

## EVALUATION OF YIELDING OF WINTER OILSEED RAPE USING PRP SOL TECHNOLOGY

### Summary

*Studies on the evaluation of the yield of winter oilseed rape with PRP SOL technology conducted in the years 2007-2011 in the Department of Agronomy at the University of Life Sciences in Poznań, in the fields of ZDD Gorzyń station in Złotniki. The aim of this study was to evaluate the growth, development and yield of oilseed rape after PRP SOL application. The research hypothesis assumes that the PRP SOL can replace conventional phosphorus-potassium fertilization and the resulting yields are similar in terms of quantity and quality to those achieved with conventional mineral fertilizers. During the five years of research on the use of PRP SOL average yield of rapeseed was  $29.1 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ , and it was about  $2.0 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  lower than in controls. The positive effect on rape yield after PRP SOL application was achieved only in 2007 and 2011. Despite the drought stress in 2011 it was observed the highest yield over 5 years of research, which exceeded the control by  $1.42 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The strongest negative reaction to the application of the fertilizer was recorded in 2010, a decrease of yield as compared to control was  $8.81 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The use of PRP SOL in the cultivation of oilseed rape resulted in the reduction of all components of yield. Also increased the variability of crop yields and coefficients of variation for all components of yield were higher than the control. Oilseed rape fertilized PRP SOL contained less (by 0.4%) of fat in the dry matter of seeds, and more glukonapin.*

**Key words:** winter oilseed rape, PRP SOL fertilizer, seeds yield, yield components, seeds chemical composition

## OCENA PLONOWANIA RZEPAKU OZIMEGO PRZY ZASTOSOWANIU TECHNOLOGII PRP SOL

### Streszczenie

*Badania nad oceną plonowania rzepaku ozimego po zastosowaniu technologii PRP SOL prowadzono w latach 2007-2011 w Katedrze Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na polach ZDD Gorzyń, stacja w Złotnikach. Celem podjętych badań była ocena wzrostu, rozwoju i plonowania rzepaku ozimego po zastosowaniu technologii PRP SOL. W hipotezie badawczej przyjęto, że PRP SOL może zastąpić tradycyjne nawożenie fosforowo-potasowe i uzyskane plony będą podobne pod względem ilości i jakości z uzyskiwanymi przy tradycyjnym nawożeniu mineralnym. W okresie pięcioletnich badań nad stosowaniem PRP SOL średni plon nasion rzepaku wyniósł  $29,1 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  i był on o  $2,0 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  niższy niż na kontroli. Pozytywne oddziaływanie PRP SOL na plonowanie rzepaku uzyskano tylko w 2007 i 2011 roku. Pomimo stresu suszy w 2011 roku odnotowano najwyższy w okresie 5 lat prowadzenia badań, przyrost plonu nasion, który przewyższał kontrolę o  $1,42 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Z kolei najsilniejszą negatywną reakcją na wprowadzenie tego nawozu odnotowano w 2010 roku, gdy spadek plonu w porównaniu z kontrolą wynosił  $8,81 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zastosowanie PRP SOL w uprawie rzepaku ozimego prowadziło do obniżenia wartości wszystkich komponentów plonowania. Zwiększało również zmienność plonowania roślin, a współczynniki zmienności wszystkich komponentów plonowania były wyższe niż na kontroli. Rzepak nawożony PRP SOL zawierał mniej (o 0,4pkt%) tłuszczu w suchej masie nasion, natomiast więcej glukonapiny*

**Słowa kluczowe:** rzepak ozimy, nawóz PRP SOL, plon nasion, komponenty plonowania, skład chemiczny nasion

### 1. Wstęp

Dbłość o środowisko naturalne i oddziaływania rolnictwa sprawiły, że pod koniec XX wieku rozdzielono pojęcie nawożenia roślin na nawożenie gleby i żywienie lub dokarmianie roślin, czego potwierdzeniem są wciąż prowadzone doświadczenia w tym obszarze [10, 17, 18, 21, 25]. Gleba jest bardzo skomplikowanym układem fizykochemicznym [8], którego funkcjonowanie można łatwo zaburzyć poprzez nieracjonalne nawożenie, doprowadzając do powstania związków (mykotoksyn i nitrozoamin) niekorzystnie wpływających na rozwój części mikroflory [1].

Gospodarstwa ekologiczne mają pod tym względem przewagę i wolne są od takich obciążeń. Opracowana przez francuską korporację Precedes Roland Pigeon technologia z wykorzystaniem nawozu PRP SOL ma na celu zapobiec skutkom degradującego wpływu intensywnej produkcji rolniczej [16]. Jak podaje producent, PRP SOL jest granulo-

wanym preparatem zawierającym substancje aktywne MIP (związki żelaza, cynku, boru, sodu, manganu) na bazie węglanów wapnia i magnezu, związane substancją zlepiającą pochodzenia roślinnego - sulfonianem ligniny [13]. Użycie węglanu wapnia i magnezu, jak zapewnia producent, wpisuje PRP SOL w typ nawozów wapniowo-magnezowych, zgodnie z załącznikiem nr 18 do Ustawy o Nawozach i Nawożeniu z dnia 26 lipca 2000 r., nawóz ten został zarejestrowany do stosowania we wszystkich systemach rolnictwa w tym ekologicznym.

O pomyślności uprawy rzepaku ozimego decydują nie tylko czynnik genetyczny i warunki klimatyczno-glebowe, lecz także szeroko rozumiana agrotechnika, a zwłaszcza nawożenie. Rzepak jest rośliną, która silnie reaguje zmniejszaniem tempa akumulacji biomasy w przypadku zakłóconego pobierania azotu, co w efekcie prowadzi do spadku plonu nasion [12]. Ponadto, aby stworzyć roślinom warunki do zbudowania podstawowych komponentów plonu należy

zapewnić im odpowiednie nawożenie potasowe i fosforowe. Rzepak jest gatunkiem wykazującym większe zapotrzebowanie właśnie na te składniki. Krytyczna faza pobrania potasu przypada na okres wzrostu wydłużeniowego, natomiast fosforu na fazę wzrostu początkowego i nalewanie nasion [9].

Rodzaj zastosowanego nawozu w znacznym stopniu wpływa na liczebność drobnoustrojów w glebie oraz aktywność enzymów [3]. Wprowadzenie do gleby PRP SOL ma na celu stymulowanie funkcji życiowych gleby poprzez rozwój drobnoustrojów glebowych [1]. Przyczynia się to do odblokowania składników pokarmowych takich jak fosfor i potas związanych w minerałach ilastych, co powoduje, że powstają jony tych związków bardziej dostępne i przyswajalne przez rośliny [16]. Istnieją dowody naukowe potwierdzające wzrost aktywności mikrobiologicznej gleby po stosowaniu tego nawozu. Badania Niewiadomskiej i in. [20] potwierdziły wpływ PRP SOL na aktywność mikrobiologiczną gleby pod roślinami rzepaku. Również Krzywy-Gawrońska i Przybulewska [15] wykazały wzrost aktywności ureazy o 15,4%, fosfataz o 35,1% i dehydrogenazy o 18,6% przy zastosowaniu kompostu z dodatkiem PRP SOL. Technologię PRP SOL można stosować pod wszystkie rośliny, w corocznych dawkach mieszczących się w zakresie 150-300 kg/ha. Jak wynika z badań efekty stosowania tego nawozu są różne i zależą w dużej mierze od interakcji genotypowo-środowiskowej. W dostępnej literaturze brak wyników opisujących reakcję rzepaku ozimego na zastosowanie PRP SOL.

Celem podjętych badań była ocena wzrostu, rozwoju i plonowania rzepaku ozimego po zastosowaniu technologii PRP SOL. W hipotezie badawczej przyjęto, że PRP SOL może zastąpić tradycyjne nawożenie fosforowo-potasowe i uzyskane plony będą podobne pod względem ilości i jakości z uzyskiwanymi przy tradycyjnym nawożeniu mineralnym.

## 2. Materiał i metody

Badania nad oceną plonowania rzepaku ozimego po zastosowaniu technologii PRP SOL prowadzono w latach 2007–2011 w Katedrze Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na polach ZDD Gorzyń, stacja w Złotnikach. Współrzędne GPS prowadzonego doświadczenia: N 52° 29.193'; E 016° 20.569'. Doświadczenie założono jako jednoczynnikowe, metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach polowych. Oceniano plon nasion, liczbę łuszczyń na 1 m<sup>2</sup>, liczbę nasion w łuszczyńce, MTN, zwięzłość gleby, przezimowanie roślin. W fazie BBCH 71-75 oceniano stan odżywienia roślin azotem (SPAD), LAI oraz wysokość roślin. Po zbiorze mierzono wilgotność, masę hektolitra, zawartość białka, tłuszczu, ADF, NDF oraz glukozynolanów w s.m. nasion.

Gleba pola doświadczalnego zaliczana jest do gleb pło-wo-ziemnych [23], należących do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry), a w kwalifikacji bonitacyjnej do klasy IVa. Nawóz PRP SOL zastosowano przed siewem roślin, a dawki wniesionych składników pokarmowych umieszczono w tab. 1. Poletka do zbioru miały wielkość 64 m<sup>2</sup>. Rzepak ozimy odmiany Digger uprawiano w zmianowaniu po jęczmieniu jarym. Pozostałe zabiegi agrotechniczne wykonano zgodnie z istniejącymi zaleceniami dla tej rośliny.

Ocenę przezimowania roślin wykonano licząc rośliny jesienią i wiosną na oznaczonej powierzchni wszystkich

poletek i wyrażono procentem żywych roślin, które pozostały po ruszeniu wegetacji na wiosnę. Pomiar zwięzłości gleby wykonano za pomocą ręcznego penetrometru Eijkelkamp, a od 2010 roku użyto penetrometru Eijkelkamp Penetrologger SN, indeks powierzchni liści (LAI) oznaczano miernikiem Sunscop Cangoy Analysis System type SS1, stan odżywienia roślin wyrażony w jednostkach SPAD badano N-Testerem firmy Hydro, masę hektolitra i wilgotność nasion elektronicznym miernikiem wilgotności z wbudowaną wagą elektroniczną.

Analizy zawartości składników w nasionach rzepaku wykonano w laboratorium Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Małyszyn. Analizy wykonano z nasion pobranych losowo z każdego poletka, w czterech powtórzeniach przy użyciu aparatu FOOS NIR Systems. Wykonane analizy laboratoryjne pozwoliły oznaczyć następujące składniki: białko, tłuszcz, włókno kwaśno-detergentowe (NDF), włókno neutralno-detergentowe (ADF), glukonapinę, progoinę, sumę glukozynolanów oraz sumę glukozynolanów alkenowych. Wyniki powyższych analiz laboratoryjnych wyrażono w % s.m. oraz μM/g nasion. 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

Rzepak ozimy należy do najbardziej wymagających roślin uprawnych co do gleby i potrzeb nawozowych. Dobra uprawa przed siewem ogranicza parowanie wody z gleby, niszczy chwasty i samosiewy oraz powoduje lepsze wymieszanie resztek poźniwnych. Ważnym elementem w uprawie tego gatunku jest spulchnianie gleby, co potwierdziły badania Toboły i Cieślkiego [28].

Przebieg pogody w latach prowadzenia doświadczeń był zróżnicowany (tab. 2 i 3). Na szczególną uwagę zasługują okresy suszy, które silnie rzutowały na rozwój i plonowanie roślin rzepaku. Suszę odnotowano w kwietniu 2007, maju i czerwcu 2008, a zwłaszcza w 2011 roku, w którym wystąpił trzymiesięczny okres bez efektywnego opadu, trwający od kwietnia do końca czerwca. Okresy suszy łączyły się z wysokimi temperaturami powietrza, co dodatkowo pogarszało sytuację. Warunki zimowania we wszystkich latach pozwalały na przezimowanie roślin w podobnym procencie, chociaż styczeń 2009 oraz luty 2011 charakteryzowały temperatury niższe niż w wieloleciu. Najtrudniejszy okres dla zimowania roślin wystąpił pomiędzy grudniem 2009 a styczniem 2010, gdy przy braku okrywy śnieżnej wystąpiły silne mrozy.

W badaniach własnych zwięzłość gleby w trzech warstwach, była niższa po zastosowaniu PRP SOL w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 4), jednak istotność różnic potwierdzono statystycznie tylko dla warstwy 0-10. Uzyskane wyniki w części potwierdzają informacje podawane przez producenta oraz wieloletnie badania Siebela i Stuczynskiego [24]. Zastosowanie dawki 220 kg·ha<sup>-1</sup> PRP SOL, o zawartości 32% CaO sprawiło, że do gleby trafiło zaledwie 70,4 kg·ha<sup>-1</sup>CaO, co spowodowało zmiany zwięzłości tylko w jej powierzchniowej warstwie. Natomiast brak pozytywnej reakcji wykazano we wcześniejszych badaniach nad pszenicą ozimą i jęczmieniem jarym [26].

Tab. 1. Dawki składników pokarmowych wnoszonych do gleby z PRP SOL ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
 Table 1. The doses of nutrient components applied to the soil from PRP SOL ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Gatunek / Species	Obiekt / Object	PRP SOL	N*	P*	K*
Rzepak ozimy Winter rape	Kontrola / Control	0	120	80	120
	PRP SOL	220	120	0	0

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

Tab. 2. Temperatura powietrza w ZDD Złotniki w latach 2007-2011  
 Table 2. The air temperature in ZDD Złotniki in 2007-2011

Miesiące / Months	Lata / Years					Średnia z wielolecia Average from 1951-2010
	2007	2008	2009	2010	2011	
Temperatura/ Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )						
I	4,7	2,4	-2,4	-6,5	0,6	-1,5
II	1,2	4,4	0,1	-0,5	-1,7	-0,5
III	6,9	5,4	4,5	4,2	4,5	3,3
IV	10,9	10,0	14,2	10,5	12,7	8,3
V	15,7	16,2	15,1	12,0	15,3	13,9
VI	20,1	20,6	16,7	19,2	18,4	17,2
VII	20,4	22,2	21,7	23,0	17,5	18,8
VIII	20,5	19,7	21,4	19,6	18,9	18,1
IX	14,6	14,4	17,0	13,4	15,0	13,5
X	9,0	9,9	7,9	6,9	9,1	8,9
XI	2,8	5,4	6,6	4,9	3,7	3,6
XII	1,5	1,5	-0,3	-4,0	3,3	0,0
Średnia / Average	10,7	11,0	10,2	8,6	9,8	8,6

Tab. 3. Sumy opadów atmosferycznych w ZDD Złotniki w latach 2007-2011  
 Table 3. Totals precipitation in ZDD Złotniki in 2007-2011

Miesiące / Months	Lata / Years					Średnia z wielolecia Average from 1951-2010
	2007	2008	2009	2010	2011	
Opady/ Precipitation (mm)						
I	51,6	72,8	16,3	34,4	22,1	28,3
II	54,0	15,4	32,9	22,8	36,0	26,5
III	65,3	54,8	56,8	33,8	15,2	29,8
IV	7,4	77,5	16,0	38,5	4,1	31,4
V	82,2	9,5	92,3	134,6	17,5	48,5
VI	44,3	8,4	129,1	26,6	62,4	59,6
VII	39,6	46,6	104,6	100,9	214,8	76,4
VIII	65,7	88,6	26,1	132,4	38,0	53,2
IX	32,6	16,8	53,9	68,5	28,6	46,0
X	20,3	69,4	59,4	7,2	21,8	34,4
XI	46,6	20,5	38,2	115,0	3,2	35,4
XII	36,7	25,0	31,8	60,1	61,6	39,0
Średnia / Average	546,3	505,3	657,4	774,8	525,3	508,5

Tab. 4. Zwięzłość trzech warstw gleby w fazie początku kwitnienia – BBCH 61 (kN)  
 Table 4. Soil density of the three layers in the beginning of flowering phase - BBCH 61(kN)

Wyszczególnienie / Description	Głębokość pomiaru / Depth measurement		
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm
Kontrola / Control	0,9	1,5	2,0
PRP-SOL	0,8	1,3	1,9
Różnica / Difference	-0,1	-0,2	-0,1
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	0,98	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.

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

Przezimowanie ozimin zależy od układu warunków pogodowych w trakcie trwania zimowego spoczynku roślin, a w szczególności od ich przebiegu na przedwiośniu. Szczególnie istotna jest okrywa śnieżna, która zabezpiecza rośliny przed wymarzaniem i wysmalaniem. Jej brak przy wystąpieniu silnych mrozów powoduje wypadanie pędu głównego albo całych roślin [6]. Stosowane sposoby nawożenia rzepaku w trzech spośród czterech lat prowadzenia

obserwacji nie wpłynęły istotnie na przezimowanie roślin (tab. 5). W latach 2008, 2009, 2011 zauważono tendencję do lepszego zimowania roślin nawożonych PRP SOL niż nawożonych tradycyjnie, a różnica w stosunku do kontroli wahała się od 1,6 pkt% do 2,2 pkt%. Natomiast w warunkach 2010 roku na obiektach, gdzie zastosowano PRP SOL przezimowało o 11,5 pkt. % mniej roślin niż na kontroli nawożonej tradycyjnie, co było statystycznie istotne.

Wskaźnik zieloności (SPAD) pośrednio obrazuje stan odżywienia rośliny i jest to metoda oparta na pomiarze absorpcji światła przez liść. Stosowanie PRP SOL w okresie czteroletnich badań korzystnie wpłynęło na stan odżywienia roślin (SPAD) oznaczany w fazie rozwoju liuszczyn, BBCH 71–75 (tab. 6). Poprawę stanu odżywienia roślin rzepaku potwierdzono statystycznie tylko w 2008 roku, a w kolejnych latach różnice były statystycznie nieistotne. Średnio w okresie 4 lat badań, wprowadzenie PRP SOL powodowało wzrost liczby jednostek SPAD w porównaniu z kontrolą, średnio o 17,8. Prezentowane rezultaty są zbliżone z uzyskanymi wcześniej dla pszenicy ozimej i jęczmienia jarego [26] oraz ziemniaków [27].

Podstawowym parametrem struktury ładu jest indeks powierzchni liści (LAI) określany jako stosunek powierzchni organów asymilacyjnych ładu, głównie liści, do powierzchni gruntu zajmowanego przez te rośliny [7, 11, 22]. Wartość parametru LAI zależy głównie od cech odmiany, ale także od czynników siedliskowych i agrotechnicznych. Stosowane w badaniach własnych nawożenie miało niewielki wpływ na wartość LAI, która po użyciu PRP SOL zmniejszała się średnio o 0,2 w porównaniu z kontrolą (tab. 7). Z kolei rośliny nawożone PRP SOL były istotnie wyższe niż na kontroli, a różnica średnio wyniosła 4,8 cm. Badany nawóz powodował niewielkie przedłużenie wegetacji roślin, na co wskazuje wzrost wilgotności zbieranych nasion, o 0,7 pkt. % w porównaniu do kontroli. Przeciwną reakcją na PRP SOL wykazano wcześniej dla pszenicy ozimej i jęczmienia jarego [26]. U obu gatunków zbóż po wprowadzeniu PRP SOL wystąpiła niewielka tendencja do spadku wilgotności zbieranego ziarna, który w stosunku do obiektu kontrolnego wyniósł odpowiednio 0,2 i 0,1 pkt. %.

Stosowanie technologii PRP SOL prowadziło do nieistotnego statystycznie spadku masy hektolitra, który wyniósł w porównaniu z kontrolą 0,3 kg·hl<sup>-1</sup>. Również wartości minimalne i maksymalne tego parametru były niższe niż po stosowaniu tradycyjnego nawożenia fosforowo-potasowego (tab. 7 i 9). Taką reakcją zaobserwowano również u zbóż [26]. Użycie PRP SOL prowadziło do istotnego zmniejszenia masy objętościowej ziarna pszenicy i nieistotnego ziarna jęczmienia jarego.

Tab. 5. Przechimowanie (%)

Table 5. Hibernation (%)

Wyszczególnienie Description	Lata / Years				Średnio/ Average
	2008	2009	2010	2011	
Kontrola / Control	84,6	83,6	83,7	83,2	83,8
PRP-SOL	86,7	85,4	72,2	84,8	82,3
Różnica / Difference	2,1	2,2	-11,5	1,6	-1,5
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	10,53	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.

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

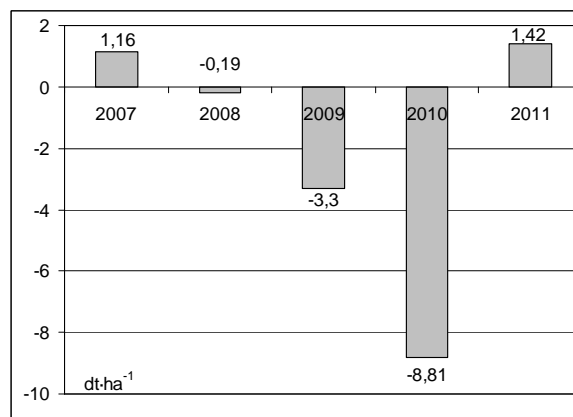
Tab. 6. Stan odżywienia roślin azotem (SPAD) – BBCH 71–75

Table 6. Nitrogen nutritional status (SPAD) - BBCH 71-75

Wyszczególnienie Description	Lata / Years				Średnio/ Average
	2008	2009	2010	2011	
Kontrola/ Control	710,3	645,6	641,5	693,5	672,7
PRP-SOL	738,4	646,3	648,4	728,7	690,4
Różnica/ Difference	28,1	0,7	6,9	35,2	17,8
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	26,03	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	9,34

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

W okresie pięcioletnich badań nad stosowaniem PRP SOL średni plon nasion rzepaku wyniósł 29,1 dt·ha<sup>-1</sup> i był on o 2,0 dt·ha<sup>-1</sup> niższy niż na kontroli, co potwierdzono statystycznie. Pozytywne oddziaływanie na plonowanie rzepaku PRP SOL uzyskano tylko w 2007 i 2011 roku (rys. 1). Pomimo stresu suszy w 2011 roku odnotowano najwyższy w okresie 5 lat prowadzenia badań, przyrost plonu nasion, który przewyższał kontrolę o 1,42 dt·ha<sup>-1</sup>. Z kolei najsilniejszą negatywną reakcją na wprowadzenie tego nawozu odnotowano w 2010 roku, gdy spadek plonu w porównaniu z kontrolą wyniósł 8,81 dt·ha<sup>-1</sup>. Obniżenie plonowania było m.in. skutkiem słabego przezimowania roślin na tym obiekcie. Niska temperatura i brak okrywy śnieżnej w grudniu 2009 i styczniu 2010 roku oraz wysmalający wiatr były gorzej tolerowane przez rośliny nawożone PRP SOL. Powodem obniżenia plonu mogła być też niższa odporność roślin tak nawożonych na niedobór wody w maju 2010 r. Badania Wójtowicza [29] wskazują na zależność pomiędzy brakiem opadów w okresie kwitnienia, który ogranicza liczbę liuszczyn na roślinie, z kolei ich niedobór w okresie dojrzewania prowadzi do obniżenia masy 1000 nasion.



Rys. 1. Różnica w plonach rzepaku w stosunku do kontroli jako skutek stosowania technologii PRP SOL

Fig. 1. The difference in oilseed rape yield compared with the control as a consequence of the use of PRP SOL technology

Tab. 7. Cechy biometryczne rzepaku w zależności od stosowania PRP SOL  
 Table 7. Oilseed rape biometric traits depending on the use of PRP SOL

Wyszczególnienie Description	Indeks powierzchni liści Leaf area index (LAI)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Wilgotność ziarna Grain moisture (%)	Masa hektolitra Hectoliter weight (kg·hl <sup>-1</sup> )
Kontrola / Control	2,9	141,6	9,0	64,6
PRP SOL	2,7	146,4	9,7	64,3
Różnica / Difference	-0,2	4,8	0,7	-0,3
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	r.n./ n.s.	3,27	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.

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

Tab. 8. Plon nasion i komponenty plonowania w zależności od stosowania PRP SOL  
 Table 8. Seed yield and yield components depending on the use of PRP SOL

Wyszczególnienie Description	Plon / Yield (dtha <sup>-1</sup> )	Liczba łuszczyń Siliques number (szt.·m <sup>2</sup> )	Liczba nasion w łuszczyńce Seeds number in siliques (szt.)	MTN / TSW (g)
Kontrola / Control	31,1	5264,3	20,9	6,2
PRP SOL	29,1	4811,0	20,7	6,1
Różnica / Difference	-2,0	-453,3	-0,2	-0,1
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	0,85	236,69	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.

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

Tab. 9. Charakterystyki statystyczne wybranych cech rzepaku  
 Table 9. Statistical characteristics of selected traits of oilseed rape

Cecha/ Trait	Wyszczególnienie Description	Wartości / Values		SD	CV (%)
		Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum		
Stan odżywienia roślin azotem Nitrogen nutritional status (SPAD)	Kontrola / Control	619,5	720,4	33,0	4,9
	PRP SOL	613,0	769,0	46,7	6,8
Masa hektolitra Hectoliter weight (kg·hl <sup>-1</sup> )	Kontrola / Control	54,0	69,7	4,7	7,2
	PRP SOL	50,4	69,6	4,6	7,2
Plon Yield (dtha <sup>-1</sup> )	Kontrola / Control	9,2	49,2	13,1	42,1
	PRP SOL	8,1	46,6	11,6	39,8
MTN / TSW (g)	Kontrola / Control	5,3	7,3	0,7	11,1
	PRP SOL	5,2	7,1	0,7	11,5
Liczba łuszczyń Siliques number (szt.·m <sup>2</sup> )	Kontrola / Control	1948,8	7299,8	1757,3	33,4
	PRP SOL	1756,5	7516,4	1687,1	35,1
Liczba nasion w łuszczyńce Seeds number in siliques (szt.)	Kontrola / Control	11,5	25,6	4,7	22,5
	PRP SOL	11,2	26,9	4,9	23,0
Białko Protein (% s.m.)	Kontrola / Control	21,7	23,3	0,4	1,8
	PRP SOL	22,1	23,8	0,5	2,3
Tłuszcz Fat (% s.m.)	Kontrola / Control	40,5	42,8	0,70	1,7
	PRP SOL	39,4	42,4	0,8	1,9
Suma glukozynolanów Total glucosinolate (μM·g nasion)	Kontrola / Control	16,3	18,7	0,7	3,9
	PRP SOL	16,1	19,9	1,1	6,2

Niekorzystną reakcją tego gatunku na nawożenie PRP SOL potwierdzają wartości minimalne i maksymalne plonu rzepaku ozimego uzyskiwane w okresie badań, które były wyższe na obiektach kontrolnych, nawożonych mineralnie aniżeli na obiektach nawożonych PRP SOL (tab. 9). Wyższa wartość współczynnika zmienności odnotowana na kontroli wskazuje na mniejszą stabilność plonowania. Stabilizacja plonowania roślin na niższym poziomie, jako skutek stosowania PRP SOL nie jest korzystna.

Zastosowanie PRP SOL w uprawie rzepaku ozimego prowadziło do obniżenia wartości wszystkich komponentów plonowania (tab. 8). Liczba łuszczyń na jednostce powierzchni na obiektach z PRP SOL w porównaniu z kontrolą była niższa o 453,3 szt·m<sup>-2</sup>, co było istotne statystycznie. Obserwowane różnice w porównaniu z kontrolą w liczbie nasion w łuszczyńce oraz w masie 1000 nasion były niewielkie, nieistotne statystycznie i wyniosły odpowiednio -

0,2 szt. i -0,1 g. W innych badaniach [26] po zastosowaniu PRP SOL masa 1000 ziaren pszenicy istotnie spadała z kolei u jęczmienia jarego nieistotnie rosła. Wskazuje to na interakcję genotypowo środowiskową w kształtowaniu się tej cechy.

Stosując nawożenie PRP SOL w uprawie rzepaku uzyskano niekorzystny spadek wartości minimalnych wszystkich składowych plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 9). Z kolei wartości maksymalne tych cech układały się różnie. I tak po zastosowaniu badanego nawozu maksymalna liczba łuszczyń na 1m<sup>2</sup> oraz nasion w łuszczyńce były wyższe niż w kontroli. Natomiast w przypadku MTZ było odwrotnie i tradycyjne nawożenie fosforowo-potasowe okazało się lepsze. Stosowanie PRP SOL w uprawie rzepaku zwiększało zmienność plonowania roślin, a współczynniki zmienności wszystkich komponentów plonowania były wyższe niż na kontroli.

Tab. 10. Zawartość białka, tłuszczu, ADF i NDF w s.m. nasion (%)  
 Table 10. The content of protein, fat, ADF and NDF in seeds (% D.M.)

Wyszczególnienie Description	Białko / Protein	Tłuszcz / Fat	ADF	NDF
Kontrola / Control	22,59	41,57	17,34	27,38
PRP SOL	22,88	41,19	17,40	27,08
Różnica / Difference	0,29	- 0,38	0,06	- 0,30
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	r.n./ n.s.	0,223	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.

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

Tab. 11. Zawartość glukozynolanów w nasionach ( $\mu\text{M}\cdot\text{g}$  nasion)  
 Table 11. Glucosinolate content in seeds ( $\mu\text{M}\cdot\text{g}$  seeds)

Wyszczególnienie Description	SG	GA	G	P	GL	4HY	GLU	N
Kontrola / Control	17,76	15,16	4,95	8,97	0,23	3,11	0,81	0,12
PRP SOL	18,41	15,45	5,06	9,08	0,22	3,13	0,83	0,13
Różnica / Difference	0,65	0,29	0,11	0,11	- 0,01	0,02	0,02	0,01
NIR <sub>(0,05)</sub> / LSD <sub>(0,05)</sub>	0,682	r.n./ n.s.	0,181	r.n./ n.s.	0,009	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.	r.n./ n.s.

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

SG – Suma glukozynolanów; GA– Glukozynolany alkenowe; G – Glukonapina; P – Progoitryna; GL – Glukobrassicyna; 4HY – 4-hydroksyglukobrassicyna; GLU – Glukobrassiconapina; N – Napoleiferyna;

SG - Sum of glucosinolates GA– Glucosinolates alkene, G - Glukonapina P - Progoitryna; GL - Glukobrassicyna; 4HY - 4-hydroksyglukobrassicyna, GLU - Glukobrassiconapina N - Napoleiferyna

Skład chemiczny nasion rzepaku decyduje o ich przydatności do przerobu w olejarniach, ale także o wartości pokarmowej śruty poekstrakcyjnej [2]. Nawożenie rzepaku PRP SOL nie zmieniało istotnie zawartości białka w suchej masie nasion rzepaku. Zaobserwowano jedynie tendencję w tej technologii do gromadzenia większej niż w kontroli ilości tego składnika (tab. 10). Użycie PRP SOL powodowało wzrost zmienności w latach zawartości białka w nasionach rzepaku, jednak przy korzystnym zwiększeniu wartości minimalnych i maksymalnych cechy (tab. 9). Natomiast zawartość tłuszczu w nasionach istotnie spadała, gdy rośliny nawożono PRP SOL, a różnica względem kontroli wyniosła 0,38 pkt.%. Zmniejszeniu ulegały też wartości minimalne i maksymalne procentowej zawartości tłuszczu, a ponadto niekorzystnie wzrastała zmienność tej zawartości w latach. Nasiona rzepaku uprawianego z wykorzystaniem badanego nawozu nie różniły się istotnie zawartością włókna kwaśno-detergentowego (NDF) oraz włókna neutralno-detergentowego (ADF).

Glukozynolany występują naturalnie w roślinach z rodziny *Brassicaceae*. W żywieniu zwierząt są niepożądane, natomiast badania naukowe dowodzą, że często spożywane przez ludzi mogą zapobiegać rozwojowi raka piersi, prostaty, płuc i żołądka [5, 19]. Wieloletnie prace hodowlane doprowadziły do zredukowania zawartości tej grupy glikozydów w nasionach rzepaku. Przeprowadzone badania wykazały istotny wzrost sumy glukozynolanów w nasionach rzepaku uprawianego z użyciem PRP SOL, a średni wzrost ich zawartości w porównaniu do kontroli wyniósł 0,65  $\mu\text{M}/\text{g}$  nasion (tab. 11). Badany nawóz powodował ponadto wzrost, w porównaniu z kontrolą, wartości maksymalnych i spadek wartości minimalnych zawartości glukozynolanów w nasionach, przy wyraźnym wzroście zmienności tej cechy w latach (tab. 9). Wprowadzenie PRP SOL powodowało istotny wzrost zawartości glukonapiny, tendencję do wzrostu zawartości glukozynolanów alkenowych i nie zmieniało zawartości pozostałych pięciu grup glukozynolanów. Warunki środowiskowe w czasie wegetacji roślin, a zwłaszcza niedobór wody modyfikują zawar-

tość białka, tłuszczu, ale także glukozynolanów w nasionach rzepaku. Wpływ warunków środowiskowych na wysokość oraz jakość plonu potwierdziły badania Champoliviera i in. [4] oraz Hu i in. [14].

#### 4. Wnioski

1. Stosowanie technologii PRP SOL prowadziło do istotnego obniżenia zwięzłości gleby w warstwie 0-10 cm i nieistotnego w obu głębszych warstwach.
2. Pomimo wykazanego lepszego stanu odżywienia roślin azotem uzyskanego dla kombinacji nawożonych PRP SOL, plonowanie roślin uprawianych z użyciem tego nawozu było niższe w trzech spośród pięciu lat prowadzenia badań niż po stosowaniu tradycyjnego nawożenia fosforowo-potasowego. W warunkach panujących w latach 2007 i 2011 użycie PRP SOL prowadziło do przyrostu plonu nasion odpowiednio o 1,16 i 1,42 dt ha<sup>-1</sup>.
3. Rzepak nawożony PRP SOL zawierał mniej (o 0,4pkt%) tłuszczu w suchej masie nasion, natomiast więcej glukonapiny.

#### 5. Bibliografia

- [1] Barabasz W., Albińska D., Jaśkowska M., Lipiec J.: Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms. *Pol. J. Env. St.*, 2002, Vol. 11(3), 193-198.
- [2] Bartkowiak-Broda I., Wałkowski T., Ogrodowczyk M.: Przyrodnicze i agrotechniczne możliwości kształtowania jakości nasion rzepaku. *Pam. Puł.*, 2005, 139, 7-25.
- [3] Bielińska E. J., Mocek A.: Aktywność enzymatyczna gleby użytkowanej sadowniczo jako wskaźnik stanu środowiska wywołany stosowaniem ściółek z tworzyw sztucznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2003, 492, 25-37.
- [4] Champolivier L., Merrien A.: Comparison of growth, yield, yield components and seed quality of an „hybrid-line” composite versus a classical line. *Proc. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra, Australia, CD ROM, 1999.*
- [5] Chen C., Kong A.N.: Dietary cancer-chemopreventive compounds: from signaling and gene expression to pharmacological effects. *Trends Pharmacol. Sci.*, 2005, 26, 318–326.

- [6] Cichy H., Cicha A., Starzycki M., Rybiński W.: Wpływ obsady roślin na plonowanie rzepaku ozimego. Biul. IHAR, 2006, 242, 225-232.
- [7] Czerednik A., Nalborczyk E.: Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) – nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. Biul. IHAR, 2000, 215, 13-22.
- [8] Fotyma M., Mercik S.: Chemia rolna. Wyd. PWN Warszawa, 1995.
- [9] Gaj R., Grzebisz W.: Fosfor i potas zastosować według potrzeb. Top Agrar Extra – Rzepak, 2007, wyd. I, 66-69.
- [10] Gąsiorowska B., Makarewicz A.: Wpływ nawożenia dolistnego na plony i jakość ziarna pszenicy jarej. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia, 2008, sectio E, Vol. LXIII (4), 87–95.
- [11] Gregorczyk A., Piech M.: Porównanie dynamiki wzrostu owsa nieoplewionego z oplewionym. Biul. IHAR, 2000, 215, 201-208.
- [12] Grzebisz W.: Nie tylko azot. Rzepak nowe perspektywy, Agro Serwis, 2010, 4, 26-30.
- [13] <http://www.prp-technologies.eu/pl/pl/produkty-i-uslugi/prp-sol>
- [14] Hu L., Cheng H., Zhou G., Fu T.: Effect of different nitrogen nutrition on the quality of rapeseed (*Brassica napus* L.) stressed by drought: Proc. 12th Int. Rapeseed Congress, Wuhan, Chiny, 2007, 3, 269.
- [15] Krzywy-Gawrońska E., Przybulewska K.: Evaluation of the direct effect and after-effect of organic fertilisation without and with PRP Sol addition on soil enzymatic activity. Ecological Chemistry and Engineering, 2012, Vol. 19 (1-2), 87-96.
- [16] Lipski S.: Żywienie roślin czy nawożenie gleby? Dla rolnictwa czystego i produktywnego. PRP Polska, Warszawa, 2008, 1, 3-6.
- [17] Martyniak L., Burzyńska I., Kolasiński J.: Wpływ uwilgotnienia i nawożenia gleby na zawartość makroelementów w resztkach poźniwnych pszenicy jarej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2010, 1 (29), 89-97.
- [18] Michalska-Klimczak B.: Wiosną rzepak potrzebuje azotu. Nasz rzepak, 2011, 2(27), 50-51.
- [19] Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J.: Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape. Effect of sample preparation on analytical results. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, 9-11 July 1991, Cambridge, UK, Vol. 1 (6-8), 87-96.
- [20] Niewiadomska A., Sulewska H., Głuchowska K.: Wpływ związków mineralnych MIP na aktywność mikrobiologiczną gleby po uprawę wybranych roślin rolniczych. Nauka Przyr. Technol., 2010, 4, 6, 83-91.
- [21] Orlik T., Wesołowska-Janczarek M., Marzec M.: Porównanie wpływu dolistnego dokarmiania i nawożenia doglebowego na plonowanie zbóż w terenach erodowanych. Acta Agrophysica, 2005, 5(2), 367-375.
- [22] Pietkiewicz S.: Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin. Wiad. Bot., 1985, 29 (1), 29-42.
- [23] Praca zbiorowa pod red. Marcinka i J. Komisarek. Roczniki Gleboznawcze, 2011, Wydanie 5, LXII (3), Warszawa, 193 ss.
- [24] Siebielec G., Stuczyński T.: Ocena nawozu Euragri Sol firmy PRP pod kątem jego wpływu na kształtowanie żyzności i produktywności gleb. Wyd. IUNG Puławy, 2004, 20-30.
- [25] Siuta J.: Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. Inżynieria ekologiczna, 2003, 7, 7-42.
- [26] Sulewska H., Koziała W., Panasiewicz K., Niewiadomska A.: Reakcja pszenicy ozimej i jęczmienia jarego na nawożenie PRP SOL. J. Res. Appl. Agric. Engng, 2011, 56(4), 129-133.
- [27] Sulewska H., Koziała W., Szymańska G., Niewiadomska A., Majchrzak L., Panasiewicz K.: Reakcja ziemniaków na nawożenie PRP SOL. J. Res. Appl. Agric. Engng, 2012, 57(4), 116-121.
- [28] Toboła P., Cieśliski W.: Starannie przygotować glebę. Top Agrar Polska, 2007, 7, 34-38.
- [29] Wójtowicz M.: Wpływ warunków środowiskowych na zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion rzepaku ozimego oraz komponentami jego struktury. Rośliny Oleiste, 2005, T. XXVI (1), 99-110.