

**Dorota Pikula**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## WPLYW WIELOLETNIEGO NAWOŻENIA SŁOMĄ NA PLONOWANIE ROŚLIN I ŻYZNOŚĆ GLEBY\*

**Słowa kluczowe:** humus, nawożenie słomą, żyzność gleby, doświadczenie wieloletnie

### Wstęp

Żyzność gleby to naturalna jej zdolność do zaspokajania potrzeb roślin, kształtowana przez zespół morfologicznych, fizycznych, chemicznych, fizykochemicznych, biochemicznych i biologicznych właściwości gleby (4, 32, 40). Uproszczenia zmianowań, uprawa zbóż w monokulturach, jak również stosowanie dużych ilości nawozów mineralnych oraz chemicznych środków ochrony roślin prowadzą do zmian liczby i struktury mikroorganizmów, w tym odpowiedzialnych za obieg materii i żyzność gleby, co w dłuższym przedziale czasowym prowadzi do spadku jej żyzności, a nawet degradacji (2, 21). Na przestrzeni ostatnich kilku lat w krajach Unii Europejskiej dostrzega się znaczące pogorszenie jakości gleb użytkowanych rolniczo, co w efekcie powoduje zakłócenie pełnionych przez nie funkcji (19). Jednym ze sposobów przywracania żyzności gleb jest nawożenie obornikiem. Jednakże ze względu na utrzymujący się od kilkunastu lat trend spadku pogłowia zwierząt gospodarskich, a więc i produkcji obornika, dla utrzymania zrównoważonego bilansu próchnicy i żyzności gleby w wielu gospodarstwach konieczne jest zastąpienie go słomą. Według oceny IUNG-PIB w skali kraju powinno się wykorzystywać do celów nawozowych ok. 3,5 mln t słomy zbóż, roślin strączkowych i rzepaku (30).

### Produkcja i wykorzystanie słomy w Polsce

Zmiany, jakie zaszły w ostatnich latach w systemie utrzymania i żywienia zwierząt spowodowały, że aktualnie zapotrzebowanie na słomę wykorzystywaną na ściółkę

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

i paszę znacznie zmalało. W tej sytuacji w wielu gospodarstwach, a nawet niektórych rejonach Polski obserwuje się nadwyżkę słomy. Według różnych szacunków rocznie w Polsce produkuje się 23–33 mln t słomy (11, 13, 16, 30). W strukturze produkcji dominuje słoma zbóż, ale jej udział zmniejsza się z 94% w latach 80. do 86% w 2009 r. na korzyść słomy z kukurydzy i roślin oleistych. Najwyższe plony słomy zbóż podstawowych zebrano w 2010 r. – 23,6 tys. t, najmniejsze w 2012 r. – 19,9 tys. t (42). W latach 2005–2013 znacznie spadły plony słomy lnu, z 2,19 t·ha<sup>-1</sup> w 2010 r. do zaledwie 1,57 t·ha<sup>-1</sup> w 2013 r. W łącznym zbiorze słomy zbóż przeważają zbiory słomy zbóż ozimych (17, 42). Ocenia się, że nadwyżka słomy do wykorzystania poza rolnictwem wynosi 8–10 mln t (14, 16, 30, 31).

Z wykonanych ostatnio obliczeń wynika, że w Polsce na przyoranie przeznaczają się ok. 11% wyprodukowanej słomy, w gminie nawet 55% (12), a w skali kraju ok. 3 mln t słomy (11,16,30). Do celów nawozowych wykorzystuje się głównie słomę zbóż ozimych.

### Zawartość składników pokarmowych w słomie i jej wartość nawozowa

Zgodnie z zasadami rolnictwa zrównoważonego zwiększenie udziału nawozów naturalnych w zmianowaniu lub ich efektywniejsze wykorzystanie umożliwi ograniczenie dawek nawozów mineralnych (50). Słoma zawiera wszystkie składniki pokarmowe niezbędne do prawidłowego rozwoju roślin (17, 34, 37). Zawartość makro- i mikroelementów w słomie zależy głównie od gatunku rośliny, ale zmienia się również w zależności od czynników agrotechnicznych i siedliskowych (tab. 1 i 2). Słoma pozyskiwana z kukurydzy, gryki, roślin strączkowych i rzepaku jest bogatsza w składniki pokarmowe w porównaniu ze słomą zbóż. Największą wartością nawozową spośród słomy zbóż charakteryzują się słoma jęczmienia i owsa. Składnikiem nawozowym dominującym w słomie jest potas (tab.1).

Tabela 1  
Przeciętna zawartość makro- i mikroelementów w słomie zbóż różnych gatunków roślin

Gatunek zbóż	Makroelementy (g·kg <sup>-1</sup> s.m.)				
	azot (N)	fosfor (P)	potas (K)	wapń (Ca)	magnez (Mg)
Żyto	5,3	0,8	10,3	2,0	0,7
Pszenica	6,4	1,1	11,7	2,7	0,9
Jęczmień	6,5	1,2	17,0	5,1	1,2
Owies	7,8	1,5	22,8	4,8	1,2
	Mikroelementy w mg·kg <sup>-1</sup> s.m				
	mangan (Mn)	miedź (Cu)	bor (B)	molibden (Mo)	cynek (Zn)
Żyto	32	1,8	1,8	0,26	8
Pszenica	25	5,1	2,8	0,33	20
Jęczmień	24	4,1	4,8	0,28	22
Owies	70	3,6	4,0	0,31	48

Źródło: Mercik, 2002 (37)

Tabela 2

Przeciętna zawartość makroelementów w słomie roślin uprawnych

Roślina uprawna	Zawartość suchej masy (%)				
	azot (N)	fosfor (P)	potas (K)	wapń (Ca)	magnez (Mg)
Pszenvica ozima	0,67	0,11	1,06	0,28	0,09
Pszenvica jara	0,73	0,12	1,11	0,28	0,09
Żyto	0,60	0,11	1,01	0,24	0,08
Pszenvczyto ozime	0,59	0,11	1,05	0,24	0,08
Jęczmień ozimy	0,86	0,14	1,26	0,41	0,10
Jęczmień jary	0,80	0,12	1,23	0,40	0,10
Owies	0,76	0,16	1,89	0,35	0,11
Kukurydza	1,19	0,20	1,87	0,40	0,28
Gryka	1,06	0,29	1,92	0,90	0,28
Rzepak ozimy	0,70	0,13	1,73	1,61	0,13
Bobik	1,02	0,14	1,41	0,98	0,12
Groch	1,56	0,14	1,51	1,78	0,16
Łubin	1,20	0,15	1,54	1,07	0,13

Źródło: Harasim, 2011 (17)

Maćkowiak (34) podaje, że w 5 t słomy zbóż ozimych znajduje się średnio 30 kg azotu, 12 kg fosforu ( $P_2O_5$ ), 62 kg potasu ( $K_2O$ ), 17 kg wapnia ( $CaO$ ), 7 kg magnezu ( $MgO$ ) oraz mikroelementy.

Słoma rzepakowa charakteryzuje się natomiast największą zawartością składników pokarmowych, zwłaszcza potasu i wapnia. W 5 tonach słomy rzepaku znajduje się ok. 35 kg azotu, 15 kg fosforu ( $P_2O_5$ ), 104 kg potasu ( $K_2O$ ), 112 kg wapnia ( $CaO$ ), 11 kg magnezu ( $MgO$ ) oraz mikroelementy.

### Dawki i zasady stosowania słomy

Wybór sposobu stosowania słomy na polu zależy od warunków siedliskowych. Słomą można nawozić poprzez mulczowanie, które polega na pokryciu powierzchni gleby słomą, a następnie, najczęściej po okresie ok. 3–4 tygodni wymieszania jej z wierzchnią warstwą gleby (6, 17). Inny sposób stosowania to płytkie przykrycie rozdrobnionej słomy za pomocą podorywki lub głębsze jej przyoranie z wykorzystaniem orki przedsiębnej. Słomą można również nawozić, aplikując ją łącznie z nawozami zielonymi lub stosować wraz z gnojowicą.

W celach nawozowych w pierwszej kolejności zaleca się przyorywać słomę kukurydzy uprawianej na ziarno, rzepakową i słomę roślin strączkowych. Słoma jest stosowana zazwyczaj w dawkach uzależnionych od jej plonu, ok. 4–6 t·ha<sup>-1</sup>. Działanie nawozowe słomy zależy od stopnia jej rozdrobnienia, rozprowadzenia na powierzchni gleby i wymieszania z warstwą orną gleby. Na rozkład słomy w glebie mają wpływ głównie takie czynniki, jak: temperatura, wilgotność i odczyn gleby, dostępność azotu

oraz głębokość przyorania (9, 26). Optymalny rozkład słomy zachodzi przy wilgotności gleby 60–70% i temperaturze wynoszącej co najmniej 15°C. Korzystny odczyn gleby dla rozkładu masy organicznej słomy mieści się w zakresie pH 6,0–7,0 (9, 17). Oprócz wymienionych czynników duże znaczenie dla rozkładu słomy w glebie ma głębokość jej przyorania. Przyoranie słomy na głębokość 8–12 cm powoduje szybki jej rozkład w glebie. Na glebach lekkich słomę można przyorać głębiej. Należy natomiast unikać zbyt głębokiego przyorywania słomy na glebach cięższych z powodu braku tlenu w głębszych warstwach gleby, którego deficyt hamuje procesy rozkładu. Słoma zbóż i kukurydzy przeznaczona do nawożenia powinna być dobrze rozdrobniona (im krótsze odcinki, tym lepiej się rozkłada w glebie), gdyż przemiany mikrobiologiczne i chemiczne zachodzą wówczas szybciej (9). W przypadku słomy rzepaku stopień rozdrobnienia ma już mniejsze znaczenie, gdyż słoma rzepaku jest krucha, co ułatwia jej wymieszanie z glebą. Badania naukowe potwierdzają, że źle rozdrobniona i nierównomiernie rozrzucona na polu słoma utrudnia wschody roślin następczych (6, 17), a w okresie suszy akumuluje wodę, zabierając ją roślinom uprawnym. W okresach zbyt dużych opadów produkty rozkładu słomy mogą hamować kiełkowanie nasion.

Stosując słomę na cele nawozowe, konieczne jest zapobieganie unieruchomieniu azotu w glebie oraz zastosowanie odpowiedniej korekty w nawożeniu. W tym celu wykorzystuje się następujący wzór umożliwiający obliczenie dawki azotu w nawozach mineralnych, jaką należy zastosować, aby zrekompensować „niedobór” tego składnika w słomie (15):

$$D_{kn} = P_{no} \cdot (12 - N_{no})$$

gdzie:

$D_{kn}$  – dawka kompensująca (uzupełniająca) azotu ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$P_{no}$  – masa słomy ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$N_{no}$  – aktualna zawartość azotu w słomie ( $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ ).

Dolna granica zawartości azotu w nawozach organicznych, chroniąca przed trwałym unieruchomieniem azotu mineralnego gleby, wynosi 12  $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ . Oznacza to, że wprowadzane do gleby nawozy organiczne o mniejszej zawartości azotu wymagają zastosowania odpowiedniej korygującej dawki azotu mineralnego.

Słomą można nawozić wszystkie rośliny uprawy polowej i stosować ją na wszystkich glebach, z wyjątkiem gleb zakwaszonych, przesuszonych, charakteryzujących się małą aktywnością mikrobiologiczną. W takich siedliskach może dochodzić do rozwoju grzybów, które wpływają niekorzystnie na rozkład słomy, a w glebie powstają toksyczne związki dla roślin. Przyjmuje się, że 80% materii organicznej słomy ulega rozkładowi w glebie dopiero po upływie 180 dni od terminu jej przyorania. Z tego względu nawożenie słomą na danym polu nie jest wskazane częściej niż co dwa lata. Badania naukowe potwierdzają, że częste przyorywanie słomy zbóż ozimych może nasilać występowanie niektórych chorób (7, 8, 38, 45, 46). Może to również powodować powstawanie w glebie biologicznie czynnych substancji o inhibicyjnym działaniu

na zboża, które m.in. ograniczają początkowy wzrost roślin, pogarszają zaopatrzenie roślin ozimych w azot w związku z jego pobieraniem przez mikroorganizmy glebowe. W pierwszym roku po przyoraniu słomy rośliny wykorzystują z niej ok. 40% azotu, 25% fosforu i ponad 50% potasu (34).

### **Wpływ słomy na glebę i plonowanie roślin**

Działanie plonotwórcze i reprodukcyjne nawozów naturalnych i organicznych zależy od zawartości w nich składników pokarmowych i suchej masy popielnej. Lynch i Panting (18, 33) wskazują, że słoma jest ważnym źródłem składników energetycznych dla całego zespołu organizmów glebowych, ponieważ dostarcza do  $2800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  węgla w ciągu roku.

Wprowadzenie do gleby słomy lub mikroorganizmów to niektóre z możliwych zabiegów ograniczających niekorzystne zmiany w agrosystemach monokultur i utrzymujących żyzność gleb (20, 24, 28). Wprowadzona do gleby świeża masa organiczna słomy powoduje szereg zmian w siedlisku pola uprawnego. Oddziaływanie nawozów naturalnych i organicznych na glebę i rośliny, należy zawsze rozpatrywać w kontekście środowiskowym i produkcyjnym (5, 10, 35, 40). Działanie słomy rozkłada się na kilka lat i uwidacznia po upływie co najmniej trzech lat od zastosowania (17, 45). Efekty stosowania słomy zależą jednak od wielu, często współzależnych czynników, m.in. sposobu i terminu jej aplikacji, tempa i stopnia rozkładu, warunków siedliska (22, 23, 48). Powszechnie zalecany dodatek azotu mineralnego na przyorywaną słomę ogranicza niekorzystny wpływ biologicznego uwstecznienia przyswajalnego azotu, a nawet pozwala uzyskać kilkuprocentowy wzrost plonu ziarna zbóż. Wyniki badań potwierdzają, że okresowe (co 2–3 lata) nawożenie gleby słomą okazuje się korzystniejsze niż jej coroczne przyorywanie. Natomiast skuteczniejszy wpływ na plonowanie zbóż obserwuje się w latach o mniejszych opadach i gorszym ich rozkładzie w okresie wegetacji niż w latach o optymalnych warunkach wilgotnościowych (8, 22, 23, 29, 44, 45, 46).

Po zastosowaniu nawozów naturalnych i organicznych poprawiają się właściwości chemiczne, powietrzno-wodne, sorpcyjne i biologiczne gleby (41, 44). Gleba charakteryzuje się też lepszą strukturą. Od masy i rodzaju wprowadzonych do gleby nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych zależy ilość dostępnego dla roślin azotu oraz zawartość węgla organicznego w glebie (3, 40, 43). Większość badań naukowych potwierdza, że nawożenie słomą powoduje wzrost materii organicznej w glebie (34, 35, 36). Współczynnik reprodukcji materii organicznej dla 1 tony masy słomy wynosi średnio  $+0,175$ – $0,210$ , dla porównania 1 tony obornika wynosi  $+0,070$ , a dla  $1 \text{ m}^3$  gnojowicy  $+0,014$ – $0,028$  (1). W 5 t suchej masy słomy znajduje się około 4,8 t materii organicznej, w tym 3,1 t substancji organicznej porównywalnej pod względem oddziaływania na odnowę puli próchnicy w glebie podobnej do substancji organicznej obornika. Odpowiada to 15,5 t obornika o zawartości 25% suchej masy (34).

Przykładem korzystnego oddziaływania słomy na zawartość próchnicy w glebie mogą być badania Puły i Łabazy (41). Badacze ci stwierdzili, że średnio za 4 lata zasobność gleby w próchnicę w stosunku do stanu wyjściowego wynoszącego  $21,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  materii organicznej, po przyorywaniu słomy jęczmienia jarego i pszenżyta ozimego wzrosła odpowiednio o  $4,5$  i  $3,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Smağacz (46) również wskazuje, że przyorywanie słomy zwiększało w warstwie ornej gleby zawartość próchnicy i przyswajalnych składników pokarmowych. Wyższe wartości tych wskaźników po 4 latach badań stwierdzono w obiekcie, gdzie słomę przyorywano corocznie bez dodatkowej dawki azotu poprawiającej stosunek C:N w przyorywanej słomie.

Inni badacze wskazują jedynie na rolę słomy w stabilizacji zawartości próchnicy w glebie (4). Wpływ wprowadzonych do gleby nawozów organicznych na właściwości gleby jest więc niejednoznaczny, choć przeważają opinie o ich korzystnym oddziaływaniu (26, 27). Próchnicotwórcza wartość nawozów naturalnych i organicznych jest zróżnicowana (tab. 3.) W zależności od zawartości w nich C i N stosunek obu pierwiastków do siebie wpływa na przemiany azotu mineralnego w glebie. Jeśli stosunek C:N jest szerszy od 33,3:1, następuje trwale unieruchomienie azotu mineralnego w glebie. Z przejściowym unieruchomieniem azotu mamy do czynienia, gdy stosunek ten wynosi 22,2–33,3:1, natomiast stosunek C:N węższy od 22,2:1 zapewnia mineralizację azotu organicznego (2, 15, 17, 34). Podstawą racjonalnej gospodarki składnikami pokarmowymi z wykorzystaniem nawozów naturalnych i organicznych jest więc określenie w nich zawartości C i N, stosunku C:N, zawartości składników mineralnych ogółem i zawartości składników labilnych.

Tabela 3

Zawartość C organicznego w nawozach organicznych i naturalnych oraz ich wartość reprodukcyjna

Nawóz	Zawartość Corg. (% s.m)	Próchnica (w kg) z 10 ton s.m.	Stosunek C:N
Słoma zbóż	42,4	1462	75,7
Kompost gospodarski	27,0	1862	17,4
Obornik mieszany	35,8	2370	16,7
Gnojowica mieszana	36,9	1870	7,4

Źródło: Górlach i Mazur, 2001 cyt. za: Harasim, 2011 (17)

Z innych doniesień literatury (34, 35, 47, 48) i badań własnych wynika (tab. 4), że przyorywana słoma oprócz korzyści w postaci przyrostu próchnicy w glebie ma także wartość nawozową, która w zależności jej składu chemicznego decyduje o zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe. Natomiast w tabelach 3 i 5 podano również wartość reprodukcyjną słomy na tle innych nawozów organicznych i naturalnych. W tabeli 4 zamieszczono wyniki doświadczeń polowych przeprowadzonych w PODR Szepietowo w latach 2006–2012, dotyczących wpływu różnych systemów nawożenia na odczyn gleby i zawartość makroelementów w glebie.

Tabela 4

Wpływ różnych systemów nawożenia na odczyn gleby i zawartość makroelementów (mg · 100 g<sup>-1</sup> gleby) w PODR Szepietowo (2006–2012)

Rodzaj i poziom nawożenia	Zawartość makroskładników i pH gleby	Lata badań		
		2006	2009*	2012
Obornik 30 t · ha <sup>-1</sup> + nawożenie mineralne	pH	5,0	4,7	5,7
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13,7	12,7	8,9
	K <sub>2</sub> O	12,6	14,9	11,0
	Mg	3,6	3,7	5,5
Słoma 4 t · ha <sup>-1</sup> + nawożenie mineralne	pH	5,0	4,6	5,2
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13,7	11,9	10,1
	K <sub>2</sub> O	12,6	11,1	11,1
	Mg	3,6	2,9	5,7
Nawożenie mineralne wg Naw-Sald	pH	5,0	4,6	5,1
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13,7	12,2	11,0
	K <sub>2</sub> O	12,6	14,5	8,8
	Mg	3,6	2,6	5,4

\* w roku 2009 gleby zwapnowano

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5

Ilość substancji organicznej wnoszonej do gleby w różnych nawozach naturalnych i organicznych

Rodzaj nawozu	Zawartość s.m. w 1 t świeżego nawozu		Ilość substancji organicznej wnoszonej do gleby (t · ha <sup>-1</sup> )	
	%	t	w 1 t s.m. nawozu	w 1 t naturalnej masy nawozu
a	b	c	d	e = c × d
Obornik	20	0,20	0,35	0,0700
	25	0,25	0,35	0,0875
Gnojowica	6	0,06	0,28	0,0168
	8	0,08	0,28	0,0224
	10	0,10	0,28	0,0280
Słoma	85	0,85	0,21	0,1785
Nawóz zielony	15	0,15	0,14	0,0210

Źródło: Harasim, 2011 (17)

Potwierdzenie korzystnego oddziaływania słomy w warunkach stosowania niższych dawek NPK oraz braku obornika można znaleźć w wynikach wielu badań (28, 29, 35, 36, 44, 47). W przypadku niedoboru obornika można go zastąpić materia organiczną pochodzącą ze słomy, liści buraczanych lub międzyplonów przeznaczonych na przeoranie. Jabłońska-Ceglarek i Franczuk (20) podają, że ilość wprowadzonych do gleby składników pokarmowych i masy organicznej zależy ściśle od rodzaju nawozu. Ze słomą w dawce 4 t · ha<sup>-1</sup> wprowadza się średnio



3,42 t·ha<sup>-1</sup> suchej masy, a w dawce 6 t·ha<sup>-1</sup>–5,13 t·ha<sup>-1</sup>. Przyorując nawozy zielone, wprowadza się mniejsze ilości makroskładników i masy organicznej niż z obornikiem. Z biomasa żyta i wyki wprowadza się odpowiednio: 18,13 i 14,72 t·ha<sup>-1</sup> świeżej masy. Wartość nawozowa słomy (oceniana na podstawie ilości makroskładników) jest niższa aniżeli obornika i międzyplonów letnich przyorywanych w całości lub w postaci resztek pozbiorowych.

Pomimo pozytywnego oddziaływania słomy na zawartość próchnicy w glebie panuje jednak przekonanie, że przyorana słoma nie tylko zwiększa, ale może i zmniejszać plony roślin w pierwszym roku po przyoraniu (45). W latach 30. XX w. tę zależność tłumaczono tym, że po przyoraniu słomy bardzo szybko namnażają się bakterie, które do budowy własnego ciała pobierają znaczne ilości azotu mineralnego z gleby (33). Rozwój bakterii po przyoraniu słomy jest tym intensywniejszy, im szerszy jest stosunek C:N w słomie i im większa masa słomy zostanie przyorana. Z tego powodu, jak już wcześniej wspomniano, rekomendowane jest stosowanie razem ze słomą określonej ilości azotu mineralnego.

Wpływ nawożenia słomą na plony warzyw był oceniany w badaniach Kuduka (29). Autor podkreśla, że korzystny wpływ nawożenia słomą w uprawie warzyw wynika, ze zwiększenia całkowitej ilości materii organicznej w glebie. Najbardziej produktywną dawką słomy w uprawie kapusty było 4 t·ha<sup>-1</sup>.

W doświadczeniach polowych zlokalizowanych w PODR Szepietowo w latach 2006–2013 badano wpływ nawożenia słomą na plony roślin uprawnych. Najwyższe plony roślin uzyskano na obiektach nawożonych obornikiem w dawce 30 t·ha<sup>-1</sup>. Natomiast plony roślin nawożonych słomą w dawce 4 t·ha<sup>-1</sup> kształtowały się podobnie jak na obiektach, gdzie stosowano nawożenie mineralne według doradztwa nawozowego Naw-Sald (tab. 6 i 7). Podobne zależności znajdują potwierdzenie w literaturze przedmiotu (36, 44, 52).

Tabela 6

Plony roślin uprawnych z dwóch rotacji w zależności od rodzaju nawożenia w PODR Szepietowo (średnio 2006–2013)

Rodzaj i poziom nawożenia	Plony roślin (t·ha <sup>-1</sup> )			
	jęczmień jary	pszenżyto ozime	kukurydza na silos z.m.	pszenica jara
Obornik 30 t·ha <sup>-1</sup> + nawożenie mineralne	4,23	6,20	75,8	4,60
Słoma 4 t·ha <sup>-1</sup> + nawożenie mineralne	3,76	5,66	67,0	4,56
Nawożenie mineralne wg Naw-Sald	3,98	5,94	63,1	4,46

Źródło: opracowanie własne



Uwalnianie w trakcie rozkładu słomy związków biologicznie aktywnych, nasilenie występowania patogenów, immobilizacja azotu i mechaniczne utrudnienia uprawy roli oraz siewu potwierdzają, że efekty siedliskowo-produkcyjne stosowania słomy nie są jednoznaczne, a wykorzystanie jej do regeneracji stanowiska w monokulturach zbożowych jest dyskusyjne (8, 22, 23, 25, 38, 49). Wójcik-Wojtkowiak (51) wskazuje, że wprowadzenie do gleby resztek pozbiorowych w początkowej fazie prowadzi do powstawania związków toksycznych wpływających ujemnie na wzrost i rozwój roślin uprawnych, co w efekcie może znacznie obniżyć plon. Podczas rozkładu mikrobiologicznego resztek poźniwnych powstają alifatyczne kwasy organiczne: kwas octowy, propionowy i masłowy. Z innych badań naukowych (24, 25, 39) wynika, że obecność produktów fermentacji słomy w glebie zwiększa podatność roślin na infekcje wywoływane przez fitopatologiczne grzyby z rodzaju *Fusarium* sp. Ponadto wskazuje się, że wprowadzenie do gleby rozdrobnionej słomy najczęściej nie wpływa istotnie na plon ziarna uprawianych zbóż, ale może go też obniżyć (24, 25, 46). Uproszczenia zmianowań do monokultury włącznie ograniczają bioróżnorodność drobnoustrojów w środowisku, powodują kumulację związków fenolowych w glebie i wzrost zawartości fitotoksyn wywołujących zjawisko autotoksyczności i obniżkę plonów (25, 38, 50). Natomiast w systemie gospodarowania, w których zachowany jest płodozmian choroby i szkodniki nie występują masowo, a zjawiska erozji i nadmiernego zagęszczenia gleby bądź autotoksyczności nie występowały lub miały ograniczony zasięg (8, 38). Niekorzystny wpływ związków powstających podczas rozkładu słomy w glebie może być ograniczany poprzez dodawanie do masy organicznej szczepionek drobnoustrojów celulolitycznych oraz stosowania nawożenia azotem i wapniem (25). Korzystne oddziaływanie wapna stosowanego w dawce  $1,5 \text{ CaO t} \cdot \text{ha}^{-1}$  łącznie ze słomą potwierdzają Kotecki i in. (27). W prowadzonych przez nich badaniach określano wpływ nawożenia słomą pszeną i wapnowania na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. Stwierdzono m.in. zwiększenie liczby łuszczyń na roślinie o 20%, liczby nasion w łuszczyńce o 7%, masy nasion w łuszczyńce o 18% i wzrost plonu nasion o 12% w porównaniu z elementami struktury plonu na obiekcie kontrolnym. Ponadto wykazano, że rzepak ozimy uprawiany w stanowisku po przyoranej słomie pszenicy ozimej bez dodatku wapnia w stosunku do obiektu bez słomy charakteryzował się słabszym rozwojem roślin jesienią.

Wyniki badań własnych wskazują, że słoma może wpływać korzystnie na produktywność i żyzność gleby (tab. 4 i 6). W zrównoważonej gospodarce składnikami pokarmowymi i materią organiczną trend wzrostu plonów roślin uprawnych, pod które stosuje się nawozy naturalne i organiczne wynika z wzbogacenia gleby w azot i powoduje zwiększenie efektywności jego wykorzystania poprzez inne składniki pokarmowe z tych nawozów (17, 23, 51). Na glebach w dobrej kulturze i w warunkach optymalnego przebiegu pogody nawozy naturalne i organiczne zwiększają plony proporcjonalnie do dawki azotu (10, 34). Natomiast na glebach wyczerpanych ze składników pokarmowych mamy do czynienia z plonotwórczym współdziałaniem składników pokarmowych zawartych w nawozach (36, 51).

## Podsumowanie

Słoma znajduje wykorzystanie głównie w gospodarstwach bezinwazyjnych, które nie produkują obornika. Posiada dużą wartość nawozową, jest cennym źródłem wielu składników pokarmowych, a przyorywana regularnie dostarcza glebie świeżej materii organicznej będącej następnie źródłem trwałej próchnicy. W świeżej masie słomy znajduje się od 0,5 do 0,7% azotu, ok. 0,2% fosforu i 1,5% potasu. Przeciętnie na powierzchni 1 ha pozostaje ok. 5 t słomy zbóż ozimych. Taka ilość zawiera średnio 30 kg azotu, 12 kg fosforu, 62 kg potasu, 7 kg magnezu, 17 kg wapnia. Ilość mikroelementów w słomie jest śladowa. W przyszłości znaczenie słomy jako nawozu będzie coraz większe ze względu na powstające jej nadwyżki w gospodarstwach zmniejszających jej wykorzystanie na paszę i ściółkę. Jednak taki sposób zagospodarowania słomy może powodować nasilone występowanie chorób grzybowych, gdyż wiele patogenów przeżywa na resztkach poźniwnych uprawianych roślin. Należy zatem poszukiwać sposobów ich ograniczenia. Aktualnie wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem słomy jako źródła energii, a także do produkcji kompostu oraz podłoży ogrodniczych.

## Literatura

1. Asmus F., Görlitz H.: Einfluss organischer und mineralischer Düngung auf die organische Substanz und den Stickstoffgehalt einer Tiefland-Fahlerde. Arch. Acker. Pfl. Boden., 1978, **22(2)**: 123-129.
2. Barabasz W., Albińska D., Jaśkowska M., Lipiec J.: Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms. Pol. J. Environ. Stud., 2002, **11(3)**: 193-198.
3. Bijlsma R.J., Lambers H.: A dynamic whole-plant model of integrated metabolism of nitrogen and carbon. Plant Soil, 2000, **220**: 71-87.
4. Cwojdzinski W., Nowak K.: Wybrane właściwości gleby w prowadzonym od 28 lat statycznym doświadczeniu nawozowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **484**: 87-94.
5. Dach J.: Wpływ dodatku różnego rodzaju słomy na dynamikę procesu i wielkość emisji amoniaku z kompostowanych osadów ściekowych. J. Res. Appl. Agric. Eng. 2010, **55(2)**: 8-13.
6. Duer I.: Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. Fragm. Agron., 1996, **1**: 29-43.
7. Duer I.: System gospodarowania a zmęczenie gleby powodowane allelopatią. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, **452**: 51-57.
8. Duer I.: Fitotoksyczność słomy i resztek poźniwnych pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, **452**: 59-70.
9. Dziadowiec M.: Przemiany w glebie słomy zbóż stosowanej jako nawóz organiczny i jej agroekologiczne działanie. Post. Nauk Rol., 1987, **4**: 39-58.
10. Filipiak K., Fotyła M.: Wpływ wieloletniego stosowania obornika i nawożenia azotem na plony i pobranie azotu przez rośliny uprawiane w dwóch zmianowaniach. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2006, **1(26)**: 71-88.
11. Faber A., Kuś J., Matyka M.: Uprawa roślin na potrzeby energetyki. PKPP Lewiatan, Warszawa 2009, 1-29.
12. Fiszer A.: Analiza wykorzystania słomy na cele opałowe. Roczn. AR Poznań, Rol., 2006/2007, **381(67)**: 11-15.
13. Gradziuk P. (red.): Biopaliwa. Wieś Jutra, Warszawa 2003.

14. Gostomczyk W.: Energetyczne wykorzystanie słomy jako lokalnego paliwa. W: Konwencja odnawialnych źródeł energii, A Lisowski (red.). SGGW Warszawa, 2009, 109-121.
15. Grzebisz W.: Nawozy organiczne. W: Nawożenie roślin uprawnych, Cz. II. Nawozy i systemy nawożenia, PWRiL, Poznań, 2009, 236-239.
16. Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K.: Słoma – energetyczne paliwo. Wieś Jutra, Warszawa 2001.
17. Harasim A.: Gospodarowanie słomą. IUNG-PIB, Puławy 2011, 7-75.
18. Higa T.: Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. Proc. Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. 4th Int. Conf. on Kyusei Nature Farming, Bellingham – Washington USA, 1998, 247-248.
19. Horabik J.: Applications of physical methods in agriculture and environment. 2nd Global Forum of Leaders for Agriculture Science and Technology. Beijing, 18–19 X 2007.
20. Jabłońska-Ceglarek R., Franczuk J.: Alternatywne formy nawożenia organicznego w uprawie kapusty głowiastej białej. Acta Sci. Pol. Hort. Cult., 2002, **1(1)**: 45-54.
21. Jadczyzyn J.: Spływ powierzchniowy i erozja gleby w użytkowanej rolniczo mikrozelewni stokowej (Rogalów, Wyżyna Lubleńska). Prace Studia Geograf., 2010, **45**: 67-78.
22. Jaskulski D., Jaskulska I.: Wpływ międzyplonów ścierniskowych, nawożenia słomą i zróżnicowanej uprawy roli na jęczmień jary w stanowisku po pszenicy ozimej. BTN Pr. Kom. Nauk Rol. Biol., Ser. B, 2004a, **52**: 99-109.
23. Jaskulski D., Jaskulska I.: Wpływ nawożenia słom, międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na niektóre właściwości gleby w ogniwie pszenica ozima – jęczmień jary. Acta Sci. Pol., Agric., 2004b, **3(2)**: 151-163.
24. Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska L., Grzelak M.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2007, **52(3)**: 73-77.
25. Kaszubiak H., Kaczmarek W., Pdziwilk Z., Sawicka A., Muszyńska M., Durska G.: Zespoły drobnoustrojów pod uprawami rolin w monokulturze i w zmianowaniu. Synteza wyników badań CPBP.04.10.03 na temat „Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż”. UAM Poznań, 1990, 77-90.
26. Kordas L., Majchrowski P.: Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głęboszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 2001, **415(80)**: 145-152.
27. Kotecki A., Kozak M., Malarz W.: Wykorzystanie słomy pszenicy ozimej do nawożenia rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste, 2002, **23**: 313-325.
28. Kotwica K.: Skutki różnego zagospodarowania słomy pszennej w trakcie uprawy późniejszej pod jęczmień jary w warunkach monokultury zbożowej. Fragm. Agron., 2004, **3**: 95-106.
29. Kuduk C.: Wpływ nawożenia słomą gleby lekkiej na niektóre właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne. Roczn. Glebozn., **39**: 67-78.
30. Kuś J., Madej A., Kopiński J.: Bilans słomy w ujęciu regionalnym. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2006, **3**: 211-226.
31. Kuś J., Smagać J.: Regionalne zróżnicowanie biomasy słomy. Pam. Puł., 2001, **124**: 289-295.
32. Lenart S., Mercik S., Łabętowicz J., Mazur T., Urbanowski S.: Zmiany właściwości fizycznych gleby pod wpływem różnych systemów nawożenia w pięciu wieloletnich doświadczeniach polowych. Fragm. Agron., 2005, **1**: 161-170.
33. Lynch J.M., Penn D.J.: Damage to cereals caused by decaying weed residues. J.Sci. Food Agric., 1980, **31**: 321-324.
34. Maćkowiak C.: Rola nawożenia organicznego w kształtowaniu żyzności i urodzajności gleby. IUNG Puławy, 1997, **63**: 28-31.
35. Mazur T.: Znaczenie resztek późniejszych w bilansie substancji organicznej gleb. Mat. Konf., „Nawozy organiczne,” Szczecin 1992, **2**: 4-11.

36. Mercik S., Stępień W., Łabętowicz J.: Żyzność gleb w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym – w doświadczeniach wieloletnich. Cz. 2. Właściwości chemiczne gleb. Fol. Univ. Agric. Stetin., Agric., 2000, **84**: 317-322.
37. Mercik S. (red.): Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne. SGGW, Warszawa, 2002, 211-212.
38. Mikołajska J.: Plodozmian a zdrowotność roślin. W: Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin. Mat. Symp., Olsztyn, 7–9.09.1993, 25-33.
39. Penn S.J., Lynch J.M.: The effect of bacterial fermentation of couch grass rhizomes and *Fusarium culmorum* on the growth of barley seedlings. Plant Pathol., 1982, **31**: 39-43.
40. Pikula D., Rutkowska A.: Effect of leguminous crop and fertilization on soil organic carbon in 30-years field experiment. Plant Soil Environ., 2014, **60(11)**: 507-511.
41. Puła J., Łabza T.: Wpływ nawożenia organicznego na zawartość składników mineralnych w warstwie omiej gleby lekkiej. Ann. UMCS, Sec. E., **59(3)**: 1505-1511.
42. Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2014. Produkcja roślinna, 186-197.
43. Rutkowska A., Pikula D.: Effect of crop rotation and nitrogen fertilization on the quality and quantity of soil organic matter. W: Soil processes and current trends in quality assessment, C. M. Hernandez Soriano (ed.). InTech, 2012, 249-168.
44. Siuta A.: Wpływ nawożenia słomą i biomasa międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żywności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1999, **467**: 245-251.
45. Smagacz J.: Wpływ częstotliwości przyorywania słomy na występowanie patogenów podstawy żdźbła i plonowanie odmian jęczmienia jarego. Biul. IHAR, 2005, **235**: 171-179.
46. Smagacz J.: Wpływ nawożenia słomą na plonowanie pszenicy ozimej, występowanie chorób podstawy żdźbła oraz niektóre właściwości chemiczne gleby. Fragm. Agron., 2010, **1**: 141-150.
47. Spiak Z., Piszcz Z., Kotecki A.: Wpływ przyorywania słomy z dodatkiem azotu mineralnego na zawartość azotu w glebie. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2002, **1**: 247-255.
48. Stępień A.: Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. Fol. Univ. Agric., 2011, Stetin. 211, Agricult. 211, **84**: 459-464.
49. Sulewska H.: Kukurydza w monokulturze – zagrożenia. Poradnik Rolnika. Agrotechnika, 2008, **3**: 22-24.
50. Wacławowicz R., Parylak D.: Następczy wpływ nawożenia wermikompostem oraz dawek azotu na właściwości gleby średniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **498**: 215-222.
51. Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Mielcarz B.: Wartość biologiczna warzyw nawożonych ziemią kompostową. Zesz. Nauk. AR Kraków, **364**: 209-212.
52. Woźniak A.: Wpływ wsiewek poplonowych i nawożenia organicznego na plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność pszenżyta ozimego w monokulturze. Cz. I. Plon ziarna. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **470**: 75-82.

---

Adres do korespondencji

dr inż. Dorota Pikula  
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia  
IUNG-PIB  
ul. Czartoryskich 8  
24-100 Puławy  
tel. 081 47 86 837  
e-mail: dpikula@iung.pulawy.pl