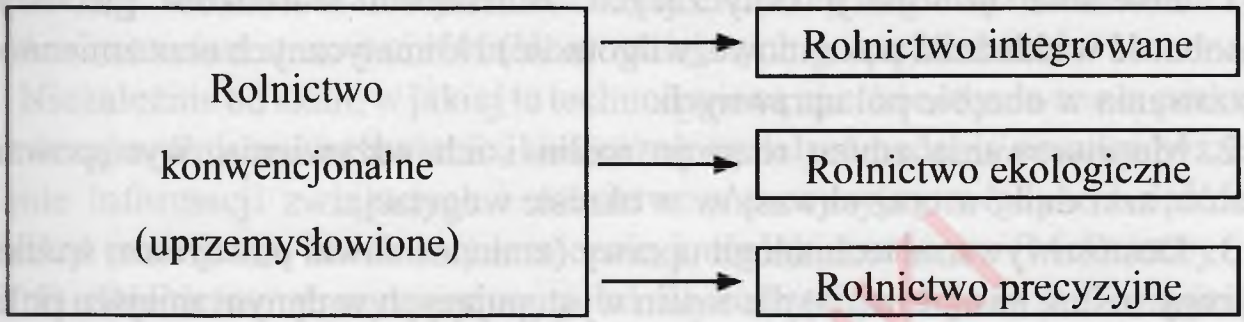
1. Wstęp

Rolnictwo precyzyjne (*precision farming* lub *precision agriculture*) to system rolniczy (rys. 1), w którym technologie produkcji dostosowuje się do specyficznych warunków produkcyjnych w określonej części pola, będącej środowiskiem dla rośliny uprawnej (*site-specific crop management* – SSCM) – Robert i in. (1994).



Rys. 1. Podział europejskich systemów rolniczych (Zimny 2007)

Precyzyjne dostosowanie poszczególnych elementów technologii produkcji, takich jak: nawożenie mineralne roślin, nawadnianie, gęstość siewu, ochrona przed chorobami, szkodnikami i chwastami, do zmiennych warunków przestrzennych pozwala zoptymalizować produkcję zarówno pod względem ekonomicznym, jak i ochrony środowiska rolniczego (Lipa 1997, Roszkowski 1998b). Przy wdrażaniu nowych czujników i narzędzi rolnictwa precyzyjnego zwraca się uwagę na ich dużą precyzję i dokładność. Precyzja oznacza powtarzalność wyniku pomiaru przy kolejnym jego wykonaniu w tym samym miejscu i w bardzo zbliżonym czasie. Natomiast dokładność jest miernikiem stopnia korelacji wyniku pomiaru z danymi dotyczącymi faktycznych właściwości gleby czy rośliny, oznaczonymi metodami konwencjonalnymi (Adamchuk i in. 2004).

Aby właściwie stosować poszczególne elementy systemu rolnictwa precyzyjnego w praktyce rolniczej, konieczne jest zebranie i analiza informacji przestrzennych, dotyczących zmienności oznaczanych cech w obrębie pojedynczych pól uprawnych. Gromadzenie informacji na skalę masową stało się możliwe dzięki wyposażeniu maszyn i urządzeń rolniczych w powszechnie dostępny system (*Global Positioning System* – GPS) oraz w różnego rodzaju czujniki oceniające właściwości gleby i roślin (Roszkowski 1998a). Tak zebrane informacje przestrzenne mogą być wykorzystywane w czasie rzeczywistym (*real time*) do optymalizacji przeprowadzanych zabiegów agrotechnicznych. Rozwiązanie takie nosi angielską nazwę *sensor-based*. Innym rozwiązaniem jest zebranie informacji przestrzennych, ich analiza i wykorzystanie do optymalizacji, np. zabiegów nawożenia czy ochrony roślin, ale przy odrębnym przejeździe ciągnika

i siewnika/opryskiwacza. Podstawą precyzyjnego wykonania takich zabiegów są mapy aplikacyjne (*application maps*), tworzone z wykorzystaniem oprogramowania, informacji o spodziewanych warunkach pogodowych oraz niezbędnej wiedzy agronomicznej (Roszkowski 1998b). Takie podejście do stosowania zróżnicowanych dawek, np. nawozów/pestycydów nosi angielską nazwę *map-based*. Poszczególne etapy wykorzystania informacji przestrzennych w optymalizacji produkcji roślinnej można przedstawić następująco:

1. Zbieranie informacji dotyczących zmienności warunków glebowych (zasobność w składniki pokarmowe, wilgotność) i klimatycznych oraz zmienności plonowania w obrębie pól uprawnych.
2. Monitorowanie zmian rozwoju roślin i ich odżywienia, występowania chorób, szkodników oraz chwastów w okresie wegetacji.
3. Dostosowywanie technologii uprawy (zmienne dawki nawożenia, środków ochrony roślin, nawadniania) dla roślin występujących w danym miejscu pola.

Człowiek od wieków obcuje ze zmiennością przestrzenną (*spatial variability*) pól uprawnych i zmiennością czasową (*temporal variability*) warunków pogodowych w kolejnych sezonach wegetacyjnych, które to rodzaje zmienności są podstawą wdrażania technik rolnictwa precyzyjnego. Pierwszych wzmianek odnoszących się do zmienności pól uprawnych można doszukać się już w Biblii w przypowieści o siewcy (Stafford 2000). Początki rozwoju rolnictwa precyzyjnego miały miejsce na początku lat 90. ubiegłego stulecia (House Committee on Agriculture Glossary 2000, Brase 2005). Natomiast bardzo dokładny opis maszyn, urządzeń i sposób ich zastosowania w rolnictwie precyzyjnym, jak podaje Stafford (2000), został przedstawiony już w 1983 roku przez Johnsona i innych.

Dynamiczny rozwój technologii związanych z rolnictwem precyzyjnym nastąpił dopiero w ostatnich kilku latach zarówno w badaniach naukowych, jak i w praktyce rolniczej. Postęp w tym zakresie wymaga współdziałania wielu dyscyplin naukowych. W połączeniu daje to możliwość opracowania systemu, który może być stosowany w produkcji roślinnej. Największe znaczenie w dynamicznym rozwoju tego systemu rolniczego odegrały: systemy informacji geograficznej (*geographic information systems* – GIS), teledetekcja (*remote sensing* – RS) i inżynieria rolnicza, pozwalająca wykorzystać dane przestrzenne zbierane w czasie zabiegów agrotechnicznych do optymalizacji technologii uprawy poszczególnych gatunków roślin.

Wykorzystanie informacji z tych wszystkich źródeł pozwala na bardziej efektywną produkcję roślinną, w której zwraca się uwagę nie tylko na wielkość plonu i jego jakość, ale również na ograniczone nakłady bezpośrednie na środki produkcji, większe korzyści ekonomiczne oraz zmniejszony negatywny wpływ inten-

sywnej produkcji rolniczej na środowisko (mniejsze zużycie nawozów i środków ochrony roślin). Upowszechnienie technologii związanych z rolnictwem precyzyjnym w praktyce rolniczej napotyka wiele barier. Szczególnie ważnym utrudnieniem w warunkach Polski jest rozdrobnienie gospodarstw, które w bardzo dużym stopniu ogranicza wprowadzanie technik rolnictwa precyzyjnego. Należy bowiem podkreślić, że ze względów ekonomicznych (koszt maszyn i urządzeń) wdrożenie wielu technik rolnictwa precyzyjnego jest możliwe jedynie w gospodarstwach wielkoobszarowych. Niektóre elementy tego systemu rolniczego można natomiast stosować również w mniejszych gospodarstwach.

Niezależnie od skali, w jakiej te technologie są obecnie stosowane w praktyce rolniczej w Polsce i na świecie, konieczne są dalsze badania oraz upowszechnianie informacji związanych z rolnictwem precyzyjnym, gdyż ta dziedzina wiedzy rozwija się bardzo dynamicznie i wielokierunkowo (McBratney i in. 2005). Rolnictwo precyzyjne w pełni wykorzystuje najnowsze osiągnięcia techniki i jest zarazem systemem, który pozwala na prowadzenie produkcji roślinnej w sposób przyjazny dla środowiska, przy optymalnym wykorzystaniu zasobów przyrodniczych.