Zmiany w zdrowotności i rozwoju oraz plonowaniu łubinu białego i grochu siewnego pod wpływem deszczowania i nawożenia mineralnego

**CEZARY PODSIADŁO¹, JANUSZ BŁASZKOWSKI²,
STANISŁAW KARCZMARCZYK¹, STEFAN FRIEDRICH³**

¹ Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania, ² Katedra Fitopatologii, ³ Katedra Botaniki, Akademia Rolnicza w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434, Polska

Podsiadło C., Błaszkowski J., Karczmarczyk S., Friedrich S. (¹Department of Plant Production and Irrigation, ²Department of Photopathology, ³Department of Botany, University of Agriculture in Szczecin, Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland). Changes in plant health, development and yielding of white lupine and pea.

(Otrzymano dn. 10 czerwca 2002)

Summary

In 1995-1998 two field experiments were carried out on a sandy soil. Supplemental irrigation and mineral fertilization modified the yield of pea and white lupine. Higher yield increases gave pea. Furthermore, the applied practices influenced both the anatomical and morphological features of both plant species. Leaves of irrigated and well fertilized plants were bigger and had an increased number of stomata of larger dimensions. Leaves of both plant species harboured numerous populations of spores of microscopic fungi. More abundant spore populations of these fungi were isolated from the white lupine leaves. The most frequently revealed spores were those of the genera *Cladosporium* and *Uromyces*. In white lupine, the abundance of spores associated with leaves increased due to the irrigation applied, whereas in pea following the use of fertilizers. Additionally, irrigation increased the number of spores of arbuscular fungi of the genus *Glomus* in the root zone of pea, but decreased their occurrence among roots of white lupine.

Key words: łubin biały, groch siewny, deszczowanie, nawożenie, plonowanie, *Cladosporium*, *Uromyces*, *Glomus*.

WSTĘP

Zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi (F o t y m a i G o n e t, 1992) do uprawy strączkowych na nasiona najbardziej nadaje się północna część Polski. Ze względu jednak na przewagę występujących tam gleb lekkich, o małej zdolności do retencji wody, oraz ze względu na częste niedobory opadów w okresie wegetacji, zmienność plonów omawianych roślin w poszczególnych latach jest bardzo duża. Z pewnością można temu przeciwdziałać przez stosowanie m.in. uzupełniającego deszczowania (P o d s i a d ł o, 2001).

Z dotychczas przeprowadzonych doświadczeń wynika, że plonotwórcza rola deszczowania jest nie mniejsza niż nawożenia mineralnego, tym bardziej, że największe przyrosty plonów w wyniku nawadniania uzyskiwano w warunkach ograniczających efektywność nawożenia, a więc w latach suchych i na glebach lekkich (B o r ó w c z a k i n., 1992; H e r b e r t i H i l l, 1978; K a r c z m a r c z y k, 1979; P o d s i a d ł o i n., 1997).

Rozwój roślin na polach nawadnianych zachowuje podobną rytmikę jak na polach nienawadnianych. Pojawia się jednak wiele istotnych zmian cech morfologicznych i anatomicznych, które wpływają na wielkość i jakość plonu. Do najczęściej spotykanych zmian w budowie morfologicznej i anatomicznej roślin nawadnianych należy zaliczyć: wzrost powierzchni liści, stosunku masy nadziemnej do korzeni, wydłużenie pędów (międzywęzli) oraz zwiększenie liczby węzłów i wydelikacenie blaszek liściowych. Na podstawie przeprowadzonych dotychczas badań (M i k o ł a j c z a k, 1976; P o d s i a d ł o, 2001) można stwierdzić, że pod wpływem nawadniania rośliny tracą cechy kserofityczne, prowadzą mniej oszczędną gospodarkę wodną, są delikatniejsze, posiadają mniejsze ilości tkanek okrywających i wzmacniających, natomiast mają grubszą warstwę miękiszu, zwłaszcza gąbczastego. Zmiany te są bardzo podobne zarówno w liściach, jak i łodygach oraz owocach badanych roślin. Warto jednak podkreślić, że duże dawki nawozów często działają przeciwnie, tj. przeciwdziałają utracie przez rośliny cech kserofitycznych.

Warunki zewnętrzne, zwłaszcza wilgotność i temperatura, oprócz wpływu na rozwój rośliny, oddziałują także na występowanie organicznych (infekcyjnych) czynników chorobotwórczych. Na ogół przy nawadnianiu deszczownianym, mimo iż nie trwa ono dłużej niż 2-3 godziny, obserwuje się niekiedy zwiększenie nasilania chorób infekcyjnych. Spotyka się także informacje wskazujące na pozytywny wpływ tego zabiegu na zdrowotność roślin, jak np. ograniczenie suchej plamistości liści, parcha zwykłego ziemniaka, białej plamistości pomidorów czy też zmniejszenie nasilenia chorób wirusowych. Zarówno rozwój roślin, jak i ich zdrowotność w istotny sposób zależą od mikrobiologicznej aktywności ryzosfery. Jednym z jej aspektów są grzyby mikoryzowe. Jak twierdzą liczni badacze znaczenie tych organizmów jest wielorakie, m.in. powodują zwiększenie pobierania składników pokarmowych, stymulują symbiozę bakterii *Rhizobium* z roślinami motylkowymi jak również chronią przed infekcją patogenicznych grzybów, bakterii, nicieni (B ł a s z k o w s k i, 1991; P f l e g e r i L i n d e r m a n n, 1994).

Celem przeprowadzonych doświadczeń było określenie wpływu deszczowania i zróżnicowanego nawożenia mineralnego na budowę anatomiczną, zdrowotność, występowanie grzybów arbuskularnych oraz plonowanie łubinu białego i grochu siewnego, uprawianych na glebie lekkiej - kompleksu żyniego dobrego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1995-1998 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Lipnik k. Stargardu Szczecińskiego przeprowadzono doświadczenia polowe na glebie brunatnej kwaśnej, wytworzonej z piasku zwałowego lekkiego naglinowego. Gleba ta odznacza się małą zawartością próchnicy (1,3-1,5%), części spławialnych (11-13%), przyswajalnych form fosforu ($12-16 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) i potasu ($11-16,5 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$). Poziom wody gruntowej znajduje się poniżej 3 m. Gleba ta jest zaliczana do kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb, a pod względem uprawy - do gleb lekkich o małej retencji wody użytkowej.

Doświadczenia założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym z dwoma czynnikami (split-plot), w czterech powtórzeniach. Schemat doświadczenia obejmował: czynnik I rzędu z obiektami: O - bez deszczowania, W - z deszczowaniem, czynnik II rzędu - 3 poziomy nawożenia mineralnego NPK na tle obiektu kontrolnego (bez nawożenia). Kolejne poziomy nawożenia wynosiły: 1 NPK - $120 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}(20+40+60)$; 2 NPK - $240 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}(40+80+120)$ i 3 NPK - $360 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}(60+120+180)$.

Deszczowanie stosowano według metody dekadowych potrzeb opadowych roślin, opracowanej przez D z i e Ź y c a i n., (1987), za pomocą półstałej deszczowni ze zraszacami typu Rinka o wydajności $8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Wielkość sezonowych dawek wody pod groch i łubin w poszczególnych okresach wegetacji wahała się od 40 do 100 mm, w zależności od sum opadów atmosferycznych w poszczególnych latach badań.

W czasie wegetacji roślin wykonano pomiary powierzchni asymilacyjnej liści przy wykorzystaniu analizatora Delta-T Image Analysis System (DIAS, Delta-T, Devices Ltd., Cambridge, Wielka Brytania). Ponadto określono stopień porażenia liści przez grzyby, wykorzystując do tego umowne skale procentowe. Występowanie zarodników grzybów zasiedlających liście określono po ich splukaniu w naczyniu z wodą. Liście mieszano intensywnie wykorzystując mieszadło magnetyczne. Zagęszczenie zarodników i ich przynależność rodzajową lub gatunkową określono przy pomocy komory Thoma obserwowanej pod mikroskopem świetlnym. W zebranym materiale roślinnym zbadano niektóre cechy anatomiczne liścia i pędu, wykonując po 15 powtórzeń dla każdej ocenianej cechy. Oprócz tego w pobranej spod roślin glebie ryzosferowej oznaczono rodzaj i liczebność zarodników grzybów arbuskularnych. Zarodniki te izolowano metodą Gerdemanna i Nicolsona (B ł a s z k o w s k i, 1991). Po zbiorach roślin obliczono plon nasion ze wszystkich kombinacji doświadczenia w czterech powtórzeniach, a uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, oceniając istotność różnic przy $\text{NUR}_{0,05}$ testem Tukey'a.

WYNIKI

Warunki meteorologiczne oraz sezonowe dawki deszczowania w poszczególnych latach badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Suma opadów i średnia temperatura powietrza w sezonach wegetacji 1995-1998 w porównaniu do lat 1960-1990 oraz dawki wody zastosowane do deszczowania

Table 1

Sum of rainfalls and an average air temperature during vegetation in 1995-1998 compared with those of the years 1960-1990, as well as doses of applied water

Rok year	Suma opadów i średnia temperatura powietrza Sum of rainfalls and an average air temperature				Odchylenie w odniesieniu do wielolecia Deviation from multiyear data				Sezonowe dawki deszczowania Seasonal rates of irrigation (mm)	
	groch siewny pea		łubin biały white lupine		groch siewny pea		łubin biały white lupine		groch siewny pea	łubin biały white lupine
	(mm)	(°C)	(mm)	(°C)	(mm)	(°C)	(mm)	(°C)		
1995	139,8	14,0	139,8	14,0	-80,2	0,8	-80,2	0,8	80	100
1996	288,2	14,2	390,6	13,6	6,2	0,2	61,4	-0,1	40	40
1997	278,2	13,6	297,7	14,8	58,2	0,4	15,7	0,8	70	70
1998	192,7	14,8	256,9	15,4	-27,3	1,6	-25,1	1,4	70	80
1995- 1998	224,7	14,2	275,0	14,7	-43,1	0,7	-28,2	0,7	65	73

Porównując czteroletnie (1995-1998) ze średnimi wieloletnimi, można stwierdzić, iż było ono umiarkowanie suche, o typowym rozkładzie opadów w poszczególnych miesiącach. Okres wegetacji zarówno grochu siewnego, jak i łubinu białego w latach 1995-1998 cechował się temperaturą powietrza wyższą o 0,7°C niż w wieloleciu. Najcieplejszymi miesiącami okazały się kwiecień, lipiec i sierpień.

Spśród ocenianych czynników doświadczenia jedynie deszczowanie wpływało na wegetację grochu i łubinu (tab. 2). Najdłuższy okres wegetacji miał łubin biały (145 dni), najkrótszy zaś - groch (119 dni). Pod wpływem deszczowania wegetacja łubinu białego przedłużyła się o 5 dni, natomiast grochu siewnego jedynie o 2 dni. Istotny wpływ czynników doświadczenia stwierdzono na powierzchnię asymilacyjną obu gatunków strączkowych. W efekcie nawadniania znacznie bardziej wzrosła powierzchnia liści grochu (40%) aniżeli łubinu (21%). Podobnie na tą cechę oddziaływało nawożenie w dawce 360 kg NPK · ha⁻¹ (3 NPK). Większy przyrost powierzchni asymilacyjnej liści stwierdzono również w grochu, (125%) chociaż w łubinie był on także duży (93%).

Przeprowadzone badania dowodzą, że liczba aparatów szparkowych na 1 mm² powierzchni liścia w skórcie górnej i dolnej wzrastała wraz z nawożeniem oraz nawadnianiem obu gatunków strączkowych (tab. 3). Podobnie długość aparatów szparkowych wzrastała zarówno pod wpływem nawadniania, jak i nawożenia.

Tabela 2

Długość wegetacji oraz powierzchnia liści w zależności od stosowanych zabiegów

Table 2

Duration of vegetation and the assimilative leaf area depend on the treatment applied

Objekt Object		Liczba dni No. of days		(+) (-)		Powierzchnia asymilacyjna Assimilative area (cm ²)	
		groch siewny pea	łubin biały white lupine	groch siewny pea	łubin biały white lupine	groch siewny pea	łubin biały white lupine
Deszczowanie Irrigation	O	119	145	+2	+5	478 a	458 a
	W	121	150			667 b	557 b
Nawożenie Fertilization	0 NPK	Brak różnicowania w długości wegetacji No differences in the length of vegetation				350 a	331 a
	1 NPK					475 b	453 b
	2 NPK					677 c	610 c
	3 NPK					789 d	637 d
NUR _{0.05} dla: deszczowania - for irrigation LSD _{0.05} dla nawożenia - for fertilization		-				34	35
						21	26

Tabela 3

Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na cechy anatomiczne liści i łodyg

Table 3

Influence of irrigation and mineral fertilization on anatomical properties of leaves and stems

Badana cecha Studied character	groch siewny – pea				łubin biały – white lupine			
	0NPK	0NPK +W	3NPK	3NPK +W	0NPK	0NPK +W	3NPK	3NPK +W
Liść – leaf								
1. Liczba aparatów szparkowych (szt/mm ²) – no. of stomata per mm ²								
a) górna skórka liścia – upper leaf peel	2,52	3,26	2,56	4,71	2,77	3,44	3,10	3,19
b) dolna skórka liścia – lower leaf peel	1,62	1,84	2,52	2,94	1,51	1,51	2,18	2,35
2. Długość aparatów szparkowych – Length of stomata (μm)								
a) górna skórka liścia – upper leaf peel	27,2	28,1	30,1	51,4	26,7	37,5	28,1	36,8
b) dolna skórka liścia – lower leaf peel	30,4	30,9	33,1	55,8	47,9	47,9	39,5	42,5
Łodyga – stem								
1. Grubość komórek skórki z kutykulą – thickness of peel cells with cuticle (μm)	23,5	25,0	25,0	25,5	28,1	33,6	34,5	41,0
2. Grubość warstwy kolenchymy – thickness of collenchymal layer (μm)	22,9	18,6	25,8	14,8	23,4	24,9	26,2	27,5
3. Grubość ściany komórkowej naczynia – thickness of vascular cell wall (μm)	12,9	10,1	7,65	4,94	3,17	2,71	2,22	4,56

W łodydze grochu oraz łubinu stwierdzono także wzrost grubości komórek skórki wraz z kutykulą pod wpływem nawadniania, odpowiednio o 6 i 23%, a nawożenia o 4 i 19%. Kompleksowy wpływ nawożenia i nawadniania spowodował wzrost grubości komórek skórki grochu siewnego o 9%, a łubinu białego o 46%.

Zróżnicowany natomiast był wpływ obu zabiegów agrotechnicznych na grubość warstwy kolenchymy. Cecha ta zwiększyła się pod wpływem nawożenia i nawadniania łubinu odpowiednio o 12 i 6%, natomiast w łodydze grochu warstwa kolenchymy zwiększyła się w efekcie nawożenia o 13%, a zmalała pod wpływem deszczowania o 14%. Ponadto wysokie nawożenie zwiększyło grubość ściany komórkowej naczyń w łodygach grochu i łubinu odpowiednio o 41 i 30%. Również deszczowanie oddziaływało podobnie na łubin, zwiększając grubość jego ściany naczyń o 34%. Natomiast w łodydze nawadnianego grochu, ściany naczyń były cieńsze o 27%.

Z zestawienia danych tabeli 4 wynika, że zarówno wysokie nawożenie jak i deszczowanie miały wyraźny wpływ na zarodnikowanie grzybów na liściach łubinu białego. Nawożenie spowodowało 4-krotny wzrost liczebności wytworzonych zarodników, a deszczowanie 1,5-krotny. Wśród zarodników wyodrębnionych z liści

Tabela 4

Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na występowanie zarodników grzybów na liściach roślin strączkowych ($10^3/\text{ml}$)

Table 4

Influence of irrigation and mineral fertilization on the occurrence of fungal spores on leaves of leguminous plants (10^3 per ml)

Gatunek Species	Obiekt Object		Grzyby - fungi				Stopień porażenia Degree of infection (%)
			<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Pleiochaeta</i> setosa	<i>Uromyces</i> sp.	razem total	
Groch siewny Pea	nawożenie fertilization	0NPK	-	-	750	750	32,6
		3NPK	-	-	-	-	34,9
	deszczowanie irrigation	O	-	-	-	-	35,6
		W	-	-	750	750	32,0
Łubin biały White lupine	nawożenie fertilization	0NPK	-	750	-	750	43,3
		3NPK	750	-	2250	3000	34,4
	deszczowanie irrigation	O	-	-	1500	1500	38,1
		W	750	750	750	2250	39,5

łubinu nawożonego dawką $360 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ najwięcej pochodziło od grzybów rdzawnikowych ($2250 \text{ tys. zarodników} \cdot \text{ml}^{-1}$) i przedstawicieli rodzaju *Cladosporium* ($750 \text{ tys. zarodników} \cdot \text{ml}^{-1}$). Z liści łubinu uprawianego na poletkach nienawożonych wyodrębniono tylko zarodniki *Pleiochaeta setosa* ($750 \text{ tys. zarodników} \cdot \text{ml}^{-1}$) - sprawcy brunatnej plamistości łubinu. Grzyby te w takim samym nasileniu pojawiły się na liściach roślin deszczowanych. Pod wpływem tego zabiegu pojawiły się również zarodniki z rodzaju *Uromyces*, chociaż w warunkach naturalnych było ich 2-krotnie więcej. Ze zbitych liści grochu wyizolowano tylko zarodniki z rodzaju *Uromyces*;

ich liczebność była podobna na liściach pochodzących z poletek nienawożonych i poletek nawadnianych. Również wskaźnik porażenia liści zależał od gatunku rośliny oraz warunków wodnych i nawozowych występujących w doświadczeniach (tab. 4). Na ocenianych liściach łubinu białego zaobserwowano objawy chorobowe w postaci żółto-brunatnych do brunatnych plamistości. Spośród ocenianych gatunków najbardziej porażony był łubin biały. Rośliny nawadniane tego gatunku były o 4% silniej porażone, natomiast nawożenie zmniejszyło ich stopień porażenia. Odminną reakcję na działanie deszczowania i wysokiego nawożenia zaobserwowano w grochu siewnym. Otóż nawadnianie spowodowało zmniejszenie porażenia o 11%, a nawożenie jego wzrost o 7%.

Z analizowanych próbek glebowych (tab. 5) łącznie wyodrębniono 291 zarodników reprezentujących 5 gatunków grzybów z rodzaju *Glomus* i jeden gatunek z rodzaju *Acaulospora*. Najliczniej reprezentowane było *Glomus dominikii* (łącznie 160 zarodników), następnie *Glomus constrictum* (86 zarodników) i *Glomus caledonium* (27 zarodników). Najmniej było zarodników *Glomus deserticola* (1 zarodnik) i *Glomus etunicatum* (5 zarodników). Najwięcej zarodników ze 100 gramów suchej gleby wyodrębniono z prób pochodzących spod grochu (łącznie 286 szt.), a najmniej spod łubinu (4,5 szt.). Nawadnianie zwiększyło zagęszczenie zarodników wśród korzeni grochu, lecz obniżyło ich występowanie wśród korzeni łubinu. Najwyższa dawka nawożenia mineralnego (3 NPK) w przypadku łubinu nie miała wyraźnego wpływu na ogólną liczbę wyodrębnionych zarodników ani na zagęszczenie zarodników każdego gatunku grzyba arbuskularnego. W przypadku grochu nawożenie dawką 360 kg NPK · ha⁻¹ spowodowało znaczny spadek liczby zarodników grzybów arbuskularnych w glebie.

Tabela 5

Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na występowanie zarodników grzybów arbuskularnych w glebie ryzosferowej (szt. · 100 g⁻¹ gleby)

Table 5

Influence of irrigation and mineral fertilization on the occurrence of spores of arbuscular fungi in rhizosphere soil (no. of spores in 100 g of soil)

Objekt Object		Glomus					Acaulospora	Razem Total
		constrictum	caledonium	etunicatum	dominikii	deserticola		
Groch siewny - pea								
Nawożenie	0NPK	25,0	7,5	1	61,5	0,5	5	100,5
Fertilization	3NPK	18,0	6,0	-	18,5	-	-	42,5
Deszczowanie	O	11,5	4,0	1	40,5	0,5	-	57,5
Irrigation	W	31,5	9,5	-	39,5	-	5	85,5
Łubin biały – white lupine								
Nawożenie	0NPK	-	-	1	-	-	-	1
Fertilization	3NPK	-	-	0,5	-	-	0,5	1
Deszczowanie	O	-	-	1	-	-	1	2
Irrigation	W	-	-	0,5	-	-	-	0,5
Suma - Total		86,0	27,0	5,0	160,0	1,0	11,5	290,5

Z danych zestawionych w tabelach 6 i 7 wynika, że plon nasion ocenianych gatunków strączkowych z obiektów nienawadnianych wynosił średnio $3,35 \text{ (t} \cdot \text{ha}^{-1}\text{)}$. Gatunkiem lepiej plonującym w tych warunkach okazał się groch siewny ($3,60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). W poszczególnych latach badań produktywność roślin w największym stopniu zależała od ilości opadów atmosferycznych.

Tabela 6
Plon nasion grochu siewnego ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Table 6
Yield of pea seeds ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Obiekt Object		Rok - year				
		1995	1996	1997	1998	1995-1998
Deszczowanie Irrigation	O	3,17 a	4,48 a	3,45 a	3,30 a	3,60 a
	W	4,62 b	5,06 b	4,29 b	4,68 b	4,66 b
Nawożenie Fertilization	0 NPK	2,66 a	3,25 a	2,34 a	2,73 a	2,74 a
	1 NPK	3,94 b	4,58 b	3,67 b	3,90 b	4,02 b
	2 NPK	4,46 c	5,48 c	4,65 c	4,60 c	4,80 c
	3 NPK	4,53 c	5,78 d	4,81 d	4,75 c	4,97 d
NUR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	deszczowania – irrigation	0,12	0,09	0,13	0,06	0,10
	nawożenia – fertilization	0,08	0,11	0,12	0,15	0,14
	lat x deszczowanie – years x irrigation	-	-	-	-	0,24
	lat x nawożenie – years x fertilization	-	-	-	-	0,33

Tabela 7
Plon nasion łubinu białego ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Table 7
Yield of white lupine seeds ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Obiekt Object		Rok - year				
		1995	1996	1997	1998	1995-1998
Deszczowanie Irrigation	O	3,30 a	3,96 a	2,14 a	2,96 a	3,09 a
	W	4,23 b	4,25 b	2,55 b	3,73 b	3,69 b
Nawożenie Fertilization	0 NPK	2,76 a	2,61 a	1,65 a	2,38 a	2,35 a
	1 NPK	3,84 b	4,22 b	1,91 b	2,90 b	3,22 b
	2 NPK	4,21 c	4,73 c	2,81 c	4,03 c	3,95 c
	3 NPK	4,25 c	4,86 c	3,02 d	4,07 c	4,05 c
NUR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	deszczowania – irrigation	0,24	0,17	0,14	0,18	0,15
	nawożenia – fertilization	0,18	0,19	0,13	0,09	0,16
	lat x deszczowanie – years x irrigation	-	-	-	-	0,22
	lat x nawożenie – years x fertilization	-	-	-	-	0,29

W najobfitszym w opady 1996 roku plony roślin nienawadnianych wahały się zależnie od gatunku od $3,96$ do $4,48 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, by w najsuchszym 1995 roku osiągnąć poziom $3,17$ - $3,30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednocześnie plony nasion obu gatunków istotnie zwiększyły się pod wpływem stosowanych zabiegów, tj. nawożenia i deszczowania. W największym stopniu zwiększyły się plony grochu siewnego. Mimo, że lata, w których przeprowadzono doświadczenia nie należały do suchych, plony nasion

grochu z pól nawadnianych były (w stosunku do plonu z obiektu kontrolnego) o 29% większe a łąbinu o 19%. W roku 1995 najbardziej deficytowym pod względem opadów przyrost plonów pod wpływem nawadniania wynosił dla grochu 46% a dla łąbinu białego 28%. Ze względu na stosunkowo obfite opady w okresie wegetacji efekt nawożenia mineralnego (średni liczony z czterech lat badań) był znacznie większy niż nawadniania, i wynosił w stosunku do obiektu kontrolnego dla grochu 81%, zaś dla łąbinu 72%. Oceniając efekt nawożenia mineralnego należy stwierdzić, że duża dawka NPK (3 NPK), nawet w porównaniu z obiektem 1 NPK, powodowała zwiększenie plonu nasion grochu siewnego o 24%, a łąbinu białego o 26%. W całym czterolecu największą efektywność nawożenia stwierdzono w 1997 roku, w którym wzrost plonów nasion grochu i łąbinu wyniósł odpowiednio: 106 i 83%.

DYSKUSJA

Stworzenie roślinom uprawnym optymalnych warunków wzrostu i rozwoju umożliwia uzyskanie dużych plonów. Warunki siedliska w dużym stopniu podlegają wpływom rolnika, bowiem może on kształtować takie plonotwórcze czynniki, jak ilość składników pokarmowych i zasoby wody w glebie (P o d s i a d ł o, 2001).

Na podstawie doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 1995-1998 można stwierdzić, że układ czynników przyrodniczych miał wpływ na fenologię roślin strączkowych. Deszczowanie przedłużyło wegetację, zarówno łąbinu białego, jak i grochu siewnego. Wyniki te potwierdzają spostrzeżenia innych autorów, że choć długość okresu wegetacji roślin strączkowych jest uwarunkowana genetycznie, to jednak podlega dużej zmienności pod wpływem czynników przyrodniczych (J a s i ń s k a i K o t e c k i, 1993; R e e v e s i in., 1977). To wydłużenie okresu rozwoju strączkowych jest jedną z głównych przyczyn wytworzenia większej powierzchni liści, liczby kwiatków, strąków oraz nasion na roślinie, a w konsekwencji jest przyczyną większych i ważniejszych plonów (J a s i ń s k a i K o t e c k i, 1993; N a l b o r c z y k, 1993). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono stymulujący wpływ deszczowania, a zwłaszcza nawożenia mineralnego na powierzchnię asymilacyjną liści grochu oraz łąbinu. Zmiany budowy morfologicznej są konsekwencją zmian w budowie anatomicznej. Do najczęściej spotykanych zmian u roślin nawadnianych należą wzrost liczby i wielkości aparatów szparkowych w skórcie liścia, udziału tkanki mięsistej oraz spadek ilości tkanki wzmacniającej (M i k o ł a j c z a k, 1976; Z b i e ć i in., 1989). Uzyskane wyniki badań częściowo potwierdzają opinie innych autorów, iż rośliny nawadniane oraz nawożone tracą cechy kserofityczne, a tym samym zwiększa się u nich skłonność do wylegania (M i k o ł a j c z a k, 1976; Z b i e ć i in., 1989). Warto jednak dodać, że działanie zwiększonych dawek nawożenia mineralnego ma często działanie odwrotne, a więc jakby przeciwdziała utracie przez rośliny cech kserofitycznych. W przeprowadzonych doświadczeniach znalazło to wyraz m.in. w zwiększeniu w łodygach obu gatunków strączkowych grubości komórek skórki z kutikulą.

Nawadnianie jest najbardziej skuteczną metodą zapobiegania deficytowi wodnemu w okresie bezdeszczowym, co oczywiście zwiększa i stabilizuje plony, ale także może mieć wpływ na rozwój patogenów roślin. Aktywność i destrukcja patogenów wywołane nawadnianiem w dużej mierze zależy od biologicznych właściwości patogena i gatunku rośliny, czasu zastosowania wody, właściwości chemicznych wody i jej wpływu na symbiotyczne i antagonistyczne mikroorganizmy (B ł a s z k o w s k i, 1991). Wykonane w doświadczeniach obserwacje badanych roślin pozwoliły stwierdzić obecność chorób grzybowych. Gatunkiem silniej zaatakowanym przez grzybowe mikroskopijne w warunkach nawadniania i wysokiego nawożenia był łubin biały. Wśród wyodrębnionych zarodników najczęściej pochodziło od grzybów rdzawnikowych (2250 tys. zarodników $\cdot$ ml⁻¹) oraz z rodzaju *Cladosporium* (750 tys. zarodników $\cdot$ ml⁻¹). W warunkach naturalnych (bez nawożenia oraz nawadniania) najczęściej izolowano zarodników *Pleiochaeta setosa* (750 tys. zarodników $\cdot$ ml⁻¹) - sprawcy brunatnej plamistości łubinu. Według Z a k r z e w s k i e j (1995) patogen ten poraża rośliny silniej w rejonach i latach charakteryzujących się zwiększoną wilgotnością. Na liściach grochu pochodzącego z poletek bez nawożenia, a także z poletek nawadnianych występowanie grzybów z rodzaju *Uromyces* było podobne (750 tys. zarodników $\cdot$ ml⁻¹).

W przeprowadzonym doświadczeniu badane liście łubinu białego utrzymywały nie tylko bardziej różnorodne populacje grzybów, ale liście te były również w większym stopniu pokryte plamistościami. Liście roślin nawadnianych tego gatunku były o 4% bardziej pokryte plamistościami, natomiast nawożenie zmniejszało występowanie plamistości. Odminną reakcję na oba te zabiegi zaobserwowano w grochu siewnym. Nawadnianie obniżyło, a nawożenie zwiększyło pokrycie liści plamami. Przyczyn jakościowego i ilościowego zróżnicowania zbiorowisk grzybów na liściach badanych strączkowych należy doszukiwać się również w warunkach zewnętrznych, tj. temperaturze i opadach panujących w okresie pobierania prób do badań, a także w oddziaływaniu samych roślin.

Ważna dla zdrowotności roślin jest też aktywność biologiczna gleby. Według K a r c z m a r c z y k a (1979) w glebie nawadnianej wzrasta rozwój mikroorganizmów, szczególnie grzybów. W prezentowanych badaniach stwierdzono w glebie obecność zarodników z rodzaju *Glomus*, które M o s s e i H a y m a n (1971) uznają za powszechnie występujące i najlepiej zaadaptowane do warunków środowiska zmieniających się pod wpływem zabiegów agrotechnicznych. K o w a l c z y k (1990) uważa, że nawadnianie zwiększa infekcję przez grzyby arbuskularne. W badaniach własnych znalazło to potwierdzenie w glebie spod grochu, natomiast w glebie spod łubinu zabieg ten zmniejszył zagęszczenie zarodników. Podobny negatywny wpływ nawadniania na rozwój grzybów arbuskularnych stwierdzili m.in. G e r d e m a n n (1968) oraz M o s s e i H a y m a n (1971). Autorzy ci uważają, że wysoki poziom wody zmniejsza napowietrzenie gleby i przez to ogranicza rozwój grzybów. Poglądy na temat wpływu nawożenia mineralnego na współdziałanie grzybów glebowych i roślin wyższych są również podzielone. C h r u s z c z o w a (1974) wykazała, że nawozy mineralne zwiększają aktywność grzybów mikoryzowych. Dodatni wpływ nawożenia na rozwój grzybów

arbuskulanych przedstawił również K o l b e r g (1966). Główną cechą grzybów arbuskulanych jest to, że obficie zarodnikują zarówno w glebach ubogich jak i żyznych, dlatego nawożenie nie wywiera większego wpływu na ich występowanie. Zbliżone wyniki uzyskano w przeprowadzonych badaniach. Otóż w przypadku łubinu białego wysoka dawka nawożenia nie miała wyraźnego wpływu na ogólną liczbę zarodników ani zagęszczenie ich gatunków. Natomiast nawożenie grochu obniżyło wyraźnie liczbę zarodników grzybów arbuskulanych w glebie.

Potencjał mikoryzy arbuskulanej zależy głównie od zdolności grzybowego symbionta do pobierania fosforu z gleby i utrzymania tej zdolności niezależnie od warunków klimatyczno-glebowych i stosowanych zabiegów agrotechnicznych. Zwiększenie powierzchni asymilacyjnej, intensywności fotosyntezy, oddychania i transpiracji m.in. przez wzrost wielkości i ilości aparatów szparkowych w liściach nawadnianych i nawożonych roślin strączkowych, stymulowało proces akumulacji i produkcji biomasy, a w konsekwencji wielkość plonów nasion. Wśród gatunków strączkowych groch siewny odznacza się dużą potencjalną zdolnością plonowania (J a s i ń s k a i K o t e c k i, 1993). Również łubin biały ma duże możliwości plonotwórcze, wydając największe plony nasion ze wszystkich gatunków łubinu (S y p n i e w s k i, 1986).

W przeprowadzonych doświadczeniach w naturalnych warunkach opadowych najobficiej plonował groch siewny. Produkcyjność obu gatunków zależała od ilości opadów w sezonach wegetacji. W najbardziej obfitym w opady 1996 roku plony nasion na obiektach nienawadnianych wahały się od 3,96 (łubin biały) do 4,48 t · ha⁻¹ (groch siewny), natomiast w najsuchszym 1995 roku osiągnęły poziom 3,17-3,30 t · ha⁻¹. Lata, w których przeprowadzono doświadczenia nie należały do suchych, mimo to plony nasion grochu i łubinu z obiektów nawadnianych były większe odpowiednio o 29 i 19%. Ze względu na stosunkowo obfite opady w okresie wegetacji efekt nawożenia mineralnego był znacznie większy niż nawadniania i wynosił w przypadku grochu 81%, a łubinu 72%. W jeszcze większym stopniu zwiększyły się plony nasion pod wpływem kompleksowego działania obu zabiegów. W porównaniu z obiektem kontrolnym (bez deszczowania i nawożenia) plony nasion grochu zwiększyły się o 132%, a w porównaniu z obiektem z 1 NPK o 62%. Plon nasion łubinu zwiększył się odpowiednio o 108 i 50%.

Uzyskane wyniki wskazują na celowość stosowania uzupełniającego deszczowania i obfitego nawożenia mineralnego pod oba oceniane gatunki strączkowych, uprawiane na glebie lekkiej i tym samym w pełni potwierdzają wcześniejsze badania innych autorów (B o r ó w c z a k i in., 1992; G r a b a r c z y k i in., 1995; P o d s i a d ł o i in., 1997).

WNIOSKI

1. Zabiegi intensywnej agrotechniki - nawadnianie i nawożenie mineralne poprzez wpływ na fenologię, morfologię i anatomię roślin, a także ich zdrowotność stymulowały wielkość plonów nasion.

2. Uzyskane efekty w postaci przyrostu plonów nasion wskazują na celowość uprawy na glebie lekkiej zarówno grochu siewnego jak i łubinu białego.
3. Stosowanie nawadniania roślin strączkowych powoduje częściową utratę cech kserofityzmu, m.in. zmniejszenie grubości komórek skórki z kutikulą oraz grubości tkanki wzmacniającej. Działanie wysokiego nawożenia powoduje odwrotną reakcję.
4. Rozwój grzybów i stopień porażenia przez nie roślin na poletkach nawadnianych i nawożonych zależy przede wszystkim od gatunku uprawianej rośliny. W przeprowadzonych badaniach grzybami najczęściej zasiedlającymi groch i łubin byli przedstawiciele rodzajów *Uromyces* i *Cladosporium*.
5. Nawadnianie grochu siewnego stymuluje, natomiast łubinu białego osłabia rozwój grzybów arbuskularnych. Najpospolitszym rodzajem grzybów arbuskularnych na polach nawadnianych oraz intensywnie nawożonych jest *Glomus*.

LITERATURA

- Błaszowski J., 1991. Występowanie grzybów i mikoryz arbuskularnych (*Glomales*) oraz ich wpływ na wzrost roślin i reakcje na fungicydy. Zesz.Nauk. AR Szczecin, 140.
- Borówczak F., Szukała J., Grześ S., Maciejewski T., 1992. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plony niektórych roślin uprawnych w warunkach Wielkopolski. Zesz. Nauk. ATR Bydg. 180 (32): 73-82.
- Chruszczo w a E.P., 1974. Wlianie mineralnych udobrienij na rozwitje mikoryzy u niekotorych sielskochozajstwiennych kultur (Obzor literatury). Chim. W Sielsk. Choz. 12: 30-32
- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314: 11-35.
- Fotyma M., Gonet Z., 1992. Zalecenia agrotechniczne. IUNG Puławy, t.1.
- Gerdemann J.W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytopath. 6.
- Grabarczyk S., Dudek S., Peszek J., Rzekanowski Cz., Żarski J., 1995. Regionalne zróżnicowanie przewidywanych efektów deszczowania roślin na glebach lekkich. Zesz. Nauk. AR Wroc., Ser. Konf. 267: 45-55.
- Herbert S., Hill G., 1978. Plant density and irrigation studies on *Lupinus*. Part II. Components of seed yield of *Lupinus angustifolius*. Agric. Res. 21 (3): 475-481.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1993. Rośliny strączkowe. PWN, Warszawa.
- Karczmarczyk S., 1979. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie bobiku, pszenicy ozimej i jęczmienia jarego uprawianych w ogniwie zmianowania oraz na zmiany niektórych właściwości gleby lekkiej. Rosp. AR Szczecin, 60.
- Kolberg A., 1966. Dungung and Mycorrhiza. Ein Gefassversuch mit Kiefern. Forstwissenschaft Cblatt. 85: 371-379.
- Kowalczyk A., 1990. Badania na występowaniem grzybów wezykularno-arbuskularnych i ich oddziaływanie na produktyjność roślin. Praca magisterska, AR Szczecin.

- Mikołajczak Z., 1976. Zmiany anatomiczne i morfologiczne u wybranych gatunków traw pod wpływem różnych czynników środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 181: 361-378.
- Mosse B., Hayman D.S., 1971. Plant growth responses to vesicular - arbuscular mycorrhiza in unsterilized field soils. New Phytol. 70: 29-30.
- Nalborczyk E., 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. Fragn. Agron. 4: 147-150.
- Pflegger F.L., Lindermann R.G., 1994. Mycorrhizal and plant health, APA Press.
- Podsiadło C., Karczmarczyk S., Koszański Z., Zbieć I.I., 1997. Effect of irrigation and mineral fertilization on the yield leguminous plants. In: Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates. Poland-Israel Conference, Tel Aviv, 5-16 Dec. Proc. V.II, CINADCO, 48-51.
- Podsiadło C., 2001. Studia nad deszczowaniem i nawożeniem mineralnym bobiku, grochu siewnego, łubinu białego i łubinu żółtego uprawianych na glebie lekkiej. Rozpr. AR Szczecin, 203.
- Reeves T., Boundy K., Broke H., 1977. Phenological development studies with *Lupinus angustifolius* and *L. albus* in Victoria. Austral. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17 (87): 637-644.
- Sypniewski J., 1986. Problemy uprawy roślin strączkowych w Polsce. Fragn. Agron., 1 (9): 29-36.
- Zakrzewska E., 1995. Odporność roślin strączkowych pastewnych na patogeny grzybowe. IHAR, Biuletyn, Radzików.
- Zbieć I., Karczmarczyk S., Kowalski W., Friedrich S., Gurgul E., 1989. Wpływ stopnia zaopatrzenia kukurydzy w wodę i nawozy mineralne na jej wzrost, budowę oraz zawartość barwników i aktywność niektórych enzymów w liściach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 343: 101-109.

Zmiany w zdrowotności i rozwoju oraz plonowaniu łubinu białego i grochu siewnego pod wpływem deszczowania i nawożenia mineralnego

Streszczenie

W latach 1995-1998 przeprowadzono na glebie lekkiej kompleksu żytniego dobrego dwa doświadczenia polowe.

Deszczowanie i nawożenie mineralne istotnie modyfikowało plonowanie roślin. Wyższe przyrosty plonów nasion uzyskano u grochu siewnego. Ponadto zaobserwowano zmiany w budowie morfologicznej oraz anatomicznej badanych roślin. Rośliny nawadniane i nawożone miały większą powierzchnię liści, a także większe rozmiary i liczbę aparatów szparkowych. Liście obu gatunków roślin utrzymywały liczne populacje zarodników grzybów mikroskopijnych. Obfitsze populacje tych grzybów izolowano z liści łubinu białego. Najczęściej ujawniano zarodniki z rodzajów *Cladosporium* i *Uromyces*. U łubinu liczebność zarodników pochodzących z liści wzrosła wskutek zastosowanego nawadniania, a u grochu po użyciu nawozów. Ponadto nawadnianie zwiększyło liczbę zarodników grzybów arbuskularnych z rodzaju *Glomus* wśród korzeni grochu, ale obniżyło ich występowanie wśród korzeni łubinu.