególnych sezonach wegetacyjnych nie wskazuje na to, że nodulacja związana jest z cechami genotypowymi rośliny. Rośliny szczepione nitraginą tworzyły istotnie więcej brodawek niż rośliny nie szczepione. Za wyjątkiem roku 1993 zależność ta występowała w każdym roku i różnice te były istotne. We wszystkich latach badań obserwowano, choć nie zawsze statystycznie udowodnione, zmniejszenie liczby brodawek korzeniowych, występujące po przedsiewnym zastosowaniu nawozu mikroelementowego.

Tabela 18. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie 3-4 liści

Table 18. Number of pea root nodules per plant over 3-4 leaf phase

Czynnik Treatment	Rok – Year				Średnia Mean
	1991	1992	1993	1994	
Odmiana – Cultivar					
Jaran	17,5 B	13,7	21,5 A	16,7 A	17,4
Stella	25,5 A	15,8	13,8 B	9,3 B	16,1
Szczepienie nitryną – Nitragine inoculation					
Bez nitraginy – Without nitragine	18,5 B	10,3 B	16,2	10,2 B	13,8 B
Nitragina – Nitragine	24,5 A	19,2 A	19,2	15,8 A	19,7 A
Stosowanie mikroelementów – Microelement application					
Bez mikroelementów Without microelements	23,8 A	17,0	17,3 AB	15,3	18,4
Przedsięwne – Pre-sowing	17,5 B	11,5	15,0 B	11,3	13,8
Dolistnie – Foliar application	23,3 A	15,8	20,8 A	12,5	18,1
Średnia – Mean	21,5 a	14,8 b	17,7 b	13,0 b	16,8

U obu odmian występował spadek liczby brodawek po przedsięwnej aplikacji nawozu, ale w większym stopniu zjawisko to zaznaczyło się na korzeniach odmiany 'Stella' (rys. 17).

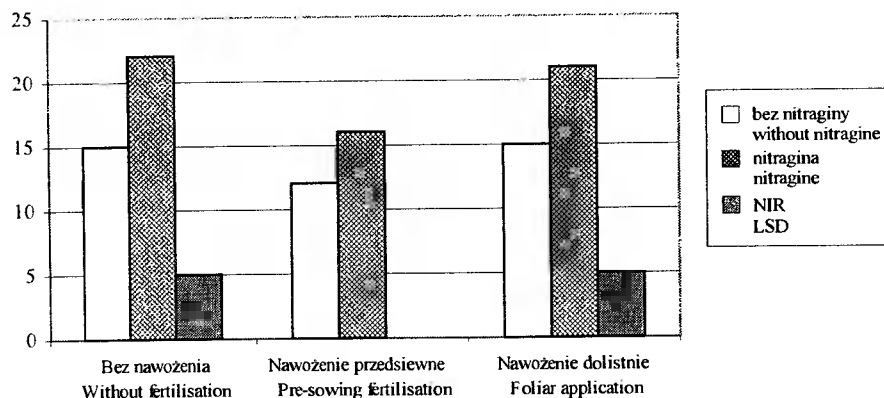


Rys. 17. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie 3-4 liści w zależności od odmiany i stosowania mikroelementów (średnia z lat 1991-1994)

Fig. 17. Number of pea root nodules per plant over 3-4 leaf phase depending on cultivar and microelement application (mean for 1991-1994)

Zastosowanie szczepionki bakteryjnej powodowało przyrost liczby brodawek korzeniowych we wszystkich kombinacjach nawozowych, ale po przed-

siewnej aplikacji mikroelementów przyrost ten był najmniejszy i mieścił się w granicach błędu statystycznego (rys. 18).



Rys. 18. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie 3-4 liści w zależności od stosowania mikroelementów i nitraginy (średnie z lat 1991-1994)

Fig. 18. Number of pea root nodules per plant over 3-4 leaf phase depending on microelement application and nitragine inoculation (mean for 1991-1994)

Stosunkowo wyraźne zróżnicowanie poziomu brodawkowania, będące następstwem działania czynników doświadczenia, obserwowane w fazie wykształcania wąsów czepnych uległo znacznemu wyrównaniu w czasie dalszej wegetacji roślin (tab. 19).

Tabela 19. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie początku kwitnienia

Table 19. Number of pea root nodules per plant at the beginning of flowering

Czynnik Treatment	Rok -Year				Średnia Mean
	1991	1992	1993	1994	
Odmiana - Cultivar					
Jaran	55,2	37,0	63,0 B	70,5	56,4
Stella	54,3	37,8	78,0 A	69,5	59,9
Szczepienie nitraginą - Nitragine inoculation					
Bez nitraginy - Without nitragine	56,2	33,8	68,3	67,0	56,3
Nitragina - Nitragine	53,3	41,0	72,7	73,0	60,0
Stosowanie mikroelementów - Microelement application					
Bez mikroelementów Without microelements	57,0	42,3	64,3 B	67,8 AB	57,8
Przedsiewne - Pre-sowing	54,3	34,3	65,0 B	63,8 B	54,3
Dolistnie - Foliar application	53,0	35,8	82,3 A	78,5 A	62,4
Średnia - Mean	54,8 ab	37,4 b	70,5 a	70,0 a	58,2

W fazie początku kwitnienia liczba brodawek korzeniowych wynosiła średnio 58 na jednej roślinie i nie zależała ani od odmiany (za wyjątkiem 1993 roku) ani od stosowania nitraginy. Stosunkowo największe różnice wystąpiły natomiast pomiędzy obiektami nawozowymi – w 1993 i 1994 roku istotnie więcej było brodawek związanych na korzeniach roślin dokarmianych dolistnie, w porównaniu z dwoma pozostałymi obiektami nawozowymi.

Wzrost liczby brodawek na roślinach dokarmianych dolistnie wynikał prawdopodobnie z kompleksowego zaopatrzenia roślin w mikroelementy, co z kolei musiało mieć wpływ na żywotność systemu korzeniowego, a w tym i brodawek korzeniowych. W posuszonym 1992 roku, w tej fazie wegetacji obserwowano już częściowe zamieranie korzeni i brodawek. Dokarmianie dolistne w tych warunkach również nie przynosiło oczekiwanego rezultatu.

Sucha masa brodawek korzeniowych, zebranych z roślin będących w fazie początku kwitnienia, zależała przede wszystkim od ich liczby, o czym świadczą dane z tabel 19 i 20.

Tabela 20. Sucha masa brodawek korzeniowych z jednej rośliny grochu siewnego w mg
Table 20. Dry matter of pea root nodules per plant, mg

Czynnik Treatment	Rok – Year				Średnia Mean
	1991	1992	1993	1994	
Odmiana – Cultivar					
Jaran	33,8	29,3	60,7	87,8	52,9
Stella	31,0	36,7	68,7	93,3	57,4
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation					
Bez nitraginy – Without nitragine	34,0	38,3	61,5	90,5	56,1
Nitragina – Nitragine	30,8	27,7	67,8	90,7	54,3
Stosowanie mikroelementów – Microelement application					
Bez mikroelementów Without microelements	28,3	35,5A	62,3	96,5	55,6
Przedsięwne – Pre-sowing	32,0	24,0 B	56,8	82,3	48,8
Dolistnie – Foliar application	37,0	39,5 A	75,0	93,0	61,1
Średnia – Mean	32,4 b	33,0 b	64,7 a	90,6 a	55,2

Stwierdzono istotne zróżnicowanie suchej masy brodawek korzeniowych w kolejnych latach badań. W 1991 i 1992 roku, mimo że lata te charakteryzowały się odmiennym przebiegiem pogody (rok 1992 był znacznie cieplejszy i suchszy), sucha masa brodawek była istotnie mniejsza niż w latach 1993 i 1994, kiedy suma opadów i średnia dobowa temperatura powietrza w miesiącach kwiecień – czerwiec były najbardziej zbliżone do średnich wieloletnich. Spośród czynników doświadczenia, jedynie stosowanie mikroelementów wpłynęło na wielkość suchej masy brodawek korzeniowych. Największe zróżnicowanie pomiędzy obiektami nawozowymi wystąpiło w 1992 roku, kiedy masa brodawek korzeniowych z roślin nawożonych przedsięwne była istotnie niższa od masy brodawek z roślin nie nawożonych lub dokarmianych dolistnie. Należy

zwrócić uwagę, że liczba brodawek w tej fazie wegetacji była niemal jednakowa, niezależnie od odmiany, szczepienia nitraginą, czy stosowania mikroelementów.

5.3. WPŁYW ZAPRAW CHEMICZNYCH I NITRAGINY NA PLONOWANIE, BRODAWKOWANIE I ZASIEDLENIE PRZEZ GRZYBY KORZENI ODMIAN GROCHU SIEWNEGO

5.3.1. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania

Przedmiotem badań były trzy odmiany grochu siewnego o różnym kierunku użytkowania nasiennego: 'Cyrkon' – ogólnoużytkowy, 'Bart' – pastewny, 'Senator' – warzywny. Kryterium doboru odmian do badań stanowiło zróżnicowanie budowy morfologicznej okrywy nasiennej. Opierając się na wynikach innych prac [27, 30, 31] założono, że budowa ta będzie miała wpływ przede wszystkim na stopień zasiedlenia materiału siewnego, a także korzeni przez grzyby. Tym samym odmiany będą różnie reagowały na stosowanie zapraw chemicznych i nitraginy.

W tej serii badań strukturalne elementy plonu nasion nie były zróżnicowane w latach badań, stąd w tej części nie przedstawiono rysunku korespondującego z rysunkami 1 i 11. Jedynie obsada roślin była wyraźnie zależna od lat badań i wynosiła średnio w 1995 roku – 81, w 1996 roku – 100 i w 1997 roku – 98 roślin na 1 m². Średnio w trzyletnim cyklu badawczym uzyskano bardzo dobrą obsadę roślin odmiany 'Bart', zadowalającą odmiany 'Cyrkon' oraz stosunkowo słabą odmiany 'Senator' (o 23 % mniejszą od planowanej) (tab. 21).

Tabela 21. Obsada roślin i strukturalne elementy plonowania grochu siewnego (średnia z lat 1995-1997)

Table 21. Pea plant density and seed yield components (mean for 1995-1997)

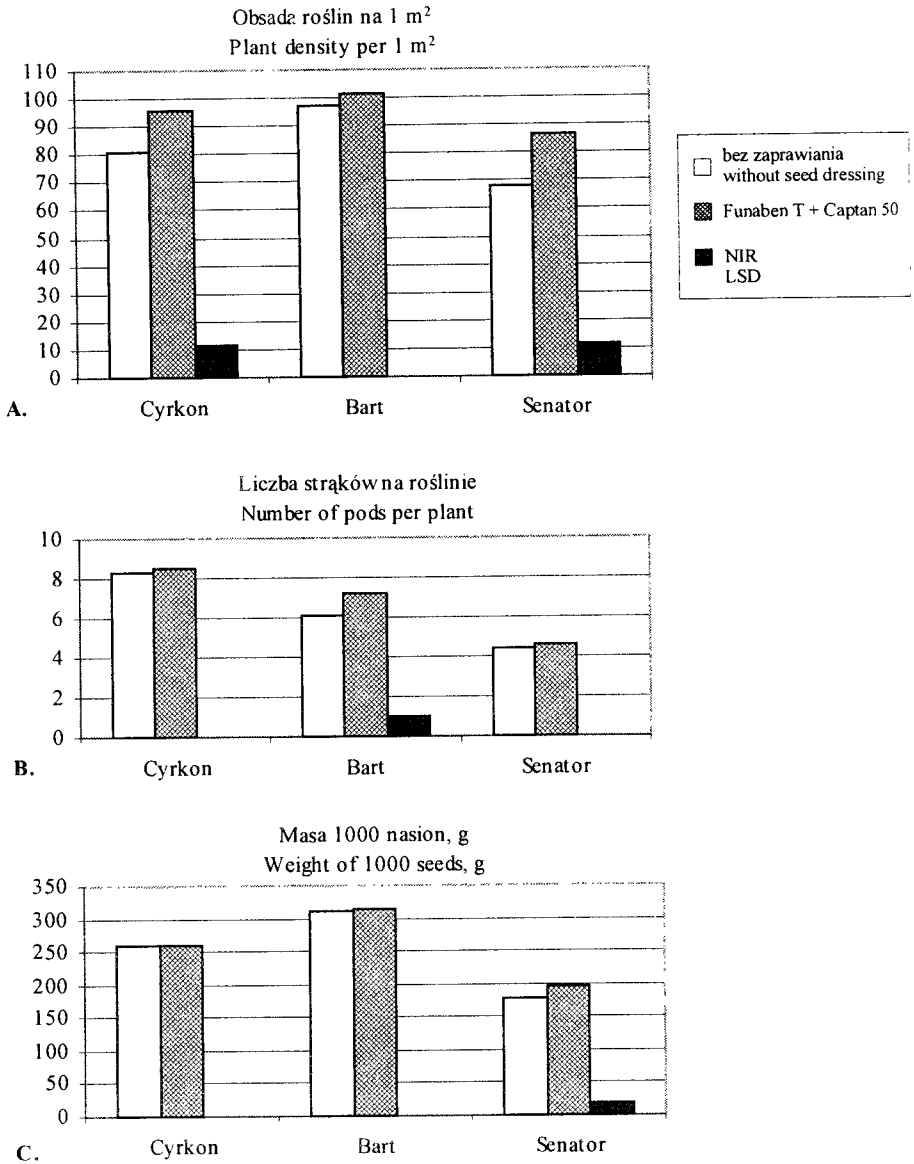
Wyszczególnienie Specification	Odmiana Cultivar			Zaprawianie nasion Seed dressing		Szczepienie nitraginą Nitragine inoculation	
	Cyrkon	Bart	Senator	BZ	Z	BN	N
Obsada roślin na 1 m ² Plants density per 1 m ²	88 b	99 a	77 c	82 b	95 a	89	88
Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	8,4 a	6,7 b	4,5 c	6,4	6,6	6,9	6,2
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	5,8 b	5,1 c	6,9 a	5,9	6,0	6,0	5,9
Masa 1000 nasion w g Weight of 1000 seeds, g	259 b	312 a	187 c	249	256	251	255
Masa nasion z rośliny w g Weight of seeds per plant, g	12,6 a	10,7 a	5,8 b	9,4	10,2	10,4	9,3

BZ – bez zaprawiania, without seed dressing

Z – zaprawianie nasion, seed dressing

BN – bez nitraginy, without nitragine

N – nitragina, nitragine



Rys. 19. Obsada i strukturalne elementy plonowania grochu siewnego w zależności od zaprawiania nasion (średnia z lat 1995-1997)

Fig. 19. Pea cultivar plant density and seed yield components depending on seed dressing (mean for 1995-1997)

Odmiana 'Cyrkon', w porównaniu z dwiema pozostałymi, a szczególnie z odmianą 'Senator' wyróżniała się tym, że zawiązywała najwięcej strąków na roślinie. Istotnie największą masą 1000 nasion, ale najmniejszą liczbą nasion

w strąku charakteryzowała się odmiana 'Bart'. Odmiana 'Senator' zawiązywała natomiast najmniejszą liczbę strąków na roślinie i wykształcała najdrobniejsze nasiona. W rezultacie masa nasion z jednej rośliny odmian 'Cyrkon' i 'Bart' była istotnie wyższa niż odmiany 'Senator'.

Celem stosowania nasiennych zapraw chemicznych jest ochrona nasion i siewek przed chorobami grzybowymi, a w rezultacie uzyskanie i utrzymanie planowanej obsady, czyli tego elementu, który w największym stopniu decyduje o plonowaniu roślin, a szczególnie roślin strączkowych. W badaniach własnych zabieg ten pozwolił na uzyskanie obsady roślin na poziomie 95 % w stosunku do zaplanowanych 100 roślin na 1 m². W obiektach, w których nie zaprawiano nasion odnotowano zmniejszenie obsady roślin średnio dla wszystkich badanych odmian o 18 %.

Reakcja odmian na stosowanie zapraw chemicznych nie była jednakowa – 'Cyrkon', a w jeszcze większym stopniu 'Senator' reagowały istotnym zwiększeniem obsady roślin pod wpływem tego zabiegu; obsada roślin odmiany 'Bart' była jednakowo zadowalająca w obu porównywanych obiektach (rys. 19A,B,C). Stwierdzono dla niej natomiast istotny wpływ stosowania zapraw nasiennych na przyrost liczby strąków na roślinie. Rośliny odmiany 'Senator' z obiektów, w których stosowano zaprawy chemiczne wytworzyły nasiona o istotnie większej masie w porównaniu z roślinami z obiektów, gdzie tych preparatów nie stosowano.

Szczepienie nitraginą nie wpłynęło istotnie ani na obsadę roślin, ani na pozostałe strukturalne elementy plonu.

5.3.2. Plon nasion

W latach 1996 i 1997 uzyskano istotnie wyższe plony nasion niż w 1995 roku, co wynikało z mniejszej w pierwszym roku badań obsady roślin wszystkich odmian. Poziom plonowania pastewnej odmiany 'Bart' i ogólnoużytkowej odmiany 'Cyrkon' był zbliżony, za wyjątkiem roku 1997, kiedy odmiana 'Bart' wyróżniła się istotnie najwyższym poziomem plonowania. Plony warzywnej odmiany 'Senator' były przeciętnie o 60 % niższe od plonów dwóch pozostałych odmian, co wynikało nie tylko z najniższej obsady roślin, ale też z uwarunkowanej genetycznie mniejszej niż u pozostałych dwóch odmian liczby strąków na roślinie i drobniejszych nasion (tab. 22). Należy jednak podkreślić, że odmiana 'Senator' została wyhodowana w celu uzyskania wysokich plonów zielonych nasion przeznaczonych do konserwacji, a w badaniach własnych oceniano ją pod kątem pozyskiwania suchych nasion, czyli materiału siewnego.

Zaprawienie nasion wpłynęło na istotny wzrost poziomu plonów nasion w poszczególnych latach oraz w całym okresie badawczym. Reakcja odmian na ten zabieg była odmienna i związana przede wszystkim z obsadą roślin. Znaczny przyrost plonu nasion stwierdzono u odmian 'Cyrkon' i 'Senator', natomiast zwiększenie plonu nasion odmiany 'Bart', tak jak i obsada roślin, nie było istotne (rys. 20).

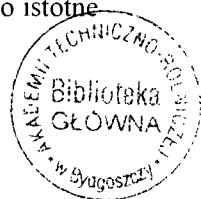
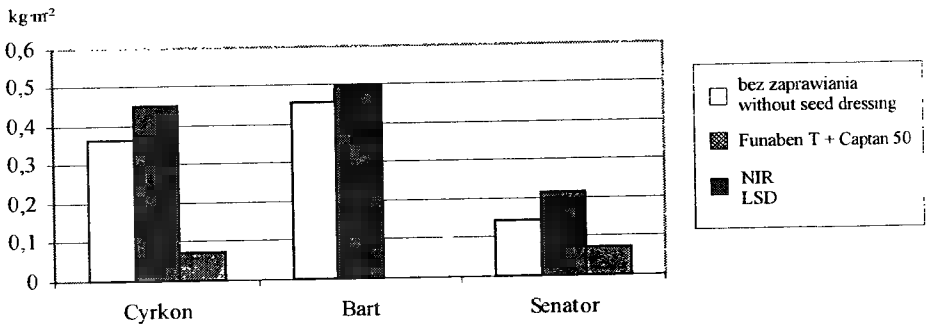


Tabela 22. Plon nasion grochu siewnego w $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
 Table 22. Pea seed yield, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

Czynnik Treatment	Rok – Year			Średnia Mean
	1995	1996	1997	
Odmiana – Cultivar				
Cyrkon	0,35 A	0,52A	0,36 B	0,41 A
Bart	0,42 A	0,49 A	0,52 A	0,48 A
Senator	0,13 B	0,16 B	0,25 C	0,18 B
Zaprawianie nasion – Seed dressing				
Bez zaprawiania – Without seed dressing	0,26 B	0,35 B	0,35 B	0,32 B
Funaben T + Captan 50	0,34 A	0,42 A	0,40 A	0,39 A
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation				
Bez nitraginy – Without nitragine	0,30	0,38	0,39	0,36
Nitragina – Nitragine	0,30	0,39	0,37	0,35
Średnia – Mean	0,30 b	0,39 a	0,38 a	0,35



Rys. 20. Plon nasion odmian grochu siewnego w zależności od zaprawiania materiału siewnego (średnia z lat 1995-1997)
 Fig. 20. Pea cultivar seed yield depending on seed dressing (mean for 1995-1997)

Nie udowodniono wpływu szczepienia nitraginą ani współdziałania nitraginy z zaprawami nasiennymi na plon nasion badanych w ciągu trzech lat odmian grochu siewnego.

5.3.3. Plon słomy

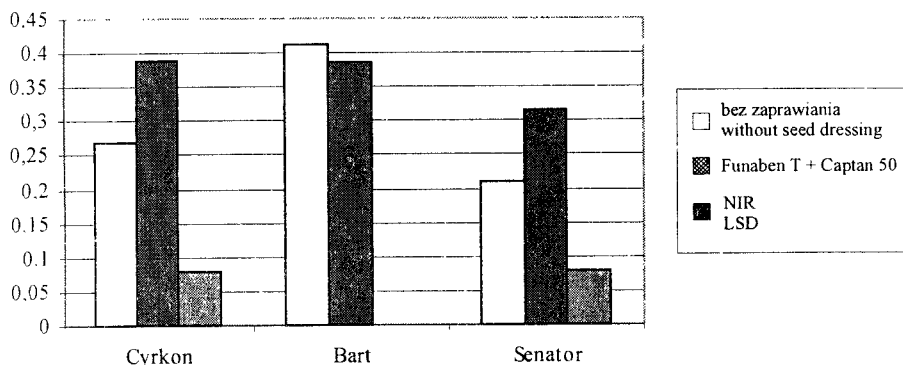
Plony słomy grochu, podobnie jak plony nasion, różniły się znacząco w latach badań. Istotnie wyższe plony słomy uzyskano w 1996 roku niż w dwóch pozostałych latach. Najwyższe plony i stosunkowo najbardziej stabilne w latach uzyskano z roślin pastewnej odmiany 'Bart', a najniższe i najbardziej zróżnicowane z roślin odmiany 'Senator'. Zaprawienie materiału siewnego spowodowało istotne przyrosty plonów słomy w każdym roku i średnio dla całego cyklu badawczego o 22 % (tab. 23).

Tabela 23. Plon słomy grochu siewnego w $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
 Table 23. Pea straw yield, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

Czynnik Treatment	Rok – Year			Średnia Mean
	1995	1996	1997	
Odmiana – Cultivar				
Cyrkon	0,25 B	0,40 A	0,26 B	0,30 B
Bart	0,36 A	0,39 A	0,41 A	0,39 A
Senator	0,15 C	0,31 B	0,17 C	0,21 C
Zaprawianie nasion – Seed dressing				
Bez zaprawiania – Without seed dressing	0,23 B	0,32 B	0,25 B	0,27 B
Funaben T + Captan 50	0,27 A	0,40 A	0,31 A	0,33 A
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation				
Bez nitraginy – Without nitragine	0,25	0,35	0,28	0,29
Nitragina – Nitragine	0,25	0,38	0,28	0,30
Średnia – Mean	0,25 b	0,36 a	0,28 b	0,30

Zwiększenie plonów słomy, podobnie jak plonów nasion, pod wpływem zaprawiania materiału siewnego wykazano dla odmian ‘Cyrkon’ i ‘Senator’ (rys. 21). Taka reakcja odmian była także następstwem zróżnicowania obsady roślin uzyskanej pod wpływem stosowania zapraw nasiennych.

$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$



Rys. 21. Plon słomy odmian grochu siewnego w zależności od zaprawiania materiału siewnego (średnia z lat 1995-1997)

Fig. 21. Pea cultivar straw yield depending on seed dressing (mean for 1995-1997)

W żadnym roku nie stwierdzono wpływu nitraginy ani jej współdziałania z odmianami lub zaprawami chemicznymi na plony słomy grochu.

5.3.4. Zawartość białka ogółem w nasionach

W największym stopniu o zawartości białka ogółem w nasionach decydowały warunki pogodowe w latach badań i uwarunkowania genetyczne odmian.

Spośród badanych odmian uprawnych istotnie największą zawartością tego składnika, wynoszącą 23,7 % w s.m. wyróżniały się nasiona warzywnej odmiany 'Senator' (tab. 24).

Tabela 24. Zawartość białka ogółem w nasionach grochu siewnego w % suchej masy
Table 24. Content of total protein in pea seeds, % of dry matter

Czynnik Treatment	Rok – Year			Średnia Mean
	1995	1996	1997	
Odmiana – Cultivar				
Cyrkon	22,8 B	22,2 B	21,4	22,1 B
Bart	22,3 B	21,1 B	21,8	21,7 B
Senator	25,2 A	24,4 A	21,6	23,7 A
Zaprawianie nasion – Seed dressing				
Bez zaprawiania – Without seed dressing	23,4	22,7	22,2	22,8
Funaben T + Captan 50	23,5	22,4	22,1	22,7
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation				
Bez nitraginy – Without nitragine	23,2	22,4	22,0	22,5
Nitragina – Nitragine	23,7	22,7	22,3	22,9
Średnia – Mean	23,5 a	22,5 ab	22,1 b	22,7

Nasiona odmiany 'Cyrkon' zawierały o 1,6 % w s.m., a odmiany 'Bart' o 2,0 % w s.m. mniej białka niż nasiona odmiany 'Senator'. Kumulacja białka w nasionach była tym wyższa, im niższy był plon nasion i słomy porównywalnych odmian. W stosunkowo suchym i ciepłym sezonie wegetacyjnym 1995 roku rośliny zgromadziły w nasionach więcej tego składnika niż w dwóch pozostałych latach, a przede wszystkim w 1997 roku. Pod wpływem szczepienia nitraginą stwierdzono tendencję do wzrostu (o 0,4 % w s.m.) zawartości białka w nasionach. Nie wykazano natomiast związku pomiędzy stosowaniem zapraw chemicznych a zawartością tego składnika w nasionach.

5.3.5. Brodawkowanie

W fazie wykształcania wąsów czepnych rośliny grochu wytworzyły na korzeniach około 15-20 brodawek (tab. 25).

Do początku kwitnienia grochu liczba brodawek korzeniowych zwiększyła się około trzykrotnie i wynosiła średnio 56 sztuk na jednym korzeniu. Następnie stwierdzono znaczny ich spadek i w fazie płaskiego strąka liczba brodawek wynosiła średnio 25,6 (tab. 26 i 27). Tempo rozpadu brodawek korzeniowych przebiegało dość odmiennie w latach i było najwolniejsze w obfitym w opady 1996 roku, a najszybsze w suchym 1995 roku.

Tabela 25. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie 3-4 liści

Table 25. Number of pea root nodules per plant over 3-4 leaf phase

Czynnik Treatment	Rok – Year			Średnia Mean
	1995	1996	1997	
Odmiana – Cultivar				
Cyrkon	18,3 B	14,9	28,5 A	20,6 A
Bart	26,3 A	15,0	21,5 AB	20,9 A
Senator	18,8 B	10,4	14,0 B	14,4 B
Zaprawianie nasion – Seed dressing				
Bez zaprawiania – Without seed dressing	25,3 A	14,2	25,7 A	21,7 A
Funaben T + Captan 50	16,8 B	12,7	17,0 B	15,5 B
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation				
Bez nitraginy – Without nitragine	18,8	12,7	17,8	16,4
Nitragina – Nitragine	23,3	14,1	24,8	20,7
Średnia – Mean	21,1 A	13,4	21,3 A	18,6

Wszystkie czynniki doświadczenia, choć w różnym stopniu i w różnych terminach, miały wpływ na wielkość nodulacji. Liczba brodawek korzeniowych u odmian ‘Cyrkon’ i ‘Bart’ była większa niż u odmiany ‘Senator’ w każdym terminie, w którym wykonywano oznaczenia, a szczególnie duże różnice stwierdzono w fazie płaskiego strąka. Nie wykonywano pomiarów wielkości systemu korzeniowego, ale obserwacje w czasie wypłukiwania i oznaczania liczby brodawek wskazywały na to, że system korzeniowy odmiany ‘Senator’ był też słabiej rozwinięty niż dwóch pozostałych odmian, a szczególnie odmiany ‘Bart’.

Tabela 26. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie początku kwitnienia

Table 26. Number of pea root nodules per plant at the beginning of flowering

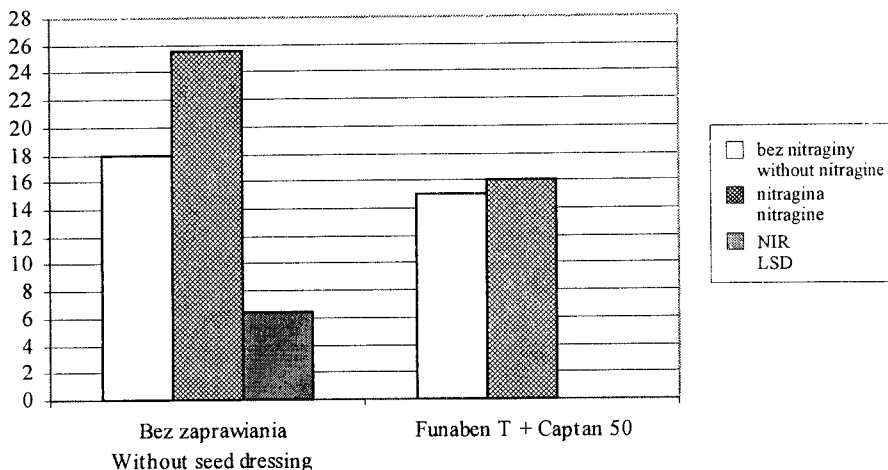
Czynnik Treatment	Rok – Year			Średnia Mean
	1995	1996	1997	
Odmiana – Cultivar				
Cyrkon	55,3	77,3	57,8	63,5
Bart	46,8	64,0	52,5	54,4
Senator	43,3	62,8	46,8	50,9
Zaprawianie nasion – Seed dressing				
Bez zaprawiania – Without seed dressing	49,8	66,7	52,5	56,3
Funaben T + Captan 50	47,0	69,3	52,2	56,2
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation				
Bez nitraginy – Without nitragine	50,3	68,2	50,7	56,4
Nitragina – Nitragine	46,5	67,8	54,0	56,1
Średnia – Mean	48,4	68,0	52,3	56,2

Tabela 27. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie płaskiego strąka
 Table 27. Number of pea root nodules per plant over the flat pod phase

Czynnik Treatment	Rok – Year			Średnia Mean
	1995	1996	1997	
Odmiana – Cultivar				
Cyrkon	11,5	56,8	26,5	31,6 A
Bart	9,0	40,5	28,0	25,8 A
Senator	5,8	31,8	21,0	19,5 B
Zaprawianie nasion – Seed dressing				
Bez zaprawiania – Without seed dressing	7,3	42,2	30,5	26,7
Funaben T + Captan 50	10,2	43,8	23,3	25,8
Szczepienie nitraginą – Nitragine inoculation				
Bez nitraginy – Without nitragine	10,0	42,8	25,3	26,0
Nitragina – Nitragine	7,5	43,2	25,0	25,2
Średnia – Mean	8,8 b	43,0 a	25,2 ab	25,7

Stosowanie zapraw chemicznych przyczyniło się do spadku liczby brodawek korzeniowych w początkowej fazie wegetacji grochu w 1995 i 1997 roku, a także średnio za cały okres badawczy (o niemal 30 %). Późniejsze oznaczenia nie wykazywały już jednak takiego zróżnicowania.

W fazie wykształcania przez groch wąsów czepnych wykazano korzystny wpływ nitraginy na liczbę brodawek korzeniowych, ale tylko w obiekcie bez zaprawiania nasion (rys. 22).



Rys. 22. Liczba brodawek korzeniowych na jednej roślinie grochu siewnego w fazie 3-4 liści w zależności od zaprawiania materiału siewnego i szczepienia nitraginą
 Fig. 22. Number of pea root nodules per plant over 3-4-leaf phase depending on seed dressing and nitragine inoculation

Nitragina stosowana łącznie z zaprawami chemicznymi, nawet w znacznie większej niż powszechnie zalecanej dawce nie wpływała na liczbę brodawek korzeniowych. W badaniach własnych zastosowano dwa fungicydy o różnych substancjach czynnych, co poszerzyło ich spektrum działania nie tylko w stosunku do grzybów, ale również w stosunku do bakterii z rodzaju *Rhizobium*, o czym pośrednio świadczy zmniejszenie liczby brodawek korzeniowych. W praktyce rolniczej raczej rzadko spotyka się stosowanie dla grochu jednocześnie dwóch zapraw fungicydowych, ale zaleca się na przykład zaprawianie materiału siewnego preparatem grzybobójczym i owadobójczym.

5.3.6. Zasiedlenie materiału siewnego i korzeni roślin przez grzyby

Analizy fitopatologiczne nasion przeznaczonych do siewu wykazały, że zarówno zewnętrzne (grzyby wyizolowane z nasion nie odkażanych), jak i wewnętrzne (grzyby wyizolowane z nasion odkażanych) partie okrywy nasiennej w każdym roku badań były w stosunkowo małym stopniu zasiedlone przez grzyby (tab. 28). Mimo iż zakładano, że materiał siewny wybranych do badań odmian będzie w różnym stopniu zainfekowany przez grzyby, to z punktu widzenia interpretacji dalszych wyników (występowanie grzybów na korzeniach grochu) podobna liczba grzybów wyizolowanych z okryw nasiennych była korzystna.

Tabela 28. Liczba izolatów grzybów z okrywy nasiennej grochu siewnego

Table 28. Number of fungal isolates from pea seed coat

Odmiana Cultivar	Rok – Year					
	1995		1996		1997	
	no	o	no	o	no	o
Cyrkon	33	13	32	14	20	18
Bart	33	26	27	17	29	10
Senator	20	18	28	17	29	10
Średnia – Mean	29	19	29	16	26	13

no – nasiona nie odkażane, non-disinfected seeds

o – nasiona odkażane, disinfected seeds

Spśród grzybów bytujących w zewnętrznych partiach okrywy nasiennej najczęściej izolowano *Penicillium* spp. i *Alternaria* spp., a spośród grzybów z wewnętrznych części okrywy nasiennej *Alternaria alternata* i *Rhizopus nigricans*.

Ogólna liczba grzybów występujących na korzeniach roślin zarówno we wcześniejszej (5-7 liści), jak i w zaawansowanej fazie rozwoju (początek kwitnienia), była zbliżona w latach 1995 i 1996, a znacznie liczniejsza w 1997 roku, mimo że przebieg pogody w pierwszym roku badań był odmienny (wyższe temperatury, niedobór opadów) niż w dwóch następnych latach. Skład rodzajowy i gatunkowy oraz sumaryczna liczba izolatów grzybów wyosobnionych z korzeni grochu w ciągu trzech lat badań były zbliżone w obu terminach, w których przypadały oznaczenia (tab. 29 i 30).

Tabela 29. Zestawienie grzybów wyizolowanych z korzeni grochu siewnego w fazie 5-6 liści (suma z lat 1995-1997)
 Table 29. Fungi isolated from the 5-6-leaf-phase pea roots (total for 1995-1997)

Izolaty - Isolates	Odmiana - Cultivar																		Suma dla zaprawiania Total for seed dressing		Suma dla szczepienia Total for inoculation			
	Cyrkon						Bart						Senator											
	BZ			Z			BZ			Z			BZ			Z			BZ			Z		
	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N		
<i>Fusarium</i> spp.	125	45	50	56	146	132	150	95	180	142	100	58	770	509	751	528								
<i>Alternaria</i> spp.	3	3	3	11	2	2	3	2	2	15	2	9	27	30	15	42								
<i>Phoma</i> spp.	11	12	1	0	3	10	7	2	16	29	1	8	81	19	39	61								
Razem grzyby patogeniczne Total pathogenic fungi	139	60	54	67	151	144	160	99	198	186	103	75	878	558	805	631								
Suma dla odmian Total for cultivars	320						554						562											
<i>Aspergillus</i> spp.	5	3	7	1	2	0	0	1	0	1	1	1	9	19	15	15								
<i>Cladosporium</i> spp.	5	1	3	0	7	9	4	2	5	0	1	4	27	14	25	16								
<i>Mucor mucedo</i>	53	51	62	45	78	20	31	9	43	39	34	33	284	214	301	197								
<i>Penicillium</i> spp.	0	0	0	2	2	2	0	1	1	0	0	3	5	6	3	8								
<i>Rhizopus nigricans</i>	7	3	3	1	6	1	3	4	12	26	2	12	55	25	33	47								
<i>Trichoderma</i> spp.	2	1	1	7	0	6	2	0	18	7	7	5	34	22	30	26								
<i>Zygorhynchus heterogamus</i>	1	9	0	1	5	1	2	3	3	13	4	3	32	13	15	30								
Niezarodnikujące Non-sporulating	0	0	0	2	0	0	0	0	3	1	1	1	4	4	4	4								
Razem pozostałe grzyby Others	73	68	76	59	100	39	42	20	85	87	50	70	452	317	426	343								
Suma dla odmian Total for cultivars	276						201						292											

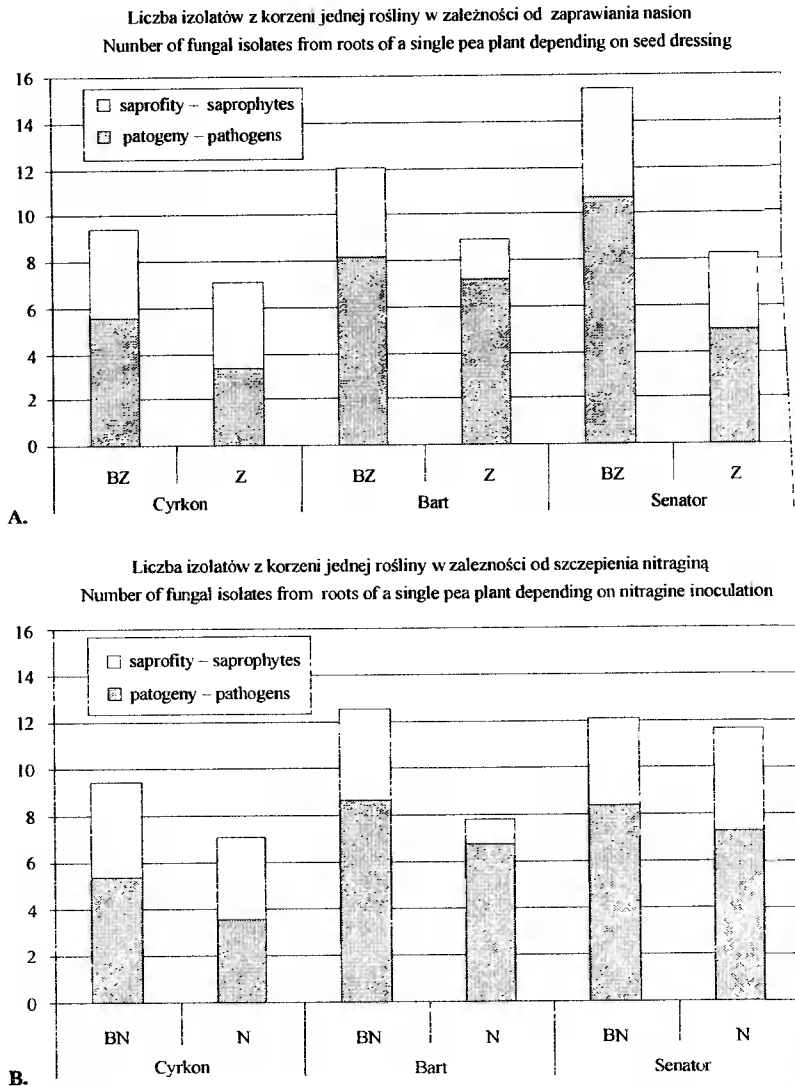
BZ - bez zaprawiania, without seed dressing, Z - Funaben T + Captan 50
 BN - bez nitraginy, without nitragine, N - nitragina, nitragine

Tabela 30. Zestawienie grzybów wyizolowanych z korzeni grochu siewnego w początkowej fazie kwitnienia (suma z lat 1995-1997)
 Table 30. Fungi isolated from the beginning of flowering phase pea roots (total for 1995-1997)

Izolaty – Isolates	Odmiana – Cultivar																		Suma dla zaprawiania Total for seed dressing		Suma dla szczepienia Total for inoculation	
	Cyrkon						Bart						Senator						BZ	Z	BN	N
	BZ		N		BN		BZ		N		BN		BZ		N		BN					
	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BZ	Z	BZ	N
<i>Fusarium</i> spp.	110	109	104	117	100	148	123	99	139	142	132	130	748	705	708	745						
<i>Alternaria</i> spp.	4	0	14	0	5	1	1	2	8	13	1	2	31	20	33	18						
<i>Phoma</i> spp.	5	0	1	6	1	0	0	7	25	10	3	0	41	17	35	23						
Razem grzyby patogeniczne	119	109	119	123	106	149	124	108	172	165	136	132	820	742	776	786						
Suma dla odmian Total for cultivars	470																		605			
<i>Aspergillus</i> spp.	2	2	5	2	6	1	0	1	3	4	1	3	18	12	17	13						
<i>Cladosporium</i> spp.	7	2	0	1	0	2	1	1	0	5	2	4	16	9	10	15						
<i>Mucor mucedo</i>	13	39	23	9	21	10	12	19	9	17	24	29	109	116	102	123						
<i>Mucor</i> spp.	28	27	20	19	23	17	19	5	16	21	4	16	132	83	110	105						
<i>Penicillium</i> spp.	6	6	3	9	4	12	8	6	4	6	3	8	38	37	28	47						
<i>Rhizopus nigricans</i>	30	24	10	11	1	4	2	1	6	2	10	7	67	41	59	49						
<i>Trichoderma</i> spp.	1	4	5	5	4	3	3	0	2	5	4	9	19	26	19	26						
<i>Zygorhynchus heterogamus</i>	1	0	0	5	3	3	2	3	0	1	0	0	8	10	6	12						
Niezarodnikujące Non-sporulating	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0	0	3	2	4	1						
Razem pozostałe grzyby	88	104	66	62	62	52	48	36	43	61	48	76	410	336	355	391						
Suma dla odmian Total for cultivars	320																		228			

BZ, Z, BN, N: jak w tabeli 29 – see Table 29

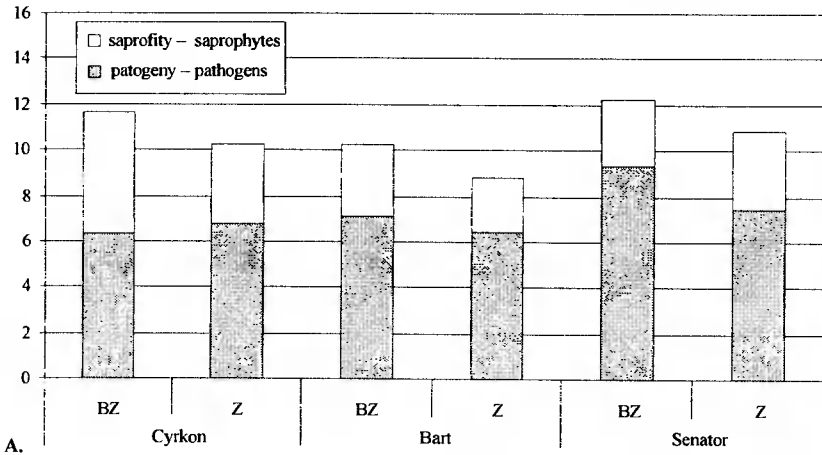
Wpływ chemicznych zapraw nasiennych i nitraginy na liczebność grzybów izolowanych z korzeni odmian grochu w przeliczeniu na jedną roślinę, w obu wymienionych wyżej fazach rozwojowych roślin, przedstawiono na rysunkach 23 i 24.



Rys. 23. Grzyby wyizolowane z grochu siewnego w fazie 5-6 liści (średnia z lat 1995-1997): BZ – bez zaprawiania, BN – bez nitraginy, Z – Funaben T + Captan 50, N – nitragina

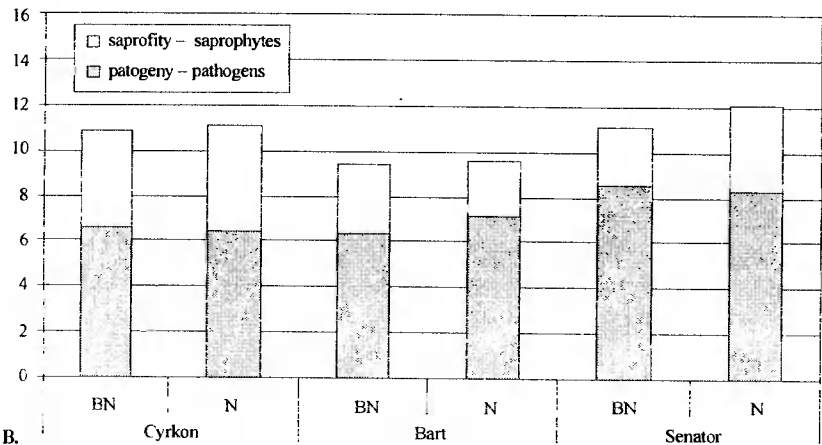
Fig. 23. Fungi isolated from pea plant over 5-6-leaf phase (mean for 1995-1997): BZ – without seed dressing, BN – without nitragine, Z – Funaben T + Captan 50, N – nitragine

Liczba izolatów z korzeni jednej rośliny w zależności od zaprawiania nasion
 Number of fungal isolates from roots of a single pea plant depending on seed dressing



A.

Liczba izolatów z korzeni jednej rośliny w zależności od szczepienia nitryną
 Number of fungal isolates from roots of a single pea plant depending on nitragine inoculation



B.

Rys. 24. Grzyby wyizolowane z grochu siewnego w początkowej fazie kwitnienia (średnia z lat 1995-1997); BZ, BN, Z, N – jak na rysunku 23

Fig. 24. Fungi isolated from pea plant of the beginning of flowering (mean for 1995-1997); BZ, BN, Z, N – see Fig. 23

Czynniki doświadczenia różnicowały liczebność izolatów grzybowych na korzeniach roślin przede wszystkim w pierwszym terminie oznaczeń, to jest w fazie 5-7 liści. Korzenie odmian 'Senator' i 'Bart' były liczniej zasiedlone przez grzyby, szczególnie patogeniczne (*Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Phoma* spp.) niż korzenie odmiany 'Cyrkon'. Pod wpływem zastosowania zapraw chemicznych ogólna liczba grzybów patogenicznych zmniejszyła się o około 37 %, a pozostałych (saprofitycznych i niezarodnikujących) o około 30 %. W tej fazie

wegetacji odmiany reagowały odmiennie na zabieg zaprawiania materiału siewnego. Po zastosowaniu preparatów Funaben T i Captan 50 stwierdzono 54 % spadek liczebności grzybów patogenicznych na korzeniach odmiany 'Senator', 40 % – odmiany 'Cyrkon' i 12 % – odmiany 'Bart' (rys. 23A).

W każdym z trzech lat badań, a szczególnie w ostatnim roku, mniej grzybów patogenicznych i saprofitycznych (od 16 do 30 %) izolowano z korzeni roślin pochodzących z obiektu, w którym stosowano nitraginę niż z korzeni roślin z obiektów bez nitraginy. Sumarycznie z trzech lat badań z korzeni roślin szczepionych nitraginą wyizolowano o 22 % mniej grzybów patogenicznych i o 20 % mniej pozostałych grzybów niż z korzeni roślin nieszczepionych. Różnice te w odniesieniu do grzybów patogenicznych w większym stopniu dotyczyły odmiany 'Cyrkon' i 'Bart' niż odmiany 'Senator' (rys. 23B).

W fazie początku kwitnienia stosunkowo najmniej grzybów – głównie saprofitycznych – izolowano z korzeni odmiany 'Bart', natomiast grzybami patogenicznymi najliczniej zasiedlone były korzenie odmiany 'Senator' (tab. 30).

Sumaryczne zestawienie liczby izolatów grzybów z trzech lat badań wskazuje, że jeszcze w tej fazie rozwojowej roślin grochu przejawiał się pewien – zróżnicowany w zależności od odmiany wpływ stosowania zapraw chemicznych. Z korzeni odmian 'Bart' i 'Senator' wyrosłych z nasion zaprawianych chemicznie wyosobniono odpowiednio o 10 i 20 % mniej grzybów niż z korzeni roślin wyrosłych z nasion niezaprawionych. Liczba izolatów na korzeniach odmiany 'Cyrkon' była w tej fazie wegetacji nawet o 6 % mniejsza w obiektach, w których stosowano zaprawy nasienne (rys. 24A). W fazie początku kwitnienia roślin nie był już widoczny związek pomiędzy stosowaniem nitraginy a liczbą grzybów patogenicznych izolowanych z korzeni odmian grochu siewnego (rys. 24B).

Dominującą (50-60 %) grupę grzybów wyosobnionych z korzeni grochu w każdym roku i w obu terminach, w których przypadały oznaczenia stanowiły grzyby z rodzaju *Fusarium*, uważane za głównych sprawców zgnilizny korzeni i podstawy pędów. Spośród rodzajów grzybów saprofitycznych najczęściej występowały: *Mucor* (50-65%) oraz *Rhizopus* (około 10%). W stosunkowo niewielkim nasileniu występowały także grzyby patogeniczne z rodzajów: *Phoma* i *Alternaria*, a spośród saprofitycznych *Penicillium*, *Cladosporium*, *Zygorhynchus*, *Aspergillus*, *Trichoderma*.

6. Dyskusja

Współczesne badania nad grochem skupiają się przede wszystkim na zagadnieniach dotyczących wpływu warunków pogodowych i niektórych agrotechnicznych na rozwój i plonowanie. Spośród czynników agrotechnicznych szczególnie duże znaczenie przypisuje się: doborowi odmiany, ustaleniu i utrzymaniu optymalnej obsady roślin, dotrzymaniu wczesnego terminu siewu, gwarantującego dostatek wilgoci koniecznej do napęcznienia i skielkowania nasion oraz umożliwiającego przejście jarowizacji roślin, ochronie roślin przed zachwaszczeniem, chorobami i szkodnikami i wreszcie sposobom zbioru roślin ograniczającym straty nasion [8, 12, 28, 36, 53, 62, 93, 111, 123]. Podkreślany jest korzystny wpływ nawożenia wapniem, fosforem, potasem oraz mikroelementami, a w niektórych przypadkach również azotem mineralnym na plonowanie grochu [21, 37, 39, 40, 44, 45, 111, 129]. Stwierdzono, że groch nie toleruje częstej uprawy po sobie i nie reaguje na głębokość orki [130].

Sens uprawy roślin bobowatych wynika z wykorzystania ich zdolności do symbiozy. Zjawisko symbioz w świecie roślin, nie tylko uprawnych, jest niezwykle interesujące dla badaczy, szczególnie z takich dziedzin jak: mikrobiologia, fizjologia roślin, biochemia i genetyka. Z literatury wynika, że prace w tej dziedzinie realizowane przez nauki podstawowe nie zawsze kończą się weryfikacją w warunkach uprawy polowej. Agrotechnicy stosunkowo rzadko podejmują badania nad aktywnością i efektywnością symbiozy, prawdopodobnie dlatego, że jest niezwykle trudno w uprawie polowej wyodrębnić wpływ różnych czynników na przebieg i efekty tego procesu. Stosunkowo więcej jest badań prowadzonych w kontrolowanych warunkach hali vegetacyjnej [2, 4, 51, 83, 136]. Doświadczenia wazonowe, szczególnie te, w których stosuje się jałowe podłoże (piasek, perlit, wermikulit) pozwalają dość dobrze wyodrębnić wpływ badanego czynnika na nodulację, aktywność i efektywność symbiozy, ale nie gwarantują powtarzalności w warunkach polowych, gdzie na duże zróżnicowanie podłoża glebowego nakładają się jeszcze zmienne warunki meteorologiczne.

W badaniach własnych dążono do wykazania wpływu czynników (ważnych z punktu widzenia agrotechniki) na przebieg brodawkowania (jako pośredniego wskaźnika symbiozy) i na plonowanie oraz zawartość białka ogółem w nasionach odmian grochu siewnego zróżnicowanych morfologicznie i użytkowo. Do czynników tych zaliczono: nawożenie azotem mineralnym, nawożenie organiczne w postaci słomy zbożowej lub nawozu zielonego z gorczycy białej uprawianej w międzyplonie ścierniskowym, szczepienie nitryną, uwzględniające różne dawki i sposoby jej stosowania, dolistne lub przesiewne nawożenie mikroelementami, stosowanie zapraw chemicznych do ochrony materiału siewnego. Badania przeprowadzono na różnych glebach (madzie rzecznej brunatnej i glebie płowej), uwzględniając kilka odmian grochu siewnego, reprezentujących odmienne typy morfologiczne i użytkowe, czyli odmiany typu pastewnego – ‘Jaran’, ‘Stella’, ‘Bart’ i konsumpcyjnego – ‘Gniewko’, ‘Cyrkon’, w tym rów-

niez typowo warzywnego – ‘Senator’, o liściach przekształconych w wąsy czepne (‘Jaran’) i o liściach parzystopierzasto złożonych. Uwzględniono także zróżnicowanie w budowie okrywy nasiennej odmian ‘Bart’, ‘Cyrkon’ i ‘Senator’.

Głównym czynnikiem warunkującym wysoką aktywność symbiozy jest obecność w ryzosferze dużej liczby komórek specyficznego, wirulentnego i bardzo aktywnego w symbiozie z nią szczepu *Rhizobium* lub *Bradyrhizobium* [114, 115]. Liczebność bakterii symbiotycznych w danej glebie zależy głównie od rodzaju i częstotliwości uprawy roślin bobowatych, składu granulometrycznego gleby, jej odczynu i właściwości chemicznych, temperatury, jakościowego i ilościowego składu innych mikroorganizmów, w tym także występowania rhizobiofagów oraz stosowanych nawozów i pestycydów. Wymienione czynniki mogą stymulować lub hamować rozwój bakterii *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*, a nawet eliminować całkowicie ze środowiska glebowego [26, 114, 115, 117, 118].

W „Słowniku agro-bio-technicznym” [110] nie ma stosownego określenia dla zjawiska opisującego tworzenie, wzrost, rozwój i rozpad brodawek korzeniowych oraz związanych z tym takich cech, jak liczba, barwa, wielkość, czy masa tych brodawek. W literaturze polskiej spotyka się dwa określenia: „brodawkowanie” [56, 113], co można traktować jako zwrot analogiczny do powszechnie funkcjonujących terminów, na przykład ukorzenianie, czy dojrzewanie oraz „nodulacja” [84] – wyraz pochodzący od angielskiego „nodulation”. Niezależnie jednak od nazwy – „brodawkowanie”, czy „nodulacja” – jest to bardzo ważny etap w rozwoju roślin z rodziny *Fabaceae* i z tej racji zasługuje na precyzyjną definicję i umieszczenie w słownikach rolniczych.

W badaniach własnych oznaczono mniejszą liczbę brodawek korzeniowych na grochu uprawianym na madzie niż na glebie płowej, co wskazuje, podobnie jak w innych badaniach [26, 41, 108, 139], na zależność liczebności bakterii *Rhizobium* od składu granulometrycznego gleby i innych jej właściwości, a także od sposobu uprawy gleby. Obfitsza nodulacja, jaka miała miejsce w Mochelku, wynikała ponadto ze stosunkowo częstej uprawy grochu. Liczebność brodawek korzeniowych i ich masa zależały od przebiegu pogody w okresie wegetacji. W glebie cięższej brodawkowanie ograniczało zarówno nadmiar, jak i niedobór wilgoci, a w glebie lżejszej przede wszystkim jej niedobór, szczególnie wtedy, gdy jednocześnie występowały wysokie temperatury powietrza. Obserwacje te są zgodne z danymi podawanymi w literaturze [51, 62, 112].

Azot mineralny w podłożu uważany jest za czynnik hamujący symbiozę roślin strączkowych, w tym także grochu, ale w niektórych przypadkach traktowany jest jako czynnik plonotwórczy. Do badań nad wpływem zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie grochu wybrano odmianę ‘Gniewko’ o najwyższym wówczas potencjale plonowania [135]. Doświadczenie w Przechowie przeprowadzono w specyficznych warunkach, gdyż gleba, którą wybrano do eksperymentu charakteryzowała się wysoką, typową dla mady, zawartością azotu ogólnego. Z ogólnej ilości azotu znajdującego się w madach, tylko około 1 % występuje w formie azotanowej i amonowej wymiennej, czyli w formach najłatwiej dostępnych dla roślin. Azot ten dostępny jest dla roślin przez cały okres wege-

tacji, ale jego ilość zwiększa się wiosną w miarę wzrostu procesów mineralizacji materii organicznej [72, 91].

W doświadczeniu własnym, podobnie jak w badaniach Jensena [47], zrealizowanych w zbliżonych warunkach glebowych, dawka N w wysokości 30 kg·ha⁻¹ nie przyniosła wzrostu plonu nasion i słomy. W fazie płaskiego strąka i dojrzałości technicznej stwierdzono jednak przyrost masy nadziemnej pojedynczych roślin pod wpływem stosowania dawek N 60 i 90 kg·ha⁻¹. Podobne wyniki w badaniach nad grochem uzyskał Hochman [40]. We wcześniejszych doświadczeniach Songin i Czyża [111] długotodogowe odmiany ‘Kujawski Wczesny’ i ‘Kaliński’, nawożone dawkami N 30 i 60 kg·ha⁻¹ zawiązywały najwięcej strąków, ale po podniesieniu dawki N do 90 kg·ha⁻¹ liczba ta z reguły ulegała obniżeniu. Jasińska i Malarz [44] oraz Jelinowski i Kamińska [45] uzyskali wyższą plonu nasion w wyniku zastosowania wysokich dawek azotu pod zagraniczne, krótkotodogowe odmiany – ‘Flavanda’ lub ‘Allround’.

W badaniach własnych reakcja roślin na nawożenie azotem mineralnym, wyrażona plonem nasion, związana była przede wszystkim z przebiegiem pogody. Wykazano, podobnie jak Songin i Czyż [111], że w warunkach chłodnego i wilgotnego lata nawożenie dawką N 60 kg·ha⁻¹ spowodowało istotny wzrost plonu. Obserwacje i pomiary brodawkowania wykonane w fazie początku kwitnienia wskazywały na występowanie mniejszej niż w pozostałych dwóch latach liczby brodawek korzeniowych, również o mniejszej masie, co sugerować może niższą aktywność symbiozy. W innych pracach nad grochem i bobikiem susza zmniejszała efektywność nawożenia azotem, również wtedy, gdy składnik ten stosowany był w formie oprysku dolistnego [51, 62].

Z praktycznego punktu widzenia najważniejszy jest jednak efekt ekonomiczny nawożenia grochu azotem. W poniższym zestawieniu zawarto wyniki uproszczonego obliczenia efektywności 1 kg nawozu azotowego opierając się na plonach nasion odmiany ‘Gniewko’ uzyskanych w 1993 roku (kiedy nawożenie azotem wywarło istotny wpływ na plonowanie) i aktualnych cenach nasion grochu paszowego oraz cenie nawozów.

Efektywność nawożenia azotem grochu siewnego odmiany ‘Gniewko’ w 1993 roku

Przedział dawek:	0 – 30	0 – 60	0 – 90
Efektywność w kg nasion na 1 kg N:	10,0	8,3	4,0
Cena w zł 1 kg nasion grochu (2001 r.) :	0,6	0,6	0,6
Efektywność w zł na 1 kg N:	6,00	4,98	2,40
Koszt nawożenia (2001 r.) [*] :	1,65	1,72	1,80
Efektywność w zł na 1 kg N pomniejszona o koszty nawożenia:	4,35	3,26	0,60

* 1,5 zł za 1 kg N w nawozach mineralnych + koszt zastosowania odpowiednio w kolejnych przedziałach dawek 10, 15 i 20 % w stosunku do ceny azotu

Z zestawienia wynika, że w latach, w których układ warunków pogodowych jest podobny jak w roku 1993, to na glebach ciężkich ekonomicznie uzasadnione jest stosowanie dawek N do $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Stosunkowo mała efektywność uzyskana po zastosowaniu dawki N $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ byłaby prawdopodobnie nieuzasadniona, gdyby uwzględnić jeszcze zwiększone koszty zbioru roślin. Problem polega również na rozstrzygnięciu, czy w danych warunkach nawożenie azotem pod inne rośliny nie będzie bardziej efektywne.

W prezentowanych w tej pracy badaniach nie udowodniono, średnio dla całego cyklu doświadczalnego, wpływu nawożenia azotem mineralnym na plony słomy grochu. Oznaczenia plonu suchej masy pojedynczych roślin, wykonywane w trakcie wegetacji, wskazywały jednak na przyrost masy wegetatywnej pod wpływem tego nawożenia. Przyrost ten wynikał ze zwiększenia masy liści, które w czasie dojrzewania i zbioru roślin kruszą się i opadają, w związku z czym nie można było stwierdzić wpływu nawożenia mineralnego na plon słomy grochu. Podobną interpretację swoich wyników przedstawili Wojcieszka i wsp. [136, 137]. W badaniach Hochmana [40] wzrost plonu zielonej masy i słomy czeskiej odmiany 'Bohatyr' wynikał również z przyrostu długości łodyg.

Wielu autorów [62, 87, 111, 125, 137] donosi, że nawożenie azotem powoduje wzrost zawartości białka w nasionach lub częściach wegetatywnych roślin strączkowych. W prezentowanych badaniach także wystąpił przyrost zawartości białka ogółem w nasionach o 0,9 % w s.m. pod wpływem nawożenia dawką azotu $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu z obiektem bez nawożenia. W fazie płaskiego strąka odnotowano również wyraźną tendencję do wzrostu zawartości azotu ogółem w całych roślinach. Badania izotopowe udowodniły, że azot mineralny kumuluje się przede wszystkim w nadziemnych częściach wegetatywnych [46, 99, 129]. Jensen [46] podaje, że to warunki pogodowe w czasie wypełniania nasion decydują głównie o dynamice i ilości azotu przemieszczanego z części wegetatywnych do nasion. Według tegoż autora istnieją różnice pomiędzy odmianami grochu, dotyczące dynamiki przemieszczania azotu z pędów i liści do nasion i w jego doświadczeniach była ona większa u odmiany karłowej o zdeteterminowanym wzroście niż u odmiany w typie grochu pastewnego. Z kolei Wojcieszka i wsp. [137], porównując odmianę wąsolistną z tradycyjnie ulistnianą nie udowodniła różnego tempa akumulacji azotu.

Poziom zawartości białka ogółem w dojrzałych nasionach grochu jest cechą uwarunkowaną genetycznie i zmienną w latach. Według Wiatra [135], przy stosowaniu tej samej agrotechniki, różnice w latach dla tej samej odmiany sięgają 2 % w s.m. Podobny zakres zmienności tego składnika uzyskuje się pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotowego [62, 87, 111, 125, 137]. W badaniach własnych czynniki agrotechniczne (poza odmianami), średnio z lat badań, różnicowały zawartość białka w zakresie nie większym niż 1 % w s.m. Różnice pomiędzy odmianami sięgały 1,6 % w s.m. Najwyższym poziomem zawartości białka w nasionach charakteryzowała się pastewna odmiana 'Stella' i warzywna odmiana 'Senator'. Odmiana 'Senator' wyróżniała się ponadto naj-

większą w latach badań, bo sięgającą nawet 3,6 % w s.m. zmiennością zawartości białka w dojrzałych nasionach.

Ocena liczby i masy brodawek korzeniowych z obiektu nie nawożonego azotem i z obiektów, w których stosowano dawki tego składnika od 30 do 90 kg·ha⁻¹ wskazuje, że w fazie zaawansowanego rozwoju roślin nawożenie azotowe zastosowane przedsięwzięcie miało stosunkowo niewielki wpływ na liczbę brodawek korzeniowych. Zbliżone wyniki obserwacji nad grochem uzyskali w warunkach kontrolowanych Wojcieszka i wsp. [136] oraz nad bobikiem w warunkach polowych Bochniarz i wsp. [9]. Można więc sądzić, że azot mineralny w zakresie dawek stosowanych w praktyce rolniczej – przejściowo tylko, bo na początku wegetacji roślin – hamuje nodulację. Zbieżne są z tym także wyniki analiz wykonanych przez Wojcieszka i wsp. [136, 137] oraz Kocoń [51], potwierdzające malejący w czasie wpływ azotu mineralnego, stosowanego przedsięwzięcie, na ograniczenie aktywności nitrogenazy. Według Sawickiej [101] związki azotowe nie zawsze wpływają na ograniczenie namnażania drobnoustrojów wiążących N₂.

W niektórych doświadczeniach wazonowych, co sygnalizuje Jensen [47], wysokie dawki azotu stosowane jednorazowo prowadziły do spadku plonu grochu. Spowodowane to zostało prawdopodobnie zmianą pH i zasoleniem podłoża, na które groch jest szczególnie wrażliwy [17, 18]. Nie odnotowano natomiast takich symptomów w warunkach Polski w pracach badawczych innych autorów [28, 36, 44, 45, 95, 111], ani w badaniach własnych.

Przegląd dotychczasowych badań nad grochem i innymi strączkowymi wskazuje na stosunkowo dużą liczbę prac poświęconych nawożeniu tych roślin azotem mineralnym. Wydawałoby się więc, że problem jest już rozwiązany, a i przy zmierzaniu w kierunku rolnictwa zrównoważonego, jest nawet nieaktualny. Zagadnienie to jest jednak ciągle przedmiotem prac naukowych, a obecne badania ukierunkowane są często na rozpoznanie wpływu nawożenia azotem na rozwój i funkcjonowanie bakterii brodawkowych i grzybów mikoryzowych, szczególnie w trudnych warunkach siedliskowych [7, 17, 39, 64].

Wydawałoby się, że jedynie w kategoriach historycznej ciekawostki można popotraktować informacje o tym, że w Polsce w XIX wieku groch uprawiano na obsorniku [94]. Obecnie jednak problem nawożenia organicznego powrócił z powodu dominacji we współczesnym rolnictwie zmianowań z przewagą zbóż i nadmiarem słomy w niektórych gospodarstwach. W pewnym zakresie dotyczy to również międzyplonów ścierniskowych, zalecanych do uprawy na przyoranie w zmianowaniach wysyconych zbożami. Stosowane w takich formach nawożenie organiczne, według prezentowanych i cytowanych w piśmiennictwie rolniczym danych, wpływa między innymi na podniesienie zawartości w glebie przyzyswalnych składników, w tym fosforu i potasu [3, 24, 34].

Przyoranie słomy jako nawozu organicznego pod groch 'Gniewko' nie wpłynęło w znaczący sposób na zmianę właściwości chemicznych gleby, za wyjątkiem wzrostu zawartości fosforu i potasu. Istotnych zmian, zwłaszcza dotyczących podniesienia poziomu zawartości węgla organicznego, można byłoby z pewnością spodziewać się w tych lub podobnych warunkach siedliskowych do-

piero po kilku latach systematycznego nawożenia słomą. Przyoranie międzyplonu ścierniskowego nie przyniosło także sygnalizowanych w niektórych pracach, a cytowanych w innej publikacji własnej [3] zmian składu chemicznego gleby. Środowisko glebowe cechuje się ogromną dynamiką, zwłaszcza jeśli chodzi o przemiany węgla i azotu, stąd niezwykle ostrożnie należy podchodzić do jednokrotnych w sezonie wegetacyjnym wyników oznaczeń tych pierwiastków [72, 73, 91]. W przeprowadzonym doświadczeniu nie oceniano wpływu nawozów organicznych na właściwości fizyczne gleby, jednak zostały one opisane, między innymi przez Gorzelanego [34], który wykazał, że właściwości te mogą być modyfikowane jedynie przez szczególnie wysokie dawki słomy – powyżej $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, czyli takie, które w praktyce spotykane są bardzo rzadko.

Wyniki prac nad liczebnością bakterii i aktywnością mikrobiologiczną gleby, przeprowadzone między innymi przez Myśkova i wsp. [78] i pośrednio również badania własne, wskazują jednoznacznie na wzrost liczebności mikroorganizmów w glebie po zastosowaniu nawożenia organicznego. Nawet okresowe podniesienie dostępności węgla zwiększa liczebność mikroorganizmów, w tym między innymi wolnożyjących i symbiotycznych wiążących azot atmosferyczny [101]. Dotyczy to także bakterii z rodzaju *Pseudomonas* i *Arthrobacter*, wśród których wiele szczepów ma właściwości antagonistyczne w stosunku do chorobotwórczych grzybów z rodzaju *Phytilium* i *Fusarium* [117]. To interesujące z naukowego i praktycznego punktu widzenia zagadnienie, wymagałoby jednak współpracy mikrobiologów, fitopatologów i agrotechników w celu pogłębienia badań nad dynamiką mikroorganizmów w różnych warunkach glebowych i agrotechnicznych. Badania takie mogą mieć nie tylko znaczenie poznawcze, lecz tak jak jest to sugerowane w piśmiennictwie [117], powinny doprowadzić do wyprodukowania szczepionek dla roślin bobowatych. W ich skład wchodziłyby nie tylko bakterie z rodzaju *Rhizobium*, ale i inne bakterie, na przykład antagonistyczne w stosunku do grzybów pasożytniczych, grzyby saprofityczne i promieniowce, czyli zespoły mikroorganizmów stymulujące na przykład najpierw rozkład substancji organicznych i udostępnienie źródeł węgla, a w następnej kolejności procesy wiązania azotu. Nie jest to zagadnienie nowe, bo na przykład Łanowska [71] już w 1966 roku przebadala współzycie grochu z grzybami mikoryzowymi, sugerując jednocześnie produkcję nie tylko szczepionek nitraginowych, ale również mikoryzowych. Także Czajkowska-Strzemska [20] podaje przykłady, w których infekcja mikoryzowa zwiększała brodawkowanie roślin bobowatych, w tym również grochu. W najnowszych badaniach ponownie podejmuje się problem współistnienia i wzajemnej stymulacji mikoryzy i nodulacji [7, 13, 16, 77].

W zrealizowanych badaniach nad grochem odmiany 'Gniewko' nie uzyskano, tak jak w doświadczeniach Avrova [5] nad łubinem, jednokierunkowego i znacząco korzystnego wpływu nawożenia słomą na plonowanie roślin. Odmienne w kolejnych latach reakcja grochu na zastosowane nawożenie organiczne wynikała zapewne z przebiegu pogody zarówno w czasie zimy, jak w czasie wegetacji roślin. Wyniki dowodzą jednak, że przyoranie słomy spowodowało przy-

rost liczby brodawek korzeniowych. Mimo to uzyskane dane nie upoważniają do twierdzenia, że wzmożone brodawkowanie miało wpływ na wzrost plonu nasion czy słomy grochu. Podobne badania przeprowadził Kotecki i wsp. [54, 55], ale uzyskane wyniki nie potwierdziły istotnego wpływu stosowania słomy jęczmiennej na dynamikę gromadzenia suchej masy, makroelementów oraz plony grochu odmian 'Opal' i 'Fidelia'.

Odmiana 'Gniewko' nie reagowała wzrostem plonu na uprawę po nawozie zielonym z międzyplonu ścierniskowego. Plony nasion i słomy, a także zawartość białka była na tym samym poziomie jak w obiekcie bez nawożenia organicznego, mimo że warunki pogodowe w kolejnych latach były odmienne, a plony przyorwanej gorczyicy białej znacznie zróżnicowane. Liczba i masa brodawek korzeniowych była tu również na takim samym poziomie jak w obiekcie bez nawożenia. Scott i Knudsen [102] także nie stwierdzili zmian brodawkowania grochu po zastosowaniu nawozu zielonego z rzepaku o wysokiej zawartości glukozyolanów.

W warunkach polowych precyzyjną ocenę efektów szczepienia nitraginą utrudnia fakt, że w trakcie wegetacji bakterie symbiotyczne, tak jak i inne mikroorganizmy glebowe, przemieszczane mogą być wraz z glebą przez wiatr czy narzędzia rolnicze i w ten sposób zaciera się efekt obiektu kontrolnego (bez szczepienia). Przyrost liczby brodawek, odnotowany w początkowej fazie rozwojowej grochu i uzyskany pod wpływem stosowania nitraginy świadczy o skutecznym infekowaniu korzeni grochu przez bakterie wchodzące w skład szczepionki, ale brak wpływu tego zabiegu na plony i niewielki wpływ na zawartość białka sugerować może niską efektywność użytych szczepów. Brockwell i Bottomley [15] podają, że jest to dość częsta reakcja roślin uprawianych na glebach dostatecznie zasiedlonych przez rodzime szczepy bakterii *Rhizobium*. Stosunkowo niewielkie efekty szczepienia nitraginą grochu stwierdził również Simon i wsp. [108], gdy w badaniach, prowadzonych na terenie Czech, stosował rodzime szczepy *Rhizobium*.

Można oczywiście założyć, że lepsze rezultaty szczepienia nitraginą można by osiągnąć w doświadczeniu prowadzonym w Przechowie na madzie, tym bardziej, że przerwa w uprawie grochu była tam dłuższa niż w Mochełku. Jednak w skali kraju udział gleb zaliczanych do klasy bonitacyjnej II wynosi około 3 %, a gleb zaliczanych do klasy bonitacyjnej IV prawie 40 % [92]. W tym więc kontekście wyniki badań prowadzonych w Mochełku należy traktować jako bardziej reprezentatywne.

Jak wspomniano we wstępie do niniejszej pracy pierwsze rezultaty badań nad szczepieniem roślin bobowatych w kraju były bardzo efektowne i przykładowo średni przyrost plonu nasion grochu wynosił 20 %, a siana z lucerny nawet 30 % [85, 94]. Uruchomienie produkcji szczepionki bakteryjnej oraz rozpowszechnienie jej stosowania doprowadziło zapewne w Polsce do znacznego, choć nie zawsze dostatecznego [114] zasiedlenia gleb bakteriami z rodzaju *Rhizobium*, stąd można sądzić, że obecnie efekty szczepienia nitraginą nie są już tak duże. Należy jednak dodać, że w literaturze sporadycznie spotyka się infor-

macje o wyjątkowo korzystnych efektach plonotwórczych uzyskanych po zaszczerpieniu gleby niektórymi rasami bakterii *Rhizobium* [108]. W kontekście badań własnych, jak i innych autorów [9, 88], wskazujących na stosunkowo niewielkie efekty stosowania dostępnych obecnie szczepionek bakteryjnych dla większości gatunków roślin bobowatych, uzasadnione wydają się więc prace nad poszukiwaniem nowych, aktywnych szczepów *Rhizobium*, a także poszukiwanie biotypów o wzmożonej nodulacji – tzw. supernodulacji [15, 33, 68, 69, 100].

W pracach badawczych nad skutecznością zabiegu szczepienia bakteriami *Rhizobium* poszukuje się różnych czynników wspomagających aktywność i efektywność ich układu symbiotycznego z roślinami. Można do nich zaliczyć między innymi nawożenie mikroelementami. Problematyka stosowania mikroelementów w uprawie grochu została kompleksowo przebadana przez Czyża [21]. Niektórzy autorzy [9, 83, 132] poszukiwali związku pomiędzy stosowaniem mikroelementów a brodawkowaniem, jako pośrednim wskaźnikiem funkcjonowania symbiozy. Najczęściej stosowano nawożenie molibdenem, czyli pierwiastkiem wchodzącym w skład kompleksu enzymatycznego, odpowiedzialnego za wiązanie azotu. Wyniki większości badań wskazywały na wzrost nodulacji pod wpływem dolistnego lub doglebowego nawożenia molibdenem. W doświadczeniach polowych nie badano natomiast relacji między stosowaniem wieloskładnikowego mikroelementowego nawozu a brodawkowaniem i plonowaniem odmian grochu siewnego.

W badaniach własnych do nawożenia wykorzystano kompleksowy nawóz mikroelementowy Insol 6, w skład którego wchodził bor, cynk, mangan, miedź, molibden i żelazo. Zastosowano dwa sposoby aplikacji nawozu, oczekując, że w przypadku wąsolistnej odmiany 'Jaran' bardziej korzystne okaże się pokrycie nasion mikroelementami niż oprysk dolistny. Uzyskane wyniki nie potwierdziły jednak tego założenia. Wąsolistna odmiana 'Jaran' reagowała istotnym wzrostem plonu nasion na nawożenie Insolem 6 aplikowanym dolistnie. Wykazano, że udział przylistków w masie liścia tej odmiany wynosił w dwóch kolejnych fazach rozwojowych 63 i 47 % (dla odmiany 'Stella' odpowiednio 40 i 36 %). Z pewnością ten element miał znaczenie dla pobierania nawozu dostarczanego w postaci roztworu wodnego. Nalborczyk [79] podaje, że odmiany wąsolistne, mające mniejszą powierzchnię asymilacyjną, rekompensują ją poprawą stosunków świetlnych w głębi łąnu, lepszą aeracją, zapewniającą wyższe stężenie CO₂ oraz większą zdrowotnością roślin, wynikającą z mniejszej transpiracji. Prawdopodobnie uwarunkowania te decydują również o efektywności dolistnego dokarmiania mikroelementami. Na zastosowane nawożenie mikroelementami odmiana 'Stella' zareagowała podwyższeniem zawartości białka w nasionach – większym po oprysku dolistnym niż po pokryciu nasion nawozem. Także wyniki prac innych autorów wskazują, że reakcja odmian grochu na stosowanie mikroelementów jest zróżnicowana w latach i nie musi być związana z typem ulistnienia [36, 52]. Czyż [21], który w swoich badaniach uwzględnił tylko odmiany tradycyjnie ulistnione, stwierdził korzystną interakcję odmian z niektórymi mikroelementami, na przykład odmiany 'Aster' z borem i manganem, a odmian

‘Paloma’, ‘Opal’, ‘Mige’ z molibdenem i mieszanką boru, manganu i molibdenu. W prezentowanych w niniejszej pracy badaniach przyrost plonu nasion pod wpływem zastosowania mieszanki mikroelementów wynikał, podobnie jak w innych pracach [21, 52], że zwiększenia liczby strąków na roślinie i w mniejszym stopniu z przyrostu liczby nasion w strąku.

Wyniki badań własnych, podobnie jak Bochniarza i wsp. [9], nie upoważniają do stwierdzenia, że w warunkach polowych nawożenie mikroelementami stymuluje nodulację. W wariancie z nawożeniem przedsięwziętym rośliny związały najmniej brodawek, a ich masa była mniejsza jeszcze nawet w początkowej fazie kwitnienia, co sugeruje, że stężenie nawozu, jakie zastosowano w doświadczeniu spowodowało zakłócenia w brodawkowaniu. Szukalski [124] podaje, że wykorzystanie mikroelementów stosowanych donasiennie jest znacznie mniejsze niż stosowanych dolistnie i dlatego ich dawki powinny być wyższe. Jednocześnie autor ten podaje, że roztwory B, Cu, Mn i Zn stosowane do moczenia nasion mogą obniżyć energię i zdolność kiełkowania nasion. Problem ten nie wystąpił w badaniach własnych, gdyż nie stwierdzono, aby sposób aplikacji mikroelementów różnicował obsadę roślin.

W praktyce rolniczej bardzo istotnym zagadnieniem jest wpływ chemicznych zapraw nasiennych na ograniczenie rozwoju mikroorganizmów występujących na nasionach i w glebie. Preparaty te hamują jednak rozwój nie tylko mikroorganizmów pasożytniczych, ale także saprofitycznych i niestety również symbiotycznych. Zagadnienie to badali, m.in. Strzelec i Dec-Plewka [119], Strzelec i Martyniuk [120, 121]. Obecnie nie kwestionuje się potrzeby stosowania zapraw chemicznych do ochrony materiału siewnego roślin strączkowych, gdyż zabieg ten wpływa przede wszystkim na utrzymanie zakładanej obsady roślin, ale i kształtuje strukturalne elementy plonu [93, 120, 121]. Potwierdzono to także w badaniach własnych, mimo że grzyby zasiedlające nasiona i korzenie testowanych odmian nie występowały tutaj w takim nasileniu, jak na przykład w doświadczeniach Furgał-Węgrzyckiej [30, 31]. Reakcja badanych odmian na ten zabieg była zróżnicowana – brak reakcji wyrażonej plonem nasion lub słomy stwierdzono dla odmiany ‘Bart’, a największy korzystny wpływ odnotowano dla odmiany ‘Senator’, mimo że najobficiej przez grzyby zasiedlona była okrywa nasienna odmiany ‘Cyrkon’. Problem różnej podatności odmian na zasiedlenie patogenami zarówno materiału siewnego, jak i korzeni czy ryzosfery, jest znany fitopatologom [27, 30, 31] i dlatego zasługuje na szersze rozpoznanie również przez agrotechników, aby można było wyjaśnić jak szerokie znaczenie zjawisko to może mieć w praktyce rolniczej, zwłaszcza w odniesieniu do gospodarstw proekologicznych.

Stosowanie zapraw chemicznych do ochrony materiału siewnego niewątpliwie hamuje tempo i ogranicza wielkość brodawkowania, ale jak udowodniono to w badaniach Strzelec i Martyniuk [120, 121] oraz Dunfielda i wsp. [23], a także w badaniach własnych jest to zjawisko przejściowe i w zasadzie dotyczy początkowego okresu wegetacji roślin. W warunkach gleby żyzniejszej ten niekorzystny efekt byłby jeszcze mniejszy, czego między innymi dowodzą badania

Strzelec i Dec-Plewki [119]. Przeżywalność bakterii *Rhizobium* po ich kontakcie z preparatami przeznaczonymi do zaprawiania nasion jest różna dla poszczególnych gatunków, a nawet ich szczepów. Zaprawy chemiczne ulegają stosunkowo szybkiemu rozkładowi w glebie, a jego tempo zależy między innymi od składu mikroorganizmów glebowych. W przyszłości możliwe będzie wyselekcjonowanie lub uzyskanie, na przykład w wyniku transformacji genetycznych, szczepów *Rhizobium* odpornych na ściśle określone substancje czynne zapraw nasiennych [49]. Być może, że dostępne będą także nowe zaprawy nasienne o bardzo wąskim spektrum działania, likwidujące tylko określone grupy mikroorganizmów występujących na materiale siewnym lub w glebie.

Badania własne, dotyczące wpływu zaprawiania chemicznego i stosowania nitraginy na zasiedlenie korzeni przez grzyby i plon odmian grochu siewnego zainspirowane zostały wynikami uzyskanymi wcześniej, również w Mochełcu, przez Rajs [95]. Znaczący spadek obsady roślin szczepionych nitraginą prowadziło we wspomnianych badaniach do istotnego (od 0,6 do 1,08 t·ha⁻¹) obniżenia plonu nasion grochu siewnego w ciągu trzech kolejnych lat. Zmniejszenie od wpływem nitraginy obsady roślin, przy prawie nie zmienionych pozostałych strukturalnych elementach plonowania nasunęło przypuszczenie, że nitragina lub samo jej podłoże, czyli tzw. nośnik, mogą być również pożywką dla pasyżytnicznych mikroorganizmów występujących w glebie czy na nasionach grochu albo że ich rozwój stymulowany jest wydzielinami produkowanymi przez bakterie wchodzące w skład szczepionki. W badaniach własnych – mimo stosowania zwielokrotnionych dawek szczepionki – nie stwierdzono ujemnego jej wpływu na rozwój roślin, ani w doświadczeniu, w którym stosowano nitraginę i mikroelementy, ani w doświadczeniu, w którym badano współdziałanie nitraginy i zapraw chemicznych. Za przyczynę braku powtarzalności wyników można uznać: wykorzystanie innych odmian niż testowana poprzednio [95], a wycofana już z rejestru odmiana ‘Opal’ i być może zmodyfikowana technologia produkcji nitraginy [15, 114]. Trudno jest natomiast doszukiwać się związku z przebiegiem warunków wilgotnościowych i termicznych, gdyż w żadnym z porównywalnych okresów badawczych nie wystąpiły szczególne anomalie pogodowe. Warto zauważyć, że również w doświadczeniach COBORU [135] ‘Opal’, podobnie jak i ‘Kujawski Wczesny’, wyróżniały się słabszymi wschodami, a w efekcie także niższą obsadą w porównaniu z innymi zarejestrowanymi wówczas odmianami grochu siewnego.

Analizy fitopatologiczne wykazały, że w obiektach, w których stosowano nitraginę liczebność grzybów zasiedlających korzenie odmian ‘Cyrkon’ i ‘Bart’ była mniejsza niż w obiektach, w których szczepienia nie stosowano. Podobne zależności, ale znacznie wyraźniej zarysowane, wykazała Pięta [86] w badaniach nad zdrowotnością i plonowaniem soi inokulowanej różnymi szczepami *Bradyrhizobium japonicum*. Zjawiska te tłumaczyć może między innymi, cytowana już opinia Strzelec [117, 118] o antagonizmie pomiędzy grzybami, w tym głównie z rodzaju *Fusarium*, a bakteriami towarzyszącymi *Rhizobium*. Znaczenie ma tu również konkurencja o przestrzeń życiową w ryzosferze [15]. Pro-

blematyka ta wydaje się szczególnie interesująca i ważna w kontekście dążeń do wdrażania integrowanego systemu produkcji rolniczej, w którym groch siewny i inne rośliny strączkowe mają swoje nie kwestionowane miejsce. Istnieje więc potrzeba kontynuowania badań nad doskonaleniem szczepionek mikrobiologicznych oraz prowadzenia doświadczeń agrotechnicznych nad wykorzystaniem naturalnej odporności odmian na patogeny.

W badaniach polowych nad symbiozą roślin bobowatych z bakteriami *Rhizobium* problemem nie do końca rozwiązanym pozostaje dobór metody badawczej. Mimo że doświadczenia w hali wegetacyjnej, a tym bardziej polowe są uciążliwe i długotrwałe, to tylko one pozwalają w pełni zweryfikować wyniki prac laboratoryjnych. W badaniach własnych pomocniczo posłużono się liczbą i masą brodawek korzeniowych, które uważane są za pośredni wskaźnik funkcjonowania symbiozy [138], nie pozwalający jednak ocenić jej aktywności. Wróbel [138] podaje, że odpowiednim wskaźnikiem do typowania aktywnych szczepów *Rhizobium* może być ocena morfologiczna bakteroidów, występowanie niektórych aminokwasów, a w szczególności kwasu asparaginowego, asparaginy i glutaminy w liściach grochu, oddychanie roślin (zużycie tlenu) w początkowym okresie symbiozy, a w mniejszym stopniu również kształt, wielkość, barwa i rozmieszczenie brodawek na korzeniach.

Obecnie za standardową metodę oceny aktywności symbiozy uważa się metodę redukcji acetyleny do etylenu przez nitrogenazę bakteroidów opisaną m.in. przez Kocha i Evansa [50]. Pozwala ona wykazać dzienną i sezonową zmienność aktywności nitrogenazy [29, 51, 109, 112], ale nie jest odpowiednia do oceny poziomu azotu przyswojonego w całym sezonie wegetacyjnym [47], a to w badaniach o charakterze agrotechnicznym, tak jak prezentowane tutaj badania jest zwykle celem najważniejszym.

Do oszacowania efektywności symbiozy w warunkach polowych bardzo przydatną jest metoda wykorzystująca izotopową formę azotu – ^{15}N [47, 96]. Umożliwia ona wykazanie, jaka część azotu znajdującego się w roślinie została związana symbiotycznie a jaka pochodzi z gleby. Mimo wielu udoskonaleń metoda ta ma nadal pewne mankamenty, a wśród nich konieczność doboru porównawczej rośliny nie należącej do rodziny *Fabaceae*. Wydaje się jednak, że obecnie, kiedy rośnie znaczenie rolnictwa integrowanego, czy proekologicznego, a tym samym zrozumienie dla potrzeby uprawy roślin bobowatych, powinna również wzrosnąć ranga badań agrotechnicznych nad symbiozą, nawet jeżeli będą tak kosztowne jak metody izotopowe. Będzie to szczególnie ważne, gdy w szerszym zakresie pojawią się i będą wysoce aktywne szczepy *Rhizobium* czy rośliny o wzmoczonej zdolności do nodulacji [33, 68, 80, 100], a nawet rośliny nie należące do rodziny *Fabaceae* (na przykład zboża), do których w ramach inżynierii genetycznej przeszczepiony zostanie gen *nif* (nitrogen fixation), warunkujący symbiotyczne przyswajanie azotu [68]. Zawsze jednak ostateczną weryfikacją efektywności symbiozy będą doświadczenia polowe.

Jensen [46], posługując się metodą za znakowanym azotem oszacował, że od kwitnienia do osiągnięcia dojrzałości roślina w wyniku symbiozy przyswaja

jeszcze tyle azotu, ile związała do fazy kwitnienia (około $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ w częściach nadziemnych). Azot mineralny zastosowany przedsięwzięcie pobierany jest natomiast do fazy kwitnienia roślin. Podobne wyniki nad dynamiką przyswajania azotu w różnych fazach wegetacji grochu opisuje Wojcieszka i wsp. [137]. Zbieżne są z tym również wyniki badań własnych, dotyczące zawartości i ilości azotu skumulowanego przez groch w kolejnych fazach wegetacji. Dane te sugerują, jak istotną rolę w przyswajaniu azotu mineralnego odgrywają warunki panujące od kwitnienia grochu do końca jego wegetacji. Zagadnienie to z reguły jest pomijane w pracach nad symbiozą. W doświadczeniu z odmianami 'Bart', 'Cyrkon' i 'Senator' dokonano oznaczeń liczby brodawek korzeniowych w fazie płaskiego strąka i wykazano duże różnice międzyodmianowe. Zebrane tutaj wyniki, jak również inne, przedstawione we wcześniejszej pracy [4], potwierdzają, że przy ocenie wpływu różnych czynników na brodawkowanie grochu siewnego ważne są dwa terminy – pierwszy w fazie 3-4 liści i drugi – w fazie płaskiego strąka. Takie czynniki jak przesuszenie gleby, zachwaszczenie, zwiększające między innymi zacienienie rośliny uprawnej, porażenie przez choroby ograniczające powierzchnię asymilacyjną, atak późnych szkodników (na przykład mszyc), wyleganie roślin przyczyniają się do destrukcji aparatu fotosyntetycznego i pozbawienia w ten sposób rośliny i bakterii brodawkowych źródła węgla. Można więc na tym etapie utracić dotychczasowe efekty wysiłków poniesionych na stworzenie optymalnych warunków do zaistnienia i funkcjonowania symbiozy. Na znaczenie tego zagadnienia wskazują też inni autorzy [32, 64, 112].

Ostatnie 20-25 lat cechował znaczący postęp w hodowli grochu. Nowe odmiany są z reguły średnio wysokie lub niskie, a ich potencjał plonowania jest nawet do 50 % wyższy w porównaniu z tradycyjną, długołodygową odmianą 'Kujawski Wczesny' [126]. Część odmian ma liście zamienione w wąsy czepne lub/i usztywnioną łodygę. Tak duże zróżnicowanie morfologiczne, jak i wysoki potencjał plonowania od początku sugerował, że odmiany te będą wymagały nowych rozwiązań agrotechnicznych [8, 123]. Opublikowano szereg wyników badań polowych, które między innymi dotyczyły reakcji odmian na stosowanie zróżnicowanej obsady, nawożenie azotem mineralnym i stosowanie mikroelementów [12, 21, 36, 44, 45, 53, 62, 111, 128]. Analiza tych prac i wyniki badań własnych dają jednak podstawę do postawienia tezy, że nie ma jednoznacznie zarysowanego związku pomiędzy pokrojem odmiany a wpływem wyżej wymienionych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie odmian grochu siewnego. Pierwsze wyniki badań, przeprowadzone na początku lat osiemdziesiątych, zwłaszcza te z zastosowaniem różnych dawek azotu mineralnego wskazywały na istnienie takich interakcji. Porównywano jednak wtedy przede wszystkim karłowe odmiany zagraniczne ('Flavanda', 'Allround') z tradycyjnymi, wysokimi odmianami polskimi ('Kujawski Wczesny', 'Kaliski', 'Mazurska') [44, 45, 111]. W późniejszych pracach, w których badano średnio- lub krótkołodygowe, wysokoplonujące odmiany nie potwierdzono już istotnego i co ważniejsze, powtarzającego się w latach i różnych miejscach, wpływu na plon odmian, nawet tak oczywistego czynnika, jakim wydaje się być obsada roślin. Konkluzja tych

badania jest przeważnie wskazaniem na jednakową dla wszystkich odmian obsadę – 100 roślin na m² przy ich uprawie na nasiona [12, 28, 36, 53, 54, 128]. Podobnie trudno jest doszukać się związku między morfotypem grochu a jego reakcją na nawożenie mikroelementami [21, 52]. Także jedno- lub dwuetapowy sposób zbioru roślin nie miał wpływu na plon dwóch zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu [61]. Warto też zwrócić uwagę na fakt, że w obrębie biało kwitnących form *Pisum sativum* L., w grupie odmian jadalnych i ogólnoużytkowych, stosunkowo niewielkie jest zróżnicowanie długości i masy systemu korzeniowego, nawet przy porównaniu odmian wysokich i niskich. Bezspornymi okazały się jednak różnice dotyczące wielkości systemu korzeniowego między odmianami biało kwitnącymi, zaliczanymi do typu ogólnoużytkowego a barwnie kwitnącymi odmianami pastewnymi [2, 42, 127], czego konsekwencją są specyficzne dla nich wymagania glebowe.

Nawiązując do hipotezy badawczej należy podkreślić, że nawożenie organiczne w formie słomy zbożowej stymulowało wzrost nodulacji na korzeniach grochu, mimo że analizy chemiczne nie wykazały zmian stosunku węgla do azotu w glebie. Efektywność nawożenia mineralnego azotem kształtowana była przede wszystkim przez warunki pogodowe i była najwyższa, gdy nadmierne uwilgotnienie i stosunkowo niska temperatura nie sprzyjały symbiozie. Jednocześnie stwierdzono ograniczony, ujemny wpływ nawożenia azotem mineralnym na brodawkowanie roślin grochu w pełni ich wegetacji. Świadczy to o tym, że w warunkach uprawy polowej, nawet przy dużej dostępności różnych form azotu glebowego i dodatkowo wprowadzonego azotu mineralnego, stosunkowo trudno jest zakłócić funkcjonowanie układu symbiotycznego *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, szczególnie w dłuższym przedziale czasowym.

Ze względu na różną w latach reakcję odmiany ‘Gniewko’ na stosowanie nawożenia organicznego i mineralnego nie można na podstawie przeprowadzonych badań własnych wskazać na ewentualną potrzebę nawożenia azotem grochu uprawianego w stanowisku, w którym stosowano nawożenie słomą lub przyorano masę zieloną z międzyplonu.

Hipoteza badawcza zakładała, że odmiana grochu o liściach parzystopierzastych – ze względu na obfitsze ulistnienie – powinna reagować na nawożenie w formie oprysku dolistnego większym przyrostem plonu lub zawartością białka niż odmiana wąsolistna. Uzyskane wyniki nie tylko nie potwierdziły tego założenia, a nawet udowodniono, że to właśnie wąsolistna odmiana ‘Jaran’ reagowała większym przyrostem plonu na dolistne stosowanie mikroelementów, co zapewne związane było z wykształceniem bardzo dużych przylistków. Nie uzyskano jednak wyników wskazujących na to, że w warunkach polowych mikroelementy stymulują nodulację, a ich donasienna aplikacja prowadziła nawet do zmniejszenia liczby brodawek korzeniowych, szczególnie w początkowym okresie wegetacji roślin.

Statystycznie istotny efekt szczepienia nitraginą, wyrażający się 10 % zwiększeniem plonu nasion stwierdzono tylko raz w ciągu siedmiu lat badań.

Stosowanie nitraginy nie modyfikowało w znaczący sposób strukturalnych elementów plonu nasion i słomy grochu, nie miało też wpływu na poziom brodawkowania grochu w pełni jego rozwoju. Po zastosowaniu szczepionki bakteryjnej występowała jednak obfitsza nodulacja na początku wegetacji roślin oraz tendencja do wzrostu zawartości białka w nasionach odmian 'Cyrkon', 'Bart' i 'Saturn'. Interesujący i ważny jest zarysowany związek pomiędzy stosowaniem nitraginy a spadkiem liczebności grzybów, w tym patogenicznych na korzeniach grochu. Powinny być w tym kierunku prowadzone szersze badania, a ich wyniki mogą być bardzo ważne, szczególnie dla gospodarstw proekologicznych.

Wykazano, że chemiczne zaprawy stosowane do ochrony materiału siewnego wpłynęły na spadek liczebności grzybów pasożytniczych i saprofitycznych, zasiedlających korzenie i pozwoliły na utrzymanie obsady zbliżonej do zaplanowanej, co w efekcie dało wzrost plonu nasion i słomy dwóch spośród trzech badanych odmian grochu. Potwierdzono więc założenie o różnej reakcji odmian na ten zabieg. Ponadto wykazano, że zaprawy chemiczne powodowały zmniejszenie liczby brodawek korzeniowych, lecz było to zjawisko przejściowe, dotyczące tylko początkowej fazy rozwojowej i nie mające wpływu na plony nasion i słomy grochu.

7. WNIOSKI

1. Spośród czynników agrotechnicznych największy i niezależny od warunków pogodowych korzystny wpływ na przyrost plonów nasion i słomy grochu siewnego wywarło stosowanie zapraw chemicznych do ochrony materiału siewnego.
2. Stosowanie słomy jako nawozu organicznego i szczepienie nitraginą powodowało zwiększenie, a nawożenie azotem mineralnym, przedsiewna aplikacja mikroelementów i zaprawy chemiczne zmniejszenie nodulacji wyrażone liczbą i masą brodawek korzeniowych oznaczonych w fazie 3-4 liści. Przed-siewne zabiegi agrotechniczne nie miały wpływu na liczbę i masę brodawek w fazie początku kwitnienia. Plony odmian grochu siewnego nie zależały od wielkości nodulacji.
3. Nawożenie słomą powodowało w poszczególnych latach wahania plonów nasion i słomy odmiany 'Gniewko' w granicach do 15 % w porównaniu z uprawą bez nawożenia organicznego. Nawóz zielony z gorczycy białej nie miał wpływu na plony nasion i słomy tej odmiany.
4. Stosowanie pod odmianę 'Gniewko' azotu mineralnego, szczególnie w dawkach 60 i 90 kg·ha⁻¹ prowadziło do zwiększenia udziału liści i kwiatów w masie nadziemnej i przyrostu liczby strąków na roślinie. Istotny wzrost plonu nasion i słomy po zastosowaniu azotu w dawce 60 kg·ha⁻¹ w porównaniu z obiektem bez nawożenia uzyskano tylko w chłodnym i wilgotnym roku.
5. Stosowanie mikroelementów w formie oprysku dolistnego przyczyniło się do wzrostu plonu nasion wąsolistnej odmiany 'Jaran' i zawartości białka ogółem w nasionach odmiany 'Stella' o liściach parzystopierzastych.
6. Chemiczne zaprawianie materiału siewnego wpłynęło na utrzymujące się, aż do początku kwitnienia, zmniejszenie liczebności grzybów patogenicznych i saprofitycznych zasiedlających korzenie grochu. Zabieg ten przyczynił się do uzyskania zbliżonej do planowanej obsady roślin odmian 'Cyrkon' i 'Senator', a w efekcie przyrostu plonów nasion i słomy obu tych odmian
7. Szczepienie gleby lub materiału siewnego nitraginą nie miało wpływu na strukturalne elementy plonowania i nie spowodowało przyrostu plonu nasion i słomy odmian 'Jaran', 'Stella', 'Cyrkon', 'Senator' i 'Bart'. Nie wykazano współdziałania nitraginy i nawożenia mikroelementami na plonowanie grochu. Stosowanie nitraginy przyczyniło się do spadku liczebności grzybów patogenicznych i saprofitycznych zasiedlających korzenie grochu w początkowej fazie rozwoju roślin.
8. Zawartość białka ogółem w nasionach grochu zależała głównie od przebiegu pogody i uwarunkowań genetycznych odmian. Zabiegi agrotechniczne, za wyjątkiem dolistnego dokarmiania mikroelementami, nie powodowały wzrostu zawartości tego składnika w nasionach.

9. Odpowiednimi terminami do oceny wpływu czynników agrotechnicznych na nodulację jako pomocniczego wskaźnika oceny efektywności symbiozy grochu siewnego z bakteriami brodawkowymi, są faza 3-4 liści i faza płaskiego strąka.



LITERATURA

- [1] Abdel-Wahab A.M., Abd-Alla M.H., Zahran H.H., 1996. Root-hair infection and nodulation of four grain legumes as affected by the form and the application time of nitrogen fertilizer. *Folia Microbiol.* 41 (4), 303-308.
- [2] Andrzejewska J., 1992. Wpływ inokulacji szczepami bakterii *Rhizobium leguminosarum* na przyrost suchej masy roślin odmian grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) w trzech fazach rozwojowych. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo* 31, 55-62.
- [3] Andrzejewska J., 1999. Międzyplony w zmianowaniach zbożowych. *Post. Nauk Roln.* 1, 19-32.
- [4] Andrzejewska J., Sypniewski J., 1992. Wpływ inokulacji szczepami bakterii *Rhizobium leguminosarum* na przebieg nodulacji i plon nasion odmian grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo* 31, 45-54.
- [5] Avrov O.E., 1977. Vlijanie wnesenija solomy na fiksaciju atmosfernogo azota bobowymi rastenijami. *Agrochimija* 6, 11-17.
- [6] Beringer J.E., 1984. The significance of symbiotic nitrogen fixation in plant production. *Critical Rev. in Plant Sci.* 1 (4), 269-286.
- [7] Bethlenfalvai G.J., Andrade G., Azcon-Aguilar C., 1997. Plant and soil responses to mycorrhizal fungi and rhizobacteria in nodulated or nitrate-fertilized peas (*Pisum sativum* L.). *Biol. Fertil. Soils* 24, 164-168.
- [8] Bochniarz J., 1989. Czynniki agrotechniczne w plonowaniu roślin strączkowych. *Mat. konf. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Cz. I. IUNG Puławy*, 19-42.
- [9] Bochniarz J., Bochniarz M., Lenartowicz W., 1987. Wpływ zaprawiania nasion nitraginą i molibdenem oraz nawożenia azotem na plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*). *Pam. Puł.* 89, 1-40.
- [10] Bolanos L., Esteban E., Lorenzo C., Fernandez Pascual M.R., Garate A., Bonilla L., 1994. Essentiality of boron for symbiotic dinitrogen fixation in pea (*Pisum sativum*) *Rhizobium* nodules. *Plant Physiol.* 104 (1), 85-90.
- [11] Bollman M.I., Vessey J.K., 1997. Intermittent exposures to NO_3^- or NH_4^+ have very different effects on nodulation in *Pisum sativum*. *Current Plant Sci. and Biotech. in Agriculture* 31. Ed. R.J. Summerfield, Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 265.
- [12] Borowiecki J., Książak J., Bochniarz J., 1993. Plonowanie wybranych odmian grochu siewnego w zależności od gęstości siewu. *Pam. Puł.* 102, 135-144.
- [13] Brewin N.J., Legocki A.B., 1996. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture. *Trends in Microbiol.* 4 (12), 476-477.

- [14] Brito B., Palacios J.M., Hidalgo E., Imperial J., Ruiz-Argueso T., 1994. Nickel availability to pea (*Pisum sativum* L.) plants limits hydrogenase activity of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* bacteroides by affecting the processing of the hydrogenase structural subunits. J. Bacter. 176 (17), 5297-5303.
- [15] Brockwell J., Bottomley P.J., 1995. Recent advances in inoculant technology and prospects for the future. Soil Biol. Biochem. 27 (4/5), 683-697.
- [16] Burdman S., Kigel J., Okon Y., 1997. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Soil Biol. Biochem. 29 (5/6), 923-927.
- [17] Cordovilla M.D.P., Ligeró F., Lluch C., 1999. Effects of NaCl on growth and nitrogen fixation and assimilation of inoculated and KNO₃ fertilized *Vicia faba* L. and *Pisum sativum* L. plants. Plant Sci. 140, 127-136.
- [18] Cordovilla M.D.P., Ocana A., Ligeró F., Lluch C., 1995. Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes: *Rhizobium* symbiosis. J. Plant Nutr. 18 (8), 1595-1609.
- [19] Cox D., Bezdicsek D., Fauci M., 2001. Effects of compost, coal ash, and straw amendments on restoring the quality of eroded Palouse soil. Biol. Fertil. Soils 33 (5), 365-372.
- [20] Czajkowska-Strzemska J., 1988. Mikoryza roślin użytkowych. PWN Warszawa.
- [21] Czyż Z., 1992. Wpływ stosowania boru, manganu i molibdenu na plonowanie grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) w uprawie na nasiona. Wyd. AR w Szczecinie, Rozp. hab. 144.
- [22] Doyle J.J., 1998. Phylogenetic perspectives on nodulation: evolving views of plants and symbiotic bacteria. Trends in Plant Sci. 3 (12), 473-478.
- [23] Dunfield K.E., Siciliano S.D., Germida J.J., 2000. The fungicides thiram and captan affect the phenotypic characteristics of *Rhizobium leguminosarum* strain C1 as determined by FAME and Biolog analyses. Biol. Fertil. Soils 31, 303-309.
- [24] Dziadowiec H., 1987. Przemiany w glebie słomy zbóż stosowanej jako nawóz organiczny i jej agroekologiczne działanie. Post. Nauk Roln. 4, 39-59.
- [25] Evans J., Fettell N.A., O'Connor G.E., Carpenter D.J., Chalk P.M., 1996. Effect of soil treatment with cereal straw and method of crop establishment on field pea (*Pisum sativum* L.) N₂ fixation. Biol. Fertil. Soils 24 (1), 87-95.
- [26] Fettell N.A., O'Connor G.E., Carpenter D.J., Evans J., Bamforth I., Oti-Boateng C., Hebb D.M., Brockwell J., 1997. Nodulation studies on legumes exotic to Australia: the influence of soil populations and inocula of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* on nodulation and nitrogen fixation by field peas. App. Soil Ecol. 5 (3), 197-210.

- [27] Filipowicz A., 1993. Podatność odmian i rodów grochu (*Pisum sativum* L.) o nasionach żółtych i gładkich na grzyby patogeniczne. Biul. IHAR 186, 89-94.
- [28] Fordoński G., Gronowicz Z., Paprocki S., 1988. Wpływ ilości wysiewu na plon i wartość pokarmową nowych odmian grochu siewnego. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura 45, 157-165.
- [29] Fried M., Broeshart H., 1975. An independent measurement of the amount of nitrogen fixed by a legume crop. Plant and Soil 43, 707-711.
- [30] Furgał-Węgrzycka H., 1984. Badania nad grzybami zasiedlającymi środowisko uprawne grochu i peluszk. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo 39, 3-40.
- [31] Furgał-Węgrzycka H., 1984. Badania nad mikroflorą zasiedlającą nasiona grochu i peluszk. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo 39, 49-62.
- [32] Głazewski S., 1975. Donory ^{14}C -asymilatorów dla strąków i korzeni grochu. Pam. Puł. 64, 189-207.
- [33] Głowacka M., 1990. Możliwości zwiększania symbiotycznego wiązania azotu. Post. Mikrobiol. XXIX (1-2), 17-28.
- [34] Gorzelany P., 1986. Wpływ uprawy roli i nawożenia słomą na niektóre właściwości fizyczne czarnej ziemi wrocławskiej i plony roślin. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo XLIV, 187-205.
- [35] Gospodarczyk F., Hryncewicz Z., Nowak W., Sowiński J., 1993. Rozwój i plonowanie nasienne lucerny mieszańcowej (*Medicago media* L.) pod wpływem nawożenia mikroelementami (B, Mo, Co) i szczepienia nasion bakteriami brodawkowymi. Roczn. AR w Poznaniu, Rolnictwo CCXLVII, 175-184.
- [36] Gronowicz Z., Fordoński G., Klicka I., 1989. Wpływ nawożenia Florovitem oraz rozstawy rzędów na plonowanie nowych odmian grochu siewnego. Mat. konf. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Cz. II. IUNG Puławy, 116-122.
- [37] Harasim A., 1989. Efektywność nawożenia azotem bobiku i grochu w uprawie na nasiona. Mat. konf. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Cz. II. Puławy, 219-226.
- [38] Hernandez L.E., Garate A., Carpena-Ruiz R., 1995. Effect of cadmium on nitrogen fixing pea plants grown in perlite and vermiculite. J. Plant Nutr. 18 (2), 287-303.
- [39] Hervas A., Caba J.M., Ligeró F., Lluch C., 1991. Effect of combined nitrogen supply and nodulation on nitrate reductase activity and growth of pea plants. J. Plant Nutr. 14 (12), 1319-1330.
- [40] Hochman M., 1989. Vliv stupnovaneho hnojeni dusikom na vynos semen hrachu (*Pisum sativum* L.). Rostl. Vyroba 3 (5), 477-482.

- [41] Hoeflich G., Tauschke M., Kuehn G., Werner K., Frielinghaus M., Hoehn W., 1999. Influence of long-term conservation tillage on soil and rhizosphere microorganisms. *Biol. Fertil. Soils* 29, 81-86.
- [42] Ignaczak S., Wojtasik M., 1998. Oddziaływanie właściwości gleby na wielkość masy roślin grochu i rozmieszczenie ich korzeni. *Frag. Agron.* 2 (58), 95-105.
- [43] Jasińska Z., Kotecki A., 1993. *Rośliny strączkowe*. PWN Warszawa.
- [44] Jasińska Z., Malarz W., 1983. Wpływ nawożenia azotowego i zagęszczenia roślin na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo XL*, 125-134.
- [45] Jelinowski S., Kamińska M., 1989. Wpływ ilości wysiewu i nawożenia azotem na plony grochu siewnego odmiany Allround w porównaniu do Kujawskiego Wczesnego. *Mat. konf. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Cz. II. IUNG Puławy*, 210-218.
- [46] Jensen E.S., 1986 a. Symbiotic N_2 fixation in pea and field bean estimated by ^{15}N fertilizer dilution in field experiments with barley as a reference crop. *Plant and Soil* 92, 3-13.
- [47] Jensen E.S., 1986 b. Symbiotic nitrogen fixation and nitrate uptake by the pea crop. *Riso-M-2591 National Laboratory. Denmark*.
- [48] Jerzy M., 2000. Zmiany w nazewnictwie i klasyfikacji roślin uprawnych. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo* 45, 7-10.
- [49] Jones R., Giddens J., 1983. Introduction of effective N_2 – fixing rhizobial strains into the soybean plant by use of fungicide resistance. *Agronomy J.* 76, 599-602.
- [50] Koch B., Evans H.J., 1966. Reduction acetylene to ethylene by soybean root nodules. *Plant Physiol.* 41, 1748-1750.
- [51] Kocoń A., 1997. Wpływ sposobu żywienia azotem na symbiotyczne wiązanie N_2 i wykorzystanie potencjału plonotwórczego bobiku (*Vicia faba L. ssp. minor* Harz). *Rozp. doktorska. IUNG Puławy*.
- [52] Kotecki A., 1990. Wpływ dolistnego nawożenia molibdenem na plonowanie odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LII*, 121-132.
- [53] Kotecki A., 1994. Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu jadalnego. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXI*, 253, 57-69.
- [54] Kotecki A., Kozak M., Steinhoff-Wrzesińska A., 1996. Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie odmian grochu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXVIII*, 195-209.
- [55] Kotecki A., Kozak M., Steinhoff-Wrzesińska A., 1996. Wpływ przedplonu i ilości wysiewu na dynamikę gromadzenia suchej masy oraz makroelementów u różnych morfotypów grochu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXVIII*, 211-222.

- [56] Koter Z., 1965. Żywienie azotowe roślin motylkowych. Pam. Puł. 20, 7-52.
- [57] Kucharski J., Kuczyńska L., 1993. Wpływ molibdenu na plonowanie bobiku i rozwój szczepów *Rhizobium leguminosarum*. Biul. Nauk. ART w Olsztynie 2 (12), 59-64.
- [58] Kucharski J., Niklewska-Larska T., 1992. Wpływ nawożenia mineralnego na właściwości biochemiczne promieniowców antybiotycznych w stosunku do *Rhizobium leguminosarum*. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo 54, 15-22.
- [59] Kucharski J., Niklewska-Larska T., Niewolak T., 1992. Wpływ substancji organicznej i niektórych grup drobnoustrojów na liczebność i aktywność mikroorganizmów glebowych. Cz. II. Liczebność grup fizjologicznych. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo 54, 23-32.
- [60] Kuduk Cz., 1994. Reakcja grochu (*Pisum sativum* L.) na siarczan miedziowy w zależności od dawki. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXII, 25-31.
- [61] Kulig B., Pisulewska E., Ziółek W., Antoniewicz A., 1997. Wpływ sposobu zbioru na plonowanie i jakość białka nasion dwóch odmian grochu siewnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 147-152.
- [62] Kulig B., Ziółek W., 1997. Plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego i bobiku w zależności od nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 207-212.
- [63] Labes G., Ulrich A., Lentzsch P., 1996. Influence of bovine slurry deposition on the structure of nodulation *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* soil populations in a natural habitat. App. Environ. Microbiol. 62 (5), 1717-1722.
- [64] Lhuillier-Soundele A., Munier-Jolain N.G., Ney B., 1999. Influence of nitrogen availability on seed nitrogen accumulation in pea. Crop Sci. 39, 1741-1748.
- [65] Liebhard P., Mechtler K., 1986. Untersuchungen ueber ein steigendes Stickstoffangebot in Naehrloesung auf die Knoellchenbildung bei Erbse (*Pisum sativum* L.) und Ackerbohne (*Vicia faba* L.). Bodenkultur (Austria) 37 (2), 121-131.
- [66] Lista odmian roślin rolniczych 1986, 1988, 1990, 1993, 1995. COBORU, Słupia Wielka.
- [67] Lista odmian roślin warzywnych 1993. COBORU, Słupia Wielka.
- [68] Lorkiewicz Z., 1981. Genetyczna kontrola biologicznego wiązania azotu. [W:] Mikrobiologiczne przemiany związków azotowych w glebie w różnych warunkach ekologicznych. IUNG Puławy.
- [69] Lorkiewicz Z., Kowalczyk E., Kasprzyk M., Staniewski R., 1993. Poszukiwanie szczepów *Rhizobium* wysoce efektywnych w wiązaniu azotu z bobikiem. Biul. Nauk. ART w Olsztynie 29 (12), 65-69.

- [70] Losakov V.G., Sidorenko O.D., Sultanov M.M., 1981. Vlijanie pozhnivnykh udobrenij na mikrofloru dernovo pozolistoj pochvy v specializirovanykh zernovykh sevooborotach. Izv. TSCHA 5, 70-78.
- [71] Łanowska J., 1966. Wpływ rodzaju pokarmu azotowego na rozwój mikrozyzy w korzeniach grochu. Pam. Puł. 21, 365-384.
- [72] Łoginow W., Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., 1987. Zmienność ogólnej zawartości i poszczególnych form azotu w glebie. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 23, 13-29.
- [73] Łoginow W., Wiśniewski W., Janowiak J., 1981. Zmienność ogólnej zawartości węgla w glebie. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 13, 5-15.
- [74] Mahon J.D., Child J.J., 1979. Growth response of inoculated peas (*Pisum sativum* L.) to combined nitrogen. Can. J. Bot. 57, 1687-1693.
- [75] Martensson A.M., Rydberg I., 1996. Wechselwirkungen zwischen Erbsensorte und Rhizobium Stamm unter Beruecksichtigung der fruehen Symbiose, der Knoellchenbildung und der N-Aufnahme. Plant Breed. 115 (5), 402-406.
- [76] Mercik S., Mercik T., 1974. Działanie azotu mineralnego na rośliny motylkowe uprawiane na glebach o różnym zakażeniu bakteriami brodawkowymi. Roczn. Nauk Roln. 100A (2), 73-84.
- [77] Morandi D., Sagan M., Prado-Vivant E., Duc G., 2000. Influence of genes determining supernodulation on root colonization by the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in *Pisum sativum* and *Medicago truncatula* mutants. Mycorrhiza 10, 37-42.
- [78] Myśków W., Wróblewska B., Stachyra A., Perzyński A., 1988. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na biologiczne wiązanie azotu atmosferycznego oraz na produktywność gleb lekkich. Pam. Puł. 93, 131-142.
- [79] Nalborczyk E., 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. Frag. Agron. 4, 147-150.
- [80] Nelson L.M., 1983. Variation in ability of *Rhizobium leguminosarum* isolates to fix dinitrogen symbiotically in the presence of ammonium nitrate. Can. J. Microbiol. 29, 1626-1633.
- [81] Nowak A., Michalewicz W., Jakubiszyn B., 1993. Wpływ nawożenia obornikiem, słomą i biohumusem na liczebność bakterii, grzybów, promieniowców oraz biomasę mikroorganizmów w glebie. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo LVII, 101-113.
- [82] Nowotny-Mieczyńska A., 1969/70. Problemy biologicznego wiązania wolnego azotu. Post. Mikrobiol. VIII (2), 193-203.
- [83] Nowotny-Mieczyńska A., Araźna J., 1965. Wpływ dolistnego lub dokorzeniowego stosowania molibdenu na symbiozę lucerny. Pam. Puł. 20, 75-82.

- [84] Nowotny-Mieczynska A., Arażna J., 1968. Wpływ długości dnia na symbiozę soi i seradeli w zależności od różnych dawek azotu amonowego. Pam. Puł. 33, 177-196.
- [85] Nowotny-Mieczynska A., Maliszewska W., Wróbel T., 1971. Problemy symbiozy roślin motylkowych z *Rhizobium*. Wyd. IUNG Puławy.
- [86] Pięta D., 1994. Healthiness and yielding of soybean (*Glycine max.* (L.) Merrill) inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. Acta Microbiol. Pol. 43 (2), 199-204.
- [87] Podleśna A., Wojcieszka-Wyskupajtyś U., 1996. Dynamika pobierania mikroskładników przez groch w zależności od żywienia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 13-17.
- [88] Podleśny J., 1997. Wpływ zaprawiania nasion nitraginą i molibdenem oraz nawożenia azotem na plonowanie łubinu białego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 287-290.
- [89] Pomanov V.I., Chetkova S.A., Tikhonovich I.A., Chermenskaja I.E., Kretovich V.L., 1987. Azotofaksacja i dynamika postępujenija ^{14}C , assimilirovannogo list'jami, v klubien'ki khlorofil'nykh mutantov gorokha. Fiz. Rast. 34 (3), 486-492.
- [90] Praca zbiorowa pod red. F. Rudnickiego i Z. Skindera, 1999. Zrównoważony rozwój produkcji rolniczej i kształtowanie krajobrazu wiejskiego w regionie kujawsko-pomorskim. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
- [91] Praca zbiorowa pod red. T. Mazura, 1991. Azot w glebach uprawnych. PWN Warszawa.
- [92] Praca zbiorowa pod red. T. Witka, 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Puławy.
- [93] Prusiński J., Skinder Z., Sypniewski J., Sadowski Cz., 1996. Reakcja grochu siewnego jadalnego na kondycjonowanie i zaprawianie nasion. Frag. Agron. 1, 70-79.
- [94] Radziszewski A., 1958. Groch siewny i polny. PWRiL Warszawa.
- [95] Rajs T., 1989. Wpływ szczepienia nasion nitraginą na rozwój i plon grochu siewnego. Mat. konf. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. Cz. III. IUNG Puławy, 74-79.
- [96] Rennie R.J., Dubetz S., 1986. Nitrogen⁻¹⁵-determined nitrogen fixation in field-grown chickpea, lentil, faba bean, and field pea. Agronomy J. 78, 645-660.
- [97] Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, 2000. Główny Urząd Statystyczny, LIX, Warszawa.
- [98] Rubes L., 1971. Vztah mikroelementu molybdenu k stupnovanym davkam dusiku u hrachu. Agrochemia 11 (7), 207-211.

- [99] Rubes L., Kralova K., 1973. The effect of mineral nitrogen and molybdenum on the symbiotic fixation of nitrogen in pea (*Pisum sativum* L.). Rostl. Vyroba 19 (4), 397-408.
- [100] Sagan M., Gresshoff P.M., 1996. Developmental mapping of nodulation events in pea (*Pisum sativum* L.) using supernodulating plant genotypes and bacterial variability reveals both plant and *Rhizobium* control of nodulation regulation. Plant Sci. 117, 167-179.
- [101] Sawicka A., 1983. Ekologiczne aspekty wiązania azotu atmosferycznego. Roczn. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk. 134.
- [102] Scott J.S., Knudsen G.R., 1999. Soil amendment effects of rape (*Brassica napus*) residues on pea rhizosphere bacteria. Soil Biol. Biochem. 31 (10), 1435-1441.
- [103] Shiozaki N., Hattori I., Gojo R., Tezuka T., 1999. Activation of growth and nodulation in a symbiotic system between pea plants and leguminous bacteria by near-UV radiation. J. Photochem. Photobiol., B: Biol. 50, 33-37.
- [104] Silnikova V.K., Gurev V.K., Misustin E.N., 1978. Proces intensyfikowania kornowej systemy grocha klubekowymi bakteriami w присутствии соломы. Izv. Akad. Nauk SSSR, Biol. 4, 635-638.
- [105] Silsbury J.H., 1977. Energy requirement for symbiotic nitrogen fixation. Nature 267, 149-150.
- [106] Simon T., 1990. Efektivita kmenu *Rhizobium leguminosarum* v kombinaci s nekolika nowe slechtenymi odrudami hrachu seteho (*Pisum sativum* L.). Rostl. Vyroba 36 (12), 1285-1291.
- [107] Simon T., Kalalova S., 1995. Vliv habitu hrachu na symbioticke vlastnosti a rust rostlin. Rostl. Vyroba 41 (3), 123-128.
- [108] Simon T., Sindelarova M., Kalalova S., 1992. Efektivita symbiozy nativnich populaci *Rhizobium leguminosarum* biovar. *viciae* s hrachem (*Pisum sativum* L.). Rostl. Vyroba 38 (6), 475-482.
- [109] Singh G., Wright D., 1999. Effect of herbicides on nodulation, symbiotic nitrogen fixation, growth and yield of pea (*Pisum sativum*). J. Agric. Sci. 133, 21-30.
- [110] Słownik agro-bio-techniczny pod red. W. Niewiadomskiego, 1992. Lublin.
- [111] Songin H., Czyż H., 1982. Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie odmian grochu. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo XXVII, 211-217.
- [112] Sprent J.I., Bradford A.M., 1977. Nitrogen fixation in field beans (*Vicia faba*) as affected by population density, shading and its relationship with soil moisture. J. Agric. Sci. 88 (2), 303-310.

- [113] Strzelec A., 1987. Selekcja szczepów *Rhizobium leguminosarum* aktywnych w symbiozie z bobikiem uprawianym na glebie kwaśnej, nawożonej azotem. Roczn. Glebozn. 4, 55-69.
- [114] Strzelec A., 1988. Symbiotyczne wiązanie wolnego azotu. Cz. I. Znaczenie bakterii symbiotycznych, ich występowanie w glebach i szczepionki *Rhizobium* dla roślin motylkowatych. Post. Nauk Roln. 4, 17-27.
- [115] Strzelec A., 1988. Symbiotyczne wiązanie wolnego azotu. Cz. II. Wpływ właściwości biotycznych i odczynu gleb na zdolność konkurencyjną szczepów *Rhizobium* i ich symbiozę z roślinnym gospodarzem. Post. Nauk Roln. 5/6, 19-28.
- [116] Strzelec A., 1990. Najnowsze badania nad właściwościami i klasyfikacją bakterii symbiotycznych roślin motylkowych. IUNG Puławy.
- [117] Strzelec A., 1995. Wpływ drobnoustrojów glebowych na rozwój *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* i ich symbiozę z roślinami motylkowatymi. Cz. I. Wpływ autochtonicznej mikroflory glebowej i wolno żyjących asymilatorów N_2 z rodzajów *Azospirillum* i *Azotobacter*. Post. Nauk Roln. 2, 25-35.
- [118] Strzelec A., 1995: Wpływ drobnoustrojów glebowych na rozwój *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* i ich symbiozę z roślinami motylkowatymi. Cz. II. Wpływ bakterii z rodzaju *Pseudomonas*. Post. Nauk Roln. 5, 77-86.
- [119] Strzelec A., Dec-Plewka S., 1992. Wpływ pestycydów na rozwój i aktywność bakterii wiążących N_2 . Pam. Puł. 101, 99-106.
- [120] Strzelec A., Martyniuk M., 1993. Wpływ zapraw nasiennych na rozwój *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* oraz na plonowanie szczepionych nimi roślin. Pam. Puł. 103, 195-207.
- [121] Strzelec A., Martyniuk M., 1994. Uboczne działanie fungicydów tiuramowych na rozwój szczepów *Rhizobium*, ich przeżywalność na nasionach i aktywność symbiozy z koniczyną i lucerną. Pam. Puł. 104, 101-113.
- [122] Strzelec A., Oroń J., 1987. Wpływ kadmu na rozwój szczepów *Rhizobium* i aktywność ich symbiozy z roślinami motylkowatymi. Roczn. Glebozn. 2, 101-109.
- [123] Sypniewski J., 1986. Problemy uprawy roślin strączkowych w Polsce. Frag. Agron. 1, 29-36.
- [124] Szukalski H., 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL Warszawa.
- [125] Szukała J., Maciejewski T., Sobiech S., 1997. Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie bobiku, grochu siewnego i łubinu białego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 247-252.
- [126] Świącicki W., Świącicki W.K., Wiatr K., 1997. Historia, współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli roślin strączkowych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 446, 15-32.

- [127] Świącicki W.K., 1975. Badania systemu korzeniowego *Pisum sativum* L. Hod. Ros. 5, 10-16.
- [128] Świącicki W.K., 1980. Wpływ ilości wysiewu na plon siedmiu krajowych i zagranicznych odmian grochu siewnego. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 76, 181-201.
- [129] Trevino I.C., Murray G.A., 1975. Nitrogen effects on growth, seed yield and protein of seven pea cultivars. Crop Sci. 15 (4), 500-502.
- [130] Urbanowski S., Rajs T., 1997. Wpływ zmianowań i głębokości orki na plony grochu pastewnego. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 41, 13-18.
- [131] Uziak Z., 1965. Wykorzystanie azotu nieorganicznego lub organicznego przez rośliny motylkowe przy różnym stosunku C:N w roślinach. Cz. III. Wpływ żywienia azotowego na stosunek węglowodanów do azotu u grochu i łubinu. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, XX C, 315-345.
- [132] Vanek P., Knop K., 1972. Vliv molybdenu a kobaltu na fixaci dusiku u hrachu. Rostl. Vyroba 18 (5), 521-529.
- [133] Visser de R., 1985. Efficiency of respiration and energy requirements of N assimilation in roots of *Pisum sativum*. Physiol. Plant. 65, 209-218.
- [134] Waterer J.G., Vessey J.K., 1993. Effect of low static nitrate concentrations on mineral nitrogen uptake, nodulation, and nitrogen fixation in field pea. J. Plant Nutr. 16 (9), 1775-1789.
- [135] Wiatr K., 1987-1999. Groch siewny. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Słupia Wielka.
- [136] Wojcieszka U., Giza A., Wolska E., Łyszcz S., 1993. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez groch siewny odmian Ramir i Koral. Cz. I. Dynamika przyrostu masy i plon roślin. Pam. Puł. 102, 119-132.
- [137] Wojcieszka U., Wolska E., Giza-Podleśna A., 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez groch siewny odmian Ramir i Koral. Cz. II. Akumulacja azotu. Pam. Puł. 104, 17-30.
- [138] Wróbel T., 1978. Metody określania aktywności symbiotycznej szczepów *Rhizobium*. Praca doktorska, IUNG Puławy.
- [139] Wróbel T., Gołębiowska J., 1956. Inokulacja bobowych rastienij kłubienkowymi bakteriami na raznych poczwach. Acta Microbiol. Pol. 5 (1-2), 121-124.

AGROTECHNICZNE UWARUNKOWANIA PLONOWANIA I BRODAWKOWANIA ZRÓŻNICOWANYCH ODMIAN GROCHU SIEWNEGO (*Pisum sativum* L.)

Streszczenie

W latach 1991-1997 w doświadczeniach polowych i laboratoryjnych badano wpływ nawożenia organicznego, azotem mineralnym i mikroelementami oraz stosowania nitraginy i zapraw nasiennych na plonowanie i brodawkowanie zróżnicowanych morfologicznie i użytkowo odmian grochu siewnego. Doświadczenia polowe przeprowadzono w woj. kujawsko-pomorskim w Przechowie i Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego ATR Mochelek. Jako nawóz organiczny, pod uprawę odmiany 'Gniewko' wykorzystano słomę zbożową lub nawóz zielony z gorczyca białej uprawianej w międzyplonie ścierniskowym. Stosowane nawożenie azotem mineralnym obejmowało dawki: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹. Wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy, zawierający B, Zn, Mn, Cu, Mo i Fe, stosowano przedsięwnie lub dolistnie na dwie, reprezentujące odmienny typ ulistnienia odmiany grochu 'Jaran' i 'Stella'. Nitraginą szczepiono glebę lub nasiona. Badano także efekt jednoczesnego stosowania nitraginy i chemicznych zapraw nasiennych na zasiedlenie przez grzyby korzeni trzech, różniących się między innymi budową okrywy nasiennej odmian grochu – 'Bart', 'Cyrkon' i 'Senator'.

W największym stopniu – niezależnie od lat badań – na plony nasion i słomy odmian grochu siewnego wpłynęło chemiczne zaprawianie materiału siewnego.

Stosowanie słomy jako nawozu organicznego i szczepienie nitraginą prowadziło do zwiększenia, a nawożenie azotem mineralnym, przedsięwna aplikacja mikroelementów i użycie zapraw chemicznych do spadku nodulacji, wyrażonej liczbą i masą brodawek korzeniowych oznaczonych w fazie 3-4 liści. W fazie kwitnienia liczba i masa brodawek korzeniowych nie zależała już od przedsięwnych zabiegów agrotechnicznych. Plony odmian grochu siewnego nie zależały od wielkości nodulacji.

W poszczególnych latach odmiana 'Gniewko' uprawiana na glebie nawożonej słomą, reagowała wahaniami plonów nasion i słomy w granicach do 15 % w porównaniu z jej uprawą bez nawożenia organicznego. Nawóz zielony z gorczyca białej nie miał wpływu na plony nasion i słomy odmiany „Gniewko”. Stosowanie pod tę odmianę azotu mineralnego, szczególnie w dawkach 60 i 90 kg·ha⁻¹, prowadziło do zwiększenia udziału liści i kwiatów w masie nadziemnej oraz przyrostu liczby strąków na roślinie. W porównaniu z roślinami uprawianymi bez nawożenia azotem, zastosowanie dawki N 60 kg·ha⁻¹ spowodowało przyrost plonów nasion i słomy, ale tylko w chłodnym i wilgotnym roku.

Stosowanie mikroelementów, szczególnie w formie oprysku dolistnego, powodowało wzrost plonu nasion wąsolistej odmiany 'Jaran' i zawartości białka ogółem w nasionach odmiany 'Stella' o liściach parzystopierzastych.

Chemiczne zaprawianie materiału siewnego prowadziło do obniżenia liczebności grzybów zasiedlających korzenie. Zabieg ten pozwolił przede wszystkim na uzyskanie planowanej obsady, a w efekcie przyrost plonów nasion i słomy odmian 'Cyrkon', 'Senator'. Stosowanie zapraw chemicznych nie miało wpływu na obsadę i plony odmiany 'Bart'.

Nitragina przyczyniła się do spadku liczebności grzybów patogenicznych i saprofitycznych, zasiedlających korzenie grochu w początkowej fazie rozwoju roślin.

Zawartość białka ogółem w nasionach grochu zależała głównie od przebiegu pogody i uwarunkowań genetycznych odmian. Zabiegi agrotechniczne, za wyjątkiem dolistnego nawożenia mikroelementami, nie powodowały wzrostu zawartości tego składnika w nasionach.

IMPACT OF AGRONOMIC PRACTICES ON YIELDING AND NODULATION OF VARIED PEA (*Pisum sativum* L.) CULTIVARS

Summary

The 1991-1997 field and laboratory experiments investigated the effect of organic, mineral nitrogen and microelement fertilisation and of the application of nitragine inoculation and seed dressing on yielding and nodulation of pea cultivars whose morphology and usage differed. Three field experiments were carried out in the Kujawy and Pomorze province, at Przechowo and at the Mochelek Experiment Station of the Bydgoszcz University of Technology and Agriculture. Cereal straw and white mustard cultivated as a stubble intercrop constituted the organic manure for 'Gniewko'. The following nitrogen rates were applied: 0, 30, 60 and 90 kg·ha⁻¹. The pre-sowing or foliar application of a multi-component microelement fertiliser, which contained B, Zn, Mn, Cu, Mo and Fe included 'Jaran' and 'Stella', two pea cultivars who represent different foliage type. Soil or seeds were inoculated with nitragine. Combined effect of nitragine and chemical seed dressing was defined on roots of 'Bart', 'Cyrkon' and 'Senator' pea cultivars of different seed coats.

Irrespective of research years, pea seed and straw yields were most affected by chemical seed dressing. Straw as organic fertiliser and nitragine as an inoculant increased, while mineral nitrogen fertilisation, pre-sowing microelement application and chemical seed dressing decreased the nodulation observed in the number and weight of root nodules defined over 3-4 leaf phase. Over flowering the number and weight of root nodules no longer depended on pre-sowing agronomic practices. The pea cultivars yields were not affected by the nodulation.

Over respective years, 'Gniewko' seed and straw yields, following soil fertilisation with straw, decreased or increased by up to 15% against the control, which did not include organic fertilisation. The white mustard applied as green manure did not affect the yields, while the application of 60 and 90 kg·ha⁻¹ increased the number of pods per plant, over-the-ground plant weight and the share of leaves and flowers in the over-the-ground plant weight. The application of 60 kg·ha⁻¹ of N increased the seed and straw yields over the cool and moist year, only, as compared with the plants untreated with N.

The fertilisation with microelements, especially as foliar application, increased the seed yield of leafless 'Jaran' cultivar and the content of total protein in twin-pinnate leaf 'Stella' seeds. The chemical seed dressing resulted in a decrease in the number of fungi infecting the roots, hence desired plant densities of 'Cyrkon' and 'Senator' and, consequently, an increase in seed and straw yields. Chemical seed dressing did not affect the 'Bart' density and yields. Nitragine decreased the number of pathogenic and saprophytic fungi infecting juvenile pea roots.

The total protein content in pea seeds depended mainly on the weather conditions and genetic features of the cultivars studied. Agronomic practices, except for foliar fertilisation with microelements did not increase the total protein content in seeds.

8.50

P

Biblioteka Główna ATR w Bydgoszczy

84644



ISSN 0209-0597