

PL ISSN 0860 – 4088

POLSKIE TOWARZYSTWO NAUK AGROTECHNICZNYCH
POLISH SOCIETY OF AGROTECHNICAL SCIENCES
ПОЛЬСКОЕ ОБЩЕСТВО АГРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



FRAGMENTA AGRONOMICA

KWARTALNIK
NR 3(79)
ROK XX

3

2003

PUŁAWY 2003

KOMITET REDAKCYJNY

Mariusz Fotyma (Redaktor Naczelny), Jerzy Borowiecki,
Antoni Faber, Leszek Malicki

Recenzenci w kolejności zamieszczonych prac:

Prof. dr hab. Jerzy Borowiecki – IUNG Pulawy (praca 1 i 3)

Prof. dr hab. Henryka Rola – IUNG Pulawy (praca 2)

Prof. dr hab. Mariusz Fotyma – IUNG Pulawy (praca 4 i 6)

Prof. dr hab. Antoni Faber – IUNG Pulawy (praca 7)

Dr Grzegorz Wiśniewski – IBMER Warszawa (praca 8)

Prof. dr hab. Jan Rozbicki – SGGW Warszawa (praca 9)

Okladkę projektował:

Jacek Janusz

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

Adres Redakcji: Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG
24-100 Pulawy, ul. Czartoryskich 8, tel. 0.81/886-34-21 w. 258

SPIS TREŚCI

Ciepiela G.A., Jankowski K., Jodelka J.: Wpływ dolistnego dokarmiania azotem na plony i wartość paszową kupkówki pospolitej i stokłosa obiedkowa- tej	5
Affek-Starczewska A., Skrzyczyńska J.: Wykorzystanie liczebności chwastów w fitoindykacyjnej ocenie siedlisk rolniczych	14
Waligóra H., Kruczek A.: Wpływ terminu siewu na plonowanie dwóch odmian kukurydzy cukrowej	27
Pabin J., Włodek S., Biskupski A.: Ocena różnych systemów uprawy roli w monokulturze żyta ozimego	40
Holownicki R.: Rolnictwo precyzyjne szansą na ograniczenie zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. Artykuł przeglądowy	52
Rykaczewska K.: Ocena tempa fizjologicznego starzenia się sadzeniaków ziemniaka metodą polową	65
Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U.: Reakcja jęczmienia jarego na nawożenie borem	75
Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.: Energochłonność i efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej	87
Fotyma E.: Porównanie produktywności pszenicy ozimej i jarej uprawianej w różnych warunkach agroekologicznych	98
Z życia PTNA i ESA	115

CONTENTS

Ciepiela G.A., Jankowski K., Jodelka J.: Influence of foliar fertilization with Nitrogen on the yielding and fodder value of dactylis glomerata and bromus unioloides	5
Affek-Starczewska A., Skrzyczyńska J.: Use of weed frequency for phytoindicative evaluation of agricultural habitats	14
Waligura H., Kruczek A.: The influence of sowing terms on yielding two sugar maize hybrids	27
Pabin J., Włodek S., Biskupski A.: The evaluation of different tillage systems in a monoculture of winter rye	40
Holownicki R.: Precision agriculture as a chance of reducing environmental pollution. Review	52
Rykaczewska K.: Field method of assesment of potato seed tubers capacity for yielding connected with their physiological age	65

Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U.: Spring barley response to boron fertilization	75
Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.: Energy consumption and efficiency of bushy willow cultivation	87
Fotyma E.: Productivity of winter versus spring wheat grown in different agro-ecological conditions	98

WPLYW DOLISTNEGO DOKARMIANIA AZOTEM NA PLON I WARTOŚĆ PASZOWĄ KUPKÓWKI POSPOLITEJ I STOKŁOSY OBIEDKOWATEJ

Grażyna Anna Ciepela, Kazimierz Jankowski, Joanna Jodełka

Akademia Podlaska w Siedlcach

S y n o p s i s: W latach 1997–2000 przeprowadzono badania nad wpływem dolistnego dokarmiania kupkówki pospolitej i stokłosa obiedkowatej roztworami mocznika o różnym stężeniu (20, 25 i 30%) na plon suchej masy traw i zawartość w sianie białka ogólnego i włókna surowego oraz na wartość energetyczną paszy wyrażoną w energii brutto, energii metabolicznej i energii netto laktacji (NEL). Największe plony siana uzyskano przy dolistnym stosowaniu roztworu mocznika w stężeniu 30%. Kupkówka dawała większy plon siana, o mniejszej jednak zawartości białka ogólnego niż stokłosa obiedkowata. Pozostałe parametry wartości paszowej siana kształtowały się podobnie u obu gatunków traw. Dolistne dokarmianie traw istotnie zwiększało zawartość białka ogólnego i koncentrację energii w paszy oraz zmniejszało zawartość włókna surowego.

S ł o w a k l u c z o w e – key words: dolistne dokarmianie – *foliar fertilization*, kupkówka pospolita – *Dactylis glomerata*, stokłosa obiedkowata – *Bromus unioloides*, wartość paszowa traw – *feeding quality of grasses*.

WSTĘP

Wartość pokarmowa traw zależy głównie od gatunku i odmiany a także od nawożenia azotem. Azot modyfikuje właściwości morfologiczne i chemiczne traw istotne z punktu widzenia ich wartości paszowej oraz ma największy wpływ na wzrost rośliny, intensywność krzewienia i odrastania.

Do nawożenia traw stosuje się z reguły nawozy azotowe w formie stałej. W badaniach ze zbożami [Czuba 1993, Rogalski 1993] i na łąkach [Jankowski i in. 1999, Jodełka i in. 2001] stwierdzono korzystne działanie dolistnego dokarmiania azotem co skłoniło autorów do sprawdzenia reakcji niektórych gatunków traw pastewnych na ten sposób nawożenia. Celem badań było określenie wpływu dolistnego dokarmiania dwóch intensywnych gatunków traw na plon suchej masy i

na wartość pokarmową siana.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1997–2000 na terenie RZD Zawady, należącego do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Doświadczenie połowe założono metodą split-plot, w czterech powtórzeniach na glebie typu czarnej ziemi właściwej, klasy bonitacyjnej IV b, zaliczonej do kompleksu zbożowo – pastewnego mocnego. Gleba wykazywała zasadowy odczyn, średnią zawartość azotu ogólnego (0,137%) i fosforu przyswajalnego (12,2-15,7 mg P₂O₅·100⁻¹ g gleby) oraz bardzo niską zawartość przyswajalnego potasu (4,8-7,3 mg K₂O·100⁻¹ g gleby).

Objektami badań była kupkówka pospolita odmiana Arma i stokłosa obiedkowata odmiana Broma uprawiane w siewie jednogatunkowym. Nasiona traw wysiano rzutowo wiosną 1997 roku w ilościach: kupkówka pospolita – 19 kg/ha, stokłosa obiedkowata – 39 kg/ha. Drugim czynnikiem w doświadczeniu był sposób dostarczania azotu roślinom. Trawy nawożono pogłównie saletrą amonową lub dokarmiano dolistnie roztworami mocznika według schematu zamieszczonego w tabeli 1. Pod każdy odrost stosowano 1/3 rocznej dawki saletry amonowej oraz jeden raz opryskiwano rośliny roztworami mocznika w ilości 300 dm³ na hektar. Dawki PK stosowane w latach pełnego użytkowania traw (1998- 2000) były jednakowe i wynosiły 80 kg – P₂O₅ i 300 kg K₂O na hektar. Nawóz fosforowy stosowano w całości wiosną, a potasowy wysiewano w trzech równych dawkach (po 100 kg K₂O) wiosną oraz po zbiorze pierwszego i drugiego pokosu.

Tabela 1. Schemat nawożenia traw azotem

Table 1. Scheme of nitrogen fertilization of grasses

Obiekty II czynnika <i>Treatments</i>	Całkowita roczna dawka N <i>Total annual dose of kg N·ha⁻¹</i>	Roczna dawka N stosowana w saletrze amonowej <i>Annual dose of N applied in ammonium nitrate kg N·ha⁻¹</i>	Stężenie roztworu mocznika <i>Concentration of urea in solution %</i>	Roczna dawka N stosowana w roztworze mocznika <i>Annual dose of N applied in urea solution kg N ha⁻¹</i>
1	300	300,0	0	0
2	300	217,2	20	82,8
3	300	196,5	25	103,5
4	300	175,8	30	124,2

Trawy koszone trzykrotnie w każdym sezonie wegetacyjnym. Pierwszy pokos zbierano w fazie pełni kłoszenia kupkówki pospolitej i początku kłoszenia stokłosa obiedkowatej. Drugiego i trzeciego zbioru dokonywano w fazie kłoszenia

stokłosa. Kupkówka w tych odrostach nie wykształcała kwiatostanów. Przy zbiorach roślin pobierano 0,5-kg próby zielonej masy, które posłużyły do określenia plonu suchej masy i wykonania analiz chemicznych. W powietrznie suchej masie roślin oznaczano zawartości białka ogólnego, włókna surowego, popiołu surowego i tłuszczu surowego metodą NIRS, na aparacie Infra Analizer 450 firmy Braun-Lubbe. Na ich podstawie wyliczono wartość energetyczną paszy według systemu DLG [Zarudzki i in. 1997], wyrażoną wartością energii brutto, energii metabolicznej i energii netto laktacji (NEL).

Do statystycznego opracowania wyników wykorzystano analizę wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie split-plot [Trętowski, Wójcik 1991]. Istotność różnic pomiędzy średnimi dla badanych czynników oszacowano za pomocą testu Tukey'a na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

W zależności od gatunku i sposobu nawożenia azotem plon suchej masy traw wahał się od 10,6 do 17,1 t ha⁻¹ (Tab.2). Uzyskane plony są dwu a nawet trzykrotnie większe od średnich plonów uzyskiwanych z użytków zielonych w Polsce. Świadczy to o dużych możliwościach produkcyjnych badanych gatunków i odmian traw a jednocześnie wskazuje na ciągle niewykorzystany potencjał produkcyjny trwałych użytków zielonych i na możliwości bardziej efektywnego wykorzystania nawożenia azotem jako czynnika plonotwórczego [Stypiński 1996].

Kupkówka plonowała przeciętnie wyżej, niż stokłosa obiedkowata, przy czym różnice plonów były udowodnione statystycznie w drugim i trzecim roku badań. Potwierdza to znany pogląd o trwałości i stabilności plonowania kupkówki [Chmura 1992, Łyszczarz 1993, Młynarczyk 1993]. Zmniejszenie plonów stokłosa obiedkowatej w drugim i trzecim roku po zasiewie był spowodowany spadkiem potencjału produkcyjnego tego gatunku na co zwraca uwagę Młynarczyk [1993]. Podanie części azotu w formie oprysku roztworem mocznika wykazało korzystny wpływ na wielkość plonów obydwu gatunków traw, a szczególnie kupkówki. Udowodnione różnice plonów uzyskano jednak tylko pomiędzy obiektem 1 (całość azotu w formie saletry amonowej) i 4 (1/3 azotu zastosowana w formie oprysku 30% roztworem mocznika).

O wartości pokarmowej traw w największym stopniu decyduje zawartość białka ogólnego i włókna surowego (Tab. 3). Stokłosa obiedkowata, niezależnie od sposobu nawożenia zawierała istotnie więcej białka niż kupkówka pospolita. Różnice w zawartości białka ogólnego pomiędzy kupkówką a stokłosą znajdują potwierdzenie w pracy Łyszczarza [Łyszczarz 1993]. Nie można jednak wykluczyć, że przyczyną niższej zawartości białka w kupkówce były opóźnione terminy zbioru, bowiem kupkówka pospolita jako trawa wczesna wymaga wczesnego zbioru, a koszona później traci na wartości [Prończuk 1983].

Tabela 2. Plon suchej masy dwóch gatunków traw w zależności od stężenia roztworu mocznika ($t\ ha^{-1}$)
Table 2. Yield of dry matter of two species of grasses depending on concentrations of urea solution ($t\ ha^{-1}$)

Stężenie roztworu mocznika Concentration of urea solution %	Rok - Year									
	1998				1999				2000	
	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean	Średnia Mean
0	14,4	14,2	14,3	13,4	11,5	12,4	15,6	10,6	13,1	13,1
20	14,4	14,3	14,4	14,8	11,9	13,3	15,9	10,6	13,3	13,3
25	15,6	15,1	15,3	16,0	13,8	14,9	16,2	12,4	14,3	14,3
30	16,8	15,9	16,4	17,1	14,1	15,6	17,0	14,3	15,7	15,7
Średnia Mean	15,3	14,9	15,1	15,3	12,8	14,1	15,8	12,0	14,1	14,1
NIR $p \leq 0,05$			0,90			2,04			2,15	
LSD $p \leq 0,05$			n.s.			2,01			3,80	
stężenie gatunek concentration (A) species (B)			1,10			0,60			0,80	
współdziałanie interakcja (A x B)										

n. s. – różnice nieistotne – differences not significant

Tabela 3. Zawartość białka ogólnego i włókna surowego (% s.m.) w dwóch gatunkach traw w zależności od stężenia roztworu mocznika (średnie z lat 1998-2000 i z 3 pokosów)

Table 3. Content of total protein and crude fibre (% d.m.) in two species of grasses depending on concentration of urea solution (mean from 1998 – 2000 and from 3 cuts)

Stężenie roztworu mocznika Concentration of urea solution %	Białko ogólne Total protein			Włókno surowe Crude fibre		
	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean
	0	11,85	12,99	12,42	31,47	31,61
20	12,34	13,54	12,94	30,56	31,17	30,87
25	13,30	14,82	14,06	30,63	30,56	30,50
30	13,43	15,33	14,38	29,58	29,98	29,78
Średnia Mean	12,73	14,17	13,45	30,56	30,85	30,70
NIR $p \leq 0,05$ LSD $p \leq 0,05$ Stężenie Concentration (A) Gatunek Species (B) Współdziałanie Interaction (A x B)			0,29			0,40
			0,27			0,49
			0,42			0,65

Zawartość włókna surowego w obydwu gatunkach traw była duża i podobna. Według Pawlaka (1990) optymalna zawartość włókna w suchej masie paszy przeznaczonej dla przeżuwaczy wynosi 20-25% i nie powinna przekraczać 28%. Zdaniem autora wzrost ilości włókna powyżej 28% s. m. powoduje wyraźny spadek strawności i wartości energetycznej paszy.

Zastosowane w doświadczeniu sposoby nawożenia w istotny sposób wpływały na zawartość białka ogólnego i włókna surowego w trawach. Zwiększanie udziału mocznika w formie dolistnego dokarmiania traw powodowało wzrost zawartości białka i spadek zawartości włókna w sianie. Najwięcej białka ogólnego i najmniej włókna surowego zawierały rośliny dokarmiane 30% roztworem mocznika. Podobne zależności udowodnili w swoich badaniach dotyczących dolistnego nawożenia runi łąkowej Jankowski i Nowak [2001]. Większa zawartość białka ogólnego w roślinach dokarmianych dolistnie zdaniem Czuby [1996] może być spowodowana zwiększonym pobieraniem azotu z nawozów płynnych w porównaniu do nawozów stałych.

Wartość energetyczna paszy stanowi pochodną zawartości białka ogólnego i włókna surowego w roślinach. Stwierdzono tendencję wzrostu wszystkich wskaźników wartości energetycznej w miarę zwiększania udziału mocznika, stosowanego dolistnie, w całkowitej dawce azotu pod obydwu gatunki traw (Tab. 4). Istotnie najwyższą koncentracją energii brutto, metabolicznej i energii netto laktacji (NEL) charakteryzowały się oba badane gatunki traw dokarmiane 30% roztworem mocznika.

WNIOSKI

1. Kupkówka pospolita plonuje istotnie lepiej od stokłosa obiedkowatej, ale wykazuje mniejszą od stokłosa wartość paszową.
2. W nawożeniu azotem traw, zwłaszcza kupkówki, korzystne jest zastosowanie 1/3 całkowitej dawki nawozów w formie oprysku 30% roztworem mocznika.

Tabela 4. Wartość energetyczna 1 kg suchej masy dwóch gatunków traw (MJ) w zależności od stężenia roztworu mocznika (MJ) (średnie z lat 1998 – 2000 i z 3 pokosów)
Table 4. Energy value of 1 kg of dry matter of two species of grasses (MJ) depending on concentration of urea solution (mean from 1998 – 2000 and from 3 cuts)

Stężenie roztworu Mocznika Concentration of urea solution %	Energia brutto Gross energy		Energia metaboliczna Metabolic energy		Energia netto laktacji Net energy of lactation				
	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean	Dactylis glomerata	Bromus unioloides	Średnia Mean
0	17,59	17,70	17,65	10,00	9,93	9,97	5,94	5,93	5,93
20	17,64	17,73	17,96	10,04	9,98	10,01	6,02	5,97	5,99
25	17,68	17,80	17,74	10,12	10,05	10,08	6,08	6,02	6,05
30	17,73	17,84	17,79	10,11	10,16	10,14	6,11	6,06	6,08
Średnia Mean	17,66	17,77	17,72	10,07	10,03	10,05	6,04	5,99	6,02
NIR $p \leq 0,05$ LSD $p \leq 0,05$ stężenie concentration (A) gatunek species (B) współdziałanie interaction (A x B)			0,09			0,16			0,11
		0,08	0,10			n. s.			n. s.
			0,08			0,22			0,12

n. s. – różnice nieistotne – differences not significant

PIŚMIENNICTWO

1. Chmura K., 1992: Efekty deszczowania oraz intensywnego nawożenia azotem wieloletnich roślin pastewnych. Cz. I. *Dactylis G.* w monokulturze i mieszankach z *Medicago S.*. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, 180 – Rolnictwo (32): 31 – 41.
2. Czuba R., 1993: Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. I. Reakcja roślin na dolistne stosowanie azotu. *Rocz. Glebozn.*, T. XL IV, 3/4: 69 – 78.
3. Czuba R., 1996: Technika nawożenia mineralnego a zawartość azotanów w roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 440: 65 – 73.
4. Jankowski K., Jodelka J., Kolczarek R., 1999: Effectiveness of permanent meadow foliar fertilization with nitrogen. *EJPAU, Ser. Agronomy*, Vol. 2: 1- 7.
5. Jankowski K., Nowak M., 2001: Wpływ zróżnicowanych dawek azotu stosowanych dolistnie i doglebowo na wysokość plonowania łąki oraz zawartości składników organicznych. *Pam. Puł.* 125: 97 – 102.
6. Jodelka J., Jankowski K., Ciepela G.A., 2001: Ocena efektywności produkcyjnej różnych wariantów i sposobów nawożenia łąki trwalej. *Pam. Puł.* 125: 439 – 444.
7. Łyszczarz R., 1993: Rolnicza ocena wybranych gatunków i odmian traw w zróżnicowanych warunkach siedliskowych pradoliny środkowej Wisły. *Wyd. ATR Bydgoszcz*, 60: 33 - 35.
8. Młynarczyk K., 1993: Porównanie plonowania stokłosa obiedkowatej i kupkówki pospolitej w warunkach uprawy polowej. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricultura*, 56: 185 – 193.
9. Pawlak T., 1990: Wartość żywieniowa pasz z użytków zielonych na podstawie oceny (analiz) jakości substancji organicznej i mineralnej. *Mat. KUR PAN, Sekcja Łąkarstwa*: 8 – 65.
10. Prończuk S., 1983: Zawartość białka i włókna w ważniejszych gatunkach traw w okresie kłoszenia a ich wartości biologiczne. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 238: 317 – 326.
11. Rogalski L., 1993: Efektywność dolistnego dokarmiania pszenicy roztworem mocznika. *Frag. Agrom.* 1: 8 – 13.
12. Stypiński P., 1996: Optymalizacja nawożenia azotowego pastwisk na łąkach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 442: 405 – 416.
13. Trętowski J., Wójcik A.R., 1991: *Metodyka doświadczeń rolniczych*, Wyd. WSRP Siedlce.
14. Zarudzki R., Traczykowski A., Mroczko L., 1997: DLG – tabele wartości pokarmowej pasz i norm żywienia przeżuwaczy. *Przedsiębiorstwo Produkcyjno – Handlowe VIT – TRA*: 23 – 75.

G.A. Ciepiela, K. Jankowski, J. Jodelka

INFLUENCE OF FOLIAR FERTILIZATION WITH NITROGEN ON THE YIELDING AND FODDER VALUE OF DACTYLIS GLOMERATA AND BROMUS UNIOLOIDES

Summary

In the years 1997 – 2000 the research on the foliar fertilization of nitrogen of *Dactylis glomerata* and *Bromus unioloides* grown in a single – species sowing on arable soils was carried on. In the cultivation years of 1998 – 2000, the grasses were cut three times during vegetation. The mineral fertilization of both grasses amounted to N 300 kg, P₂O₅ 80 kg, K₂O 300 kg /ha annually. Phosphorus was applied in one dose in the spring, while nitrogen and potassium in three equal doses for each consecutive cut. Nitrogen was applied partly as top dressing with ammonium nitrate and partly as foliar fertilization with a solution of urea in the concentrations of 20%, 25% and 30%.

The yield of the grasses was in the range of 10,59 – 17,10 t/ha. The highest yield was harvested in the treatment with 30% urea solution application. As compared to a treatment without a foliar fertilization, significantly higher yields were also obtained for the species fertilized with 25% urea. *Dactylis glomerata* showed higher production capacity than *Bromus unioloides*.

With regard to total protein and energy concentration *Bromus unioloides* had a higher nutritive value as compared to *Dactylis glomerata*. The foliar fertilization of both grasses with the urea solution, independently of the concentration increased the amount of the total protein and concentration of gross, net and metabolic energy and decreased the amount of raw crude fibre. The highest content of total protein and energy and, the lowest content of crude fibre was observed when both grass species were fertilized with 30% urea.

Dr inż. Grażyna Anna Ciepiela
Zakład Łąkarstwa
Akademia Podlaska
ul. B. Prusa 14
08-110 Siedlce

Praca wpłynęła do Redakcji w sierpniu 2003 r.

WYKORZYSTANIE LICZEBNOŚCI CHWASTÓW W FITOINDYKACYJNEJ OCENIE SIEDLISK ROLNICZYCH

Agnieszka Affek-Starczewska, Janina Skrzyczyńska

Katedra Ekologii Rolniczej, AP Siedlce

S y n o p s i s. Celem pracy było porównanie wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych (temperatura T, wilgotność W, odczyn R, zaopatrzenie w azot N oraz aktywność biologiczna G gleb) otrzymanych w wyniku obliczeń, z uwzględnieniem pokrycia gatunków z liczbami otrzymanymi tylko na podstawie obecności danego gatunku oraz próba ustalenia czy wartość indykacyjną w przypadku agrocenoz ma tylko obecność gatunku czy również jego liczebność. Materiał badawczy stanowiło 486 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych ogólnie przyjętą metodą Braun-Blanquet'a w latach 1994-2000. Wykorzystując ekologiczne liczby wskaźnikowe Ellenberga obliczono średnie wartości TWRNG dla poszczególnych zdjęć z uwzględnieniem oraz bez uwzględnienia pokrycia roślin.

Zastosowanie wskaźników ekologicznych Ellenberga, szczególnie z uwzględnieniem pokrycia gatunków ujawnia duże wewnętrzne zróżnicowanie siedlisk w obrębie kompleksów glebowo-rolniczych i typów gleb i może być bardzo przydatne do uszczegóławiania danych na niewielkim obszarze. Aktywność biologiczna gleb była w największym stopniu uzależniona od ich odczynu i zasobności w azot. Średnie wartości wskaźników aktywności biologicznej wahały się od $G=1,82$ do $3,21$ i od $G1=1,34$ do $3,46$. Najwyższymi wartościami liczby G charakteryzowały się gleby kompleksu pszennego dobrego najniższymi zaś gleby kompleksu żytniego bardzo słabego.

S ł o w a k l u c z o w e - key words: ekologiczne wskaźniki Ellenberga - *Ellenberg's ecological indicators*, fitoindykacja - *phytoindication*, kompleks glebowy - *soil complex*, ocena siedlisk - *evaluation of habitats*.

WSTĘP

Zgodnie z definicją Oduma [1982] bioindykatorem jest każdy gatunek, którego obecność (nieobecność) lub reakcja zarówno pojedynczych osobników jak i całych populacji wskazuje na wystąpienie w danym miejscu jednego lub kilku rodzajów czynników o natężeniu mieszczącym się w ściśle określonym wąskim

przedziale, lub o odpowiedniej wartości progowej. Na podstawie tej definicji można wnioskować, że zarówno obecność gatunku jak i jego liczebność mogą służyć ocenie niektórych czynników środowiska. Wydaje się jednak dyskusyjne uwzględnianie liczebności gatunków w fitoindykacyjnej ocenie siedlisk rolniczych. Głównym czynnikiem ograniczającym uwzględnienie pokrycia gatunków w obliczeniach średnich liczb ekologicznych na polach jest stosowanie herbicydów, ale jak podają Borowiec i in. [1989] uwzględnienie liczebności chwastów daje dokładniejszy obraz warunków siedliskowych. Pokrycie chwastów uwzględniali również Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. [1986a, 1986b] w Górcach, kotlinie Sądeckiej i Beskidzie Wyspowym oraz Kapeluszy i Jędruszczak [1994] na Płaskowyżu Nałęczowskim.

Celem badań było porównanie wartości średnich liczb wskaźnikowych otrzymanych w wyniku obliczeń z uwzględnieniem pokrycia gatunków z liczbami otrzymanymi tylko na podstawie obecności danego gatunku oraz próba ustalenia czy wartość indykacyjną w przypadku agrocenoz ma tylko obecność gatunku czy również jego liczebność.

METODA BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło 486 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych ogólnie przyjętą metodą Braun-Blanquet'a [Pawłowski 1972] w latach 1994-2000. Obserwacje prowadzono na polach uprawnych położonych w obrębie 104 miejscowości na Wysoczyźnie Kaluszyńskiej. Wykonano je na siedmiu kompleksach glebowo-rolniczych. Jednostki glebowe, na których prowadzono badania ustalono w oparciu o mapy glebowo-rolnicze w skali 1:5000. Obserwacje prowadzono w lanach zbóż, roślin okopowych i na ścierniskach. Krytycznie ustosunkowano się do obszarów, które w obrębie danego konturu ulegają generalizacji. Zostały one wyeliminowane z badań lub przekwalifikowane do właściwych kompleksów glebowo-rolniczych.

Ocenę warunków siedliskowych przeprowadzono w oparciu o fitoindykacyjną metodę Ellenberga, z uwzględnieniem ekologicznych liczb wskaźnikowych [Ellenberg 1950]. Wykorzystując liczby wskaźnikowe obliczono średnie wartości TWRNG dla poszczególnych zdjęć z uwzględnieniem oraz bez uwzględnienia pokrycia roślin [Ellenberg 1974]. Ekologiczne liczby wskaźnikowe dla poszczególnych typów i podtypów gleb w obrębie kompleksów glebowo-rolniczych uzyskano jako średnie arytmetyczne wartości wynikające z obliczeń dla poszczególnych zdjęć fitosocjologicznych, nazwanych średnimi podstawowymi.

Wyniki opracowano statystycznie. Do testowania różnic pomiędzy średnimi zastosowano różstęp Tukey'a. Obliczono ponadto korelacje między średnimi wskaźnikami ekologicznymi obliczonymi z uwzględnieniem i bez uwzględnienia pokrycia, a także zależności między aktywnością biologiczną gleby (G) a pozostałymi czynnikami: temperaturą gleby (T), wilgotnością (W), odczynem gleby (R) i zaopatrzeniem w azot (N). Analizy ekologicznej treści kompleksów glebowo-rolniczych dokonano uwzględniając typy gleb. Przy ustalaniu rozkładu wskaźników wykorzystano zakresy liczb TWRNG zapropono-

ane przez Kutynę [1998].

WYNIKI BADAŃ

Charakterystyka warunków termicznych

Wśród 237 taksonów roślin naczyniowych odnotowanych w zbiorowiskach segetalnych Wysoczyzny Kaluszyńskiej, 155 gatunków posiadało ekologiczne liczby wskaźnikowe określone przez Ellenberga [1950]. Amplituda średnich podstawowych T dla poszczególnych zdjęć wyliczonych bez uwzględnienia pokrycia gatunków wynosiła 1,33 - 2,84, natomiast zakres średnich podstawowych $T1$ obliczonych z uwzględnieniem pokrycia gatunków wynosił od 1,20 do 3,71. Największą rozpiętość średnich notowano na glebach brunatnych wylugowanych kompleksu żytniego bardzo słabego ($T_{max} = 2,79$; $T_{min} = 1,73$; $T1_{max} = 3,71$; $T1_{min} = 1,61$) i na glebach płowych kompleksu żytniego słabego ($T_{max} = 2,69$; $T_{min} = 1,71$; $T1_{max} = 3,13$; $T1_{min} = 1,24$).

Średnie liczby temperatury (T) wyliczone dla poszczególnych jednostek glebowych zawierają się w przedziale $T=1,91 - 2,25$. W skali Ellenberga obejmującej stopnie od 1 do 5, jest to nieduża rozpiętość średnich i mieści się w zakresie ustalonym dla gleb umiarkowanie ciepłych i ciepłych. W przypadku uwzględnienia pokrycia gatunków średnie liczby temperatury $T1$ przyjmują wartości od 1,83 do 2,64, co świadczy o występowaniu gleb chłodnych, umiarkowanie ciepłych, ciepłych i bardzo ciepłych. Najniższe średnie wartości współczynników temperatury notowano na glebach płowych kompleksu pszenno-dobrego ($T=1,91$; $T1=1,83$) oraz czarnych ziemiach zdegradowanych kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego ($T=1,91$; $T1=1,84$), najwyższe – na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego ($T=2,25$; $T1=2,64$) (Tab. 3).

Duża zmienność średnich podstawowych w obrębie kompleksów glebowo-rolniczych i typów gleb może wynikać z położenia badanych pól w mikroreliefie i ich ekspozycji [Kapeluszny, Jędruszczeak 1994, Stupnicka-Rodzyńkiewicz i in. 1986b].

Charakterystyka warunków wilgotnościowych

Charakterystyki gleb pod względem warunków wilgotnościowych dokonano na podstawie 150 gatunków posiadających liczbę wskaźnikową „ W ”. Amplituda podstawowych wartości współczynnika W wyliczonych bez uwzględnienia pokrycia gatunków wynosiła 1,59 – 4,15 natomiast z uwzględnieniem pokrycia, 1,23 – 4,79. Największą rozpiętość średnich notowano na glebach płowych kompleksu żytniego słabego ($W_{max} = 4,08$; $W_{min} = 2,36$; $W1_{max} = 4,40$; $W1_{min} = 2,47$), na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego ($W_{max} = 4,15$; $W_{min} = 2,67$; $W1_{max} = 4,79$; $W1_{min} = 2,40$) oraz na glebach kompleksu zbożowo-pastewnego słabego ($W_{max} = 3,25$; $W_{min} = 1,59$; $W1_{max} = 3,29$; $W1_{min} = 1,23$).

Średnie wskaźniki wilgotności gleby obliczone bez uwzględnienia pokrycia gatunków zawierały się w przedziale $W=2,32-3,54$, natomiast z uwzględnieniem pokrycia: $W1=2,11-3,89$. Najniższe wartości W , świadczące o występowaniu siedlisk okresowo podmokłych notowano na czarnych ziemiach zdegradowanych kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego ($W=2,32$; $W1=2,11$). Wartości najwyższe charakterystyczne dla siedlisk suchych notowano na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego ($W=3,54$; $W1=3,89$) (Tab. 3).

Charakterystyka odczynu gleby

Charakterystyki odczynu gleby dokonano na podstawie 155 taksonów posiadających liczbę wskaźnikową R . Rozpiętość średnich podstawowych odczynu gleby była duża i wynosiła od 1,13 do 4,10 dla R wyliczonego bez uwzględnienia pokrycia oraz od 1,01 do 4,40 dla $R1$ wyliczonego z uwzględnieniem pokrycia.

Największą różnicę między podstawowymi średnimi minimalnymi i podstawowymi średnimi maksymalnymi notowano na glebach płowych kompleksu żytniego dobrego ($R_{max} = 3,82$; $R_{min} = 1,86$; $R1_{max} = 4,01$; $R1_{min} = 1,27$) oraz na glebach brunatnych wylugowanych kompleksu żytniego słabego ($R_{max} = 3,73$; $R_{min} = 1,43$; $R1_{max} = 3,89$; $R1_{min} = 1,04$).

Średnie liczby odczynu gleby (R) wyliczone dla poszczególnych jednostek glebowych zawierają się w przedziale $R=2,05 - 3,49$. Świadczy to o obecności gleb o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym. W przypadku uwzględnienia pokrycia gatunków średnie liczby odczynu $R1$ przyjmują wartości od 1,38 do 3,54, wskazujące na występowanie obok gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych również gleb o odczynie słabo kwaśnym. Najwyższe średnie wartości współczynników odczynu gleby notowano na glebach płowych kompleksu pszennego dobrego ($R=3,49$; $R1=3,54$), najniższe – na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego ($R=2,05$; $R1=1,38$) (Tab.3).

Wójcik [1977] zwraca uwagę na fakt, że w zasadzie na większości siedlisk rolniczych w kraju notowane są niskie liczby R świadczące o ich zakwaszeniu.

Charakterystyka zaopatrzenia gleby w azot

Ekologiczne liczby wskaźnikowe określające zasobność gleby w azot (N) posiadały 138 taksony z pośród 237 gatunków roślin naczyniowych występujących na badanym terenie. Rozpiętość średnich podstawowych tego wskaźnika wahała się od 2,10 do 4,38 dla N wyliczonego bez uwzględnienia pokrycia oraz od 1,67 do 4,78 dla $N1$ wyliczonego z uwzględnieniem pokrycia. Największą rozpiętość średnich notowano na glebach płowych kompleksu żytniego słabego ($N_{max} = 3,92$; $N_{min} = 2,40$; $N1_{max} = 4,17$; $N1_{min} = 2,00$), na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego ($N_{max} = 3,71$; $N_{min} = 2,14$; $N1_{max} = 3,64$; $N1_{min} = 1,80$) oraz na glebach kompleksu zbożowo-pastewnego słabego ($N_{max} = 4,20$; $N_{min} = 2,60$; $N1_{max} = 4,38$; $N1_{min} = 2,10$).

Średnie liczby zasobności gleb w azot N (2,92-3,83) wskazują na umiarkowane i dobre zaopatrzenie gleb badanego obszaru w ten składnik. Średnie

obliczone z uwzględnieniem pokrycia mają nieco szerszy zakres $N_1(2,55-4,09)$ i informują o występowaniu obok gleb umiarkowanie zasobnych i zasobnych w azot, również bardzo bogatych w ten składnik. Najniższe średnie wskaźniki zasobności w azot (N) badanych gleb są zróżnicowane od na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego ($N=2,92; N_1=2,55$), najwyższe na glebach płowych kompleksu pszennego dobrego ($N=3,83; N_1=4,09$) (Tab. 3). Większość badanych siedlisk należy do gleb zasobnych w azot. Wysokie i stosunkowo mało zróżnicowane liczby N mogą mieć swoje uzasadnienie w obfitym corocznym mineralnym i organicznym nawożeniu [Kapeluszny, Jędruszczak 1991]. Na tak wysokie wartości liczb zasobności w azot może mieć również wpływ obecność nawet na najslabszych glebach pojedynczych, słabo rozwiniętych osobników gatunków azotolubnych takich, jak *Chenopodium album* czy *Stellaria media*. Uwzględnienie pokrycia zwiększyło rozpiętość średnich podstawowych, przy czym obniżyły się średnie N na glebach kompleksów żytnich słabego i bardzo słabego, wzrosły natomiast średnie liczby N na pozostałych siedliskach, dotyczy to zwłaszcza gleb zaliczanych do kompleksu pszennego dobrego. Zwiększenie rozpiętości danych odnoszących się do liczb zasobności w azot „N” i odczynu gleby „R” odnotowali również Borowiec i in. [1989].

Charakterystyka aktywności biologicznej gleby

Ekologiczne liczby wskaźnikowe aktywności biologicznej gleby posiada 135 gatunków, spośród 237 taksonów roślin naczyniowych występujących na badanym obszarze. Amplituda średnich wartości współczynnika G dla poszczególnych zdjęć wyliczonego bez uwzględnienia pokrycia wynosiła od $G=1,11$ do $G=3,88$ natomiast z uwzględnieniem pokrycia od $G_1=1,02$ do $G_1=4,47$. Największą rozpiętość średnich notowano na glebach brunatnych wylugowanych kompleksu żytniego dobrego ($G_{max} = 3,38; G_{min} = 1,50; G_{1max} = 3,77; G_{1min} = 1,43$) i glebach brunatnych wylugowanych kompleksu żytniego słabego ($G_{max} = 3,42; G_{min} = 1,57; G_{1max} = 3,77; G_{1min} = 1,08$).

Średnie wskaźniki aktywności biologicznej gleby $G=1,82-3,21$ obliczone bez uwzględnienia pokrycia gatunków świadczą o występowaniu gleb słabo aktywnych, umiarkowanie aktywnych i aktywnych biologicznie. Średnie liczby G_1 , obliczone z uwzględnieniem pokrycia mieszczą się w zakresie od 1,34 do 3,46 i świadczą o zróżnicowaniu badanych siedlisk od gleb słabo aktywnych zaliczanych do kompleksu żytniego bardzo słabego, do bardzo aktywnych biologicznie, należących do kompleksu pszennego dobrego.

Współzależności ekologicznych liczb wskaźnikowych

Przeprowadzona analiza współczynników korelacji wykazała na większości kompleksów glebowych i typów gleb istotne dodatnie zależności (przy $p=0,01$) między podstawowymi wskaźnikami obliczonymi zarówno z uwzględnieniem pokrycia jak i bez uwzględnienia pokrycia gatunków. Istotne dodatnie zależności (przy $p=0,05$) stwierdzono dla średnich liczb wilgotności (W-W1) na glebach płowych i pseudobielicowych oraz średnich liczb aktywności

biologicznej (G-G1) na czarnych ziemiach zdegradowanych zaliczanych do kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego. Na tych ostatnich glebach nie stwierdzono zależności między średnimi liczbami temperatury gleby (T-T1) (tab. 1).

Tabela 1. Współczynniki korelacji między średnimi podstawowymi TWRNG obliczonymi bez uwzględnienia pokrycia gatunków i średnimi T1, W1, R1, N1, G1 obliczonymi z uwzględnieniem pokrycia gatunków

Table 1. Correlations between basal averages TWRNG calculated without the covering ratio of species and averages T1, W1, R1, N1, G1 calculated with the covering ratio of species

Jednostki glebowe <i>Soil units</i>	Wskaźnik, <i>indicator</i>				
	T – T1	W – W1	R – R1	N – N1	G – G1
2A	0,619**	,553**	,624**	,739**	,705**
2Bw	0,610**	,756**	,806**	,733**	,735**
4A	0,543**	,674**	,682**	,569**	,670**
5A	0,387**	,779**	,772**	,677**	,533**
5Bw	0,715**	,682**	,810**	,641**	,613**
6A	0,638**	,600**	,629**	,686**	,585**
6Bw	0,496**	,725**	,829**	,747**	,782**
7Bw	0,652**	,633**	,531**	,594**	,512**
8A	0,612**	,407*	,772**	,556**	,655**
8Dz	0,259	,614**	,578**	,728**	,536*
9A	0,454**	,681**	,850**	,758**	,725**

*-istotne przy $p=0,05$; **-istotne przy $p=0,01$
*-significant at $p=0,05$; **- significant at $p=0,01$

Istotne dodatnie zależności między średnimi liczbami ekologicznymi odczynu gleby (R) i aktywności biologicznej (G) wystąpiły na większości badanych jednostek, z wyjątkiem gleb kompleksu żytniego bardzo słabego, na którym wskaźnik odczynu gleby (R) nie był skorelowany ze wskaźnikiem aktywności biologicznej gleby (G) w przypadku średnich obliczonych bez uwzględnienia pokrycia chwastów.

Podobnie istotne zależności wykazano między średnimi liczbami zawartości azotu w glebie (N) i aktywności biologicznej (G), na kompleksach glebowych i typach gleb, z wyjątkiem liczb N i G na czarnych ziemiach zdegradowanych kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego oraz liczb N1 i G1, obliczonych ze średnich dla wszystkich jednostek glebowych (Tab. 2).

Zestawienie średnich liczb temperatury (T) i aktywności biologicznej gleby (G) oraz wilgotności (W) i aktywności biologicznej (G) nie wykazuje tak silnych zależności (Tab 2).

Tabela 2. Współczynniki korelacji dla średnich podstawowych zaopatrzenia gleb w azot (N), odczynu gleb (R), wilgotności Gleby (W), temperatury gleby (T) i aktywności biologicznej gleby (G) obliczonych bez uwzględnienia pokrycia i z uwzględnieniem pokrycia gatunków

Table 2. Correlations between basal averages nitrogen contents (N), soil acidity (R), moisture of soil (W), temperature of soil (T), and biological activity (G) calculated with and without the covering ratio of species

Wskaźniki	Kompleksy glebowo-rolnicze i typy gleb, Soil complexes and types of soil											
	2A	2Bw	4A	5A	5Bw	6A	6Bw	7Bw	8A	8D	9A	Średnie
R-G	0,760**	,870**	0,785**	0,721**	0,588**	0,383*	0,758**	0,213	0,667**	0,525*	0,588**	0,970**
R1-G1	0,578**	,624**	0,597**	0,378*	0,498**	0,518**	0,686**	0,584**	0,692**	0,703**	0,570**	0,934**
N-G	0,679**	,747**	0,594**	0,344*	0,639**	0,720**	0,597**	0,844**	0,556**	0,341	0,689**	0,893**
N1-G1	0,746**	,794**	0,605**	0,575**	0,608**	0,553**	0,618**	0,715**	0,544**	0,634**	0,608**	0,525
T-G	0,345*	0,507**	-0,051	-0,138	0,128	-0,369*	-0,490**	-0,508**	0,166	-0,065	-0,167	-0,530
T1-G1	0,555**	0,185	0,025	-0,002	0,153	-0,068	-0,034	-0,466**	0,251	-0,072	-0,066	-0,386
W-G	0,711**	0,734**	0,484**	0,208	0,083	0,152	-0,149	-0,038	0,588**	0,703**	0,564**	-0,604*
W1-G1	0,856**	0,886**	0,380**	-0,088	0,275	0,075	-0,158	-0,371**	0,649**	0,883**	0,250	-0,414

*-istotne przy p=0,05; **-istotne przy p=0,01 *-significant at p=0,05; **- significant at p=0,01

Współczynniki korelacji między średnimi podstawowymi temperatury (T) i aktywności biologicznej (G) były istotne i dodatnie na glebach kompleksu pszenno-dobrego. W przypadku średnich obliczonych bez uwzględnienia pokrycia zależności te były istotne przy $p=0,05$, natomiast dla średnich obliczonych z uwzględnieniem pokrycia gatunków przy $p=0,01$. Istotne i ujemne zależności między wskaźnikami T i G (przy $p=0,01$) stwierdzono na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego oraz na glebach brunatnych wylugowanych kompleksu żytniego słabego w przypadku obliczeń nie uwzględniających pokrycia chwastów. Dla średnich liczb W-G nie stwierdzono zależności na glebach kompleksów żytniego dobrego i żytniego słabego. Na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego stwierdzono wysoce istotną ujemną korelację W1-G1 w przypadku uwzględnienia pokrycia.

Ekologiczna ocena gleb kompleksów rolniczych

Uwzględnienie pokrycia gatunków w obliczeniach, w niewielkim stopniu różnicuje średnie TWRNG na kompleksach i typach gleb. Najbardziej zróżnicowane były średnie liczby odczynu (R) i zasobności w azot (N). Na glebach kompleksu pszenno-dobrego oraz czarnych ziemiach zdegradowanych kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego uzyskane wartości liczby R1 były nieco wyższe od wartości R. Na pozostałych glebach wartości te były niższe. Statystycznie istotne różnice między średnimi wskaźnikami odczynu gleby (R-R1) wystąpiły na glebach płowych kompleksu żytniego dobrego oraz na glebach kompleksów żytniego słabego i bardzo słabego, na którym zanotowano największą różnicę między wartościami R i R1 ($R-R1=0,67$).

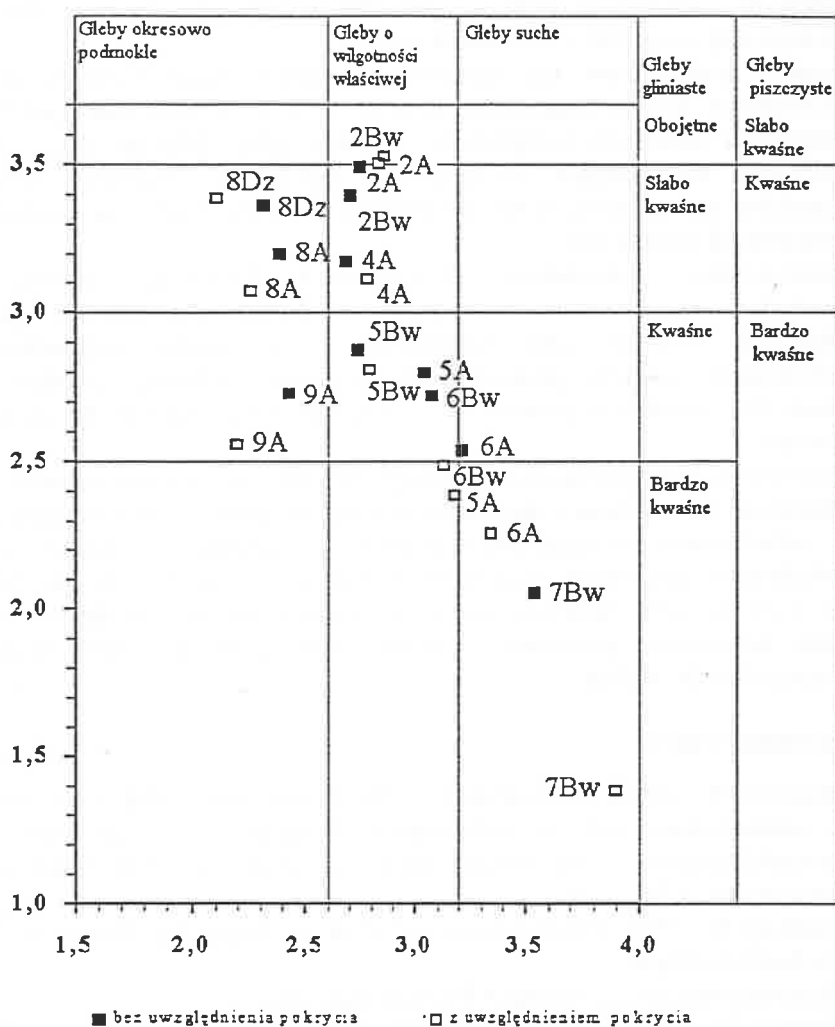
Istotne różnice między wartościami średnich wskaźników N i N1 wystąpiły na glebach kompleksu pszenno-dobrego oraz glebach kompleksów żytnich bardzo dobrego i bardzo słabego (Tab.3). W większości przypadków średnie wartości N1 były wyższe od wartości N z wyjątkiem gleb płowych kompleksu żytniego słabego i gleb kompleksu żytniego bardzo słabego.

Różnice między średnimi liczbami wilgotności W i W1 były istotne na czarnych ziemiach zdegradowanych kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, glebach kompleksu zbożowo-pastewnego słabego, w tych przypadkach wartości W1 były niższe od wartości W oraz na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego, gdzie uzyskane wartości W1 były wyższe od wskaźnika W. W przypadku liczby aktywności biologicznej gleb statystycznie istotne różnice między średnimi obliczonymi bez uwzględnienia pokrycia (G), a średnimi obliczonymi z uwzględnieniem pokrycia gatunków (G1) wystąpiły na glebach brunatnych wylugowanych kompleksu pszenno-dobrego oraz na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego. Na glebach tego ostatniego kompleksu istotna była również różnica między wartościami średnich liczb temperatury gleby T i T1 (tab. 3).

Statystycznie istotne różnice między typami gleb wystąpiły na kompleksie żytnim dobrym w przypadku średnich liczb temperatury (T), wilgotności (W) i odczynu gleby (R) oraz na kompleksie zbożowo-pastewnym mocnym w przypadku średnich liczb temperatury gleby (Tab. 3).

Rozmieszczenie kompleksów glebowo-rolniczych i typów gleb w siatce wilgotnościowo-odczynowej

Umieszczenie jednostek glebowych w siatce wilgotnościowo-odczynowej wskazuje, że na badanym obszarze w większości przypadków występowały gleby o właściwych z punktu widzenia uprawy roślin stosunkach wodno-powietrznych. W tej grupie mieściły się niezależnie od przyjętego sposobu obliczania średnich gleby kompleksów: pszennego dobrego, żytnich: bardzo dobrego i dobrego oraz gleby brunatne wylugowane kompleksu żytniego słabego.



Rys. 1 Rozmieszczenie jednostek glebowych w siatce wilgotnościowo-odczynowej

Fig. 1 Distribution of soil units in moisture and reaction grid

Do siedlisk okresowo podmokłych należą gleby kompleksów zbożowo-pastewnych, natomiast do suchych - gleby płowe kompleksu żytniego słabego i gleby kompleksu żytniego bardzo słabego. Do najlepszych siedlisk pod względem odczynu i wilgotności należą gleby kompleksów: pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego (rys. 1).

STWIERDZENIA I WNIOSKI

1. Spośród 237 gatunków roślin naczyniowych odnotowanych w zbiorowiskach segetalnych Wysoczyzny Kaluszyńskiej liczby wskaźnikowe temperatury (T) i odczynu gleby (R) miało po 155 gatunków, liczby wilgotności (W) miało 150 gatunków, zasobności gleb w azot (N) - 138 gatunków i aktywności biologicznej gleby (G) - 135 gatunków.
2. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między średnimi obliczonymi bez uwzględnienia pokrycia i z uwzględnieniem pokrycia na większości badanych kompleksów i typów gleb. Dlatego dla większych obszarów wystarczające są obliczenia jedynie na podstawie obecności gatunków, tym bardziej, że są one możliwe do przeprowadzenia na plantacjach chronionych chemicznie.
3. Zastosowanie wskaźników ekologicznych Ellenberga ujawnia duże wewnętrzne zróżnicowanie siedlisk w obrębie kompleksów glebowo-rolniczych i typów gleb, szczególnie w przypadku uwzględnienia w obliczeniach pokrycia gatunków. Uwzględnienie pokrycia gatunków może, zatem być bardzo przydatne w uszczegóławianiu danych na niewielkim obszarze.
4. Aktywność biologiczna gleb badanego obszaru jest w największym stopniu zależna od ich odczynu i zasobności w azot, zależności te są wyraźniejsze gdy w obliczeniach uwzględniono pokrywanie gatunków. Średnie wartości wskaźników aktywności biologicznej wahają się od $G=1,82$ do $3,21$ i od $G1=1,34$ do $3,46$. Najwyższymi wartościami liczby G charakteryzowały się gleby kompleksu pszennego dobrego najniższymi zaś gleby kompleksu żytniego bardzo słabego.

PISMIENICTWO

1. Borowiec S., Leśnik T., Kutyna I., 1989: Porównanie wyników otrzymanych po zastosowaniu wartości wskaźnikowych Ellenberga z lat 1950 i 1974 z uwzględnieniem i bez uwzględnienia pokrycia. Zeszyty Naukowe AR w Szczecinie, 139:13-21.
2. Ellenberg H., 1950. Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, 2, Stuttgart/Ludwigsburg :141.
3. Ellenberg H., 1974: Zeigerwerte Gefäßpflanzen Mitteleuropas, Scripta Geobotanica, 9: 5-97.
4. Kapeluszny J., Jędruszczak M., 1994: Wartość diagnostyczna wskaźników ekologicznych Ellenberga na tle wyników analiz gleby w urzeźbionym terenie

- Plaskowyzu Nałęczowskiego. *Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska Lublin Polonia*. Vol. XLIX, 3, Sectio E : 15-24.
5. Kutyna I., 1998: Fitoindykacyjna metoda Ellenberga i jej zastosowanie. *Materiały II Przeglądu Działalności Kół Naukowych Przyrodników WSP w Słupsku*: 37-42.
 6. Odum E.P., 1982: *Podstawy ekologii PWRiL* Warszawa: 173-174.
 7. Pawłowski B., 1972: Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. *Szata roślinna Polski I*, PWN Warszawa : 237-269.
 8. Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Łabza T., Hochól T., 1986a: Ocena siedlisk polnych w dolinach rzek Łosiny, Kamienicy i Dunajca przy pomocy zbiorowisk chwastów. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie im. H. Kollątaja*, 204: 59-73.
 9. Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Łabza T., Hochól T., 1986b: Wykorzystanie wskaźników bioindykacyjnych do oceny warunków siedliskowych na wybranym areale pól uprawnych w Beskidzie Wyspowym. *Acta Agraria et Silvestria*, ser. Agraria XXV: 103-117.
 10. Wójcik Z., 1977: Charakterystyka siedlisk polnych na Pogórze Beskidu Niskiego metodami biologicznymi. *Prace geograficzne PAN*, 121:111.

A. Affek-Starczewska, J. Skrzyczyńska

USE OF WEED FREQUENCY FOR PHYTOINDICATIVE EVALUATION OF AGRICULTURAL HABITATS

Summary

Bioindicative methods allow performing accurate and reliable evaluation of the environment characteristics that are significant for growing crops. The aim of this paper is to compare the ecological values of the index figures of soil temperature (T), moisture (W), soil acidity (R), nitrogen content (N) and biological activity (G) calculated without the covering ratio of species, and T1, W1, R1, N1, G1 values calculated with the covering ratio of species and test when the frequency of species in agrocenosis has indicator value.

The material examined consisted 486 phytosociological records performed in the years 1994-2000 in fields on Kaluszyńska Upland by the Braun-Blanquet method [Pawłowski 1972] The observations were carried out in the fields spread in the area of 104 settlements of Kaluszyńska Upland. The investigation was conducted on seven soil agricultural complexes. The soil conditions were determined via soil-agricultural maps of the scale 1:5000.

The observations were carried out in corn-fields, root-crop fields and stubble fields. Using ecological indicator values [Ellenberg 1950] for each record mean values of TWRNG were calculated with and without the covering ratio of species [Ellenberg 1974]. Mean ecological values for particular types and subtypes of the soil in agricultural complexes were calculated as mean values for single phytosociological records called basal averages.

The results were further elaborated up by statistical methods. For testing differences between mean values Tukey's method was used. Correlations between mean values T,W,R,N,G and T1,W1,R1,N1,G1 and also between soil activity (G) and another parameters: thermal conditions (T), moisture(W), soil acidity (R), nitrogen content (N) were calculated.

The ecological analysis of soil the agricultural complexes were carried out according to the soil type. The range values of TWRNG proposed by Kutyna [1988]) were used to determine distribution of the indicators.

In the segetal habitats of Kaluszyńska Upland 237 species of vascular plants were observed among with 155 species had the index number of temperature (T) and soil acidity (R), 150 species had the index number of soil moisture (W), 138 species had index number of nitrogen content (N) and finally 135 species had the index number of soil activity (G).

The use of Ellenberg's ecological indicators showed a variation of habitats in soil agricultural complexes and types of soil, especially when the covering ratio of species was included in calculations.

Statistic analysis did not show any significant differences between mean values calculated with and without covering ratio of species in most of complexes evaluated and type of soil. Therefore for bigger areas it would be enough to do calculations based only on species occurrence and possible to conduct them on plantations with chemical protection.

The biological activity of soil on the area studied depends to a high degree on the soil acidity and nitrogen contents.

The mean values of soil activity ranged from $G=1,82$ to $3,21$ and from $G1=1,34$ to $3,46$. The highest value of G was noted on the soil of the very good wheat complex, while the lowest biological activity was noted on the soils of the very weak rye complex:

Dr Affek-Starczewska
Katedra Ekologii Rolniczej Akademii Podlaskiej
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
affek@ap.siedlce.pl

Praca wpłynęła do Redakcji w lutym 2003 r.

WPLYW TERMINU SIEWU NA PLONOWANIE DWÓCH ODMIAN KUKURYDZY CUKROWEJ

Hubert Waligóra, Andrzej Kruczek

Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Synopsis. W badaniach określono wpływ opóźnienia terminu siewu od końca kwietnia do połowy czerwca na długość okresu wegetacji i plonowanie kukurydzy cukrowej odmiany wczesnej i średnio wczesnej. Wykazano, że kukurydza cukrowa reaguje skróceniem długości okresu wegetacji w latach korzystnych i jego wydłużeniem w latach niekorzystnych w miarę opóźniania terminu siewu. W konsekwencji takiej reakcji okres podażu kolb kukurydzy w latach ulega silnym wahaniom. Zależność plonu kolb od terminu siewu miała charakter funkcji wielomianowej 2^o. Najkorzystniejszym terminem siewu dla wielkości plonu kolb był początek maja. Wysiew kukurydzy cukrowej w czerwcu znacznie obniżał plony kolb i ich liczbę na jednostce powierzchni.

Słowa kluczowe – *Key words:* kukurydza cukrowa – *sugar maize*, termin siewu – *term of sowing*, odmiany – *hybrids*, okres wegetacji – *vegetation period*, plony kolb – *yield of cobs*.

WSTĘP

Powierzchnia uprawy kukurydzy cukrowej w Polsce wynosi obecnie około 3 tys. ha. Jej stały wzrost wynika z coraz większej popularności tej wartościowej rośliny warzywnej. Jedną z przyczyn wzrostu konsumpcji kukurydzy cukrowej w naszym kraju jest coraz dłuższa podaż surowca i stała obecność kolb na rynku. Na znaczne wydłużenie okresu zbioru pozwala między innymi stosowanie tzw. sztafety siewnej, czyli wysiew kukurydzy cukrowej w różnych terminach. Jest to metoda powszechnie stosowana we wszystkich krajach, w których uprawia się tę roślinę. O wpływie terminu siewu na plonowanie kukurydzy cukrowej niewiele jest prac krajowych [6, 7], a odmiany badane w latach osiemdziesiątych były odmianami populacyjnymi.

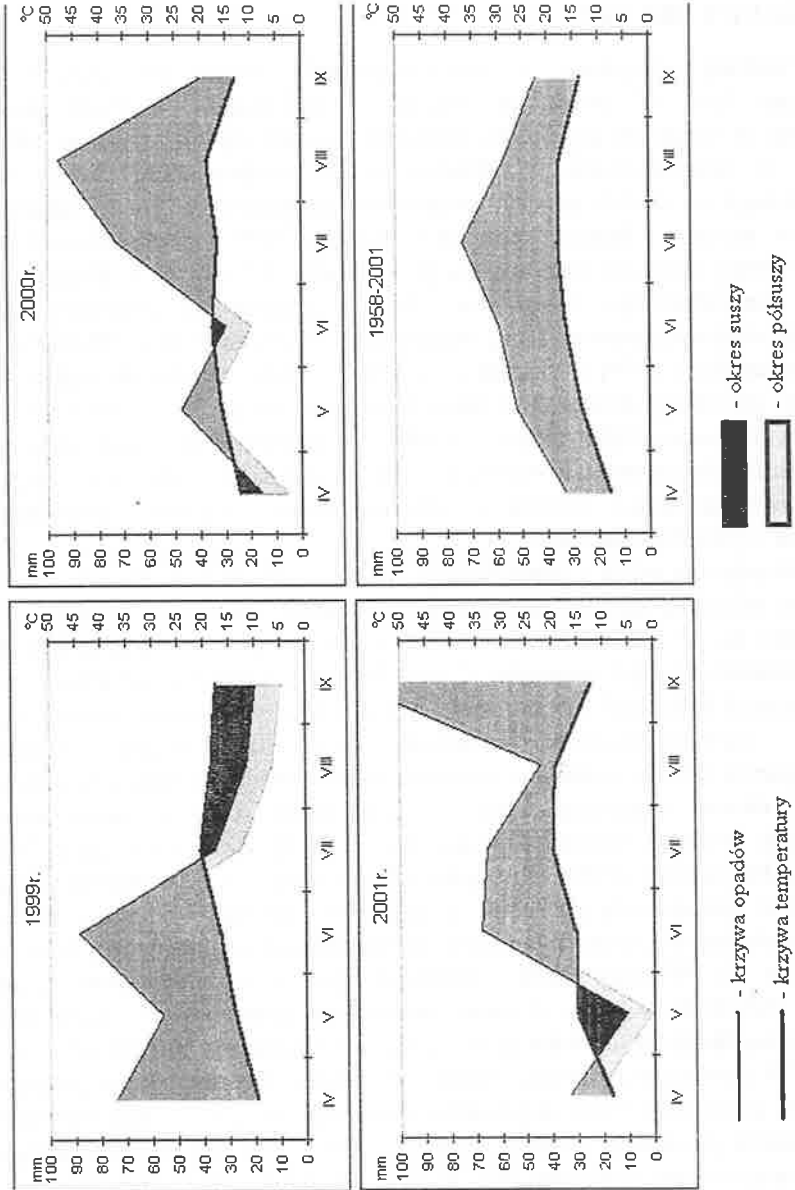
Celem badań było określenie wpływu różnych terminów siewu kukurydzy cukrowej na plonowanie dwóch jej odmian mieszańcowych.

METODY I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenia przeprowadzono w latach 1999-2001 na polach Zakładu Doświadczalno- Dydaktycznego w Swadzimiu pod Poznaniem, na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego, płytko zalegającego na glinie lekkiej. Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością potasu, wysoką do bardzo wysokiej zawartością fosforu, średnią magnezu i $\text{pH} = 6,1-6,8$ w 1n KCl. Zaliczono ją do klasy bonitacyjnej IVa i kompleksu przydatności rolniczej żyznego bardzo dobrego. Przedplonem kukurydzy latach była pszenica ozima, uprawiana po rzepaku ozimym nawożonym połową dawki obornika. Nawożenie azotem (70 kg N ha^{-1}) w formie mocznika, fosforem ($60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) w formie superfosfatu potrójnego i potasem ($90 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) w formie 50-60% soli potasowej, stosowano wczesną wiosną pod kultywator. Pozostałe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne były zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami agrotechniki kukurydzy cukrowej.

Dwuczynnikowe doświadczenie zakładano w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu było pięć terminów siewu, przypadających w odstępach 14 dniowych: początki siewu kukurydzy w Polsce – 20 kwiecień, 4 maj, 18 maj, 1 czerwca i 15 czerwca. Czynnikiem II rzędu były dwie bardzo słodkie odmiany mieszańcowe: Comanche (wczesna) i Sweet Trophy (średnio wczesna). Siew wykonano siewnikiem punktowym, zakładając obsadę roślin $5,71 \text{ szt. m}^{-2}$. Zbiór w dojrzałości mlecznej przeprowadzono ręcznie, określając liczbę kolb na jednostce powierzchni, plon kolb z liśćmi okrywowymi oraz plon kolb bez liści okrywowych. Zebrane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń wielokrotnych z testowaniem hipotez na poziomie $\alpha = 0,05$.

Dane meteorologiczne, pochodzące z własnej stacji leżącej w pobliżu pól doświadczalnych, przedstawiono w postaci diagramu klimatycznego wg. Waltera [1976]. Warunki meteorologiczne w latach prowadzenia badań były zróżnicowane (Rys. 1). Rok 1999 był ciepły, o średnich temperaturach miesięcznych w okresie wegetacji wyższych od średnich wieloletnich. Pod względem opadów był to rok wyjątkowo niekorzystny, bowiem od drugiej dekady lipca do końca września występowały znaczne niedobory wody. Kwitnienie kukurydzy a więc okres krytyczny pod względem zapotrzebowania na wodę, nastąpiło jednak w tym roku przed wystąpieniem suszy. Lata 2000 i 2001 były również ciepłe, bowiem średnie temperatury miesięczne w okresie wegetacji były wyższe od średnich wieloletnich. Wyjątek stanowił chłodny lipiec w 2000r i chłodny czerwiec w 2001r. W obydwu tych latach wystąpiły znaczne niedobory opadów podczas siewów i w początkowym okresie wegetacji kukurydzy – kwiecień i czerwiec w 2000r oraz maj w 2001r.



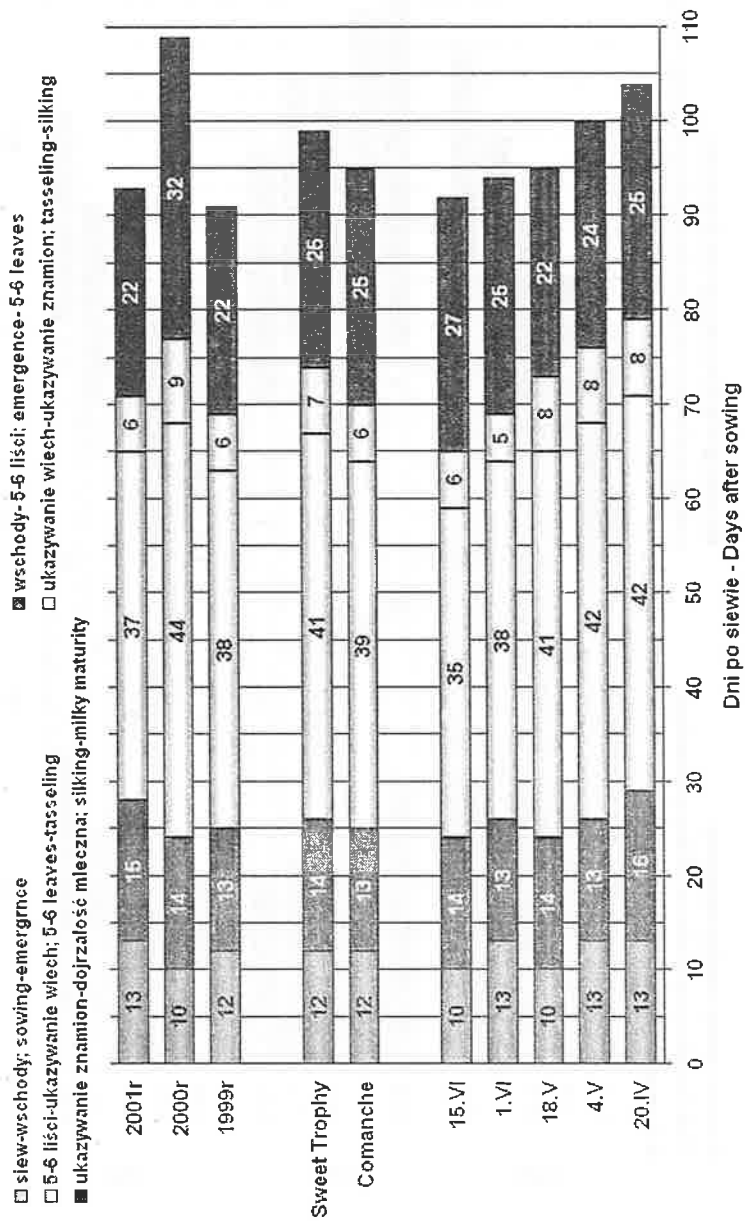
Rys.1. Warunki meteorologiczne w ZDD Swadzim (wg Waltera 1976)
Fig. 1. Weather conditions at Swadzim (by Walter 1976)

WYNIKI I DYSKUSJA

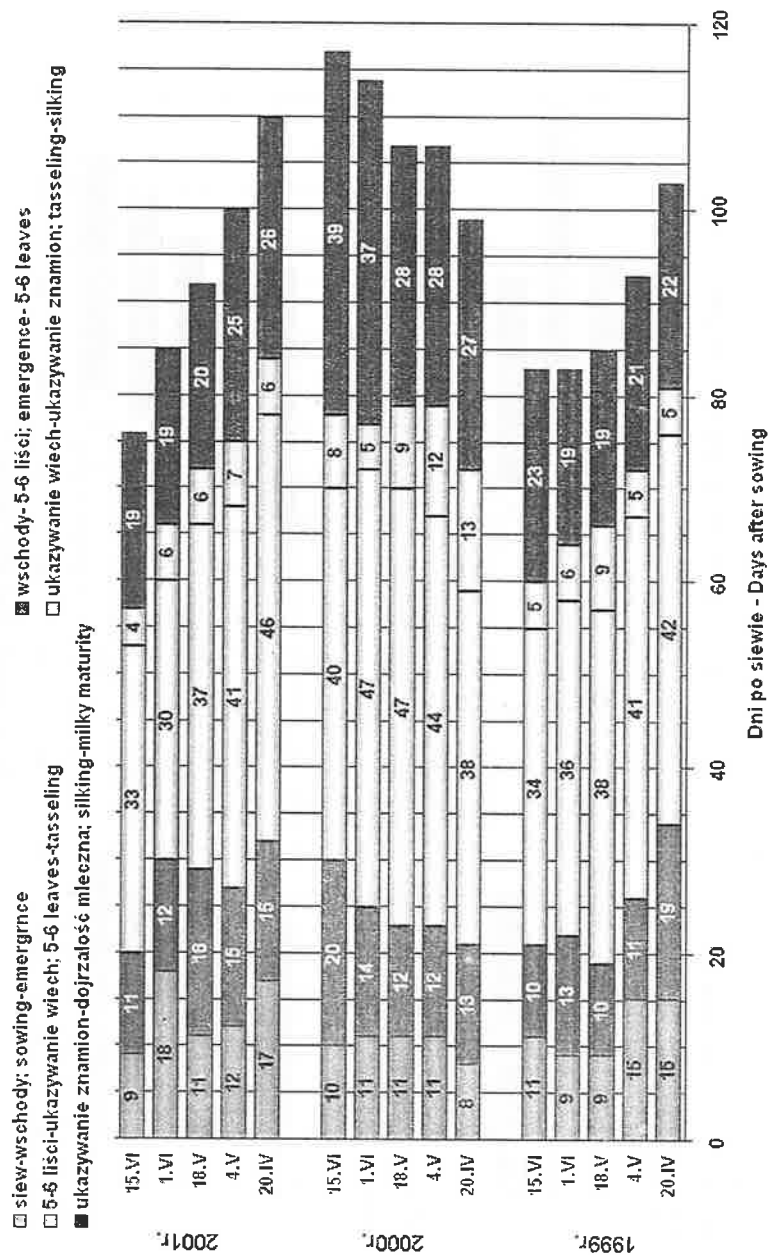
Przebieg wegetacji w poszczególnych latach prowadzenia badań uzależniony był od przebiegu pogody. Najdłuższym okresem wegetacji, niezależnie od badanych czynników charakteryzowała się kukurydza w 2000r (rys. 2). Było to spowodowane w głównej mierze wydłużeniem okresu rozwoju generatywnego na skutek niskich temperatur panujących w lipcu i nadmiernych opadów w sierpniu. Różnice pomiędzy rokiem 2000 i pozostałymi latami w długości okresu rozwoju wegetatywnego wynosiły 3-5 dni, a w długości okresu rozwoju generatywnego 13-14 dni. Wpływ pogody na przebieg wegetacji kukurydzy cukrowej potwierdzają wcześniejsze badania autora [Waligóra 1997] oraz Gretzmacher [1979] i Machul i in. [1983], choć wyniki ich badań dotyczą kukurydzy pastewnej zbieranej w innej fazie dojrzałości. W badaniach własnych późniejszą odmianą była Sweet Trophy, osiągająca dojrzałość mleczną we wszystkich latach i terminach siewu 2-7 dni po odmianie Comanche. Niezależnie od lat i terminu siewu różnica w długości okresu wegetacji pomiędzy tymi odmianami wynosiła 4 dni (Rys. 2).

Niezależnie od lat i odmian okres od siewu do osiągnięcia przez kukurydzę dojrzałości mlecznej skracał się stopniowo w miarę opóźniania terminu siewu od 20 kwietnia do 15 czerwca (Rys. 3). Różnica pomiędzy skrajnymi terminami siewu (przedział 56 dni) wynosiła 12 dni. Podobną tendencję stwierdził autor we wcześniejszych badaniach [Waligóra 1997], a różnica w długości okresu wegetacji pomiędzy najwcześniejszym terminem siewu (III dekada kwietnia) a najpóźniejszym (30 dni później w stosunku do pierwszego terminu) wynosiła 5 dni. Skracanie okresu wegetacji wraz z opóźnianiem terminu siewu kukurydzy potwierdzają również badania Jugenheimera [1964], Borowieckiego [1992] oraz Kubajak i Ostrowskiej [1983]. Kubajak i Ostrowska [1983] wskazują ponadto, że zależności te kształtowały się różnie w zależności od roku i odmiany. Również w badaniach własnych reakcja kukurydzy na opóźnianie terminu siewu była różna w latach (Rys. 3). W roku 2000, charakteryzującym się nadmiarem opadów w sierpniu i chłodami w lipcu, w miarę opóźniania terminu siewu okres wegetacji kukurydzy wydłużał się z 99 dni przy siewie 20 kwietnia do 117 dni przy siewie 15 czerwca. W pozostałych dwóch latach opóźnianie terminu siewu przyspieszało osiągnięcie przez kukurydzę dojrzałości mlecznej. W 2001r., najkorzystniejszym pod względem przebiegu pogody, zarówno okres rozwoju wegetatywnego jak i generatywnego ulegał stopniowemu skróceniu w miarę opóźniania terminu siewu. Różnica pomiędzy skrajnymi terminami siewu wynosiła 34 dni. W roku 1999, w którym wystąpiły znaczne niedobory wody od lipca do września kukurydza siana w dwóch terminach czerwcowych posiadała taką samą długość okresu wegetacji – 83 dni. Natomiast siewy wcześniejsze 18 maja, 4 maja i 20 kwietnia, powodowały wydłużenie okresu wegetacji odpowiednio o 3, 11 i 20 dni.

Długi okres podaży kolb kukurydzy jest korzystny zarówno dla przemysłu przetwórczego jak i spopularyzowania tej rośliny wśród konsumentów, dzięki długiej obecności na rynku.



Rys.2. Rozwój kukurydzy cukrowej średnio dla lat, odmian i terminów siewu
Fig. 2. Growth of the sugar maize the average for years, the hybrids and terms of sowing



Rys.3. Wpływ lat i terminu siewu na rozwój kukurydzy cukrowej
Fig. 3. The effect of years and sowing terms on growth of the sugar maize

W świetle własnych badań podaż kukurydzy cukrowej może trwać od początku sierpnia do połowy września, pomimo skracania długości okresu wegetacji w miarę opóźniania terminu siewu. W latach niekorzystnych - chłodno i wilgotno w okresie kwitnienia i zawiązywania ziarna - okres podaży wydłuża się w skutek przedłużania się wegetacji kukurydzy w miarę opóźniania terminu siewu. Z kolei w lata ciepłe i jednocześnie suche w okresie dojrzewania, okres podaży ogranicza się do 25 dni, wskutek silnego skracania się długości okresu od siewu do dojrzałości mlecznej w miarę opóźniania terminu siewu.

Tabela 1. Plon kolb z liśćmi okrywowymi w $t\ ha^{-1}$
Table 1. Yield of cobs with covering leaves in $t\ ha^{-1}$

Lata Years	Terminy siewu – Terms of sowing						Odmiany - Hybrids		
	20.IV	4.V	18.V	1.VI	15.VI	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}	Coman- che	Sweet Trophy	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}
1999	19,71	21,91	20,74	21,52	18,14	2,067	19,96	20,84	0,468
2000	19,42	19,44	18,52	12,58	9,53	1,130	16,96	14,83	0,698
2001	17,75	19,82	17,89	16,50	18,77	1,564	18,17	18,12	r.n.
Średnio Mean	18,96	20,39	19,05	16,86	15,48	0,877	18,36	17,93	0,322

r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

Stosowane terminy siewu wpływały zarówno na plony kolb z liśćmi jak i bez liści okrywowych, przy czym działanie tego czynnika uzależnione było od przebiegu pogody w latach badań (Tab. 1 i 2). Największe i systematyczne spadki plonów kolb w miarę opóźniania terminu siewu stwierdzono w 2000r., charakteryzującym się niedoborem opadów w okresie siewów kukurydzy, chłodami w okresie kwitnienia i nadmiarem opadów podczas dojrzewania roślin. W tak niekorzystnych dla kukurydzy warunkach pogodowych, siewy czerwcowe powodowały znaczną obniżkę plonów kolb, zwłaszcza bez liści okrywowych. W roku tym plony kolb z liśćmi okrywowymi uzyskane z siewów kwietniowych i majowych nie różniły się istotnie. Natomiast w przypadku kolb bez liści okrywowych nie stwierdzono różnic w plonach przy siewie kukurydzy w końcu kwietnia i na początku maja. W 1999r., bardzo ciepłym i jednocześnie bardzo suchym po fazie kwitnienia kukurydzy, największe i nie różniące się istotnie plony kolb z liśćmi okrywowymi i bez nich uzyskano siewając kukurydżę w maju i na początku czerwca. Z kolei w 2001r., umiarkowanie wilgotnym i ciepłym w okresie po wysianiu wszystkich obiektów, istotnie największe plony kolb z i bez liści okrywowych uzyskano przy siewie kukurydzy 4 maja.

Tabela 2. Plon kolb bez liści okrywowych w t ha⁻¹
Table 2. Yield of cobs without covering leaves in t ha⁻¹

Lata Years	Terminy siewu – Terms of sowing						Odmiany - Hybrids		
	20.IV	4.V	18.V	1.VI	15.VI	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}	Coman- che	Sweet Trophy	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}
1999	14,85	16,27	15,17	16,95	13,17	1,613	15,64	14,92	0,397
2000	14,31	13,91	13,21	8,78	6,44	0,848	12,15	10,50	0,702
2001	14,03	15,89	12,92	12,06	13,91	1,446	13,98	13,54	r.n.
Średnio Mean	14,40	15,35	13,77	12,60	11,17	0,722	13,93	12,99	0,225

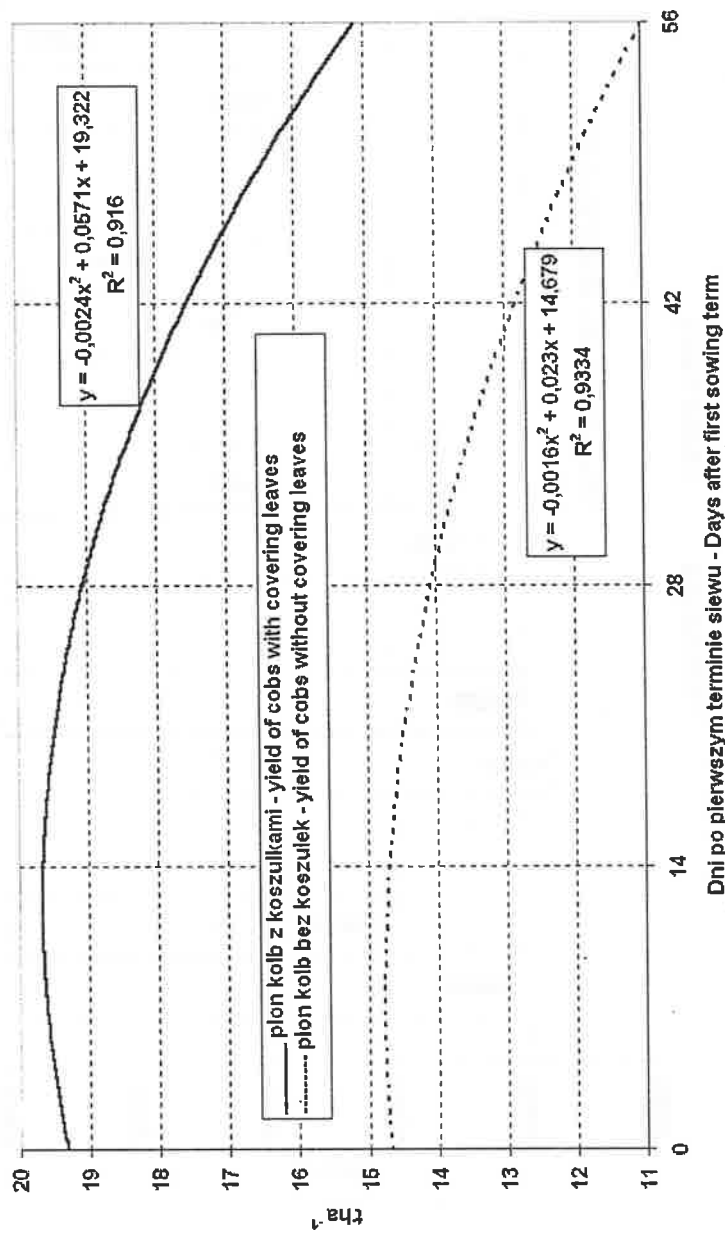
r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

Średnio dla lat, zależności wielkości plonów kolb z i bez koszulek od terminu siewu miały charakter krzywoliniowy (rys. 4). Istotnie największe plony kolb z i bez liści okrywowych uzyskano siejąc kukurydzę na początku maja. Opóźniając termin siewu od połowy maja do połowy czerwca stwierdzono systematyczny spadek plonów obu analizowanych rodzajów kolb.

Reakcja badanych odmian na stosowane terminy siewu była podobna. Odmianą plenniejszą była wczesna odmiana Comanche, dająca większe plony kolb z liśćmi okrywowymi i bez nich, niezależnie od terminu siewu. Wyjątek stanowił większy plon kolb z koszulkami średnio wczesnej odmiany Sweet Trophy w roku 1999, bardzo suchym i ciepłym w drugiej połowie wegetacji. W najkorzystniejszym pod względem warunków termicznych i wilgotnościowych dla kukurydzy roku 2001, obydwie odmiany nie różniły się plonami zarówno kolb z liśćmi okrywowymi jak i bez nich.

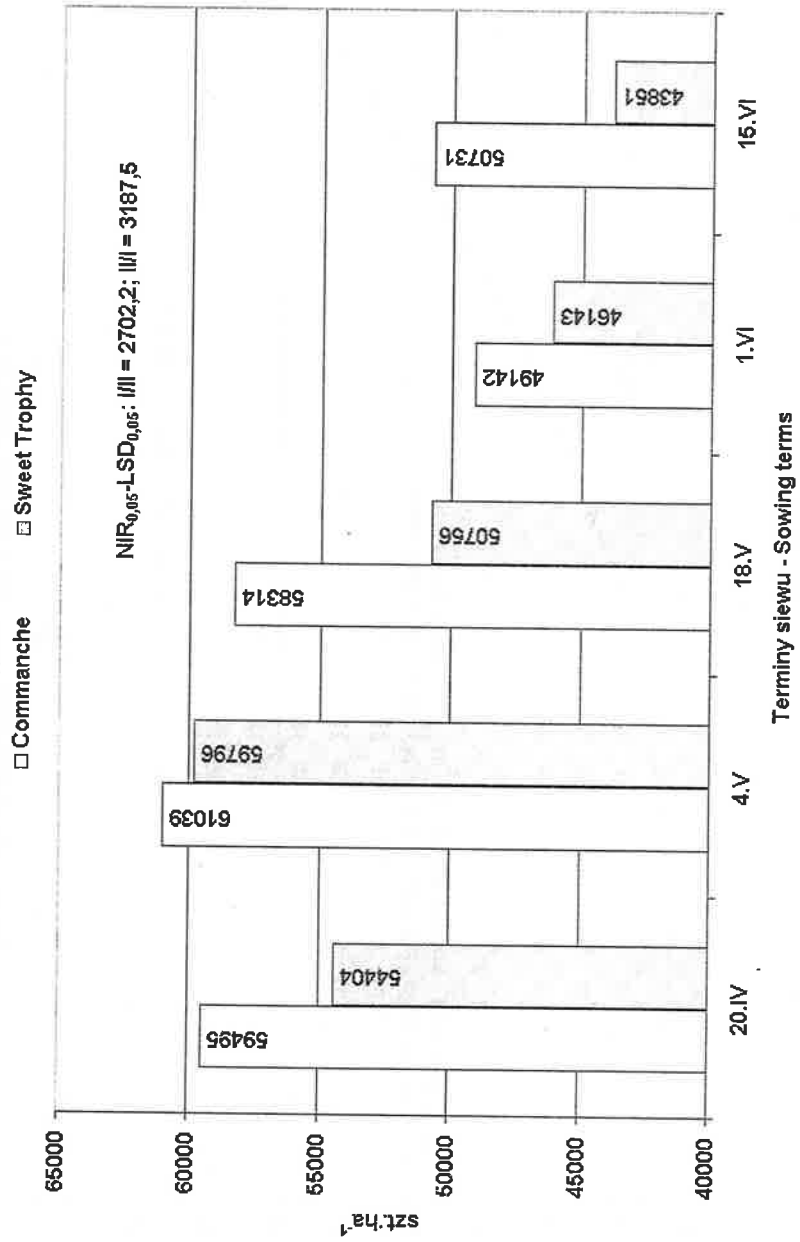
O opłacalności uprawy kukurydzy cukrowej dla przemysłu chłodniczego lub na rynek do spożycia na świeżo, decyduje nie tylko masa zebranych kolb lecz przede wszystkim ich liczba z jednostki powierzchni. Średnio dla lat i niezależnie od odmiany, najwyższą liczbę kolb na 1 ha stwierdzono wysiewając kukurydzę 4 maja (Tab. 3). Zarówno przyspieszenie jak i opóźnienie o 2 tygodnie terminu siewu istotnie zmniejszało liczbę kolb na 1 ha w stosunku do siewu wczesno majowego. Najmniejsze i nie różniące się istotnie liczby kolb na jednostce powierzchni uzyskano wysiewając kukurydzę w dwóch terminach czerwcowych. Stosowane terminy siewu istotnie modyfikowały liczbę kolb na 1 ha także w latach badań.

Podobnie jak w przypadku plonu kolb, wyższą ich liczbą na 1 ha niezależnie od terminu siewu charakteryzowała się odmiana Comanche. Stwierdzono ponadto interakcję obydwu badanych czynników w odniesieniu do liczby kolb na jednostce powierzchni (Rys. 5).



Rys.4. Wpływ terminu siewu na plon kolb z i bez liści okrywowych (1999-2001)

Fig.4. The effect of sowing term on yield of cobs from and without covering leaves (1999-2001)



Rys.5. Wpływ terminu siewu i odmian na liczbę kolb na 1 ha
 Fig 5. The effect of sowing term and hybrids on number of cobs per 1 ha

Tabela 3. Liczba kolb z 1 ha w szt.
Table 3. Number of cobs per 1 ha in pieces

Lata Years	Terminy siewu – <i>Terms of sowing</i>						Odmiany - <i>Hybrids</i>		
	20.IV	4.V	18.V	1.VI	15.VI	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}	Coman- che	Sweet Trophy	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}
1999	55545	58065	55755	54915	51345	4445,3	56952	53298	1489,8
2000	65306	65626	52496	39801	37695	4182,2	54233	50136	2136,5
2001	49998	57560	55354	48212	52834	5510,5	56048	49535	2817,0
Średnio Mean	56949	60417	54535	47643	47291	2551,4	55744	50990	1208,5

Wysiew obydwu badanych odmian 4 maja powodował, że uzyskiwały one liczby kolb na 1 ha nie różniące się istotnie. Natomiast zarówno przyspieszenie siewu o 2 tygodnie jak i jego opóźnienie, zgodnie ze schematem, powodowało iż odmiana średnio wczesna Sweet Trophy zawiązywała istotnie mniej kolb na jednostce powierzchni od odmiany wczesnej Comanche. Należy zauważyć, że średnio-wczesna odmiana Sweet Trophy w porównaniu z wczesną Comanche bardziej reagowała obniżką liczby kolb na opóźnianie terminu siewu.

WNIOSKI

1. Opóźnianie terminu siewu kukurydzy cukrowej od trzeciej dekady kwietnia do połowy czerwca powodowało stopniowe skracanie długości okresu wegetacji w latach ciepłych i umiarkowanie suchych lub suchych. W latach, w których pogoda w okresie rozwoju generatywnego kukurydzy była chłodna i wilgotna, reakcja roślin na opóźnianie terminu siewu była odwrotna.
2. W wyniku zróżnicowania terminów siewu, odległych w skrajnych terminach o 56 dni, długość okresu podażu kolb kukurydzy cukrowej ulegała skróceniu do około 25 dni w latach ciepłych, lecz zbyt suchych oraz wydłużeniu do około 76 dni w latach chłodnych z nadmiernymi opadami.
3. Niezależnie od przebiegu pogody w latach, największe plony kolb oraz największą liczbę kolb na 1 ha uzyskano wysiewając kukurydzę w początkach maja.
4. Wpływ opóźniania terminu siewu na plony kolb uzależniony był od przebiegu pogody w latach. W latach niekorzystnych wysiew kukurydzy w terminach czerwcowych powodował dwukrotny spadek plonu kolb.

PIŚMIENNICTWO

1. Borowiecki J., 1992: Termin siewu kukurydzy a tempo rozwoju. Pamiętnik Puławski, 101: 98-102.
2. Gretzmacher R., 1979: Die Beeinflussung des morphologischen Ertragsaufbaues und der Ertragsleistung durch den Standarum bei Kornermais. Bodenkultur 30, 3: 256-280.
3. Jugenheimer R. H., 1964: Hodowla i nasiennictwo mieszańców kukurydzy. Warszawa PWRiL.
4. Kossowski M., Cierkoń K., 1986: Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie kukurydzy cukrowej. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 211, z. 16: 140-150.
5. Kubajak A., Ostrowska A., 1983: Wpływ terminu siewu kukurydzy cukrowej na jej plonowanie i jakość. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 178, z. 11: 161-175.
6. Machul M., Kukula S., Matysiak B., 1983: Produktywność mieszańców kukurydzy na glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej w zależności od zagęszczenia roślin. Pamiętnik Puławski, 81: 61-74.
7. Waligóra H., 1997: Wpływ terminów siewu na przebieg wegetacji i kształtowanie się cech morfologicznych kukurydzy cukrowej. PTPN, Wydz. Nauk Rol. i Leśnych, t. 83: 135-140.
8. Walter H., 1976: Strefy roślinności a klimat. PWRiL, Warszawa.

H. Waligóra, A. Kruczek

THE INFLUENCE OF SOWING TERMS ON YIELDING TWO SUGAR MAIZE HYBRIDS**Summary**

The field experiments were conducted by Experimental Agricultural Station at Swadzim near Poznań, on very good rye soil complex, in 1999-2001. The objective of the presented studies was the determination of the effect of sowing terms on the length of the vegetative period, the yields of cobs with covering leaves, the yield of cobs without covering leaves and the number of cobs per unit surface, two sugar maize hybrids. Two hybrids from different groups of earliness were tested, early Comanche and average early Sweet Trophy. Maize was sowing in 14 days intervals in the following terms: 20 April, 4 May, 18 May, 1 June and 15 June. It was shown that sugar maize reacts with shortening the length of vegetation period in good years, in which during tasseling and silking the weather was warm and moderately wet. However in years in which in second part of the vegetative period, it during generative maize development the weather was cold and wet, the period from sowing to milk maturity lengthened. In consequence the period of supply of maize-cobs on the market, between the extreme terms of

sowing (56 days) shortened to about 25 days in warm and dry years and extended to about 76 days in unfavourable years. The optimum term of sowing with respect to the highest yield of cobs and largest number of cobs per 1 ha was at the beginning of May. The higher yielding was the early hybrid Comanche.

Dr Hubert Waligóra
Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin Katedry Uprawy Roli i Roślin AR w
Poznaniu
ul. Mazowiecka 45/46
60-623 Poznań
e-mail: hubertw@owl.au.poznan.pl

Praca wpłynęła do Redakcji w lutym 2003 r.

OCENA RÓŻNYCH SYSTEMÓW UPRAWY ROLI W MONOKULTURZE ŻYTA OZIMEGO

Jan Pabin, Stanisław Włodek, Andrzej Biskupski

Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia IUNG,
Jelcz-Laskowice

S y n o p s i s. W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem stosowania uproszczeń uprawowych w zróżnicowanych warunkach gospodarowania słomą na właściwości gleby piaskowej oraz na plony żyta ozimego uprawianego w monokulturze. Badania przeprowadzono w latach 1999 –2002 w Stacji Doświadczalnej IUNG w Jelczu-Laskowicach na glebie płowej wytworzonej z piasku słabo gliniastego o odczynie kwaśnym. Stosowanie uproszczeń uprawowych, a szczególnie uprawy zerowej, spowodowało wzrost zagęszczenia i zwięzłości gleby w porównaniu do stanu gleby uprawianej tradycyjnie. Pozostawienie słomy po zbiorze roślin wpływało korzystnie na zatrzymywanie wody w glebie w okresach niedoboru opadów.

W latach o niekorzystnym przebiegu pogody, stosowane uproszczenia uprawowe i pozostawianie na polu słomy powodowało istotne obniżki plonów żyta w stosunku do plonów uzyskiwanych na uprawie tradycyjnej i z usuwaniem słomy. W latach o korzystnym przebiegu pogody stosowanie uproszczeń uprawowych i pozostawianie słomy nie miały ujemnego wpływu na wielkość plonów ziarna żyta.

S ł o w a k l u c z o w e – key words: - techniki uprawy roli – *soil tillage*, właściwości fizyczne gleby – *soil physical properties*, monokultura żyta ozimego - *winter rye monoculture*.

WSTĘP

Okolo 30 % gruntów ornych w Polsce jest predestynowana do uprawy żyta. Oplacalność rolniczego użytkowania tych gleb jest obecnie problematyczna i często pozostają one w odłogu. W warunkach stabilnej gospodarki rolnej tanim sposobem uprawy jest bezpośredni siew, czyli uprawa zerowa [Hernanz i in. 1995, Vilde

1999]. Zastosowanie tego systemu do uprawy żyta ozimego na glebach wytworzonych z piasków może stwarzać szansę poprawienia opłacalności rolniczego użytkowania tych gleb, zwłaszcza przy uprawie żyta w monokulturze i pozostawianiu słomy na polu.

Celem badań była ocena wpływu stosowania uproszczeń uprawowych w zróżnicowanych warunkach gospodarowania słomą na właściwości gleby piaskowej oraz na plony żyta ozimego uprawianego w 4 letniej monokulturze.

METODYKA I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenie polowe (1999-2002) zlokalizowano w Stacji Doświadczalnej IUNG w Jelczu-Laskowicach na glebie plovej, wytworzonej z piasku słabo gliniastego o niskiej zawartości próchnicy (0,77 % C_{org}) i kwaśnym odczynie (pH w KCl=5,5). Gleba wykazywała wysoką zawartość przyswajalnych form fosforu (24,3 mg $P_2O_5/100g$ gleby), potasu (17,2 mg $K_2O/100 g$ gleby) i magnezu (6,2 mg $MgO/100 g$ gleby).

Doświadczenie prowadzono jako 2 czynnikowe w układzie split-plot. Pierwszym czynnikiem były sposoby zagospodarowania słomy, słoma usuwana z pola i pozostawiana na polu po pocięciu na sieczkę. Drugim czynnikiem były sposoby uprawy roli: uprawa tradycyjna (TT) – oparta na uprawie pluznej, uprawa uproszczona (UU) – bezpluzna (płytkie spulchnienie gleby agregatem do uprawy poźniowej) i uprawa zerowa (UZ) – siew bezpośredni (z chemicznym zwalczaniem). W pierwszym roku doświadczenia uprawiano żyto odmiany Motto, w drugim i czwartym - Dańkowskie Złote, a w trzecim roku odmianę Amilo. Corocznie stosowano nawożenie mineralne w ilości: 96 kg N, 60 kg P_2O_5 i 90 kg K_2O na ha. Po sprzęcie żyta w 2001 na całym polu zastosowano wapno magnezowem (50 % $CaO+MgO$) w ilości 2 t ha^{-1} . W uprawie zerowej (UZ) stosowano tylko chemiczną walkę z chwastami, natomiast w uproszczonej (UU) i tradycyjnej (TT) chwasty niszczone mechanicznymi zabiegami uprawowymi a w przypadkach, kiedy było to niemożliwe stosowano także herbicydy.

W fazie strzelania żyta w źdźbło i początku formowania ziarna oznaczano gęstość, wilgotność i zwięzłość gleby na dwóch powtórzeniach każdego obiektu. Wilgotność i gęstość oznaczano w warstwach 0-5, 10-15 i 20-25 cm pobierając glebę do cylindereków o pojemności 100 cm^3 , a zwięzłość w warstwach pięciocentymetrowych do głębokości 30 cm za pomocą sondy uderzeniowej z ciężarkiem o masie 2,17 kg i stożkowym czujnikiem o kącie wierzchołkowym 30°.

W tabeli 1 przedstawiono średnie miesięczne temperatury i sumy opadów. W roku 1998 wystąpiła susza późno jesienna, w latach 1999 i 2000 susze jesienne, a w latach 1999, 2000 i 2002 susze wiosenno-letnie. W okresach tych niedoborowi opadów towarzyszyły najczęściej wyższe temperatury, zwłaszcza w sezonie wiosenno-letnim co potęgowało negatywne skutki suszy dla roślin. Najkorzystniejszy z uwagi na przebieg pogody był rok 2001, w którym wyjątkowo nie wystąpiła susza wiosenna.

Tabela 1. Średnie miesięczne i roczne temperatury (T) w °C oraz miesięczne i roczne sumy opadów (O) w mm dla Jelcza-Laskowic

Table 1. Month and year air temperature (T) in °C and month and year rainfall sums (O) in mm at Jelcz-Laskowice

Rok Year	Miesiąc – Month												Wartości roczne Year value
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1998 T	1,3	4,1	2,8	10,4	14,6	18,0	18,2	17,4	13,4	8,6	0,1	-0,7	9,0
O	41,1	22,9	40,8	46,0	27,6	91,6	117,2	41,6	94,7	82,2	30,4	17,5	653,6
1999 T	1,1	-0,5	5,0	9,6	14,0	16,6	17,7	19,9	16,5	9,1	2,2	1,3	9,4
O	21,6	49,4	57,7	56,4	35,6	79,1	17,4	183,6	33,5	24,3	36,3	36,1	631,0
2000 T	-1,0	3,3	4,7	11,8	15,6	18,1	16,7	18,5	12,8	12,1	6,5	2,0	10,1
O	34,6	33,5	76,9	17,8	76,5	38,1	165,8	45,4	17,3	10,9	47,9	34,8	599,5
2001 T	0,0	0,9	3,2	7,7	14,8	15,1	19,2	19,4	12,5	12,1	3,4	-2,2	8,9
O	20,7	18,1	60,3	40,9	68,8	71,0	140,8	46,7	79,2	22,5	33,2	31,4	633,6
2002 T	-0,2	4,3	5,0	8,3	17,2	18,1	20,5	20,4	13,0	7,7	4,8	-4,2	9,6
O	24,0	58,2	15,9	44,5	78,8	53,7	38,2	85,5	32,7	63,3	47,5	19,7	562,0
1961- T	-1,5	-0,3	3,3	8,2	13,4	16,6	17,6	13,5	13,5	8,8	3,7	0,2	8,5
-2000 O	27,9	25,2	31,6	36,9	63,8	71,5	70,6	47,8	47,8	36,9	41,1	35,1	563,7

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Właściwości fizyczne gleby

Sposoby uprawy roli i zagospodarowania słomy spowodowały istotne różnicowanie właściwości fizycznych gleby. Największą wilgotność wykazywała z reguły gleba uprawiana tradycyjnie (Tabela 2). Znajduje to potwierdzenie w badaniach innych autorów [Dzienia i in. 1995, Laddha i Totawat 1997, Mazzoncini i in. 1998, Tebrugge i During 1999, Woźnica i in. 1995]. W 2002 r. w drugim terminie pomiaru większą wilgotność wykazywała jednak gleba pod uprawą uproszczoną i zerową. Takie wyniki są również dość często spotykane w piśmiennictwie [Arshad i Gill 1997, Ball i in. 1997, Doran i in. 1998, Ferreras i in. 2000, Lyon i in. 1998, Rasmussen 1999,]. W latach 2000 (I termin pomiaru) i 2001 (II termin pomiaru) nie stwierdzono różnic w uwilgotnieniu gleby pomiędzy systemami uprawy. Brak wpływu sposobu uprawy gleby na jej wilgotność stwierdzali również Flowers i Lal [1999], Kumar i in. [1999] oraz Lal i Ahmadi [2000]. Niejednorodność zdolności retencyjnych gleby uprawianej różnymi sposobami jest rezultatem zmian w szybkości transportu wody, związanych z różnicami w gęstości gleby, jakie powstają w wyniku stosowania odmiennych sposobów uprawy. Zagadnienia te omówiono szczegółowo w publikacji Pabina i Włodka [1986]. W efekcie po czteroletnim okresie stosowania odmiennych systemów uprawy, żaden z nich nie wywarł trwałego i istotnego wpływu na zdolności retencyjne gleby, a różnice w jej uwilgotnieniu miały charakter doraźny.

Zróżnicowany w latach był również wpływ różnych sposobów zagospodarowania słomą na wilgotność gleby (Tabela 2). Pozostawianie słomy na polu chroniło glebę przed wyparowywaniem wody głównie w okresach posusznych (I termin w 2000 r i II termin w 2002 r.). Taki pozytywny wpływ słomy obserwowali także inni autorzy, zwłaszcza prowadzący badania w klimacie aridowym, gdzie mulczowanie słomą przyczyniało się do znacznego wzrostu plonów roślin [Sharratt 1998, Singh Baldev i in. 1998, Sow i in. 1997]. W latach i okresach i większej ilości opadów większą wilgotność stwierdzano jednak w obiektach, z których słomę usuwano. Średnio w 4 letnim okresie badań sposób zagospodarowania słomy nie wykazał istotnego wpływu na wilgotność gleby.

W 5 na 7 terminach pomiarów stwierdzono istotne współdziałanie sposobów uprawy roli i sposobów zagospodarowania słomy. Największą wilgotność wykazywała z reguły gleba pod uprawą tradycyjną, bez słomy. Przy tym sposobie uprawy pozostawianie słomy nigdy nie wpłynęło korzystnie na zawartość wody w glebie. Natomiast najniższą wilgotność miała gleba z pozostawianą słomą w uprawie zerowej lub uproszczonej. W 2001 r. w I terminie pomiaru pozostawianie słomy na uprawie zerowej lub uproszczonej dawało efekt pozytywny, a na uprawie tradycyjnej, negatywny.

Tabela 2. Wpływ zróżnicowanych technik uprawowych i gospodarki słomą na wilgotność gleby (% s.m. gleby)

Table 2. Effect of different tillage techniques and straw management on soil water content (%w.w.)

Słoma <i>Straw</i>	Uprawa <i>Tillage</i>	Termin - Date							Średnia <i>Mean</i>
		1999		2000	2001		2002		
		I**	II	I	I	II	I	II	
Zbierana <i>Harvested</i>	UT*	9,5	16,3	6,6	15,6	10,2	13,3	4,4	10,8
	UU	9,9	14,5	5,8	12,7	9,6	12,8	4,3	9,9
	UZ	9,8	15,2	5,7	13,6	10,5	12,6	4,8	10,3
	średnia - mean	9,7	15,3	6,0	13,9	10,1	12,9	4,5	10,3
Pozosta- wiana <i>Left</i>	UT	8,8	14,9	6,2	14,3	9,2	12,7	4,2	10,0
	UU	9,4	13,2	6,3	13,1	10,0	11,8	5,8	9,9
	UZ	8,4	12,9	6,4	14,2	8,6	12,0	5,2	9,7
	średnia - mean	8,9	13,7	6,3	13,8	9,3	12,2	5,1	9,9
Średnia <i>Mean</i>	UT	9,2	15,6	6,4	15,0	9,7	13,0	4,3	10,5
	UU	9,7	13,8	6,0	12,9	9,8	12,3	5,0	9,9
	UZ	9,1	14,0	6,0	14,2	9,6	12,3	5,0	10,0
NIR _(0,05) - LSD _(0,05) uprawa (u) - tillage		n.i.*	0,75	n.i.	0,57	n.i.	0,56	0,51	n.i.
słoma (s) - straw		**	0,40	0,30	n.i.	0,30	0,30	0,28	n.i.
interakcja (u x s) interaction		0,42	0,69	0,52	0,52	0,52	n.i.	0,48	n.i.

*) UT – uprawa tradycyjna – *traditional tillage*, UU – uprawa uproszczona – *simplified tillage*, UZ – uprawa zerowa – *zero tillage*

**) I – początek strzelania w źdźbło – *beginning of shooting*

II – początek wypełniania się ziarna – *beginning of grain filling*

***) – różnice nie istotne – *not significant differences*

Duże zróżnicowanie efektu oddziaływania słomy na gospodarkę wodną było spowodowane innymi funkcjami, jakie spełnia słoma w stosowanych technikach uprawowych. W uprawie zerowej słoma pozostaje na powierzchni gleby i osłania ją przed bezproduktywnym wyparowywaniem wody. Jednak, gdy opady są małe, słoma jest także przeszkodą wychwytyjącą część opadów i nie dopuszczającą do ich przenikania do strefy korzeniowej roślin. Przy uprawie tradycyjnej słoma jest przyorywana i jej znaczenie dla retencji wodnej w glebie ma inny charakter, ograniczający się raczej do oddziaływania przez ewentualne zwiększenie zawartości substancji organicznej w glebie. Podobną funkcję dla retencji wodnej gleby spełnia pozosta-

wiona słoma w uprawie uproszczonej, z tą jednak różnicą, że nie jest ona przykrywana glebą, lecz intensywnie wymieszana z jej powierzchniową warstwą. Stąd oddziaływanie uprawy uproszczonej bezplużnej, z pozostawianiem słomy jest nieco inne niż uprawy tradycyjnej plużnej. Ostateczny wynik w postaci ilości wody zatrzymywanej w glebie zależy również od wielkości opadów, szybkości przemieszczania się wody opadowej do głębszych partii profilu glebowego, a także od szybkości parowania [Pabin i Włodek 1986].

W rezultacie tych złożonych oddziaływań, w czteroletnim okresie badań nie stwierdzono trwałego i istotnego współdziałania różnych technik uprawowych i gospodarowania słomą na zdolność zatrzymywania wody przez glebę.

Tabela 3. Wpływ zróżnicowanych technik uprawowych i gospodarowania słomą na gęstość gleby (g cm^{-3})

Table 3. Effect of different tillage techniques and straw management on soil bulk density (g cm^{-3})

Słoma <i>Straw</i>	Uprawa <i>Tillage</i>	Termin - Date							Średnia <i>Mean</i>
		1999		2000	2001		2002		
		I**	II	I	I	II	I	II	
Zbierana <i>Harvested</i>	UT*	1,40	1,40	1,36	1,44	1,40	1,43	1,43	1,41
	UU	1,36	1,47	1,39	1,44	1,48	1,41	1,45	1,39
	UZ	1,39	1,45	1,38	1,45	1,44	1,48	1,50	1,43
	średnia - <i>mean</i>	1,39	1,44	1,38	1,44	1,44	1,44	1,46	1,42
Pozosta- wiana <i>Left</i>	UT	1,41	1,40	1,40	1,36	1,40	1,41	1,35	1,39
	UU	1,44	1,50	1,40	1,46	1,43	1,43	1,41	1,43
	UZ	1,42	1,48	1,41	1,44	1,47	1,38	1,41	1,43
	średnia- <i>mean</i>	1,42	1,46	1,40	1,42	1,43	1,41	1,39	1,42
Średnia <i>Mean</i>	UT	1,41	1,40	1,38	1,40	1,40	1,42	1,35	1,40
	UU	1,40	1,49	1,40	1,45	1,46	1,42	1,41	1,44
	UZ	1,41	1,47	1,40	1,45	1,46	1,43	1,41	1,44
NIR _(0,05) LSD _(0,05) uprawa (u) - <i>tillage</i>		n.i.*	0,03	n.i.	0,03	0,04	n.i.	0,04	n.i.
słoma (s) - <i>straw</i>		**	n.i.	0,02	n.i.	n.i.	0,02	0,02	n.i.
interakcja (u x s) <i>interaction</i>		n.i.	n.i.	n.i.	0,03	0,03	0,04	0,04	n.i.
		n.i.							

*) objaśnienia jak w tabeli 2 – explanation as in table 2

Techniki uprawy oraz sposoby zagospodarowania słomy w niewielkim stopniu i z reguły nie istotnie wpływały na gęstość gleby (Tabela 3). Stwierdzono

jednak wyraźną tendencję wzrostu gęstości gleby w miarę upraszczania jej uprawy.

Tabela 4. Wpływ różnych technik uprawowych i gospodarki słomą na zwięzłość gleby (MPa)

Table 4. Effect of different tillage techniques and straw management on penetration resistance (MPa)

Słoma <i>Straw</i>	Uprawa <i>Tillage</i>	Termin – Date						Średnia <i>Mean</i>	
		1999		2000	2001		2002		
		I**	II	I	I	II	I		II
zbierana <i>harvested</i>	UT*	2,6	1,6	7,0	2,5	6,7	3,7	6,6	4,4
	UU	3,1	3,3	5,7	3,4	4,8	5,5	7,2	4,7
	UZ	3,4	3,3	5,2	3,4	5,1	4,0	7,1	4,5
	średnia - <i>mean</i>	3,0	2,7	6,0	3,1	5,5	4,4	7,0	4,5
pozostawiana <i>left</i>	UT	3,6	2,3	4,8	2,7	4,0	3,9	6,2	3,9
	UU	4,0	3,4	5,3	3,5	4,5	6,1	5,7	4,6
	UZ	4,4	3,1	5,3	3,5	4,7	4,3	7,3	4,7
	średnia - <i>mean</i>	4,0	2,9	5,1	3,2	4,4	4,8	6,4	4,4
Średnia <i>Mean</i>	UT	3,1	2,0	5,9	2,6	5,4	3,8	6,4	4,2
	UU	3,6	3,4	5,5	3,4	4,6	5,8	6,4	4,7
	UZ	3,9	3,2	5,3	3,4	4,9	4,2	7,2	4,6
NIR _(0,05) - LSD _(0,05) uprawa (u) - <i>tillage</i>		n.i.***	0,73	n.i.	0,72	n.i.	0,99	n.i.	n.i.
słoma (s) - <i>straw</i>		0,59	n.i.	n.i.	n.i.	0,86	n.i.	n.i.	n.i.
interakcja (u x s) - <i>interaction</i>		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

*) objaśnienia jak w tabeli 2 – *explanation as in table 2*

Efekt sposobu zagospodarowania słomy udowodniono tylko w 3 terminach. W 2000 roku stwierdzono wzrost zagęszczenia gleby w obiektach ze słomą, natomiast w 2002 r gęstość gleby na obiektach z pozostawianą słomą była niższa od tej, którą wykazywała gleba po usunięciu słomy. O efekcie tym głównie zdecydowały wyniki uzyskane na obiekcie z uprawą zerową gdzie słoma spełniała ochronną rolę mulczu. Korzystne działanie słomy, poprawiającej stabilność struktury gruzelkowej i chroniącej glebę przed destrukcyjnym działaniem deszczu stwierdził również Rasmussen [1999]. Przeciętnie w okresie 4 lat badań nie wykazano jednak udowodnionego współdziałania sposobów uprawy roli i zagospodarowania słomy na gęstość gleby. Uproszczenia uprawowe, łącznie z uprawą zerową, powodowały wzrost zwięzłości gleby, potwierdzony statystycznie w 3 terminach pomiarów (Tabela 4). Wykazano również pewną tendencję do wzrostu zwięzłości gleby, z której usuwano słomę.

Plony ziarna żyta

Z danych przedstawionych w tabeli 5 wynika, że w latach o niekorzystnym przebiegu pogody (1998/99, 1999/00, 2001/02), gdy wystąpiły susze jesienne i wiosenne, uprawa uproszczona i zerowa wpływały niekorzystnie na plony żyta ozimego. Przeciętna obniżka plonów w stosunku do uprawy tradycyjnej wynosiła ok. 14,4 %. W latach tych pozostawianie na polu słomy oddziaływało ujemnie na plony ziarna, chociaż statystycznie potwierdzone to zostało tylko w dwóch przypadkach. Obniżki plonów spowodowane pozostawianiem słomy nie przekraczały jednak średnio 4,3 % plonu uzyskiwanego z poletek, z których słomę usuwano.

Tabela 5. Wpływ różnych technik uprawy roli i gospodarki słomą na plon ziarna żyta zimego ($t\ ha^{-1}$)

Table 5. Effect of different tillage technique and straw management on grain yield of winter rye ($t\ ha^{-1}$)

Słoma <i>Straw</i>	Uprawa <i>Tillage</i>	Rok – Year				Średnia <i>Mean</i>
		1999	2000	2001	2002	
Zbierana Harvested	UT*	4,02	3,60	4,76	3,08	3,87
	UU	2,90	3,08	4,58	2,59	3,29
	UZ	3,24	2,86	4,58	3,20	3,47
	średnia - mean	3,38	3,18	4,64	2,96	3,54
Pozostawiona Left	UT	3,78	3,19	4,72	3,06	3,69
	UU	2,98	3,11	4,55	2,94	3,40
	UZ	2,62	2,96	4,43	2,67	3,17
	średnia – mean	3,12	3,09	4,57	2,89	3,42
Średnia Mean	UT	3,90	3,40	4,74	3,07	3,78
	UU	2,94	3,10	4,57	2,77	3,34
	UZ	2,93	2,91	4,51	2,94	3,32
Średnia - Mean		3,26	3,14	4,61	2,93	3,48
NIR _(0,05) - LSD _(0,05) uprawa (u) - tillage		0,62	0,31	n.i.	0,27	0,47
słoma (s) - straw		0,33	0,16	n.i.	n.i.	n.i.
lata (l) - years						0,47
interakcja: (u x s) - interaction		n.i.***	0,29	n.i.	0,25	n.i.
(u x l)		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
(s x l)		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

*) objaśnienia jak w tabeli 2 – explanation as in table 2

Istotnie największe plony ziarna żyta uzyskano w roku 2001 o sprzyjającym przebiegu pogody. W roku tym nie stwierdzono również istotnych różnic plonów pomiędzy technikami uprawy roli i sposobami zagospodarowania słomy. Można,

zatem sądzić, że uproszczenia uprawowe, łącznie ze stosowaniem siewu bezpośredniego, mogą być efektywne nawet na glebach lekkich, jeśli przebieg warunków pogodowych będzie sprzyjał wegetacji roślin. Zjawisko to potwierdza się nie tylko w przypadku uprawy monokulturowej, ale również w zmianowaniu [Pabin i in. 2000].

WNIOSKI

1. Uproszczenia uprawy roli, w okresie 4 lat powodują wzrost gęstości i zwięzłości gleby. Pozostawianie na polu rozdrobnionej słomy żyta nie przeciwdziała tym negatywnym zmianom stanu fizycznego gleby.
2. Gleba uprawiana sposobami uproszczonymi, ze względu na zwiększoną gęstość, gromadzi więcej wody, ale tylko w krótkim okresie po wystąpieniu opadów deszczu. W okresie bezopadowym gleba traci więcej wody poprzez zwiększoną ewaporację. W okresach niedoboru opadów słoma, pozostawiana na polu oddziałuje korzystnie na wilgotność gleby.
3. W latach o niekorzystnym przebiegu pogody (susze jesienne i wiosenne), stosowanie uproszczeń uprawowych i pozostawianie na polu słomy powoduje istotne obniżki plonów ziarna żyta uprawianego w monokulturze. W latach o korzystnym przebiegu pogody stosowanie uproszczeń uprawowych i pozostawianie słomy nie wykazuje natomiast ujemnego wpływu na wielkość plonów.

PIŚMIENNICTWO

1. Arshad M.A., Gill K.S., 1997: Barley, canola and wheat production under different tillage - fallow - green manure combinations on a clay soil in a cold, semiarid climate. *Soil Till. Res.* 43: 263-275.
2. Ball B.C., Ritchie R.M., 1999: Soil and residue management effects on arable cropping conditions and nitrous oxide fluxes under controlled traffic in Scotland I. Soil and crop responses. *Soil Till. Res.* 52: 177-189.
3. Doran J.W., Elliott E.T., Paustian K., 1998: Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil Till. Res.* 49: 3-18.
4. Dzieńka S., Piskier T., Wereszczaka J., 1995: Wpływ roślin mulczujących na wybrane właściwości fizyczne gleby po zastosowaniu siewu bezpośredniego bobiku. *Konf. nauk.: "Siew bezpośredni w teorii i praktyce"* Szczecin - Barzkowice, 1995: 57-61.
5. Ferreras L.A., Costa J.L., Garcia F. O., Pecorari C., 2000: Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil Till. Res.* 54: 31-39.
6. Flowers M., Lal R., 1999: Axle load and tillage effects on the shrinkage characteristics of a Mollic Ochraqualf in northwest Ohio. *Soil Till. Res.* 50: 251-258.

7. Hernanz J.L., Giron V.S., Cerisola C., 1995: Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil Tillage Res.* 35: 183-198.
8. Kumar Ajay, Kanwar R.S., Singh P., Ahuja L.R., 1999: Evaluation of the root zone water quality model for predicting water and NO₃-N movement in an Iowa soil. *Soil Till. Res.* 50: 223-236.
9. Laddha K.C., Totawat K.L., 1997: Effects of deep tillage under rainfed agriculture on production of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) intercropped with green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) in western India, *Soil Till. Res.* 43: 241-250.
10. Lal R., Ahmadi M., 2000: Axle load and tillage effects on crop yield for two soils in central Ohio. *Soil Till. Res.* 54: 111-119.
11. Lyon J. D., Stroup W.W., Brown R.E., 1998: Crop production and soil water storage in long-term winter wheat-fallow tillage experiments. *Soil Till. Res.* 49: 19-27.
12. Mazzoncini M., Lorenzi R., Risaliti R., Sorce C., Ginanni M., Curadi M., Pini R., 1998: Diclofop-methyl dissipation in clay soil under different tillage systems in central Italy. *Soil Till. Res.* 46: 241-250.
13. Pabin J., Włodek S., 1986: Wpływ zagęszczenia gleby lekkiej na niektóre jej właściwości fizyczne oraz plonowanie peluszk i jęczmienia jarego I. Dynamika wody użytecznej w glebie a plony roślin. *Pam. Pul.* 88: 71-85.
14. Pabin J., Włodek S., Biskupski A., Runowska-Hryńczuk, Kaus A., 2000: Ocena właściwości fizycznych gleby i plonowania roślin przy stosowaniu uproszczeń uprawowych. *Inżynieria Rolnicza*, 6: 213-219.
15. Rasmussen K.J., 1999: Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53: 3-14.
16. Sharratt B.S., 1998: Barley yield and evapotranspiration governed by tillage practices in interior Alaska. *Soil Till. Res.* 46: 225-229.
17. Singh Baldev, Chanasyk D.S., McGill W.B., 1998: Soil water regime under barley with long-term tillage-residue systems, *Soil Till. Res.* 45: 59-74.
18. Sow A.A., Hossner L.R., Unger P.W., Stewart B. A., 1997: Tillage and residue effects on root growth and yields of grain sorghum following wheat, *Soil Till. Res.* 44: 121-129.
19. Tebrugge F., During R.A., 1999: Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.* 53: 15-28.
20. Vilde A., 1999: Energetic and economic estimation of soil tillage systems, *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 195, *Agricultura* 74: 213-222.
21. Woźnica Z., Pudelko J., Skrzypczak G., Matysiak R., 1995: Wpływ niekonwencjonalnych metod uprawy roli na zachwaszczenie i plony kukurydzy. *Konf. nauk.: "Siew bezpośredni w teorii i praktyce"*, Szczecin - Barzkowice, 1995: 109-117.

J. Pabin, S. Włodek, A. Biskupski

THE EVALUATION OF DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS IN A MONOCULTURE OF WINTER RYE

Summary

The effect of different tillage methods and different straw management on the physical properties of sandy soil and on the yields of winter rye grown in monoculture has been estimated. The investigations were carried out in the years 1999-2002 at the Department of Soil Cultivation and Fertilization Techniques, Jelcz-Laskowice, based on a two factorials field experiment laid out on grey-brown podzolic soil formed out of weakly loamy sand. The experiment was carried on in randomized subblocks design with four replications.

The first factor was method of straw management (straw removed from the field and chopped straw left in the field) and the second one tillage systems: traditional ploughing (UT), simplified tillage with shallow (0-15 cm) soil loosening with cultivator and harrow or with aggregate for postharvest cultivation (UU) and zero tillage, direct sowing (UZ).

On the grounds of the experimental results it was found that four-year tillage simplifications, including zero tillage, brought about an increase in the density and compaction of the soil. This effect coupled with unfavorable weather conditions, made the physical state of soil to restrict the growth and development of plants and might also contribute to lower yield of rye grain. Leaving the straw in form of chaff on the field surface (UZ), or covering it with a layer of soil (UT), or mixing it up with the surface soil layer (UU) could not counteract negative changes of the soil physical properties.

The water content in the soil under different tillage techniques depended on the soil density and the course of precipitations in the vegetation period. Leaving the straw after harvest was found to exert a favorable influence on retention of water in the soil in periods with a deficit of precipitation. However a part o rainfall was absorbed by yet undecomposed straw, thus decreasing its amount in the soil .

In the years (1998/99, 1999/00, 2001/02) with symptoms of droughts in spring and autumn, crop yields under reduced tillage systems (UU and UZ) were significantly lower than under UT. On average, the reduction was approximately 14.4%. In dry seasons, moreover crop yield on straw-residue plots with straw was less by up to 4.3% than on straw-removal plots.

The interactive effect of tillage and straw management systems on crop yields was significant in two dry seasons (1999/00 and 2001/02). This interaction indicates that the effect of the straw maintaining on winter rye yields was negative in 2000 under UT and in 2002 under UZ. However, maintaining the straw under UU had positive effect on crop yield in most years. The results indicate that this yield in-

crease is accidental and can be more associated with its reduction on straw-removal plots than with its increase on straw-residue plots.

Crop yields in all tillage and straw management systems were the highest in 2001 with relatively high total rainfall and its favourable distribution during growing season. Compared to yields in other years with water shortage, they were greater on average by 31%. In addition, this year both tillage and straw management effects did not have significant effect on grain yield. This implies that reduced tillage systems can be applied without negative effect on crop yield even on light soils provided that weather is favourable for plant growth. This may refer not only to the winter rye monoculture, but also for crop rotation as shown in earlier studies. Since reduced tillage systems are low energy demanding compared to traditional tillage system they can improve profitability of winter rye cultivation under sufficient plant water supply. In addition reduced tillage systems are considered as more advantageous from the point of view of environment's protection.

Doc. dr hab. Jan Pabin
Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
55-230 Jelcz-Laskowice, ul. Łąkowa 2

Praca wpłynęła do Redakcji w maju 2003 r.

ROLNICTWO PRECYZYJNE SZANSĄ NA OGRANICZENIE ZAGROŻEŃ DLA ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Ryszard Hołownicki

Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach

S y n o p s i s. Intensywna produkcja rolnicza, a zwłaszcza stosowanie środków chemicznych stanowi zagrożenie dla czystości wód, gleby i powietrza. Zastosowanie koncepcji rolnictwa precyzyjnego może się przyczynić do zmniejszenia tych zagrożeń i do bardziej racjonalnego stosowania środków ochrony roślin i nawozów. W pracy przedstawiono aktualne tendencje i stan prac badawczych z tego zakresu. Większość znanych rozwiązań opiera się na sporządzaniu map zmiennej aplikacji na podstawie charakterystyki roślin i wykorzystaniu GPS. Sprawia to, że upływa nieraz kilka tygodni pomiędzy detekcją i aplikacją. Układy sensorowe pracujące w czasie rzeczywistym są bardziej precyzyjne i elastyczne w praktycznym wykorzystaniu. Dalszy rozwój precyzyjnego rolnictwa wymaga nowych rodzajów układów detekcji i nowych środków technicznych umożliwiających stosowanie zmiennych dawek środków ochrony roślin i nawozów.

S ł o w a k l u c z o w e – *key words*: rolnictwo precyzyjne – *precision agriculture*, środki chemiczne – *agrochemicals*, technika opryskiwania – *spraying technique*, układy detekcji – *target detection*.

WSTĘP

O potrzebie ograniczenia zagrożeń dla środowiska przyrodniczego w produkcji rolniczej nie ma potrzeby już nikogo przekonywać. Intensywna produkcja rolnicza staje się coraz większym zagrożeniem dla czystości wód, gleby i powietrza. Dotyczy to szczególnie chemicznych środków ochrony roślin. Jednak, wbrew wyrażanym często opiniom, nie można wyżywić populacji ludzkiej bez środków ochrony roślin. Już obecnie ocenia się że 800 mln ludzi głoduje, a do 2025 roku liczba ludności wzrośnie o dalsze 2,5 mld [Riddle, 1998]. Zakłada się że w perspektywie 2030 roku nadal około 580 mln ludzi będzie głodować, a wyżywienie 8,0 mld ludzi będzie wymagało niemal podwojenia produkcji zbóż

zwłaszcza w Ameryce Północnej, Europie Zachodniej i Australii. Ponad 80% wzrostu produkcji żywności musi zostać dokonane na drodze intensyfikacji produkcji, a tylko 20% przez zwiększenie powierzchni zasiewów. Najbardziej groźne jest zwiększanie powierzchni gruntów rolnych przez wycinanie lasów. Intensyfikacja produkcji powinna więc opierać się w jak największym stopniu na produkcji zrównoważonej, tak aby chronić zdrowie ludzi i środowisko przyrodnicze. Przedstawiane prognozy wskazują jednak wyraźnie, że wzrost produkcji żywności w świecie musi dokonać się przy zwiększonym zużyciu środków ochrony roślin i nawozów.

Strategia na przyszłość to ograniczenie do niezbędnego minimum stosowania środków chemicznych w rolnictwie dzięki technikom sensorowym i wizyjnym zintegrowanym z postępem biologicznym. Duże znaczenie będzie odgrywać wprowadzanie środków ochrony pochodzenia naturalnego [Jongebuer, 2000]. Bardzo obiecujące są nie chemiczne metody ochrony i hodowla odpornościowa, jakkolwiek ich szerokie zastosowanie w praktyce rolniczej nie jest łatwe. Wiele akceptowanych obecnie metod biologicznych, gdy znajdą one szerokie zastosowanie w praktyce może w przyszłości stwarzać nowe problemy [Riddle, 1998]. Dotychczasowe osiągnięcia we wdrażaniu metod produkcji ekologicznej do praktyki rolniczej są niezadowolające zarówno w Polsce jak i w krajach UE, które posiadają już wieloletnie doświadczenie w tej dziedzinie. Jednocześnie nie wykorzystuje się znacznych potencjalnych możliwości ograniczania zagrożeń dla środowiska wynikających ze zmniejszenia zużycia środków chemicznych, a korzyści, jakie można w ten sposób osiągnąć są niewspółmiernie większe od korzyści wynikających z całkowitego zaniechania ich stosowania. Znacznie łatwiej jest, bowiem ograniczyć zużycie środków ochrony w skali kraju o 20% niż wprowadzić produkcję ekologiczną na 10% powierzchni gruntów ornych. Trudno oprzeć się wrażeniu, że przez takie rozumowanie, które zdaje się dominować w środowiskach proekologicznych, zostaje zagubiony cel nadrzędny, czyli ograniczenie zagrożeń dla środowiska.

Uważa się, że aplikacja środków ochrony jest jednym z najmniej efektywnych procesów. W wielu przypadkach mniej niż 5% powierzchni roślin jest pokryte przez ciecz opryskową i tylko 1% uwalnianych pestycydów jest aktywna przeciwko szkodnikom [Hislop, 1987]. Potencjalne możliwości ograniczenia zużycia środków ochrony są bardzo duże. Wymaga to jednak dalszych szeroko zakrojonych badań i udroźnienia dostępu do środków finansowych krajowych i międzynarodowych instytucji odpowiedzialnych za stan środowiska. Będzie to możliwe tylko po zamianie obowiązujących obecnie haseł „Rolnictwo bez chemii”, „Pestycydy to trucizna” na bardziej realistyczne i przynoszące więcej korzyści środowisku przyrodniczemu i konsumentowi - „Mniej środków ochrony w rolnictwie”, „Pestycydy nie zawsze są truciznami”.

Prognozy demograficzne i żywnościowe wskazują wyraźnie, że przez najbliższe 2-3 dekady zdecydowana większość produkcji rolniczej w Polsce i świecie będzie odbywała się przy znaczącym zużyciu środków chemicznych. Należy, więc podjąć starania, aby ich zużycie i zagrożenia z tym związane były możliwie jak najmniejsze. Realizacja tego celu wymaga bardziej racjonalnego

stosowania środków ochrony i nawozów. Można z dużym przekonaniem stwierdzić, że kluczową rolę w ograniczaniu zagrożeń dla środowiska będzie odgrywał rozwój rolnictwa precyzyjnego. Obecny poziom wiedzy i stan prac badawczo-rozwojowych wskazują że w najbliższych latach należy spodziewać się znaczącego skoku jakościowego w tej dziedzinie. Będzie to wyzwanie zarówno dla rolników jak i producentów maszyn rolniczych. Powstaną nowe i nieznane dotąd specjalności zajmujące się obsługą rolnictwa precyzyjnego.

Celem artykułu jest zainteresowanie krajowych środowisk naukowych problematyką związaną z rolnictwem precyzyjnym. Przedstawiono aktualny stan prac badawczych w aspekcie ograniczania zagrożeń dla środowiska. Zaprezentowano zagadnienia dotyczące układów pozycjonowania, detekcji obiektów, zmiennej aplikacji, czyli najważniejszych elementów składających się na koncepcję rolnictwa precyzyjnego.

Rolnictwo precyzyjne

Jednolita i powszechnie akceptowana definicja precyzyjnego rolnictwa jeszcze nie powstała, choć trwają próby jej ujednoczenia. W użyciu są następujące terminy: spatially prescriptive farming, computer aided farming, farming by computer, farming by satellite, high tech sustainable agriculture, site-specific farming, precision farming i wiele innych. Choć w Polsce najczęściej używa się terminu rolnictwo precyzyjne, to odczuwa się brak jednolitej definicji. Poniżej zamieszczono propozycję definicji, która wydaje się najlepiej oddawać sens koncepcji rolnictwa precyzyjnego.

Rolnictwo precyzyjne jest to strategia zarządzania, która na podstawie oceny miejscowych specyficznych cech roślin, ich środowiska, zdrowotności i okresowej zmienności warunków atmosferycznych umożliwia stosowanie zmiennych dawek (środków ochrony, nawozów, nasion, itp.) lub parametrów roboczych maszyn w celu optymalnego wykorzystania zasobów gleby i potencjału produkcyjnego roślin przy minimalnych zagrożeniach dla środowiska.

Koncepcja rolnictwa precyzyjnego jest szansą na ograniczenie negatywnego oddziaływania intensywnej produkcji rolnej na środowisko. Jest to możliwe dzięki udoskonaleniu procesu decyzyjnego, który w obecnie stosowanych technologiach dotyczy całego pola. W rolnictwie precyzyjnym proces decyzyjny dotyczy natomiast wybranych jego części różniących się rodzajem, zasobnością i stopniem ugniecenia gleby, podatnością na erozję, rzeźbą terenu, mikroklimatem, wielkością, gęstością i zdrowotnością roślin. Zróżnicowanie warunków środowiskowych wpływa na wielkość i jakość uzyskiwanego plonu. Obecne metody uprawy tylko w niewielkim stopniu pozwalają na uwzględnianie zakresu zmienności środowiskowej, a dostosowanie parametrów roboczych orki, siewu, nawożenia, ochrony roślin odnosi się do przeciętnych warunków panujących na polu. W związku z tym nie różnicuje się dawek nawozów zależnie od zróżnicowanej w obrębie pola żyzności gleby a w ochronie roślin, pestycydy

stosuje się równomiernie na całej powierzchni pola zamiast w miejscach występowania agrofagów. Oznacza to, że jednolite traktowanie całego pola jest źródłem strat w wymiarze ekonomicznym i ekologicznym.

Podział na poletka o jednakowych warunkach dla rozwoju roślin nie rozwiązuje problemu, ponieważ dezorganizuje prace polowe, a obszar miejscowego zróżnicowania może sięgać nawet kilkudziesięciu metrów kwadratowych. Dotyczy to zwłaszcza terenów morenowych i wyżyn. Niedoskonałość układów detekcji do identyfikacji zmienności miejscowej, pracujących w czasie rzeczywistym, wymaga wyraźnego oddzielenia procesu decyzyjnego od procesu zmiennej aplikacji lub użycia zmiennych parametrów roboczych maszyn. Taki podział wymaga zastosowania precyzyjnych układów pozycjonowania.

Pozycjonowanie

Za pionierskie w rozwoju koncepcji rolnictwa precyzyjnego można uznać niektóre rozwiązania opracowane już w latach 20-tych ubiegłego stulecia. Dopiero jednak z prac Johnsona i in., (1983) wynika potrzeba opracowania maszyn do zmiennej aplikacji nawozów i środków ochrony w oparciu o właściwości gleby i cechy roślin oraz system pozycjonowania. Pierwszą próbą zastosowania tej koncepcji w praktyce było nawożenie precyzyjne w oparciu o mapę aplikacji nawozów sporządzoną na podstawie zdjęć lotniczych i analiz gleby. System pozycjonowania GPS (Global Positioning System) nie był jeszcze wtedy dostępny dla zastosowań cywilnych.

Praktyczna realizacja koncepcji precyzyjnego rolnictwa wymagała użycia układów pozycjonowania. Były one niezbędne dla odniesienia mapy zmiennej aplikacji do położenia agregatu przemieszczającego się po polu. Stało się to możliwe pod koniec lat 70-tych po umieszczeniu przez Departament Obrony USA układu satelitów geostacjonarnych. Były one zdolne do precyzyjnego pozycjonowania położenia obiektów przez 24 godziny na dobę. Dopiero na początku lat 90-tych sygnał pozycjonowania stał się powszechnie dostępny, ale obniżona rozdzielczość systemu wymagała naziemnych stacji referencyjnych, aby uzyskać rozdzielczość około 5 m, niezbędną dla zastosowań rolniczych.

Przewiduje się dalszy rozwój układów pozycjonowania w oparciu o nawigację satelitarną. Unia Europejska wspólnie z Europejską Agencją Kosmiczną planuje utworzenie w 2008 roku systemu „Galileo” GNSS (Global Navigation Satellite System). Uważa się jednak, że przyszłość będzie należała do układów, które będą integrowały GPS z systemami wizyjnymi opierającymi się na kamerach [Stafford, 2000].

Dynamiczny rozwój koncepcji precyzyjnego rolnictwa rozpoczął się dopiero w latach 90-tych ubiegłego stulecia, po komercyjnym udostępnieniu sygnału pozycjonowania. Jest to obecnie wystarczająco dokładne i stosunkowo łatwe w użyciu narzędzie umożliwiające precyzyjne odniesienie położenia zarówno map zmienności środowiskowej jak również pozycjonowania maszyn rolniczych. Choć w powszechnej opinii GPS uważany jest błędnie za synonim precyzyjnego

rolnictwa, to GPS jest ważną, ale nie jedyną metodą pozycjonowania. Równie dobre, a nawet lepsze efekty uzyskano przy użyciu urządzeń żyroskopowych i laserowych. Układy pozycjonowania powiązane z GPS, choć są wystarczające dokładne do większości zastosowań związanych z rolnictwem precyzyjnym, to nie spełniają oczekiwań związanych z prowadzeniem agregatów w uprawach rzędowych i sterowania ciągników-robotów. Wyższą precyzję pozycjonowania zapewniają połączone układy żyroskopowe FOG (Fiber Optic Gyroscope) systemy RTK-GPS (Real-Time Kinematics GPS). Podczas przeprowadzania badań polowych stwierdzono, że ciągnik-robot poruszający się z prędkością 2,5 m/s wykazywał odchylenie od zakładanego położenia agregatu o 2 ± 7 cm [Terao i in., 2001]. Z kolei Dijksterhuis i in. (1998) wykazali możliwość uzyskania 5 mm dokładności pozycjonowania przy użyciu RTK-GPS. Można więc uznać, że precyzja pozycjonowania wykracza już poza potrzeby precyzyjnego rolnictwa.

Układy detekcji

Tworzenie map zmiennej aplikacji jest pierwszym praktycznym etapem realizacji koncepcji rolnictwa precyzyjnego. Mapy tworzy się w oparciu o szerokie spektrum czynników. Obecny stan wiedzy i znane rozwiązania techniczne umożliwiają szybkie sporządzanie dokładnych map plonów i zwięzłości gleby. Możliwe jest także wnioskowanie o właściwościach gleby na podstawie jej przewodności elektrycznej. Dotychczasowe możliwości identyfikacji zmiennych cech roślin i ich środowiska są jednak stosunkowo niewielkie. Satelitarne zdjęcia nie są wystarczająco przydatnym źródłem danych o charakterze ilościowym. Niezbędne dane o właściwościach gleby jak również o obecności chorób i szkodników można uzyskać tylko w warunkach laboratoryjnych przy użyciu kosztownych i pracochłonnych metod analitycznych. W związku z tym podkreśla się potrzebę poszukiwania tańszych i szybszych metod mapowania właściwości roślin i gleby, które mogą znaleźć zastosowanie w praktyce rolniczej [Stafford, 2000].

Większość dotychczasowych prac badawczych koncentrowała się na monitorowaniu zmienności plonowania i jakości gleb w odniesieniu do zmiennej aplikacji składników mineralnych. Dla pełnego wykorzystania wszystkich możliwości, jakie płyną z rolnictwa precyzyjnego niezbędne jest poszerzenie jego zakresu także o ochronę roślin. Wynika to z wysokich kosztów chemicznej ochrony i dużego zagrożenia dla środowiska. Potencjalne korzyści z wprowadzenia koncepcji precyzyjnego rolnictwa do ochrony roślin są duże, ale obecne metody określania zmienności w występowaniu agrofagów (chorób, szkodników, chwastów) są zbyt trudne do praktycznego wprowadzenia i nadmiernie pracochłonne. Za kolejną przeszkodę uważa się niewystarczającą wiedzę z zakresu interakcji pomiędzy fizjologią roślin, dynamiką rozwoju populacji organizmów szkodliwych i mechanizmu działania środków ochrony roślin [Secher i in., 2000]. Pomimo wielu badań z tego zakresu nie udało się znaleźć rozwiązań, które mogłyby znaleźć praktyczne zastosowanie. Autorzy wskazują jednak na możliwość użycia prostych i pragmatycznych zasad, zanim zostanie opracowany pełny system

wspomagania decyzji. Takie zasady opierają się na podstawowych czynnikach wskazujących na zmienność polową wynikającą z mapy plonu, ukształtowania terenu i analizy gleb jak również wieloletnich i bieżących obserwacji rolnika. Czynniki te mogą ułatwiać sporządzanie map przewidywanego występowania agrofagów. Monitorowanie agrofagów jest znacznie trudniejsze niż prognozowanie ich występowania. Znane dotąd metody, oparte na lustracji upraw, są zbyt pracochłonne i w skali dużych powierzchni są niewykonalne. Jeżeli dodać do tego mnogość czynników wpływających na miejsce i dawkę aplikowanego środka ochrony (faza rozwojowa i odporność roślin, stadium rozwoju, wielkość porażenia i wiele innych), wskazuje to na skalę złożoności problemu. Ponadto specyfika ochrony przed chorobami zakłada wykonywanie głównie zabiegów o charakterze zapobiegawczym, gdy występuje ryzyko pojawienia się choroby. Utrudnia to prognozowanie zmienności występowania patogenów, które jest niezbędne do zastosowania zmiennych dawek. Ponadto niewystarczająca precyzja takiego zabiegu może doprowadzić do tworzenia się źródeł wtórnej infekcji. Podobne zjawisko może wystąpić dla migrujących szkodników. Nowe ich pokolenia mogą być źródłem zagrożenia jeszcze w tym samym lub następnym sezonie wegetacyjnym.

Znane optyczne systemy detekcji patogenów identyfikują ogniska choroby na podstawie różnic w kolorze lub odcieniu łanu, które są wynikiem zmian chorobowych. Mapa zmiennej aplikacji fungicydu musi jednak obejmować znacznie większą powierzchnię, ponieważ sąsiadujący obszar może być już zainfekowany, a symptomy choroby mogą być jeszcze niewidoczne. West & McCartney (2002) określali zasięg infekcji w sąsiedztwie ognisk choroby, które nie zostały wykryte przy użyciu zamontowanej na ciągniku aparatury OPDIS (Optical Detection system for DISeases in field crops). Autorzy stwierdzili że w łanie pszenicy ozimej septorioza rozprzestrzenia się nie więcej niż 1,0 m od ogniska choroby, a żółta rdza kilkakrotnie dalej. Gdy liczba ognisk choroby jest duża to optyczne systemy detekcji mogą być mało dokładne i zaleca się równomierne opryskanie całego pola. Opisany przykład wskazuje jak złożone są problemy związane z miejscową aplikacją środków ochrony, a prawidłowe wykonanie zabiegu wymaga wszechstronnej wiedzy zarówno o charakterze technicznym jak i biologicznym.

Prognozowanie pojawienia się organizmów szkodliwych można przeprowadzić także w oparciu o warunki środowiskowe sprzyjające ich rozwojowi. Topografia terenu, rodzaj i wilgotność gleby, ekspozycja w stosunku do słońca i faza rozwojowa roślin kształtują miejscowy mikroklimat, który może być sprzyjający dla rozwoju określonych agrofagów. Prognozowanie ich występowania ułatwiają także dane z ostatnich kilku lat [Bjerre, 1999].

Stwierdzenie objawów występowania agrofagów jest tylko częścią informacji niezbędnych do opracowania mapy zmiennej aplikacji. Konieczne są dalsze informacje dotyczące dawki środka ochrony roślin. Zależy ona w dużym stopniu od wielkości i powierzchni organów rośliny, które powinny być pokryte środkiem ochrony roślin (ś.o.r.). Gęstość łanu jest wprost proporcjonalna do jednostkowego naniesienia pestycydu na organy rośliny. W związku z tym istnieją

znaczne możliwości oszczędności wynikające z dostosowania dawki ś.o.r. do gęstości rośliny. Mapę gęstości lanu można uzyskać zarówno przez pomiary naziemne jak i zdjęcia satelitarne lub drogą modelowania w oparciu o mapę plonu i aktualne dane pogodowe [Secher i in., 2000].

W ostatnim okresie obserwuje się przejście z rolnictwa precyzyjnego ze skali wybranego fragmentu pola do skali pojedynczej rośliny (plant-scale husbandry), gdy każda pojedyncza roślina będzie opryskiwana w zależności od jej indywidualnych potrzeb [Hague i in., 1997]. Dotyczy to zwłaszcza ochrony sadów. Opryskiwanie drzew owocowych, które są formami przestrzennymi, w odróżnieniu od płaskich i stosunkowo jednolitych upraw polowych, wiąże się ze znaczną nierównomiernością naniesienia cieczy. Przyczyną jest duża zmienność w wielkości i gęstości drzew. Van de Zande i in. [2001] realizują koncepcję selektywnego stosowania zmiennych dawek w sadach w oparciu o wielkość i gęstość pojedynczych drzew. Mapa będzie sporządzana przy użyciu techniki wojskowej, która umożliwi tworzenie map przestrzennych z płaskich zdjęć lotniczych. Przestrzenną gęstość drzew określano także przez skanowanie korony drzewa przy użyciu lasera. Zastosowano do tego celu zmodyfikowany laserowy celownik czółgowy pod cywilną nazwą LIDAR (Light Detection and Range) [Walklate i in., 2000] i stwierdzono dużą zgodność pomiędzy gęstością drzew wyznaczoną przy użyciu przyrządu LIDAR i jednostkowym naniesieniem środka ochrony w koronie drzewa. W związku z tym LIDAR jest uważany za najlepsze znane dotąd narzędzie do określania zmiennych dawek środków ochrony, w celu uzyskania jednakowego naniesienia, w szerokim zakresie wielkości i faz rozwojowych drzew jabloniowych [Walklate i in., 2001].

Układy identyfikacji i zmiennej aplikacji pracujące w czasie rzeczywistym

Dokładne pozycjonowanie nie jest koniecznym składnikiem koncepcji rolnictwa precyzyjnego. Tylko niedoskonałość oceny miejscowej zmienności w czasie rzeczywistym sprawia, że procesy zmiennej aplikacji nie mogą odbywać się w tym samym momencie, kiedy został wykryty obiekt lub gdy stwierdzono miejscową zmienność roślin. Wymaga to użycia mapy zmiennej aplikacji i jej odniesienia do systemu pozycjonowania, a od momentu detekcji do aplikacji upływa niekiedy ponad miesiąc. Ponadto systemy oparte na układach GPS są mniej dokładne, ponieważ pracują z rozdzielczością fotografii satelitarnej lub lotniczej [Giles i in., 2002]. Układy identyfikacji pracujące w czasie rzeczywistym przekazują informację do układów wykonawczych podczas realizacji procesu zmiennej aplikacji i wielu przypadkach byłyby one nie tylko wystarczające, ale i tańsze w użyciu.

Rozwój układów detekcji pracujących w czasie rzeczywistym sięga końca lat 60-tych, ale dopiero zastosowanie czujników optycznych, pracujących w widmie światła widzialnego lub podczerwonego dokonało znaczącego postępu w tej dziedzinie [Hooper i in., 1976]. Poszukuje się także nowych rodzajów sensorów. Wśród nich największe nadzieje wiąże się z analizą spektralną lanu roślin. Uważa się, że roślina jest najlepszym sensorem swojego otoczenia [Legg &

Stafford, 1998]. Analiza spektralna łanu wskazuje na zależność liniową pomiędzy zawartością azotu i chlorofilu w pszenicy. Dodanie kolejnych zmiennych, dostarczonych przez inne sensory, może ułatwić tworzenie bardziej dokładnych map zmiennej aplikacji nawozów azotowych. Dotyczy to zwłaszcza wczesnych faz rozwojowych, gdy zmiany wilgotności gleby wpływają na spektrum odbitego światła [Dumont & Baerdemaker, 2000]. Stosowano także do tego celu radiometr skanujący montowany bezpośrednio na ciągniku [Balsari, 1999]. Dostępne są już komercyjne wersje takich rozwiązań. Układ „Hydro N-Sensor” montowany na dachu ciągnika może być wykorzystany do aplikacji zmiennych dawek azotu w czasie rzeczywistym w oparciu o charakterystykę łanu.

Balsari i Tamagnone (1998) zastosowali przetworniki ultradźwiękowe do wykrywania obecności lub braku wolnych przestrzeni w rzędach drzew i stwierdzili wysoką dokładność w identyfikacji pojedynczych gałęzi, ale jednocześnie szerokie pole „widzenia” przetwornika uniemożliwia wykrywanie niewielkich wolnych przestrzeni w rzędach drzew. Znacznie szersze możliwości daje analiza spektralna światła odbitego od rośliny, ponieważ pozwala na odróżnianie zielonych obiektów od tła. Stosunkowo prosty i bardzo dokładny w działaniu układ „Select Spray System” zamontowany na opryskiwaczu sadowniczym „John Deere” wykorzystuje dwa monochromatyczne źródła światła, z których jedno emituje wiązkę światła o długości 670 nm, a drugie 750 nm. Stosunek pomiędzy emitowanym i odbitym światłem dla każdej długości fali jest podstawą do oceny obecności lub braku chlorofilu w polu widzenia opryskiwanego obiektu [Doruchowski i Hołownicki, 2000]. Oszczędności cieczy w technice sensorowej, podczas opryskiwania drzew owocowych, zależą głównie od geometrii chronionego obiektu, a szczególnie od wielkości drzew, sposobu formowania i gęstości drzew. W zależności od rodzaju sadu autorzy wskazują, że oszczędności wynoszą 22÷24% [Doruchowski i Hołownicki, 2000], 25% [Balsari i Tamagnone, 1998] i 10÷60% [Koch i Weisser, 2000]. Znaczne oszczędności można osiągnąć podczas opryskiwania upraw rzędowych, w których występuje powierzchnia wolna od roślin. Giles i in. (2002) uzyskał 66÷80% oszczędności przy 2,5÷3,7-krotnie wyższej efektywności naniesienia podczas opryskiwania salaty. Jednocześnie ilość środków ochrony naniesiona na powierzchnię ziemi zmniejszyła się o 62÷93%.

Układy detekcji wykorzystujące analizę spektralną mogą być także zastosowane do zwalczania chwastów. Oszczędności herbicydów zależą w dużym stopniu od stopnia zachwaszczenia. Podczas selektywnego zwalczania chwastów w rzędach drzew w sadzie największe oszczędności (24%) uzyskano, gdy stopień zachwaszczenia nie przekraczał 6% [Doruchowski i in., 1998]. Z kolei Biller (1998) przy użyciu systemu „Detectspray” uzyskał oszczędności 30÷70% podczas zwalczania chwastów w kukurydzy. Komercyjne wersje badanych urządzenia pracują już na lotniskach i terenach komunalnych.

Szybki rozwój mikroprocesorów w ostatnim okresie pozwala na zastosowanie komputerowej analizy obrazu w układach detekcji pracujących w czasie rzeczywistym. Dzięki temu, obok stwierdzania obecności lub braku opryskiwanego obiektu, możliwa stała się również jego charakterystyka, jak również rozróżnianie pojedynczych obiektów. Budowane są pierwsze

opryskiwacze-roboty, które są zdolne do naniesienia cieczy opryskowej na pojedyncze liście chwastu uprzednio zidentyfikowanego przy użyciu cyfrowej kamery i komputerowej analizy obrazu [Slaughter, 2000]. W ten sposób koncepcja precyzyjnego rolnictwa zbliżyła się do skali pojedynczego liścia (leaf-scale husbandry) gdyż pojedyncze liście są opryskiwane stosownie do ich potrzeb. Dalszy rozwój rolnictwa precyzyjnego w skali pojedynczego liścia wymaga doskonalenia oprogramowania wizyjnych układów detekcji pod kątem odróżniania rośliny uprawnej od chwastów we wszystkich fazach rozwojowych [Manh i in, 2000].

Koncepcja rolnictwa precyzyjnego uwzględnia nie tylko zmienność gleby, cech i stanu zdrowotnego roślin, lecz również okresową zmienność warunków atmosferycznych. Dotyczy to w szczególności prędkości i kierunku wiatru, które są znanym utrudnieniem podczas opryskiwania sadów. W związku z tym w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarnictwa jest realizowana koncepcja samoregulującego się opryskiwacza o zmiennej geometrii strumienia powietrza VSPG (Variable Spray Plume Geometry). Podczas wykonywania zabiegu korekta strumienia powietrza będzie przeprowadzana w oparciu o prędkość i kierunek powietrza jako wektora wiatru atmosferycznego i wiatru względnego powstającego podczas ruchu opryskiwacza [Holownicki i in, 2002]. Dzięki temu przewiduje się utrzymanie optymalnego efektu filtracyjnego korony drzewa i ograniczenie strat środków ochrony o około 50%. [Holownicki i in, 2000]

Obok zdecydowanej wyższości układów pracujących w czasie rzeczywistych nad innymi systemami funkcjonującymi w obrębie rolnictwa precyzyjnego ich wadą jest potrzeba wykonywania identycznych przejazdów roboczych jak w rolnictwie tradycyjnym. Tylko aplikacja nawozów lub środków ochrony podczas przejazdów roboczych miałaby charakter zmienny. W systemach funkcjonujących w oparciu o mapy zmiennych aplikacji i układy pozycjonowania, obejmujących większe powierzchnie, możliwa jest ograniczenie liczby przejazdów tylko do pasów gdzie przewidziano użycie środków ochrony lub nawozów.

Technologie aplikacji zmiennych dawek środków ochrony

Większość prac badawczych nad koncepcją rolnictwa precyzyjnego koncentruje się na opracowaniu coraz doskonalszych systemów detekcji i pozycjonowania. Trudno oprzeć się wrażeniu, że są one znacznie bardziej zaawansowane w rozwoju niż opryskiwacze, które nie mają technicznych możliwości dostosowania dawek środków ochrony do zmiennej charakterystyki opryskiwanych roślin. Wymaga to rozwoju technologii aplikacji zmiennych dawek VRT (Variable Rate Technology) także w odniesieniu do techniki opryskiwania.

Tradycyjne rozpylacze hydrauliczne znane z zastosowań rolniczych trudno nazwać precyzyjnymi, ponieważ emitują strumień cieczy o szerokości roboczej ponad 0,5 m, [Stafford, 2000]. Ponadto zakres regulacji dawki cieczy poprzez zmianę ciśnienia (+/- 50%) jest zbyt mały, a regulacja zbyt wolna. Jednocześnie zmiana ciśnienia wpływa na wielkość wytwarzanych kropeł, a wyniki wielu badań stwierdzają mniejszą skuteczność biologiczną zabiegów wykonywanych dużymi

kroplami [Jensen, 1999; Wolf, 2000]. Z kolei zbyt drobne krople są bardziej podatne na znoszenie i ewaporację. Podejmowane są więc próby opracowania nowych konstrukcji rozpylaczy. Jedną z nich jest koncepcja rozpylaczy hydrauliczno-pneumatycznych „Eurofoil”, w której dla różnych kombinacji ciśnienia cieczy i powietrza można uzyskać krople o tej samej wielkości nawet, gdy natężenie wypływu cieczy wzrośnie 4,5-krotnie [Lund, 2000]. Znacznego przełomu w tej dziedzinie dokonała firma Lechler (Niemcy), która zaproponowała głowicę 4-rozpylaczową sterowaną pneumatycznie VarioSelect. Dzięki temu poprzez kombinację liczby pracujących rozpylaczy i ciśnienia cieczy można uzyskać bardzo szeroki zakres regulacji dawki cieczy (50÷1000 l/ha).

Stale rosnąca dokładność układów sensorowych wymaga dorównujących im precyzją systemów emisji cieczy. Opisany z dużą dokładnością obiekt (roślina) wymaga niekiedy bardzo niewielkich ilości cieczy. Slaughter i in. (2000) proponują do tego celu moduł złożony z ośmiu niezależnie pracujących mikro – rozpylaczy, z których każdy ma natężenie wypływu zaledwie 0,098 l/min. Rozdzielczość rozpylaczy wynosi wówczas 12,7 x 6,4 mm, a minimalny czas działania 10ms.

W ochronie sadów nie jest konieczna tak duża precyzja w emisji cieczy roboczej jak w rzędowych uprawach polowych, ponieważ strumień powietrza i tak modyfikuje kierunek ruchu kropeł wytwarzanych przez rozpylacze. Brak jest jednak rozwiązań opryskiwaczy, które są zdolne do kierowania zmiennych dawek cieczy w różne partie korony drzewa. W IMAG (Wageningen) są prowadzone prace nad koncepcyjnym opryskiwaczem, który będzie aplikował ciecz roboczą w zależności od miejscowych różnic w gęstości drzew [Van de Zande i in., 2001].

Uwagi końcowe

Prace badawcze nad rozwojem koncepcji rolnictwa precyzyjnego koncentrowały się dotąd głównie na nawożeniu, ochronie roślin i siewie. Obecnie podejmuje się badania nad szerszym uwzględnianiem właściwości gleby i jej zasobów wodnych. Dzięki temu będzie można bardziej precyzyjnie przeprowadzać orkę, siew, nawożenie i zwalczać chwasty herbicydami zapewniając najlepsze z możliwych warunków dla rozwoju roślin przy wydatnym ograniczeniu zanieczyszczenia środowiska.

Nie ulega wątpliwości, że dalszy rozwój technologii w produkcji roślinnej jest ukierunkowany na rolnictwo precyzyjne. Wymaga on dalszych szeroko zakrojonych badań zarówno podstawowych jak i stosowanych o charakterze interdyscyplinarnym, które w końcowym efekcie doprowadzą do upowszechnienia Rolnictwa Precyzyjnego w praktyce rolniczej. Będzie to dużym wyzwaniem dla licznego krajowego środowiska naukowego związanego z naukami rolniczymi, szczególnie zaś z inżynierią rolniczą, które przejawiają niewielkie zainteresowanie koncepcją rolnictwa precyzyjnego.

PIŚMIENNICTWO

1. Balsari P., 1999: Le attuali tecnologie disponibili per l'agricoltura di precisione. *Mondo Macchina* 9, 8 –17.
2. Balsari P., Tamagnone M., 1998: An ultrasonic air-blast sprayer. *AgEng Oslo 98*, Paper No., 98-A-017.
3. Biller R.H., 1998: Reduced input of herbicides by use of optoelectronic sensors. *J. of Agric. Eng. Res.*, 71, 357 – 262.
4. Bjerre K.D., 1999: Disease maps and site-specific fungicide application in winter wheat. *Proc. of the Second European Conference on Precision Agriculture*, Odense, 495-504
5. Doruchowski G., Jaeken P., Holownicki R., 1998: Target detection as a tool of selective application on trees and weeds in orchard. *SPIE Conference on Precision Agriculture and Biological Quality*, Boston, Proc. SPIE, Vol. 3543, 290-301.
6. Doruchowski G., Holownicki R., 2000: Environmentally friendly spray techniques for tree crops. *Crop Protection* 19, 617-622.
7. Dijksterhuis H.L., Van Wiligenburg L.G., Van Zuydam R.P., 1998: Centimetre-precision guidance of moving implements in the open field: a simulation based on GPS measurements. *Comp. and Electron. in Agric.*, 20 (3), 185-198.
8. Dumont K., Baerdemaeker J., 2000: On-the-go optical measurements to assess the crop nitrogen status. *Proc. of BCPC Conference „Pest & Diseases 2000”*, 615-620.
9. Giles D.K., Slaughter D.C., Upadhyaya S.K., 2002: Biological target and sprayer control. *Aspects of Applied Biology* No. 66, 129-138.
10. Holownicki R, Doruchowski G, Godyń A, Świechowski W. 2000: Effects of air jet adjustment on spray losses in orchard. *Aspects of Applied Biology* 57, Pesticide Application, 293-300.
11. Holownicki R, Doruchowski G, Świechowski W., Godyń A. 2002: Automatic self adjusted air-jet sprayer concept for fruit trees. *Annual Review of Agriculture Engineering*, (w druku)
12. Hague T., Marchant J.A., Tillet N.D., 1997: A system for plant scale husbandry. *Proceedings of 1st European Conference on Precision Agriculture*, 635-642.
13. Hislop E.C., 1987: Can we define and achieve optimal pesticide deposits? *Aspects of Applied Biology* 14, Studies of pesticide transfer and performance, 153 – 172.
14. Hooper A.W., Harries G.O., Ambler B., 1976: A photoelectric sensor for distinguishing between plant material and soil. *J. of Agric. Eng. Res.*, 21, 145-155.
15. Jensen P.K, 1999: Weed control with new nozzle types. 16-th Danske Pflantevernskonference, Ukrudt -1999, Field trials. *DJF rapport nr 9*, 137-146.
16. Jongebuer A.A. 2000: Strategic themes in agricultural engineering in the 21st century. *J. of Agric. Eng. Res.*, Vol. 76 (3), 227 – 236.

17. Johnson C. E., Schafer R. L., Young S.C., 1983: Controlling agricultural machinery intelligently. Proceedings of the National Conference on Agricultural Electronics Applications, 114-119.
18. Koch H., Weisser P., 2000: Sensor equipped orchard spraying – efficacy, savings and drift reduction. Aspects of Applied Biology No. 57, Pesticide application, 357-362.
19. Legg N.J., Stafford J.V., 1998: Precision agriculture – new technologies. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Pest & Disease, 1143-1150.
20. Lund I., 2000: Sprayer nozzles for precision pesticides application. Agricultural Engineering Conference, AgEng 2000-Warwick, Paper 00-PA-017.
21. Manh A.G., Rabatel G., Assemat L., Aldon M.J., 2000: Segmentation of weed leaves by deformable templates. Agricultural Engineering Conference AgEng 2000, 2-7.07.2000 Warwick, Paper No. 00-AE-004.
22. Riddle J., 1998: FAO Director-General: Hazardous pesticides pose serious risks to health and the environment – new convention to help to remedy situation. FAO Press Release 98/52.
23. Secher B. J. M., Bjerre K. D., Seiero M., 2000: Site specific control of pest and diseases – a challenge and an opportunity. Proceedings of BCPC Conference „Pest & Diseases 2000”, 607-614.
24. Slaughter D.C., Giles D.K., Lamm R.D., Lee W.S., 2000: Robotic weed control system for California row crops. Agricultural Engineering Conference, AgEng 2000-Warwick, Paper 00-PA-018.
25. Stafford J.V., 2000: Implementing Precision Agriculture in the 21st century. Journal of Agricultural Engineering Research, 76, 267 – 275.
26. Terao H., Noguchi N., Ishii K., 2001: Development of agricultural field robot in AVSE Hokaido University, Japan. 4th International Conference on “Microprocessor systems in Agriculture, Plock 28÷29.05.2001, 211-219.
27. Van de Zande J.C., Meron M., Koch H., Heijne B., Shimborsky E., Anderson P.G., Shragai M., Hetzroni A., 2001: Tree shape and foliage volume map guided precision orchard sprayer; PRECISPRAY. VI Workshop on „Spray Application Techniques in Fruit Growing”, Leuven 30-31.01.02, 19.
28. Walklate P.J., Richardson G.M., Cross J. V., Murray R.A., 2000: Relationship between orchard tree crop structure and performance characteristics of an axial fan sprayer. Aspects of Applied Biology No. 57, Pesticide application, s.357-362.
29. Walklate P.J., Cross J.V., Richardson G.M., Murray R.A., Baker D.E, 2001: Pesticide dose and spray volume adjustments to suit different apple trees. VIth Workshop on Spray Application in Fruit Growing, 30-31 January 2000 Leuven, Book of Abstracts, 25.
30. West J., McCartney A., 2002: Optical disease detection and estimation of latent infections around disease foci for targeted pesticide application. Aspects of Applied Biology No. 66, 463-468.

31. Wolf T.M. 2000: Low-drift nozzle efficacy with respect to herbicide mode of action. *Aspects of Applied Biology* No. 57, 29-34.

R. Holownicki

PRECISION AGRICULTURE AS A CHANCE OF REDUCING ENVIRONMENTAL POLLUTION

Summary

The world population of around 8 billion people by 2030 have to be better fed. It requires the further crop production intensification. For that reason feeding the world without pesticide use will be very difficult. Precision agriculture is considered as a new tool which may rationalize the use and decrease the negative impact on the environment by the agrochemicals. The "crop is the best sensor of its own environment" therefore the measurements of spatial variability of crop characteristics can deliver the useful information for site-specific applications. The most of commercial systems in precision agriculture are based on application maps and GPS systems, where sensing and treatments are very often separated by the weeks. Real time sensing systems integrated with real time mapping will be more precise and flexible in the practice. The measurements of spectral reflectance and laser scanning of crop density are the basic inputs for adjustment the chemical dose in plant protection. However, the possibility of monitoring the target characteristics is long ahead at technical realisation of precise application, the new sensor have to be developed. The spray application in precision agriculture requires the new techniques to achieve the precision that follow from the accuracy achievable by positioning and sensing systems.

doc. dr. hab. Ryszard Holownicki,
Zakład Mechanizacji
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa
ul. Pomologiczna 18,
96-100 Skierniewice,
email: rholown@insad.pl

Praca wpłynęła do Redakcji w maju 2003 r.

OCENA TEMPA FIZJOLOGICZNEGO STARZENIA SIĘ SADZENIAKÓW ZIEMNIAKA METODĄ POLOWĄ

Krystyna Rykaczewska

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin,
Oddział w Jadwisinie

S y n o p s i s. Wykorzystując wyniki doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 1995-1999 z 11 odmianami ziemniaka przedstawiono metodę oceny tempa fizjologicznego starzenia się sadzeniaków. Podstawę obliczeń stanowił plon końcowy uzyskany z bulw matecznych przechowywanych w temperaturze 2°C, a następnie podkielkowanych przez okres 4 tygodni (B) oraz plon uzyskany z bulw matecznych umieszczonych w okresie od jesieni do sadzenia w warunkach sprzyjających fizjologicznemu starzeniu się, na świetle (D) i w ciemności (E). Procentowy spadek plonu w kombinacji D lub E w stosunku do kombinacji B był wskaźnikiem tempa fizjologicznego starzenia się sadzeniaków poszczególnych odmian. Zastosowano 9-stopniową skalę oceny tej cechy ziemniaka. Wysoka wartość w tej skali świadczy o wolnym tempie fizjologicznego starzenia się sadzeniaków. Najwyższą ocenę 9 uzyskały odmiany Albina i Oda.

S ł o w a k l u c z o w e - key words: ziemniak - *potato*, fizjologiczne starzenie się bulw - *physiological ageing of tubers*, polowa metoda oceny - *field method of assessment*

WSTĘP

Dotychczasowe prace nad znaczeniem wieku fizjologicznego bulw matecznych w plonowaniu ziemniaka wskazują na zróżnicowaną reakcję odmian na identyczne warunki środowiska w okresie wegetacji, przechowywania i podkielkowania wyrażającą się zachowaniem lub utratą wysokiego potencjału plonotwórczego sadzeniaków [van Loon, 1987; van der Zaag i van Loon, 1987; Reust 1990; Rykaczewska i inni, 1993]. Oznacza to, iż tempo fizjologicznego starzenia się poszczególnych odmian ziemniaka jest zróżnicowane. Sposób postępowania z sadzeniakami w okresie od zbioru do sadzenia powinien być,

zatem dostosowany do odmiany. Odmiany o wolnym tempie fizjologicznego starzenia się są dosyć tolerancyjne na warunki przechowywania i wymagają dłuższego okresu podkielkowania, natomiast odmiany o szybkim tempie tego procesu wymagają powinny być przechowywane w niskich temperaturach i są wrażliwe na długość okresu podkielkowania.

Określenie szybkości fizjologicznego starzenia się bulw metodą laboratoryjną [Rykaczewska, 1993] pozwoliło na skwantyfikowanie tej właściwości w skali 9-stopniowej. Główną korzyścią wynikającą z zastosowania tej metody jest wyraźne rozróżnienie odmian o szybkim i wolnym tempie fizjologicznego starzenia się bulw, a wadą jest brak odniesienia wyniku do wielkości plonu. Informację taką można uzyskać stosując połowę metody oceny. Celem pracy było opracowanie polowej metody oceny i określenie tempa fizjologicznego starzenia się bulw jedenastu odmian ziemniaka o zróżnicowanej długości okresu wegetacji.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Ścisłe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 1995-1999 w Oddziale Naukowo-Badawczym IHAR w Jadwisinie (województwo mazowieckie), na glebie pseudobielicowej. Doświadczenie prowadzono metodą losowanych bloków w układzie zależnym w czterech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem było 11 odmian ziemniaka o zróżnicowanej długości okresu wegetacji: Albina, Bila, Sumak (wczesne), Baszta, Głada, Ikar, Irga, Oda (średnio wczesne), Vistula (średnio późna), Dunajec, Hinga (późne) a drugim trzy sposoby traktowania bulw matecznych, w celu zróżnicowania ich wieku fizjologicznego (Tabela 1).

Tabela 1. Sposób traktowania bulw matecznych w okresie od jesieni do sadzenia
Table 1. The way of mother tubers treatment in the period from autumn to planting

Oznaczenie czynnika, treatments denotation	Sposób traktowania bulw matecznych <i>Way of mother tubers preparation</i>
B	przechowywanie w temperaturze ok. 2°C a następnie podkielkowanie przez okres 4 tygodni (temp. ok. 18°C, RH ~50-90%), <i>storage at the temperature about 2°C, then pre-sprouting during 4 weeks (temp. about 18°C, RH ~50-90%)</i>
D	przechowywanie od jesieni do sadzenia i podkielkowanie na świetle (temp. ok. 18°C, RH ~50-90%), <i>storage from autumn to planting and pre-sprouting in light (temp. about 18°C, RH ~50-90%)</i>
E	przechowywanie od jesieni do sadzenia i podkielkowanie w ciemności (temp. ok. 18°C, RH ~50-90%), obrywanie kielków, <i>storage from autumn to planting and pre-sprouting in darkness (temp. about 18°C, RH ~50-90%), desprouting</i>

Natężenie światła w okresie podkielkowania wynosiło 5-7 tysięcy luksów. Obrywanie kielków wyrosłych na bulwach w ciemności (kombinacja E) było zabiegiem koniecznym ze względu na wrastanie kielków w oczka azurowych skrzynek. Sadzenie odbywało się w jednym terminie – około 20 kwietnia. Liczba roślin na poletku wynosiła 50, a w przeliczeniu na 1 hektar – 40 tysięcy. Wyniki dotyczące wpływu wieku fizjologicznego bulw matecznych ziemniaka na strukturę rośliny i architekturę łanu oraz na plon w trzech terminach zbioru i jego strukturę przedstawiono we wcześniejszych publikacjach (Rykaczewska 2002a, 2002b). W przedstawionej pracy bazę danych stanowił plon końcowy bulw i masa części nadziemnej roślin określana po 60 dniach od sadzenia.

Jako miarę tempa fizjologicznego starzenia się poszczególnych odmian przyjęto procentowy spadek plonu w kombinacjach D i E w stosunku do kombinacji B. Tempo starzenia się odmian ziemniaka przedstawiono również w 9-stopniowej skali. Wyniki opracowano statystycznie z zastosowaniem analizy wariancji posługując się testem F Snedecora i testem t Studenta.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Stwierdzono zróżnicowany rozwój części nadziemnych roślin w efekcie odmiennego sposobu traktowania bulw matecznych w okresie od jesieni do sadzenia (tab. 2).

Tabela 2. Masa nadziemnych części ziemniaka po 60 dniach od sadzenia w g na roślinę i w %

Table 2. The biomass of potato plants after 60 days from planting in g per plant and in %

Kombinacja, treatment* i plon, yield	Odmiana Cultivar												
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	Średnio mean	
B	g	602	693	508	655	841	628	455	800	876	807	742	691
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
D	g	608	543	428	459	730	566	483	856	801	792	663	630
	%	101	78	84	70	87	90	106	107	91	98	89	91
E	g	532	519	381	215	616	418	166	643	575	617	268	450
	%	88	75	75	33	73	66	36	80	66	76	36	64

NIR dla kombinacji – 83g/roślinę / LSD for treatment – 83 g/plant
 NIR dla współdziałania kombinacja x odmiana – 278 g/roślinę / LSD for interaction treatment x cultivar – 278 g/plant

* Objaśnienia w tabeli 1, explanations in table 1

Rośliny wyrastające z bulw matecznych fizjologicznie starszych (kombinacja D i E) charakteryzowały się na ogół mniejszą masą części nadziemnych aniżeli wyrastające z bulw matecznych fizjologicznie młodszych (kombinacja B). U odmian Albina, Irga i Oda nie stwierdzono spadku masy części nadziemnych roślin w efekcie podkielkowania sadzeniaków tych odmian od jesieni na świetle, co było wyrazem wolnego fizjologicznego starzenia się bulw w tych warunkach.

Spadek plonu końcowego badanych odmian ziemniaka wskutek umieszczenia bulw w okresie od jesieni do sadzenia w warunkach sprzyjających fizjologicznemu starzeniu się na świetle (kombinacja D) w stosunku do korzystnych warunków przechowywania i podkielkowania (kombinacja B) był stosunkowo niewielki i wynosił przeciętnie $5,4 \text{ t ha}^{-1}$ to znaczy około 13 % (Tabela 3). Nie stwierdzono udowodnionego współdziałania odmian i warunków przechowywania bulw matecznych jakkolwiek spadek plonu był najmniejszy u odmian Albina, Oda i Irga.

Tabela 3. Plon bulw odmian ziemniaka w t z ha i w %

Table 3. The yield of potato tubers in t per ha and in %

Kombi nacja ,trea- tment* i plon, yield	Odmiana <i>Cultivar</i>												
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	Średnio <i>mean</i>	
B	t	40,7	42,8	40,9	46,4	42,9	38,5	45,2	39,9	52,0	34,4	46,4	42,7
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
D	t	40,9	36,7	32,9	40,2	38,2	29,5	41,6	38,9	43,5	30,9	37,4	37,3
	%	100	86	80	87	89	77	92	97	84	90	81	87
E	t	34,9	31,0	26,1	7,5	32,3	20,3	8,6	35,5	31,8	26,4	22,7	25,1
	%	14	30	36	84	24	47	81	11	39	23	51	41

NIR dla kombinacji – 7,1 t z ha./ *LSD for treatment – 7,1 t per ha*
 NIR dla współdziałania kombinacja x odmiana – 23,7 t z ha. *LSD for interaction treatment x cultivar – 23,7 t per ha*

*Objaśnienia w tabeli 1, *explanations in table 1*

Przechowywanie bulw w ciemności, połączone z obrywaniem kielków (kombinacja E) spowodowało znacznie większy spadek plonu w stosunku do korzystnych warunków przechowywania i podkielkowania (kombinacja B) (Tabela 3). Przeciętnie dla odmian spadek plonu wynosił $17,6 \text{ t ha}^{-1}$, co stanowiło 41,2%. Współdziałanie odmian i warunków przechowywania było istotne i spadek plonu wynosił od 11,0% u odmiany Oda i 14,2% u odmiany Albina do 83,8% u odmiany Baszta. Również odmiana Irga zareagowała znacznym spadkiem plonu na takie warunki przechowywania.

Tempo fizjologicznego starzenia się bulw poszczególnych odmian wyrażono w skali 9-stopniowej (Tabela 4).

Tabela 4. Skala oceny tempa fizjologicznego starzenia się sadzeniaków metodą polową

Table 4. The scale of estimation of seed tuber physiological ageing by the field method

Spadek plonu (E/B w %) <i>Yield decrease(E/B in %)</i>	Tempo fizjologicznego starzenia się sadzeniaków w skali 1-9 <i>Rate of physiological ageing of seed tubers in scale 1-9</i>
0 – 9	9
10 – 19	8
20 – 29	7
30 – 39	6
40 – 49	5
50 – 59	4
60 – 69	3
70 – 79	2
80 – 100	1

Zgodnie z tą skalą większość badanych odmian charakteryzowała się bardzo wolnym tempem fizjologicznego starzenia się bulw na świetle (średnio 8,2 punktu) i znacznie szybszym tempem tego procesu zachodzącego w ciemności (średnio 5,4 punktu) (Tabela. 5).

Uzeregowanie badanych odmian pod względem tempa fizjologicznego starzenia bulw mącznych na świetle i w ciemności przedstawiono na rysunku 1. Do najwolniej starzejących się, niezależnie od warunków przechowywania należały odmiany Albina i Oda. Odmiany Irga i Baszta należały natomiast do wolno starzejących się przy przechowywaniu na świetle i najszybciej starzejących się przy przechowywaniu w ciemności. Jest prawdopodobne, iż proces fizjologicznego starzenia się tych dwóch ostatnich odmian przebiegający w ciemności był uwikłany z czynnikiem chorobotwórczym, ale szczegółowe fitopatologiczne badania wyjaśniające nie zostały przeprowadzone.

Tabela 5. Ocena tempa fizjologicznego starzenia się bulw matecznych odmian ziemniaka

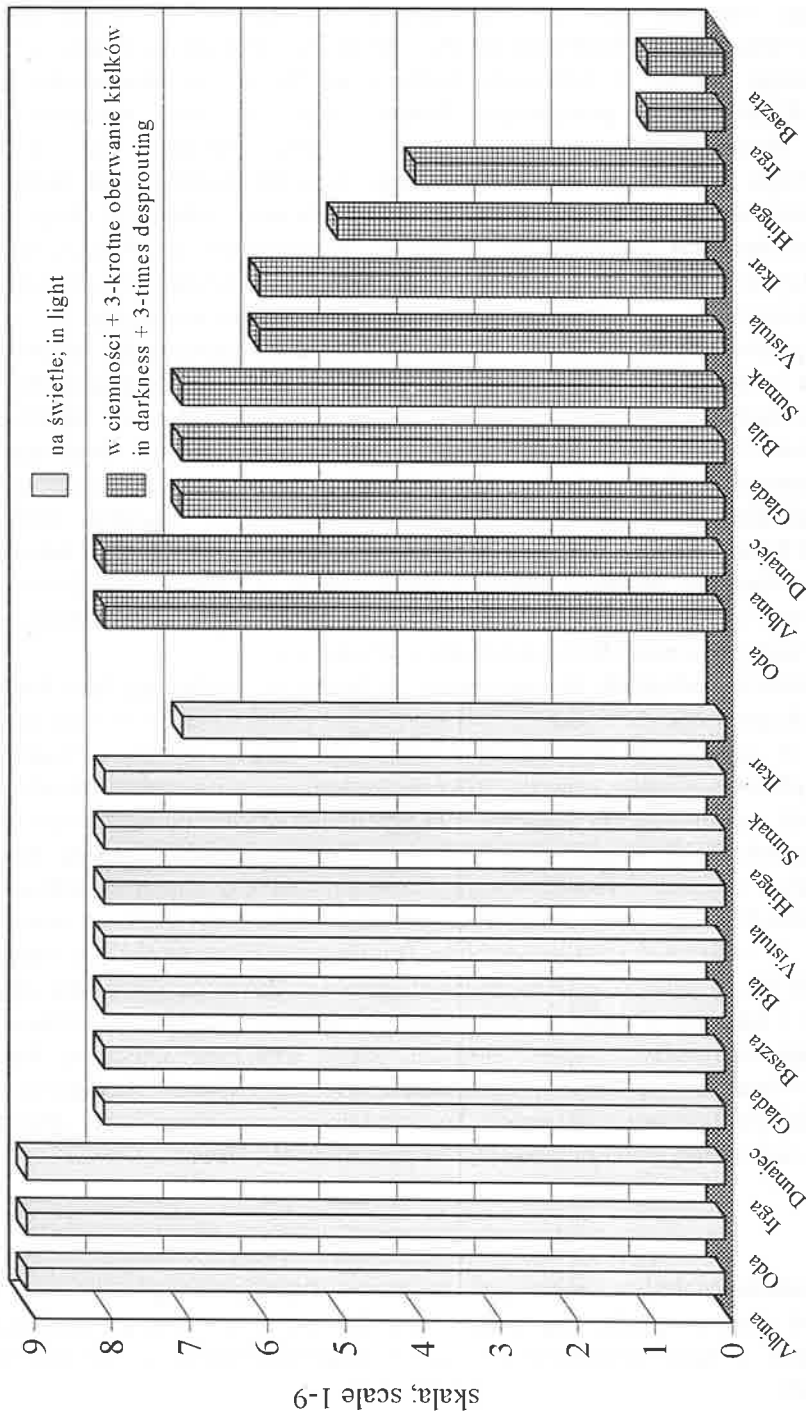
Table 5. The estimation of the rate of potato mother tubers physiological ageing

Obiekt, Treat- ment*	Spadek plonu** i ocena / Yield decrease and estimation	Odmiana / Cultivar											
		Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	Średnio / mean
D	spadek plonu Yield decrease in %	0	14	20	13	11	23	8	2	16	10	19	13
	ocena w skali estimation in scale 1-9	9	8	8	8	8	7	9	9	8	8	8	8,2
E	spadek plonu yield decrease in %	14	30	36	84	24	47	81	11	39	23	51	41
	ocena w skali estimation in scale 1-9	8	7	6	1	7	5	1	8	6	7	4	5,4

*Objasnienia pod tabelą 1, *explanations under table 1*

**W stosunku do obiektu A, *in relation to treatment A*

Badania nad znaczeniem wieku fizjologicznego bulw w plonowaniu ziemniaka rozpoczęły się znacznie wcześniej w krajach zachodnio europejskich [Madec i Perennec, 1955; Madec, 1956, 1958; Krijthe, 1958; Scaramella, 1959] niż w Polsce. W krajach tych producenci ziemniaka przywiązują już dużą wagę do problemu fizjologicznego potencjału plonotwórczego sadzeniaków, a w publikacjach popularnych fizjologiczny wigor bulw stanowi jeden z elementów oceny nowych odmian ziemniaka. We Francji w ostatnich latach przebadano pod tym względem 100 odmian [Gravouelle, 1993], w Szwajcarii 60 odmian [Reust i inni, 2001], a w Polsce 56 odmian ziemniaka [Rykaczewska, 1993]. Informację tę w odniesieniu do 33 odmian zamieszczono w aktualnej charakterystyce krajowych odmian ziemniaka [Rykaczewska, 2002c]. W różnych krajach stosuje się odmienne metody oceny fizjologicznego potencjału sadzeniaków. W Szwajcarii [Reust i inni 2001] sadzeniaki przechowuje się w warunkach sprzyjających fizjologicznemu starzeniu się w temperaturze 15°C w ciemności, a następnie po oberwaniu kielków poddaje się je podkielkowiowaniu przez okres 4 do 6 tygodni, zależnie od odmiany. Uzyskane wyniki są interpretowane jako efekt oddziaływania określonej sumy kumulowanej temperatury, a zalecenia formułowane na tej podstawie dla praktyki rolniczej są bardzo dokładne, określają temperaturę przechowywania i podkielkowiowania sadzeniaków. Są one jednak adresowane do rolników, którzy dysponują przechowalniami z precyzyjnie regulowaną temperaturą.



Rys. 1. Uszeregowanie badanych odmian ziemniaka według fizjologicznego starzenia się na świetle i w ciemności (Jadwisin 1995-1999).

Fig. 1. Ordering of tested potato cultivars according to the rate of physiological ageing in light and in darkness (Jadwisin 1995-1999).

W Polsce ziemniaki przechowywane są głównie w kopcach i dlatego metody oceny muszą być odmienne i ograniczać się do ogólnej charakterystyki odmiany.

Zaproponowana przez autorkę laboratoryjna metoda oceny tempa fizjologicznego starzenia się bulw ziemniaka [Rykaczewska, 1993] jest dosyć prosta, ale wymaga ściśle kontrolowanych warunków. Metoda ta opiera się na analogii rozwoju rośliny z rozwojem kielków na bulwie w środowisku bez glebowym. Kielki mogą przechodzić kolejne fazy, wzrostu, tuberyzacji i zasychania. Intensywność wzrostu kielków jest zależna od wieku chronologicznego bulw, a okres maksymalnego wzrostu kielków jest okresem najwyższej wartości plonotwórczej bulwy. W badaniach własnych okres ten przypadła, zależnie od odmiany na miesiące styczeń-czerwiec. Wcześniejszy moment maksymalnego wzrostu kielków danej odmiany oznaczał szybsze tempo jej fizjologicznego starzenia się, a moment późniejszy – tempo wolniejsze.

Metoda polowa zaproponowana w pracy ma charakter uniwersalny albowiem spadek plonu badanych odmian lub rodów zawsze znajdzie się w przedziale 0-100%, a w związku z tym zawsze będzie można przypisać odmianie określony stopień w skali 9-stopniowej. Porównanie wyników oceny odmian dokonanych metodą laboratoryjną [Rykaczewska, 1993] i polową jest trudne, ponieważ z 56 odmian przebadanych do 1993 r. metoda laboratoryjną w rejestrze odmian pozostały już tylko odmiany Irys, Ibis, Irga i Bryza. Tylko jedna z nich – odmiana Irga została włączona do serii badań prowadzonych w latach 1995-1999 i i podobnie jak we wcześniejszych badaniach metodą laboratoryjną została zaliczona do odmian o wolnym tempie fizjologicznego starzenia się.

W aktualnych badaniach na szczególne podkreślenie zasługuje fakt bardzo wolnego fizjologicznego starzenia się odmian Albina i Oda (ocena 9 w warunkach światła i 8 w warunkach ciemności), czyli zachowania przez nie wysokiego potencjału plonotwórczego mimo przechowywania bulw matecznych w niekorzystnych warunkach. Na istnienie takich odmian zwraca się uwagę również w innych krajach. Reust i inni, (2001) na podstawie 20-letnich wyników badań prowadzonych w cyklach 3-letnich uszeregowal odmiany i wyróżnił 11 odmian o bardzo szybkim fizjologicznym starzeniu się (spadek plonu o 60-100 % w stosunku do kontroli), 19 odmian o średnio szybkim fizjologicznym starzeniu się (spadek plonu o 20-40 %), 26 odmian o wolnym fizjologicznym starzeniu się (spadek plonu 20-0 %) oraz 3 odmiany, Promesse, Pompadour i Panda nie podlegające procesowi fizjologicznego starzenia się (plon powyżej plonu kontroli). Odmiana Panda występowała również w badaniach własnych, ale dwuletni tylko cykl badawczy nie pozwolił na jej zamieszczenie w pracy. W uszeregowaniu odmian Panda znalazła się jednak za najwolniej starzejącymi się odmianami Alba i Oda.

WNIOSKI

1. Miarą podatności bulw matecznych na proces fizjologicznego starzenia się może być różnica nadziemnej masy roślin lub plonu końcowego ziemniaka uzyskanych z bulw przechowywanych w prowokacyjnych i optymalnych warunkach.

2. Odmiany ziemniaka różnią się pod względem tempa fizjologicznego starzenia się. Do najwolniej starzejących się, z 11 przebadanych odmian ziemniaka należały odmiany Albina i Oda.

PIŚMIENNICTWO

1. Gravouelle J-M., 1993: Les variétés de pomme de terre. Institut Technique de la Pomme de Terre. Fiche d'information n° 75.
2. Krijthe N.K., 1958: Changes in the germination power of potato from time of lifting onwards. Eur. Potato J. 1: 69-71.
3. Madec P., 1956: La nature et les causes du boulage chez la pomme de terre. Ann. Amél. de Plantes 6: 151-169.
4. Madec P., 1958: Le rôle du tubercule – mere dans l'évolution des germes de pomme de terre. Ann. Amél. des Plantes 8: 15-26
5. Madec P., Perennec P., 1955: Les possibilités d'évolution des germes de la pomme de terre et leurs conséquence. Ann. Amél. des Plantes 5: 554-574
6. Reust W., 1990: Sur l'importance des caractères physiologiques des variétés de pomme de terre, la conservation de plants, la prégermination et le rendement. Revue Suisse Agriculture 22: 51-57
7. Rykaczewska K., 1993: Wiek fizjologiczny bulw matecznych ziemniaka jako czynnik modyfikujący produktywność roślin. Fragmenta Agronomica 2: 5-50.
8. Rykaczewska K., 1999: Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych i usuwania kielków przed sadzeniem na rozwój wczesnych odmian ziemniaka. Biuletyn IHAR 209: 97-110.
9. Rykaczewska K., 2002a: Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury lanu i plonu ziemniaka. Część 1. Wpływ na strukturę rośliny i architekturę lanu. Biul. IHAR 223/224: 267-280.
10. Rykaczewska K., 2002b: Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury lanu i plonu ziemniaka. Część 2. Wpływ na plon i jego strukturę. Biul. IHAR 223/224: 281-299.
11. Rykaczewska K., 2002c: Tempo fizjologicznego starzenia się bulw. [W:] Charakterystyka zrejonizowanych odmian ziemniaka. IHAR, O. Jadwisin, wyd. VI, red. Gluska A., Zgórska K.
12. Scaramella P., 1959: Morphological characters considered as an indication of physiological age of *Solanum tuberosum* plants cultivated in different ecological localities. Eur. Potato J. 2: 153-164
13. Zaag, von der D.E., van Loon C.D., 1987: Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 5. Review of literature and integration of some experimental results. Potato Research 30: 451-472.

K. Rykaczewska

FIELD METHOD OF ASSESSEMENT OF POTATO SEED TUBERS CAPACITY FOR YIELDING CONNECTED WITH THEIR PHYSIOLOGICAL AGE

Summary

The field method of assessment of potato seed tubers capacity for yielding connected with their physiological age was presented. Eleven cultivars, Albina, Bila, Sumak, (early), Baszta, Głada, Ikar, Irga, Oda (middle early), Vistula (middle late), Dunajec, Hinga (late) have been estimated by this method. Calculations were done on the basis of results from the field experiment conducted in the years 1995 – 1999. The subject of calculation was the final yield obtained from mother tubers stored at the temperature 2°C and pre-sprouted by 4 weeks (B) and the final yield from mother tubers stored from autumn to planting under conditions favourable for physiological ageing - in light (D) and in darkness (E). The relative decrease of the yield in treatment D or E versus treatment B was an indicator of the rate of potato seed tubers physiological ageing of several cultivars. The scale of 1-9 was applied (Tab. 1). The high estimate means a slow physiological ageing rate of seed potato tubers.

Doc. dr hab. Krystyna Rykaczewska
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
Oddział w Jadwisinie
05-140 Serock
email- iharoi@pols.pl

Praca wpłynęła do Redakcji w kwietniu 2003 r.

REAKCJA JĘCZMIENIA JAREGO NA NAWOŻENIE BOREM

Stanisław Wróbel, Urszula Sienkiewicz-Cholewa

Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia IUNG, Wrocław

S y n o p s i s. Potrzeby pokarmowe zbóż w stosunku do boru są mniejsze niż roślin dwuliściennych, ale wyniki nowszych badań wskazują na negatywne skutki niedostatku boru oraz dobre wyniki jego stosowania w uprawie roślin zbożowych. W pracy przedstawiono wyniki badań nad określeniem potrzeb nawożenia borem jęczmienia browarnego z uwzględnieniem oceny przydatności zastosowanych testów zaopatrzenia gleb i roślin w bor.

S ł o w a k l u c z o w e - *Key words:* bor - boron, jęczmień jary - spring barley, nawożenie - fertilization, testy glebowe - soil test, testy roślinne - plant test

WPROWADZENIE

W świetle dotychczasowych poglądów, zboża odznaczają się bardzo małym zapotrzebowaniem na bor i z reguły nie wymagają nawożenia tym składnikiem, łatwo jest natomiast wywołać efekt jego nadmiaru. W literaturze podręcznikowej niekiedy spotyka się nawet wzmianki o szkodliwości takiego zabiegu [Budzyński, Szempliński 1999]. Coraz częściej jednak pojawiają się doniesienia o negatywnych skutkach deficytu boru i pozytywnych efektach jego stosowania w uprawach zbóż [Benedycka, Kozikowski 1996, Da Silva 1983, Faber 1992, Gupta 1972, Simard i in. 1996, Simojoki 1992, Wróbel 2000, 2000a, Wróbel, Obojski 1998]. Konieczność zabezpieczenia odpowiedniej zawartości boru w ziarnie zbóż, wynika także z wykazanej w badaniach z ostatnich lat ważnej roli boru w metabolizmie ssaków [Nielsen 2002].

W badaniach przeprowadzonych na początku lat 90-tych, na 105. polach produkcyjnych jęczmienia jarego stwierdzono, że aż 91,4% z nich cechował niedobór boru w glebie, a 68,4% w roślinach [Wróbel, Obojski 1998]. Tak duży udział gleb z deficytem boru może jednak budzić wątpliwości, co do wartości

diagnostycznej stosowanego testu zawartości w glebie boru (rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm⁻³). Przemawia za tym fakt, że stwierdzone niedobory glebowe znalazły tylko częściowe potwierdzenie w analizie roślinnej. Celem podjętych badań było sprawdzenia na ile różnice w ocenie zaopatrzenia jęczmienia w bor, dokonanej testem glebowym i roślinnym wynikają z rzeczywistych braków boru w środowisku glebowym, a w jakim stopniu są spowodowane zbyt rygorystyczną kalibracją testu glebowego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1999-2001, w Stacji Doświadczalnej IUNG Baborówko (województwo wielkopolskie) przeprowadzono jednoroczne dwuczynnikowe doświadczenia polowe, w układzie hierarchicznym z nawożeniem borem jęczmienia browarnego odmiany Brenda. Wyboru pól dokonywano na podstawie niskiej zawartości w glebie boru rozpuszczalnego w 1 mol HCl·dm⁻³. Wybrane gleby należały do gleb lekkich o odczynie lekko kwaśnym i obojętnym o średniej lub wysokiej zawartości fosforu i potasu oraz wysokiej zawartości magnezu. Gleby te cechowała niska w świetle przyjętych kryteriów [Zalecenia 1985] zawartość boru, molibdenu i manganu oraz średnia miedzi i wysoka cynku (Tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka agrochemiczna gleb pól doświadczalnych
Table 1. Agrochemical characteristics of soils in the experiments

Rok Year	pH _{KCl}	F _s [*]	S _o ^{**}	P	K	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
		%										
1999	6,4	19	1,63	74,6	151	127	0,70	3,40	996	188	0,06 5	13,2
2000	6,1	14	1,60	168	95,0	72,0	0,75	3,37	547	37,5	0,04 2	17,0
2001	6,6	15	1,71	115	160	52,0	1,50	2,78	721	30,9	-	19,8

*F_s - Frakcja splawialna < 0,02mm; *Clay < 0,02 mm*,

**S_o - Substancja organiczna; *Organic matter*

Schemat doświadczeń:

K - obiekt kontrolny (bez nawożenia borem)

Czynnik I - sposoby stosowania boru,

A₁ - przedsiewnie, H₃BO₃ w formie stałej (10-15 dni przed siewem nasion)

A₂ - pogłównie, H₃BO₃ w formie stałej (faza krzewienia)

A₃ - dolistnie, roztwór wodny H₃BO₃ (faza strzelania w źdźbło)

Czynnik II -dawki boru,

B₁ - 0,6 kg B ha⁻¹ doglebowo, 0,085 kg B ha⁻¹ dolistnie w 0,1 % roztworze H₃BO₃ *

B₂ - 1,2 kg B ha⁻¹ doglebowo, 0,170 kg B ha⁻¹ dolistnie w 0,2 % roztworze H₃BO₃ *

B₃ - 1,8 kg B ha⁻¹ doglebowo, 0,255 kg B ha⁻¹ dolistnie w 0,3 % roztworze H₃BO₃ *

B₄ - 2,4 kg B ha⁻¹ doglebowo, 0,340 kg B ha⁻¹ dolistnie w 0,4 % roztworze H₃BO₃ *

* - przy zużyciu 500 dm³ roztworu na powierzchnię 1 ha.

W doświadczeniach określano plony ziarna i słomy jęczmienia oraz masę tysiąca ziaren. Do analiz chemicznych pobierano nadziemne części roślin w stadium początku kłoszenia [Bergman, Neubert 1976], ziarno i słomę przy zbiorze oraz glebę z warstwy ornej po zbiorze doświadczeń. W glebie z obiektów kontrolnych (K) oznaczano pH w 1 mol KCl·dm⁻³ oraz zawartość przyswajalnych form P, K, Mg, B, Cu, Mn, Mo i Zn, a w próbkach gleby z pozostałych obiektów, pH i zawartość przyswajalnych form B, P, K i Mg. Próbki roślin ze wszystkich obiektów analizowano na zawartość suchej masy oraz zawartości B, N, P, K, Ca i Mg, a w próbkach z obiektów kontrolnych oznaczano ponadto zawartości Cu, Mo, Zn i Mn. Analizy chemiczne wykonano metodami przyjętymi w rutynowych badaniach stacji chemiczno-rolniczych. Wyniki opracowano statystycznie przy pomocy analizy wariancji, korelacji i regresji wielokrotnej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki doświadczeń dla lat badań przedstawiono w tabeli 2. Syntezy wyników plonowania jęczmienia z trzech lat badań nie przedstawiano wobec stwierdzonej istotności współdziałania lat z czynnikami doświadczenia.

Statystycznie udowodnione reakcje plonów ziarna jęczmienia występowały nieregularnie i zależały od roku badań, sposobu stosowania nawozów i dawki boru. Zmienność reakcji na nawożenie borem w ogóle, a także w zależności od sposobu tego nawożenia w poszczególnych latach związana była z ilością opadów w sezonie wegetacyjnym (Rys. 1). W roku 1999, przy sumie opadów w miesiącach III-VI wyższej o około 40 mm od średniej wieloletniej, nie stwierdzono istotnego wpływu boru na wielkość plonu ziarna jęczmienia. W latach 2000 i 2001, przy opadach w miesiącach III-IV mniejszych od normy wieloletniej odpowiednio o 30 i 70 mm, stwierdzono istotną reakcję na nawożenie borem, stosowanym pogłównie lub dolistnie. Dostępność dla roślin boru pobieranego biernie z prądem transpiracyjnym wody bardzo wyraźnie maleje w okresie suszy, a nawożenie tym składnikiem przynosi wtedy oczekiwane efekty.

Odpowiednie uwilgotnienie gleby w 1999 roku zapewniało dostępność boru dla roślin z zasobów glebowych i nawożenie tym składnikiem nie miało wpływu na plonowanie jęczmienia, aczkolwiek uwidoczniło się w składzie chemicznym roślin.

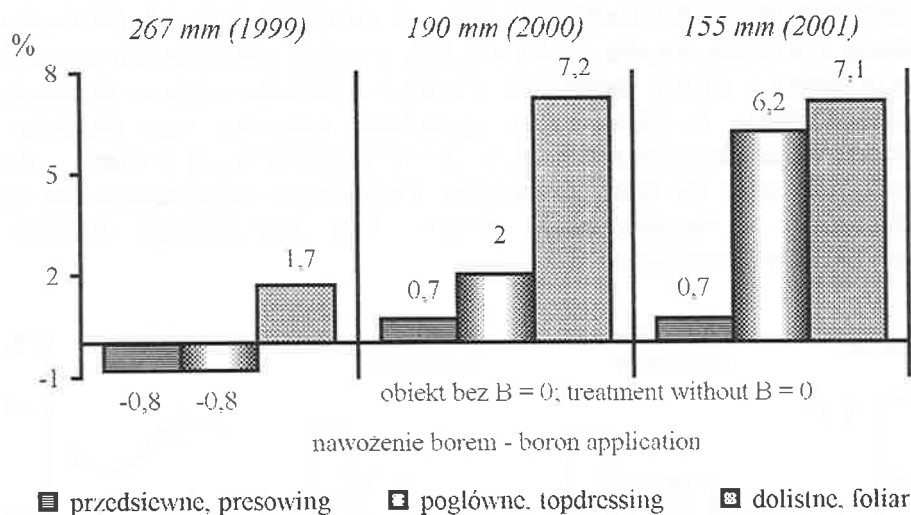
Tabela 2. Reakcja plonów jęczmienia jarego na nawożenie borem
Table 2. Response of spring barley yields to boron fertilization

Obiekty** Treatments	1999			2000			2001		
	Ziarno Grain	Słoma Straw	MTZ	Ziarno Grain	Słoma Straw	MTZ	Ziarno Grain	Słoma Straw	MTZ
	t·ha ⁻¹		g	t·ha ⁻¹		g	t·ha ⁻¹		g
	%			%			%		
K	5,00	5.42	45.2	4.04	4.78	42.7	4,30	5,32	44,2
	%			%			%		
A ₁ B ₁	0,0	+ 2,8	+ 1,3	+ 0,2	- 4,9*	+ 2,8*	0,0	- 4,4*	+ 2,9*
A ₁ B ₂	- 0,6	+ 3,2	- 0,2	+ 1,6	- 1,7	+ 0,9	+ 0,2	- 3,0	+ 2,8*
A ₁ B ₃	- 0,8	+ 0,6	+ 1,8	+ 0,2	- 2,1	+ 2,4*	+ 0,9	- 5,8*	+ 1,4
A ₁ B ₄	- 2,0	+ 0,4	+ 1,1	+ 0,7	+ 0,2	+ 0,7	+ 1,6	+ 4,3*	- 1,6
Średnio Mean	- 0,8	+ 1,7	+ 1,0	+ 0,7	- 2,1	+ 1,7	+ 0,7	- 2,2	+ 1,3
A ₂ B ₁	- 0,6	+ 4,6*	+ 1,3	+ 3,7*	+ 3,6*	+ 1,4	+ 6,0*	+ 2,8	+ 2,3*
A ₂ B ₂	- 0,8	+ 3,8*	+ 0,3	+ 4,0*	+ 2,6	+ 2,4*	+ 6,7*	+ 4,3*	+ 2,9*
A ₂ B ₃	- 1,0	+ 1,8	+ 1,3	+ 3,2	+ 0,6	+ 1,2	+ 6,4*	0,0	+ 2,9*
A ₂ B ₄	- 0,8	+ 0,9	0,0	+ 3,2	+ 2,2	+ 0,7	+ 6,0*	- 0,9	+ 2,1
Średnio Mean	- 0,8	+ 2,8	+ 0,7	+ 3,5	+ 2,2	+ 1,4	+ 6,3	+ 1,6	+ 2,6
A ₃ B ₁	+ 1,2	- 0,4	+ 2,4*	+ 7,9*	+ 4,0*	+ 1,4	+ 7,7*	+ 4,9*	+ 1,6
A ₃ B ₂	+ 1,2	+ 0,2	+ 2,4*	+ 7,4*	+ 4,2*	+ 2,3*	+ 8,1*	+ 3,6	+ 2,9*
A ₃ B ₃	+ 2,0	+ 0,6	+ 2,7*	+ 6,9*	+ 5,4*	+ 1,4	+ 6,0*	+ 3,8*	+ 2,4*
A ₃ B ₄	+ 2,8	+ 2,8	+ 3,8*	+ 6,7*	+ 0,4	+ 1,6	+ 6,5*	+ 1,9	+ 2,9*
Średnio Mean	+ 2,3	+ 0,8	+ 2,8	+ 7,2	+ 3,5	+ 1,7	+ 7,1	+ 3,6	+ 2,4

x* - statystycznie udowodnione wg testu Tukey'a przy $\alpha=0,05$, statistically valid acc. to Tukey's test, $\alpha=0.05$

**oznaczenia obiektów wg schematu doswiadczenia, treatments acc. to experimental scheme

MTZ - masa tysiąca ziaren, thousand grain weight



Rys. 1. Reakcja plonów ziarna jęczmienia na nawożenie borem w zależności od opadów w miesiącach III - VI (średnio)

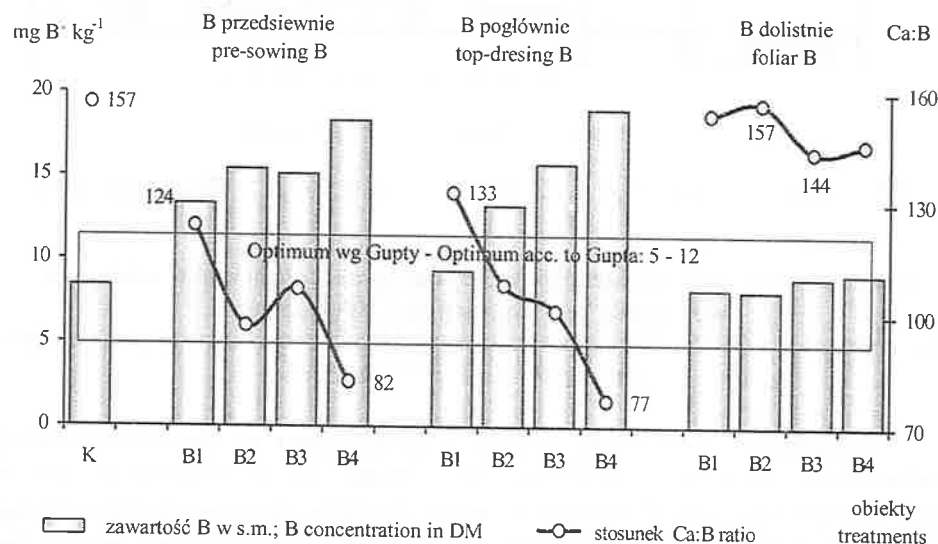
Fig. 1. Response of barley grain yields to boron fertilization as depend on precipitation in the months III - VI (mean effect)

Niezależnie od przebiegu pogody w latach badań nie stwierdzono reakcji jęczmienia na przedsiewne stosowanie boru. Wiąże się to z dłuższym okresem czasu, jaki upływa od przedsiewnego zastosowania boru, do momentu największego zapotrzebowania roślin na ten składnik. W warunkach znacznej ilości opadów bor zastosowany w postaci dobrze rozpuszczalnego H_3BO_3 uległ wymyciu w głąb gleby. Natomiast w warunkach suszy zwłaszcza w glebie o odczynie zbliżonym do obojętnego, gdy zachodzi dysocjacja H_3BO_3 , dostępność boru dla roślin spada w wyniku sorpcji jonów $B(OH)_4^-$ przez minerały ilaste oraz wodorotlenki żelaza i glinu. Opóźnianie wysiewu H_3BO_3 do okresu bezpośrednio przed siewem nasion może natomiast powodować uszkodzenia kielków roślin [Tahtinen 1970].

Pod wpływem nawożenia borem stwierdzano zwiększanie się MTZ, jednak w sposób nieregularny. Bardziej wyraźnie wzrost MTZ ujawnił się w pierwszym roku badań, na obiektach doświadczenia nawożonych przedsiewnie, pomimo braku istotnego wpływu boru na plon ziarna (Tab. 2). Jedną z ważniejszych funkcji metabolicznych boru w roślinach jest wpływ na powstawanie i kielkowanie pyłku. Niedobór tego pierwiastka może zatem powodować negatywne skutki w postaci braków ziarna w kłoskach lub jego niedorozwoju [Szukalski 1989].

Nawożenie dogłębne borem powodowało dość regularny i proporcjonalny do dawki, wzrost jego zawartości w roślinach. W stosunku do obiektu kontrolnego (K), największe dawki B spowodowały przyrost zawartości tego pierwiastka w częściach wskaźnikowych jęczmienia o 118% przy stosowaniu przedsiewnym oraz o 126% przy stosowaniu pogłównym (Rys. 2). Zależność ta została potwierdzona

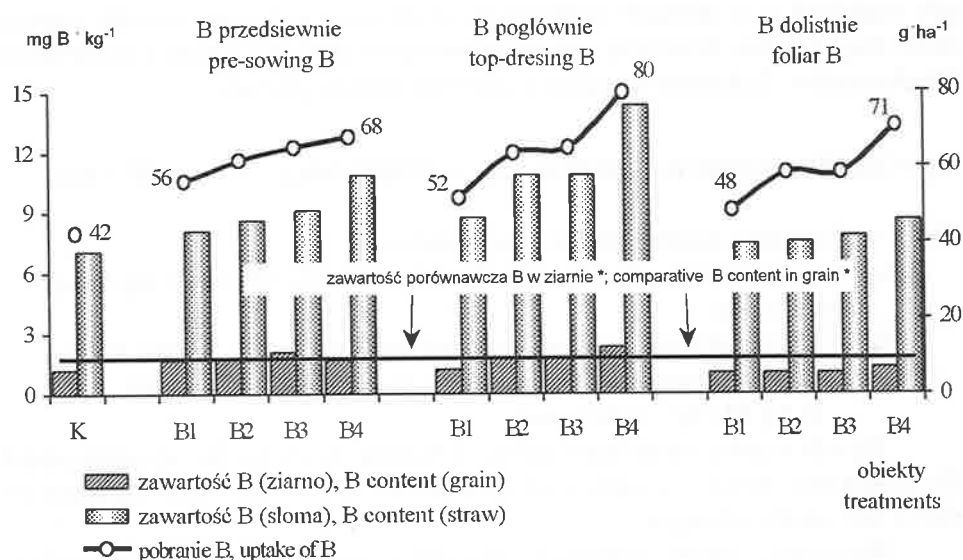
o 126% przy stosowaniu pogłównym (Rys. 2). Zależność ta została potwierdzona korelacją o wysokim współczynniku $r=0,735$; $\alpha=0,001$, pomiędzy koncentracjami boru w glebie i ziarnie jęczmienia. Pomimo wyraźnego wpływu dokarmiania dolistnego borem na plony ziarna jęczmienia, zawartość tego składnika w częściach wskaźnikowych roślin (Rys. 2) i w plonie końcowym ziarna i słomy (Rys.3) zwiększyła się tylko nieznacznie. Częściowym wyjaśnieniem jest efekt rozcieńczenia w znacznej masie plonów, boru dostarczanego dolistnie w relatywnie niewielkich ilościach.



Rys 2. Stosunek ilościowy Ca:B na tle zawartości boru w częściach wskaźnikowych jęczmienia jarego

Fig. 2. Ca:B quantitative ratio on the background of B concentration in spring barley test organs

Wartość stosunku ilościowego Ca:B oznaczonego w młodych częściach roślin lepiej charakteryzuje stan odżywienia roślin borem niż bezwzględna zawartość boru w suchej masie. Nawet przy względnie dobrym zaopatrzeniu roślin w bor zbyt duża zawartość Ca w roślinach może stwarzać warunki niedostatku boru, co wynika z antagonizmu tych pierwiastków. Zauważenie się stosunku Ca:B wskazuje na poprawę zaopatrzenia roślin w bor [Szukalski 1989]. W badaniach własnych stwierdzono skuteczność dogłębowego nawożenia borem w zawężaniu stosunku Ca:B, zwłaszcza przy pogłównym stosowaniu nawozu (Rys. 2). Wynikało to z omówionego wcześniej wzrostu zawartości boru w częściach wskaźnikowych roślin. Wpływ dokarmiania dolistnego na zawartość boru był niewielki i tym samym nie stwierdzono jego wpływu na wartość stosunku Ca:B.



* - zawartość porównawcza B w ziarnie na podstawie masowych oznaczeń OSChR (Fotyma, Mercik 1995)

* - comparative B content in grain on the basis of mass analyses of Agrochemical Stations (Fotyma, Mercik 1995)

Rys 3. Pobranie boru z plonami na tle zawartości B w ziarnie i słomie jęczmienia jarego

Fig. 3. Uptake of boron by yields on the background of B concentration in grain and straw of spring barley

Dokarmianie dolistne borem nie miało natomiast wpływu na zawartość B w ziarnie i nawet pod wpływem największej dawki nawozu jego zawartość nie osiągała zawartości przeciętnej wynikającej z badań stacji chemiczno rolniczej [Fotyma, Mercik 1995]. Wyniki badań przeprowadzonych w ostatnich latach wskazują jednoznacznie na ważne funkcje tego pierwiastka w organizmach ssaków, związane z metabolizmem wapnia i fluoru. Istnieją dowody na ścisły związek schorzeń artretycznych, osteoporozy oraz zaburzeń pracy mózgu z niedoborami boru w organizmie ludzi [Nielsen 2002]. Zapewnienie odpowiedniego poziomu zawartości boru w tak ważnych z żywieniowego punktu widzenia ziemiopłodach jak ziarno zbóż ma zatem bardzo duże znaczenie.

Pobranie boru z plonami roślin wzrastało w wyniku nawożenia tym składnikiem (Rys 3). Największe pobranie boru stwierdzono w obiekcie z pogłównym stosowaniem dawki 2,4 kg B na ha. W obiektach z nawożeniem przedsięwziętym i dolistnym, pobranie boru było mniejsze, co w pierwszym przypadku wynikało z małego wpływu nawożenia na wielkość plonów jęczmienia, a w drugim z małego jego wpływu na zawartość boru w ziarnie i słomie.

Dysponując wynikami analiz zawartości mikroelementów we wskaźnikowych częściach i w plonach końcowych jęczmienia wyliczono metodą regresji wielokrotnej (analiza krokowa) zależność pomiędzy plonami ziarna i zawartością mikroelementów. Zależność tę najlepiej opisywał model o postaci:

$$y = 3,6950 + 0,0240 B_{(t)} + 0,1942 Cu_{(s)} + 0,0369 Mn_{(t)} \quad R^2 = 0,82$$

gdzie: y = plon ziarna jęczmienia jarego w tonach z ha,

$B_{(t)}$ – zawartość boru w częściach wskaźnikowych jęczmienia, w mg $B \cdot kg^{-1}$ suchej masy,

$Cu_{(s)}$ – zawartość miedzi w słomie jęczmienia w mg $Cu \cdot kg^{-1}$ suchej masy,

$Mn_{(t)}$ – zawartość manganu w częściach wskaźnikowych jęczmienia w mg $Mn \cdot kg^{-1}$ suchej masy.

Wysoki współczynnik determinacji wskazuje, że model ten wyjaśnia ponad 80% zmienności plonów a plon ziarna jęczmienia zależy od stanu zaopatrzenia roślin w bor, miedź i mangan.

Nawożenie borem zwiększało zawartość jego form rozpuszczalnych w glebie, zwłaszcza przy pogłównym, doglebowym stosowaniu nawozów (Tabela 3). Przyrosty zawartości boru nie spowodowały jednak zmiany klasy zawartości i zawartość składnika w glebie pozostawała w przedziale klasy niskiej. Mimo niskiej zawartości boru w glebie analiza części wskaźnikowych roślin z obiektu gdzie boru nie stosowano (obiekt K, Rys 2), wykazywała na optymalne zaopatrzenie jęczmienia w ten składnik [Bergmann, Neubert 1976]. Na tej podstawie można sadzić, że stosowany test glebowy jest skalibrowany zbyt rygorystycznie i w rzeczywistości gleba pola doświadczalnego była zasobniejsza w bor przyswajalny dla roślin. Pojawiające się w literaturze krytyczne uwagi odnośnie stosowanych od 1986 roku liczb granicznych do wyceny zawartości w glebie mikroelementów oznaczonych w tzw. wspólnym wyciągu ($1 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$), potwierdzają takie wnioskowanie [Faber 1992, Gembarzewski 2000]. Z drugiej strony, pomimo optymalnej zawartości boru w roślinach (Rys. 2), nawożenia borem często wykazywało działanie plonotwórcze. Wskazuje to na wyższe od podawanych w literaturze potrzeby pokarmowe jęczmienia w odniesieniu do boru, a zatem na potrzebę korekty również przedziałów zawartości B w częściach wskaźnikowych jęczmienia opracowanych przez Bergmanna i Neuberta [1976] dla starszych odmian.

Tabela 3. Zawartość w glebie boru rozpuszczalnego po zakończeniu doświadczeń
(mg B·kg⁻¹)

Table 3. Soluble boron content in soil after harvest (mg of B·kg⁻¹)

Obiekty <i>Treatments</i>	1999	2000	2001	Średnio <i>Mean</i>
K	0,34	1,04	1,25	0,88
A ₁ B ₁	0,50	1,40	1,74	1,21
A ₁ B ₂	0,50	1,46	1,58	1,18
A ₁ B ₃	0,44	1,70	1,40	1,18
A ₁ B ₄	0,34	1,90	1,60	1,28
A ₂ B ₁	0,70	1,40	1,52	1,21
A ₂ B ₂	0,70	1,54	1,60	1,28
A ₂ B ₃	1,00	1,64	1,60	1,41
A ₂ B ₄	0,80	1,92	1,60	1,44
A ₃ B ₁	0,34	1,00	1,32	0,89
A ₃ B ₂	0,44	1,00	1,35	0,93
A ₃ B ₃	0,50	1,22	1,42	1,00
A ₃ B ₄	0,60	1,24	1,40	1,08

WNIOSKI

1. Na glebie o niskiej zawartości boru przyswajalnego pogłównie (doglebowe) i dolistne nawożenie borem w latach suchych powoduje istotne przyrosty plonów ziarna jęczmienia browarnego. Nawożenie przedsiewne, nawet w lata suche pozostaje bez wpływu na wielkość plonów ziarna.
2. Za optymalne należy uznać dawki boru 1,2 – 2, 4 kg Bha⁻¹, w formie H₃BO₃ zastosowane pogłównie w fazie krzewienia roślin jęczmienia. Stosowanie kwasu borowego w formie oprysku w stężeniu do 0,4 % nie powoduje żadnych objawów szkodliwych na roślinach jęczmienia, ale jest mniej efektywne od pogłównego nawożenia doglebowego.
3. W świetle wyników przeprowadzonych badań, glebowe i roślinne testy zaopatrzenia roślin w bor wymagają weryfikacji.

PIŚMIENNICTWO

1. Benedycka Z., 1992: Reakcja zbóż jarych na różną koncentrację boru w glebie. *Mat. VII Sympozjum Mikroelementy w rolnictwie*. Wrocław: 265-268.
2. Benedycka Z., Kozikowski A., 1996: Wrażliwość wybranych odmian jęczmienia jarego na zwiększoną koncentrację boru w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 434: 37-42.
3. Bergmann W., Neubert P., 1976: *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse*. VEB Gustaw Fischer Verlag, Jena. 771 ss.
4. Budzyński W., Szempliński W., 1999: Rośliny zbożowe. W: praca zbiorowa pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego „Szczegółowa uprawa roślin”. Wyd. AR Wrocław: 31-311.
5. Da Silva A.R., 1983: Influence of micronutrients on the male sterility on upland wheat and on rice and soybean yield in red-yellow latosol. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasilia 18: 593-601.
6. Faber A., 1992: Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. Wyd. IUNG Puławy, H (2).
7. Fotyma M., Mercik S., 1995: *Chemia rolna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 356 ss.
8. Gembarzewski H., 2000: Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 471(1) : 171-177.
9. Gupta U.C., 1972: Interaction effects of boron and lime on barley. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* t. 36, nr 2: 332-334.
10. Nielsen F.H., 2002: The nutritional-importance of boron throughout the life cycle of higher animals and humans. W: *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Goldbach H.E., Rerkasem B., Wimmer M.A., Brown P.H., Thellier M., Bell R.W., Ed.: Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: 37-50.
11. Simard R.P., Chasra G., Pigeon D., 1996: Field calibration of boron soil test for barley. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* Quebec, Canada 27(58): 1631-1646.
12. Simojoki P., 1991: Boron deficiency in barley. *Ann. Agric. Fenn.*, 30 : 389-405.
13. Szukalski H., 1989: *Mikroelementy w produkcji roślinnej*. PWRiL, Warszawa, ss.320.
14. Tahtinen H., 1970: Residual effect of boron fertilization. *Ann. Agric. Fenn.* 9: 331-335.
15. Wróbel S., 2000: Poziom plonowania krajowych upraw produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, nr 471: 609-617.
16. Wróbel S., 2000a: Wpływ wieloletniego produkcyjnego użytkowania pól uprawnych na zaopatrzenie gleb i pszenicy jarej w mikroelementy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, nr 471: 619-626.

17. Wróbel S., Obojski J., 1998: Zawartość mikroelementów w glebie i roślinach jęczmienia jarego z pól o wysokiej produktywności. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCVII. Zeszyt 52: 129-136.
18. Zalecenia Nawozowe. 1985: Praca zbiorowa. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG Puławy.

S. Wróbel, U. Sienkiewicz-Cholewa

SPRING BARLEY RESPONSE TO BORON FERTILIZATION

Summary

Three two-factorial field experiments have been carried out in the years 1999-2001 to determine boron fertilization needs for spring barley. Three methods of boron application (pre-sowing, top-dressing and foliar) were the variants of the first factor while four doses of boron were the second-rate factor levels. An intensive variety of malting barley - Brenda was the experimental plant.

Top-dressing and foliar boron applications exert a positive influence on barley grain yield in the years with inadequate precipitation during spring season. Pre-sowing addition of boron did not significantly influence barley yield in the trials (Fig. 1, Tab. 2). However, its positive impact appeared in the form of increases of both - concentration in plant tissue and uptake of the nutrient with barley yields (Fig. 2 and 3).

Soil boron application methods (pre-sowing and top-dressing) brought about a fairly regular and proportional to the doses rise of B content in plants. With relation to the control treatment (K), the highest B doses caused an increase of B concentration in barley sampling organs by 118% (as pre-sowing) and by 126% (as top-dressing application). The dependence has been confirmed with the strict correlation between boron content in soil and barley grain - $r=0,735$; $\alpha=0,001$. Despite of the clear foliar B application-related rise in barley grain yields, this method brought about only insignificant increase in B concentration both in test organs and final yields (Fig. 2 and 3)

Optimum spring barley supply of boron (according to $1 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ test) in experiments on B-deficient soil has been stated in the study. Even though adequate boron concentration in plants, fertilization with the nutrient brings statistically significant increases yield of barley and continuous rise of its concentration in the plant tissues (Fig. 2). This result indicated the necessity of verifying the tests of boron concentration in soil and barley plants hitherto used (acc. to Bergmann and Neubert 1976).

The results obtained have proved the advantage of top-dressing and foliar methods in yield magnitude formation. Considering the positive yield-forming influence of boron fertilization as well as the nutrient absorption abilities by plants, the doses of 1,2 - 2,4 kg of $\text{B} \cdot \text{ha}^{-1}$ applied as top-dressing, can be judge as the most

effective.

The results of the study revealed higher nutritive demands of barley with regard to boron than were previously established in the specialist literature.

Dr hab. Stanisław Wróbel
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
Plac Św. Macieja 5
50-244 Wrocław
e-mail: s.wrobel@iungwr.edu.pl

Praca wpłynęła do Redakcji w kwietniu 2003 r.

ENERGOCHŁONNOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA UPRAWY WIERZBY KRZEWIASTEJ

Roman Kisiel , Mariusz Stolarski , Stefan Szczukowski , Józef Tworkowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

S y n o p s i s. Przeprowadzono badania nad energochłonnością uprawy wierzby krzewiastej na gruntach rolniczych oraz efektywnością pozyskiwania zrębków drzewnych w krótkich cyklach przy różnym zagęszczeniu roślin. Nakłady energetyczne poniesione na założenie 1 ha plantacji wierzby krzewiastej wynosiły od 10,6 GJ, przy gęstości sadzenia 20 tys. roślin · ha⁻¹ do 24,8 GJ przy gęstości 60 tys. sztuk roślin · ha⁻¹. Efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej wyrażona stosunkiem wartości energetycznej plonu do nakładów energii była najwyższa w trzyletnim cyklu zbioru (średnio 42) malala przy zbiorze roślin co 2 lata (34) i co rok (22). Przy zbiorze roślin *Salix* sp., co roku i co dwa lata, zwiększanie gęstości sadzenia z 20 do 40 i 60 tys. roślin · ha⁻¹ powodowało wzrost efektywności energetycznej, natomiast zbierając rośliny w trzyletnim cyklu stwierdzono zależność odwrotną.

S l o w a k l u c z o w e – key words: wierzba krzewiasta – bushy willow, energochłonność produkcji – energy input, efektywność energetyczna – energy efficiency

WSTĘP

Rząd Polski w 2000 r. przyjął dokument „Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej”, który w 2001 r. został zatwierdzony do realizacji uchwałą Sejmu RP r. Zgodnie z tym dokumentem udział energii ze źródeł odnawialnych w strukturze zużycia nośników pierwotnych w bilansie paliwowo-energetycznym kraju ma wynosić 7,5% w 2010 r. i 14% w 2020 r. [Wiśniewski 2001]. Szacuje się, że ok. 92% energii odnawialnej w Polsce będzie pochodzić z biomasy. Udział energii odnawialnej w ogólnym jej bilansie w Szwecji już w 1995 r. wyniósł 25,4%, w Austrii 24,3%, a w Danii 7,3% [Kowalik 2001, 2001a].

Obecnie w 15 krajach Unii Europejskiej odnawialne źródła energii stanowią 6%, natomiast w roku 2010 mają pokrywać 12% zapotrzebowania na

energię pierwotną. Zgodnie z zapisami w dokumentach politycznych w krajach UE biomasa będzie stanowić 60% wśród odnawialnych źródeł energii. Jedną z dróg produkcji energii ze źródeł odnawialnych jest uprawa roślin energetycznych na gruntach rolniczych. Dotyczy to również wierzby krzewiastej, której biomasa może być wykorzystana do produkcji paliwa energetycznego [Kisiel i in. 2001, 2001a, Szczukowski i in. 1998, 2000]. Przy uprawie wierzby krzewiastej duży jest udział energii słonecznej w tworzeniu biomasy w porównaniu z wkładem energii zakumulowanej. Bilans energetyczny uprawy wierzby krzewiastej w porównaniu z uprawą rzepaku jest zdecydowanie korzystniejszy [Kisiel i in. 2001b, 2001c, Kotowski, Weber 2000].

Obecnie oprócz oceny ekonomicznej konieczna jest także analiza energochłonności pozyskiwania bioenergii z biomasy *Salix* sp. na gruntach ornych. Bilans całego systemu produkcji i wykorzystania biomasy tego gatunku do celów energetycznych zależy przede wszystkim od metod pozyskiwania paliwa oraz odległości jego transportu do ciepłowni. Należy także podkreślić fakt, że odnawialne źródła energii mają do odegrania istotną rolę w ograniczeniu ilości emisji powodujących efekt cieplarniany. Według prognoz przy dotychczasowym sposobie produkcji energii globalna roczna wielkość emisji dwutlenku węgla z elektrowni w 2010 r. wyniesie 3150 MtC i 4000 MtC w 2020 r. Jeżeli do 2010 r. budowę tradycyjnych elektrowni węglowych i gazowych zastąpiono by w 20% obiektami wykorzystującymi źródła energii odnawialnej, a udział ten wzrósłby do 50% w okresie 2011-2020 to poziomy emisji można by ograniczyć do 270 MtC w 2010 r. i 1270 MtC w 2020 r. [Sims 2001].

Celem badań była ocena wielkości i struktury nakładów energetycznych produkcji wierzby krzewiastej na gruntach rolniczych w różnych cyklach zbioru, przy różnym zagęszczeniu roślin oraz określenie efektywności energetycznej tej uprawy.

METODYKA BADAŃ

Analizę energochłonności i efektywności uprawy wierzby krzewiastej *Salix* sp. w różnych cyklach zbioru, przy różnej gęstości sadzenia roślin wykonano na podstawie wyników doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1996-1999 w Oborach k. Kwidzyna. Doświadczenie założono na madzie ciężkiej wytworzonej z gliny ciężkiej pylastej, kompleks zbożowo pastewny mocny, klasa bonitacyjna III b [Stolarski 2001].

Doświadczenie założono metodą split-block-split-plot. Zrzezy zostały wysadzone ręcznie. W pierwszym roku nawożenia mineralnego nie stosowano. W kolejnych latach stosowano nawozy w dawkach N – 40, P₂O₅ – 40, K₂O – 80 kg · ha⁻¹, przed rozpoczęciem wegetacji roślin. W roku założenia doświadczenia bezpośrednio po sadzeniu zrzesów zastosowano herbicyd Bladex 500 SC w ilości 4 l · ha⁻¹ oraz przeprowadzono dwukrotne pielenie ręczne roślin w miarę pojawiania się chwastów.

Obliczenia energochłonności produkcji przeprowadzono na podstawie średnich plonów suchej masy uzyskanych z sześciu klonów wierzby krzewiastej

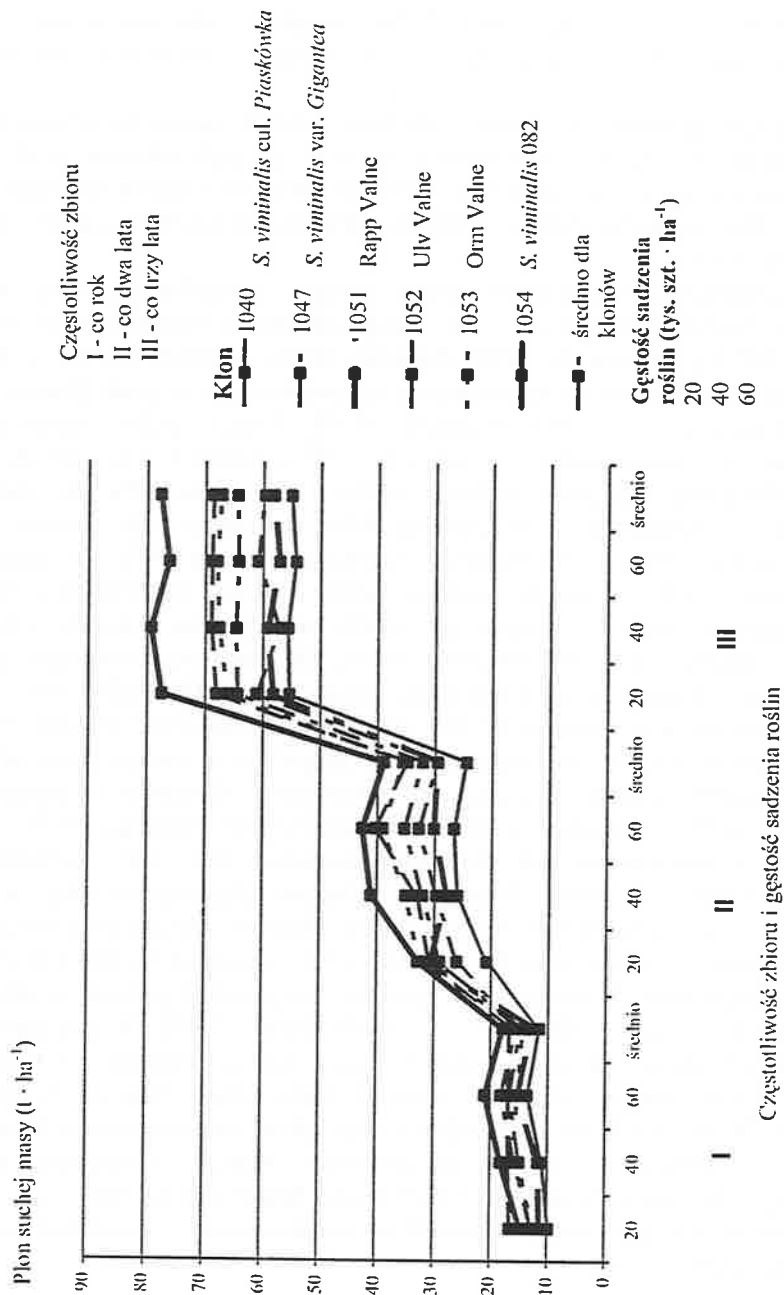
zbieranych w trzech cyklach zbioru (1, 2 i 3-letnim) przy zagęszczeniu 20, 40 i 60 tys. roślin \cdot ha⁻¹ (rys. 1). W analizie wyróżniono następujące etapy produkcji: założenie plantacji, pielęgnacja, zbiór roślin po zakończeniu pierwszego okresu wegetacji w zimie, nawożenie, koszenie roślin z jednoczesnym rozdrabnianiem i transport.

Przyjęto, że nawożenie roślin wykonane zostanie zestawem ciągnik C 360 3P i rozsiewacz N 031M, a do koszenia roślin w cyklach jednorocznych użyty będzie silosokombajn Z 364, natomiast w cyklach dwu- i trzyletnim kombajn Claas Jaguar 860. Do transportu zrębków przyjęto odpowiednią liczbę ciągników C 360 3P i przyczep T 041.

Energochłonność nakładów pracy żywej i uprzedmiotowionej została określona technologiczną metodą oceny energochłonności wytwarzania produktów rolniczych MET [Anuszewski 1987, Zaremba 1986]. Nakłady energii w formie oleju napędowego określono na podstawie jednostkowego zużycia paliwa w g \cdot kWh⁻¹ [Gromadzki i in. 1993, Poradnik 1997]. Zużycie paliwa dostosowano odpowiednio do rodzaju wykonywanej pracy. W przypadku orki przyjęto 80% zużycie paliwa, dla transportu, ochrony roślin i nawożenia 50%, dla sadzenia, bronowania i pielęgnacji mechanicznej 60%, natomiast dla zbioru roślin silosokombajnem 95%, i odpowiednio kombajnem Claas 90%. W badaniach wyodrębniono cztery strumienie energii: pracę ludzką, bezpośrednie nośniki energii, materiały i surowce, urządzenia i środki inwestycyjne (ciągniki, maszyny, narzędzia) [Anuszewski 1987, Wielicki 1989]. Do przeliczeń nakładów na MJ wykorzystano wskaźniki energochłonności skumulowanej [Zaremba 1986]. Pracę ludzką wyceniono ekwiwalentem 40 MJ \cdot rbh⁻¹ [Anuszewski 1987, Pawlak 1989].

Parametry techniczno-eksploatacyjne ciągników i maszyn niezbędne do analizy energochłonności przyjęto na podstawie dostępnych poradników [Gromadzki i in. 1993, Informator 1989, Muzalewski 1998, Poradnik 1997].

Całość poniesionych nakładów energetycznych (MJ \cdot ha⁻¹) podzielono na dwa etapy. Pierwszy z nich obejmował założenie plantacji wierzby, a drugi użytkowanie w poszczególnych cyklach zbioru. Nakłady energetyczne związane z założeniem plantacji przedstawiono w całości oraz rozliczono na przyjęty 24 letni okres jej użytkowania. Długość okresu użytkowania plantacji przyjęto w oparciu o doświadczenia szwedzkie [Danfors i in. 1998, Perttu 1993]. W analizowanych trzech cyklach zbioru uwzględniono w pełni jedynie nakłady energetyczne związane z nawożeniem plantacji, zbiorem roślin oraz transportem zrębków drzewnych. W badaniach nie uwzględniono nakładów ponoszonych na likwidację plantacji po upływie 24 lat jej użytkowania. Wartość kaloryczną drewna wierzbowego określono za pomocą kalorymetrii bezpośredniej (MJ \cdot kg⁻¹ suchej masy). Wartość energetyczną plonu ustalono na podstawie wartości kalorycznej i suchej masy drewna z 1 ha.



Rys. 1. Plon suchej masy szczytów klonów *Salix* sp. w trzech cyklach zbioru przy różnym zagęszczeniu roślin
*Fig. 1. Dry matter yield of *Salix* sp. six clones during three harvest cycles on different plant density*

WYNIKI BADAŃ

Nakłady energetyczne poniesione na założenie 1 ha plantacji wierzby krzewiastej przy zagęszczeniu 20 tys. roślin \cdot ha⁻¹ wynosiły 10634 MJ, a przy 24 letnim okresie użytkowania ok. 443 MJ \cdot ha⁻¹ \cdot rok⁻¹ (Tab. 1). Największe nakłady energetyczne poniesiono przy zagęszczeniu 60 tys. roślin \cdot ha⁻¹. Niezależnie od przyjętej gęstości sadzenia roślin, największy udział w całości nakładów związanych z założeniem plantacji stanowiły sadzonki od 45,8% przy zagęszczeniu 20 tys. roślin \cdot ha⁻¹ do 58,9% przy obsadzie 60 tys. roślin \cdot ha⁻¹. Drugie miejsce zajmowało paliwo. Procentowy udział paliwa malal wraz ze wzrostem gęstości sadzenia roślin od 20 do 40 i 60 tys. sztuk \cdot ha⁻¹, odpowiednio z 26,9% do 21,6% i 19,3%. Nakłady związane z wykorzystaniem siły roboczej wzrastały wraz ze zwiększaniem gęstości sadzenia roślin \cdot ha⁻¹ odpowiednio od 11,7% do 12,8% i 13,4%.

Nakłady energetyczne ponoszone na założenie plantacji i produkcję zrębków wierzbowych w wariancie zbioru co roku wzrastały wraz ze zwiększaniem gęstości roślin od 20 do 40 i 60 tys. sztuk \cdot ha⁻¹ (Tab. 2). W trzyletniej rotacji nakłady energetyczne były ponad 2 razy większe niż przy zbiorze corocznym. Większe nakłady energetyczne przy produkcji zrębków w cyklach dwu- i trzyletnim były związane głównie z uwzględnieniem zbioru biomasy kombajnem Claas Jaguar 860. Największy udział w strukturze nakładów energetycznych niezależnie od zagęszczenia roślin na 1 ha stanowiły paliwa, a na drugim miejscu znajdowały się nawozy mineralne. Największy procentowy udział w nakładach na nawozy stanowiły nawozy azotowe. Związane to jest z energochłonnością ich produkcji. Na wyprodukowanie 1 t nawozów azotowych trzeba zużyć 1 000 m³ gazu ziemnego [Nalborczyk 2000]. Nakłady związane z wykorzystaniem siły roboczej i nakłady związane z wykorzystaniem sprzętu rolniczego wynosiły po kilka procent ogółu nakładów energetycznych. Udział pozostałych nakładów energetycznych (sadzonki, środki ochrony roślin) w strukturze całości nakładów, rozliczony na 24 letni okres użytkowania plantacji był bardzo niewielki.

Odniesienie nakładów energetycznych jedynie do jednostki powierzchni uniemożliwia przeprowadzenie pełnej analizy. Z tego względu poniesione nakłady energetyczne odniesiono także do średniego plonu suchej masy drewna wierzbowego uzyskiwanego z 1 ha w różnych cyklach zbioru przy różnym zagęszczeniu roślin (Tab. 3).

Energochłonność produkcji 1 tony zrębków drzewnych była największa przy zbiorze roślin uprawianych w zagęszczeniu 20 tys. roślin na 1 ha i w jednorocznym cyklu zbioru, natomiast w cyklu 3 letnim energochłonność produkcji była niemal dwukrotnie mniejsza. Efektywność energetyczna produkcji wierzby krzewiastej wyrażona stosunkiem wartości energetycznej plonu (MJ \cdot ha⁻¹) do ogółu nakładów energetycznych poniesionych na 1 ha była najmniejsza przy jednorocznym cyklu zbioru i wzrastała w miarę wydłużania tego cyklu do 3 lat (Tab. 3).

Tabela 1. Nakłady energetyczne poniesione na założenie plantacji wierzby krzewiastej
Table 1. Energy output for establishment of bushy willow plantation

Zabieg lub środek	Rodzaj		Siła robocza		Ciągniki		Maszyny		Paliwa		Materiały		Suma
	ciągnika	Maszyny	Rbh	MJ	cnh	MJ	mh	MJ	kg	MJ	kg	MJ	
Oprysk (Roundup)	Ursus C-360-3P	Opryskiwacz P 068	0,50	20,0	0,50	11,8	0,50	13,1	1,97	102	-	-	147
Orka	Ursus 912	Plug U 037	1,50	60,0	1,50	35,4	1,50	39,2	16,4	855	-	-	989
Bronowanie	Ursus 912	Brona U 212/2	0,50	20,0	0,50	11,8	0,50	7,91	4,11	213	-	-	253
Przygotowanie sadzonek	-	-	15,0	600	-	-	-	-	-	-	-	-	600
Sadzenie	Ursus C-360-3P	Sadzarka S 221/1	10,0	400	2,50	59,1	2,50	108	11,8	615	-	-	1183
Sadzonki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	375	4875	4875
Roundup	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,00	540	540
Bladex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,00	600	600
Oprysk (Bladex)	Ursus C-360-3P	Opryskiwacz P 068	0,50	20,0	0,50	11,8	0,50	13,1	1,97	102	-	-	147
Pielenie (2x)	Ursus C-360-3P	Pielnik P 434/1	1,00	40,0	1,00	23,6	1,00	67,2	4,73	246	-	-	377
Koszenie	Ursus 912	Silosokombajn Z. 364	0,67	26,8	0,67	15,8	0,67	12,7	8,72	453	-	-	509
Transport	Ursus C-360-3P	Przycepa T 041	1,34	53,6	1,34	31,7	1,34	52,0	5,29	274	-	-	412
Razem dla obsady 20 tys. roślin			31,0	1240	8,51	201	8,51	313	55,1	2863	384	6015	10634
Na 1 rok			1,29	51,7	0,35	8,38	0,35	13,1	2,29	119	16,0	250	443
Razem dla obsady 40 tys. roślin			57,0	2278	11,9	282	11,97	453	73,6	3827	759	1089	17732
Na 1 rok			2,37	94,9	0,50	11,8	0,50	18,9	3,07	159	31,6	453	739
Razem dla obsady 60 tys. roślin			82,9	3317	15,4	364	15,43	592	92,1	4790	1134	15765	24829
Na 1 rok			3,46	138	0,64	15,2	0,64	24,7	3,84	199	47,2	657	1034

Tabela 2. Struktura nakładów energetycznych na założenie plantacji i produkcję zrębków wierzby krzewiastej

Table 2. The structure of outputs for establishment and production of bushy willow wood chips

Wyszczególnienie	Gęstość sadzenia roślin (tys. sztuk/ha)					
	20		40		60	
	MJ · ha ⁻¹	%	MJ · ha ⁻¹	%	MJ · ha ⁻¹	%
Siła robocza	599	5,42	714	5,86	830	6,24
Sprzęt rolniczy	774	7,00	884	7,25	993	7,47
Paliwa	5005	45,22	5697	46,74	6390	48,0
Sadzonki	203	1,83	406	3,33	609	4,58
<i>Roundup</i>	22,5	0,20	22,5	0,18	22,5	0,17
<i>Bladex</i>	25,0	0,23	25,0	0,21	25,0	0,19
Nawozy azotowe	3080	27,82	3080	25,26	3080	23,1
Nawozy fosforowe	560	5,06	560	4,59	560	4,21
Nawozy potasowe	800	7,23	800	6,56	800	6,01
Ogółem w cyklu jednorocznym	11070	100	12190	100	13311	100
Ogółem w cyklu dwuletnim	16912	100	18665	100	19628	100
Ogółem w cyklu trzyletnim	29129	100	30156	100	30903	100

Tabela 3. Energochłonność oraz efektywność energetyczna produkcji wierzby krzewiastej

Table 3. Energy output and energy efficiency of bushy willow cultivation

Wyszczególnienie	Zbiór w cyklach											
	jedorocznym				dwuletnim				trzyletnim			
	Gęstość sadzenia roślin (tys. sztuk · ha ⁻¹)											
	20	40	60	średnio	20	40	60	średnio	20	40	60	Średnio
Nakłady energetyczne na uprawę roślin (GJ · ha ⁻¹)	11,0	12,2	13,3	12,2	16,9	18,7	19,6	18,4	29,1	30,1	30,9	30,0
Plon suchej masy (t · ha ⁻¹)	12,8	14,9	16,7	14,8	29,0	32,1	35,3	32,1	64,4	64,6	64,2	64,4
Energochłonność produkcji zrębków (MJ · t ⁻¹ s.m.)	863	818	796	826	583	581	556	573	452	466	481	466
Wartość energetyczna plonu (GJ · ha ⁻¹)	238	276	310	274	557	617	679	618	1261	1266	1257	1261
Efektywność energetyczna	21,5	22,6	23,2	22,4	32,9	33,1	34,6	33,5	43,3	41,9	40,6	41,9

Wzrost zagęszczenia roślin z 20 do 40 i 60 tys. sztuk · ha⁻¹ w trzyletnim cyklu zbioru powodował nieznaczne obniżenie, a w cyklach 1 rocznym i dwuletnim – niewielkie zwiększenie efektywności energetycznej produkcji. Najbardziej korzystny pod względem efektywności energetycznej jest wariant z zagęszczeniem 20 tys. roślin na 1 ha przy 3 letnim cyklu zbioru wierzby.

Wyniki dotyczące efektywności energetycznej produkcji wierzby krzewiastej na gruntach ornych uzyskane w doświadczeniu własnym można odnieść do danych Macphersona [1995]. Według tego autora przy bardzo małym plonie 4 t s.m. na rok drewna wierzby krzewiastej efektywność energetyczna wynosiła średnio 17. Natomiast w wariancie, w którym plon wyniósł 12 t s.m. na rok wartość ta wynosiła średnio 50. Według Gaworskiego [1997] ilość energii uzyskanej z biomasy wierzby krzewiastej przewyższa 15-18-krotnie nakłady energetyczne poniesione na uprawę i zbiór tej rośliny. Wysoki wskaźnik efektywności energetycznej uprawy wierzby krzewiastej potwierdzono w licznych pracach autorów szwedzkich [Danfors i in. 1998, Perttu 1993] i w praktyce rolniczej. Spowodowało to, że rolnicy w Szwecji zakładają plantacje wierzby energetycznych na dużych arealach.

Efektywność energetyczna uprawy wierzby, uzyskana w doświadczeniu własnym jest od kilku do kilkunastokrotnie wyższa niż efektywność energetyczna uprawy rzepaku ozimego i zbóż. Kosecki [1995] podaje, że efektywność

energetyczna uprawy rzepaku ozimego w doświadczeniu polowym wynosiła od 6,58 do 7,29. Natomiast Tawfik [1995] również w warunkach doświadczalnych uzyskał dla rzepaku znacznie niższy wskaźnik efektywności energetycznej (3,53). Tański [2001] podaje, że wskaźnik efektywności energetycznej uprawy pszenicy ozimej wyniósł od 4,30 do 4,98 w zależności od sposobu regulacji zachwaszczenia i sposobu ochrony przed chorobami grzybowymi. W innym doświadczeniu efektywność energetyczna uprawy pszenicy ozimej wynosiła 3,0 a jęczmienia jarego 3,56 [Tawfik 1995].

WNIOSKI

1. Nakłady energetyczne poniesione na założenie 1 ha plantacji wierzb krzewiastych wynoszą od 10,6 GJ, przy gęstości sadzenia 20 tys. roślin · ha⁻¹ do 24,8 GJ przy zagęszczeniu roślin 60 tys. sztuk · ha⁻¹.
2. Energochłonność produkcji 1 t suchej masy zrębków wierzbowych jest największa przy jednorocznym cyklu zbioru i maleje w miarę wydłużania cyklu zbioru do 3 lat.
3. Efektywność energetyczna uprawy wierzb krzewiastych wyrażona stosunkiem wartości energetycznej plonu do ogółu nakładów energii wynosi 22 – 42 i wzrasta w miarę wydłużania cyklu zbioru od 1 roku do 3 lat.
4. Największą efektywność energetyczną uzyskuje się przy uprawie wierzby w zagęszczeniu 20 tys. roślin na 1 ha i 3 letnim cyklu zbioru pędów.

PIŚMIENNICTWO

1. Anuszewski R., 1987: Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych. Zag. Ekon. Rol. 4: 16-26.
2. Danfors B., Ledin S., Rosenqvist H., 1998: Short-Rotation Willow Coppice Grower's Manual. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Uppsala.
3. Gaworski M., 1997: Wierzba wielu walorów. Nowocz. Rol., 45.
4. Gromadzki J., Jarecki M., Woźniak W., 1993/94: Ciągniki i maszyny rolnicze budowa i przeznaczenie. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań.
5. Informator 1989/90., 1989: Agroma, Warszawa.
6. Kisiel R., Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., 2001: Produktywność oraz energochłonność produkcji wierzb krzewiastych pozyskiwanych z gruntów ornych w cyklach dwuletnich. Roczn. Nauk Rol. (w druku).
7. Kisiel R., Szczukowski S., Stolarski M., 2001: Energy consumption in production of bushy willow *Salix* sp. cultivated on arable land. Economic Sciences. 4: 35-44.
8. Kisiel R., Szczukowski S., Stolarski M., Leniec K., 2001: Wykorzystanie biomasy wierzb krzewiastych do wytwarzania energii cieplnej. Prob. Inż. Rol. 2: 65-72.
9. Kisiel R., Szczukowski S., Stolarski M., 2001: Ekonomiczne aspekty pozyskiwania ekologicznego surowca energetycznego z wierzb krzewiastych uprawianych na gruntach ornych. Ochrona Środowiska 4: 40-49.

wegetacji tej pszenicy wyróżnić okres w którym warunki wodne nie mają wpływu na jej rozwój i plon (zbiorowa 1989 str. 64).

Tabela 4. Względna liczebność obiektów i centralne wartości zmiennych w skupieniach

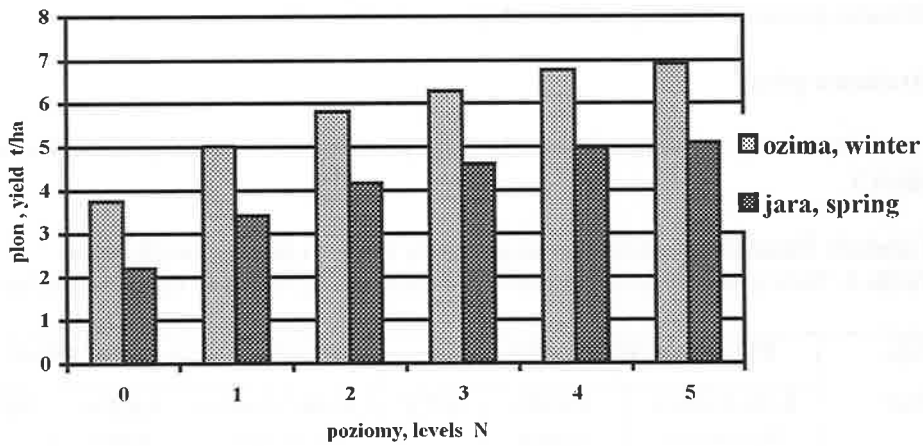
Table 4. Percent of members and centroids for yield constituents in clusters

Miesiąc <i>Month</i>	Dekada <i>Decade</i>	Skupienia dla pszenicy ozimej, <i>clusters for winter wheat</i>			Skupienia dla pszenicy jarej, <i>clusters for spring wheat</i>		
		1	2	3	1	2	3
Procent, percent		52,6	15,8	31,6	35,0	60,0	5,0
Kwiecień <i>April</i>	1	2,93	1,50	1,74	1,73	2,73	1,38
	2	2,41	2,98	4,64	4,23	2,99	5,18
	3	0,24	0,64	2,68	0,38	0,96	6,77
Maj <i>May</i>	1	0,63	2,09	0,41	1,66	0,34	0,19
	2	1,37	2,08	1,50	0,75	2,10	0,11
	3	1,94	2,21	0,50	1,87	1,47	0,67
Czerwiec <i>June</i>	1	1,17	0,17	2,06	0,77	1,59	1,69
	2	1,67	0,86	1,51	2,17	1,30	0,72
	3	1,09	1,90	2,31	1,77	1,44	1,99
Lipiec <i>July</i>	1	1,88	4,49	1,00	4,05	1,46	0,82
	2	1,15	2,73	1,83	2,60	1,27	2,43
	3	1,07	1,55	1,05	1,29	0,71	5,15
Plon, yield		6,28	4,56	5,63	4,77	3,89	3,07

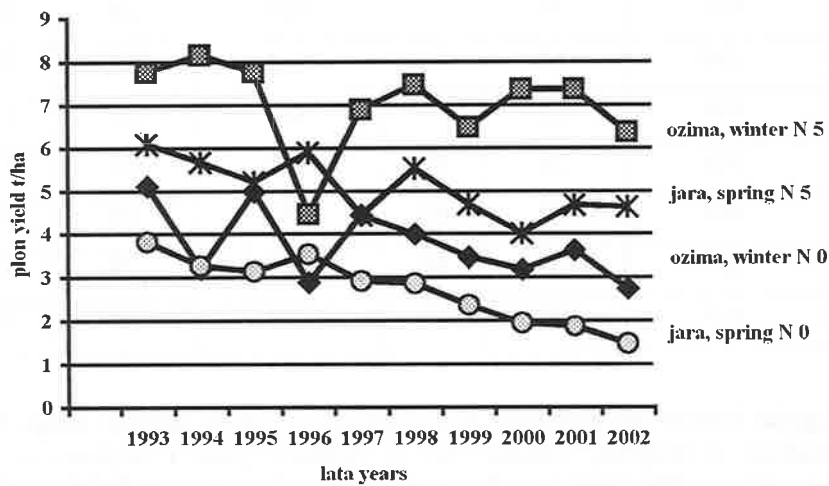
Pszenica ozima reagowała większymi przyrostami plonu ziarna na zwiększające się dawki nawozów azotowych, niż pszenica jara (Rys. 2). W związku z tym różnice plonów na korzyść pszenicy ozimej ulegały zwiększaniu w miarę stosowania wzrastających dawek nawozów. W obiekcie kontrolnym średnia różnica plonów ziarna na korzyść pszenicy ozimej wynosiła 1,01 tony z ha, a w obiekcie z największą dawką nawozów 1,84 tony z ha. Szczegółowa analiza efektywności nawożenia i wykorzystania azotu przez pszenice wykracza poza ramy tej pracy. Analizę taką, dla pierwszej rotacji doświadczeń przedstawiono we wcześniejszej pracy autorki [Fotyma E. 1999].

Istotność współdziałania podwójnego, dawki nawozów i lata badań, sprowadzała się do tego że różnice plonów pomiędzy obiektem kontrolnym (bez nawożenia N) i obiektami nawożonymi, zwłaszcza dużymi dawkami azotu, ulegały zwiększeniu w miarę upływu lat prowadzenia badań. W obiekcie kontrolnym stwierdzano wyraźny trend spadku plonów w kolejnych latach badań, natomiast w obiektach z dużymi dawkami nawozów azotowych zmienność plonów w latach badań była znacznie mniejsza i miała charakter fluktuacyjny (Rys. 3). Na dużych

dawkach azotu średnie plony pszenicy ozimej, z wyjątkiem 1966 r, pozostawały w granicach 6 - 8 ton ziarna z ha.



Rys. 2. Reakcja pszenicy na wrastające dawki nawozów azotowych
 Fig. 2. The yield of wheat depending on nitrogen rates



Rys. 3 Plony pszenicy w latach badań na dwóch poziomach nawożenia azotem
 Fig. 3 The yield of wheat in the years of experiments on two levels of nitrogen fertilization

Spadek plonu w obiekcie kontrolnym w miarę upływu lat prowadzenia doświadczeń wynika z wyczerpywania rezerw azotu glebowego. Pszenica jara ma wyraźnie mniejszą zdolność do wykorzystywania tych rezerw, niż pszenica ozima co uwidacznia się w powiększaniu się różnicy plonów pomiędzy obydwoma formami pszenicy w kolejnych latach prowadzenia badań.

Struktura plonu

Elementy struktury plonu dla form pszenicy i lat badań przedstawiono w tabeli 5.

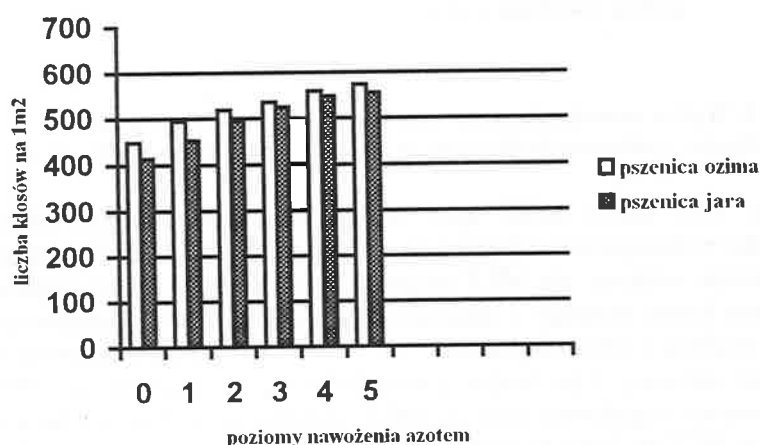
Tabela 5. Elementy struktury plonu pszenicy ozimej i jarej w latach badań
Table 5. Yield components of winter wheat and spring wheat in experimental years

Rok, <i>Year</i>	Pszenica ozima, <i>winter wheat</i>			Pszenica jara, <i>spring wheat</i>		
	L-ba kłosów <i>No of ears</i>	Liczba ziaren <i>No of kernels</i>	MTZ	Liczba kłosów <i>No of ears</i>	Liczba ziaren <i>No of kernels</i>	MTZ
1993	564	32	39	524	23	42
1994	563	24	44	602	27	37
1995	576	25	47	569	26	37
1996	443	20	45	510	26	40
1997	600	24	41	508	24	34
1998	556	25	47	452	26	41
1999	501	28	40	448	21	37
2000	489	29	42	456	19	37
2001	509	28	44	455	25	33
2002	417	29	45	459	25	33

Liczba kłosów na jednostce powierzchni, w całym okresie badań była istotnie większa u pszenicy ozimej, niż u pszenicy jarej i większa w SD Baborówko, niż w SD Grabów. Te ogólne prawidłowości podlegały jednak znacznym i istotnym modyfikacjom w latach badań. W latach 1994, 1996 i 2002 liczba kłosów na jednostce powierzchni była istotnie większa u pszenicy jarej niż pszenicy ozimej, a w roku 1995 różnica pomiędzy liczbą kłosów u obydwu form pszenicy okazała się nie istotna. Mała liczba kłosów u pszenicy ozimej wynikała ze

wspomnianego wcześniej przeredzenia roślin w Grabowie na skutek częściowego ich wymarznienia.

Istotny wpływ na liczbę kłosów, u obydwu form pszenicy miało nawożenie azotem (Rys.4). Liczba kłosów generalnie wzrastała w miarę zwiększania dawek nawozów azotowych w sposób podobny do przyrostów plonu ziarna. W przeciwieństwie do plonów, różnice liczby kłosów na korzyść ozimej formy pszenicy były jednak największe w obiekcie kontrolnym i w obiekcie z najmniejszą dawką nawozów. Różnice te malały natomiast na wyższych poziomach nawożenia co świadczy o tym, że pszenica jara reaguje większym przyrostem liczby kłosów na jednostce powierzchni na nawożenia azotem, niż pszenica ozima.



Rys. 4. Wpływ nawożenia azotem na liczbę kłosów pszenicy na jednostce powierzchni
Fig. 4. The influence of nitrogen fertilization on the number of ears of wheat on area unit

Liczba ziaren w kłosie wykazywała największą zmienność z analizowanych elementów struktury plonu. Przeciętna liczba ziaren w kłosie była nieco większa dla pszenicy ozimej (26,5 ziaren w kłosie), niż dla pszenicy jarej (24,4 ziaren w kłosie) ale w SD Baborówko obydwie formy pszenicy nie różniły się pod względem liczby ziaren w kłosie, a ponadto różnica w liczbie ziaren pomiędzy formami pszenicy podlegała bardzo dużej zmienności w latach badań (Tabela 5). W roku 1993 i w czterech ostatnich latach badań stwierdzano znacznie większą liczbę ziaren w kłosie u pszenicy ozimej, natomiast w latach 1994-95 i 1997-98 niewielką przewagę pod tym względem miała pszenica jara. W 1966 r., nie sprzyjającym plonowaniu pszenicy ozimej liczba ziaren w kłosie na niekorzyść tej formy była natomiast bardzo duża.

Liczba ziaren w kłosie u obydwu form pszenicy systematycznie wzrastała w miarę zwiększania dawek nawozów azotowych (Rys. 5). Nie stwierdzono przy

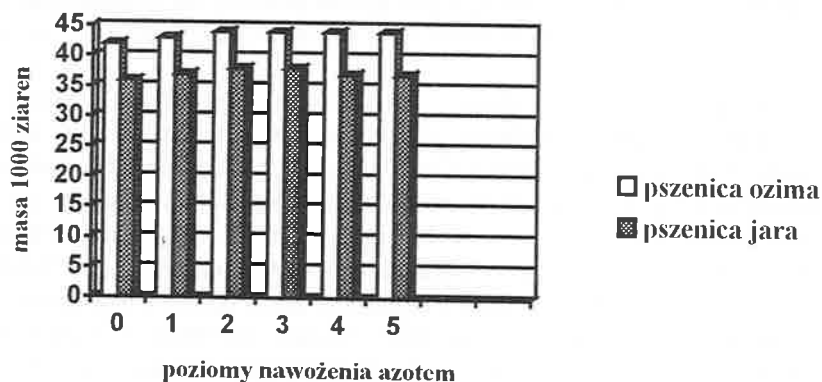
tym istotności współdziałania form pszenicy i poziomów nawożenia, a liczba ziaren w kłosie różniła się o stałą wartość.



Rys. 5. Wpływ nawożenia azotem na liczbę ziaren w kłosie pszenicy

Fig. 5. The influence of nitrogen fertilization on the number of kernels in the ear of wheat

Masa 1000 ziaren MTZ była, w obrębie form pszenicy, elementem struktury plonu wykazującym najmniejszą zmienność. MTZ pszenicy ozimej była istotnie i znacznie większa, niż MTZ pszenicy jarej. Niezależnie od miejscowości (współdziałanie formy pszenicy i miejscowości było nie istotne), pszenica ozima wykazywała większą o około 6 g masę 1000 ziaren. Stwierdzona istotność współdziałania form pszenicy i lat badań sprowadzała się do tego, że w 1993 roku pszenica jara miała, wyjątkowo większą MTZ od pszenicy ozimej, a w latach 1996 i 1999 różnica MTZ na korzyść pszenicy ozimej była stosunkowo niewielka (3-5 g), (Tabela 4).



Rys. 6 Wpływ nawożenia azotem na masę 1000 ziaren pszenicy

Fig. 6. The influence of nitrogen fertilization on the weight of 1000 grain of wheat

Nawożenie azotem wykazywało niewielki, jakkolwiek istotny wpływ na masę 1000 ziaren obydwu form pszenicy (Rys 6). Istotne różnice MTZ stwierdzano jedynie pomiędzy obiektem kontrolnym i pierwszym (w przypadku pszenicy ozimej) lub drugim (w przypadku pszenicy jarej) poziomami nawożenia azotem.

Jak wynika z przedstawionych danych największy wpływ na wielkość i różnice w wielkości elementów struktury plonu pomiędzy formami pszenicy miały lata badań i dawki nawozów azotowych. W związku z tym, posługując się metodą zaproponowaną przez Rudnickiego [2000] obliczono udział i wkład elementów struktury plonu w różnice plonów pomiędzy formami pszenicy w latach badań oraz pomiędzy obiektem kontrolnym i najwyższym poziomem nawożenia azotem, oddzielnie dla pszenicy ozimej i jarej. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Tabela 6. Wkład i udział elementów struktury plonu w różnice plonów pomiędzy pszenicą ozimą i jara w latach badań

Table 6. Contribution and share of yielding constituents in difference of yield between winter wheat and spring wheat in the years of experiments

Rok Year	Różnica* plonu, yield difference %	Wkład elementów plonowania % Contribution of yield constituents			Udział elementów plonowania % Share of yield constituents		
		WO _w **	WZ _w **	WD _w **	UO**	UZ**	UD**
1993	31,0	4,3	29,7	-3,0	13,8	96,0	-9,7
1994	27,3	-33,5	-52,6	113	-122	-192	415
1995	49,2	1,8	-3,4	50,7	3,8	-6,8	103,1
1996	-24,1	-24,5	-29,0	29,3	-101	-120	121
1997	36,3	18,3	-2,4	20,4	50,4	-6,5	56,1
1998	38,2	25,7	-3,6	16,1	67,3	-9,5	42,2
1999	53,5	11,9	33,6	8,1	22,2	62,7	15,1
2000	91,6	8,2	64,3	19,1	9,0	70,1	20,9
2001	63,3	12,4	12,6	38,4	19,5	19,9	60,6
2002	62,5	-8,7	24,4	46,8	-13,9	39,0	74,9

* (plon pszenicy ozimej-plon pszenicy jarej)/plon pszenicy jarej*100, (yield of winter wheat-yield of spring wheat)/yield of spring wheat*100

**WO_w, UO wkład, udział obsady kłosów na jednostce powierzchni, contribution, share of ears number per area unit

**WZ_w, UZ wkład, udział liczby ziaren w klosie, contribution, share of grain number in the ear

**WD_w, UD wkład, udział masy 1000 ziaren, contribution, share of 1000 kernels weigh

Największy udział w różnicach plonów pomiędzy formami pszenicy miała, w większości lat badań masa 1000 ziaren MTZ. W roku 1992 dodatni wkład MTZ równoważył z nadmiarem ujemny wkład liczby kłosów i liczby ziaren w kłosie i dzięki znacznie większej masie 1000 ziaren plon pszenicy ozimej był większy, niż jarej. W 1996 r nie sprzyjającym uprawie pszenicy ozimej (zwłaszcza w Grabowie) dodatni wkład MTZ nie był w stanie zrównoważyć ujemnego wkładu pozostałych elementów struktury plonu i plon pszenicy ozimej był o 24% mniejszy od plonu pszenicy jarej. Tylko w 3 na 10 lat badań o różnicy plonu na korzyść pszenicy ozimej przesądzała liczba ziaren w kłosie.

Tabela 7. Wkład i udział elementów struktury plonu w różnice plonów pomiędzy obiektem kontrolnym N_0 i najwyższym poziomem nawożenia N_5
Table 7. Contribution and share of yielding constituents in difference of yield between control treatment N_0 and the highest level of nitrogen N_5

Forma pszenicy, <i>Wheat form</i>	Różnica* plonu, <i>Yield difference</i>	Wkład elementów plonowania <i>Contribution of yield constituents</i>			Udział elementów plonowania <i>Share of yield constituents</i>		
		WO _w **	WZ _w **	WD _w **	UO**	UZ**	UD**
Ozima <i>Winter</i>	85,3	35,6	44,9	4,8	41,8	52,7	5,6
Jara <i>Spring</i>	86,4	44,2	40,4	1,9	51,1	46,7	2,2

* (plon w obiekcie N_5 – plon w obiekcie N_0)/plon w obiekcie N_0 *100, (*yield in treatment N_5 – yield in treatment N_0 /yield in treatment N_0 *100*)

** objaśnienia pod tabelą 6, *explanation as in table 6*

O różnicy plonu pomiędzy obiektem kontrolnym i najwyższym poziomem nawożenia, przesądzały u obydwu form pszenicy, w równym stopniu liczba kłosów i liczba ziaren w kłosie. Udział MTZ w tej różnicy plonów był nie znaczący.

Do równań regresji liniowej dla plonu ziarna, wyznaczonych metodą krokową dla każdej formy pszenicy, jako zmienne objaśniające weszły wszystkie elementy struktury plonu. Równania regresji miały następującą postać:

pszenica ozima: plon ziarna = $-10,518 + 0,137 \cdot \text{MTZ} + 0,010 \cdot \text{l-ba.kłosów} + 0,184 \cdot \text{l-ba.ziaren}$, $R^2 = 0,89$

pszenica jara : plon ziarna = $-8,738 + 0,162 \cdot \text{MTZ} + 0,008 \cdot \text{l-ba.kłosów} + 0,131 \cdot \text{l-ba.ziaren}$, $R^2 = 0,84$

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy tymi elementami okazały się nieistotne, a więc plon ziarna wrasta liniowo w miarę wzrostu wartości każdego z elementów jego struktury. Przy takim rodzaju zależności nie można oczywiście wyznaczyć optymalnej, z uwagi na wielkość plonu, wartości poszczególnych

elementów jego struktury i posłużono się w tym celu analizą skupień, metodą Warda. Jako zmienne do tej analizy wprowadzono plon ziarna i elementy jego struktury, liczbę kłosów na jednostce powierzchni, liczbę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren. Na podstawie wykresu odległości krytycznych między skupieniami wydzielono po cztery skupienia dla każdej formy pszenicy. Liczebność obiektów w skupieniach i centralne wartości włączonych do analizy cech plonów podano w tabeli 8.

Tabela 8. Względna liczebność obiektów i centralne wartości zmiennych w skupieniach

Table 8. Percent of members and centroids for yield constituents in clusters

Forma pszenicy <i>Wheat form</i>	Skupienie <i>Cluster</i>	Procent <i>Percent</i>	plon t*ha ⁻¹ <i>yield</i>	l-ba kłosów <i>No of ears</i>	l-ba ziaren <i>No of kernels</i>	MTZ, weight 1000 kernels
Ozima <i>Winter</i>	1	23,6	3,50	393	23,3	41,6
	2	29,6	6,27	484	32,3	41,6
	3	27,3	5,47	512	23,2	46,4
	4	19,5	7,31	597	26,9	47,4
Jara <i>Spring</i>	1	34,5	3,59	464	22,6	36,8
	2	22,4	5,59	509	27,4	40,9
	3	21,3	4,57	522	29,2	34,2
	4	21,8	2,47	385	18,9	35,4

Jak wynika z danych zamieszczonych w tej tabeli maksymalne plony pszenicy ozimej (skupienie 4) i jarej (skupienie 2) można uzyskać przy jednocześnie dużej obsadzie kłosów (około 600 kłosów*m⁻² dla pszenicy ozimej i około 500 dla pszenicy jarej), dużej liczbie ziaren w kłosie (około 27 ziaren w kłosie dla obydwu form pszenicy) i dużej MTZ (odpowiednio około 47 dla pszenicy ozimej i około 40 dla pszenicy jarej). Podobne wyniki można znaleźć w literaturze przedmiotu. Podolska (1999) podaje że duże plony pszenicy ozimej zapewnia obsada kłosów 500 - 650 szt/m², liczba ziaren w kłosie 30-33 i masa tysiąca ziaren 43-48 g.

W badaniach własnych na około 20% obiektów, w których uzyskiwano duże plony składały się lata sprzyjające plonowaniu pszenic (por. Rys. 1) oraz czwarty i piąty poziom nawożenia azotem (por. Tab. 1). W plonowaniu pszenicy ozimej mniejsza obsada kłosów (około 500 kłosów*m⁻²) może być jednak częściowo kompensowana bądź przez większą liczbę ziaren w kłosie (skupienie 2) bądź przez większą masę 1000 ziaren (skupienie 3). W plonowaniu pszenicy jarej

mniejsza masa 1000 ziaren może być natomiast częściowo kompensowana przez jednocześnie większą obsadę kłosów i większą liczbę ziaren w kłosie (skupienie 3). Jest to zgodne z wynikami wcześniejszych badań własnych [Fotyma M., Fotyma E. 1993, Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G. 1993].

WNIOSKI

1. Pszenica ozima plonuje o 30-40% wyżej od pszenicy jarej. Zmienność plonów formy ozimej jest w Zachodniej Polsce mniejsza, natomiast w Środkowej Polsce podobna do zmienności plonów formy jarej. W Środkowej Polsce pszenica może wymarzać.
2. przewadze plonowania pszenicy ozimej decyduje z reguły większa masa 1000 ziaren, a rzadziej większa liczba ziaren w kłosie.
3. Małe plony pszenicy jarej są związane z niekorzystnymi warunkami wodno termicznymi (małe wartości współczynnika Sielianiowa) w maju, a małe plony pszenicy ozimej z niekorzystnymi warunkami w czerwcu.
4. Nawożenie azotem wpływa bardzo korzystnie, niezależnie od przebiegu pogody, na wielkość i wierność plonów obydwu form pszenicy. Reakcja na nawożenie azotem pszenicy ozimej jest większa, niż pszenicy jarej.

PIŚMIENNICTWO

1. Boreczek B., 2000: Bilans siarki w zmianowaniu czteropolowym. Nawozy i Nawożenie 4: 173-184.
2. Fotyma M., Fotyma E., 1993: Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. Fragmenta Agronomica 4(40): 101-102.
3. Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G., 1993: Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. Fragmenta Agronomica 4(40): 103-104.
4. Fotyma E., 1999: Pobranie i wykorzystanie azotu przez pszenicę ozimą i jarą. Pamiętnik Puławski 118 : 143-152.
5. Fotyma E., Fotyma M., 2003: Kalibracja testu SPAD dla pszenicy ozimej. Nawozy i Nawożenie 2: 14-32.
6. Fotyma E. Fotyma M. 2003: Przydatność testu SPAD do określenia stanu odżywienia azotem pszenicy jarej. Nawozy i Nawożenie 2: 45-60.
7. Górski T., Krasowicz S., Kuś J., 1999: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w plonowaniu zbóż. Pamiętnik Puławski. 114: 127-142.
8. Grabiński J., 2002: Porównanie plonowania zbóż jarych i ozimych. Pamiętnik Puławski 130: 261-267.
9. GUS, 2002: Rocznik statystyczny województw. GUS, Warszawa.
10. Kuś J., Kamińska M., Mróz A., 1999: Plonowanie pszenicy ozimej na glebach o różnej przydatności rolniczej. Pamiętnik Puławski 118: 241-248.
11. Podolska G., 1999: Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny. Rozprawa habilitacyjna. Pamiętnik Puławski 116 : 1-113.

12. Praca zbiorowa 1989 – Potrzeby wodne roślin uprawnych, PWN Warszawa – rozdz.3 Potrzeby wodne roślin zbożowych.
13. Rudnicki,F., 2000: Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów pomiędzy obiektami doświadczalnymi. *Fragmenta Agronomica* 3(67):53-65.

E. Fotyma

PRODUCTIVITY OF WINTER VERSUS SPRING WHEAT GROWN IN DIFFERENT AGROECOLOGICAL CONDITIONS

Summary

Wheat is grown in Poland on the total area of about 2,6 mln ha including 0,6 mln ha of the spring form. Winter wheat yields by about 0,6 ton*ha⁻¹ higher in practical agriculture and by about 1,0 ton*ha⁻¹ higher in variety testing, than spring wheat. The dominance of the winter form depends on the soil quality (as better soil as higher difference on behalf of winter wheat) but seems to be independent of climatic conditions across the country. However there are few data on direct comparison of both forms grown on the neighbouring plots or fields in exactly the same agroecological conditions.

The aim of the investigations was to compare the productivity of winter and spring wheat grown in two regions, western and middle Poland in 10 years period and to explain the differences in terms of weather data and the components of the yield structure. In permanent field experiments both forms of wheat were grown in four-course rotation: winter wheat- maize - spring wheat- winter rape. The experiments were located in Exp. Sta. Baborówko (Western Poland) and Exp. Sta. Grabów (Middle Poland) on soils suitable for wheat, well supplied with nutrients and of optimal pH. The first factor in the experiment was form of wheat and the second the level of nitrogen fertilization (see Table 1).

In 10 years period winter wheat yielded by about 1,6 ton*ha⁻¹ higher and excluding the years 1996 and 1997 in Grabów, showed better yield stability than spring wheat. However in Exp. Sta. Grabów in 1996 due to low temperature in September and December winter wheat freezes out and was replaced by spring wheat and in 1997 due to the same reason it was severely damaged and yielded very low. The analysis of weather data, performed by cluster method showed that the decisive factor influencing negatively the yield of winter wheat was water deficit in June (values of Sielaninows's coefficient below 1) and for spring wheat the water deficit in May (see Table 4). Nitrogen efficiency was higher for winter than for spring wheat and yield differences between these two form of wheat increased with increasing level of nitrogen fertilization (see Fig. 2). More thoroughly analysis of nitrogen efficiency was presented in the separate paper [Fotyma E. 1999].

The variability of the yield components decreased in the order: number of kernels in the ear > number of ears per area unit > weight of 1000 kernels. The highest share in the yield differences between winter and spring wheat (in the experimental years) has weight of 1000 kernels, followed in few years only by the number of kernels in the ear (see Table 4). According to the cluster analysis (see Table 5) maximal yields were located in the cluster with the following centroid values: 600 ears*m⁻² for winter and 500 ears*m⁻² for spring wheat, 27 kernels in the ear for both forms, and the 1000 kernels weight of 47 and 40 g for winter and spring wheat respectively.

Prof. dr hab. Ewa Fotyma
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy

Praca wpłynęła do Redakcji w czerwcu 2003 r.

Do i od Redakcji

Uwagi do pracy: Kruczek A., 2003. Wykorzystanie analizy współczynników ścieżek i współczynników korelacji prostej w ocenie wpływu elementów struktury plonu na plon ziarna kukurydzy. *Fragmenta Agronomica* 1:4-17.

Do redaktora naczelnego FA

Po zapoznaniu się z w/w pracą chcę zwrócić uwagę na pewne pomyłki w zakresie terminologii statystycznej. Pod tabelami 2, 4, 5 i 6 oraz przy rysunku 1 zostały podane nieprawidłowe i mylące sformułowania o poziomie istotności, który ma być tu równy 0,95 lub 0,99. Ponieważ poziom istotności jest to prawdopodobieństwo popełnienia błędu polegającego na odrzuceniu hipotezy zerowej, która jest prawdziwa, wnioskowanie z tak dużym prawdopodobieństwem popełnienia błędu nie ma sensu. Pomyłono tu dwa ważne pojęcia występujące we wnioskowaniu statystycznym: poziom istotności testu α z poziomem ufności określonym dla przedziałów ufności i równym $1-\alpha$.

Zwykle przyjmuje się, że poziom istotności, oznaczany zwykle w książkach literą α jest równy 0,05 lub 0,01 (np. w książce A. Grużewskiej i L. Malickiego pt. „Podstawy doświadczalnictwa rolniczego”, wyd. Akademii Podlaskiej, 2002, str 51).

Ponadto symbol P jest używany do oznaczenia obliczonego na podstawie danych doświadczalnych prawdopodobieństwa $P(F \leq F^0)$ tzw. *P-value*.

Uważam, że takie pomyłki nie powinny się pojawiać w pracach. Pozwalam sobie przesłać te uwagi w trosce o wysoki poziom czasopisma.

Dr hab. Mirosława Wesolowska-Janczarek, prof. AR
Katedra Zastosowań Matematyki AR
Akademicka 13, 20-033 Lublin

Do redaktora naczelnego FA

Zgadzam się w pełni z uwagami przekazanymi przez prof. AR Mirosławę Wesolowską- Janczarek, dotyczącymi pojęć i oznaczeń poziomu istotności, ufności i prawdopodobieństwa testowania hipotez statystycznych.

Przyznaję, że przez nieuwagę pozostawiłam niepoprawny zapis w recenzowanej pracy A. Kruczka. Przepraszam za błąd w recenzji i proponuję zamieścić sprostowanie w następnym numerze *Fragmenta Agronomica*.

Recenzent pracy
Dr. Krystyna Filipiak
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG
Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

Apel
o nadsyłanie wspomnień o prof. dr hab., dr. h.c.
Bolesławie Świętochowskim
czł. rzeczywistym PAN

Współpracownicy naukowcy Bolesława Świętochowskiego (1895-1975) – znakomitości w zakresie kształcenia kadr akademickich z dziedziny rolnictwa; o bogatej twórczości badawczej; o podziwu godnym zaangażowaniu organizacyjnym na rzecz szkolnictwa wyższego oraz Polskiej Akademii nauk, wreszcie działalności społecznej – podejmują opracowanie dzieła Jego życia.

Bieg historii i jej tragizm wpisał się nieomal w cały biogram Profesora. Tylko dwudziestolecie 1918-1939, przerwane epizodem nawalem bolszewickiej, w której aktywnie uczestniczył, zezwoliło Mu w pełni skoncentrować się na nauce. W Zakładzie Doświadczalnym Uprawy Torfowisk pod Sarnami ukazał talent organizacyjny i twórczy wysokiego formatu; a na lat parę przed kampanią wrześniową 1939 roku, po przeniesieniu do Dublan na kierownictwo jednej z katedr, potwierdził te walory. Działalność swą wznawia, już w pełniejszym wymiarze, na gruzach Wrocławia – dopiero po 1945 roku.

A oto węzłowa twórczość badawcza w hasłowym ujęciu:

w oparciu o wiodące testy z dziedziny – hydrologii, dynamiki biochemicznych związków oraz procesów destrukcyjnych – usprawnił pomelioracyjny tryb zagospodarowania torfowisk niskich. Wykorzystując kryteria: biologiczno – techniczno – ekonomiczne, usystematyzował roczny cykl uprawy roli, stając się w tym zakresie inicjatorem polskiej szkoły. Wykorzystując rozpoznane biologii chwastów, opracował skuteczny sposób ich zwalczania kompleksem mechaniczno – biologiczno – chemicznym. Wieloletnie, zespołowe studia zezwoliły Mu na sformułowanie „Polskiego Systemu Plodozmianowego”. Na I Kongresie Nauki Polskiej prezentował referat ukazujący wielowątkowy program – uproduktowania lżejszych utworów glebowych, w które obfituje nasz kraj. Czołowe kierunki zainteresowań w pełniejszym rozwinięciu doczekały się popularyzacji poprzez wielokrotne wznawianie akademickiego podręcznika: *Ogólna Uprawa Roli i Roślin*. Na nim wychowały się dziesiątki pokoleń absolwentów i niezliczone rzesze praktyków rolnictwa.

Bolesław Świętochowski jest uznany za prekursora wyżej wspomnianej dyscypliny w okresie przedwojennym u nas nieistniejącej. Niestety, ten wybitny uczony nie doczekał się rzeczywistej niezawisłości narodowej, odchodząc z naszego grona w 1975 roku przeżywszy 80 lat.

By nie zatrzeć w pamięci tak bogatego życia, tej wybitnej postaci – Jego uczniowie: prof. Maria Radomska oraz prof. Zdzisław Gonet, wyrazili akces opracowania życiorysu Bolesława Świętochowskiego.

Aby w pełni nakreślić Jego dokonania, zwracamy się do wychowanków Profesora oraz wszystkich, którzy mieli bliższy z Nim kontakt, z uprzejmą prośbą o

nadesłanie, w trybie pilnym, wspomnień (ujęcie syntetyczne) na 1 z trzech adresów:

- 1) **Głos Uczelni** – Biuro Informacji i Promocji Uczelni AR Wrocław
ul. Norwida 25/27 50-375 Wrocław email: mwj@ozi.ar.wroc.pl
- 2) **Prof. Maria Radomska** – skr. poczt. 155 (UR) 35-959 Rzeszów
email: rademiam@atene
- 3) **Prof. Zdzisław Gonet** – ul. Głęboka 7b m 6 24-100 Puławy

Witold Niewiadomski
czł. rzeczywisty PAN



European Society for Agronomy

www.esagr.org

esa@esagr.org

The European Society for Agronomy ESA was launched in 1990. Its main objectives are:

- to promote the science of agronomy;
- to link those interested in agronomic research and development within Europe;
- to promote a European journal for agronomy and a newsletter;
- to encourage continuous training opportunities in agronomy for scientists and technicians, to cooperate with organisations with similar aims in other fields of science.

The ESA is for agronomists, researchers and teachers who are concerned with basic and applied science in agronomy : the relationships between crops, soils, climates and agricultural practices, and between agriculture and the environment. It is a forum for scientists and users of research results to exchange information and experience and for developing collaborative programmes.

ESA is structured in 7 divisions:

1. Crop physiology, production and management
2. Agroclimatology and agronomic modelling
3. Plant-soil relationships
4. Crop quality and post-harvest physiology
5. Cropping systems and farming systems
6. Agriculture-environment relationships
7. Seed science

ESA has national representatives in 20 European countries, and strong and friendly relationships with the American Society of Agronomy (ASA).

Every two years, ESA organises a scientific congress. The next will be held in Copenhagen, Denmark, 2004, followed by Warsaw, Poland, 2006.

Conferences and workshops on specific subjects are co-organized by ESA, which also supports scientific networks, such as the "crop modelling network".

The ESA Newsletter, published twice a year, conveys information within the Society.



The ESA web site (www.esagr.org) has been completely restructured. It offers new services to ESA members and ESA officials



The European Journal of Agronomy is the official journal of the ESA (www.elsevier.com/locate/eja)



To join the European Society for Agronomy, please look at ESA web site (under join ESA) or contact ESA secretary (esa@esagr.org)

The European Society for Agronomy will welcome you as new member!

Z życia ESA

Wszystkich zainteresowanych zapraszam do odwiedzenia nowej witryny na stronach internetowych *European Society for Agronomy* pod adresem <http://www.esagr.org>. Została ona ostatnio radykalnie zmieniona w celu umożliwienia członkom ESA lepszego kontaktu i ściślejszej współpracy naukowej. Strony te stanowią źródło informacji, a poprzez swą interaktywną konstrukcję umożliwiają aktywne uczestnictwo w działalności Towarzystwa wszystkim członkom ESA, zwiększają dostępność i umożliwiają prezentację wyników badań naukowych oraz ułatwiają komunikację pomiędzy członkami ESA i innymi Towarzystwami.

Dostęp do stron: „*divisions*”, „*newsletter*”, „*members*” mają wyłącznie członkowie ESA, a strona „*admin*” jest dostępna wyłącznie dla ESA *Officials*. Treść zastrzeżonych stron internetowych może być wypełniana przez tych członków ESA, którzy mają opłacone aktualne składki członkowskie. Otwieranie tych stron odbywa się na podstawie aktualnego *ID* i *Password*, przydzielanych zarejestrowanym członkom ESA, którzy udostępnili swój adres e-mail. Podstawowe moduły interaktywne to: „*events*”, „*references*”, „*posters*”, „*jobs*”.

Adresy e-mail mają bardzo istotne znaczenie zarówno w administrowaniu Towarzystwem, jak i utrzymywaniu bezpośredniego kontaktu z członkami oraz wykonywaniu różnych usług. Od tego roku ESA Newsletter będzie rozsyłany wyłącznie pocztą elektroniczną oraz udostępniany na stronach internetowych ESA przeznaczonych tylko dla posiadaczy ważnego *ID* oraz *password*. *ID* i *password* służą również członkom ESA do przedstawienia swojego personalnego profilu, który zawiera dane osobiste, słowa kluczowe charakteryzujące zainteresowania naukowe oraz zgodę na otrzymywanie za pomocą poczty elektronicznej informacji o nowościach wprowadzanych na stronach internetowych.

Członkowie ESA, którzy nie udostępnili jeszcze swych adresów proszeni są o informację do Sekretariatu: csa@csagr.org.

W dniach 11-15 lipca 2004 w Kopenhadze odbędzie się VIII Kongres ESA. Będzie trwał w sumie 5 dni, włączając pierwszy dzień plenarny, po którym odbywać się będą równoległe sesje w siedmiu *ESA divisions*. Obecnie *division chairs* pracują nad ustaleniem programów swoich sesji i nawiązaniem kontaktów z potencjalnymi referentami. Oczekuje się, że osobne sesje zorganizowane w grupach problemowych zgodnych z podziałem ESA na poszczególne *divisions* umożliwią ich jasną identyfikację i pozwolą na zaplanowanie określonych działań w najbliższej przyszłości.

Tematyka części plenarnej kongresu obejmować będzie zagadnienia rolnictwa Europy w ujęciu globalnym, pozycji rolnika jako kuratora natury, rozwoju wielofunkcyjnego rolnictwa w Europie i jakości produktu rolniczego w Europie. Zaplanowano również pokonferencyjną wycieczkę na wyspy Południowej Danii, a *Copenhagen City Council* zaproponował przyjąć gości kongresowych na uroczystej kolacji.

Obecnie za pośrednictwem stron internetowych ESA można dokonać bezpośredniej rejestracji oraz zadeklarować ilość abstraktów i posterów. Uprzejmie proszę na bieżąco kontrolować i uzupełniać potrzebne informacje.

Zachęcam wszystkich zainteresowanych do uczestnictwa w wielkim spotkaniu pracowników nauk rolniczych Europy. Organizatorzy spodziewają się prezentacji wielu posterów i abstraktów oraz, jak zwykle członkowie ESA będą mieli możliwość rozwinięcia swoich prac w formę artykułów, które zostaną opublikowane w *European Journal for Agriculture*.

Informację przygotowała:
Dr Alicja Pecio

Prof. dr hab. Mariusz Fotyma
Przedstawiciel Polski w ESA