

Prof. dr hab. EDWARD ARSENIUK

Kierownik Zakładu Fitopatologii IHAR-PIB w Radzikowie

Przewodniczący Rady Ekspertów Polskiego Związku Producentów Roślin Zbożowych

Rozwój i charakterystyka systemów rolniczych od rolnictwa pierwotnego po cyberrolnictwo



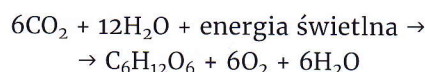
Rolnictwo pierwotne

Dokładne wskazanie na ziemi miejsca, gdzie rolnictwo powstało jest niezwykle trudne. Przeobrażanie się społeczeństw z łowiecko-zbierackich na osiadłe rozpoczęło się jeszcze przed wynalezieniem pisma, a więc tysiące lat temu, kiedy mowę przekazywano obrazkami. Egzystencja pierwotnego człowieka polegała w głównej mierze na uprawie roślin. Paleobotanicy zdołali ustalić, że rośliny o charakterze spożywczym zaczęto uprawiać około 9500 lat p.n.e. w regionie Żyznego Półksiężycza na Bliskim Wschodzie. Wedle przekazów pierwszymi roślinami uprawnymi były dzikie zboża, głównie dzikie pszenice, takie jak płaskurka (*Triticumdicocum* (Schrank) Schübl.) i samopsza (*Triticummonococum* L.). W następnej kolejności zaczęto uprawiać jęczmień zwyczajny (*Hordeumvulgare* L.) i rośliny strączkowe, wg ostatniej nomenklatury zwane bobowatymi. Były to groch zwyczajny, soczewica, wyka, ciecierzycy, len zwyczajny. W sumie, w tamtym przedziale czasowym stanowiły one 8 gatunków roślin spożywczych. Z danych literaturowych wynika, że rozwój rolnictwa i uprawy roślin w różnych regionach kuli ziemskiej następował niezależnie. Poza ww. Bliskim Wschodem rolnictwo rozwijało się w Chinach, na Sahele, Ameryce Północnej, Środkowej i Południowej, a także w Nowej Gwinei. Dzięki możliwościom współczesnych badań genetycznych udowodniono, że rolnictwo do Europy dotarło z Bliskiego Wschodu około 8 tys. lat temu przez obszar współczesnych Węgier.

Rolnictwo konwencjonalne

Praktyki rolnictwa konwencjonalnego, takie jak irygacja, stosowanie płodozmianu, nawozów i pestycydów zaczęto stosować w Europie w XVIII i XIX wieku. John Bennet Lawes (1814-1900) w 1842 r. opatentował produkcję superfosfatu w Stacji Badawczej w Rothamsted w Wielkiej Brytanii. W drugiej połowie XIX w. w przyspieszonym tempie zaczęto przybywać pestycydów. Pojawiło się wówczas dużo preparatów na bazie arsenu (m.in. arsenian miedzi i arsenian ołowiu), popularnych do lat 50. ub. wieku. W 1892 r. trafił do obrotu pierwszy syntetyczny środek ochrony roślin - dinitroortokrezolan potasu. Prawdziwy przełom nastąpił dopiero wraz z wynalezieniem osławionego DDT - dichlorodifenylotrichloroetanu, związku z grupy chlorowanych węglowodorów, znanego też pod nazwą Azotox. Wskutek licznych kontrowersji stosowanie DDT zostało zakazane w latach 70. (w Polsce w 1976 r.).

W 1909 r. Fritz Haber dokonał syntezy amoniaku z azotu i wodoru. Po udoskonaleniu w latach następnych przez Carla Boscha metoda syntezy amoniaku stała się przełomem w produkcji saletry amonowej i nawozów azotowych na skalę przemysłową. Obecnie ocenia się, że nawozy azotowe produkowane przy użyciu metody Habera i Boscha odpowiedzialne są za produkcję żywności, która utrzymuje przy życiu ok. jednej trzeciej ludzkości. Jean Baptiste Boussingault, francuski chemik, w 1864 r. po raz pierwszy napisał równanie fotosyntezy:



Dwutlenek węgla, woda i energia światła są wykorzystywane w tworzeniu węglowodanu glukozy bogatego w energię, a jednocześnie wytwarzania tlenu jako produktu ubocznego. Istotą fotosyntezy jest przekształcenie pochodzącej z kwantu światła energii (energia światlna) do energii wiązań chemicznych (energia chemiczna) przy udziale barwników fotosyntetycznych oraz odpowiednich enzymów. Jest to podstawowy dla życia proces biologiczny przeprowadzany przez organizmy fotosyntetyzujące, rośliny zielone i niektóre bakterie. Życie na ziemi bez roślin zielonych nie mogło by więc istnieć. Niemożliwy byłby też proces doskonalenia roślin.

W XX w. rolnictwo charakteryzowało się znacznym podniesieniem wydajności. Stan ten osiągnięto dzięki wprowadzeniu na szeroką skalę nawozów syntetycznych, pestycydów, mechanizacji, a przede wszystkim doboru hodowlanego. W zasadzie w XX w. wyróżniamy 4 okresy wykorzystania osiągnięć myśli ludzkiej na rzecz rozwoju rolnictwa konwencjonalnego. Są to:

- 1) zamiana siły pociągowej zwierząt na energię maszyn (po I wojnie światowej),
- 2) chemizacja rolnictwa, tj. powszechne stosowanie nawozów mineralnych i pestycydów (po II wojnie światowej),
- 3) 1953 r. – odkrycie DNA i wykorzystanie osiągnięć genetyki w doskonaleniu odmian uprawnych (Zielone Rewolucje rozpoczęte przez N. Borlauga),
- 4) rewolucja genowa (obecnie).

Z upływem dekad XX w. zdawano sobie sprawę z faktu, że znacznie łatwiej i taniej jest dostosować genotyp rośliny do warunków środowiska modyfikowanego przez klimat, niż odwrotnie. W przeciwieństwie do hodowli większość nauk rolniczych cechuje dążenie do zwiększenia plonów poprzez zmianę i stwarzanie warunków środowiskowych optymalnych dla danej rośliny. Natomiast hodowla roślin, oprócz podobnych celów, dąży także do zmiany genotypu samej rośliny tak, aby tę roślinę jak najlepiej przystosować do istniejących warunków glebowo-klimatycznych, w których wyda możliwie wysoki i dobrej jakości plon.

Wraz z rozwojem rolnictwa różnicowały się sposoby zagospodarowania przestrzeni rolniczej przez produkcję roślinną i zwierzęcą. Z czasem sposoby zagospodarowania przestrzeni rolniczej nazwano systemami rolniczymi. Za podstawę różnicowania systemów rolniczych przyjęto stopień uzależnienia rolnictwa od przemysłowych środków produkcji, głównie nawozów mineralnych i pestycydów oraz siłę oddziaływania systemu na środowisko przyrodnicze.

We współczesnym rolnictwie najczęściej wyróżniane są niżej wymienione systemy rolnicze:

- 1) **rolnictwo konwencjonalne** – sposób gospodarowania w tym systemie ukierunkowany jest na maksymalizację zysku, osiąganego dzięki dużej wydajności roślin i zwierząt uzyskiwanej w wyspecjalizowanych gospodarstwach stosujących technologie produkcji oparte na dużym zużyciu przemysłowych środków produkcji i bardzo małych nakładach robocizny; najbardziej rozpowszechniony i używany system rolnictwa w Europie, kojarzony jest z intensywnym gospodarowaniem – wysokimi nakładami materiałowymi i energetycznymi dla uzyskania dużej produkcji;
- 2) **rolnictwo ekologiczne** – sposób gospodarowania stosowany w środowisku nie zdegradowanym, który aktywizuje i wykorzystuje przyrodnicze mechanizmy produkcyjne poprzez stosowanie środków naturalnych technologicznie nieprzetworzonych; system zapewnia trwałą żyzność gleby i zdrowotność zwierząt i roślin oraz wysoką jakość biologiczną produktów rolniczych;

- 3) **rolnictwo integrowane** – sposób gospodarowania umożliwiający realizację celów ekonomicznych i ekologicznych poprzez świadome wykorzystanie nowoczesnych technik wytwarzania, systematyczne usprawnianie zarządzania oraz wdrażanie różnych form postępu biologicznego, który wspomaga osiągnięcie założonych celów;
- 4) **rolnictwo precyzyjne** – system rolniczy wykorzystujący wysoko rozwinięte technologie nawigacyjne i informatyczne – satelitarne systemy lokalizacyjne (ang. GPS – Global Positioning System) oraz metody pozyskiwania i przetwarzania danych o charakterze przestrzennym (ang. GIS – Geographic Information System).

Charakterystyka rolnictwa precyzyjnego

Wyżej wymienione systemy zaliczane są do głównych systemów produkcji rolnej, ale w literaturze opisywane są inne systemy o mniejszym znaczeniu. Prężnie rozwijający się w ostatnich latach kierunek pod nazwą „rolnictwa precyzyjnego” faktycznie nie jest systemem rolniczym, a przede wszystkim zastosowaniem najnowszej techniki w systemie zarządzania praktycznym rolnictwem. Rolnictwo precyzyjne opiera się na precyzyjnym (optymalnym, racjonalnym) stosowaniu środków produkcji w uprawach, w zależności od zmiennych warunków glebowo-klimatycznych.

Istotę rolnictwa precyzyjnego najpełniej oddaje definicja określająca je jako strategię zarządzania, która na podstawie znajomości oceny specyficznych cech odmian roślin, w tym odporności na stresy biotyczne i abiotyczne generowane przez warunki glebowo-klimatyczne, określa normę wysiewu nasion, zmienność dawek nawozów, środków ochrony roślin oraz dobór parametrów roboczych maszyn, etc., w taki sposób, by każde miejsce pola uprawnego i każda roślina otrzymały tylko to i tylko tyle, ile potrzeba do optymalnego wykorzystania potencjału biologicznego rośliny i zasobów gleby w dokładnie oznaczonym miejscu oraz fazie wzrostu i rozwoju rośliny przy minimalnych zagrożeniach dla środowiska.

Rolnictwo precyzyjne, nazywane też cyberrolnictwem, jest rolnictwem wykorzystującym zarówno wysoko rozwinięte technologie nawigacyjne i informatyczne satelitarnych systemów lokalizacyjnych, takich jak GPS czy GIS, jak i urządzeń teledetekcji bliskiego zasięgu (wiatrakowce). Systemy te pozwalają pozyskiwać i przetwarzać dane o charakterze przestrzennym. System informacji geograficznej GIS jest systemem informacyjnym służącym do wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania oraz wizualizacji danych geograficznych. Czynności te wspierają podejmowanie decyzji przez rolnika. GPS – Globalny System Nawigacji to amerykański system nawigacji satelitarnej uruchomiony po raz pierwszy w 1973 r. i obejmujący swym zasięgiem całą kulę ziemską. Służy m.in. do wyznaczania pozycji geograficznej

(długość, szerokość geograficzną oraz wysokość elipsoidalną). W pierwszych latach po uruchomieniu GPS był systemem dostępnym tylko dla wojsk USA. Z upływem czasu GPS udostępniono do wykorzystania dla potrzeb cywilnych. Obecnie poza rolnictwem GPS wykorzystuje się podczas jazdy samochodem, rowerem czy pieszej wędrówki. Technologię GPS wykorzystują więc rolnicy, leśnicy, wojskowi, piloci, marynarze, geodeci, kartografowie i przedstawiciele wielu innych zawodów.

Podstawą działania w rolnictwie precyzyjnym jest zebranie informacji o zmienności przyrodniczej dla wybranego obszaru, np. pola, z dużą dokładnością (nawet do 1 cm²) i wykorzystanie ich do precyzyjnych zabiegów agrotechnicznych, np. nawożenia czy użycia środków ochrony roślin. **Dokładne mapy pola, wykonane przy użyciu technik GPS i GIS, oraz urządzeń teledetekcji bliskiego zasięgu, przedstawiające dokładnie jego obrys i zmiennie rozłożoną zasobność gleby w makro- i mikroelementy oraz pH gleby są najważniejszymi elementami rolnictwa precyzyjnego. Pozwalają bowiem uzyskać wyrównany plon na całym polu.** Elektroniczna mapa pola umożliwia bowiem prognozowanie, w którym miejscu pola plon będzie większy, a w którym mniejszy. Elektroniczna mapa plantacji na danym polu pozwala również zawczasu określić miejsca, w których rośliny są niedożywione, silnie porażone chorobami lub szkodnikami. Zawczasu powzięte informacje, wprzęgnięte w system wspierania decyzji (ang. DSS – Decision Support System), umożliwiają podjęcie decyzji o wykonaniu przewidzianych zabiegów agrotechnicznych we właściwym czasie, co ogranicza ilościowe i jakościowe straty w plonie rośliny uprawianej na monitorowanym polu.

Różnicowanie dawek nawozów, pestycydów czy skrawków pola wyznaczanego na mapach do zabiegów musi jednakże mieć sens ekonomiczny.

Należy podkreślić, że w ostatnich latach rolnictwo precyzyjne wdrażane jest do produkcji w wielu krajach na coraz szerszą skalę. Rolnictwo precyzyjne, oparte o teledetekcję, z mrzonki przekształca się dość szybko w realną rzeczywistość również w Polsce, a nowoczesne technologie są już widoczne na polskiej wsi. W Internecie można znaleźć liczne przykłady procesu informatyzacji działalności rolniczej.

Przykłady wykorzystania teledetekcji „zdalnego postrzegania, ang. *remotesensing*” – w rolnictwie i gospodarce narodowej

Zobrazowania Ziemi, zwane obecnie teledetekcją, wykonywane z przestrzeni kosmicznej dostarczają mnóstwa informacji, niemożliwej lub trudnej do uzyskania w podobnej formie za pomocą systemów naziemnych. Od czasu udostępnienia dla realizacji celów cywilnych zobrazowania te znalazły szybko rosnącą liczbę zastosowań – od geodezji, kartografii, oceanografii, leśnictwa czy marynistyki po badania zmian klimatycznych, próby reagowania

z wyprzedzeniem na zagrażające katastrofy naturalne oraz ocenę i efektywniejsze zwalczanie ich skutków. Satelity obserwacyjne Ziemi dostarczyły i dostarczają wielu różnorodnych produktów, z których tylko część ma charakter obrazowy. Zobrazowania te wykonywane przez satelity mają różną rozdzielczość przestrzenną oraz spektralną i często są trudne do wykorzystania. Rozwój metod teledetekcyjnych wiąże się ściśle z wynalezieniem i ciągłym ulepszaniem metod fotograficznych. Przez długie lata teledetekcja satelitarna była zarezerwowana dla celów militarnych. Przekształcenia społeczno-ekonomiczne przełomu lat 1980/1990 zapoczątkowały większą dostępność danych satelitarnych dla celów cywilnych. Upowszechnienie się komputerów dało naukowcom efektywne narzędzie do automatycznej analizy obrazu i prowadzenia badań przestrzennych, w tym również badań rolniczych. Teledetekcja dała i daje możliwości precyzyjnego określenia stanu upraw z pułapu satelitarnego, lotniczego i naziemnego. Na podstawie zdjęć lotniczych wykonanych w zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni jest możliwe określenie stanu roślin.

W ostatnich latach w teledetekcji do monitorowania pól i upraw rolniczych wykorzystywane są wiatrakowce z zamontowanymi kamerami fotograficznymi (ang. *drones*). **Są to urządzenia teledetekcji bliskiego zasięgu do tworzenia map upraw na potrzeby rolnictwa nie tylko precyzyjnego.** Rola wykorzystania tych maszyn w rolnictwie wzrasta ze względu na możliwość monitorowania upraw i pól o lokalnym zasięgu, a także niższe koszty użytkowania. Dla przykładu, wiatrakowce w Chinach zostały uznane za maszyny rolnicze, a ich produkcja jest subsydiowana. Przyznano, że wiatrakowce rolnicze mają znaczną przewagę nad zabiegami manualnymi pod względem wydajności i kosztów wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Innowacyjność polega na tym, że wiatrakowiec w ciągu 10 minut opryskuje 0,4–0,6 ha, tj. 40–60 razy krócej od zabiegu ręcznego. W Chinach wiatrakowce używane są do wykonywania różnych czynności na ok. 25 mln ha użytków rolnych i są intensywnie poszukiwane przez rolników.

Z przeglądu literatury wynika, że znajdują one szerokie zastosowanie nie tylko w światowym, ale też krajowym rolnictwie i innych działach gospodarki narodowej. Najbliższym przykładem jest wykorzystanie wiatrakowca w gospodarstwie na Mazowszu w ochronie biologicznej kukurydzy do aplikacji kruszynka przeciwko omacnicy prosowiance. Zasięg występowania tego szkodnika ciągle się powiększa więc zapotrzebowanie na usługi teledetekcyjne także wzrasta. Teledetekcja jest mile widziana w kształtowaniu polityki rolnej UE. Techniki teledetekcji mają rzekomo stanowić narzędzie służące Komisji UE w monitorowaniu i ocenie realizacji Wspólnej Polityki Rolnej. Należy podkreślić, że teledetekcja jest technologią szybkiego uzyskiwania informacji i umożliwia nadzór i kontrolę stanu gospodarstw, pól i warunków produkcji rolniczej i przemysłowej oraz zachowań społecznych na duże odległości. ■