

EFFECT OF PRP SOL APPLICATION IN MAIZE GROWN FOR GRAIN

Summary

Studies on the evaluation of the possibility of replacing phosphorus-potassium fertilization by PRP SOL application in corn were conducted in 2007-2011 in the fields of experimental station belonging to RDA Złotniki Gorzyń Department of Agronomy, Poznan University of Life Sciences. PRP SOL is phosphorus-potassium fertilizer allowed to use in ecological farming. Replacement of traditional phosphorus-potassium fertilization by the use of PRP SOL in maize for grain, in four out of five years of research, led to a significant increase in grain yield. This increase depended on the weather and ranged from $6.1 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ in 2008 to $11.9 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$, which allowed to improve the financial effect of $313.8 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$ in 2008 to $1187.9 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$ in 2009. The opposite effect was demonstrated in 2011, the year of a three-month drought in the period April-June, in which the use of PRP SOL resulted in a decrease in grain yield by $10.7 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ and loss of $781.4 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$. Plants grown with the use of PRP SOL had a higher rate of greenness SPAD, higher TKW, grain moisture at harvest and higher content of starch and lower protein in the dry matter of grain. Other characteristics showed only a tendency to the favourable response to this fertilizer.

Key words: maize; PRP SOL fertilizer; grain yield; yield components; SPAD units

EFEKTY STOSOWANIA PRP SOL W KUKURYDZY UPRAWIANEJ NA ZIARNO

Streszczenie

Badania nad oceną możliwości zastąpienia nawożenia fosforowo-potasowego stosowaniem PRP SOL w uprawie kukurydzy prowadzono w latach 2007-2011 na polach stacji doświadczalnej Złotniki należącej do ZDD Gorzyń Katedry Agronomii, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. PRP SOL jest nawozem fosforowo-potasowym dopuszczonym do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Zastąpienie tradycyjnego nawożenia fosforowo-potasowego poprzez stosowanie PRP SOL w uprawie kukurydzy na ziarno, w czterech spośród pięciu lat badań, prowadziło do istotnego wzrostu plonu ziarna. Wzrost ten w zależności od warunków pogodowych wahał się od $6,1 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2008 do $11,9 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$, co pozwoliło na poprawę efektu finansowego od $313,8 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2008 do $1187,9 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2009. Przeciwny efekt wykazano w 2011, roku o trzymiesięcznej suszy w okresie kwiecień- czerwiec, w którym stosowanie PRP SOL skutkowało spadkiem plonu ziarna o $10,7 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ i stratą $781,4 \text{ PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$. Rośliny uprawiane z użyciem PRP SOL charakteryzował wyższy wskaźnik zieloności SPAD, wyższa MTZ, wilgotność ziarna przy zbiorze oraz wyższa koncentracja skrobi, a niższa białka w s.m. ziarna. W ocenie pozostałych cech wykazano jedynie tendencję do korzystnej reakcji na ten nawóz.

Słowa kluczowe: kukurydza; nawóz PRP SOL; plon ziarna; komponenty plonowania; jednostki SPAD

1. Wstęp

Technologia oferowana przez firmę PRP (*Procedes Roland Pigeon* z Francji) wykorzystuje założenie, że gleba posiada zapas składników pokarmowych wymaganych do wzrostu i rozwoju roślin, lecz występujących w formach dla nich niedostępnych, jak fosfor w postaci FePO_4 i AlPO_4 oraz potas blokowany w minerałach ilastych. Stosowanie PRP SOL ma na celu poprawę właściwości gleby poprzez odblokowanie istniejącego potencjału składników zgromadzonych w glebie i udostępnienie ich roślinie [5]. Przeciętna zawartość potasu w polskich glebach wynosi od 0,01 do 2% (od 300 do 60 000 $\text{kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$), natomiast fosforu od 0,01 do 0,2% P (od 300 do 6 000 $\text{kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$) [4]. Składniki te jednak nie są dostępne dla roślin, w przeciwnym razie można by zaniechać nawożenia na wiele lat. Producent podaje, że PRP SOL służy do nawożenia gleby, a nie roślin. Poprzez swoje strukturotwórcze oddziaływanie na glebę i stymulowanie w niej życia biologicznego, powoduje udostępnienie ogromnych ilości składników pokarmowych znajdujących się dotychczas w formie nieprzystawalnej dla roślin [13]. Zawarte w nim substancje wspomagające, w tym zawierające stosowne mikroorganizmy pozwalają na właściwe ukierunkowanie procesów zachodzących w glebie. Stąd oczekiwania,

że nawóz PRP SOL może zastąpić nawożenie fosforem i potasem na wszystkich polach uprawnych.

Substancją czynną PRP SOL jest granulata zawierająca 32% CaO, 8% MgO, co oznacza, że jest to nawóz wapniowy z dodatkiem magnezu, który zawiera również 3,5% sodu (Na) oraz 3-5% prefiksów, z którymi wprowadza się do gleby 48 pierwiastków śladowych potrzebnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin [10]. Nawóz ten można stosować pod wszystkie rośliny uprawiane w systemie konwencjonalnym oraz ekologicznym, w corocznych dawkach mieszczących się w zakresie $150\text{--}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie efektów technologii nawożenia z użyciem PRP SOL oraz standardowej z nawożeniem fosforowo-potasowym.

W hipotezie badawczej przyjęto, że zastąpienie nawożenia fosforem i potasem poprzez stosowanie PRP SOL nie prowadzi do spadku plonu ziarna oraz nie zaburza wzrostu i rozwoju roślin kukurydzy.

2. Materiał i metody

W latach 2007-2011 na polach stacji doświadczalnej Złotniki należącej do ZDD Gorzyń Katedry Agronomii, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, przeprowadzono

doświadczenia nad oceną efektów działania nawozu PRP SOL w uprawie kukurydzy odmiany Clarica przeznaczonej na ziarno. Współrzędne GPS prowadzonego doświadczenia: N 52° 29.193' E 016° 20.569'. Kukurydzę uprawiano na ziarno w pięcioletnim plodozmianie, po pszenicy ozimej. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach polowych. Czynnikiem badawczym było stosowanie nawozu PRP SOL, który w corocznej dawce 220 kg·ha⁻¹ wprowadzano do gleby wiosną (tab. 1). Wielkość poletek do zbioru wynosiła 64 m². Wszystkie pozostałe zabiegi agrotechniczne przeprowadzono zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki kukurydzy. Pomiarzy zwięzłości gleby wykonano za pomocą ręcznego penetrometru Eijkelkamp, a od 2010 roku użyto penetrometru Eijkelkamp Penetrologger SN. W fazie BBCH 83-85 oznaczano indeks powierzchni liści (LAI) miernikiem Sunscop Cangoy Analysis System type SS1, stan odżywienia roślin wyrażony w jednostkach SPAD badano N-Testerem firmy Hydro oraz wysokość roślin. Po zbiorze kukurydzy wykonano ocenę masy hektolitra i wilgotności nasion elektronicznym miernikiem wilgotności z wbudowaną wagą elektroniczną. W doświadczeniu oceniano także plon ziarna, liczbę kolb na 1m², liczbę ziaren w kolbie, MTZ oraz zawartość białka i skrobi w suchej masie ziarna.

Analizy zawartość składników pokarmowych oraz skrobi w ziarnie kukurydzy wykonano w laboratorium Katedry Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Zawartość skrobi określono metodą polarymetryczną, wg Ewersa [17], używając 0,31N HCL oraz 4% kwas fosforowo-wolframowy w celu wytrącenia substancji białkowych. Analizę próby właściwej wykonano w trzech powtórzeniach natomiast próbę ślepa oznaczono jednokrotnie. Zawartość skrobi w procentach suchej substancji (S) obliczono według niżej podanego wzoru:

$$S = \frac{100 \times (P - P^1) \times 100}{\alpha_d \times l \times m \times \left(1 - \frac{W}{100}\right)}$$

gdzie:

P – kąt skręcenia płaszczyzny światła spolaryzowanego próby właściwej,

P¹ – kąt skręcenia płaszczyzny światła spolaryzowanego próby ślepej,

l – długość rurki polarymetrycznej (dm),

m – naważka próby (g),

w – wilgotność próby (%),

α_d – skręcalność właściwa skrobi kukurydzianej wynosząca 184,6.

Białko ogólne oznaczono badając zawartość azotu w próbce metodą Kjeldahla i mnożono przez współczynnik przeliczeniowy 6,25.

Gleba pola doświadczalnego znajduje się w dobrej kulturze i zaliczona jest do gleb płowo-ziemnych. Według

przydatności rolniczej należy do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry), a w kwalifikacji bonitacyjnej do klasy IVa [18].

Dla poszczególnych lat, w których przeprowadzono badania, wyliczono współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę wg Sieleninowa [16], za pomocą wzoru:

Współczynnik hydrotermiczny dla miesięcy

$$K = \frac{M_o \times 10}{D_t \times dni}$$

gdzie:

M_o – Σ miesięcznych opadów atmosferycznych,

D_t – średnie dobowe temperatury w danym miesiącu.

W celu przedstawienia efektów stosowania PRP SOL w uprawie kukurydzy wykonano uproszczoną analizę, w której uwzględniono tylko różnice w ponoszonych nakładach – koszt nawozów fosforowo-potasowych i koszt PRP SOL na hektar oraz różnicę w plonie. Ceny nawozów i ceny zbytu ziarna przyjęto wg obowiązujących w danym roku uprawy i zbytu ziarna po żniwach.

Otrzymane wyniki z lat 2007–2011 poddano analizie statystycznej dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych. Najmniejszą istotną różnicę (LSD) zweryfikowano testem t-Studenta na poziomie P ≤ 0.05.

3. Wyniki i dyskusja

Lata, w których prowadzono badania były różne pod względem układu warunków pogodowych w okresie wegetacji kukurydzy. Podkreślić należy występowanie miesięcy z bardzo małymi opadami: kwiecień 2007 r., maj i czerwiec 2008 r., ponownie kwiecień 2009 r. oraz czerwiec 2010 r., a także trzymiesięczny okres suszy wiosennej, trwający do 30 czerwca 2011, po którym nastąpiły intensywne opady deszczu. W tab. 2 zamieszczono współczynniki hydrotermiczne Sielianinowa, które pokazują okresy suszy, półsuszy oraz względnie dobrego uwilgotnienia w poszczególnych latach prowadzenia badań.

Stosowanie PRP SOL w okresie pięciu lat wpłynęło na zwiększenie zwięzłości gleby powiększało we wszystkich warstwach pomiarowych, a różnice w porównaniu z obiektem kontrolnym udowodniono dla warstw 10–20 i 20–30 cm (tab. 3). Również w badaniach prowadzonych nad pszenicą ozimą i jęczmieniem jarym [19], pomimo oczekiwań nie odnotowano zdecydowanego zmniejszenia zwięzłości gleby na skutek stosowania PRP SOL. W przytoczonych badaniach u obu gatunków także wykazano tendencję do wzrostu zwięzłości gleby w warstwie 0–10 cm. Po zastosowaniu PRP SOL nieistotnie statystycznie rozluźnienie gleby (o 0,2 kN) zaobserwowano tylko w warstwie gleby 10–20 cm w uprawie jęczmienia i w warstwie 20–30 cm na poletkach z pszenicą. Należy podkreślić, że gleba pola doświadczalnego jest uboga w materię organiczną, co z pewnością może modyfikować wpływ nawozu.

Tab. 1. Dawki nawozu/składników wnoszonych corocznie pod kukurydzę i przedplon – pszenicę ozimą (kg·ha⁻¹)
Table 1. Fertilizer rate/components applied annually for maize and forecrop - winter wheat (kg ha⁻¹)

Gatunek/ Species	Obiekt/ Object	PRP SOL	P*	K*	N*
Pszenica ozima Winter wheat	Kontrola Control	0	80	120	100
	PRP SOL	220	0	0	100
Kukurydza Maize	Kontrola Control	0	80	120	160
	PRP SOL	220	0	0	160

*sól potasowa 60%, superfosfat potrójny, saletra amonowa / *potassium salt 60%, triple superphosphate, ammonium nitrate

Tab. 2. Współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę wg Sielianinowa w ZDD Złotniki dla poszczególnych miesięcy w latach 2007–2011

Table 2. Coefficient of hydrothermal protection in water prepared according to Sielianinow for each month for ZDD Złotniki in the years 2007–2011

Miesiąc / Month	Rok / Year				
	2007	2008	2009	2010	2011
IV	0,2	2,6	0,4	1,2	0,1
V	1,7	0,2	2,0	3,6	0,4
VI	0,7	0,1	2,6	0,5	1,1
VII	0,6	0,7	1,6	1,4	4,0
VIII	1,0	1,5	0,4	2,2	0,6
IX	0,7	0,4	1,1	1,7	0,6
X	0,7	2,3	2,4	0,3	0,8

Interpretacja współczynnika hydrotermicznego wg Sielianinowa:

$K > 1,5$; uwilgotnienie dla wszystkich roślin nadmierne

$K = 1,0 - 1,5$; uwilgotnienie dostateczne

$K = 0,5 - 1,0$; uwilgotnienie niedostateczne

$K < 0,5$; uwilgotnienie mniejsze od wymagań większości roślin – susza

Interpretation of Sielianinow's hydrothermal coefficient:

$K > 1.5$, moisture for all plants excessively wet

$K = 1.0 - 1.5$; sufficient of moisture

$K = 0.5 - 1.0$; insufficient of moisture

$K < 0.5$, moisture less than the requirement for most of plants - drought

Tab. 3. Zwięzłość trzech warstw gleby w fazie wschodów kukurydzy - BBCH 11 (kN)

Table 3. Soil density of the three layers in the phase of maize emergence- BBCH 11 (kN)

Wyszczególnienie Description	Głębokość pomiaru / Depth measurement		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Kontrola / Control	0,60	1,03	1,06
PPR-SOL	0,90	2,18	2,32
NIR _(0,05) / LSD _(0,05)	r.n./ n.s.	0,891	1,009

r.n. - różnice nieistotne; n.s. – not significant differences

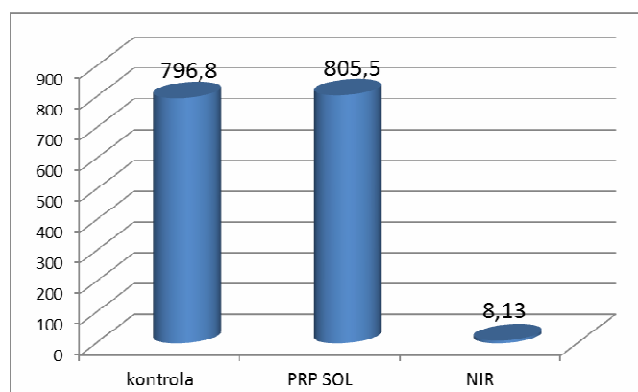
Oddziaływanie masy roślinnej na właściwości gleby oraz plonowanie roślin jest wieloaspektowe i zależy między innymi od jej rodzaju, składu chemicznego oraz terminu i sposobu umieszczenia jej w glebie [8-9, 11]. W innych badaniach [7] stwierdzono, że uprawa żyta w poplonie ograniczała wilgotność gleby i zwiększała jej zwięzłość, co wskazuje na oddziaływanie gatunku uprawnego na właściwości fizyczne gleby.

Test chlorofilowy (SPAD) jest przydatny do oceny stanu odżywienia kukurydzy azotem, począwszy od fazy 8 liści. Na zawartość chlorofilu w liściach istotny wpływ wywierają takie czynniki jak suma opadów i warunki termiczne oraz natężenie światła, a także zasobność gleby w składniki pokarmowe [1, 14]. Warunki uprawy wpływają na grubość i strukturę liści, a w konsekwencji na absorpcję światła [3].

W badaniach Machula [14] z upływem czasu i rozwojem roślin wzrastał wskaźnik zawartości chlorofilu (SPAD) w liściach kukurydzy na wszystkich poziomach nawożenia azotem i osiągnął najwyższe wartości po 84–89 dniach od wschodów (początek fazy wyrzucania wiech). W przytoczonych badaniach termin pomiaru (liczba dni po wschodach kukurydzy) miał największy wpływ na wielkość odczytów SPAD, większy niż nawożenie azotem, miejscowość i odmiana kukurydzy. W badaniach własnych wykonanych później bo w fazie BBCH 83–85, uzyskano wyższe wartości SPAD niż w badaniach Machula [14, 15]. Odczyty SPAD wahały się w granicach 719–846 na obiektach kontrolnych do 742,6–859,4 dla obiektów nawożonych w tech-

nologii PRP SOL.

Liście przykolbowe roślin kukurydzy uprawianych z zastosowaniem PRP SOL charakteryzował istotnie wyższy (o 8,7 jednostek SPAD) niż na kontroli wskaźnik zieloności, oceniany w fazie dojrzałości woskowej (BBCH 83–85) (rys. 1).



Rys. 1. Stan odżywienia roślin azotem (SPAD) - dojrzałość woskowa (BBCH 83–85) średnio z lat 2008–2011

Fig. 1. Nitrogen nutritional status (SPAD) – dough stage (BBCH 83–85) on average of 2008-2011

Podobną reakcję zaobserwowano także w uprawie ziemniaków (różnica 32,3 SPAD) [20], a także pszenicy (różnica 31,9 jednostek SPAD) oraz jęczmienia jarego (różnica 58,6 jednostek SPAD) [19]. Należy podkreślić, że wyższe wartości wskaźnika zieloności na obiektach nawo-

zonych PRP SOL uzyskiwano niezależnie od warunków pogodowych, we wszystkich latach prowadzenia badań.

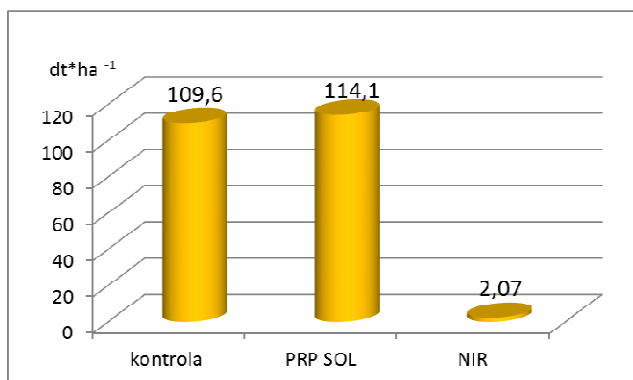
Wskaźnik powierzchni liści charakteryzuje zdolność rośliny do absorpcji światła, od której zależy efektywność fotosyntezy, a pośrednio przyrost biomasy [12]. Warunki, w których prowadzono badania własne pozwoliły na wykształcenie większej powierzchni liści kukurydzy na jednostce powierzchni niż w badaniach Biskupskiego i in. [2]. Porównywane obiekty w badaniach własnych nie różniły się istotnie powierzchnią liści wytwarzanych na 1 m², wyrażoną wartościami indeksu LAI mierzonego w fazie końca kwitnienia roślin BBCH 69 (tab. 6). Wykazano jedynie tendencję do niewielkiego, w porównaniu z kontrolą, wzrostu wartości (o 0,07) indeksu powierzchni liści. Także we wcześniejszych badaniach prowadzonych na ziemniakach zauważono taką tendencję [20]. Z kolei pszenica i jęczmień reagowały na PRP SOL przeciwnie – nieistotnym statystycznie spadkiem wartości indeksu LAI [19].

Zastąpienie nawożenia fosforowo-potasowego nawozem PRP SOL korzystnie wpłynęło na plonowanie roślin kukurydzy (rys. 2). W czterech spośród pięciu lat prowadzenia badań uzyskano istotny przyrost plonu ziarna, który wahał się od 6,1 dt·ha⁻¹ w 2008 roku do 11,9 dt·ha⁻¹ w 2009 roku (rys. 3). W 2011 roku, charakteryzującym się trzymiesięczną wiosenną suszą, na obiektach z PRP zebrano o 10,7 dt·ha⁻¹ ziarna mniej niż na kontroli. Również w czteroletnich badaniach prowadzonych nad reakcją pszenicy ozimej na nawożenie PRP SOL uzyskano istotny wzrost plonu ziarna, który w porównaniu z kontrolą wyniósł 1,9 dt·ha⁻¹ [19]. Także w doświadczeniach z ziemniakami [20] zaobserwowano korzystny wpływ PRP SOL, a przyrost plonu kłębów w porównaniu z obiektem nawożonym tradycyjnie, średnio w okresie 5 lat wyniósł 15,9 dt·ha⁻¹. Z kolei brak reakcji na technologię nawożenia wykazano dla jęczmienia jarego, u którego różnica w plonie ziarna średnio w czteroletniu wyniosła zaledwie 0,07 dt·ha⁻¹ na niekorzyść obiektów nawożonych PRP SOL [19].

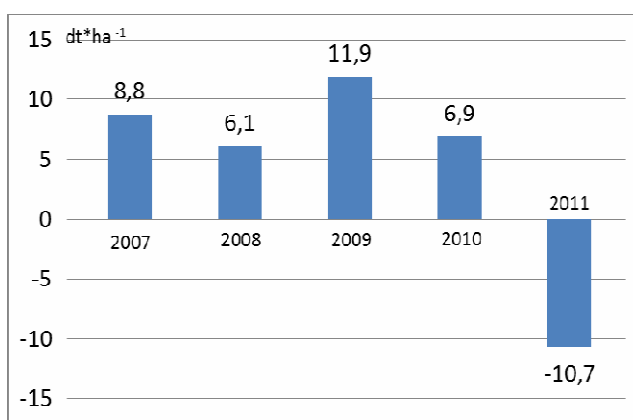
Różnica w plonach ziarna w każdym roku badań łączyła się z osiągniętym efektem ekonomicznym (rys. 4). Wykazane zwwyżki plonu ziarna w latach 2007–2010 prowadziły do uzyskania od 313,8 do 1187,9 PLN·ha⁻¹ więcej niż po stosowaniu tradycyjnego nawożenia fosforowo-potasowego. Przeciwny rezultat otrzymano w 2011 roku, charakteryzującym się trzymiesięczną suszą w okresie od kwietnia do końca czerwca. Spadek plonu ziarna po zastosowaniu PRP SOL łączył się ze stratą 781,4 PLN·ha⁻¹.

Stosowanie PRP SOL stabilizowało plonowanie kukurydzy w latach jednocześnie wpływając na korzystne zwiększenie plonów minimalnych i maksymalnych ziarna (tab. 5). Podobne wyniki uzyskano dla wskaźnika zieloności liści. Z kolei zmienność komponentów plonowania układała się przeciwnie i zastosowanie nawożenia PRP SOL prowadziło do wzrostu wartości współczynników CV, przy korzystnym jednak zwiększeniu wartości minimalnych

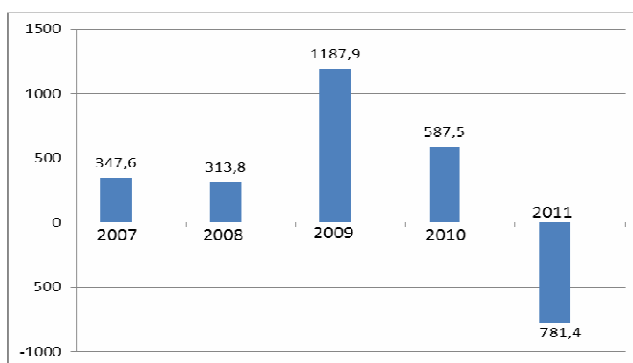
i maksymalnych liczby kolb na 1 m². Natomiast dla liczby ziaren w kolbie uzyskano zmniejszenie obu tych wartości, a dla MTZ tylko wartości minimalnych cechy.



Rys. 2. Plon ziarna kukurydzy w latach 2007-2011
Fig. 2. The yield of maize grain in 2007-2011



Rys. 3. Różnica w plonach ziarna kukurydzy jako skutek stosowania technologii PRP SOL
Fig. 3. The difference in the yield of maize grain as a result of the use of technology PRP SOL



Rys. 4. Efekty finansowe wynikające ze stosowania PRP SOL (PLN/ha)
Fig. 4. Financial effects from the use of PRP SOL (PLN·ha⁻¹)

Tab. 4. Komponenty plonowania w zależności od stosowania PRP SOL
Table 4. Yield components depending on the use of PRP SOL

Wyszczególnienie Description	Liczba kolb / Ears number (szt·m ⁻²)	Liczba ziaren w kolbie / Grains number in ear (szt.)	MTZ / TGW (g)
Kontrola / Control	8,4	441,7	294,6
PRP SOL	8,5	448,2	299,5
Różnica / Difference	0,1	6,5	4,9
NIR _(0,05) / LSD _(0,05)	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	1,13

r.n. - różnice nieistotne; n.s. – not significant differences

Tab. 5. Charakterystyki statystyczne wybranych cech kukurydzy
 Table 5. Statistical characteristics of selected traits of maize

Cecha/ Trait	Stosowanie PRP SOL / Application of PRP SOL	Wartości / Values		Odchylenie standardowe / Standard deviation SD	Współczynnik zmienności / Coefficient of variation CV%
		Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum		
Stan odżywienia roślin azotem (SPAD)/ Nitrogen nutritional status	Kontrola / Control	719,0	846,0	56,9	7,15
	PRP SOL	742,6	859,4	50,3	6,24
Plon ziarna/ Grain yield ($dt ha^{-1}$)	Kontrola / Control	82,2	134,2	22,9	20,89
	PRP SOL	88,3	137,0	20,6	18,04
Liczba kolb/ Ears number ($szt m^{-2}$)	Kontrola / Control	7,3	9,8	0,95	11,3
	PRP SOL	7,6	10,5	1,25	14,7
Liczba ziaren w kolbie/ Grains number in ear	Kontrola / Control	363,0	525,0	57,5	13,01
	PRP SOL	343,0	502,2	61,2	13,66
MTZ/ TGW (g)	Kontrola / Control	263,3	346,3	32,3	11,0
	PRP SOL	257,7	349,5	37,4	12,5

Spośród komponentów plonowania istotną reakcję na nawożenie PRP SOL udowodniono tylko dla MTZ (tab. 4). Rośliny uprawiane z użyciem tego nawozu wytwarzały cięższe ziarniaki, a różnica w MTZ w stosunku do kontroli wyniosła 4,9 g. Liczba kolb na 1 m² i liczba ziaren w kolbie były większe na obiektach z PRP SOL odpowiednio o 0,1 szt.·m⁻² i 6,5 szt. w porównaniu z kontrolą, różnic tych jednak nie udowodniono statystycznie. Podobnie korzystną tendencję do wytwarzania bardziej dorodnego ziarna przy zastosowaniu technologii PRP SOL uzyskano w uprawie jęczmienia jarego, a przyrost MTZ wyniósł 0,3 g [19]. Odmienną reakcję autorzy ci opisali dla pszenicy ozimej, u której użycie PRP SOL wywoływało istotny spadek MTZ w porównaniu z kontrolą, średnio o 0,9 g. Również w badaniach nad ziemniakami PRP SOL zmniejszało masę kłębów i prowadziło do uzyskania przyrostu frakcji sadzenia-ków [20].

Przeprowadzone badania nie wykazały istotnego wpływu PRP SOL na takie cechy jak gęstość objętościową ziarna w stanie zsypania i wysokość roślin kukurydzy (tab. 6). Zaobserwowano jedynie tendencję do wzrostu ich wartości po użyciu nawozu, odpowiednio o 0,6 kg·hl⁻¹ i 0,7 cm w porównaniu z kontrolą. Brak istotnej reakcji roślin pszenicy i jęczmienia na PRP SOL w ocenie wysokości roślin wykazali również Sulewska i in. [19]. Natomiast w badaniach tych autorów PRP SOL w porównaniu z tradycyjnym nawożeniem obniżał masę hektolitra istotnie u pszenicy i nieistotnie u jęczmienia.

Lepszy stan odżywienia roślin kukurydzy nawożonych PRP SOL skutkowało niewielkim, choć statystycznie istotnym, wydłużeniem wegetacji roślin, które wyraziło się wzrostem wilgotności ziarna podczas zbioru. Średnio w okresie pięciu lat ziarno to było o 0,5 pkt% wilgotniejsze niż na kontroli.

Tab. 6. Cechy biometryczne kukurydzy w zależności od stosowania PRP SOL
 Table 6. Maize biometric traits depending on the use of PRP SOL

Wyszczególnienie Description	Indeks powierzchni liści / Leaf area index (LAI)	Masa hektolitra / Hectoliter weight (kg·hl ⁻¹)	Wysokość roślin / Plant height (cm)	Wilgotność ziarna / Grain moisture (%)
Kontrola / Control	2,59	67,5	215,1	29,6
PRP SOL	2,66	68,1	215,8	30,1
Różnica / Difference	0,07	0,60	0,7	0,50
NIR _(0,05) / LSD _(0,05)	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	0,49

r.n. - różnice nieistotne; n.s. – not significant differences

Tab. 7. Procentowa zawartość białka i skrobi w s.m. ziarna
 Table 7. The percentage of protein and starch content in the D.M. grain

Wyszczególnienie Description	Zawartość w % s.m./ Content in % D.M.	
	Białka ogólnego/ Protein	Skrobi/ Starch
Kontrola / Control	10,37	63,62
PRP SOL	10,14	66,81
Różnica / Difference	-0,23	3,19
NIR _(0,05) / LSD _(0,05)	0,168	2,45

Koncentracja białka ogólnego i skrobi w ziarnie kukurydzy układają się przeciwstawnie. Wprowadzenie technologii nawożenia PRP SOL spowodowało istotny spadek zawartości białka ogólnego w ziarnie kukurydzy oraz wzrost koncentracji w nim skrobi w porównaniu z kontrolą nawożoną nawozami fosforowo-potasowymi (tab. 7).

Idikut i in. [6] wskazują na odwrotną zależność pomiędzy zawartością białka ogólnego i plonem ziarna, co potwierdziły badania własne. Obiekty nawożone PRP SOL plonowały wyżej jednak ziarno kukurydzy charakteryzowała niższa koncentracja białka w s.m. niż na obiektach kontrolnych.

4. Wnioski

1. Zastąpienie tradycyjnego nawożenia fosforowo-potasowego poprzez stosowanie PRP SOL w uprawie kukurydzy na ziarno, w czterech spośród pięciu lat badań, prowadziło do istotnego wzrostu plonu ziarna i zysku finansowego. Przeciwny efekt wykazano w roku o trzymiesięcznej suszy w okresie kwiecień- czerwiec.

2. Rośliny uprawiane z użyciem PRP SOL charakteryzował wyższy wskaźnik zieloności SPAD, wyższa MTZ, wilgotność ziarna przy zbiorze oraz wyższa koncentracja skrobi, a niższa białka w s.m. ziarna. W ocenie pozostałych cech wykazano jedynie tendencję do korzystnej reakcji na ten nawóz.

5. Bibliografia

- [1] Bezdusznik D.: Ocena stanu odżywienia pszenicy ozimej azotem na podstawie pomiaru zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). Praca doktorska, 1997, 78 ss.
- [2] Biskupski A., Włodek S., Pabin J.: Wpływ zróżnicowanej uprawy roślin na wybrane wskaźniki architektury łanu i plonowanie roślin. *Fragm. Agron*, 2009, Vol. 26(4), 7-13.
- [3] Castillon, P.: Using a chlorophyll meter to assess the nitrogen nutrition status of maize. *Short communications Fifth Congress ESA*, 1998, Vol. II, 334-335.
- [4] Gleboznawstwo. Pod red. B. Dobrzańskiego i S. Zawadzkiego. PIWRiL, 1981, 368 ss.
- [5] Hüttl R.F., Fischer Th.: Ekspertyza dotycząca działania produktu „PRP Boden” (podłoże PRP) na uprawy polowe. Politechnika Brandenburgska, Cottbus, 2004, 1-7.
- [6] Idikut L., Atala A.I., Kara S.N., Kamalak A.: Effect of hybrid on starch, protein and yield of maize grain. *J. Anim. Veter. Advan*, 2009, Vol. 8(10), 1945-1947.
- [7] Jaskulski D., Jaskulska I.: Wpływ nawożenia słomą międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na niektóre właściwości gleby w ogniwie pszenica ozima – jęczmień jary. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, Vol. 3(2), 151-163.
- [8] Jaskulski D., Tomalak S.: Wpływ głębokości i sposobu umieszczenia biomasy różnych gatunków roślin w glebie na wschody i masę siewki jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo*, 2001, Vol. 47, 7-14.
- [9] Jaskulski D.: Wpływ ilości i sposobu umieszczenia w glebie biomasy łubinu żółtego na wschody i początkowy wzrost pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo*, 2000, Vol. 45, 39-46.
- [10] Krzywy E.: Ocena wpływu substancji czynnej PRP na kształtowanie żyzności i urodzajności gleb. W: *Dla rolnictwa czystego i produktywnego*. PRP Polska, Warszawa, 2008, 31-32.
- [11] Kuś J., Jończyk K.: Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2000, Vol. 470, 59-65.
- [12] Lepiarczyk A., Kulig B., Stępnik K.: Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. *Fragm. Agron*, 2005, Vol. 22(2), 98-105.
- [13] Lipski S.: Żywnienie roślin czy nawożenie gleby? W: *Dla rolnictwa czystego i produktywnego*. PRP Polska, Warszawa, 1, 2008, 3-6.
- [14] Machul M.: Zastosowanie testu chlorofilowego (SPAD) do oceny stanu odżywienia kukurydzy azotem. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization*, 2002, Vol. 2(11), 67-89.
- [15] Machul M.: Zastosowanie testu SPAD do ustalenia uzupełniającej dawki azotu dla kukurydzy. *Pam. Puł.*, 2005, Vol. 140, 159-172.
- [16] Molga M. *Meteorologia rolnicza*. PWRiZ, Warszawa: 1972, 1-417.
- [17] PN-EN ISO 10520: Skrobia naturalna. Oznaczanie zawartości skrobi. Metoda polarymetryczna Ewersa, 2002.
- [18] Praca zbiorowa pod redakcją J. Marcinka i J. Komisarek. *Roczniki Gleboznawcze*, 2011, Wydanie 5, LXII (3), Warszawa, 193 ss.
- [19] Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Niewiadomska A.: Reakcja pszenicy ozimej i jęczmienia jarego na nawożenie PRP SOL. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2011, Vol. 56(4), 129-133.
- [20] Sulewska H., Koziara W., Szymańska G., Niewiadomska A., Majchrzak L., Panasiewicz K.: Potatoes reaction on PRP SOL fertilisation. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2012, Vol. 57(4), 116-121.