

## REAKCJA GROCHU (*PISUM SATIVUM*) NA NAWOŻENIE MINERALNE I NATURALNE

JERZY KSIĘŻAK<sup>1</sup>

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy,  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

**Synopsis.** Doświadczenie polowe zakładano jesienią w latach 2011–2014 r w RZD Grabów w układzie bloków losowanych, w 4 powtórzeniach. W doświadczeniu oceniano następujące sposoby nawożenia grochu ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ): 1 – bez nawożenia, 2 – nawożenie mineralne (N–20,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 40–45,  $\text{K}_2\text{O}$ : 90–106), 3 – słoma, 4 – słoma + nawożenie mineralne (N–35,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 25–32,  $\text{K}_2\text{O}$ : 20–32), 5 – międzyplon (gorczyca biała), 6 – międzyplon (gorczyca biała) + nawożenie (N–20,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 40–45,  $\text{K}_2\text{O}$ : 90–105). Na wszystkie obiekty zastosowano  $\text{MgO}$  w dawce od 40 do  $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Najlepsze wyniki produkcyjne (plon nasion i białka) zapewniała uprawa grochu nawożonego nawozami organicznymi (słomą lub międzyplonem) z aplikacją wiosną pełnego nawożenia mineralnego. Zastosowanie nawożenia mineralnego i organicznego w latach o mniejszej ilości opadów w okresie wegetacji zwiększało zawartość tłuszczu w nasionach grochu, natomiast w roku o większej sumie (2014) i bardziej równomiernie rozłożonych (2015) nie obserwowano takiej tendencji. Łączne nawożenie słomą lub międzyplonem w połączeniu z nawożeniem mineralnym w lata o większej ilości opadów, powodowało zwiększenie zawartości popiołu w nasionach grochu. Rośliny grochu nawożone mineralnie oraz słomą i wysiewane po międzyplonie charakteryzowała istotnie większa liczba strąków oraz masa nasion na roślinie niż nie nawożone mineralnie. Wysiew międzyplonu lub zastosowanie słomy wpływało korzystnie na zawartość  $\text{C}_{\text{org}}$  w warstwie ornej przed siewem grochu. Nawożenie mineralne powodowało szybszy rozkład masy organicznej w glebie i w okresie zbioru obserwowano jej mniejszą koncentrację niż w czasie kwitnienia. Mniejszą ilość  $\text{C}_{\text{org}}$  stwierdzono w glebie na której groch był nawożony mineralnie niż w glebie bez nawożenia mineralnego. Stwierdzono niewielkie zróżnicowanie stosunku C/N w okresie kwitnienia i przed zbiorem pod wpływem nawożenia organicznego jak i mineralnego. Na koncentrację P i K w glebie na której był uprawiany groch w okresie kwitnienia i przed zbiorem małe znaczenie miało zastosowanie słomy lub wysiew gorczycy białej, natomiast nawożenie mineralne przed siewem grochu wpływało korzystnie na zasobność obu makroskładników w warstwie ornej gleby. Wysiew gorczycy białej lub zastosowanie słomy wpływało korzystnie na odczyn gleby przed siewem grochu, natomiast w okresie kwitnienia i przed zbiorem pH było bardzo podobne niezależnie od sposobu nawożenia grochu.

**Słowa kluczowe:** groch, nawożenie naturalne, nawożenie mineralne

### WSTĘP

Warunki agroekologiczne w naszym kraju są odpowiednie dla uprawy wielu gatunków roślin strączkowych. Spośród tej grupy groch odznacza się wysoką plennością, ale jednocześnie znaczącą zmiennością poziomu plonowania. Zwiększenie areалу uprawy tego gatunku i poprawa stabilności plonowania mogą przyczynić się do istotnego ograniczenia niedoboru pasz białkowych. Jednocześnie groch ze względu na dużą zawartość białka zdaniem Bilalisa i in. [2015] może być uważany za alternatywne źródło białka dla soi w krajach w których nie jest ona

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: e-mail: jerzy.ksiezak@iung.pulawy.pl

gatunkiem naturalnym lub gdy nasiona tego gatunku nie mogą być stosowane z powodu reakcji alergicznych lub nietolerancji [Davidsson i in 2001]. Zapewnienie wysokiej plenności, wymaga zastosowania nawożenia mineralnego, naturalnego lub biologicznego [Brkic 2004, Elsheikh i in. 2009]. Ważnym źródłem nawożenia organicznego, a jednocześnie istotnym elementem utrzymania równoważnego bilansu próchnicy w glebie jest słoma zbożowa oraz biomasa międzyplonów [Kuś i Smagacz 2001, Smagacz 2003]. Biomasa taka jest prekursorem trwałej materii organicznej, źródłem energii dla mikroorganizmów oraz wpływa na fizyczne i chemiczne właściwości gleby [Andrzejewska 1997, Smoliński i in. 1997]. Silny system korzeniowy zdolny do pobierania składników pokarmowych z głębszych warstw gleby i form trudno przyswajalnych oraz małe wymagania przedplonowe powodują, że groch najczęściej uprawiany jest po zbożach. Czynniki te powodują słabszą reakcję tego gatunku na aplikowanie fosforu, potasu na glebach o średniej zasobności w te składniki. Z danych w dostępnej literaturze wynika, że dotychczas nie oceniono reakcji grochu na nawożenie słomą i biomasą międzyplonów ścierniskowych.

Celem badań była ocena wpływu słomy, międzyplonu ścierniskowego i nawożenia mineralnego na wzrost, rozwój, plonowanie i jakość nasion grochu.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe zakładano jesienią w latach 2011–2014 r w RZD Grabów (51°23' N, 21°38' E) w układzie bloków losowanych, w 4 powtórzeniach. W doświadczeniu oceniano następujące sposoby nawożenia grochu : 1 – kontrola bez nawożenia, 2 – nawożenie mineralne NPK (N–20, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 40–45, K<sub>2</sub>O: 90–106 kg·ha<sup>-1</sup>), 3 – słoma, 4 – słoma + nawożenie mineralne NPK (N–35, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 25–32, K<sub>2</sub>O: 20–32 kg·ha<sup>-1</sup>), 5 – międzyplon (gorczyca biała), 6 – międzyplon (gorczyca biała) + nawożenie mineralne NPK (N–20, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 40–45, K<sub>2</sub>O: 90–105 kg·ha<sup>-1</sup>). Na wszystkie obiekty zastosowano MgO w dawce od 40 do 60 (kg·ha<sup>-1</sup>).

Obsada grochu (odm. Tarchalska) wynosiła 100 szt·m<sup>-2</sup>; wielkość poletka 30,0 m<sup>2</sup>, a do zbioru 27 m<sup>2</sup>. Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej kompleksu pszennego dobrego, klasy IIIa [Marcinek i Komisarek 2011]. Siew wykonywano na przełomie marca i kwietnia. W celu odchwaszczenia grochu po siewie stosowano Stomp 330 EC w dawce 3,5 l·ha<sup>-1</sup>. Zbiór grochu wykonywano w fazie dojrzałości pełnej w ostatnich dniach lipca lub pierwszych dniach sierpnia. Wysiew międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała) oraz nawożenie słomą (około 5 t·ha<sup>-1</sup>) wykonywano w drugiej połowie sierpnia. Plon zielonej masy gorzycy wynosił od 7,1 do 13,0 t·ha<sup>-1</sup> przy średniej zawartości suchej masy około 15,0%. Według Jaskulskiego i Jaskulskiej [2004] w warunkach sprzyjających wzrostowi międzyplonów (ciepła, długa i umiarkowanie wilgotna jesień) zanotowany plon zielonej masy międzyplonów wynosił ponad 22 t z 1 ha. Orkę zimową wykonywano w pierwszej dekadzie listopada.

W okresie wegetacji były notowane daty wystąpienia faz rozwojowych roślin: – pełnia wschodów, początek i koniec kwitnienia, dojrzałość 70–80% nasion na roślinie. Przed zbiorem na wybranych roślinach z każdego poletka określono ich strukturę (liczba strąków i nasion na roślinie, liczba nasion w strąku). Ponadto oznaczono masę ziaren na roślinie i masę tysiąca ziaren, a po zbiorze plon nasion roślin w przeliczeniu na 14% wilgotności.

W nasionach określono zawartość azotu ogólnego i fosforu (analiza przepływowa – CFA), potasu (emisyjna spektrometria atomowa), tłuszczu surowego, włókna surowego i popiołu (metoda wagowa). Przed siewem grochu, w okresie kwitnienia i po zbiorze ustalono pH gleby w wodzie (metoda potencjometryczna), oznaczono zawartość węgla organicznego, azotu całkowitego (analiza elementarna), potasu (emisyjna spektrometria atomowa) i fosforu przyswajalnego

(metoda spektrofotometryczna). Ponadto obliczono stosunek C do N w glebie w zależności od zastosowanego sposobu nawożenia.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W pierwszym roku badań (2012) zanotowano znacznie mniejsze plony nasion grochu. Spowodowane to było głównie małą ilością opadów w trzeciej dekadzie czerwca i pierwszej dekadzie lipca (tab. 1). W tych warunkach na poziom plonowania ocenianego gatunku zastosowane nawożenie nie miało istotnego wpływu. W drugim i trzecim roku badań (2013 i 2014) zanotowano znacznie wyższe plony nasion grochu na wszystkich obiektach nawożonych w stosunku do obiektu bez nawożenia mineralnego (różnice istotne). Natomiast w roku 2015 plony nasion były większe niż w roku jak w roku 2012, ale mniejsze niż w roku 2013 i 2014. Było to przede wszystkim efektem małej ilości opadów w czerwcu i trzeciej dekadzie lipca oraz silnego wiatru w trzeciej dekadzie lipca który spowodował silne wyleganie roślin. Ponadto w lipcu i sierpniu panowały wysokie temperatury powietrza co dodatkowo pogarszało warunki dla plonowania roślin. W roku o małej ilości opadów Bochniarz i in. [1987] zanotowali dwukrotnie mniejsze plony bobiku niż w roku o korzystniejszym przebiegu pogody, ale jednocześnie reakcja bobiku na nawożenie fosforem w tych warunkach była największa..

Tabela 1. Przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji grochu

Table 1. Course of weather conditions during the vegetation of pea

Lata Years	Miesiące/Month							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	suma sum
Opady – Rainfalls (mm)								
2012	20,9	37,8	36,5	54,3	81,6	64,2	21,8	317,1
2013	41,1	29,9	112	116,3	20,8	11,6	63,9	395,6
2014	36,5	51,1	161,7	93,1	101,4	91,9	15,2	536,9
2015	63,2	34,8	107,0	30,3	51,7	6,2	93,9	387,1
1871–2000	30,0	39,0	57,0	71,0	84,0	75,0	50,0	
Temperatura – Temperature (°C)								
2012	-	9,6	15,3	17,7	20,9	18,8	14,5	-
2013	-	8,3	15,3	18,6	19,7	19,2	11,8	-
2014	-	9,9	13,5	15,2	20,4	17,9	14,4	-
2015	-	8,1	12,7	16,9	19,7	22,1	15,0	-
1871–2000	1,6	7,7	13,4	16,7	18,3	17,3	13,2	-

Średnio za cztery lata wyższy poziom plonów o około 11,0% w stosunku do kontroli (bez nawożenia mineralnego) uzyskano z uprawy grochu nawożonego nawozami organicznymi (słomą lub poplonem) lub nawożonego nawozami organicznymi i z zastosowaniem wosną pełnego

nawożenia mineralnego (tab. 2). W lata o korzystnym przebiegu warunków atmosferycznych w okresie wegetacji (2013 i 2014) zwyczajka była jeszcze większa i wynosiła ponad 13,0%. Zdecydowanie słabiej reagował groch na zastosowanie nawożenia organicznego i mineralnego w latach o silnych niedoborach opadów atmosferycznych w okresie wegetacji (około 4,5%). Wyższy poziom uzyskanego plonu zapewniła również uprawa grochu po słomie lub międzyplonie [gorczyca biała] wysiewanym jesienią w stosunku do kontroli bez nawożenia mineralnego. Jednak najlepsze wyniki produkcyjne uzyskano po łącznym zastosowaniu słomy lub poplonu wraz z aplikacją nawozów mineralnych, dla uprawianego tylko po gorczycy wynosiła około 8% a po nawożeniu słomą około 9,0%.

Tabela 2. Plon nasion grochu w zależności od sposobu nawożenia ( $t \cdot ha^{-1}$ )  
Table 2. Yield of pea seeds depending on method fertilization ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Obiekty/Treatments	2012	2013	2014	2015	Średnio/Mean 2012–2015
Bez nawożenia/Without fertilization	2,64	4,06	4,17	3,00	3,47
NPK	2,69	4,74	4,69	3,15	3,82
Słoma/Straw	2,80	4,30	4,49	3,09	3,67
Słoma/Straw + NPK	2,83	4,92	5,00	3,22	3,99
Międzyplon/Catch crop	2,46	4,53	4,58	3,29	3,71
Międzyplon/Catch crop + NPK	2,51	5,07	4,91	3,53	4,00
Średnio/Mean	2,65	4,60	4,64	3,44	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	0,16	0,40	r.n.	-

r.n. – różnice nieistotne/non significant differences

W dostępnej literaturze jest stosunkowo mało prac poświęconych nawożeniu potasem, fosforem i azotem grochu, najczęściej dotyczą nawożenia azotem [Brkić i in. 2004, El-Sherbiny i in. 2014]. Borowiecki in. [2004], Jasińska i Malarz [1983], Książak [2009], Voisin i in. [2002] podają, że zmienne plony nasion grochu są spowodowane zawartością N mineralnego w glebie oraz nawożeniem N wpływającym na aktywność brodawek korzeniowych. Zasilanie grochu N mineralnym według Wojcieszkiej i in. [1993], ma wpływ na przebieg jego wegetacji i okres jej trwania, natomiast powoduje zwiększenie plonu biomasy i nasion, ale tylko w warunkach kontrolowanych. Autor we wcześniej przeprowadzonych doświadczeniach [Książak 2009] nie zanotował znaczącego wpływu azotu na poziom plonowania grochu, ale korzystniej oddziaływało aplikowanie tego składnika w formie płynnej niż sypkiej. Jasińska i Malarz [1983] oraz Jasińska i Kotecki [1989] w badaniach dotyczących nawożenia P i K bobiku nie obserwowali znaczącego wzrostu plonu pod wpływem zwiększonych dawek tych składników, natomiast Bochniarz i in. [1987a, 1987b] wykazali korzystny wpływ nawożenia tymi składnikami. Bochniarz i in. [1989] w innej pracy podają, że na glebach lepszych o dużej zasobności w te składniki nie występuje reakcja roślin na nawożenie fosforem i potasem, a największą efektywność nawożenia zanotowali na glebach średnich. Ziółek [1976] zanotował zwiększenie plonu nasion bobiku o kilka procent po zastosowaniu nawożenia fosforem, ale w innej pracy [Ziółek 1981] na gle-

bach zasobnych w ten składnik nie obserwował reakcji bobiku na nawożenie tym makroskładnikiem. Natomiast Songin [1975] obserwowała zwiększenie plonu bobiku po zwiększeniu dawki potasu i azotu tylko w warunkach nawadniania. Uzyskane wyniki doświadczeń w warunkach kontrolowanych przez Podleśną [2000] wskazują, że większa dostępność K dla roślin bobiku spowodowała silny wzrost plonu nasion w porównaniu do plonu uzyskanego przez rośliny rosące w warunkach niedoboru tego składnika.

W badaniach jak również w praktyce słoma zbóż lub międzyplony ścierniskowe rzadko są wykorzystywane do nawożenia grochu. Dostępne prace oceniają ich przydatność w uprawie zbóż [Duer 1996, Kotecki i in. 2003, Siuta, 1999, Smagacz, 2009, Spiak 2002], a niewiele dotyczy zastosowania do nawożenia rzepaku [Kotecki i in. 2002]. Wyniki prac niektórych autorów [Duer 1996, Kotecki i in. 2003, Spiak 2002] nie wykazują korzystnego oddziaływania przyoranej słomy na plonowanie zbóż, a brak takiej reakcji wynika z biologicznego uwstecznienia przyswajalnego azotu. Potwierdzeniem jest mniejsza zawartość N mineralnego w glebie, zanotowana przez Jaskulskiego i Jaskulską [2004], na obiekcie nawożonym słomą w porównaniu z obiektem gdzie nie stosowano takiego nawożenia. Okresowy niedobór azotu (1,5 g·100 g słomy) spowodowany jest tym, iż około 35% masy węgla ze słomy wykorzystywane jest na biosyntezę masy drobnoustrojów (Lynch 1983). Wyniki uzyskane przez Siutę [1999] wskazują, iż w pszenicy uprawianej w monokulturze, zwiększenie dawki słomy powodowało niewielki przyrost plonu ziarna. Na zbliżoną wielkość przyrostu plonu ziarna wskazują również Asmus i Völker [1984], Pawłowski i Wesołowski [1991].

Zdecydowanie większy plon białka podobnie jak plon nasion zanotowano w latach o korzystniejszym przebiegu warunków atmosferycznych w okresie wegetacji, a najmniejszy w roku 2012 o zdecydowanie mniejszej ilości opadów i mniej korzystnym ich rozkładzie (tab. 3). Największy plon białka był na obiektach na których stosowano nawożenie, a zwłaszcza gdy aplikowano łącznie nawożenie organiczne i mineralne.

Tabela 3. Zawartość i plon białka grochu w zależności od sposobu nawożenia  
Table 3. Content and yield protein of pea depending on method of fertilization

Obiekty Treatments	Zawartość białka/Protein content (g·kg <sup>-1</sup> )					Plon białka/Yield of protein (kg·ha <sup>-1</sup> )				
	2012	2013	2014	2015	średnio mean	2012	2013	2014	2015	średnio mean
Bez nawożenia/ Without fertilization	236	267	239	269	253	620	987	995	806	852
NPK	231	266	247	268	253	622	1120	1161	846	937
Słoma/Straw	229	272	239	275	254	642	1078	1007	850	894
Słoma/Straw + NPK	227	269	247	269	253	644	1227	1237	865	993
Międzyplon/ Catch crop	229	276	239	271	254	564	1144	1093	892	923
Międzyplon/ Catch crop + NPK	228	269	247	262	252	572	1210	1212	925	980
Średnio/Mean	230	270	241	269	-	611	1128	1118	864	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	-	35	46	50	39	-

r.n. – różnice nieistotne/non significant differences

Większą zawartością białka niż w pozostałe lata prowadzenie doświadczeń, charakteryzowały się nasiona grochu w roku 2013. Znaczna ilość opadów w maju i czerwcu wpływała korzystnie na wzrost roślin [większa biomasa], a większa powierzchnia asymilacyjna sprzyjała akumulacji tego składnika. Natomiast najmniejsza ilość tego składnika w nasionach grochu była gromadzona w roku 2012, odznaczającym się małą ilością opadów na przełomie czerwca i lipca. Zastosowanie nawożenia mineralnego i organicznego miało stosunkowo mały wpływ na akumulację tego składnika, chociaż zaobserwowano tendencje zmniejszenia koncentracji w nasionach grochu nawożonego azotem (różnice nieistotne).

Jasińska i Malarz [1983] obserwowali korzystne działanie azotu na zawartość białka w nasionach grochu i wydajność tego składnika, przy czym wystąpiło znaczne zróżnicowanie między odmianami. Songrin i Czyż [1982] zanotowali także wzrost zawartości białka w nasionach grochu niezależnie od odmiany. Autor we wcześniej przeprowadzonych badaniach [Książak 2009] obserwował niewielki wpływ nawożenia N na zawartość białka w grochu, a jego niewielkie zwiększenie wystąpiło w roku o małej ilości opadów w okresie wegetacji. Kulig i Ziółek [1997] zanotowali zwiększenie zawartości białka w nasionach bobiku po zastosowaniu azotu, ale jednocześnie korzystniej na tę cechę oddziaływało dolistnie dokarmianie tym składnikiem. Behairy i in. [1998] oraz Nowak i in. [1995] nie stwierdzili natomiast większych zmian koncentracji białka i innych składników w bobiku po zastosowaniu przedsięwziętej dawki azotu.

W latach 2012–2014 w nasionach grochu gromadziło się podobna ilość tłuszczu, a więcej tego składnika kumulowały nasiona w roku 2015 o stosunkowo małej ilości opadów w końcu lipca i na początku czerwca (tab. 4). W pierwszych dwóch latach (2012 i 2013) zastosowanie nawożenia mineralnego i organicznego powodowało zwiększenie zawartości tłuszczu w nasionach grochu, natomiast w roku 2014 i 2015 nie obserwowano takiej tendencji. Przebieg pogody w okresie wegetacji zastosowane nawożenie mineralne i organiczne stosunkowo słabo wpływało na zawartość włókna w nasionach grochu (tab. 4). Obserwowano jedynie niewielkie

Tabela 4. Zawartość włókna surowego i tłuszczu w nasionach grochu w zależności od sposobu nawożenia ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Table 4. Concentrations of crude fibre and fat in pea seeds depending on method fertilization ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Obiekty Treatments	Włókno surowe/Crude fibre					Tłuszcz/Fat				
	2012	2013	2014	2015	średnio mean	2012	2013	2014	2015	średnio mean
Bez nawożenia/ Without fertilization	56,2	57,6	56,0	55,0	56,2	21,4	22,1	24,0	34,0	25,4
NPK	54,8	55,2	58,0	54,0	55,5	21,0	24,0	23,0	32,0	25,0
Słoma/Straw	60,4	55,0	57,0	55,0	56,9	23,9	23,0	23,0	32,0	25,5
Słoma/Straw + NPK	59,7	55,8	56,0	55,0	56,6	26,1	23,0	24,0	34,0	26,8
Międzyplon/Catch crop	62,8	55,9	57,0	54,0	57,4	24,0	24,0	22,0	32,0	25,5
Międzyplon/ Catch crop + NPK	60,2	54,6	56,1	54,0	56,2	24,9	27,0	22,9	31,0	26,5
Średnio/Mean	59,0	55,8	56,6	54,6	-	23,5	23,8	23,2	32,5	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	6,9	r.n.	r.n.	r.n.	-	2,2	1,9	r.n.	3,1	-

r.n. – różnice nieistotne/non significant differences

zmniejszenie na obiektach nawożonych mineralnie w pierwszym roku badań. Najmniejszą ilość popiołu zawierały nasiona grochu w roku 2012, natomiast w trzech pozostałych latach była ona zbliżona i większa niż w pierwszym roku (tab. 5). Łączne nawożenie grochu słomą lub międzyplonem w połączeniu z nawozami mineralnymi powodowało zwiększenie zawartości popiołu w nasionach grochu w lata o większej ilości opadów (różnice istotne). Znacząco więcej fosforu i potasu zawierały nasiona grochu w roku 2014 w którym w lipcu wystąpiła znaczna ilość opadów atmosferycznych. Zróżnicowane nawożenie zastosowane pod groch wywierało mały wpływ na kumulację tych makroelementów w nasionach grochu (tab. 6).

Zastosowanie azotu i fosforu w uprawie bobiku zwiększało zawartość białka w jego nasionach w odniesieniu do kontroli [Dietrych-Szóstak i in. 1989]. Nawożenie N, P i K bobiku nie

Tabela 5. Zawartość popiołu w nasionach grochu w zależności od sposobu nawożenia ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )  
Table 5. Concentrations of ash in pea seeds depending on method fertilization ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Obiekty/Treatments	2012	2013	2014	2015	Średnio/Mean
Bez nawożenia/Without fertilization	30,6	32,0	32,0	33,1	31,9
NPK	30,7	33,0	33,0	33,8	32,6
Słoma/Straw	31,0	34,0	32,0	34,1	32,8
Słoma/Straw + NPK	31,5	35,0	34,0	34,8	33,8
Międzyplon/Catch crop	31,0	35,0	32,0	33,6	32,9
Międzyplon/Catch crop + NPK	31,5	35,0	33,0	33,6	33,3
Średnio/Mean	31,0	34,0	32,9	33,8	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	0,2	0,1	r.n.	-

r.n. – różnice nieistotne/non significant differences

Tabela 6. Zawartość fosforu (P) i potasu (K) w nasionach grochu w zależności od sposobu nawożenia ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )  
Table 6. Concentrations of phosphorus and potassium faba bean seeds depending on method fertilization ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Obiekty/Treatments	Fosfor/Phosphorus					Potas/Potassium				
	2012	2013	2014	2015	średnio mean	2012	2013	2014	2015	średnio mean
Bez nawożenia/Without fertilization	3,8	4,1	5,1	4,6	4,4	11,4	11,2	12,2	11,0	11,5
NPK	3,8	4,4	5,4	4,7	4,6	11,6	11,3	12,9	12,0	12,0
Słoma/Straw	3,9	4,5	5,3	5,1	4,7	11,6	12,0	12,6	11,0	11,8
Słoma/Straw + NPK	3,9	4,6	5,5	5,0	4,8	11,9	12,2	13,2	12,0	12,3
Międzyplon/Catch crop	3,8	4,4	5,1	4,6	4,5	11,4	12,0	12,5	11,0	11,7
Międzyplon/Catch crop + NPK	3,9	4,7	5,3	4,8	-	11,8	12,2	12,9	11,0	-

wpływało na zawartość makroskładników C, P, K, Ca, i MgO w jego nasionach, a wzrost dawki nawożenia jakimś składnikiem powodował wzrost jego zawartości w nasionach [Dietrych-Szóstak i in. 1989]. Podobnie Podleśna [2000] zaobserwowała wzrost zawartości K w nasionach bobiku i strączynach pod wpływem zwiększonych dawek tego składnika. Nowak i in. [1995] podają, że zawartość makroskładników w nasionach bobiku tylko w stosunkowo niewielkim stopniu zależała od wielkości zastosowanych dawek fosforu i potasu. Jednocześnie wymienieni autorzy obserwowali tendencję do nieco większego nagromadzenia niektórych makroskładników w nasionach bobiku uprawianego na glebie o uregulowanym odczynie.

Pod wpływem zastosowanych różnych sposobów nawożenia następowały zmiany w architekturze łanu grochu (tab. 7–9). Rośliny nawożone mineralnie oraz słomą i wysiewane po międzyplonie zawiązywały istotnie więcej strąków oraz wytwarzały większą masę na roślinie niż na obiekcie kontrolnym bez nawożenia mineralnego (tab. 8 i 9). Zastosowanie nawożenia organicznego i mineralnego w uprawie tego gatunku miało mały wpływ na wielkość nasion i liczbę nasion na roślinie (różnice istotne tylko w roku 2014). Ponadto rośliny grochu najkorzystniejszymi cechami odznaczały się w roku 2014 o dużej ilości opadów w okresie wegetacji. Najmniejszą masę tysiąca nasion i liczbę nasion w strąku wytwarzały rośliny grochu w roku 2015, a najmniejszą liczbę strąków na roślinie i masę nasion na roślinie w roku 2012.

Tabela 7. Masa tysiąca nasion grochu w zależności od sposobu nawożenia (g)  
Table 7. Thousand seed weight pea depending on method fertilization (g)

Obiekty/Treatments	2012	2013	2014	2015	Średnio Mean
Bez nawożenia/Without fertilization	214	198	229	190	208
NPK	219	210	224	192	211
Słoma/Straw	213	200	229	193	209
Słoma/Straw + NPK	212	213	234	190	212
Międzyplon/Catch crop	214	208	225	200	212
Międzyplon/Catch crop + NPK	216	216	231	204	217
Średnio/Mean	215	207	228	195	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	15	r.n.	-

r.n. – różnice nieistotne/non significant differences

Jasińska i Malarz [1983] oraz Borowiecki i in. [2004] podają, że nawożenie N nie zmieniło cech morfologicznych grochu [liczba strąków na roślinie, masa 1000 nasion], zauważyli tylko pewną tendencję do wydłużania łodygi i wyższego osadzania strąka. Borowiecki i in. [2004] oraz Jensen [1987] stwierdzili mniejszą liczbę brodawek i ich suchą masę na korzeniach grochu pod wpływem nawożenia azotem. Rośliny bobiku na nawożenie azotem i fosforem według Dietrych-Szóstaki in. [1989] reagowały zwiększeniem ilości strąków i nasion na roślinie, natomiast ograniczały masę 1000 nasion w stosunku do kontroli. Podleśna [2000] więcej nasion na roślinie bobiku obserwowwała pod wpływem największych dawek potasu. Zdaniem tej autorki lepsze zaopatrzenie roślin w potas wpływało na znaczne zmniejszenie liczby nasion niewykształconych, przez co więcej nasion zawiązanych osiągało pełną dojrzałość. Ponadto niedobór



Tabela 8. Liczba strąków na roślinie i liczba nasion w strąku grochu w zależności od sposobu nawożenia (szt.)

Table 8. Number of pods per plant and number of seeds per pod pea depending on method fertilization (no.)

Obiekty/ Treatments	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant					Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod				
	2012	2013	2014	2015	średnio mean	2012	2013	2014	2015	średnio mean
Bez nawożenia/ Without fertilization	6,1	6,8	9,0	9,9	7,9	3,4	3,1	3,6	2,1	3,0
NPK	6,3	7,7	10,6	9,7	8,6	3,3	3,2	3,6	2,1	3,0
Słoma/Straw	6,1	7,5	9,7	10,5	8,4	3,5	3,0	3,6	1,9	3,0
Słoma/Straw + NPK	6,5	7,7	10,8	9,6	8,7	3,6	3,3	4,0	2,1	3,2
Międzyplon/Catch crop	6,3	7,5	9,8	9,7	8,3	3,6	3,0	3,6	2,1	3,1
Międzyplon/ Catch crop + NPK	6,2	7,8	10,3	10,5	8,7	3,6	3,2	4,0	2,0	3,2
Średnio/Mean	6,2	7,5	10,0	10,0	-	3,5	3,1	3,7	2,0	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,4	0,4	0,6	0,4	-	r.n.	r.n.	0,3	r.n.	-

r.n. – różnice nieistotne; nonsignificant differences

Tabela 9. Masa nasion i liczba nasion na roślinie grochu w zależności od sposobu nawożenia

Table 9. Seed weight and number of seeds per plant pea depending on method fertilization

Obiekty/ Treatments	Masa nasion na roślinie (g) Seed weight per plant (g)					Liczba nasion na roślinie (szt.) Number of seeds per plant (no.)				
	2012	2013	2014	2015	średnio mean	2012	2013	2014	2015	średnio mean
Bez nawożenia/ Without fertilization	4,15	4,59	8,29	6,86	5,97	22,1	21,2	32,5	20,3	24,0
NPK	4,47	6,05	10,09	6,92	6,88	24,4	24,6	37,5	20,4	26,7
Słoma/Straw	4,65	5,61	9,43	7,15	6,71	23,6	22,4	35,0	20,3	25,3
Słoma/Straw + NPK	4,79	6,25	9,69	7,18	6,98	24,8	24,8	43,1	20,1	28,2
Międzyplon/ Catch crop	4,76	5,51	8,88	6,99	6,54	22,2	22,7	35,5	20,3	25,2
Międzyplon/ Catch crop + NPK	4,80	6,46	9,83	7,21	7,08	22,5	25,0	41,0	20,7	27,3
Średnio/Mean	4,60	5,74	9,42	7,05	-	23,3	23,4	37,4	20,3	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,34	0,39	0,66	0,34	-	r.n.	r.n.	2,6	r.n.	-

r.n. – różnice nieistotne/ non significant differences

K w glebie powodował zmniejszenie liczby wykształconych strąków oraz wypełnionych nasion w strąku i obniżał masę wykształconych nasion.

Zawartość  $C_{org.}$  w warstwie ornej przed siewem grochu była znacznie większa na obiektach na których jesienią wysiewano gorczycę białą lub stosowano słomę niż na obiekcie kontrolnym (tab. 10). W glebie na której był uprawiany groch bez nawożenia mineralnego przed zbiorem zanotowano większą zawartość  $C_{org.}$  niż w okresie kwitnienia. Natomiast zastosowanie nawożenia mineralnego powodowało szybszy rozkład masy organicznej w glebie i w okresie zboru obserwowano jej mniejszą koncentrację niż w czasie kwitnienia. W roku 2014 w czasie zboru zanotowano mniejszą ilość  $C_{org.}$  także w glebie na której groch był nawożony mineralnie niż w glebie bez nawożenia mineralnego. Zawartość  $N_{cat.}$  w glebie była mało zróżnicowana nie zależnie od zastosowanego sposobu nawożenia bobiku (tab. 11). Ponadto zanotowano także niewielkie zróżnicowanie stosunku C/N w glebie w okresie kwitnienia i przed zbiorem pod wpływem nawożenia organicznego jak i mineralnego stosowanego w uprawie grochu. Jedynie w roku 2015 przed zbiorem zanotowano mniejszy stosunek tych składników w glebie niż w latach 2013 i 2014 (tab. 12).

Tabela 10. Zawartość C organicznego w glebie w zależności od sposobu nawożenia ( $g \cdot kg^{-1}$ )

Table 10. Content organic C in soil depending on method fertilization ( $g \cdot kg^{-1}$ )

Obiekty/ Treatments	Przed siewem/ Before sowing				Kwitnienie/ Flowering			Zbiór/ Harvest			
	2012	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
Bez nawożenia/ Without fertilization	7,3	7,2	8,4	8,6	8,4	7,9	7,2	7,8	8,0	8,1	7,2
NPK					8,3	7,8	7,2	7,6	8,2	7,4	7,2
Słoma/Straw	7,8	7,0	9,9	8,4	8,3	8,4	7,0	7,8	8,1	9,2	7,0
Słoma/Straw + NPK					8,3	9,4	7,1	7,5	8,1	8,5	7,1
Międzyplon/Catch crop	8,1	7,0	9,6	8,7	8,2	7,9	7,3	7,6	8,0	8,9	7,3
Międzyplon/Catch crop + NPK					8,2	8,5	7,3	7,6	8,2	7,7	7,3

Tabela 11. Zawartość N ogólnego w glebie w zależności od sposobu nawożenia ( $g \cdot kg^{-1}$ )

Table 11. Content N total in soil depending on method fertilization ( $g \cdot kg^{-1}$ )

Obiekty/ Treatments	Przed siewem/ Before sowing		Kwitnienie/ Flowering			Zbiór/ Harvest		
	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Bez nawożenia/ Without fertilization	0,68	0,73	0,67	0,77	0,70	0,66	0,77	0,82
NPK			0,66	0,80	0,70	0,66	0,8	0,82
Słoma/Straw	0,81	0,73	0,68	0,83	0,70	0,67	0,83	0,87
Słoma/Straw + NPK			0,67	0,87	0,70	0,68	0,87	0,85
Międzyplon/Catch crop	0,81	0,77	0,64	0,79	0,70	0,68	0,79	0,86
Międzyplon/Catch crop + NPK			0,66	0,83	0,70	0,70	0,83	0,84

Odczyn gleby (pH) przed siewem grochu na obiekcie kontrolnym był nieco niższy niż na obiektach gdzie wysiewano gorczycę białą lub stosowano słomę (tab. 13). Natomiast w okresie kwitnienia i przed zbiorem grochu wartość pH gleby była zbliżona niezależnie od sposobu nawożenia grochu.

Bilalis i in. [2015] podają, że zawartość materii organicznej w glebie na której był uprawiany groch nawożony nawozami organicznymi była znacząco większa niż nawożonego nawozami mineralnymi. Jak wskazują Lipavsky i in. [2008] działanie nawozowe słomy zbóż z dodatkiem azotu było podobne jak obornika, natomiast w odniesieniu do gromadzonego C organicznego w glebie oddziaływanie było nieco mniejsze. Również Stumpe i in. [2000] potwierdzają korzystne działanie przyorywania słomy na zawartość próchnicy i przyswajalnych składników pokarmowych (P, K, Mg), chociaż występujące różnice ich zawartości w glebie nie zawsze były potwierdzone statystycznie

Tabela 12. Stosunek C/N glebie w zależności od sposobu nawożenia

Table 12. Ratio C/N in soil depending on method fertilization

Obiekty/ Treatments	Przed siewem/ Before sowing		Kwitnienie/ Flowering			Zbiór/ Harvest		
	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Bez nawożenia/ Without fertilization	12,4	11,8	12,5	10,2	10,3	12,1	10,7	8,8
NPK			12,6	9,7	10,3	12,4	9,3	8,8
Słoma/Straw	12,2	11,5	12,2	10,1	10,0	12,1	10,9	8,0
Słoma/Straw + NPK			12,4	10,8	10,1	11,9	9,8	8,4
Międzyplon/Catch crop	11,9	11,3	12,8	10,0	10,4	11,8	11,2	8,5
Międzyplon/Catch crop + NPK			12,4	10,3	10,4	11,7	9,9	8,7

Tabela 13. Odczyn (pH) gleby w zależności od sposobu nawożenia groch

Table 13. The reaction (pH) of soil depending on method fertilization

Obiekty/ Treatments	Przed siewem/ Before sowing				Kwitnienie/ Flowering			Zbiór/ Harvest			
	2012	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
Bez nawożenia/ Without fertilization	5,6	5,8	5,4	7,1	5,1	5,7	6,0	6,0	5,2	5,5	6,0
NPK					5,1	5,9	5,7	5,9	5,2	5,6	5,7
Słoma/Straw	6,1	5,9	6,1	7,0	5,3	5,9	5,8	5,8	5,2	5,9	6,1
Słoma/Straw + NPK					5,1	6,2	6,3	5,7	5,4	6,3	6,4
Międzyplon/Catch crop	6,2	6,3	5,7	6,9	5,0	5,9	6,0	5,8	5,0	6,0	5,6
Międzyplon/Catch crop + NPK					5,1	6,0	5,8	5,7	5,1	5,8	5,9

W roku 2013 i 2015 zawartość P w glebie w okresie kwitnienia i zbioru była zbliżona i znacząco mniejsza niż przed siewem grochu (tab. 14). Natomiast w roku 2014 najmniej P zanotowano w okresie kwitnienia grochu, co prawdopodobnie było spowodowane dużą ilością opadów w tym okresie. Zastosowanie nawożenia mineralnego przed siewem grochu wpływało korzystnie na zasobność P w warstwie ornej gleby.

Koncentracja K w glebie w roku 2013 i 2015 przed siewem jak i w okresie kwitnienia i zbioru była stosunkowo mało zróżnicowana (tab. 15). Natomiast w roku 2014 ilość K była mniejsza niż w pozostałe lata, prawdopodobnie był to wynikiem, podobnie jak w przypadku P obfitych opadów w tym okresie. W roku 2015 na obiektach nawożonych mineralnie zanotowano

Tabela 14. Zawartość P glebie w zależności od sposobu nawożenia grochu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )  
Table 14. Content P in soil depending on method fertilization ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Obiekty/ Treatments	Przed siewem/Before sowing				Kwitnienie/Flowering			Zbiór/Harvest			
	2012	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
Bez nawożenia/ Without fertilization	80,2	76,7	75,4	120,3	60,6	31,8	85,0	78,0	62,8	79,8	83,71
NPK					62,7	39,2	85,5	82,8	65,0	83,3	85,0
Słoma/Straw	82,4	82,4	85,9	106,4	61,9	44,5	95,1	78,9	64,1	68,5	101,2
Słoma/Straw + NPK					63,7	46,2	97,7	80,7	68,0	88,1	108,6
Międzyplon/ Catch crop	83,7	85,0	73,3	116,4	57,1	36,2	81,5	80,2	57,6	79,4	76,7
Międzyplon/ Catch crop + NPK					61,5	35,3	80,7	81,5	61,5	82,0	78,5

Tabela 15. Zawartość K glebie w zależności od sposobu nawożenia ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )  
Table 15. Content K in soil depending on method fertilization ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Obiekty/ Treatments	Przed siewem/ Before sowing				Kwitnienie/ Flowering			Zbiór/ Harvest			
	2012	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
Bez nawożenia/ Without fertilization	78,0	90,5	55,6	171,8	108,7	60,6	87,2	102,1	94,6	58,9	105,4
NPK					112,1	74,7	161,0	102,9	89,6	75,5	195,1
Słoma/Straw	92,3	102,9	94,6	139,4	107,9	84,7	89,6	91,3	90,5	72,2	102,9
Słoma/Straw + NPK					110,4	88,0	153,6	102,9	97,9	74,7	179,3
Międzyplon/ Catch crop	103,8	107,9	84,7	131,1	107,9	68,9	67,2	122,8	89,6	71,4	73,9
Międzyplon/ Catch crop + NPK					115,4	67,2	100,4	119,5	104,6	73,9	112,1

znacznie większa ilość tego makroskładnika niż na obiektach nie nawożonych. Było to efektem małego pobrania składników pokarmowych przez rośliny grochu spowodowanego występowaniem długich okresów posuchy. Zawartość K glebie na obiektach nawożonych nawozami mineralnymi była większa niż na obiektach nie nawożonych tymi składnikami. Na koncentrację obu makroskładników w glebie na której był uprawiany groch w okresie kwitnienia i przed zbiorem małe znaczenie miało zastosowanie słomy lub wysiew gorczyicy białej.

Kuś i Jończyk [2000], wskazują na małą zależność pomiędzy ilością biomasy międzyplonów, a ich regenerującym oddziaływaniem w zmianowaniu. Ponadto Dziadowiec [1987] podkreśla, że słoma stanowiąca źródło C organicznego i energii zwiększa zapotrzebowanie mikroorganizmów na N mineralny. Istotne zwiększenie liczebności bakterii wiążących azot i podwyższoną aktywność nitrogenazy po przyoraniu słomy zanotował Roper [1983]. Natomiast Iqbal i in. [2013] stwierdzili korzystny wpływ na retencję wody w glebie biomasy pozostawionej na polu, a jej oddziaływanie zależy od właściwości chemicznych i stopnia rozkładu. Jaskulski i Jaskulska [2004] oraz Kotwica [2015] stwierdzili mniejszą zawartość  $N_{\min}$  jesienią w glebie na której uprawiano międzyplony lub stosowano słomę niż na obiekcie kontrolnym. Natomiast zdaniem tych autorów uprawa międzyplonu ścierniskowego zwiększa wiosną zawartość  $N_{\min}$  w wierzchniej warstwie gleby

## WNIOSKI

1. Zastosowanie nawożenia mineralnego i organicznego z aplikacją wiosną pełnego nawożenia mineralnego wpływało korzystnie na plonowanie grochu, większą liczbę strąków i masę nasion na roślinie, powodowało zwiększenie zawartości popiołu (tylko w lata mokre) i tłuszczu (w lata suche); stosunkowo słabo oddziaływało na zawartość białka, włókna i makroelementów [fosfor i potas] oraz MTN i liczbę nasion w strąku.
2. Wysiew międzyplonu lub zastosowanie słomy wpływało korzystnie za zawartość  $C_{\text{org}}$  w warstwie ornej przed siewem grochu, a aplikacja nawożenia mineralnego powodowała szybszy jego rozkład.
3. Na koncentrację P i K w glebie na której był uprawiany groch małe znaczenie miało zastosowanie słomy lub wysiew gorczyicy białej, natomiast nawożenie mineralne przed siewem wpływało korzystnie na zasobność obu makroskładników w warstwie ornej.

## PIŚMIENNICTWO

- Andrzejewska J. 1993. Wsiewki poplonowe seradeli w pszenżyto i żyto ozime uprawiane w monokulturze. Cz. I. Plony ziarna i słomy zbóż. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz 181, Rol. 33: 61–70.
- Asmus F., Völker U. 1984. Einfl uss von Strohdüngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften in Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil. Arch. Acker- Pflanzenb. Bodenk. 28: 411–417.
- Behairy T.G., Saad A.O.M., Kabesh M.O. 1998. Intcreasing broad bean (*Vicia faba* L.) yield by early and late nitrogen fertilization. Egypt. J. Agron. 13(1): 137–145.
- Bilalis D., Karkanis A., Angelopoulou F., Travlos I., Antoniadis A., Nntatsi G., Lazaridi E. Savvas D. 2015. Effect of organic and mineral fertilization on root growth and mycorrhizal colonization of pea crops (*Pisum sativum* L.) Bulletin UASVM Horticulture 72(2): 288–294.
- Bochniarz J., Bochniarz M. 1989. Wpływ nawożenia fosforem i potasem na plonowanie bobiku w uprawie na nasiona. Roczn. Nauk Rol., Ser. A 108(2): 137–151.
- Bochniarz J., Bochniarz M., Filipiak K. 1987 a. Wpływ nawożenia fosforem i azotem na plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*) uprawianego na nasiona. Pam. Puł. 89: 41–55.

- Bochniarz J., Bochniarz M., Lenartowicz W. 1987 b. Wpływ nawożenia potasem i azotem na plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*) uprawianego na nasiona. Pam. Puł. 89: 57–67.
- Bockmann H., Knoth K.E. 1971. Der verstärkte Getreidebau aus pfl anzenpathologischer und pflanzenhygienischer Sicht. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 78(1): 1–33.
- Borowiecki J., Książak J., Bournoville R., Lerin J. 2004. Wpływ żerowania oprzędzików na rozwój i plonowanie grochu. Pam. Puł. 137: 5–14.
- Brkić S., Milaković Z., Kristek A., Antunović M. 2004. Pea yield and its quality depending on inoculation, nitrogen and molybdenum fertilization. Plant Soil Environ. 50: 39–45.
- Christensen B.T. 1986. Barley straw decomposition under field conditions: effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. Soil Biol. Bioch. 18: 523–529.
- Davidsson L., Dimitriou T., Walczyk T., Hurrel RF. 2001. Iron absorption from experimental infant formulas based on pea (*Pisum sativum*) - protein isolate: the effect of phytic acid and ascorbic acid. Brit. J. Nutrition 85: 59–63.
- Dietrych-Szóstak D., Płoszyński M., Żurek J. 1989. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego, fosforowego i potasowego na wybrane elementy plonu, na jakość białka oraz na zawartość makroelementów w nasionach bobiku. Mat. konf. nauk. „Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych. IUNG Puławy, 8–9 listopada 1989. Cz. II: 152–155.
- Duer I. 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. Fragm. Agron. 13(1): 29–43.
- Dziadowiec M. 1987. Przemiany w glebie słomy zbóż stosowanej jako nawóz organiczny i jej agroekologiczne działanie. Post Nauk Rol. 4: 39–58.
- Elsheikh E.A.E., Mohamed S.S., Elhussein A.A., Babiker E.E. 2009. Effects of intercropping, *Bradyrhizobium* inoculation and chicken manure fertilization on the chemical composition and physical characteristics of soybean seed. Food Chem. 112: 690–694.
- El-Sherbiny A.E., Galal Y.G.M., Soliman S.M., Dahdouh S.M., Ismail M.M., Fathy A. 2014. Fertilizer nitrogen balance in soil cultivated with pea (*Pisum sativum* L.) under bio and organic fertilization system using 15N stable isotope. 4 th Int. Conf. Rad. Res. Appl. Sci., Taba, Egypt, 85-96.
- Iqbal S., Nisar ur Rehman, Kortz U., Iqbal J. 2013. Development of a fast and efficient CE enzyme assay for the characterization and inhibition studies of alpha-glucosidase inhibitors. J. Sep Sci. 36(21–22): 3623-3628.
- Jasińska Z., Kotecki A. 1989. Cechy morfologiczne, a plonowanie bobiku. Mat. konf. nauk. „Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych”. IUNG Puławy, 8–9 listopada 1989, Cz. II: 14–20.
- Jasińska Z., Malarz W. 1983. Wpływ nawożenia azotowego i zagęszczenia roślin na rozwój i plonowanie kilku odmian grochu. Zesz. Nauk AR Wrocław 141, Rol. 40(1): 125–133.
- Jaskulski D., Jaskulska I. 2004. Wpływ nawożenia słomą, międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na niektóre właściwości gleby w ogniwie pszenica ozima – jęczmień jary. Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2): 151–163.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2002. Wykorzystanie słomy pszenicy ozimej do nawożenia rzepaku ozimego. Cz. I. Wpływ nawożenia słomą pszenicy i azotem na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste 23: 287–301.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2003. Wpływ nawożenia resztkami pozbiorowymi rzepaku ozimego i azotem na rozwój, plonowanie oraz skład chemiczny ziarna pszenicy. Acta Sci. Pol., Agricultura 2(1): 31–40.
- Kotwica K., Breza-Boruta, Gałęzowski L., Jaskulska I. 2015. Wpływ stosowania słomy i użyźniacza  $UG_{max}$  na właściwości gleby oraz plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze i zmianowaniu. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Wyd. PIMR Poznań, 8: 5–10
- Kotwica K., Jaskulski D., Tomalak S. 1998. Wpływ przyorywania masy roślinnej i zróżnicowanej uprawy roli na plon jęczmienia jarego wysiewanego po pszenicy ozimej. Pam. Puł. 112: 105–113.
- Krasowicz S., Kopiński J. 2006. Wpływ warunków przyrodniczych i organizacyjno-ekonomicznych na regionalne zróżnicowanie rolnictwa w Polsce. W: Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce. IUNG-PIB Puławy, Raporty PIB, 3: 81–99.
- Książak J. 2009. Wpływ dawki i sposobu aplikacji azotu na plonowanie grochu. Fragm. Agron. 26(3): 76–85.

- Kulig B., Ziółek W. 1997. Plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego i bobiku w zależności od nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 446: 207–212.
- Kuś J., Jończyk K. 2000. Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 470: 59–65.
- Kuś J., Smagacz J. 2001. Regionalne zróżnicowanie bilansu słomy. Pam. Puł. 124: 289–295.
- Larson W.E. Clapp C.E., Piere W.H., Orachan Y.B. 1972. Effects of increasing amounts of organic residues on continuous corn. II. Organic carbon nitrogen, phosphorus and sulphur. Agron. J. 64: 204–208.
- Lipavsky J., Kubat J., Zobac J. 2008. Long-term effects of straw and farmyard manure on crop yields and soil properties. Arch. Agron. Soil Sci. 54: 369–379.
- Lynch J.M. 1983. Soil Biotechnology. Microbiological factors in crop productivity. Blackwell Sci. Publ. Ltd., Oxford – London.
- Malicki L., Michałowski C. 1994. Problem międzyplonów w świetle doświadczeń. Post. Nauk Rol. 4: 3–18.
- Marcinek J., Komisarek J. (red.). 2011. Systematyka gleb Polski. Roczn. Glebozn. 62(3), ss. 195.
- Mikołajska J. 1993. Płodozmian a zdrowotność roślin. W: Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin. Mat. Symp., Olsztyn, 7–9 września 1993, 25–33.
- Nowak G., Benedycka Z., Klasa A., Wierzbowska J. 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i gospodarkę mineralną bobiku. Cz. II. Zawartość niektórych makro- i mikropierwiastków w roślinach oraz właściwości gleby. Acta Acad. Agr. Techn. Olst. 496, Agricultura 61: 65–74.
- Pawłowski F., Wesołowski M. 1991. Sposoby regeneracji stanowiska w monokulturze a plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej. W: Synteza i perspektywa nauki o płodozmianach. V seminarium płodozmianowe. Cz. III. ART Olsztyn – VSZ Brno, 25–26 września 1991: 183–188.
- Podleśna A. 2000. Gospodarka potasowa roślin bobiku. Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization 4(5): 43–50.
- Roper M.M. 1983. Field measurement of nitrogenase activity in soils amended with straw. Aust. J. Agric. Res. 34: 725–739.
- Siuta A. 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasa międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467: 245–251.
- Smagacz J. 2003. Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Pam. Puł. 132: 395–402.
- Smoliński S., Kotwica K., Jaskulski D., Tomalak S. 1997. Wpływ poplonu ścierniskowego na aktywność mikrobiologiczną gleby. Zmiany liczebności bakterii uczestniczących w przemianach C i N. Konf. nauk. „Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie” AR Kraków, 625–630.
- Songin H., Czyż H. 1982. Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie odmian grochu. Zesz. Nauk. AR Szczecin 92, Rol. 27: 211–217.
- Spiak Z., Piszcz Z., Kotecki A. 2002. Wpływ przyorywania słomy z dodatkiem azotu mineralnego na zawartość azotu w glebie. Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization 1: 247–255.
- Stumpe H., Wittenmayer L., Merbach W. 2000. Effects and residual effects of straw, farmyard manuring, and mineral fertilization at field F of the long-term trial in Halle (Saale), Germany. J. Plant Nut. Soil Sci. 163: 649–656.
- Voisin A.S., Salon C., Munier-Jolain N.G., Ney B. 2002. Quantitative effects of soil nitrate, growth potential and phenology on symbiotic nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). Plant Soil 243:31–42.
- Ziółek E. 1976. Wpływ intensywnego nawożenia fosforem i potasem na wysokość i jakość plonu nasion krajowych odmian bobiku. Acta Agr. et Silv. ser. Agr. 16(1): 117–129.
- Ziółek E. 1981. Reakcja odmian bobiku na nawożenie fosforowo-potasowe przy zróżnicowanym zagęszczeniu roślin. Acta Agr. et Silv., ser. Agr. 20: 251–266.

J. KSIĘŻAK

**REACTION OF PEA (*PISUM SATIVUM*) ON NATURAL AND MINERAL FERTILIZATION****Summary**

The field experiment was carried out in 2011–2014 at the Institute of Soil Science and Plant Cultivation – Agricultural Experimental Station in Grabów (Mazowieckie voivodeship) (51°23' N, 21°38' E) in randomized block layout, in 4 replications. In the experiment, the following methods of pea fertilization ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) were evaluated: 1. without fertilization, 2. mineral fertilization (N–20,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 40–45,  $\text{K}_2\text{O}$ : 90–106), 3. straw, 4. straw + mineral fertilization (N–35,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 25–32,  $\text{K}_2\text{O}$ : 20–32), 5. intercrop (white mustard), 6. intercrop (white mustard) + mineral fertilization (N–20,  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 40–45,  $\text{K}_2\text{O}$ : 90–105]. For all objects, MgO was applied at a dose of 40 to 60 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). The best production results (seed and protein yield) provided for the cultivation of peas fertilized with organic fertilizers (straw or intercrop) with spring application of mineral fertilization. The application of mineral and organic fertilization in the years with less rainfall during the growing season increased the fat content of pea seeds, while in the year with a higher sum of rainfall (2014) and more evenly distributed rainfall (2015) no such tendency was observed. Comprehensive straw or intercrop fertilization in combination with mineral fertilization in more precipitation years has increased the ash content in pea seeds. Pea plants fertilized with mineral and straw and sown in intercrop were characterized by significantly more pods and its mass on the plant than not mineral fertilized. Intercropping or straw application was beneficial for organic carbon content in ploughing layer of soil before sowing. In the arable layer before sowing peas. Mineral fertilization caused faster decomposition of organic matter in the soil and during harvesting period it was less concentrated than during flowering. Smaller amount of organic carbon content was found in the soil where the peas were mineral fertilized than in the soil without mineral fertilization. There was little variation in C/N ratio during flowering and before harvesting as a result of organic and mineral fertilization. The soil concentration of P and K during flowering and before harvesting was of low importance for straw or sowing of white mustard, while mineral fertilization before sowing of peas had a positive effect on the abundance of both macronutrients in the arable soil layer. White mustard sowing or the use of straw had a positive effect on the soil pH before pea sowing, but during the flowering and before harvesting the pH was very similar regardless of the method of pea fertilization.

**Key words:** pea, natural fertilization, mineral fertilization

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 7.09.2017

Do cytowania – *For citation*

Księżak J. 2017. Reakcja grochu (*Pisum sativum*) na nawożenie mineralne i naturalne. *Fragm. Agron.* 34(4): 77–92.