

1878 [Schmidt i in. 2000] i w Grossenzersdorf w Austrii – od roku 1906 [Graenitz, Bauer 2000], a w Polsce w Skierniewicach od roku 1923 [Mercik i in. 1999]. Żyto, będąc gatunkiem o małych wymaganiach środowiskowych, jest uważane za roślinę reagującą w mniejszym stopniu niż inne gatunki na rodzaj przedplonu. Rezultaty badań wielu autorów wskazują jednak na to, że względnie wysokie plony żyta ozimego można uzyskać tylko w prawidłowych płodozmianach przy zachowaniu odpowiedniej agrotechniki, natomiast w płodozmianach uproszczonych następuje zmniejszenie plonu [Schönhammer, Fischbeck 1987; Panse i in. 1994; Urbanowski i in. 1994; Gandecki i in. 1997; Blecharczyk 1999; Deryło, Szymankiewicz 1999]. Średnia niżka plonu żyta ozimego uprawianego w monokulturze, wyliczona na podstawie syntezy polskich doświadczeń z lat 1957–1991, wyniosła 16,2%, a ujemna reakcja żyta na przedplon zwiększała się w miarę pogarszania warunków glebowych [Zawiślak, Sadowski 1992]. Uzyskane wyniki doświadczeń wieloletnich wskazują na ogół na korzystniejsze działanie nawozów mineralnych niż obornika w kształtowaniu plonów roślin, pomimo dodatniego wpływu obornika na właściwości gleby [Kuszelewski, Łabętowicz 1992; Suwara, Gawrońska-Kulesza 1994; Johnston 1997].

Celem podjętych badań była ocena wpływu wieloletniego nawożenia na plonowanie i skład chemiczny żyta ozimego uprawianego w płodozmianie i monokulturze ciągłej.

METODY

Badania przeprowadzono w latach 2000–2002 na statycznym doświadczeniu płodozmianowo-nawozowym, prowadzonym od 1957 roku przez Katedrę Uprawy Roli i Roślin w Zakładzie Doświadczalnym Brody, należącym do Akademii Rolniczej w Poznaniu. Doświadczenie zostało zlokalizowane na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasków gliniastych lekkich i mocnych, klasy bonitacyjnej IIIb–IVa. Żyto ozime odmiany Dankowskie Złote uprawiano w 7-półowym płodozmianie (ziemniaki, jęczmień jary, lucerna, lucerna, rzepak jary, pszenica ozima, żyto ozime) oraz w 43–45 letniej monokulturze ciągłej. Uwzględniono cztery warianty nawozowe: kontrola bez nawożenia, obornik, obornik+NPK, NPK. Nawożenie stosowano corocznie pod wszystkie rośliny w dawkach na 1 ha: N – 90 kg, P – 26 kg, K – 100 kg, obornik – 30 t.

W okresie wegetacji żyta ozimego stosowano jesienią do zwalczania chwastów preparat Huzar 05 WG w dawce 180 g ha⁻¹ oraz wiosną w fazie GS 32 przeciwko chorobom grzybowym fungicyd Alert 375 SC w dawce 1,0 l ha⁻¹ i Cycogan 460 SL w dawce 3,0 l ha⁻¹ celem zapobiegania wyleganiu.

W fazie strzelania w źdźbło (GS 31) żyta ozimego pobrano próby roślin z każdego poletka (2 odcinki po 0,5 metra) do oznaczenia biomasy nadziemnej oraz zawartości i pobrania składników pokarmowych. Po zbiorze żyta określono plon ziarna i elementy składowe plonu oraz plon słomy. Zawartość N, P i K w biomase roślinnej w okresie wegetacji oraz w ziarnie i słomie żyta ozimego określono, opierając się na metodzie spektroskopii bliskiej podczerwieni (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) na aparacie monochromatycznym InfraAlyzer 500 (Bran + Luebbe). Do oceny zaopatrzenia roślin w azot w fazie GS 31 wyliczono wskaźnik odżywienia azotem (NNI – nitrogen nutrition indeks) w oparciu o wartości krytyczne wyliczone z równania regresji wg Greenwooda i in. 1990. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji w układzie split-plot. Istotność różnic oceniono testem t-Fishera na poziomie ufności 0,05.

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie od kwietnia do lipca
Table 1. Weather conditions from April to July

Miesiąc Month	Rok Year			Średnio Mean 1959-1999
	2000	2001	2002	
Temperatura Temperature °C				
III	4,5	2,6	5,0	2,7
IV	11,6	8,1	8,8	7,5
V	15,8	14,8	16,7	12,8
VI	18,0	15,3	18,2	16,2
VII	16,3	20,3	20,4	17,7
Średnio Mean	13,2	12,2	13,8	11,4
Opady Precipitation mm				
III	113,4	70,8	58,1	34,8
IV	15,8	37,3	33,2	38,9
V	39,4	34,7	48,9	54,6
VI	44,1	75,6	52,6	65,0
VII	94,2	53,4	40,6	77,1
Suma Sum	306,9	271,8	233,4	270,4

Warunki pogodowe w czasie prowadzenia badań przedstawiono w tabeli 1. Analizowane okresy wegetacyjne charakteryzowały się w każdym roku wyższą temperaturą powietrza niż w wieloleciu 1959–1999. Najmniej korzystny był rok 2002, w którym przy najwyższych temperaturach w okresie badawczym odnotowano jednocześnie najmniejszą sumę opadów. W latach 2000 i 2001 sumy opadów nie odbiegały od średniej z wielolecia, jednak charakteryzowały się one nierównomiernym rozkładem w poszczególnych miesiącach.

WYNIKI

Wieloletnie oddziaływanie trwałego systemu następstwa roślin i nawożenia wywarło istotny wpływ na poziom plonowania żyta ozimego (tab. 2). Uprawa żyta ozimego w 43–45 letniej monokulturze przyczyniła się do obniżenia plonu ziarna o 18,0% w porównaniu z płodozmianem. Średni plon ziarna żyta ozimego uprawianego w płodozmianie wynosił $5,50 \text{ t ha}^{-1}$, natomiast w monokulturze kształtował się na poziomie $4,51 \text{ t ha}^{-1}$. Skala ujemnej reakcji żyta ozimego na uprawę w monokulturze wahała się od 12,5 % w roku 2001 do 24,2% w roku 2002. Negatywny wpływ ciągłej uprawy po sobie na plonowanie żyta ozimego znajduje potwierdzenie w rezultatach innych badań [Schönhammer, Fischbeck 1987; Panse i in. 1994; Urbanowski i in. 1994; Gandecki i in. 1997; Deryło, Szymankiewicz 1999]. W syntezie polskich doświadczeń, opracowanej za lata 1957–1991, Zawislak i Sadowski [1992] podają, że średnie zmniejszenie plonu żyta ozimego uprawianego w monokulturze wynosiło 16,2% w porównaniu z płodozmianem.

Tabela 2. Wpływ następstwa roślin i nawożenia na plon ziarna żyta ozimego (t ha^{-1})
Table 2. Effect of cropping system and fertilization on the yield of winter rye (t ha^{-1})

Obiekt Treatment	Rok Year			Średnio Mean
	2000	2001	2002	
Następstwo roślin Cropping system				
Płodozmian Crop rotation	5,93	5,42	5,16	5,50
Monokultura Monoculture	4,88	4,74	3,91	4,51
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,44	0,39	0,34	0,26
Nawożenie Fertilization				
Kontrola Control	3,29	2,74	2,36	2,79
Obornik FYM	5,60	5,69	5,03	5,44
Obornik FYM+NPK	6,35	6,15	5,89	6,13
NPK	6,37	5,74	4,86	5,66
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,41	0,37	0,47	0,30

Niezależnie od systemu następstwa roślin największy plon żyta ozimego, wynoszący $6,13 \text{ t ha}^{-1}$, uzyskano po łącznym nawożeniu obornikiem z NPK. Coroczne nawożenie samym obornikiem zmniejszyło plon ziarna żyta ozimego w stosunku do nawożenia obornikiem z NPK o 11,3%; nieznacznie mniejszą zniżkę plonu ziarna (o 7,7%) odnotowano po nawożeniu wyłącznie mineralnym NPK. Najmniejsze plony żyta ozimego stwierdzono na obiekcie kontrolnym bez nawożenia ($2,79 \text{ t ha}^{-1}$). Wyniki doświadczeń wieloletnich wskazują na to, że na ogół większe plony uzyskuje się po nawożeniu mineralnym aniżeli obornikiem [Kuszelewski, Łąbetowicz 1992; Suwara, Gawrońska-Kulesza 1994; Johnston

1997], jednak dla uzyskania wysokich i stabilnych plonów celowe wydaje się łączne stosowanie nawożenia mineralnego i organicznego, zwłaszcza w warunkach częstej uprawy roślin po sobie.

Tabela 3. Elementy struktury plonu żyta ozimego
Table 3. Yield components of winter rye

Obiekt Treatment	Liczba kłosów/m ² Number of ears/m ²	Liczba ziaren w kłosie Number of kernel/ear	Masa 1000 ziarn Weight of 1000 grain g	Masa ziarn z kłosa Grain weight per ear g
Następstwo roślin Cropping systems				
Płodozmian Crop rotation	480	34,2	34,7	1,15
Monokultura Monoculture	422	32,1	32,4	1,04
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	23	1,5	1,0	0,05
Nawożenie Fertilization				
Kontrola Control	344	24,8	30,9	0,81
Obornik FYM	445	36,8	34,8	1,22
Obornik FYM+NPK	539	35,8	33,3	1,16
NPK	475	35,2	35,2	1,19
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	22	1,6	1,0	0,05

Wieloletnia monokultura żyta ozimego spowodowała istotne pogorszenie wszystkich elementów struktury plonu w porównaniu z płodozmianem (tab. 3). W większym stopniu nastąpiło obniżenie liczby kłosów (o 12,1%) oraz masy ziaren w kłosie (o 9,6%), w mniejszym stopniu masy 1000 ziaren (o 6,6%) i liczby ziaren w kłosie (o 6,1%). Wyniki te są zbieżne z rezultatami prac innych autorów [Schönhammer, Fischbeck 1987; Zawiślak i in. 1990]. Największą obsadę kłosów żyta ozimego odnotowano po łącznym nawożeniu obornikiem z NPK (539 szt. m⁻²). Na obiektach nawożonych samym obornikiem lub mineralnie (NPK) liczba kłosów była mniejsza, wynosząc odpowiednio 445 i 475 szt. m⁻². Łączne nawożenie obornikiem z NPK obniżyło natomiast w porównaniu z wyłącznym nawożeniem obornikiem lub NPK inne parametry, jak masę 1000 ziaren i masę ziaren z kłosa. Najniższe wartości elementów struktury plonu notowano na obiektach kontrolnych pozostających bez nawożenia.

Następstwo roślin oraz nawożenie istotnie różnicowały wielkość wytworzonej biomasy nadziemnej w fazie strzelania w źdźbło żyta ozimego (tab. 4). W monokulturze wytworzona biomasa roślin była o 26,9% mniejsza w porównaniu z płodozmianem. Nie odnotowano natomiast istotnego zróżnicowania pomiędzy płodozmianem a monokulturą w ocenie koncentracji w biomacie nadziemnej składników mineralnych N, P i K. W ocenianej fazie rozwojowej żyta ozimego większą zawartość azotu, fosforu i potasu w roślinach zanotowano po

Tabela 4. Biomasa nadziemna, zawartość oraz pobranie N, P, K w fazie rozwojowej żyta ozimego GS 31
Table 4. Above-ground biomass, content and uptake N, P and K at growth stage GS 31 of winter rye

Obiekt Treatment	Sucha masa Dry matter t ha ⁻¹	Zawartość makroelementów Content of macroelements %			Pobranie Uptake kg ha ⁻¹			NNI*
		N	P	K	N	P	K	
Następstwo roślin Cropping system								
Plodozmian Crop rotation	2,12	3,03	0,49	3,05	64,2	10,4	64,7	0,79
Monokultura Monoculture	1,55	2,86	0,48	2,83	44,3	7,4	43,9	0,64
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,21	ni*	ni	ni	4,9	1,4	5,7	0,06
Nawożenie Fertilization								
Kontrola Control	1,10	1,95	0,39	2,17	21,5	4,3	23,9	0,36
Obornik FYM	1,67	2,28	0,45	2,72	38,1	7,5	45,4	0,52
Obornik FYM+NPK	2,61	3,82	0,57	3,56	99,7	14,9	92,9	1,09
NPK	1,95	3,72	0,54	3,30	72,5	10,5	64,4	0,91
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,26	0,44	0,06	0,39	14,9	2,6	12,5	0,12

NNI* Wskaźnik odżywienia azotem Nitrogen nutrition index

ni* nie istotne ns not significant

Tabela 5. Zawartość i pobranie N, P, K w ziarnie i słomie żyta ozimego
Table 5. Content and uptake of N, P and K in grain and straw of winter rye

Obiekty Treatments	Plon Yield s.m. DM t ha ⁻¹	Zawartość makroelementów Content of macroelements %			Pobranie Uptake kg ha ⁻¹		
		N	P	K	N	P	K
Ziarno Grain							
Następstwo Cropping							
Plodozmian Crop rotation	4,68	1,83	0,36	0,44	85,6	16,8	20,6
Monokultura Monoculture	3,83	1,75	0,36	0,44	67,0	13,8	16,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,22	ni*	ni	ni	5,7	1,3	1,9
Nawożenie Fertilization							
Kontrola Control	2,37	1,64	0,34	0,42	38,9	8,1	10,0
Obornik FYM	4,62	1,80	0,37	0,45	83,2	17,1	20,8
Obornik FYM+NPK	5,21	1,96	0,37	0,46	102,1	19,3	24,0
NPK	4,81	1,76	0,35	0,44	84,7	16,8	21,2
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,25	0,12	0,02	0,03	10,9	1,7	2,5
Słoma Straw							
Następstwo Cropping							
Plodozmian Crop rotation	5,56	0,66	0,13	1,04	36,7	7,2	57,8
Monokultura Monoculture	4,47	0,65	0,12	0,93	29,1	5,4	41,6
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,36	ni	ni	ni	3,1	0,6	3,8
Nawożenie Fertilization							
Kontrola Control	2,62	0,59	0,11	0,76	15,4	2,9	19,9
Obornik FYM	5,45	0,65	0,12	0,97	35,4	6,5	52,9
Obornik FYM+NPK	6,42	0,78	0,15	1,30	50,1	9,6	83,5
NPK	5,57	0,61	0,12	0,90	34,0	6,7	50,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,51	0,07	0,02	0,12	8,3	1,3	10,7

ni* nie istotne ns not significant

nawożeniu mineralnym NPK i mineralnym z obornikiem niż po nawożeniu samym obornikiem. Największą biomasa nadziemną oraz pobraniem N, P i K charakteryzował się obiekt nawożony łącznie obornikiem z NPK. Dodatkowo określono indeks odżywienia azotem (NNI), będący stosunkiem rzeczywistej zawartości azotu do zawartości krytycznej, wyliczonej z równania regresji podanego przez Greenwooda i in. [1990]. Wartość indeksu równa 1 świadczy o optymalnym stopniu odżywienia roślin azotem. Wyliczony indeks stanu odżywienia azotem (NNI) dla fazy GS 31 wskazuje na niedostateczne odżywienie roślin żyta ozimego azotem na obiekcie bez nawożenia oraz po nawożeniu samym obornikiem. Po nawożeniu wyłącznie mineralnym indeks NNI był nieco niższy od wartości optymalnych, natomiast po nawożeniu łącznym organiczno-mineralnym wartość indeksu NNI wskazywała na nadmierne (luksusowe) odżywienie roślin żyta ozimego azotem.

Zawartość oraz pobranie składników mineralnych N, P i K w ziarnie i słomie żyta ozimego przedstawiono w tabeli 5. Rodzaj następstwa roślin nie różnicował istotnie zawartości składników w ziarnie i słomie żyta ozimego. Jednak ze względu na różnice w poziomie plonowania pobranie składników mineralnych N, P i K z plonem ziarna w monokulturze było odpowiednio mniejsze o 22, 18 i 18%, a w odniesieniu do plonu słomy o 21, 25 i 28% w porównaniu z płodozmianem. Najwyższą koncentrację oraz pobranie składników mineralnych w ziarnie i słomie odnotowano po łącznym nawożeniu obornikiem z NPK.

WNIOSKI

1. Żyto ozime reagowało ujemnie na uprawę w wieloletniej monokulturze; średnia obniżka plonu ziarna w relacji do płodozmianu wyniosła 18%. Zmniejszenie plonu żyta ozimego w monokulturze wynikało z pogorszenia wszystkich parametrów struktury plonu.

2. Najkorzystniej na poziom plonowania żyta ozimego wpłynęło łączne nawożenie organiczno-mineralne. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania plonu ziarna żyta ozimego między nawożeniem samym obornikiem a wyłącznym nawożeniem mineralnym (NPK).

3. Nawożenie w większym stopniu niż następstwo różnicowało zawartość azotu, fosforu i potasu w roślinach w okresie wegetacji oraz w ziarnie i słomie. Największą koncentrację składników mineralnych w roślinach oraz ich pobranie odnotowano po łącznym nawożeniu organiczno-mineralnym.

PIŚMIENICTWO

- Blecharczyk A. 1999. Forty-years of fertilizing experiment in Brody with crops grown continuously and in crop rotation. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 261–272.
- Deryło S., Szymankiewicz K. 1999. Reakcja żyta ozimego na uprawę w płodozmianach i monokulturze na glebie lekkiej. *Pam. Puł.* 114, 57–62.
- Gandecki R., Kordas L., Parylak D., Sebzda J. 1997. Plonowanie żyta ozimego w różnych zmianowaniach specjalistycznych i monokulturze na glebie lekkiej. *Fragm. Agron.* 4, 50–56.
- Graenitz J., Bauer R. 2000. The effect of fertilization and crop rotation on biological activity in a 90-year long-term experiment. *Die Bodenkultur* 51, 2, 99–105.
- Greenwood D., Lemaire G., Gosse G., Cruz P., Draycott A., Neeteson J. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.* 66, 425–436.
- Johnston A. 1997. The value of long-term experiments in agricultural, ecological and environmental research. *Adv. Agron.* 59, 291–333.
- Kuszelewski L., Łabętowicz J. 1992. Wpływ nawożenia mineralnego o różnym zrównoważeniu składników pokarmowych i trwałego stosowania obornika na plony roślin w zmianowaniu. (Cz. I). *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 109, 3, 81–93.
- Mercik S., Stępień W., Łabętowicz J. 1999. Yields of plants and some chemical properties of soil in 75-years field experiments in Skierniewice. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 39–49.
- Panse A., Maidl F., Dennert J., Brunner H., Fischbeck G. 1994. Ertragsbildung von getreidereichen Fruchtfolgen und Getreidemonokulturen in einem extensiven Anbausystem. *J. Agron. Crop Sci.* 173, 160–171.
- Schmidt L., Warnstorff K., Dörfel H., Leinweber P., Lange H., Merbach W. 2000. The influence of fertilization and rotation on soil organic matter and plant yields in the long-term *Eternal Rye* trial in Halle (Saale), Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 6, 639–648.
- Schönhammer A., Fischbeck G. 1987. Untersuchungen an getreidereicheren Fruchtfolgen und Getreidemonokulturen. 1. Mitteilung: Die Differenzierung der Ertragsleistung und deren Struktur im Verlauf von 15 Versuchsjahren. *Bayer Landwirtsch. Jahrb.* 64, 2, 175–191.
- Suwara I., Gawrońska-Kulesza A. 1994. Wpływ wieloletniego nawożenia na właściwości gleby i plonowanie roślin. Cz. II. Plonowanie roślin. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 110, 3–4, 117–127.
- Urbanowski S., Rajs T., Rudnicki F. 1994. Wpływ ilości opadów na efekty uprawy roślin w wieloletnich monokulturach. Żyto ozime. *Zesz. Nauk. AT-R Bydgoszcz* 187, Rol. 35, 27–32.
- Zawiślak K., Adamiak J., Gawrońska A., Pudełko J., Blecharczyk A. 1990. Plonowanie podstawowych zbóż i kukurydzy w monokulturach. W: *Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż*. UAM Poznań, 197–222.
- Zawiślak K., Sadowski T. 1992. The tolerance of cereals to continuous cultivation. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agric.* 55, 137–147.