

Warszawa 8.11.2016r.

prof. dr hab. Wiesław Szulc
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Katedra Nauk o Środowisku Glebowym
Zakład Chemii Rolniczej

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Narolskiego
pt.
„Efektywność plonotwórcza siarki i azotu w produkcji żyta jarego”
wykonana
w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie
Badawczym w Puławach
w Zakładzie Żywienia Roślin i Nawożenia

1. Ocena problematyki badawczej pracy

Siarka jest jednym z makroelementów niezbędnym w życiu roślin. Niezbędność ta wynika z tego, że pierwiastek ten utrzymuje w normie parametry fizjologiczne bezpośrednio wpływające na wzrost i rozwój roślin. Siarka odgrywa ważną rolę w metabolizmie roślin. Pierwiastek ten odgrywa kluczową rolę w wielu procesach komórkowych, wśród których wymienić można reakcje redoks czy detoksykację metali ciężkich. Siarka bierze także udział w procesach powstawania węglowodanów i tłuszczów, uczestniczy w procesie fotosyntezy, a także w syntezie chlorofilu. Siarka jest ważnym składnikiem wielu związków strukturalnych. Do najważniejszych połączeń organicznych tego pierwiastka zaliczyć można aminokwasy: cysteina i metionina, decydujące o zawartości i wartości biologicznej białka. Aminokwasy siarkowe odgrywają istotną rolę w tworzeniu struktury drugo- i trzeciorzędowej białek, która poprzez tworzenie mostków siarkowych umożliwia utrzymanie przestrzennej konformacji białka. Ocenia się, że ponad 90% całkowitej puli S zgromadzonej w roślinach występuje w postaci aminokwasów siarkowych. Poza aminokwasami siarka jest budulcem, białek, sulfolipidów, olejków gorczyczych i czosnkowych, układów redukcyjnych: glutationu i

ferrodoksyny oraz witamin. Siarka podnosi odporność roślin na stresowe warunki środowiska, pełniąc ważną rolę w systemie ich ochrony przed szkodnikami i chorobami.

Do niedawna siarka znajdowała się poza obszarem badań rolniczych. Spowodowane to było znacznym stopniem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Ilość siarki, jaka dostawała się do gleby z powietrza, wielokrotnie przewyższała potrzeby pokarmowe, stając się toksyczną dla wielu roślin. Silna emisja związków siarki do atmosfery była charakterystyczna dla lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Od tego czasu nastąpiła wyraźna redukcja emisji związków siarki odprowadzanych do atmosfery. Jak wynika z danych GUS, całkowita emisja SO_2 systematycznie obniża się. Z najnowszych danych wynika, że ilość wyemitowanego do atmosfery dwutlenku siarki uległa 80% redukcji w odniesieniu do rekordowego roku 1980, w którym emitowano ponad 4 mln ton. Obecnie emisja siarki kształtuje się na poziomie około 900 tys. ton rocznie. Średni opad siarki w Polsce nie przekracza $10 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$. W większości gleb Polski użytkowanych rolniczo ilość siarki siarczanowej nie przekracza $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. Ponad 70% powierzchni użytków rolnych charakteryzuje się zawartością siarki w granicach $5,0\text{--}20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Obecnie deficyt siarki systematycznie pogłębia się, a objawy niedoboru tego pierwiastka zaczęły pojawiać się już na roślinach zbożowych – czyli tej grupie roślin uprawnych, która charakteryzuje się najniższymi potrzebami pokarmowymi względem tego pierwiastka. Prawidłowe odżywienie roślin uprawnych tym pierwiastkiem decyduje nie tylko o wysokości uzyskiwanych plonów, lecz także o wartości odżywczej. W warunkach ujemnego bilansu siarki obserwuje się zmniejszenie wydajności fotosyntetycznej, syntezy węglowodanów i białek oraz znacznej redukcji plonu. O wielkości plonu roślin uprawnych decyduje również współdziałanie siarki i azotu. Efektywne wykorzystanie azotu przez rośliny jest możliwe tylko wtedy, gdy na każde $10\text{--}15 \text{ kg}$ azotu roślina będzie dysponowała co najmniej 1 kg siarki.

W tym kontekście problematyka rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Bartosza Narolskiego została trafnie dobrana.

Cel badań weryfikowano poprzez następującą hipotezę badawczą: *zastosowanie siarki w uprawie żyta jarego powoduje poprawę efektywności nawożenia azotem.*

Weryfikacja hipotezy została dokonana poprzez:

- oznaczenie podstawowych właściwości chemicznych gleb,
- określenie zmian wielkości plonu głównego w wyniku zastosowanego nawożenia,

- oznaczenie zmian składu chemicznego biomasy roślin z uwzględnieniem parametrów jakościowych,
- wyliczenie efektywności rolniczej i fizjologicznej nawożenia,
- oszacowanie wykorzystania N i S z nawozów.

2. Formalna analiza rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Bartosza Narolskiego została przedstawiona na 139 stronach tekstu, łącznie z bibliografią, która obejmuje 316 pozycji w tym 129 stanowią opracowania obcojęzyczne, głównie anglojęzyczne. Integralną część rozprawy stanowi 27 tabel oraz 40 rysunków, które ilustrują wyniki przeprowadzonych badań. Tytuł pracy jest czytelny, komunikatywny i adekwatny do treści dysertacji dotyczącej oceny efektywności nawożenia siarką i azotem w produkcji żyta jarego. Układ pracy został opracowany w sposób logiczny, a praca odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim. Treść rozprawy została szczegółowo podzielona na rozdziały i liczne podrozdziały wyodrębnione w spisie, co nadaje rozprawie dużą przejrzystość. Układ pracy jest zbliżony do klasycznego schematu. Zasadniczą treść opracowania przedstawiono w ośmiu następujących rozdziałach:

1. Wstęp, 2. Przegląd piśmiennictwa, 3. Hipoteza badawcza i cel pracy, 4. Materiał i metody, 5. Opis wyników badań, 6. Dyskusja, 7. Wnioski, 8 Spis literatury. Ponadto w pracy dołączono spis tabel, spis rysunków, załączniki oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

Poszczególne rozdziały ściśle się zazębiają i stanowią ciekawe kompendium wiedzy na temat wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem i siarką na plonowanie żyta jarego. Przedstawione w pracy zagadnienia zostały omówione w sposób logiczny i zrozumiały.

3. Merytoryczna analiza pracy

Doktorant przeprowadził badania w latach 2009-2011 w oparciu o doświadczenie polowe założone na terenie wsi Malice, gmina Werbkowice, w powiecie hrubieszowskim.

Doświadczenie polowe założono na glebie brunatnej dystroficznej typowej wytworzonej z gliny piaszczystej średnioziarnistej, zaliczanej do kompleksu żyniego dobrego. Gleba cechowała się odczynem lekko kwaśnym, wysoką zawartością węgla organicznego oraz niską zawartością przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. W glebie tej zawartość siarki siarczanowej wynosiła od 10 do 14 mgS-SO₄·kg⁻¹. Doświadczenie polowe prowadzono w układzie split-plot w czterech powtórzeniach.

Pod przedplon, którym był ziemniak zastosowano obornik bydlęcy w ilości 30 t·ha⁻¹.

Prezentowane doświadczenie polowe obejmowało 2 czynniki:

1. Nawożenie azotem w dawce: 0, 30, 60, 90 kg·ha⁻¹,
2. Nawożenie siarką w dawce: 0, 40 kg·ha⁻¹.

Azot stosowano w formie saletry amonowej (34% N). Dawkę azotu w ilości 30 kg·ha⁻¹ stosowano przedsiewnie, a dawkę w wysokości 60 kg N·ha⁻¹ podano w dwóch terminach (przed siewem i pogłównie w fazie strzelania w źdźbło - BBCH 30-31). Natomiast dawkę w wysokości 90 kg N·ha⁻¹ wnoszono w trzech terminach (przed siewem, pogłównie w fazie strzelania w źdźbło - BBCH 30-31 oraz pogłównie w fazie między połową a pełnią kłoszenia - BBCH 55-59), czyli zgodnie z zaleceniami nawozowymi. Siarkę w dawce 40 kg·ha⁻¹ wnoszono w dwóch terminach, przedsiewnie w dawce 30 kg S·ha⁻¹ w postaci kizerytu oraz w fazie między połową a pełnią kłoszenia (BBCH 55-59) w dawce 10 kg S·ha⁻¹ dolistnie w formie siedmiowodnego siarczanu magnezu. Przed siewem ziarna na wszystkich wariantach nawozowych zastosowano nawozy fosforowe (superfosfat potrójny granulowany, 46%, w dawce 90 kg P₂O₅·ha⁻¹) i potasowe (sól potasowa, 60% w dawce 100 kg K₂O·ha⁻¹).

Odczyn gleb wyrównywano przez stosowanie wapna magnezowego i węgla wapnia. Powierzchnia poletek do siewu i obserwacji wynosiła 30 m², natomiast do zbioru 20 m² i zgodnie z metodyką badań polowych była wystarczająca do prowadzenia doświadczeń wegetacyjnych. Siew nasion żyta jarego odmiany Bojko był przeprowadzany w zależności od warunków klimatyczno-glebowych w III dekadzie marca lub I dekadzie kwietnia, a zbiór przypadał na III dekadę lipca lub I dekadę sierpnia. W celu ochrony żyta jarego przed chorobami ziarno przed siewem zaprawiono zaprawą nasienną Vitavax 200 FS. W celu odchwaszczenia w doświadczeniu stosowano mieszaninę herbicydów Puma Uniwersal 069 EW (*fenoksaprop-P-etylu*) w ilości 1 l·ha⁻¹ + Granstar 75 WG (*sulfmetmetonmetyl*) w ilości 20 g·ha⁻¹. W doświadczeniu stosowano również antywylegacz Stabilan 750 SL. Nie stosowano natomiast środków ochrony roślin w celu zwalczania chorób i szkodników.

W celu analizy wpływu nawożenia azotem i siarką na cechy technologiczne, jakościowe oraz skład chemiczny roślin żyta jarego pobierano próbki ziarna i słomy. Po rozdrobnieniu i wysuszeniu w materiale roślinnym oznaczono zawartość suchej masy metodą suszarkową oraz analizy zawartości azotu ogólnego i siarki ogólnej w suchej masie ziarna i słomy wykonano na aparacie CNS-2000 LECO. Ponadto oznaczono

Masę tysiąca ziaren (PN-68/R-74017) wilgotność ziarna i zawartość skrobi w ziarnie liczbę opadania (PN-EN ISO 3093:2010) oraz zawartość białka ogólnego w ziarnie jako iloczyn zawartości N w ziarnie x współczynnik 6,25. W oparciu o zawartość azotu i siarki w roślinie wyliczono wzajemny stosunek ilościowy tych składników (N:S), efektywność

rolniczą (agronomiczną), efektywność fizjologiczną i współczynnik wykorzystania azotu i siarki z nawozów, indeks żniwny azotu oraz indeks żniwny siarki. W pracy wyliczono również wskaźnik efektywności końcowej.

Do analizy statystycznej wykorzystano analizę wariancji z funkcją testową F-Snedecora. Istotność różnic wykonano testem Tukeya ($\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$). Ponadto wyliczono współczynnik zmienności ($CV\%$) będący miarą rozrzutu wyników jak również przeprowadzono analizę korelacji i regresji liniowej uzyskanych wyników. Do wykonania analizy statystycznej posłużyły programy Excel 7.0 i Statistica.

Po przestudiowaniu tej interesującej rozprawy, nasuwają się jednak pewne sugestie.

- W rozdziale 3. „Hipoteza robocza i cel badań” nie ma podanego celu badań. Rozdział ten, zdaniem recenzenta, powinien być ujęty w sposób syntetyczny bez wprowadzenia znajdującego się na stronie 39, tym bardziej, że rozdział ten znajduje się po rozdziałach „Wstęp” oraz „Przegląd Piśmiennictwa”.
- W tabeli nr 1, w której zamieszczono dane meteorologiczne powinno być zaznaczone jaki okres badań one prezentują. Czy jest to średnia za okres badań czyli za lata 2009-2011?
- Doktorant pisze że „Przed założeniem doświadczenia właściwości gleby (tab. 2) określono metodami opisanymi przez Mocka i Drzymałę [2010] oraz Ostrowską i in. [1991]”. Zdaniem recenzenta w pracach doktorskich powinno się jednak wymienić metody jakich użyto do wykonania oznaczeń. Np. czy zawartość siarki siarczanowej w glebie oznaczono metodą Nefelometryczną, czy też przy użyciu ICP-AES?
- W schemacie doświadczenia można było zastosować dwie wzrastające dawki siarki co wzmocniłoby końcowe wnioski dotyczące zależności między nawożeniem, a plonowaniem.
- W metodyce dawki stosowanych składników pokarmowych tak fosforu jak i potasu powinny zostać podane w formie pierwiastkowej, a nie tlenkowej.
- Dla zwiększenia przejrzystości wyników tabela nr 3 powinna zostać przeformatowana i umieszczona w poprzek strony.
- W rozdziale „Materiał i Metody” Doktorant podaje, że dawka siarki została podzielona na dwie dawki tj. 30 kg przed siewem i 10 kg po siewie roślin w fazie rozwojowej BBCH 55-59 w formie siarczanu magnezu. Czy w takim razie Doktorant obserwował działanie nawozowe siarki, czy współdziałanie siarki i magnezu?

- Obliczając w ziarnie żyta zawartość białka ogółem Doktorant posłużył się przelicznikiem o wartości 6,25. Czy trafniej byłoby użyć przelicznika 5,85 charakterystycznego dla żyta.
- Przy omawianiu wyników Doktorant zamieścił bardzo obszerną analizę statystyczną wyników. Zdaniem recenzenta wystarczyłoby tylko wyróżnić grupy jednorodne.
- W pracy znaleziono nieścisłości dotyczące cytowania literatury tj. w spisie literatury znajduje się 9 pozycji, które nie zostały zacytowane w tekście (De Ruiter i Martin 2001, Dzieżyc i Trybuła 1989, Grzebisz 1988, Kern i in. 1990, Klikocka 2005b, Nowak i Barczak 1996, Schnug i in. 2003, Sułek i in. 2007, Wrigley i in. 1980).

W tekście pracy cytowano 5 pozycji, których nie ujęto w spisie literatury (Lagvis Delaporte i in. 1987, Siwik-Ziomek i Lemanowicz 2005, Ruiter i Karl 2001, Jakubus i Toboła 2006, Simpson i in. 1983).

W pracy znaleziono również kilka błędów w cytowaniu literatury:

- jest Barczak 2010, a powinno być Barczak i Nowak 2010
- jest Jurga 2013, a powinno być Jurga 2012.

Pozostałe drobne uwagi redakcyjne naniesiono na maszynopisie.

Pragnę w tym miejscu podkreślić, że uwagi te mają jedynie charakter porządkujący i nie dotyczą strony merytorycznej oraz nie umniejszają wartości tej pracy.

Wyniki badań zaprezentowane w recenzowanej pracy:

wskazują, że wartości badanych cech jakościowych ziarna żyta jarego tj. zawartość i plon białka ogólnego oraz liczba opadania, kształtują się korzystnie i proporcjonalnie do wzrostu dawki azotu oraz dodatku siarki w dawce $40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$,

świadczą, że wartości badanych cech plonu i jakości ziarna żyta jarego są silniej determinowane przez nawożenie azotem i jego współdziałanie z warunkami pogodowymi niż przez nawożenie siarką,

pozwalają określić, że średnie pobranie azotu i siarki przez ziarno żyta zebranego w fazie dojrzałości pełnej wynosiło odpowiednio $74 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $4,20 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$,

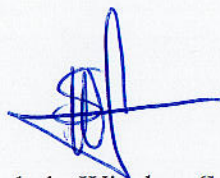
wskazują, że najwyższą efektywność rolniczą i fizjologiczną oraz najwyższe wykorzystanie azotu i najkorzystniejszy wskaźnik efektywności końcowej obserwuje się w warunkach stosowania $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} + 40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$,

dowodzą, że zaleceniem dla praktyki może być nawożenie żyta jarego w dawce $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w powiązaniu z $40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$.

4. Wniosek końcowy

W podsumowaniu pragnę podkreślić, że praca zawiera bardzo duży materiał eksperymentalny. Uzyskane wyniki są wartościowe pod względem naukowym a wykazane uchybienia są stosunkowo łatwe do usunięcia w toku procesu redakcyjnego przygotowującego pracę do publikacji. Należy zaznaczyć, że przygotowanie ocenianej rozprawy wymagało bardzo dużego nakładu pracy w trakcie procesu badawczego. Autor wykazał się dużą aktywnością w realizowaniu badań, bardzo dobrze opanował metodykę badań chemiczno-rolniczych oraz technikę pracy badawczej. Pan mgr inż. Bartosz Narolski zrealizował zarówno poznawczy jak i praktyczny cel dysertacji wnosząc nowe elementy do wiedzy na temat potrzeb nawożenia żyta jarego azotem i siarką dla obszaru południowo-wschodniej Polski. Rozprawa ma charakter oryginalny, jest dobrze zaplanowana i wykonana.

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca spełnia wymagania stawiane w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym wnioskuję, zatem do Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach o dopuszczenie Pana mgr inż. Bartosza Narolskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



prof. dr hab. Wiesław Szulc