

## PRODUKCYJNA I EKOLOGICZNA OCENA RÓŻNYCH SPOSOBÓW APLIKACJI NAWOZÓW W UPRAWIE PSZENICY ZIMEJ

Helena Sztuder

*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu,*

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach*

**Streszczenie.** W ścisłych doświadczeniach polowych z pszenicą ozimą oceniano efektywność produkcyjną i oddziaływanie nawożenia na środowisko przy stosowaniu nawozów płynnych oraz stałych pojedynczych i wieloskładnikowych. Na obiektach, gdzie stosowano nawozy płynne uzyskano wyższe plony, stwierdzono także lepsze wykorzystanie składników pokarmowych w stosunku do obiektów, gdzie stosowano ekwiwalentne dawki nawozów stałych, zwłaszcza nawozów pojedynczych. Wyższe wykorzystanie azotu przez rośliny na obiektach, gdzie nawozy stosowano w formie płynnej wpłynęło w znacznym stopniu na obniżenie zawartości azotu mineralnego w glebie po zbiorze roślin.

**słowa kluczowe:** nawóz stały pojedynczy i wieloskładnikowy, nawóz płynny, plon ziarna pszenicy, pobranie, wykorzystanie, efektywność rolnicza

### Wstęp

Zrównoważony rozwój rolnictwa, będący współczesną formą rozwoju gospodarczego wymaga m. in. zrównoważonej gospodarki składnikami mineralnymi, polegającej na możliwości bilansowania ich rozchodu i przychodu z uwzględnieniem produkcyjnych, ekonomicznych i ekologicznych skutków nawożenia. Składniki mineralne takie jak: azot, fosfor i potas są zaliczane do najważniejszych czynników warunkujących produkcję roślinną, a jednocześnie mogą być potencjalnym źródłem zagrożenia dla środowiska (woda, gleba, powietrze). Dlatego jednym z podstawowych zadań zrównoważonego nawożenia jest zwiększenie efektywności wykorzystania składników nawozowych. Szacuje się, że może ono wzrosnąć o około 30% poprzez podwyższanie ich jakości uwzględniającej skład chemiczny, substancje balastowe, formę a także ulepszanie precyzji aplikacji nawozów stałych, ciekłych i zawieszinowych [Górecki 2002; Kamiński i in. 2001; Czuba 1998; Czuba 2000]. W nawożeniu powszechnie przyjętym sposobem jest stosowanie składników pokarmowych roślin w formie nawozów stałych. Od kilku lat coraz częściej wykorzystuje się również nawozy w postaci płynnej i to zarówno dolistnie (roztwór mocznika) jak i doglebowo (roztwór saletrzano-mocznikowy). Systemem nowym jest stosowanie wieloskładnikowych nawozów zawieszinowych typu NPK. Rozpowszechnione jest ich stosowanie w USA, na Węgrzech i w Czechach. W Polsce jak dotychczas zakres aplikacji tych nawo-

zów jest ograniczony do zasięgu działania jednej Stacji Nawozów Płynnych w Łągielniach Średzkich, obsługującej ok. 10000 ha. Wykorzystywanie nawozów zawieszinowych uznano za zabieg uzasadniony w kryteriach agrotechnicznych i ekologicznych. W rolnictwie zrównoważonym zwraca się coraz większą uwagę na możliwe zagrożenia ekologiczne ze strony składników nawozowych, a zwłaszcza azotu. Azot mineralny pochodzący z nawozów powinien być łatwo i szybko pobierany przez rośliny, pod które nawozy są przeznaczone i nie powinien ulegać przemieszczaniu poza układ gleba – roślina [Fotyma i in. 2000].

Celem przeprowadzonych badań była ocena agrotechniczna i ekologiczna wybranych form i sposobów aplikacji nawozów mineralnych stosowanych przedsięwzięcie i pogłównie w doświadczeniach polowych z pszenicą ozimą.

## Materiały i metodyka

Badania nad oceną wybranych form nawozów przedsięwzięcie i pogłównych oraz sposobów ich aplikacji przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG w Jelczu-Laskowicach. Doświadczenia z pszenicą ozimą przeprowadzono na polach kompleksu żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego. Odczyn i zawartość w glebie (warstwa 0–30 cm) przyswajalnych form makroelementów były następujące: pH w 1 mol  $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$  – 5,0–6,0; P – 40–70, K – 120–200, Mg – 50–70  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby. Wynika z tego, że doświadczenia prowadzono na glebie o odczynie kwaśnym i lekko kwaśnym, średniej zawartości fosforu i magnezu oraz średniej i wysokiej zawartości potasu. Doświadczenia ściśle polowe wykonano metodą losowanych bloków jako dwuczynnikowe z obiektem kontrolnym, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka wynosiła 480  $\text{m}^2$ . Uprawa gleby – tradycyjna (płużna). Dawki składników pokarmowych stosowanych na wszystkich obiektach nawozowych były zbilansowane i wynosiły ogółem w czystym składniku NPK 170  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Uprawa gleby: kultywator podorywkowy, orka (plug 3-skibowy), agregat uprawowy. Aplikacja nawozów: nawóz zawieszinowy rozlewano opryskiwaczem zawieszanym o pojemności 400  $\text{dm}^3$ , wyposażonym w pompę wirnikową i specjalne dysze rozlewowe o średnicy 5 mm, roztwór saletrzano-mocznikowy (RSM) i wodny roztwór mocznika aplikowano przy pomocy opryskiwacza polowego zawieszanego PILMET wyposażonego w odpowiednie dysze, a nawozy stałe (pojedyncze i wieloskładnikowe) wysiewano zawieszanym rozsiewaczem nawozów DS-M 1705 firmy KVERNELAND. Siew pszenicy ozimej: pneumatyczny siewnik firmy ACORD. Ocenę rolniczą wybranych sposobów aplikacji nawozów mineralnych stosowanych przedsięwzięcie i pogłównie przeprowadzono na podstawie trzyletnich ściśle doświadczeń polowych z pszenicą ozimą poprzez określenie wielkości plonu głównego, pobrania składników pokarmowych z plonem głównym roślin, efektywności rolniczej i wykorzystanie składników pokarmowych z nawozów przez rośliny. Dokonano także oceny stanu środowiska rolniczego poprzez określenie zawartości azotu mineralnego w glebie (suma  $\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3$ ) na obiektach z różnymi sposobami aplikacji nawozów mineralnych. Próbkę glebową pobierano w dwóch terminach (wiosennym i jesiennym), do głębokości 60 cm w profilu glebowym, z warstwy co 30 cm. Analizy na zawartość azotanowej i amonowej formy azotu wykonano w świeżym materiale, wyniki wyrażono w  $\text{kg N}_{\text{min}} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

## Wyniki i dyskusja

Stosowane sposoby aplikacji nawozów mineralnych różnicowały plon ziarna pszenicy ozimej (tabela 1). Plony ziarna pszenicy na obiektach, gdzie pogłównie nawozy azotowe stosowano w formie płynnej były wyraźnie wyższe w stosunku do plonów z pogłównymi nawozami stałymi, niezależnie od zastosowanej formy nawozów przedsięwziętych. Zwyżki plonu na tych obiektach były w kilku przypadkach istotne w świetle testu Tukeya i dochodziły do 8,0 dt·ha<sup>-1</sup> w odniesieniu do obiektów, gdzie azot zastosowano w formie stałej.

Tabela 1. Plon nasion, efektywność rolnicza, pobranie i wykorzystanie N, P i K

Table 1. Yield of seeds, agronomical efficiency, uptake and utilization N, P i K

Obiekt	Plon ziarna [dt·ha <sup>-1</sup> ]	Efektywność rolnicza kg nasion·kg <sup>-1</sup> NPK	Pobranie [kg·ha <sup>-1</sup> ]			Wykorzystanie [%]			
			N	P	K	N	P	K	
Kontrola	32,83	-	59,2	10,4	12,5	-	-	-	
I <sup>*)</sup>	1 <sup>**)</sup>	46,10 a <sup>***)</sup>	7,81	91,0	14,4	21,2	32	13	22
	2	48,92 abcd	9,46	94,4	15,9	22,5	35	18	25
	3	52,51 cde	11,58	101,5	16,9	24,3	42	22	30
II	1	48,60 abc	9,28	94,2	14,7	22,2	35	14	24
	2	50,86 cde	10,61	98,1	16,4	22,9	39	20	26
	3	52,55 cde	11,60	102,1	17,3	24,1	43	23	29
III	1	46,21 ab	7,87	90,6	15,4	22,4	31	17	25
	2	50,88 cde	10,62	99,0	17,2	24,2	40	23	29
	3	54,20 e	12,57	106,9	18,2	25,2	48	26	32

*Źródło: Obliczenia własne autora*

<sup>\*)</sup> przedsięwzięcie,

I stałe nawozy pojedyncze NPK,

II stały nawóz wieloskładnikowy NPK,

III nawóz zawieszony NPK,

<sup>\*\*)</sup> pogłównie,

01 azot (saletra amonowa),

02 azot (roztwór saletrano-mocznikowy - RSM),

03 azot (wodny roztwór mocznika),

<sup>\*\*\*)</sup> wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie w świetle testu Tukeya.

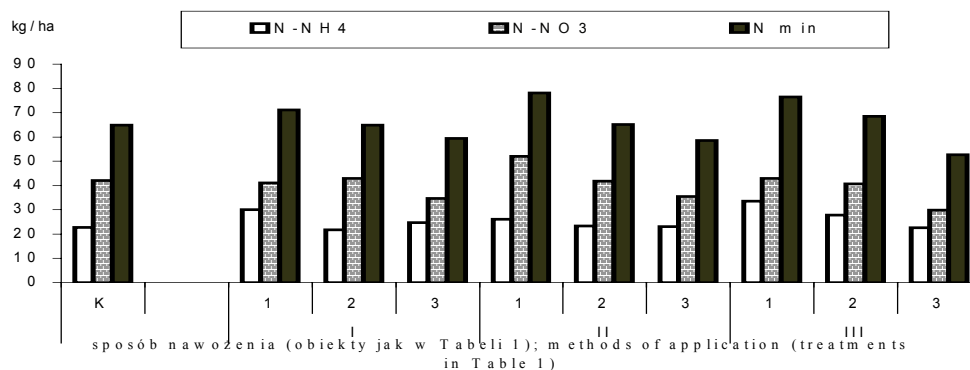
Nie stwierdzono istotnych różnic w plonach ziarna pszenicy ozimej pomiędzy obiektami z przedsięwzięciem stosowaniem stałych nawozów wieloskładnikowych i płynnych nawozów wieloskładnikowych (zawiesina), natomiast zaznaczyły się wyraźne tendencje zwyżkowe plonów ziarna na tych nawozach w stosunku do przedsięwziętych nawozów pojedynczych. Podobne efekty uzyskali Krzywy i inni [2001] w badaniach z przedsięwzięciem stosowaniem stałych nawozów pojedynczych i stałych nawozów wieloskładnikowych (m. in. POLIMAG 305 i POLIFOSKA 6), w których lepsze efekty plonotwórcze uzyskano po przedsięwzięciu zastosowaniu nawozów wieloskładnikowych. Jak wynika z dotychczasowych badań [Czuba 1998, 2000; Sztuder i in.1997] różnice pomiędzy plonami na korzyść nawozów płynnych (przedsięwzięty nawóz zawieszony i pogłówny RSM lub roztwór mocznika) związane są z wysoką równomiernością rozprowadzania nawozów płynnych (nie występuje zjawisko rozdzielania się składników) oraz lepszym dostosowaniem składu nawozu do potrzeb

pokarmowych roślin, a także lepszymi efektami plonotwórczymi w latach o mniejszej ilości opadów w okresie wegetacji. Wyniki uzyskane w doświadczeniach umożliwiły określenie efektywności rolniczej nawożenia przedsięwzięgo NPK zastosowanego w różnych formach (stałej i płynnej), wyrażonej w kg plonu użytkowego na 1 kg NPK zastosowanego w nawozie.

Efektywność rolnicza nawożenia NPK wahała się od 7,81 do 12,57 kg plonu na 1 kg NPK. Wyraźnie wyższą skuteczność nawożenia uzyskano na obiektach, gdzie stosowano pogłównie azot w formie mocznika. Nieco niższe wartości skuteczności nawożenia uzyskano po pogłównym stosowaniu azotu w formie RSM, a wyraźnie niższe wartości na obiektach, gdzie azot stosowano w formie stałej. Wielkość pobrania azotu, fosforu i potasu z plonem ziarna pszenicy była uwarunkowana ilością wytworzonego plonu i zawartością w nim składników nawozowych (N, P, K). Zgodnie z oczekiwaniem ziarno pszenicy pobrało najwięcej azotu, następnie potasu, a najmniej fosforu. Jak wynika z tabeli 1 pobranie azotu z nawozów płynnych (przedsięwzięcie nawóz zawieszinowy + pogłównie RSM lub wodny roztwór mocznika) przez plon ziarna pszenicy było wyraźnie wyższe niż pobranie tych składników z nawozów stałych, a zwłaszcza z nawozów stałych pojedynczych. Wzrost pobrania azotu przez plon ziarna pszenicy z nawozów płynnych dochodził do 17% w stosunku do nawozów stałych. Podobne zmiany stwierdzili autorzy w badaniach z innymi roślinami [Sztuder i in. 2006]. Wyraźne różnice pomiędzy pobraniem składnika z nawozów płynnych (zawieszina stosowana przedsięwzięcie), a pobraniem z nawozów stałych, zwłaszcza pojedynczych na korzyść tych pierwszych stwierdzono także w przypadku fosforu i potasu, które można tłumaczyć nierównomiernym rozsianiem nawozów pojedynczych, co potwierdzają teoretyczne rozważania Grzebisza i in. [1999] nad pobieraniem i wykorzystaniem składników pokarmowych z zastosowanych nawozów mineralnych. Z rozważań autorów wynika jednoznacznie, że równomierność rozmieszczenia nawozów stosowanych w uprawie roślin może wpływać na lepsze pobranie składników pokarmowych z plonem. Wykorzystanie wszystkich trzech składników pokarmowych z poszczególnych nawozów mierzone różnicą pomiędzy ilością tych składników dostarczoną w nawozach i ilością pobraną z plonem ziarna było zróżnicowane – najwyższe na obiektach z zawiesziną i roztworem mocznika, a najniższe na obiektach z nawozami stałymi (przedsięwzięcie nawozy pojedyncze, pogłównie saletra amonowa).

Niezależnie od formy azotu zastosowanego pogłównie wykorzystanie azotu, fosforu i potasu (N+P+K) z nawozów zmniejszało się w kierunku: nawóz zawieszinowy NPK > nawóz stały wieloskładnikowy NPK > nawozy pojedyncze N+P+K.

Najlepsze wykorzystanie wszystkich składników pokarmowych (N, P i K) przez pszenicę ozimą stwierdzono na obiekcie, gdzie stosowano wyłącznie nawozy płynne (przedsięwzięcie zawiesziny, pogłównie roztwór mocznika lub RSM). Wyższe wykorzystanie azotu przez rośliny na obiektach, gdzie nawozy azotowe stosowano w formie płynnej wpłynęło w znacznym stopniu na obniżenie zawartości azotu mineralnego w glebie po zbiorze roślin. Najmniej azotu w warstwie do 60 cm – 57 kg N·ha<sup>-1</sup>. Stwierdzono w wariancie z nawożeniem wodnym roztworem mocznika, podczas gdy po zastosowaniu azotu w formie stałej jego ilość wzrosła ponad 20% i wynosiła 75 kg N·ha<sup>-1</sup>. Większą zawartość azotu mineralnego znajdowała się w powierzchniowej warstwie gleby (0-30 cm). Dominującą formą w badanym profilu był azot azotanowy – jego udział w azocie mineralnym stanowił średnio 60%. Z przedstawionych danych wynika, że opisane wyżej relacje pomiędzy udziałem poszczególnych form azotu można uznać za właściwe, co potwierdzają badania innych autorów [Fotyma 2000], a stwierdzone ilości azotu mineralnego jesienią należy uznać za bezpieczne w kryteriach ochrony środowiska.



Rys. 1. Zawartość azotu w glebie po zbiorze roślin (średnia z 3 lat)  
 Fig. 1. The content of nitrates in autumn on the soil - 3 yrs average

## Wnioski

1. Stosowane sposoby aplikacji nawozów mineralnych istotnie różnicowały plon ziarna pszenicy ozimej. Efekty plonotwórcze na obiektach, gdzie pogłównie nawozy azotowe stosowano w formie płynnej były wyraźnie wyższe w porównaniu do ekwiwalentnych dawek nawozów stałych, niezależnie od zastosowanej formy nawozów przedsięwziętych.
2. Najwyższą efektywność nawożenia uzyskano na obiekcie, gdzie zastosowano przedsięwzięcie nawóz zawieszinowy NPK, a pogłównie azot w formie roztworu mocznika – wynosiła ona 12,57 kg ziarna na 1 kg NPK.
3. Pobranie składników nawozowych (N, P i K) z plonem ziarna pszenicy na obiektach, gdzie stosowano nawozy w formie płynnej było niejednokrotnie większe niż na obiektach z nawozami stałymi, co świadczy o lepszej przyswajalności składników z nawozów płynnych.
4. Wyraźnie lepsze wykorzystanie składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu przez pszenicę ozimą stwierdzono na obiekcie, gdzie stosowano wyłącznie nawozy płynne (przedsięwzięcie zawiesziny, pogłównie roztwór mocznika).
5. Zawartość azotu mineralnego w glebie po zbiorze roślin w warstwie do 60 cm wyraźnie zależała od zastosowanej pogłównie formy azotu – na obiektach z wodnym roztworem mocznika wynosiła średnio 57, a na obiektach z saletrą amonową 75 kg N·ha<sup>-1</sup>, niezależnie od stosowanych nawozów przedsięwziętych.

## Bibliografia

- Czuba R.** 1998. Współczesne technologie nawożenia mineralnego. *Wiś Jutra*, Warszawa. 12. s. 15-16.  
**Czuba R.** 2000. Nawozy zawieszinowe - nowoczesna generacja nawozów płynnych. *Wiś Jutra*. 11. s. 11-14.  
**Fotyma E.** 2000. Zasady nawożenia azotem z wykorzystaniem testów glebowych i roślinnych. *Nawozy i Nawożenie*. IUNG, Puławy. 3a. s. 17-37.

- Fotyma E., Pecio A.** 2000. Monitoring zawartości azotu mineralnego w glebach gruntów ornych Polski. Biuletyn Informacyjny IUNG. Puławy. 12. s. 18-25.
- Górecki H.** 2002 Wpływ nawozów i nawożenia na środowisko. Przemysł Chemiczny 81/10. s. 635-643.
- Grzebiez W., Gała Z.** 1999. Zmiany w technice nawożenia roślin uprawnych teoretyczne i możliwe rozwiązania praktyczne. Materiały VI Międzynarodowego Sympozjum. Ekologiczne Aspekty Mechanizacji Nawożenia, Ochrony Roślin, Uprawy Gleby i Zbioru Roślin Uprawnych. Warszawa. s. 59-68.
- Kamiński E., Roszkowski A.** 2001. Technika Rolnicza XXI wieku. Część VI. Nawożenie mineralne. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej. Warszawa. 10. s. 2-5 i 9.
- Krzywy E., Jakubowski W., Krzywy J.** 2001. Wpływ nawozów wieloskładnikowych i jednoskładnikowych na wysokość i niektóre cechy jakościowe plonów roślin. Cz. I. Wpływ nawozów wieloskładnikowych i jednoskładnikowych na wysokość plonów roślin oraz zawartość w nich azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu i siarki. Folia Univ. Agric. Stetin., 223, Agricultura (89). s. 99-106.
- Sztuder H., Świerczewska M.** 1997. Agrochemiczna i ekonomiczna ocena nawozów płynnych w badaniach rolniczych. Fragmenta Agronomica. PTNA. Rzeszów. 3. s. 159-165.
- Świerczewska M., Sztuder H.** 2006. Wskaźniki efektywności i wykorzystanie składników pokarmowych przy różnych sposobach aplikacji nawozów w uprawie kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 508. s. 181-186.

## PRODUCTION AND ECOLOGICAL EVALUATION AT DIFFERENT METHODS OF FERTILIZERS APPLICATION IN WINTER WHEAT CULTIVATION

**Summary.** Evaluation of the production effectivity and influence of fertilisation on the environment aspects of the application of liquid fertilizer, including suspension fertilizers (NPK type) produced by Liquid Fertilizer Station in Łagiewniki Średzkie, was conducted using strict experiments with winter wheat. At treatment of the crops with liquid fertilizer the higher yields were obtained. Better nutrient utilization and higher agronomical efficiency were also observed in comparison to plots where equivalent doses of solid fertilizers, especially single compound fertilizers were applied. Higher nitrogen utilization by plants from liquid fertilizers caused a decrease of mineral nitrogen concentration in the soil after harvest.

**Key words:** single and multicompoudt fertilizer, liquid fertilizer, yield of grain wheat, uptake, utilization, agronomical efficiency

**Adres do korespondencji:**

Helena Sztuder; e-mail: [hsztuder@wp.pl](mailto:hsztuder@wp.pl)

Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

ul. Orzechowa 61

50-540 Wrocław