

ELEMENTY WSPÓŁCZESNYCH SYSTEMÓW UPRAWY ROLI I ROŚLIN – SKUTKI PRODUKCYJNE ORAZ ŚRODOWISKOWE*

DARIUSZ JASKULSKI, KAROL KOTWICA, IWONA JASKULSKA, MARIUSZ PIEKARCZYK,
GRZEGORZ OSIŃSKI, BARTOSZ POCHYLSKI

*Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

darekjas@utp.edu.pl

Synopsis. Na podstawie wyników badań prowadzonych w Katedrze Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w latach 2000–2012 określono niektóre efekty produkcyjne i środowiskowe wybranych zabiegów agrotechnicznych we współczesnych systemach uprawy roli i roślin. Badania obejmowały problematykę wpływu elementów agrotechniki na właściwości gleby i produktywność roślin. Stwierdzono, że pełne zrównoważone nawożenie organiczno-mineralne, przyrodniczo poprawne zmianowanie roślin czy płuzna uprawa roli pozwalają utrzymać wysoką żyzność gleby i produktywność roślin. Ograniczenia tych elementów mogą powodować niekorzystne skutki produkcyjne i środowiskowe. Ich redukcja jest możliwa nie tylko poprzez stosowanie wysokonakładowych środków i zabiegów agrotechnicznych o silnej presji na środowisko, ale także w efekcie działań proekologicznych. Możliwości takie dają słoma, popiół ze słomy, preparaty mikrobiologiczne i biostymulatory. Uproszczenie uprawy roli, jeżeli nawet skutkuje zmniejszeniem plonu, pozwala zredukować nakłady paliwa, co ogranicza oddziaływanie na środowisko. Stosowanie glifosatu do przedzbiorowej desykacji roślin wpływa niekorzystnie na wschody roślin, może więc zmniejszyć ryzyko występowania samosiewów.

Słowa kluczowe – *key words*: właściwości gleby – *soil properties*, nawożenie – *fertilization*, zmianowanie roślin – *crop rotation*, uprawa roli – *soil tillage*, efekt produkcyjny – *production effect*, efekt ekonomiczny – *economic effect*

WSTĘP

Rozwój i intensyfikacja rolnictwa, w tym polowej produkcji roślinnej wiąże się ze wzrostem zużycia środków przemysłowych, zwłaszcza chemicznych. Elementy agrotechniki, jak nawożenie, uprawa roli czy pielęgnacja w klasycznej postaci są materiało-, energo- i czasochłonne. Często, mimo walorów plonotwórczych i plonochronnych silnie oddziałują na środowisko. Celem współczesnych systemów uprawy roli i roślin jest nie tylko produkcja surowców żywnościowych i energetycznych, ale także dbałość o zachowanie walorów środowiskowych agroekosystemów oraz krajobrazu rolniczego. Istotnym jest przy tym efekt energetyczno-ekonomiczny działalności. Uwarunkowania te wymuszają liczne uproszczenia i ograniczenia agrotechniczne [Czyż i Dexter 2007a, 2007b, Starczewski i in. 2008, Wesołowski i Cierpiąła 2011]. We współczesnych systemach rolnictwa wdraża się więc nowe środki, zabiegi i całe technologie w zakresie polowej produkcji roślinnej. Ich uznanie przez naukę i akceptacja przez praktykę rolniczą wymagają jednak licznych i wieloaspektowych badań [Dzienia i in. 2006, Pruszyński 2009].

* W pracy wykorzystano wyniki badań finansowanych ze środków na naukę: N N310 308434, N N310 083536, N N310 083 436, N N310 104039

Na podstawie analizy literatury tematu sformułowano hipotezę roboczą zakładającą, że wprowadzane do współczesnych technologii uprawy roślin nowe środki i zabiegi agrotechniczne są o różnym stopniu substytucji i komplementarności względem klasycznych i ugruntowanych elementów systemów uprawy roli i roślin. Różne będą zatem skutki produkcyjne i siedliskowe ich wdrażania.

Celem pracy było określenie niektórych efektów produkcyjnych i środowiskowych stosowania wybranych zabiegów agrotechnicznych we współczesnych systemach uprawy roli i roślin, w tym:

- wpływu wieloletniego zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego na właściwości gleby lekkiej i produktywność zbóż,
- możliwości wykorzystania popiołu ze słomy do zwiększenia pH gleby oraz jej zasobności w makro- i mikrośladniki,
- skutków uprawy pszenicy ozimej w krótkotrwałej monokulturze oraz możliwości ich ograniczenia poprzez stosowanie środków i zabiegów zwiększających żyzność gleby oraz produktywność roślin jak wapnowanie, efektywne mikroorganizmy, użyźniacz glebowy, biostymulator,
- wpływu sposobu uprawy roli na plonowanie i efekt ekonomiczny uprawy pszenicy ozimej po różnych przedplonach,
- oddziaływania glifosatu użytego do przedzbiorowej desykcji rzepaku ozimego, gorczycy białej i pszenicy ozimej na wschody samosiewów tych roślin.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły wyniki wybranych badań prowadzonych w Katedrze Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa w latach 2000–2012. Pochodziły one z nawozowego wieloletniego doświadczenia statycznego i projektów badawczych: N N310 308434, N N310 083536, N N310 083 436 i N N310 104039. Badania te tematycznie różne, obejmowały problematykę wpływu elementów agrotechniki na właściwości gleby i produktywność roślin. Duża ich liczba i szeroki zakres oraz różnorodność eksperymentów uniemożliwiają pełną prezentację założeń metodycznych. Przedstawiono więc informacje niezbędne do interpretacji wyników, a dodatkowo uzupełniono je analizując kolejne aspekty problematyki badawczej w rozdziale „Wyniki i dyskusja”.

W doświadczeniu statycznym porównano oddziaływanie wybranych pięciu różnych sposobów wieloletniego nawożenia gleby płowej typowej na wskaźnik jej pH, zawartość przyswajalnych makroskładników oraz produktywność zbóż (owies, pszenica ozima, jęczmień jary) w zmianowaniu. Było to: nawożenie wyłącznie mineralne (NPK), organiczne (obornik w zależności od lat badań w dawce 20–50 t ha⁻¹ w rotacji zmianowania), organiczno-mineralne (słoma 5 t ha⁻¹ w rotacji i corocznie NPK, obornik + NPK, obornik + NPKMg z okresowym wapnowaniem).

Na glebie płowej typowej przeprowadzono także badania wpływu stosowania słomy oraz proekologicznych środków kształtujących żyzność gleby i produktywność roślin na plonowanie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu. Środkami tymi były tlenek wapnia (1500 kg ha⁻¹), popiół ze słomy pszenicy (250 kg ha⁻¹), efektywne mikroorganizmy EM-A (100 l ha⁻¹), użyźniacz glebowy UGmax (0,9 l ha⁻¹) i biostymulator Asahi (0,6 l ha⁻¹).

Efekt produkcyjny i ekonomiczny uproszczenia uprawy roli pod pszenicę ozimą w stanowiąskach po rzepaku ozimym, pszenicy ozimej i kukurydzy na ziarno oceniono na podstawie plonu ziarna i zużycia paliwa. Klasyczna uprawa roli polegała na wykonaniu podorywki oraz orki

siewnej po rzepaku i pszenicy oraz orki razówki po kukurydzy wraz z uprawkami przedsięwziętymi. W uprawie bezorkowej substytutem pracy pługa było gruberowanie przy zachowaniu tej samej głębokości, tj. 22–25 cm. W wariacie uprawy minimalnej stosowano tylko talerzowanie na głębokość 15 cm.

W doświadczeniach wazonowych badano zmianę właściwości wierzchniej warstwy gleby płowej pod wpływem popiołu ze słomy pszenicy ozimej aplikowanego w dawkach odpowiadających 0,25–8,0 t ha⁻¹ oraz wpływ glifosatu stosowanego do przedzbiorowej desykcji roślin na wschody samosiewów rzepaku ozimego, gorczycy białej i pszenicy ozimej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Według Körschensa [2006] wieloletnie doświadczenia są bardzo cenną metodą badań nad środowiskiem, w tym właściwościami gleby kształtowanymi pod wpływem agrotechniki. Na podstawie wyników ponad 50-letniego statycznego doświadczenia można stwierdzić, że w warunkach gleby lekkiej najlepszym sposobem nawożenia jest stosowanie mineralnych form podstawowych makroskładników, w tym magnezu, wraz z obornikiem oraz systematyczne wapnowanie. W prezentowanych badaniach nawożenie to pozwoliło utrzymać lekko kwaśny odczyn gleby, zawartość węgla organicznego w warstwie ornej na poziomie ponad 7,5 g·kg⁻¹ oraz największą, choć w niskiej klasie zasobności, zawartość przyswajalnego magnezu. Najwyższa była także produktywność roślin wyrażona średnim plonem trzech zbóż w rotacji zmianowania (tab. 1). Korzystny wpływ wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego na zawartość węgla organicznego w glebie podkreślają Bhattacharyya i in. [2010]. Mimo, że wyłączone nawożenie obornikiem zdaniem Blecharczyka i Grzebisza [1992] i Grzebisza i in. [1992] może być wystarczającym źródłem przyswajalnych form fosforu i potasu, to w badaniach własnych nawet przy dawkach do 50 t ha⁻¹, ale stosowanych raz w rotacji zmianowania, a nie corocznie, ograniczało

Tabela 1. Wpływ wieloletniego nawożenia na niektóre właściwości gleby i produktywność zbóż w zmianowaniu

Table 1. Effect of long-term fertilization on some soil properties and cereal crops productivity in crop rotation

Nawożenie <i>Fertilization</i>	pH	Węgiel organiczny <i>Organic carbon</i> (g·kg ⁻¹)	Fosfor <i>Phosphorus</i> (mg P·kg ⁻¹)	Potas <i>Potassium</i> (mg K·kg ⁻¹)	Magnez <i>Magnesium</i> (mg Mg·kg ⁻¹)	Plon <i>Yield</i> (t ha ⁻¹)
NPK	3,85	5,68	108	143	18,4	3,92
Obornik – <i>FYM</i>	4,00	6,20	65	89	17,0	3,59
Słoma – <i>Straw</i> + NPK	3,93	5,88	74	130	16,9	4,00
Obornik – <i>FYM</i> + NPK	3,70	6,48	106	139	19,9	4,26
Obornik – <i>FYM</i> + NPKCaMg	6,13	7,64	104	127	25,1	4,75
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	–	1,32	14	17	2,6	0,37

zawartość przyswajalnych form makroelementów i inne wskaźniki żyzności gleby jak odczyn czy zawartość węgla organicznego. Z kolei wyłączenie nawożenia mineralnego bez wapnowania, choć wpływało korzystnie na zasobność gleby, to i tak przy bardzo kwaśnym odczynie i małej zawartości materii organicznej nie sprzyjało produktywności zbóż i stanu tego nie zmieniało nawet łączne jego stosowanie z obornikiem lub słomą.

Wpływ nawożenia na glebę jest wszechstronny. Kształtując bezpośrednio i pośrednio jej właściwości wpływa także na szersze rozumiane środowisko. Działania agrotechniczne muszą zatem uwzględniać i minimalizować ryzyko ich niekorzystnego wpływu na glebę, wodę i powietrze [OECD 2008]. Wstępne, rozpoznawcze badania prowadzone przez autorów pracy wskazują, że poprzez dodatek inhibitora nitryfikacji do nawozu azotowego można istotnie spowolnić ten proces i wydłużyć okres utrzymywania się w glebie formy amonowej azotu, a ograniczyć zawartość azotu azotanowego.

Zasobność, żyzność i inne rolniczo korzystne właściwości gleby w agroekosystemie mogą być utrzymywane i zwiększane nie tylko poprzez nawożenie, ale także prawnie usankcjonowane stosowanie niektórych odpadów [Stępień i in. 2011]. W tym celu można wykorzystywać popiół z biomasy [Kalembasa 2006, Meller i in. 2009]. Korzystnie na zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych w glebie oraz jej pH wpływało stosowanie popiołu ze słomy pszenicy ozimej (tab. 2). Już po jego aplikacji w dawce 0,25 t·ha⁻¹ zasobność gleby

Tabela 2. Zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych i pH gleby pod wpływem popiołu ze słomy pszenicy ozimej

Table 2. Content of available forms of nutrients and soil pH as affected by winter wheat straw ash

Właściwość gleby <i>Soil property</i>	Dawka popiołu (t·ha ⁻¹) – <i>The dose of ash (t·ha⁻¹)</i>								NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i>
	0	0,25	0,5	0,75	1,0	2,0	4,0	8,0	
pH _{KCl}	6,5	6,4	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	7,3	–
Fosfor – <i>Phosphorus</i> (mg P·kg ⁻¹)	139	145	153	160	172	181	186	206	19
Potas – <i>Potassium</i> (mg K·kg ⁻¹)	160	174	194	248	293	371	659	1221	331
Magnez – <i>Magnesium</i> (mg Mg·kg ⁻¹)	22	22	24	23	25	29	37	46	8
Bor – <i>Boron</i> (mg B·kg ⁻¹)	0,61	0,63	0,78	0,79	0,90	0,93	0,93	0,95	0,30
Miedź – <i>Copper</i> (mg Cu·kg ⁻¹)	1,7	2,2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	r.n.
Mangan – <i>Manganese</i> (mg Mn·kg ⁻¹)	153	149	157	154	163	165	169	168	11
Cynk – <i>Zinc</i> (mg Zn·kg ⁻¹)	6,6	6,1	5,9	6,1	7,6	7,8	8,5	8,8	1,8
Żelazo – <i>Iron</i> (mg Fe·kg ⁻¹)	527	522	524	526	542	547	566	581	53

r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*

w potas przyswajalny wzrosła z klasy wysokiej do bardzo wysokiej, a w wyniku zastosowania $0,50 \text{ t ha}^{-1}$ odczyn gleby stał się obojętny. Istotny wzrost zawartości makro- i mikroelementów następował na ogół przy większych dawkach popiołu, tj. $0,75\text{--}4,0 \text{ t ha}^{-1}$. Spalenie słomy eliminuje jednak istotne źródło materii organicznej w agroekosystemach i nie powinno być traktowane jako główny sposób jej zagospodarowania w warunkach dużego udziału zbóż w zasiewach i ograniczonego zapotrzebowania ze strony produkcji zwierzęcej [Harasimowicz-Hermann i Hermann 2007].

Żywność gleby i produktywność roślin kształtowane są zarówno przez nawożenie, jak i inne elementy agrotechniki, w tym zmianowanie roślin zwłaszcza z udziałem przyrodniczo korzystnych przedplonów [Suwara i in. 2007]. W badaniach własnych plon pszenicy ozimej po rzepaku ozimym był o $1,12 \text{ t ha}^{-1}$, tj. 17,8% większy niż w stanowisku po sobie (tab. 3). Pro-

Tabela 3. Plon ziarna pszenicy ozimej (t ha^{-1}) w zależności od przedplonu, stosowania słomy oraz proekologicznych środków wpływających na żywność gleby i produktywność roślin

Table 3. Winter wheat grain yield (t ha^{-1}) depending on the previous crop, straw application and the pro-ecological agents affecting the soil fertility and plant productivity

Przedplon <i>Previous crop</i> (A)	Środki proekologiczne <i>Pro-ecological agents</i> (C)	Słoma – <i>Straw</i> (B)		Średnio <i>Mean</i>
		zebrana <i>without</i>	przyorana <i>applied</i>	
Pszenica ozima <i>Winter wheat</i>	kontrola – <i>control</i>	5,27	5,79	5,53
	CaO	5,51	7,72	6,61
	EM-A – <i>microbiological agent</i>	5,60	6,97	6,28
	popiół – <i>ash</i>	5,28	5,95	5,62
	UGmax – <i>soil fertilizer</i>	5,70	7,25	6,47
	biostymulator – <i>biostimulants</i>	7,02	7,25	7,14
	Średnio – <i>Mean</i>	5,73	6,82	6,28
Rzepak ozimy <i>Winter rape</i>	kontrola – <i>control</i>	6,55	7,46	7,01
	CaO	7,00	8,16	7,58
	EM-A – <i>microbiological agent</i>	6,90	8,21	7,55
	popiół – <i>ash</i>	7,13	7,44	7,28
	UGmax – <i>soil fertilizer</i>	6,92	8,02	7,47
	biostymulator – <i>biostimulants</i>	7,21	7,86	7,54
	Średnio – <i>Mean</i>	6,95	7,86	7,40
	kontrola – <i>control</i>	5,91	6,63	6,27
	CaO	6,25	7,94	7,10
	EM-A – <i>microbiological agent</i>	6,25	7,59	6,92
	popiół – <i>ash</i>	6,20	6,70	6,45
	UGmax – <i>soil fertilizer</i>	6,31	7,63	6,97
	biostymulator – <i>biostimulants</i>	7,12	7,56	7,34
	Średnio – <i>Mean</i>	6,34	7,34	6,84

$\text{NIR}_{0,05}$ – $\text{LSD}_{0,05}$: A – 1,08; B – 0,48; C – 0,56; B/A – r.n.; A/B – r.n.; C/A – 0,80; A/C – 0,96; C/B – 0,83; B/C – 0,61
r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*

dukcyjność stanowisk, co ważne także w krótkotrwałych monokulturach, można poprawić nie tylko przez zwiększone nawożenie i bardziej intensywną ochronę roślin, ale również stosując bardziej proekologiczne środki wpływające na żyzność gleby i kondycję roślin jak: materię organiczną, biostymulatory, użyźniacze glebowe oraz inne środki i zabiegi. Na możliwość taką wskazują wyniki badań prowadzonych w kraju i na świecie [Chaudhry i in. 2005, Michalski i Horoszkiewicz-Janka 2005, Schenck zu Schweinsberg-Mickan i Müller 2009]. W badaniach własnych stwierdzono, że słoma przyorywana po zbiorze przedplonu spowodowała zwiększenie plonu ziarna pszenicy ozimej o 15,8%. Plon zależał także od aplikacji środków kształtujących żyzność gleby i produktywność roślin, zwłaszcza biostymulatora Asahi, a ich efektywność pozostawała w związku z przedplonem i stosowaniem słomy. Środki te oddziaływały korzystnie w monokulturze pszenicy ozimej, natomiast w stanowisku po rzepaku ozimym żaden z nich nie zwiększał plonu w stopniu istotnym. Efekt plonotwórczy środków kształtujących żyzność gleby i odporność roślin zależał także od przyorywanej słomy. Na obiektach, na których słomy nie stosowano jedynie aplikacja biostymulatora istotnie zwiększała plon ziarna pszenicy. Z kolei w warunkach nawożenia słomą korzystnymi okazały się nawożenie wapnem oraz dogłębowa aplikacja biopreparatów. Wstępny etap tych badań nie upoważnia jednak do zbyt daleko idących wniosków o skuteczności i efektywności środków stosowanych do użyźniania gleby, a zwłaszcza bezpośrednich oraz pośrednich przyczynach reakcji roślin. Krytyczne rozważania na temat preparatów mikrobiologicznych i badań nad efektami ich stosowania znajdują się m.in. w opracowaniu Martyniuka [2011].

Wartość przedplonowa roślin wynika m.in. z ich oddziaływania na właściwości i stan roli. Różne mogą być zatem reakcje roślin następczych na sposób uprawy roli i różne skutki przyrodniczo-produkcyjne jej uproszczeń w zmianowaniu [Smagacz 2008]. W badaniach własnych w stanowisku po rzepaku ozimym plon pszenicy ozimej nie zależał od sposobu uprawy roli. Po pszenicy jako przedplonie zmniejszył się natomiast w wyniku ograniczenia uprawy roli do talerzowania, a po kukurydzy zbieranej na ziarno był tym mniejszy, im bardziej ograniczano klasyczną uprawę roli (tab. 4). W badaniach nad sposobami i systemami uprawy roli równie ważnym, co określenie efektów produkcyjnych i energetycznych [Marks i in. 2006, Orzech i in. 2009], jest ocena ekonomiczna. W prezentowanych badaniach mimo, że każdy sposób uproszczenia uprawy roli ograniczał zużycie paliwa i jego koszt, to jednak spadek wartości produkcji

Tabela 4. Plon pszenicy ozimej ($t\text{ha}^{-1}$) w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli
Table 4. Winter wheat yield ($t\text{ha}^{-1}$) depending on the previous crop and the tillage method

Uprawa roli <i>Soil tillage</i> (B)	Przedplon – <i>Previous crop</i> (A)			
	rzepak ozimy <i>winter rape</i>	pszenica ozima <i>winter wheat</i>	kukurydza <i>maize</i>	średnio – <i>mean</i>
Płużna <i>Plough tillage</i>	5,80	5,38	5,59	5,59
Bezorkowa <i>Without ploughing</i>	5,62	5,29	5,05	5,32
Minimalna <i>Minimum tillage</i>	5,56	5,03	4,55	5,05
Średnio – <i>Mean</i>	5,66	5,23	5,06	–

NIR_{0,05} – LSD_{0,05}: A – 0,17; B – 0,20; B/A – 0,35; A/B – 0,33

spowodował stratę ekonomiczną (tab. 5). W stanowisku po rzepaku ozimym była ona nie znacząca, ale po kukurydzy w rezultacie minimalnej uprawy roli wyniosła prawie 770 zł·ha⁻¹.

W warunkach wdrażania zasad integrowanej produkcji, w tym ochrony roślin, uprawa roli i inne niechemiczne zabiegi nabierają szczególnego znaczenia jako elementy strategii ograniczenia zachwaszczenia, w tym gatunkami uciążliwymi i samosiewami roślin uprawnych [Praczyk i in. 2011]. Według Jaskulskiego i in. [2011] poprzez sposób późniejszej i przedsięwziętej uprawy roli można oddziaływać zarówno na liczebność, jak i skład gatunkowy chwastów segetalnych i samosiewów. Ograniczająco na wschody samosiewów w agrosystemach może wpływać również desykacja przedbiorowa roślin uprawnych. Powszechnie używany w tym celu glifosat ogranicza bowiem jakość siewną nasion [Baig i in. 2003, Yenish i Young 2000]. W badaniach własnych stosując glifosat w okresie dojrzewania rzepaku ozimego, gorczycy białej i pszenicy ozimej stwierdzono niekorzystne jego oddziaływanie na wschody roślin (tab. 6). Liczba siewek rzepaku i gorczycy z nasion roślin desykowanych była o około 20% mniejsza niż z roślin, których nie traktowano glifosatem.

Tabela 5. Efekty uproszczenia płuźnej uprawy roli pod pszenicę ozimą w zależności od przedplonu
Table 5. Effects of reduced tillage under winter wheat depending on the previous crop

Uprawa roli <i>Soil tillage</i>	Przedplon – <i>Previous crop</i>			
	rzepak ozimy <i>winter rape</i>	pszenica ozima <i>winter wheat</i>	kukurydza <i>maize</i>	średnio – <i>mean</i>
Zużycie paliwa – <i>Fuel consumption (dm³·ha⁻¹)</i>				
Bezorkowa <i>Without ploughing</i>	-9,5	-8,9	-5,0	-7,8
Minimalna <i>Minimum tillage</i>	-27,0	-26,5	-14,2	-22,6
Zysk (+)/strata (-) – <i>Profit (+)/Loss (-) (zł·ha⁻¹ – PLN·ha⁻¹)</i>				
Bezorkowa <i>Without ploughing</i>	-101,25	-31,95	-409,50	-180,90
Minimalna <i>Minimum tillage</i>	-70,50	-160,75	-768,10	-330,30

Tabela 6. Względne (%) wschody samosiewów pod wpływem glifosatu stosowanego do przedbiorowej desykacji roślin

Table 6. Relative (%) emergence of volunteer plants as affected by the glyphosate applied for pre-harvest plant desiccation

Dawka glifosatu <i>Rate of glyphosate (kg·ha⁻¹)</i>	Rzepak ozimy <i>Winter rape</i>	Gorczyca biała <i>White mustard</i>	Pszenica ozima <i>Winter wheat</i>
0,0	100,0	100,0	100,0
1,0	81,9	79,7	97,8

PODSUMOWANIE

Klasyczne elementy agrotechniki jak pełne zrównoważone nawożenie organiczno-mineralne, przyrodniczo poprawne zmianowanie roślin czy płuzna uprawa roli pozwalają utrzymać wysoką żyzność gleby i produktywność roślin. Organizacyjnie i ekonomicznie uzasadnione ich ograniczenia mogą powodować niekorzystne skutki produkcyjne i środowiskowe. Możliwość ich zmniejszenia można upatrywać nie tylko w wyspecjalizowanych, jednak nierzadko wysokonakładowych i o dużej presji na środowisko, środkach i zabiegach agrotechnicznych. Możliwe są także działania proekologiczne. I choć ich substytucja względem klasycznego nawożenia i zmianowania roślin jest na ogół częściowa i w pełni nie rozpoznana, to są przesłanki wskazujące, że można w tym celu wykorzystać słomę, popiół ze słomy i dobrej jakości preparaty mikrobiologiczne czy biostymulatory. Uproszczona uprawa roli, jeżeli nawet skutkuje zmniejszeniem plonu, to pozwala zredukować nakłady paliwa, co ogranicza presję na środowisko. Temu celowi służy także stosowanie nawozów o spowolnionej nityfikacji, zmniejszających ryzyko wymywania azotanów i przygotowanie plantacji roślin do zbioru ograniczające występowanie samosiewów.

PIŚMIENNICTWO

- Baig M.N., Darwent A.L., Harker K.N., O'Donovan J.T. 2003. Preharvest applications of glyphosate affect emergence and seedling growth of field pea (*Pisum sativum*). *Weed Technol.* 7: 655–665.
- Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S., Srivastva A.K., Gupta H.S., Mitra S. 2010. Long term effects of fertilization on carbon and nitrogen sequestration and aggregate associated carbon and nitrogen in the Indian sub-Himalayas. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 86: 1–16.
- Blecharczyk A., Grzebisz W. 1992. Plonotwórcze działanie obornika i nawożenia mineralnego w wieloletnim statycznym doświadczeniu płodozmianowym. W: Nawozy organiczne, Cz. 1. Mat. konf. AR Szczecin, 8-9 września 1992: 14–19.
- Chaudhry A.N., Latif M.I., Khan A.A., Ghulam J., Tanveer I. 2005. Comparison of chemical fertilizer with organic manures by using effective microorganisms under maize cropping in rained areas. *Int. J. Biol. Biotechnol.* 2, 4: 1001–1006.
- Czyż E.A., Dexter A.R. 2007a. Fizyczne właściwości gleb pod pszenicą ozimą w różnych systemach uprawy roli. *Acta Agrophys. Rozpr. i Monogr.* 150: 8–14.
- Czyż E.A., Dexter A.R. 2007b. Chemiczne właściwości gleb pod pszenicą ozimą w różnych systemach uprawy roli. *Acta Agrophys. Rozpr. Monogr.* 150: 15–22.
- Dzienia S., Zimny L., Weber R. 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.* 23(2): 227–241.
- Grzebisz W., Kociałkowski W.Z., Gawrońska-Kulesza A. 1992. Wpływ wieloletniego nawożenia obornikiem na potencjalną zdolność gleby do zaopatrzenia roślin w potas. W: Nawozy organiczne, Cz. 2. Mat. konf. AR Szczecin, 8-9 września 1992: 145–150.
- Harasimowicz-Hermann G., Hermann J. 2007. Agrotechniczne bariery spalania słomy. W: Uprawa wierzby krzewistej na cele energetyczne alternatywą dla spalania słomy i zachowania żyzności gleby. Wyd. UTP Bydgoszcz: 53–60.
- Jaskulski D., Jaskulska I., Kotwica K. 2011. Wpływ sposobu uprawy roli na wschody chwastów i samosiewów pszenicy ozimej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 51(2): 859–862.
- Kalembasa D. 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophys.* 7(4): 909–914.
- Körschens M. 2006. The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research – a review. *Plant Soil Environ.* 52 (special issue): 1–8.

- Marks M., Nowicki J., Nowicki M. 2006. Ocena energetyczna różnych sposobów zagospodarowania odłogu. *Pam. Puł.* 142: 287–295.
- Martyniuk S. 2011. Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. *Post. Mikrobiol.* 50(4): 321–328.
- Meller E., Niedźwiecki E., Wojcieszczuk T., Jarnuszewski G. 2009. Porównanie właściwości fizykochemicznych popiołów po spalaniu biomasy o zróżnicowanym składzie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 535: 297–303.
- Michalski T., Horoszkiewicz-Janka J. 2005. Wpływ bioregulatora Asahi SL na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy jarej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 45(2): 910–913.
- OECD 2008. Wpływ rolnictwa na środowisko naturalne od 1990 r.: Raport Główny, Paryż, Francja: 1–21.
- Orzech K., Marks M., Dragońska E., Stępień A. 2009. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i różnych sposobów uprawy gleby średniej. *Ann. UMCS, Sec. E* 64(4): 122–129.
- Praczyk T., Domaradzki K., Skrzypczak G. 2011. Zmiany w ochronie zbóż przed zachwaszczeniem w Polsce, w latach 1970–2010 i spojrzenie w przyszłość. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 51(4): 1702–1710.
- Pruszyński S. 2009. Ochrona roślin w różnych systemach produkcji a różnorodność biologiczna. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49(3): 1091–1101.
- Schenck zu Schweinsberg-Mickan M., Müller T. 2009. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172: 704–712.
- Smagacz J. 2008. Wpływ uproszczeń w uprawie roli na występowanie chorób podstawy źdźbła, zachwaszczenie łąki i plonowanie pszenicy ozimej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 48(4): 1475–1478.
- Starczewski J., Dopka D., Korsak-Adamowicz M. 2008. Ocena energetycznej efektywności wybranych technologii uprawy żyta jarego. *Acta Agrophys.* 11(3): 733–739.
- Stępień A., Wojtkowiak K., Orzech K. 2011. Wpływ mączek mięsno-kostnych i efektywnych mikroorganizmów na wskaźniki agregacji gleby średniej. *Fragm. Agron.* 28(4): 77–85.
- Suwara I., Lenart S., Gawrońska-Kulesza A. 2007. Wzrost i plonowanie pszenicy ozimej po 50 latach zróżnicowanego nawożenia i zmianowania. *Acta Agrophys.* 10(3): 695–704.
- Wesołowski M., Cierpiała R. 2011. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od sposobu wykonania uprawy przedsejowej. *Fragm. Agron.* 28(2): 106–118.
- Yenish J.P., Young F.L. 2000. Effect of preharvest glyphosate application on seed and seedling quality of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technol.* 14: 212–217.

D. JASKULSKI, K. KOTWICA, I. JASKULSKA, M. PIEKARCZYK, G. OSIŃSKI, B. POCHYLSKI

COMPONENTS OF TODAY'S TILLAGE AND CROP FARMING SYSTEMS – PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL EFFECTS

Summary

Based on the results of research performed at the Department of Plant Production and Experimenting of the Faculty of Agriculture and Biotechnology of the University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz over 2000 – 2012, there were determined some production and environmental effects of selected agrotechnical treatments in today's tillage and crop farming systems. The research covered the effect of the components of agrotechnical practises on the soil properties and plant productivity. It was found that fully balanced organic-and-mineral fertilization, environmentally-adequate crop rotation or plough tillage allows for maintaining a high soil fertility and plant productivity. The limitations of those components can trigger unfavourable production and environmental effects. It is possible to decrease them by applying agrotechnical agents and treatments, however, quite frequently involving high-inputs and demonstrating

a high pressure on the environment. Similarly eco-minded actions are possible. And, even though, their substitution of traditional fertilization and crop rotation is, in general, incomplete, one can use straw and straw ash, microbiological agents, biostimulants. Reduced tillage, even if it results in a yield decrease, allows for reducing the fuel inputs, which, in turn, limits the effects on the environment. Similarly, to this end, one applies fertilizers of a slower-rate nitrification, decreasing the risk of nitrates leaching and the preparation of the plantations of crops for the harvest to be able to, thanks to e.g. the desiccation of glyphosate, limit the occurrence of volunteer plants.