

Przesłano: 12-08-2022

Zaakceptowano do druku: 26-08-2022



## ŚRODOWISKOWE I PRODUKCYJNE SKUTKI PRZYORYWANIA SŁOMY – WYNIKI WIELOLETNIEGO DOŚWIADCZENIA POLOWEGO

Janusz Smagacz<sup>1</sup>, Jerzy Kopiński<sup>2</sup>, Stefan Martyniuk<sup>3</sup>

**Abstrakt:** Celem badań przedstawionych w niniejszym opracowaniu było poznanie długofalowych skutków środowiskowych i produkcyjnych różnej częstotliwości przyorywania słomy w zmianowaniu ozimin: rzepak-pszenica-pszenżyto. W wyniku wieloletniego (21 lat) nieprzyorywania słomy żadnej z roślin uprawianych w wymienionym zmianowaniu, zawartość w glebie próchnicy spadła z początkowej wartości 14,6 g·kg<sup>-1</sup> s.m. do 14,4 g·kg<sup>-1</sup> s.m. gleby, natomiast przyorywanie słomy jednej rośliny w zmianowaniu, czyli rzepaku, spowodowało zwiększenie zawartości próchnicy w badanej glebie do 15,0 g·kg<sup>-1</sup> s.m. gleby. Pozostawianie i przyorywanie słomy dwóch roślin w zmianowaniu, tj. rzepaku i pszenicy, przyczyniło się do jeszcze większego wzbogacenia gleby w próchnicę, a przyorywanie słomy wszystkich 3 gatunków roślin skutkowało największym przyrostem zawartości (do 16,2 g·kg<sup>-1</sup> s.m.) tego składnika w glebie. W przeprowadzonych badaniach nie stosowano wapnowania gleby i w efekcie jej odczyn we wszystkich obiektach doświadczalnych obniżył się z początkowej wartości pH 6,2 do pH 5,0 – 5,1, najprawdopodobniej na skutek wieloletniego stosowania nawozów mineralnych, a zwłaszcza stosunkowo wysokich dawek N pod rzepak. W porównaniu do wartości wyjściowych, zawartość przyswajalnego potasu (K<sub>2</sub>O) w glebie zwiększyła się, natomiast zmniejszyła się zawartość przyswajalnego fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i magnezu (Mg), zapewne w wyniku obniżenia się odczynu gleby. W omawianym doświadczeniu stosowanie słomy nie dało wyraźnych efektów nawozowych w postaci istotnych przyrostów plonów (w stosunku do obiektu bez słomy) ziarna badanych zbóż, tylko w przypadku rzepaku stwierdzono lepsze plonowanie tej rośliny wraz ze wzrostem częstotliwości przyorywania słomy w zmianowaniu. Uzyskane wyniki wskazują, że w trosce o dobry stan gleb, rolnicy prowadzący gospodarstwa bezinwentarżowe i stosu-

<sup>1</sup> Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (Institute of Soil Science and Plant Cultivation State Research Institute) | wkład pracy (work input): 40% | ORCID 0000-0003-4322-3178 | e-mail: smagacz@iung.pulawy.pl

<sup>2</sup> Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (Institute of Soil Science and Plant Cultivation State Research Institute) | wkład pracy (work input): 20% | ORCID 0000-0002-2887-4143 | e-mail: jkop@iung.pulawy.pl

<sup>3</sup> Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (Institute of Soil Science and Plant Cultivation State Research Institute) | wkład pracy (work input): 40% | ORCID 0000-0002-0579-2495 | e-mail: sm@iung.pulawy.pl

jący uproszczone płodozmiany zbożowe, powinni przyorywać słomę co najmniej jednej rośliny, a najlepiej dwóch, bowiem prowadzi to do nagromadzenia się w glebie próchnicy, która ma duży wpływ na biologiczne, chemiczne i fizyczne właściwości gleb.

**Słowa kluczowe:** słoma, przyorywanie, próchnica, zmianowanie roślin, pszenica ozima, pszenżyto ozime, rzepak, plony, właściwości gleby

**JEL:** Q10, Q16

## ENVIRONMENTAL AND PRODUCTION EFFECTS OF STRAW INCORPORATION – RESULTS OF A LONG-TERM FIELD EXPERIMENT

**Janusz Smagacz<sup>1</sup>, Jerzy Kopiński<sup>2</sup>, Stefan Martyniuk<sup>3</sup>**

**Abstract:** The aim of this study was to analyze long-term environmental and production effects of the frequency of straw incorporation into the soil in the rotation of winter crops: rape-wheat-triticale. After 21 years of crop rotation with straw removal the SOM level in the soil decreased to 14.4 g·kg<sup>-1</sup> soil DM, compared to that in 1997 (14.6 g·kg<sup>-1</sup>). However, when straw of one crop (rape) per rotation was incorporated the content of SOM increased to 15.0 g·kg<sup>-1</sup> soil DM, and to 15.6 and 16.0 g·kg<sup>-1</sup> when straw of two and three crops, respectively, was ploughed in. Straw retention had also a beneficial effect on the content of labile fractions of SOM (hot water extractable C and N). In this study no soil liming was applied which resulted in soil pH decrease from the initial pH 6.2 to pH 5.0-5.1 at the end of the experiment. In comparison to the initial values, the soil contained more available K<sub>2</sub>O and lower amounts of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and Mg, probably due to soil acidification. Grain yields and yield components of wheat and triticale were not significantly affected by straw incorporation, but in the case of rape seed yields increased with more frequent straw incorporation. The presented results indicate, that farmers practicing non-livestock farming or simplified cereal rotations in the care of soil quality should retain on the field and plough in straw of at least one crop, or preferably two crops per rotation, as it results in the accumulation soil organic matter and thus in the improvement of biological, chemical and physical soil properties.

**Keywords:** straw, incorporation, soil organic matter, crop rotation, winter wheat, winter triticale, rape, yields, soil properties

**JEL Classification:** Q10, Q16

## 1. Wstęp

Słoma, zwłaszcza słoma zbóż, jest cennym produktem rolniczym, który może być wykorzystywany na różne cele, np. w chowie zwierząt jako ściółka i pasza, w przemysłowej produkcji grzybów, czy też w energetyce, ale produkt ten powinien być stosowany przede wszystkim jako nawóz organiczny do wzbogacania gleb w próchnicę, która ma znaczący wpływ na biologiczne, chemiczne i fizyczne właściwości gleb, a więc na ich żyzność i urodzajność (Harasim, 2011; Kuś i Kopiński, 2012; Raffa i in., 2015; Smagacz i Martyniuk, 2022). W wielu krajach na świecie nauka i praktyka rolnicza starają się odpowiedzieć na pytanie jak dużo wyprodukowanej w rolnictwie słomy należy pozostawiać na polu i wykorzystywać ją na cele nawozowe. Na przykład Kuś i Madej (2017) w swoich badaniach oszacowali, że roczna produkcja słomy (zbóż, kukurydzy i rzepaku) w naszym kraju wynosi od 23 do 33 mln ton i z tej ilości co najmniej 10 mln ton (około 33%) powinno być wykorzystywane corocznie jako nawozy organiczne, w celu zapobiegania ubytkom materii organicznej (próchnicy) z gleb, czyli niedopuszczania do pogarszania ich jakości. Z kolei w Kanadzie wykazano, w oparciu o wyniki wieloletnich doświadczeń polowych, że około 22% rocznej produkcji słomy pszenicy może być wywiezione z pól, bez istotnego wpływu tego ubytku na zawartość glebowej materii organicznej (Lemke i in., 2010).

Podobne pytania legły u podstaw podjęcia badań przedstawionych w niniejszym opracowaniu, które miały na celu poznanie długofalowych skutków środowiskowych i produkcyjnych różnej częstotliwości przyorywania słomy w zmianowaniu rzepak-pszenica-pszenżyto. Część wyników uzyskanych w tych badaniach została przyjęta do druku w j. angielskim (Smagacz i Martyniuk, 2022), ale ze względu na istotność tego zagadnienia dla doradztwa i praktyki rolniczej, chcielibyśmy najważniejsze z nich zaprezentować również w Zagadnieniach Doradztwa Rolniczego.

## 2. Opis doświadczenia polowego

Wieloletni eksperyment polowy, w układzie bloków losowych z 4 powtórzeniami, założono w 1997 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Grabowie, na glebie płowej o składzie granulometrycznym gliny lekkiej (70% piasku, 25% frakcji pylastej i 5% frakcji ilastej). Podstawowe właściwości tej gleby przed założeniem doświadczenia przedstawiono w tabeli 1. W doświadczeniu tym każdego roku uprawiano wszystkie rośliny wchodzące w skład zmianowania: rzepak ozimy – pszenica ozima – pszenżyto ozime, a obiekty doświadczalne były następujące: SR – słoma każdej z uprawianych roślin usuwana z poletek, S1 -

słoma przyorywana jeden raz w rotacji (słoma rzepaku), S2 - słoma przyorywana dwa razy w rotacji (słoma rzepaku i pszenicy), S3 - słoma przyorywana trzy razy w rotacji, tj. słoma rzepaku, pszenicy i pszenżyta. Po zbiorach, za pomocą kombajnu poletkowego, słomę każdego gatunku rośliny zbierano oddzielnie i po jej rozdrobnieniu na sieczkarni rozrzucano równomiernie na poletkach o powierzchni do zbioru 45 m<sup>2</sup>. Słomę rzepaku stosowano w ilości 3 t·ha<sup>-1</sup>, natomiast pszenicy i pszenżyta w ilości 5 t·ha<sup>-1</sup>. W celu wyrównania stosunku C/N w przyorywanej słomie, w obiektach S2 i S3 stosowano azot w formie saletry amonowej w ilości 30 kg N·ha<sup>-1</sup>. Na krótko przed inkorporacją słomy do gleby, za pomocą brony talerzowej, wnoszono nawożenie fosforowo-potasowe w ilości 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfat) i 120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> (sól potasowa). Orkę siewną do głębokości 25 cm wykonywano zwykle w drugiej dekadzie sierpnia, a w trzeciej dekadzie wysiewano rzepak w ilości 4 kg nasion·ha<sup>-1</sup>, po uprzednim doprawieniu gleby broną wirnikową z wałem ugniatająco-kruszącym. Zboża ozime wysiewano na poletka w trzeciej dekadzie września w ilości 4,5 mln ziarniaków·ha<sup>-1</sup>. W okresie objętym aktualnymi badaniami, tj. w latach 2011-2019, uprawiano zrejonizowane odmiany rzepaku ozimego oraz pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego. W przypadku pszenicy i pszenżyta wyróżniono podział na 3 okresy, tj. lata 2011-2013 (I rotacja zmianowania), lata 2014-2016 (II rotacja zmianowania) i lata 2017-2019 (III rotacja zmianowania). Pogłównie nawożenie rzepaku wynosiło 150 kg N·ha<sup>-1</sup> (100 kg wiosną po ruszeniu wegetacji + 50 kg w fazie BBCH 50-52), a pszenicy i pszenżyta 90 kg N·ha<sup>-1</sup> (60 kg wczesną wiosną i 30 kg w fazie strzelania w źdźbło). Ochrona roślin przed chwastami, chorobami i szkodnikami była zgodna z zaleceniami IOR-PIB w Poznaniu. W fazie pełnej dojrzałości oznaczano plon ziarna zbóż i nasion w przypadku rzepaku oraz wybrane elementy struktury plonu pszenicy i pszenżyta, tj. obsadę kłosów i masę tysiąca ziaren. W 2018 roku po zbiorze roślin pobrano próbki glebowe z warstwy 0-25 cm w celu oznaczenia następujących właściwości gleby: zawartość próchnicy (C org. x 1,724) oraz C (C-hwe) i N (N-hwe) ekstrahowane gorącą wodą (Ghani i in., 2003), zawartość przyswajalnych form P, K i Mg oraz odczyn gleby (pH<sub>(KCl)</sub>). Wymienione analizy, z wyjątkiem C-hwe i N-hwe, wykonane zostały w certyfikowanym laboratorium analiz chemicznych IUNG-PIB w Puławach. Bilans składników pokarmowych sporządzano wg metodyki zaproponowanej przez OECD i Eurostat (Kopiński, 2017).

### 3. Wyniki i dyskusja

Oznaczenie podstawowych właściwości gleby, a zwłaszcza zawartości w niej próchnicy i odczynu, przed założeniem doświadczenia pozwoliło na pełniejszą ocenę zmian, jakie zaszły w tych właściwościach w wyniku wieloletniego stosowania różnych wariantów przyorywania słomy. Dane przedstawione w tabeli 1 wyraźnie wskazują, że po 21 latach nieprzyorywania słomy (obiekt SR) z wszystkich roślin uprawianych w 3-letnim zmianowaniu (rzepak-pszenica-pszenżyto) zawartość próchnicy obniżyła się nieznacznie z początkowej wartości 14,6 g·kg<sup>-1</sup> s.m. gleby do 14,4 g·kg<sup>-1</sup> s.m., nastąpiło więc zubożenie gleby w ten bardzo ważny składnik organiczny. Przyorywanie słomy jednej rośliny w zmianowaniu, czyli z rzepaku ozimego (obiekt S1), zapobiegło temu ubytkowi, a nawet nastąpił wzrost zawartości próchnicy w badanej glebie do 15,0 g·kg<sup>-1</sup> s.m. Pozostawianie i przyorywanie słomy dwóch roślin w zmianowaniu, tj. rzepaku i pszenicy (obiekt S2), spowodowało jeszcze większe wzbogacenie gleby w próchnicę (do 15,7 g·kg<sup>-1</sup> s.m.) i chociaż ze względu na zmienność glebową omawiane przyrosty próchnicy nie były udowodnione statystycznie (obiekty S1 i S2 wobec SR), to jednak należy stwierdzić, że nawet takie przyrosty mogą być bardzo istotne i ważne z punktu widzenia jakości gleb i zapobiegania ich degradacji. Przyorywanie słomy wszystkich 3 gatunków roślin w badanym zmianowaniu skutkowało największym i co ważne istotnym statystycznie przyrostem zawartości o 1,6 g·kg<sup>-1</sup> s.m. (do 16,2 g·kg<sup>-1</sup> s.m.) próchnicy w glebie (tabela 1).

Tabela 1

#### Zawartość próchnicy i przyswajalnych makroelementów oraz pH gleby na początku doświadczenia (1997) i w 2018 roku

Obiekty*	Próchnica (g·kg <sup>-1</sup> s.m. gleby)	pH (KCl)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	N <sub>min.</sub>
			(mg·kg <sup>-1</sup> s.m. gleby)			
	w 1997					
	14,6	6,2	160	124	49	nie badano
	w 2018					
SR	14,4	5,0	120	148	24	7,35
S1	15,0	5,0	119	163	24	7,38
S2	15,7	5,1	118	160	27	9,06
S3	16,2	5,0	117	158	24	8,27
NIR** <i>p</i> ≥ 0,05	1,64	0,09	ni	ni	2,5	ni

\* / SR – bez słomy, S1 – przyorywana słoma rzepaku (raz w rotacji), S2 – przyorywana słoma rzepaku i pszenicy (dwa razy w rotacji), S3 – przyorywana słoma wszystkich roślin (trzy razy w rotacji);

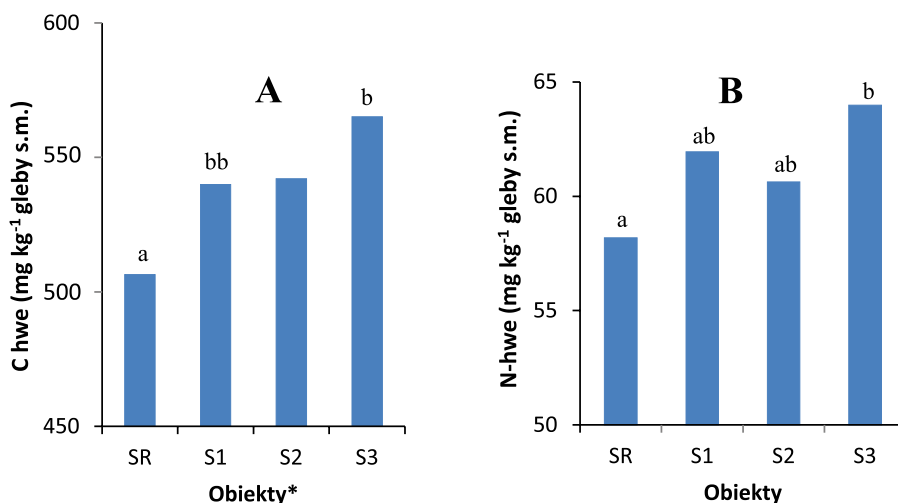
\*\* / dla danych w 2018 r.

Źródło: Badania własne (Smagacz i Martyniuk, 2022).

Wykorzystywanie słomy do nawożenia, niezależnie od częstotliwości jej przyorywania, przyczyniło się również do zwiększenia zawartości w glebie węgla i azotu ekstrahowanego gorącą wodą i przyrosty te w stosunku do obiektu bez słomy (SR) były na ogół istotne statystycznie (rysunek 1).

Rysunek 1

**Zawartość węgla (A) i azotu (B) w ekstraktach gorącą wodą (hwc) z gleby w zależności od różnej częstotliwości przyorywania słomy**



\* / SR – bez słomy, S1 – przyorywana słoma rzepaku (raz w rotacji), S2 – przyorywania słomy rzepaku i pszenicy (dwa razy w rotacji), S3 – przyorywana słoma wszystkich roślin (trzy razy w rotacji), wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie;

Źródło: Badania własne (Smagacz i Martyniuk, 2022).

Wymienione ruchome frakcje glebowej materii organicznej są ważnym czynnikiem stymulującym aktywność biologiczną gleby oraz są źródłem składników odżywczych zarówno dla mikroorganizmów, jak i N dla roślin (Ghani i in., 2003; Martyniuk i in., 2016).

W omawianym doświadczeniu do zbioru roślin stosowano kombajn poletkowy, czyli podobnie jak w praktyce rolniczej, ściern i inne resztki pozbiorowe roślin pozostawały na polu, także w obiekcie SR bez przyorywania słomy, i pomimo tego w obiekcie tym nastąpił spadek zawartości próchnicy w porównaniu do stanu wyjściowego (w 1997 r.). W tym miejscu warto wspomnieć o opiniach mówiących o tym, że przy obecnie powszechnie stosowanym kombajnowym zbiorze roślin, przyorywanie wysokich ściern i resztek omłotowych zabezpiecza reprodukcję próchnicy w glebach. Przedstawione powyżej wyniki zdają się przeczyć tym opiniom i wskazują, że przyorywanie tylko samych resztek pozbiorowych (plewy

i ściern) nie zapobiega ubytkom próchnicy w glebie. Dopiero przyorywanie co trzy lata wszystkich resztek poźniwnych, a więc i słomy, jednej z roślin uprawianych w zmianowaniu, a w przypadku naszych badań był to rzepak, zapobiega ubytkom materii organicznej (próchnicy) z gleby.

Ze względu na brak danych trudno jest ocenić w jakim zakresie użyte w naszych badaniach zmianowanie roślin stosowane jest przez producentów rolnych w naszym kraju. Wydaje się jednak, że ze względu na duży udział zbóż (sięgający 70%) w strukturze zasiewów w Polsce i w innych krajach europejskich, takie uproszczone zmianowania (dwa zboża + roślina nie zbożowa) są dominujące (EU DG ENV, 2010; Kuś i Kopiński, 2012). Udział rzepaku ozimego w takich uproszczonych zmianowaniach jest korzystny również dlatego, że jako ozimina okrywa glebę w jesieni i wiosną chroniąc ją m.in. przed erozją, a jako roślina nie zbożowa przerywa cykl troficzny patogenów grzybowych zbóż. Ponadto w nawiązaniu do próchnicy, słoma rzepaku ze względu na jej niewielkie wykorzystywanie na inne cele (np. w produkcji zwierzęcej), pozostaje zwykle na polu, co - jak wykazaliśmy w niniejszych badaniach - korzystnie wpływa na zawartość próchnicy i innych frakcji glebowej materii organicznej (tabela 1, rysunek 1).

W omawianym doświadczeniu nie stosowano wapnowania i w efekcie odczyn gleby we wszystkich obiektach doświadczalnych obniżył się znacząco w porównaniu do początkowego pH gleby (tabela 1), niewątpliwie na skutek wieloletniego stosowania nawozów mineralnych, a zwłaszcza wysokich dawek N pod rzepak. Niestosowanie wapnowania miało na celu sprawdzenie, czy nagromadzająca się materia organiczna w wyniku nawożenia słomą będzie zwiększała właściwości buforujące gleby, podobnie do nawożenia obornikiem. Niewielki efekt buforujący wystąpił tylko w przypadku obiektu S2 (tabela 1), co wskazuje na konieczność wapnowania gleb również wtedy, gdy słoma wykorzystywana jest jako nawóz organiczny. W porównaniu do wartości wyjściowych (1997 r.), po 21 latach trwania doświadczenia, zawartość przyswajalnego potasu ( $K_2O$ ) w glebie zwiększyła się, natomiast zmniejszyła się zawartość fosforu ( $P_2O_5$ ) i magnezu (Mg), zapewne w wyniku obniżenia się odczynu gleby (tabela 1).

Salda podstawowych makroelementów wyliczone za lata 2017-2019 przedstawiono w tabeli 2 i w przypadku azotu niewielki dodatni bilans stwierdzano tylko w obiekcie S3, co wiąże się zapewne z dodatkowym nawożeniem tym pierwiastkiem w związku przyorywaniem słomy pszenicy i pszenżyta. Ujemne bilanse N w pozostałych obiektach są korzystne ze środowiskowego punktu widzenia (brak wymywania), ale wskazują także na możliwości zwiększenia dawek azotu w tych obiektach, co prowadziłyby prawdopodobnie do uzyskiwania jeszcze większych plonów uprawianych roślin. Niewielkie dodatnie bilanse fosforu i większe w przypadku potasu świadczą, że w glebie badanych obiektów następowała bezpieczna dla środowiska kumulacja tych pierwiastków (tabela 2).

Tabela 2

**Bilans azotu, fosforu i potas w kg·ha<sup>-1</sup> dla poszczególnych obiektów  
badawczych w latach badań 2017-2019**

Lata	Obiekt			
	SR	S1	S2	S3
Azot				
2017	-52,7	-42,9	-23,0	-7,2
2018	-51,9	-41,5	-19,0	3,6
2019	-27,5	-25,1	-14,8	10,2
Średnia dla obiektu	-44,0	-36,5	-18,9	2,2
Fosfor				
2017	1,6	3,2	4,8	5,7
2018	1,7	3,5	5,5	7,7
2019	6,5	6,6	6,3	9,0
Średnia dla obiektu	3,3	4,4	5,5	7,5
Potas				
2017	16,5	27,1	44,1	63,3
2018	16,5	27,5	45,0	65,8
2019	22,4	31,4	46,0	67,3
Średnia dla obiektu	18,5	28,7	45,0	65,5

\* / SR – bez słomy, S1 – przyorywana słoma rzepaku (raz w rotacji), S2 – przyorywania słoma rzepaku i pszenicy (dwa razy w rotacji), S3 – przyorywana słoma wszystkich roślin (trzy razy w rotacji);

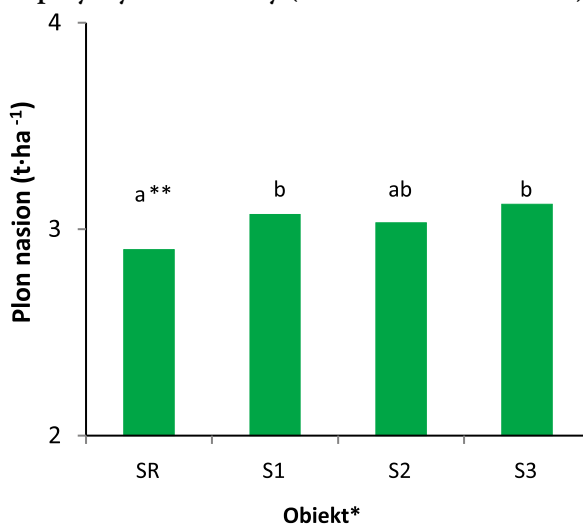
Źródło: Badania własne.

W omawianym doświadczeniu stosowanie słomy nie dało wyraźnych efektów nawozowych w postaci istotnych przyrostów (w stosunku do obiektu SR) pło-  
nów ziarna zbóż uprawianych w doświadczeniu (tabela 3), podobnie jak w bada-  
niach innych autorów (Siuta, 1999; Blanchet i in., 2016), ale w przypadku rzepa-  
ku stwierdzono istotne przyrosty plonu nasion tej rośliny w obiektach S1 (słoma  
przyorywana raz w rotacji) i S3 (przyorywana słoma wszystkich roślin, tj. trzy  
razy w rotacji), w porównaniu do obiektu SR - bez słomy (rysunek 2).



Rysunek 2

Plon nasion rzepaku ozimego w zależności od różnej częstotliwości przyorywania słomy (średnie z lat 2011-2019)



\*/ SR – bez słomy, S1 – przyorywana słoma rzepaku (raz w rotacji), S2 – przyorywania słoma rzepaku i pszenicy (dwa razy w rotacji), S3 – przyorywana słoma wszystkich roślin (trzy razy w rotacji);

\*\*/ plony oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie;

Źródło: Badania własne.

W świetle uzyskanych wyników wydaje się, że rolnicy prowadzący gospodarstwa bezinwentarżowe i stosujący uproszczone płodozmiany zbożowe (podobne do badanego w omawianym doświadczeniu), w trosce o dobry stan swoich gleb m.in. poprzez niedopuszczanie do ubytku próchnicy glebowej, powinni przyorywać (lub mieszać z glebą za pomocą innych narzędzi) słomę co najmniej jednej rośliny, a najlepiej dwóch, co prowadzi do nagromadzenia się bardzo ważnego składnika gleb jakim jest próchnica. Nadmiar słomy, np. drugiego zboża tak jak w badanym lub podobnym zmianowaniu, można przeznaczać na inne cele, np. energetyczne, ale, co warto podkreślić, można też ją przyorywać. Wyniki naszych badań wskazują bowiem, że przyorywanie pociętej słomy zbóż uprawianych po sobie w krótkich zmianowaniach z inną rośliną, np. rzepakiem, nie wpływa ujemnie na plon ziarna, ma natomiast bardzo pozytywny efekt środowiskowy w postaci nagromadzenia się próchnicy glebowej, która wpływa korzystnie na wiele właściwości gleb.

Tabela 3

**Plon ziarna, liczba kłosów i masa tysiąca ziaren (MTZ) pszenicy  
i pszenżyta w zależności od częstotliwości przyorywania słomy  
w zmianowaniu rzepak – pszenica – pszenżyto**

Obiekty*	Pszenica ozima			Pszenżyto ozime		
	I rotacja	II rotacja	III rotacja	I rotacja	II rotacja	III rotacja
	Plon ziarna (t·ha <sup>-1</sup> )			Plon ziarna (t·ha <sup>-1</sup> )		
SR	6,78 <sup>a</sup> **	6,60 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>	8,23 <sup>a</sup>
S1	6,79 <sup>a</sup>	6,71 <sup>a</sup>	9,41 <sup>a</sup>	5,78 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>	7,81 <sup>a</sup>
S2	6,65 <sup>a</sup>	6,78 <sup>a</sup>	9,36 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>	6,79 <sup>a</sup>	7,95 <sup>a</sup>
S3	6,73 <sup>a</sup>	6,79 <sup>a</sup>	9,30 <sup>a</sup>	5,66 <sup>a</sup>	7,08 <sup>a</sup>	8,03 <sup>a</sup>
	Liczba kłosów (m <sup>-2</sup> )			Liczba kłosów (m <sup>-2</sup> )		
SR	479 <sup>a</sup>	494 <sup>a</sup>	564 <sup>a</sup>	402 <sup>a</sup>	385 <sup>a</sup>	436 <sup>a</sup>
S1	486 <sup>a</sup>	482 <sup>a</sup>	523 <sup>a</sup>	390 <sup>a</sup>	398 <sup>a</sup>	433 <sup>a</sup>
S2	498 <sup>a</sup>	470 <sup>a</sup>	537 <sup>a</sup>	383 <sup>a</sup>	368 <sup>a</sup>	431 <sup>a</sup>
S3	514 <sup>a</sup>	488 <sup>a</sup>	543 <sup>a</sup>	400 <sup>a</sup>	381 <sup>a</sup>	448 <sup>a</sup>
	MTZ (g)			MTZ (g)		
SR	45,0 <sup>a</sup>	44,4 <sup>a</sup>	40,7 <sup>a</sup>	46,1 <sup>a</sup>	48,0 <sup>a</sup>	46,2 <sup>a</sup>
S1	45,6 <sup>a</sup>	44,1 <sup>a</sup>	39,9 <sup>a</sup>	45,6 <sup>a</sup>	47,7 <sup>a</sup>	44,9 <sup>a</sup>
S2	45,7 <sup>a</sup>	44,4 <sup>a</sup>	40,4 <sup>a</sup>	46,0 <sup>a</sup>	47,6 <sup>a</sup>	45,8 <sup>a</sup>
S3	45,6 <sup>a</sup>	44,4 <sup>a</sup>	40,4 <sup>a</sup>	45,7 <sup>a</sup>	48,1 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>

\* / SR – bez słomy, S1 – przyorywana słoma rzepaku (raz w rotacji), S2 – przyorywana słoma rzepaku i pszenicy (dwa razy w rotacji), S3 – przyorywana słoma wszystkich roślin (trzy razy w rotacji);

\*\* / wartości w kolumnach oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie;

Źródło: Badania własne.

#### 4. Wnioski

- Wieloletnie (21 lat) nieprzyorywanie słomy żadnej z roślin uprawianych w badanym zmianowaniu spowodowało obniżenie zawartości w glebie próchnicy z początkowej wartości 14,6 g·kg<sup>-1</sup> s.m. gleby do 14,4 g·kg<sup>-1</sup> s.m., natomiast w wyniku przyorywania słomy jednej rośliny w zmianowaniu, czyli rzepaku, nastąpił wzrost zawartości próchnicy w badanej glebie do 15,0 g·kg<sup>-1</sup> s.m.
- Pozostawianie i przyorywanie słomy dwóch roślin w zmianowaniu, tj. rzepaku i pszenicy, spowodowało jeszcze większe wzbogacenie gleby w próchnicę, a przyorywanie słomy wszystkich 3 roślin skutkowało największym

(istotnym statystycznie) przyrostem zawartości (do 16,2 g·kg<sup>-1</sup> s.m.) próchnicy w glebie.

- W przeprowadzonych badaniach nie stosowano wapnowania gleby i w efekcie jej odczyn we wszystkich obiektach doświadczalnych obniżył się z początkowej wartości pH 6,2 do pH 5,0 – 5,1, najprawdopodobniej na skutek wieloletniego stosowania nawozów mineralnych, a zwłaszcza stosunkowo wysokich dawek N pod rzepak.
- W porównaniu do wartości wyjściowych, zawartość przyswajalnego potasu (K<sub>2</sub>O) w glebie zwiększyła się, natomiast zmniejszyła się zawartość przyswajalnego fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i magnezu (Mg), prawdopodobnie w wyniku obniżenia się odczynu gleby.
- W omawianym doświadczeniu stosowanie słomy nie dało wyraźnych efektów nawozowych w postaci istotnych przyrostów plonów ziarna zbóż w stosunku do obiektu bez słomy. Jedynie w przypadku rzepaku stwierdzono lepsze plonowanie tej rośliny wraz ze wzrostem częstotliwości przyorywania słomy w zmianowaniu, istotnie lepsze w obiekcie, gdzie słomę przyorywano jeden raz (S1) i trzy razy w rotacji (S3).
- Uzyskane wyniki wskazują, że w trosce o dobry stan gleb rolnicy prowadzący gospodarstwa bezinwentarzowe i stosujący uproszczone płodozmiany zbożowe, powinni przyorywać słomę co najmniej jednej rośliny, a najlepiej dwóch, bowiem prowadzi to do nagromadzenia się próchnicy glebowej.

## LITERATURA

1. Blanchet, G., Gavazov, K., Bragazza, L., Sinaj, S. (2016). Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 230, 116–126. DOI: org/10.1016/j.agee.2016.05.032
2. European Commission (DG ENV) – Environmental impacts of different crop rotations in the European Union. Final Report (2010). [www// BIO\\_crop\\_rotations final report\\_rev executive summary\\_.pdf](#).
3. Ghani, A., Dexter, M., Perrott, KW. (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. *Soil Biol. Biochem.*, 35(9), 1231–1243. DOI: 10.1016/S0038-0717(03)00186-X
4. Harasim, A. (2011). *Gospodarowanie słomą*. Wyd. IUNG Puławy. 77.
5. Hofgaard, I.S., Seehausen, T., Aamot, H.U., Riley, H., Razzaghian, J., Le, V.H., Hjelkrem, A-G.R., Dil-Macky, R., Brodal, G. (2016). Inoculum potential of *Fusarium* spp. relates to tillage and straw management in Norwegian fields of spring oats. *Front. Microb.*, 7, 556-570. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00556

6. Kopiński, J. (2017). Bilans azotu brutto - agrośrodowiskowy wskaźnik oddziaływania rolnictwa na środowisko. Opis metodyki, omówienie wyników bilansu na poziomie NUTS-0, NUTS-2. *Monografie i rozprawy naukowe*, 55, 111. Puławy: IUNG-PIB.
7. Kuś, J., Kopiński, J. (2012). Gospodarowanie glebową materią organiczną we współczesnym rolnictwie. *Zag. Doradz. Roln.*, 2(68), 5-27.
8. Kuś, J., Madej, A. (2017). Zagospodarowanie słomy a bilans glebowej materii organicznej. *Zag. Doradz. Roln.*, 4, 40-57.
9. Lemke, R.L., Vanden-Bygaart, A.J., Campbell, C.A., Lafond, G.P. Grant, B. (2010). Crop residue removal and fertilizer N: Effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 135, 42-51. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.010
10. Martyniuk, S., Kozieł, M., Stalenga, J., Jończyk, K. (2016). Labile fractions of soil organic matter and microbial characteristics of soil under organic and conventional crop management systems. *Biol. Agric. Hort.*, 1, 1-6. DOI: 10.1080/01448765.2015.1015054
11. Raffa, D.W., Bogdanski, A., Tittonell, P. (2015). How does crop residue removal affect soil organic carbon and yield? A hierarchical analysis of management and environmental factors. *Biomass Bioenergy*, 81, 345-355. DOI: org/10.1016/j.biombioe.2015.07.022
12. Smagacz, J. (2010). Wpływ nawożenia słomą na plonowanie pszenicy ozimej, występowanie chorób podstawy źdźbła oraz niektóre właściwości chemiczne gleby. *Fragm. Agronom.*, 27(1), 141-150.
13. Smagacz, J., Podolska, G. (2010). Plonowanie i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od następstwa roślin i występowania chorób podstawy źdźbła. *Pam. Puł.*, 152, 247-261.
14. Smagacz, J., Martyniuk, S. (2022). *Organic matter content in soil and crop yields as influenced by the frequency of straw incorporation in a long-term rotation of rape-wheat-triticale*. *J. Water Land Dev.* (w druku).
15. Siuta, A. (1999). Wpływ nawożenia słomą i biomasą międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. *Z. Probl. Post. Nauk Roln.*, 467, 245-251.