

Zdzisław Wójcicki
*Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie*

ROZWÓJ ROLNICTWA ZRÓWNOWAŻONEGO I PRECYZYJNEGO

Streszczenie

Badano wpływ postępu technologicznego na zmiany metod produkcji w rolnictwie a głównie na przechodzenie od tradycyjnych i intensywnych systemów produkcji rolniczej do systemu rolnictwa zrównoważonego, ekologicznego i precyzyjnego. Stwierdzono, że w zakresie równoważenia produkcji rolniczej integrowanej z wielofunkcyjnym rozwojem wsi i ochroną środowiska obszarów wiejskich, nauka i technika rolnicza ma coraz poważniejsze zadania. Niezbędne są interdyscyplinarne badania rozwojowe i wdrożeniowe nad poszanowaniem energii i środowiska w gospodarstwach i regionach wprowadzających postępowo metody pozyskiwania i przetwórstwa produktów rolnych.

Słowa kluczowe: rolnictwo, produkcja, postęp, energochłonność, ochrona środowiska

Wstęp

Realizując zintegrowane programy rozwoju obszarów wiejskich i stosując wspólną politykę rolną (WPR) krajów Unii Europejskiej (UE), polskie gospodarstwa i przedsiębiorstwa rolne przechodzą od systemów tradycyjnej i intensywniej (przemysłowej) produkcji rolniczej do systemu produkcji zrównoważonej, a w tym produkcji ekologicznej (organicznej) i precyzyjnej. Ogólną charakterystykę tych systemów prezentuje tabela 1. Nasze badania empiryczne i modelowe gospodarstw ekologicznych [Golka, Wójcicki 2006; Jucherski i in. 2005; Wójcicki 2007a] wskazują, że w zakresie wprowadzania postępowych metod produkcji rolniczej i pozyskiwania bezpiecznej żywności, nauka i technika (inżynieria) rolnicza musi szereg zagadnień jeszcze raz przebadać, wyjaśnić i zalecić do praktycznego stosowania. Przedstawienie niektórych z tych zagadnień w powiązaniu z uwarunkowaniami rozwoju rolnictwa ekologicznego i precyzyjnego jest celem niniejszej publikacji.

System rolniczej produkcji zrównoważonej i ekologicznej

Produkcja rolnicza była w Polsce prowadzona metodami tradycyjnymi ekstensywnymi i intensywnymi oraz systemem intensywniej produkcji roślinnej i zwierzęcej przy zastosowaniu metod przemysłowych. Przystępując do realizacji programów rolno-środowiskowych oraz spełniając dyrektywy nawo-

zowe, ekologiczne i związane z poszanowaniem energii i środowiska, musimy przedstawiać nasze towarowe i rozwojowe gospodarstwa na zrównoważone systemy produkcji surowców żywnościowych. Krytycznie odnosząc się do przemysłowych metod produkcji i do ekstensywnych i nieefektywnych metod gospodarowania tradycyjnego (tab. 1) chcemy, aby nasze towarowe gospodarstwa rodzinne i farmerskie modernizowały się przez równoważenie swojej produkcji i integrowaniu jej z ochroną środowiskową i wielofunkcyjnym rozwojem obszarów wiejskich tak, aby uzyskiwać dochody rolnicze zapewniające dalszy rozwój i zadowalające wynagrodzenie za pracę rodziny rolniczej.

Tabela 1. Podział i charakterystyka systemów (metod) produkcji rolniczej
Table 1. Classification and characteristics of the farming systems

Cechy charakterystyczne produkcji rolniczej	Dotychczasowe systemy produkcji rolniczej		Zalecany zrównoważony system charakterystyczny dla rolnictwa		
	tradycyjny (nierozwojowy)	intensywny (przemysłowy)	zrównoważonego (d. praktyki)	ekologicznego (organicznego)	precyzyjnego (informacyjnego)
Płony roślin i produktywność zwierząt	zróżnicowane	b. wysokie	średnie	niskie	wysokie
Nakłady materiałowo – energetyczne	zróżnicowane	b. wysokie	średnie	średnie	niskie
Bilans glebowej substancji organicznej	dodatni	ujemny	dodatni	dodatni	dodatni
Bilans składników pokarmowych (nawozowych)	ujemny	dodatni	dodatni	ujemny	dodatni
Produkcja bezpiecznej żywności	zróżnicowana	niewłaściwa	zróżnicowana	właściwa	właściwa

Źródło: Badania modelowe IBMER, 2007 r.

O równoważeniu produkcji w wybranym gospodarstwie będą decydować głównie:

- zachowana trwała żyzność gleby,
- zrównoważony bilans glebowej substancji organicznej,
- zrównoważony bilans składników pokarmowych (nawozowych),
- produkcja bezpiecznej („zdrowej”) żywności,
- minimalizowane jednostkowe nakłady materiałowe i koszty produkcji.

Najtrudniejsze jest równoważenie produkcji ekologicznej metodami organicznymi przy eliminacji stosowania nawozów mineralnych, środków ochrony roślin i pozostałych agrochemikaliów.

Bilansowanie glebowej substancji organicznej (próchnicy) i składników pokarmowych (nawozowych) przeprowadza się corocznie w gospodarstwie w skali wieloletniego płodozmianu (zmianowania) w zależności od struktury

zasiewów, plonów roślin oraz produkcji obornika, kompostu, gnojowicy i gnojówki. Do bilansowania wykorzystuje się odpowiednie przeliczniki ustalone przez JUNG i inne placówki badawcze rolnictwa. Na przykładzie modelu ekologicznego gospodarstwa 40 ha UR prezentowany jest bilans substancji organicznej (tab. 2) i bilans składników pokarmowych NPK (tab. 3).

Tabela 2. Bilans glebowej substancji organicznej w modelowym gospodarstwie ekologicznym 40 ha UR

Table 2. Balance of soil organic matter in a model ecological farm of the acreage 40 ha AL

Rodzaj zasiewu lub użytku rolnego	Powierzchnia		Współczyn- nik odna- wialności	Wynik oceny w gospo- darstwie	Poziom degra- dacji lub repro- dukcji substan- cji organicznej t/ha
	ha	%			
Pszenvica ozima	4	10	-0,53	-5,3	-0,053
Żyto	8	20	-0,53	-10,6	-0,106
Jęczmień jary	4	10	-0,53	-5,3	-0,053
Rzepak ozimy	4	10	-0,53	-5,3	-0,053
Ziemniaki	4	10	-1,40	-14,0	-0,140
Koniczyna z trawami	8	20	1,96	39,2	0,392
Trwałe użytki zielone	8	20	0,95	19,0	0,190
Poplon – seradela (mulcz)	(8)	(20)	0,45	9,0	0,090
Razem na UR	40	100	x	26,7	0,267
Nawożenie oborni- kiem (270 t)	6,75 t/ha	270 t	0,07	18,9	0,473
Nawożenie gnojówką (600 t)	15,0 t/ha	600	0,005	3,0	0,075
Poziom degradacji (-) lub reprodukcji sub- stancji organicznej w gospodarstwie	x	x	x	48,6	0,815

Źródło: Badania modelowe IBMER, 2007 r.

Z prezentowanych bilansów wynika, że pomimo wysokiej corocznej reprodukcji próchnicy glebowej (średnio 815 kg/ha) zbilansowanie potrzeb nawozowych bez stosowania nawozów mineralnych będzie trudne przy zakładanych planach w modelowym gospodarstwie ekologicznym. W praktyce rzeczywistych gospodarstw ekologicznych sprawa jest jeszcze bardziej skomplikowana, bo bez wiosennego nawożenia pogłównego nie można uzyskać wyższych plonów rzepaku ozimego, pszenicy i żyta.

Aby nie powodować systematycznego obniżania się plonów roślin i związanej z tym produktywności zwierząt nasze gospodarstwa, przestawiając się na produkcję ekologiczną, często stosowały wysokie dawki nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin, zwiększając tym samym na kilka lat zasobność gleb w potas i fosfor oraz eliminując uciążliwe chwasty i szkodniki.

Tabela 3. Bilans potrzeb nawozowych NPK w modelowym gospodarstwie ekologicznym 40 ha UR

Table 3. Balance of NPK fertilization needs in a model ecological farm of the acreage 40 ha

Rodzaj zasiewu lub UR	Plony		Zapotrzebowanie w kg/t na			Łączne roczne zapotrzebowanie w kg na			
	t/ha	razem t	azot N	fosfor P	potas K	N	P	K	razem NPK
Pszonica ozima	6,0	24	22	9	15	528	216	360	1104
Żyto	4,5	36	20	10	21	720	360	756	1836
Jęczmień jary	5,0	20	20	9	16	400	180	320	900
Rzepak ozimy	3,5	14	50	19	40	700	266	560	1526
Ziemniaki	28,0	112	3	1	5	336	112	560	1008
Koniczyna z trawami	60,0	480	4	1	4	1920	480	1920	4320
Trwałe użytki zielone	50,0	400	3	1	4	1200	400	1600	3200
Poplon – seradela (mulcz)	15,0	120	2	1	2	240	120	240	600
Razem na UR	x	x	x	x	x	6044	2134	6316	14494
Obornik	6,75	270	5,6	3,2	5,7	1512	864	1440	3915
Gnojówka	15,0	600	2,2	0,9	2,4	1320	540	2979	3300
Razem nawozy organiczne	x	x	x	x	x	2832	1404	2979	7215
NPK pozyskane z opadów, z mineralizacji, od mikroorganizmów i innych	x	x	70	15	65	2800	600	2600	6000
Nadmiar (+) lub niedobór (-): razem	x	x	x	x	x	-412	-130	-737	-1279
na 1 ha UR	x	x	x	x	x	-10,3	-3,2	-18,5	-32,0

Źródło: Badania modelowe IBMER, 2007 r.

Można wątpić, czy rezygnując na kilka lat ze stosowania wszelkich agrokemikaliów na pewno uzyskujemy gwarantowaną żywność ekologiczną. Z badań empirycznych i modelowych wynika [Kuś, Krasowicz 2001; Sawa i in. 2004, 2006; Wójcicki 2007], że okres przejściowy do wejścia w standardową produkcję metodami organicznymi musi trwać przynajmniej kilka lat w zależności od przyjętego płodozmianu i zmianowania roślin.

W gospodarstwach ekologicznych nie można wyeliminować wapnowania, nawożenia magnezowego (dolomit), stosowania soli kuchennej, lizawek, leków i środków czystościowych. Dopuszczalne jest niskoprocentowe nawożenie potasowe oraz stosowanie hormonalnych środków ochrony roślin i zwierząt. Dyskusyjne jest wprowadzanie w przyszłości roślin i zwierząt genetycznie modyfikowanych (GMO).

Należy przesądzić, czy przy produkcji ekologicznej można stosować pogłównne i dolistne dokarmianie roślin stałymi (np. saletrzak) lub ciekłymi nawozami azotowymi (np. RSM). Wydaje się szkodliwe przeazotowanie roślin oraz skażenie środowiska jest tak samo możliwe przy niekontrolowanym nawożeniu mineralnym NPK jak i przy nadmiernym nawożeniu wysokimi dawkami obornika czy gnojowicy. Kiedy więc i jak można stwierdzić, że dostarczane surowce rolnicze z certyfikowanych gospodarstw ekologicznych spełniają wymagania jakościowe stawiane przed bezpieczną „zdrową” żywnością?

Poszanowanie energii i środowiska

Z rozwojem rolnictwa zrównoważonego i ekologicznego wiąże się kilka zagadnień dotyczących nakładów materiałowo-energetycznych i ochroną środowiska obszarów wiejskich. Jednostkowe zużycie paliw i energii elektrycznej w rolnictwie trzeba zmniejszać lub racjonalizować przez wprowadzanie uprawy bezorkowej, narzędzi i maszyn wieloczynnościowych, zbioru pasz na kiszonki i sianokiszonki, właściwą koncentrację zwierząt, wybór energooszczędnych budynków inwentarskich, racjonalizację przewozów, zaopatrzenia i zbytu oraz prac ogólnie produkcyjnych.

Do równoważenia produkcji z ograniczonym zużyciem nawozów mineralnych, trzeba racjonalnie zagospodarowywać odchody zwierzęce, słomę, resztki poźniwne i inne odpady, a także stosować nawozy zielone, poplony i mulczowanie. Przyszłościową wydaje się tlenowa gospodarka obornikiem [Dach i in. 2006] poprzez jego kompostowanie. Do zwiększania produkcji obornika i produkcji kompostów trzeba wykorzystać cały zbiór słomy, resztek poźniwnych i innych odpadów organicznych. Należy w skali całego kraju zwalczać wypalanie łąk i słomy na ścierniskach oraz zaprzestać wykorzystywania słomy jako biomasy spalanej w urządzeniach ciepłych.

Do spalania drewna, słomy i innej biomasy oraz biopaliw ciekłych niezbędny jest tlen, a po spalaniu uzyskuje się dwutlenek węgla (CO_2), często tlenek węgla (czad), związki azotu, siarki i metali ciężkich oraz popioły, pyły, dymy i odory. Struktura produktów spalania biomasy (w tym biopaliw ciekłych) może być korzystniejsza od struktury spalania węgla czy paliw ropopochodnych, ale praktycznie spalanie biomasy emituje podobne ilości gazów cieplarnianych.

W bilansie emisji CO_2 trzeba doliczać jego wzrost w wyniku spalania biomasy i jego zmniejszanie w wyniku fotosyntezy przez rośliny zielone i inne. Wyłączenie z bilansowania zanieczyszczeń powietrza w wyniku wykorzystania odnawialnych zasobów energii (OZE), jakimi są drewno i odpady drzewne, słoma, rośliny energetyczne, etanol, estry olejów roślinnych i inna biomasa, jest dezinformacją naukową i nadużyciem społeczno-gospodarczym. Kogo oszukujemy stosując biomasę jako dodatek do paliw zużywanych w elektrowniach przemysłowych? Czy wprowadzając biopaliwa ciekłe zmniejszamy emisję CO_2 przez samochody, ciągniki i inne silniki spalinowe?

Poza CO₂ drugim gazem cieplarnianym jest metan, którego stężenie w powietrzu rośnie m.in. w wyniku emisji gazów fermentacji obornika, gnojowicy, kompostów oraz gazów jelitowych i innych powstających na fermach zwierząt. Coraz większego znaczenia ekologicznego i energetycznego nabiera zagospodarowanie rolniczych biogazów (biogazownie) i związków azotowych oraz stosowanie pomp ciepłych i innych do pozyskiwania energii z urządzeń chłodniczych, legowisk zwierząt, płyt gnojowych i kompostowni.

Niezbędny rozwój rolnictwa precyzyjnego

Dotychczasowe wyniki badań [Jucherski, Król 2006; Sawa i in. 2004, 2006; Wójcicki 2007a] oraz przeprowadzone studia [Hołownicki 2006, Wójcicki 2007b] wskazują, że wiarygodne informacje o zakresie i poziomie zrównoważenia i zintegrowania produkcji roślinnej i zwierzęcej i możliwości zaliczania tej produkcji do surowców bezpiecznej („zdrowej”, ekologicznej) żywności, będziemy mieli tylko z towarowych gospodarstw przedstawiających się na z informatyzowany system rolnictwa precyzyjnego. W takim gospodarstwie równoważenie produkcji rolniczej odbywać się będzie corocznie nie tylko w skali całego przedsiębiorstwa, ale w skali poszczególnych części jego pól oraz rodzajów i grup zwierząt. Odbywać się to będzie za pomocą odpowiednich map numerycznych rozłogu gospodarstwa, zebranych baz danych, programów komputerowych oraz specjalistycznych maszyn i agregatów precyzyjnie aplikujących agrochemikalia i nawozy organiczne oraz precyzyjnie notujących uzyskiwane plony na odpowiednich częściach każdego pola [Hołownicki 2006].

Podstawą przechodzenia na produkcję precyzyjną będzie przekazanie do odpowiedniej stacji chemiczno-rolniczej możliwie dużej liczby (np. 16–25 szt./ha) próbek glebowych do sporządzenia precyzyjnej mapy numerycznej (komputerowej) żyzności, zasobności, odczynu glebowego i innych właściwości każdej 4–6 arowej części pola lub trwałego użytku zielonego (TUZ). Wykorzystując zainstalowane na ciągnikach i kombajnach urządzenia do przestrzennej lokalizacji i przemieszczania (GPS lub Galileo) możemy za pomocą odpowiednich programów precyzyjnie aplikować nawozy i środki ochrony roślin oraz notować uzyskiwane plony roślin.

Trudno prognozować, czy uzyskane oszczędności materiałowe (np. agrochemikaliów) i energetyczne (uprawy bezorkowe, narzędzia wieloczynnościowe) zrekompensują wyższe koszty eksploatacji drogich maszyn i ich informatycznego oprzyrządowania. Ważne dla odbiorców bezpiecznej lub ekologicznej produkcji będzie posiadanie wiarygodnej elektronicznej informacji o miejscu i sposobie pozyskiwania surowców o ponadstandardowej jakości.

Wydaje się, że system rolnictwa precyzyjnego może być wprowadzony już w wysokoprodukcyjnych rozwojowych gospodarstwach rodzinnych (30–40 ha), korzystających z wzajemnych lub kontraktorskich usług. Wielkość gospodarstwa będzie wynikać z liczby pól w płodozmianie (zmianowaniu) i powierzchni

pola niezbędnej do 6–8 h użytkowania agregatu specjalistycznego. Jeśli przyjmie się minimalną powierzchnię pola 4 ha oraz płodozmian 6 letni + 6 ha TUZ, to minimalna powierzchnia gospodarstwa precyzyjnego wyniesie 30 ha UR.

Podsumowanie i wnioski

Postęp technologiczny w standardowo zrównoważonej produkcji rolniczej w towarowym gospodarstwie następuje pod wpływem właściwego doboru zmianowania roślin (płodozmianu) i obsady zwierząt, przy dodatnio bilansowanej żyzności gleb i potrzeb nawozowych, przy zwiększaniu nawożenia organicznego i zmniejszaniu stosowania agrochemikaliów oraz poprzez wykorzystywanie w miarę nowoczesnych, ale ogólnie już dostępnych zestawów maszyn i innych środków technicznych.

W gospodarstwach przestawiających się na produkcję ekologiczną metodami organicznymi zrównoważenie całej produkcji rolniczej jest możliwe, ale trudne do utrzymania przez wiele lat. Dlatego poza dopuszczalnym nawożeniem wapniowym, magnezowym i potasowym, trzeba dopuszczać stosowanie w małych dawkach mineralne nawożenie NPK, a w tym stosowanie głównie i dolistnie ciekłych roztworów RSM i innych przy równoczesnym zwiększaniu nawożenia obornikiem, gnojowicą, kompostami i nawozami zielonymi. Jeśli dopuści się jeszcze stosowanie niektórych selektywnych środków ochrony roślin i zwierząt, to trudno będzie gwarantować, że w gospodarstwie produkowane są bezpieczne („zdrowe”) surowce żywnościowe, pomimo posiadania odpowiednich certyfikatów.

Wiarygodna informacja elektroniczna o pełnym zrównoważeniu produkcji jakościowo odpowiadającej wymaganiom bezpiecznej lub ekologicznej żywności będzie wprowadzana do wysokotowarowych gospodarstw systemu zrównoważonego rolnictwa precyzyjnego. System ten będzie wymagał prowadzenia badań adaptacyjnych, rozwojowych i wdrożeniowych w zakresie minimalizowania nakładów środków chemizacyjnych i paliwowo-energetycznych przy optymalizowaniu wysokojakościowej produkcji precyzyjnie pozyskiwanej przy zastosowaniu specjalistycznych maszyn i agregatów z odpowiednim oprządkowaniem elektronicznym i informatycznym. Zmieniać trzeba zalecenia dotyczące gospodarowania odpadami zwierzęcymi, słomą, biomasą, biopaliwami i innymi OZE, a w tym biogazem oraz ciepłem i gazami na fermach zwierząt. Interdyscyplinarne badania rolnictwa precyzyjnego w pełnym cyklu rozwojowym BRW (badania, rozwój, wdrożenia) muszą być coraz dynamiczniej rozwijane, a ich wyniki upowszechniane w praktyce rolnictwa, przetwórstwa i obrotu żywnością wybranych regionów naszego kraju.

Bibliografia

Dach J. Kowalik J., Przybył J. 2006. Porównanie kosztów tradycyjnej oraz tlenowej gospodarki obornikiem. W. Zarządzanie techniką w rolnictwie zrównoważonym. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie

Golka W., Wójcicki Z. 2006. Ekologiczna modernizacja gospodarstwa rolniczego. Monografia. Wydawnictwo IBMER, Warszawa

Hołownicki R. 2006. Rola agrotechnologii w promocji rolnictwa precyzyjnego. Referat na konferencji Komitetu Techniki Rolniczej PAN, Kraków

Jucherski A., Król K., Walczowski A. 2005. Technika rolnicza na użytkach zielonych w górskich gospodarstwach ekologicznych. Wymagania i potrzeby. Wydawnictwo IBMER, Warszawa

Kuś J., Krasowicz S. 2001. Przyrodniczo–organizacyjne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych. Pamiętnik Puławski. Z. 123. IUNG, Puławy

Sawa J. i zespół 2004. Wpływ nowych technologii oraz poziomu i struktury nakładów materiałowo–energetycznych na jakość surowców rolniczych. Maszynopis. Akademia Rolnicza w Lublinie

Sawa J., Huyghebaert B., Burny P. 2006. Nakłady energetyczno–materiałowe w aspekcie zrównoważonej produkcji rolniczej. W. Zarządzanie techniką w rolnictwie zrównoważonym. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin

Wójcicki Z. 2007a. Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich. Monografia. Wydawnictwo IBMER, Warszawa

Wójcicki Z. 2007b. Technologiczna i ekologiczna modernizacja rolnictwa i obszarów wiejskich. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Kraków (w druku)

Recenzent: Rudolf Michałek