

Jan Pawlak

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa

INŻYNIERIA ROLNICZA A ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ OBSZARÓW WIEJSKICH

1. Wstęp

Zachodzące na świecie przemiany gospodarcze i społeczne mają odbicie w ewolucji potrzeb i wymagań ludności. Następstwem tego są nowe wyzwania dla inżynierii rolniczej. Ma ona być narzędziem zrównoważonego rozwoju rolnictwa, zapewniającym zharmonizowanie celów produkcyjnych, społecznych i ekologicznych oraz elastyczność przy wahaniami koniunktury. Biologiczny charakter produkcji rolniczej powoduje, że funkcjonowanie rolnictwa jest ściśle powiązane ze środowiskiem naturalnym. Produkcja żywności spełniającej rosnące wymagania jakościowe wymaga minimalizacji emisji zanieczyszczeń, degradacji gleb itp. Spełnieniu tych wymagań muszą być podporządkowane udoskonalenia konstrukcji i eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa.

2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy jest próba określenia roli inżynierii rolniczej w zrównoważonym rozwoju rolnictwa. Niewielka objętość niniejszej publikacji skłania do ograniczenia jej zakresu tematycznego do analizy wpływu rozwiązań w sferze mechanizacji rolnictwa na efektywność nakładów produkcyjnych w rolnictwie oraz na środowisko naturalne. Podstawę analizy stanowiły informacje z literatury krajowej i zagranicznej oraz wyniki własnych badań modelowych.

3. Nowe wyzwania wobec producentów żywności a inżynieria rolnicza

Wstąpienie Polski do Unii Europejskiej (UE) stworzyło korzyści wynikające z Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) oraz poszerzenia rynku i związanego z tym wzrostu popytu na konkurencyjne pod względem cenowym produkty rolnicze wytwa-

rzane w Polsce. Pojawilo się też nowe wyzwanie – konieczność sprostania konkurencji ze strony wysoko rozwiniętego rolnictwa przodujących państw członkowskich UE. Warunkiem wykorzystania szans i sprostania wyzwaniom jest m.in. zapewnienie zrównoważonego rozwoju naszego rolnictwa, utrzymanie jego konkurencyjności i dostosowanie oferty produktów rolnych do wymagań jakościowych konsumentów.

Wymagania konsumentów i wprowadzane w UE uregulowania prawne wywołują wzrost zainteresowania trasabilnością¹ produktów żywnościowych i stawiają nowe zadania wobec mechanizacji. Wiąże się z tym konieczność dostosowania maszyn do nowych zadań, wynikających z potrzeby rejestracji zaszłości występujących w procesach produkcji żywności. Jeśli nowe wymagania konsumentów znajdą odpowiedni wyraz w WPR, pojawi się silny impuls stymulujący zrównoważony rozwój rolnictwa i całej gospodarki żywnościowej [De Castro 2002, s. 32].

Pojawiające się wskutek zmian zachodzących na rynku i rosnącej troski o walory zdrowotne produktów żywnościowych nowe systemy produkcji żywności wymagają ciągłego monitorowania i pełnej znajomości historii produktów, począwszy od pola, a kończąc na dystrybucji. Implikuje to konieczność wdrażania nowych systemów produkcji roślinnej, takich jak rolnictwo precyzyjne, oraz powszechnego zastosowania mechatroniki i hydrauliki w maszynach rolniczych. Najnowsze osiągnięcia w tym zakresie umożliwiają monitorowanie pracy maszyn i optymalizację ich użytkowania [Auernhammer 2003, s. 63].

Jednym z warunków umożliwiających zrównoważony rozwój rolnictwa jest poprawa efektywności nakładów produkcyjnych. Spełnienie tego warunku zapewnia opłacalność produkcji w warunkach silnej konkurencji. Wysoki udział mechanizacji w strukturze nakładów produkcyjnych w rolnictwie uzasadnia zwrócenie szczególnej uwagi na czynniki wpływające na jej efektywność. Poprawie efektywności nakładów związanych z mechanizacją rolnictwa sprzyjają:

- poprawny dobór (jakościowy i ilościowy) środków mechanizacji rolnictwa,
- staranna eksploatacja tych środków,
- doskonalenie konstrukcji ciągników, maszyn i narzędzi.

O znaczeniu właściwego, dostosowanego do potrzeb i warunków pracy, doboru maszyn rolniczych świadczy porównanie jednostkowych kosztów eksploatacji różnych typów kombajnów zbożowych na polach o zróżnicowanej powierzchni, przy rocznym wykorzystaniu 80 i 200 godzin. Badania modelowe wykazały, że na polu o powierzchni 0,5 ha najniższe koszty jednostkowe przy obu poziomach wykorzystania generuje zastosowanie najmniej wydajnego, ale i najtańszego, kombajnu o szerokości roboczej 3,2 m. Na polach o powierzchni powyżej 5 ha, przy rocznym

¹ Pojęcie trasabilności (ang. *traceability*) oznacza tu zdolność do prześledzenia (monitorowania) wszystkich etapów procesu produkcji i dystrybucji produktów żywnościowych – począwszy od gospodarstwa rolniczego, a na stole konsumenta kończąc – w celu zapewnienia bezpiecznej i dobrej żywności po godziwych cenach oraz z zapewnieniem zrównoważonego rozwoju, dobrostanu zwierząt i poszanowania środowiska.

wykorzystaniu 200 godzin najniższe koszty jednostkowe powodował kombajn zbożowy z zespołem żniwnym 5,1 m (najbardziej wydajny spośród porównywanych), pomimo jego najwyższej ceny [Pawlak 2005, s. 151].

Doskonalenie urządzeń technicznych powoduje zwiększenie wymagań odnośnie do ich eksploatacji. Walory sprzętu o wysokim poziomie technicznym mogą być w pełni wykorzystane tylko wówczas, gdy sprzęt ten jest właściwie obsługiwany i wykorzystywany oraz stosowany w warunkach odpowiadających jego właściwościom technicznym i eksploatacyjnym. Wzrost rocznego wykorzystania maszyn w warunkach rozdrobnionej struktury gospodarstw umożliwiając międzysiedzkie formy ich użytkowania.

Doskonalenie konstrukcji środków mechanizacji rolnictwa umożliwia zwiększenie wydajności, zmniejszenie jednostkowych nakładów energii oraz poszanowanie środowiska. Zmniejszeniu uciążliwości wobec środowiska sprzyja racjonalny i rozsądny proces użytkowania maszyn, poczynając od momentu ich konstrukcji, poprzez eksploatację, a na recyklingu kończąc [Michalek, Tomczyk 2002, s. 9].

Skuteczność przedsięwzięć w zakresie mechanizacji rolnictwa zależy od ich ścisłego powiązania z doskonaleniem systemów produkcji oraz z postępem naukowo-technicznym. Tylko ścisła integracja tych czynników daje gwarancję stworzenia warunków zrównoważonego rozwoju rolnictwa. Postęp biologiczny, chemiczny i technologiczny w rolnictwie będzie szedł równolegle z postępem w zakresie inżynierii rolniczej i z rozwojem technologii informatycznych na wsi, w rolnictwie i całej gospodarce żywnościowej [Golka, Wójcicki 2006, s. 24; Wójcicki 2007].

Pełne wykorzystanie efektów różnych form postępu wymaga odpowiedniego zasobu wiedzy i umiejętności personelu w rolnictwie. Im bardziej zaawansowany technicznie sprzęt jest stosowany w gospodarstwach, tym większe jest ryzyko wystąpienia strat w przypadku nieumiejętnej obsługi czy wadliwej organizacji pracy. Dlatego konieczne jest doskonalenie systemu szkolnictwa, doradztwa, a także systemów wspomagania decyzji.

Sukcesywnie rośnie rola informacji. We współczesnym rolnictwie dobra informacja jest podstawowym warunkiem osiągnięcia wysokiej efektywności czynników produkcji w gospodarstwach rolniczych. Rolnik powinien mieć dostęp do aktualnej, rzetelnej i w miarę możliwości pełnej informacji o sytuacji rynkowej, o środkach produkcji, postępie biologicznym, technicznym i technologicznym. Musi też dysponować bieżącymi danymi o zaszłościach w samym gospodarstwie (na przykład o stanie roślin, zmianach w środowisku, zagrożeniach ze strony chorób, szkodników, chwastów itp.), a także o ponoszonych kosztach i uzyskiwanych efektach.

Znaczenie informacji rośnie wraz z wdrażaniem nowych systemów produkcji, jak na przykład rolnictwa precyzyjnego. Istota tego systemu polega m. in. na dostosowaniu dawek środków chemicznych do rzeczywistych potrzeb, z uwzględnieniem ich rozmieszczenia w obrębie pola. Rozwiązanie takie pozwala na ograniczenie dawek nawozów i środków ochrony roślin bez spowodowania spadku plonów.

Prowadzi to do obniżenia kosztów materiałowych i zmniejszenia zagrożeń dla środowiska naturalnego sprzyjając poprawie efektywności nakładów w produkcji roślinnej. Według Kiliana i in. [2001, s. 526] rolnictwo precyzyjne umożliwia zarówno wzrost plonu, jak i jego jakości. Zapewnia też zmniejszenie strat w środowisku. Oszczędności z tego tytułu są trudne do oszacowania. Profesor L.-M. Bresson z INRA szacuje, że wartość współczynnika wyrażającego stosunek wartości strat ekologicznych do kosztów zużytych nawozów wynosi 4 [McBratney 2001, s. 540].

Wdrożenie rolnictwa precyzyjnego będzie wymagać odpowiednich modyfikacji maszyn i urządzeń rolniczych, które umożliwią wykonanie map plonu w obrębie pól oraz precyzyjne, sterowane komputerowo, dawkowanie nawozów i środków ochrony roślin, odpowiednio do przestrzennie zróżnicowanych potrzeb. Będzie się to wiązać z zastosowaniem elektroniki, co, pomimo tanienia urządzeń elektronicznych, będzie powodować wzrost cen maszyn rolniczych. Racjonalne użytkowanie środków mechanizacji będzie miało zatem coraz większe znaczenie. Wdrożenie rolnictwa precyzyjnego jest celowe wówczas, gdy powoduje poprawę efektywności produkcji [Pawlak 2003, s. 528]. Różnicę R między wartościami wskaźników efektywności odnoszących się do rolnictwa precyzyjnego i konwencjonalnego można oszacować za pomocą formuły:

$$R = \frac{\sum_{c=1}^n V_i}{\sum_{k=1}^n I_{k_1} P_k + \sum_{m=1}^n Cu_{m_1} Ce_1} - \frac{\sum_{c=1}^n V_0}{\sum_{k=1}^n I_{k_0} P_k + \sum_{m=1}^n Cu_{m_0} Ce_0}, \quad (1)$$

gdzie:

$\sum_{c=1}^n V_1$ – roczna wartość produkcji w gospodarstwie w przypadku wdrożenia rolnictwa precyzyjnego (zł),

$\sum_{c=1}^n V_0$ – wartość produkcji w gospodarstwie w przypadku stosowania systemu tradycyjnego (zł) (suma z liczby n c -tych działalności);

I_{k_1} – roczne zużycie k -tego rodzaju nawozu, pestycydu lub innego materiału w gospodarstwie stosującym system rolnictwa precyzyjnego, w odpowiednich jednostkach (j.m.);

I_{k_0} – roczne zużycie k -tego rodzaju nawozu, pestycydu lub innego materiału w gospodarstwie stosującym system tradycyjny, w odpowiednich jednostkach (j.m.);

P_k – cena jednostkowa k -tego rodzaju nawozu, pestycydu lub innego materiału (zł/j.m.);

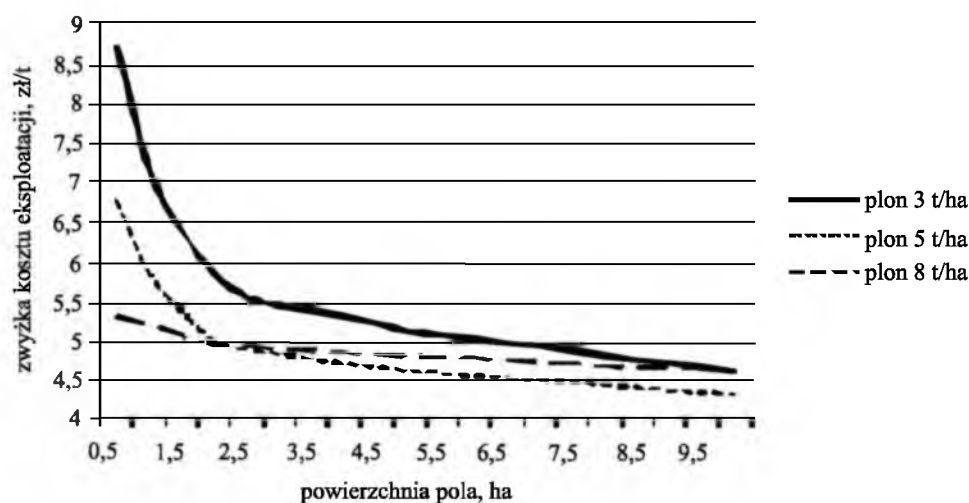
Ce_1 – koszty natury ekologicznej m -tego rodzaju w przypadku wdrożenia rolnictwa precyzyjnego (zł);

Ce_0 – koszty natury ekologicznej m -tego rodzaju w przypadku stosowania systemu tradycyjnego (zł);

Cu_{m_1} – koszty eksploatacji sprzętu rolniczego w przypadku wdrożenia rolnictwa precyzyjnego (łącznie z kosztami kapitałowymi) (zł);

Cu_{m_0} – koszty eksploatacji sprzętu rolniczego w przypadku stosowania systemu tradycyjnego (łącznie z kosztami kapitałowymi) (zł).

Wdrożenie systemu rolnictwa precyzyjnego jest uzasadnione, gdy R ma wartość dodatnią. Badania symulacyjne wykazały, że wzrost kosztu eksploatacji kombajnu zbożowego wskutek zastosowania dodatkowych urządzeń jest tym silniej zaznaczony, im mniejsza jest powierzchnia pola i niższy plon (rys. 1).



Rys. 1. Wzrost kosztu eksploatacji kombajnu zbożowego w wyniku zastosowania dodatkowego wyposażenia w zależności od plonu pszenicy i powierzchni pola

Źródło: badania własne.

Wyniki symulacji są zgodne z wynikami badań prowadzonych we Francji, które wykazały, że zastosowanie rolnictwa precyzyjnego jest celowe tylko w dużych gospodarstwach [Le Clech i in. 2001, s. 534].

Niezależnie od systemu produkcji postęp w inżynierii rolniczej przyczynia się do poprawy efektywności nakładów produkcyjnych i zmniejszenia strat ekologicznych. Udoskonalenia konstrukcyjne maszyn pozwalają na zmniejszenie dawek środków ochrony roślin na jednostkę powierzchni przy lepszym ich rozmieszczeniu na chronionych obiektach. Maszyny do zlokalizowanego podawania nawozów do strefy korzeni roślin umożliwiają zmniejszenie dawek nawozów przy lepszym ich wykorzystaniu przez rośliny i minimalizacji zanieczyszczeń wód. Wyposażenie opryskiwaczy w osobne zbiorniki na wodę i na substancję aktywną oraz w urządzenia do mieszania tych składników dopiero podczas opryskiwania zmniejsza zagrożenie środowiska i zapobiega stratom kosztownych środków ochrony roślin w przypadku przerwania zabiegu. Maszyny wieloczynnościowe, wykonujące kilka czyn-

ności w trakcie jednego przejazdu roboczego, przyczyniają się do zmniejszenia ugniatania gleby z jednoczesnym obniżeniem kosztów robocizny i energii. Urządzenia do uzdatniania odchodów zwierzęcych wyraźnie zmniejszają zagrożenia środowiska. Nie bez znaczenia jest też pośredni wpływ postępu technicznego. Rozwiązania powodujące zmniejszenie strat i uszkodzeń podczas zbioru oraz przechowywania plodów rolnych powodują, że na każdą jednostkę uzyskanego produktu przypadają mniejsze ilości energii oraz środków chemicznych. Wprowadzenie urządzeń zapewniających dobre warunki mikroklimatyczne w budynkach inwentarskich powoduje poprawę efektywności nakładów pasz, a dzięki wzrostowi produktywności zwierząt stwarza możliwości zmniejszenia ich pogłowia, co ma wpływ na ilość produkowanych odchodów oraz emisję amoniaku i innych szkodliwych gazów.

4. Podsumowanie

Zharmonizowanie celów produkcyjnych, społecznych i ekologicznych, będące istotą rolnictwa zrównoważonego, jest możliwe w warunkach kompleksowego wykorzystania postępu biologicznego, chemizacyjnego i technologicznego. Jego wyrazem jest m.in. poprawa efektywności nakładów produkcyjnych. Ze względu na duży udział mechanizacji w kosztach produkcji rolniczej, racjonalizacja prowadząca do poprawy nakładów z nią związanych ma szczególne znaczenie. Warunkami tej poprawy są: doskonalenie konstrukcji środków mechanizacji, poprawny dobór i właściwa ich eksploatacja z uwzględnieniem poszanowania środowiska naturalnego, wymogów nowych systemów produkcji (rolnictwo precyzyjne), tworzenia korzystnego środowiska pracy. Spełnieniu tych warunków sprzyjają: sprawny system informacji, dobra organizacja pracy oraz ciągle doskonalenie kwalifikacji personelu zatrudnionego w rolnictwie i jego otoczeniu.

Dokonując wyboru systemu produkcji rolniczej, doboru maszyn i formy ich użytkowania, należy brać pod uwagę lokalne warunki naturalne i skalę produkcji gospodarstwa.

Literatura

- Auernhammer H., *The Role of Mechatronics in Product Traceability*, Club of Bologna, Vol. 13, Edizioni UNACOMA Service srl, Roma 2003, s. 61-75.
- De Castro P., *The Quality of Productions. Market Needs. Institutional and Prescriptive Aspects*, Club of Bologna, Vol. 13, Edizioni UNACOMA Service srl, Roma 2002, s. 31-36.
- Golka W., Wójcicki Z., *Ekologiczna modernizacja gospodarstwa rolniczego. Monografia*, Wydawnictwo IBMER, Warszawa 2006.
- Kilian B., Hurley T.M., Malzer G., *Economic aspects of precision agriculture: an economic assessment of different site-specific N-fertilization approaches*, [w:] *Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture*, Eds. G. Grenier, S. Blackmore, Agro Montpellier, 2001, Vol. 2, s. 521-526.

- Le Clech B., Wiedmann R., Lorgeou J., *Simulation of site-specific input management for corn production*, [w:] *Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture*, Eds. G. Grenier, S. Blackmore, Agro Montpellier, 2001, Vol. 2, s. 533-538.
- McBratney A.B., *Environmental economics & precision agriculture: a simple nitrogen fertilisation example*, [w:] *Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture*, Eds. G. Grenier, S. Blackmore, Agro Montpellier, 2001, Vol. 2, s. 539-543.
- Michalek R., Tomczyk W., *Problemy eksploatacji maszyn i urządzeń w aspekcie ochrony środowiska*, „Problemy Inżynierii Rolniczej” 2002, nr 4(38), s. 5-10.
- Pawlak J., *Precision Agriculture – Economic Aspects*, Precision Agriculture, Academic Publishers, Wageningen 2003, s. 527-532.
- Pawlak J., *Racjonalna mechanizacja a zrównoważony rozwój rolnictwa*, [w:] *Rola infrastruktury i techniki w zrównoważonym rozwoju rolnictwa*, Wydawnictwo IBMER, Warszawa 2005, s. 149-156.
- Wójcicki Z., *Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich*, Wydawnictwo IBMER, Warszawa 2007.

AGRICULTURAL ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS

Summary

Current tasks for the agricultural engineering have been presented. An attempt to describe the interrelations between agricultural engineering and the sustainable development of agriculture has been undertaken.