

IDEA ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO - POSTAWIENIE ZAGADNIENIA

*Lech Ryszkowski*

Zakład Biologii Rolnej PAN w Poznaniu

BLASKI I CIENIE WSPÓŁCZESNEGO ROLNICTWA

W ciągu ostatniego dziesięciolecia obserwujemy gwałtownie narastający proces rewaloryzacji zasad gospodarczej działalności człowieka. Obok oceny bezpośrednich efektów produkcyjnych w coraz to większym stopniu uwzględniane są skutki środowiskowe gospodarki człowieka. Ten drugi aspekt działalności człowieka związany jest z problematyką ochrony środowiska. Rolnictwo nie stanowi pod tym względem wyjątku, a ocena jego osiągnięć powinna uwzględniać zarówno efekty produkcyjne, jak i zmiany wywołane w środowisku, które często w tej dziedzinie działalności człowieka ujawniają się dopiero po dłuższych okresach czasu.

Nie notowany w historii postęp rolnictwa w ostatnich czasach wywołany jest głównie jego mechanizacją i chemizacją oraz uprawą nowych wysokoplennych odmian roślin.

Mechanizacja, uwalniająca rolnika od ograniczeń wyznaczonych przez moc jego własnych sił roboczych, umożliwia bardzo istotny wzrost szybkości i wydajności robót polowych, pozwala na większą terminowość prac i ich lepszą synchronizację z optymalnymi warunkami pracy. Nowe typy ciągników, maszyn, zwłaszcza wieloczynnościowych kombajnów poz-

walają za rozpowszechnianie nowych technologii produkcji rolnej, o których rolnik - mający do dyspozycji tylko moc zwierząt pociągowych lub mechanicznych ciągników o małej mocy - nie mógł nawet marzyć. Możliwość dystrybucji na skalę poprzednio nie spotykaną nasion, sadzonek, plonów oraz innych produktów rolniczych to przykład wyższego poziomu technicznego transportu w rolnictwie. Już dzisiaj na usługach rolnictwa jest lotnictwo, nawozi się z samolotów pola, rozpyla chemiczne środki ochrony roślin, a w niedalekiej przyszłości prawdopodobnie będzie się wykorzystywać samoloty do obsiewu pól, deszczowania itd.

Coraz to szersza mechanizacja wywiera wpływ na dobór do uprawy roślin odznaczających się właściwościami ułatwiającymi pracę maszyn. Tak np. wyselekcjonowanie odmian zbóż charakteryzujących się sztywną i krótką słomą, czy też wyhodowanie jednokiełkowych nasion buraków dobrze ilustruje nasilającą się tendencję stworzenia modelu rośliny uprawnej odpowiadającego wymogom mechanizacji.

Mechanizacja pozwala na przekształcenie ukształtowania terenu w niespotykanym do tej pory zakresie. Współczesne środki techniki pozwalają na daleko idące modyfikacje ukształtowania stoków wzniesień, likwidację małych depresji terenu itp.

Zwiększanie żyzności gleb na drodze hydromelioracji czy też agromelioracji, polegających np. na piaskowaniu torfowisk, torfowaniu lub iłowaniu gleb piaszczystych itd., stosowanych obecnie na mniejszą niż należałoby skalę z powodu zbyt dużych kosztów, jest daleko idącą ingerencją człowieka w żyzność gleb, możliwą dzięki wykorzystaniu współczesnych środków techniki.

Zarysowane możliwości i zalety mechanizacji rolnictwa mogą z łatwością być uzupełnione innymi przykładami. Jednak, dla celów tego

artykułu wzmiankowane powyżej efekty mechanizacji w pełni uzasadniają tezę, że jedną z cech postępowego, współczesnego rolnictwa jest jego mechanizacja.

Nie potrzeba również szczegółowo dowodzić, jak duże znaczenie w podwyższaniu plonów ma chemizacja rolnictwa. Zdaniem Niewiadomskiego [7] nawożeniu mineralnemu można przypisać plonotwórczą efektywność rzędu 30-60%, drugie miejsce pod względem znaczenia zajmują chemiczne środki ochrony roślin o efektywności 10-30%, natomiast odmiany roślin uprawnych, płodozmian i uprawa roli mają mniejszą efektywność plonotwórczą. Klasyfikacja powyższa, zdaniem Niewiadomskiego, odzwierciedla ogólne, przeciętne prawidłowości. Wysokość plonów w każdej konkretnej sytuacji jest modyfikowana przez charakter środowiska, poziom kultury rolnej oraz rodzaj dostępnych środków produkcji.

Dzięki wyselekcjonowaniu nowych odmian rozszerzył się znacznie zasięg przestrzenny uprawy wielu roślin. Bardzo istotne znaczenie ma również selekcjonowanie odmian magazynujących coraz to większą ilość produktów fotosyntezy w organach stanowiących plon, np. w ziarnie zbóż, korzeniach spichrzowych buraków itp. Coraz więcej uprawia się odmian przystosowanych do zmiennych warunków lokalnych, co może zmniejszać wahania wielkości uzyskiwanych plonów w kolejnych latach.

Zarysowane w bardzo dużym uproszczeniu główne czynniki intensyfikacji rolnictwa podporządkowane są generalnemu celowi, tj. maksymalizacji produkcji. Rezultaty osiągnięte w ciągu ostatniego ćwierćwiecza są duże, o czym może świadczyć np. znaczna zwyżka średnich plonów w Polsce.

Jak powszechnie wiadomo, omówione czynniki intensyfikacji rolnictwa wywołują mniejsze lub większe niekorzystne zmiany w środo-

wisku. Tak np. wzrost mechanizacji bardzo istotnie oddziałuje na strukturę krajobrazu rolniczego. Tworzy się duże pola, a likwiduje zadrzewienia śródpolne, małe zbiorniki wodne i inne elementy struktury krajobrazu utrudniające pracę maszyn. Sytuacja taka sprzyja nasilaniu się zjawisk erozji wietrznej i związanych z nią niekorzystnych zmian w powierzchniowej warstwie gleby. Na terenach fali- stych zjawiska te są potęgowane przez erozję wodną. Innym przykładem niekorzystnych ubocznych wpływów mechanizacji jest ugniatanie gleby przez pracujące na polach ciągniki, samochody i inne maszyny. Pociąga to za sobą niekorzystne zmiany stosunków powietrzno-wod- nych gleby itp.

Nowe, wysokoplenne odmiany rozprowadzane są na wielkie obszary, co przyczynia się do znacznego genetycznego ujednoczenia materia- łu uprawowego. Dobór wysokoproduktywnych odmian nie zawsze idzie w parze z odpornością na różnego rodzaju czynniki patogenne. Jak wy- kazały badania, największa liczba genetycznych czynników odporności występuje w tych populacjach, które współwystępowały z patogenami przez długi okres czasu na tych samych obszarach. Dlatego, gdy mamy do czynienia z dużymi monokulturowymi uprawami nowych wysokoplen- nych odmian, wzrasta niewspółmiernie możliwość straty plonów na skutek porażenia roślin przez różne patogeny. Na przykład w 1970 roku, około 90% monokulturowych upraw kukurydzy w USA było w bardzo dużym stopniu ujednoczone genetycznie. Nic więc dziwnego, że pojaw Helminthosporium maydis /odmiana T/ spowodował olbrzymie straty w plonach [1].

Wydaje się, że przykładem bardzo poważnych niekorzystnych efek- tów gospodarczej działalności ludzi są skutki zmniejszenia lesistoś- ci czy też przemeliowania prowadzące do przesuszenia gleb. Zdaniem Niewiadomskiego [6] przesuszenie gleb lżejszych, obejmujące przeszło

połowę areału upraw w Polsce /np. w pasie Wielkich Dolin/, jest jednym z najgroźniejszych przejawów dewastacji środowiska w naszym kraju. Objawia się ona zacieśnieniem stosunku ilości rocznych opadów do parowania terenowego, obniżeniem poziomu wód gruntowych i wysychaniem zbiorników wodnych /zwłaszcza małych "oczek"/. W glebie stwierdza się zmniejszanie ilości i pogarszanie jakości próchnicy w wyniku zmiany relacji pomiędzy procesami humifikacji i mineralizacji materii organicznej. Zjawiska te wskazują, że mamy do czynienia nie tylko z deficytem wody, lecz również z istotną zmianą biologicznej aktywności gleby. Jeżeli proces degradacji gleb wywołany ich przesuszeniem nie zostanie zahamowany, grożą nam w przyszłości bardzo poważne środowiskowe kłopoty.

Współczesne rolnictwo jest nie do pomyślenia bez stosowania chemicznych środków ochrony roślin. Wzrost zapotrzebowania na żywność powoduje, że człowiek w coraz mniejszym stopniu chce dzielić się plonami z innymi organizmami. Szybki postęp uprawy roślin sprawia, że nawet mniejsze straty wyrządzone przez szkodniki i patogeny zaczynają nabierać ekonomicznego znaczenia. W związku z tym wzrasta liczba gatunków uważanych za szkodniki. W tym wyścigu potrzeb i możliwości ich zaspokojenia każdy roślinożerny gatunek może być traktowany jako potencjalny szkodnik. W stosunku do wymagań współczesnego rolnika biologiczne mechanizmy regulowania liczebności szkodników są w większości sytuacji zbyt powolne i często nie zmniejszają liczebności szkodników poniżej podyktowanych względami ekonomicznymi progów szkodliwości. Stąd konieczność stosowania tak zwanych zintegrowanych metod ochrony roślin, w których arsenał wchodzi i pestycydy. W wyniku różnorodnych współzależności pomiędzy komponentami ekosystemu oddziaływanie pestycydów nie zachodzi według prostego schematu: pestycyd - szkodnik  $\pm$  efekty uboczne, ale według bardziej skomplikowanego

typu oddziaływań: pestycyd - ekosystem, w którym występuje dany szkodnik. Migracja pestycydów pomiędzy komponentami ekosystemu oraz ich biologiczna koncentracja w ciele różnych organizmów powoduje, że człowiek atakując np. szkodniki roślinożerne często jednocześnie niszczy sprzymierzeńców - drapieżniki lub pasożyty szkodników, albo konsumując rośliny czy zwierzęta zawierające pestycydy wprowadza je do swojego organizmu.

Podobnie wygląda sprawa z mineralnymi nawozami. Z jednej strony użycie nawozów przyczyniło się w bardzo istotny sposób do zwyżki plonów, a z drugiej strony do zwiększenia ilości np. azotanów w wodach gruntowych czy otwartych, co obniża ich wartość dla człowieka oraz przyczynia się do rozpowszechniania się zjawisk eutrofizacji wód /istotną rolę odgrywają tu fosforany/.

Podane przykłady niekorzystnych efektów środowiskowych intensyfikacji rolnictwa można znacznie rozszerzyć. Ich pełna rejestracja i dokumentacja nie jest celem tego opracowania. Należy jednak podkreślić dualizm charakteryzujący współczesną rolniczą działalność człowieka. Ten sam czynnik może być niezbędnym środkiem postępu produkcji rolnej, a z drugiej strony może wywoływać niekorzystne efekty środowiskowe, które zwrótnie utrudniają lub ujemnie wpływają na wyniki działalności rolniczej człowieka. Na tym tle rysuje się jeszcze pilna potrzeba wypracowania zasad optymalizacji gospodarki rolniczej. W tym opracowaniu główna uwaga poświęcona będzie przyrodniczym podstawom optymalizacji. Aspekty techniczne, ekonomiczne i społeczne zasad optymalizacji zostały w nim ograniczone do niezbędnego minimum.

W ciągu ostatnich paru lat, jak to było zaznaczone na wstępie, zachodzi bardzo istotna reorientacja poglądów na rolnictwo. Wpływały na to zarówno przyczyny natury ogólniejszej, związane z wielkimi

przemianami zachodzącymi na świecie, jak i zmiany, które zaszły w rozwoju nauk przyrodniczych, a zwłaszcza ekologii. Reorientacja ta polega przede wszystkim na zrozumieniu że:

1/ Rozwiązanie narastającego kryzysu żywnościowego wymaga zwiększenia produkcji rolnej z jednoczesnym uwzględnieniem w nakładach nie tylko bezpośrednich efektów produkcyjnych, ale i efektów środowiskowych, które często ujawniają się dopiero po dłuższym okresie. Inaczej mówiąc, rolnictwo powinno opierać się na zasadach dynamicznego zrównoważenia składowych systemu pól uprawnych /agroekosystemów/, warunkującego optymalizację produkcji w ciągu długich okresów czasu, a nie na zasadach uzyskania maksymalnych doraźnych zysków abstrahujących od trwałości układu.

2/ Agroekosystemy mogą się stać źródłem niepożądanych zmian całego krajobrazu, wyrażających się np. w nasilającej się eutrofizacji wód, gdy intensywność nawożenia mineralnego przekracza ich pojemność środowiskową. Podobnie może przedstawiać się sprawa z innymi czynnikami intensyfikacji współczesnego rolnictwa, np. z chemicznymi środkami ochrony roślin itp.

3/ Agroekosystemy są miejscem niezamierzonego gromadzenia się wielu przemysłowych zanieczyszczeń, które oddziałują ujemnie na produkcję rolniczą.

Choć nasilenie powyższych zjawisk jest odmienne w różnych regionach, to jednak pilna potrzeba ich zrozumienia, a w dalszym etapie kierowania nimi narzuciła konieczność całościowych analiz funkcjonowania agroekosystemów. Częstkowe, szczegółowe analizy, choćby niezmiernie ważne, nie wystarczają dla określenia zasad optymalizacji produkcji rolnej i ochrony środowiska.

Z drugiej strony rozwój badań ekologicznych, w czym dużą zasługę miał Międzynarodowy Program Biologiczny, doprowadził do opracowania metod badawczych pozwalających na poznanie przyrodniczych zasad gospodarki energią i materią ekosystemów, stanowiących podstawę dla całościowych, funkcjonalnych analiz agroekosystemów. Sytuacja ta stworzyła możliwość ścisłego połączenia badań podstawowych ze stosowanymi, doprowadzając jednocześnie do pełniejszego rozwoju tych obu kierunków. Jest to również odzwierciedleniem dokonujących się obecnie bardzo istotnych przemian w opracowywanej aktualnie problematyce ekologicznej, wyrażających się przechodzeniem od badań zależności pomiędzy organizmami lub zespołami a środowiskiem do badań całej ekonomiki natury.

#### ZARYS EKOLOGICZNYCH ZASAD FUNKCJONOWANIA AGROEKOSYSTEMÓW I KRAJOBRAZU ROLNICZEGO

Jednym z największych uogólnień nauki jest stwierdzenie, że wszelkie przemiany materii odbywają się kosztem zmian form energii. Początkowo /połowa XIX wieku/ badania energetyczne rozwijano w naukach fizycznych i technicznych. Następnie energetyka /termodynamika/ stopniowo znajdowała zastosowanie w innych dyscyplinach, co współcześnie doprowadziło do jej udziału we wszystkich dziedzinach nauk przyrodniczych. Jednak duże zróżnicowanie stopnia złożoności badanych układów jest jedną z przyczyn bardzo nierównomiernego rozwoju analiz energetycznych w poszczególnych dyscyplinach przyrodniczych. Jeżeli w fizyce i chemii zasady energetyki są od dawna dobrze ugruntowane, to względnie niedawno zastosowano je w analizach biochemicznych czy klimatycznych, a w gleboznawstwie czy ekologii nasilenie analiz energetycznych obserwuje się dopiero w ostatnim dziesięcioleciu.



Stopniowe powiększanie zakresu stosowania praw energetyki w naukach przyrodniczych przez obejmowanie nimi coraz bardziej skomplikowanych zjawisk pozwala na ich głębsze zrozumienie, wychodzące daleko poza elementarne mechanizmy wyróżniane w poszczególnych dyscyplinach przyrodniczych. Umożliwia to ujednoczenie jednostek pomiarowych "sił napędowych" i porównywanie różnych procesów oraz daje możliwość zrozumienia kierunku ich przebiegu, głębszego zrozumienia wzajemnych powiązań fizycznych, chemicznych i biologicznych aspektów badanych zjawisk przy jednoczesnym określeniu specyfiki tych zjawisk związanej z różnymi drogami wykorzystywania energii. Inaczej mówiąc, przez zastosowanie energetyki uzyskuje się poznanie dynamiki przebiegu procesów, a tym samym możliwości świadomego nimi kierowania.

Podobnie jak to ma miejsce w innych obiektach przyrodniczych, różnorodne struktury systemu pól uprawnych /agroekosystemów/ są także kształtowane i zmieniane kosztem określonych nakładów energetycznych. Odnosi się to zarówno do nieożywionych, jak i żywych elementów strukturalnych agroekosystemu. Energia jest "siłą napędową" zarówno krążenia pierwiastków i przemian chemicznych, jak i tworzenia i utrzymania różnych struktur biologicznych czy też przemian geologicznych, krążenia pestycydów itd. Nic więc dziwnego, że poznawanie przemian energetycznych /przepływu energii/ w agroekosystemie jest jego podstawową analizą funkcjonalną.

Tworzenie, przemiany lub utrzymywanie w stanie dynamicznej równowagi różnych obiektów przyrodniczych jest możliwe dzięki dopływowi i wymianie tworzących je materiałów; szczególnie wyraźnie zjawisko to rozpoznano już dawno w świecie przyrody nieożywionej. Podobnie sytuacja przedstawia się w agroekosystemach, gdzie istotne znaczenie dla zrozumienia funkcjonowania systemu ma poznanie dróg przemian /obiegu/ różnych form materii, określonych przez przyrosty, zanikanie, kierunek przemian, stopień retencji i koncentracji określonej

formy materii w wyróżnionych podjednostkach strukturalnych całego analizowanego układu.

Ogólnoteoretyczną podstawę tych bardzo różnorodnych zjawisk stanowią prawidłowości obiegu materii.

Ogólnie biorąc, rozpoznanie prawidłowości obiegu materii /np. wody, biogennych pierwiastków, radioaktywnych pierwiastków, różnych związków chemicznych itd./ oraz przepływu energii w poszczególnych agroekosystemach i w krajobrazie rolniczym jest jednym z najważniejszych zadań stojących przed badaniami podstawowymi mającymi na celu opracowywanie ekologicznych podstaw gospodarki w środowisku rolniczym. Bez przesady można napisać, że od postępu badań podstawowych ukierunkowanych na kompleksowe interdyscyplinarne rozpoznanie dróg obiegu materii i przepływu energii w środowisku rolniczym, stanowiącym przeszło 60% powierzchni kraju, zależy nasza przyszłość.

Na podkreślenie zasługuje syntetyczny, interdyscyplinarny charakter analiz przepływu energii i obiegu materii. Dzięki badaniom "energetyki" obiegu materii w ścisły merytoryczny sposób zostają powiązane ze sobą fizyczne, chemiczne czy biologiczne zjawiska warunkujące funkcjonowanie różnych ekosystemów kuli ziemskiej, a w tym i agroekosystemów. Współczesna ekologia zaczyna spełniać integrującą rolę wśród nauk przyrodniczych, podobnie jak cybernetyka [8].

Choć wydaje się to zaskakujące, zaawansowanie badań nad przepływem energii i krążeniem materii zarówno w Polsce, jak i na świecie jest bardzo małe i bardzo wiele badań rolniczych, gleboznawczych, hydrologicznych, klimatycznych itd. poświęcone jest ocenie różnych czynników czy warunków wpływających na plony. Rozwiązują one szereg ważnych cząstkowych problemów rolniczych. Odczuwa się natomiast brak całościowych, funkcjonalnych analiz agroekosystemów, nie mówiąc już nic o tych badaniach w krajobrazie rolniczym.

Na tę sytuację zwraca uwagę opracowany w 1976 r. raport Międzynarodowej Grupy Roboczej do Badań Agroekosystemów, którego celem jest właśnie stymulacja badań międzynarodowych nad obiegiem materii i przepływem energii w agroekosystemach. Ta międzynarodowa grupa badawcza powstała w 1976 r. w czasie I Kongresu Ekologii w Hadze. Dużą rolę w tworzeniu tej grupy odegrali uczeni z Polski, a zwłaszcza wyniki realizacji programu Grupy Tematycznej "Ekologiczne efekty intensyfikacji rolnictwa", poprzedniego planu węzłowego poświęconego produktywności ekosystemów /1971-1975/. Prace tej Grupy Tematycznej były koordynowane przez Zakład Biologii Rolnej PAN w Poznaniu. Dla przykładu zostanie wymienionych tylko parę wyników krajowych i zagranicznych analiz przepływu energii i krążenia materii, mających istotne znaczenie dla ochrony środowiska rolniczego.

Promieniowanie słoneczne jest głównym źródłem energii dla wielu różnych procesów przyrodniczych; zazwyczaj dzieli się je umownie na dwa strumienie. Pierwszy "klimatyczny" określający bilans cieplny agroekosystemu jest również w szerszej skali główną siłą napędową krążenia wody i ruchów powietrza. Drugi znacznie mniejszy strumień "biologiczny" zależy od wydajności fotosyntezy i stanowi główną siłę napędową procesów biologicznych. Trzeba pamiętać, że obydwa te strumienie są bardzo ściśle związane ze sobą, chociaż tradycyjnie analizowane są przez odrębne dyscypliny naukowe. Główną siłą napędową dużego obiegu materii w skali globu jest "klimatyczny" strumień energii, natomiast mały obieg materii w obrębie poszczególnych ekosystemów odbywa się w znacznej mierze kosztem strumienia "biologicznego". Ekologiczną konsekwencją intensywności wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi procesami determinującymi obieg materii w ekosystemie jest stopień zamknięcia małego cyklu obiegu. Ponieważ mały cykl obiegu jest głównie zależny od biologicznego strumienia energii słonecznej, to o jego stopniu zamknięcia decydują procesy biologiczne. Chociaż

ekosystemy nie są układami w pełni zamkniętymi, to stopień zamknięcia małego cyklu obiegu materii i jego pojemność kumulacyjną w istotny sposób modyfikuje szybkość przemieszczania się różnych form materii w skali krajobrazu czy też w obrębie dużych cykli obiegu na kuli ziemskiej. Poznanie prawidłowości określających przebieg tych procesów ma duże znaczenie przy rozwiązywaniu problemów ochrony środowiska, ponieważ pozwala na przewidywanie np. szybkości rozchodzenia się zanieczyszczeń w krajobrazie itp. Mały obieg materii, jak już powiedzieliśmy, jest w znacznym stopniu zależny od czynników biologicznych. Odnosi się to szczególnie do reakcji oksydoredukcyjnych, które mają istotne znaczenie dla migracyjności pierwiastków. Tak np. redukcja związków węgla, azotu i siarki w przyrodzie przebiega głównie w organizmach, co określa ich istotną rolę w obiegu tych pierwiastków. Dalszym przykładem może być wytwarzanie połączeń mineralno-organiczych, np. typu chelatów, przez co nasila się przemieszczanie się z wodą wielu pierwiastków. Pokrycie gleby przez roślinność ogranicza ich migracje przez zahamowanie erozji. Zjawiska erozji stanowią ważny problem w Polsce, występując na obszarze około 4 000 000 ha, przy czym na około 1 000 000 ha notuje się znaczne zmiany gleby [2]. Według ocen badaczy amerykańskich intensywność erozji w ekosystemach leśnych może być dziesięć razy mniejsza niż w agrosystemach. Upraszczanie przez rolnika układów biologicznych w agroekosystemach, sprzyjające uzyskiwaniu maksymalnych plonów, prowadzi do obniżenia stopnia zamknięcia małego obiegu materii. Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań można przypuszczać, że agroekosystemy charakteryzują się niższym stopniem zamknięcia małego obiegu materii niż lasy i łąki.

Całkowita ilość masy roślinnej wyprodukowanej w procesie fotosyntezy w ciągu określonego czasu /np. roku/ określana jest jako produkcja pierwotna. Trzeba tu położyć szczególny nacisk na to, że całkowit-

ta masa roślinna wyprodukowana w ciągu roku obejmuje zarówno plon, jak i niewykorzystane przez człowieka części roślin uprawnych /korzenie, pędy płonne, zrzucone liście, kwiaty itd./ oraz części nadziemne i podziemne chwastów, mchów, glony itd.

Syntetyczne opracowania wyników badań przeprowadzonych w ramach Międzynarodowego Programu Biologicznego nad produkcją pierwotną różnych ekosystemów lądowych występujących w zbliżonych warunkach klimatycznych wykazały, że pomimo bardzo dużych różnic w stanie skumulowanej masy organicznej /np. masa drzew a masa trawy na łące/ wielkość rocznej produkcji pierwotnej w tych ekosystemach jest podobna. W strefie umiarkowanej, na obszarach gdzie nie występuje deficyt wody, wydajność energetyczna rocznej produkcji pierwotnej nie przekracza 1% całej docierającej do roślin energii promienistej słońca, a średnio wynosi ona około 0,5%.

W wieloletnich badaniach prowadzonych przez Zakład Biologii Rolnej PAN nad produkcją pierwotną agroekosystemów w okolicach Turwi /w południowej Wielkopolsce/ stwierdzono, że zmienność rocznej produkcji pierwotnej wynosiła od 888 do 1883 g s.m./m<sup>2</sup>. Stwierdzony zakres zmienności zależał przede wszystkim od długości okresu wegetacji uprawianych roślin oraz od warunków wodnych. Gdy oceny zostały sprowadzone do jednakowych okresów wykorzystywania energii słonecznej przez rośliny, okazało się, że rodzaj rośliny uprawnej ma mały wpływ na wielkość całkowitej produkcji pierwotnej. Różnorodne procesy kompensacyjne zachodzące w rozwoju roślin w całym łańcuchu powodują, że globalny efekt procesów fotosyntezy jest względnie podobny pomimo różnych różnic gatunkowych czy odmianowych. Jest to wynik zupełnie przeciwny niż ma to miejsce z plonem jako częścią globalnej produkcji. Tak np. plon bulw ziemniaczanych i plon ziarna rzepaku wyraźnie się różnią. Również powszechnie znany jest fakt, że wprowadzanie

nowych wysokoplennych odmian jest istotnym czynnikiem zwiększania plonów. Gdy roślinność na polach uprawnych występuje w ciągu całego roku /nie ma ugorów itp./, to wielkość produkcji pierwotnej agroekosystemów jest podobna do produkcji pierwotnej lasu czy łąki. Dlatego czynnikiem różnicującym strukturę materii organicznej w ekosystemach nie jest wielkość rocznej produkcji pierwotnej, ale losy wyprodukowanej masy roślinnej, będące wynikiem zmiennej intensywności procesów magazynowania masy organicznej w żywej /drzewa/ lub w martwej postaci /próchnica/ i procesów rozkładu lub eksportu /plon/. Ekosystemy leśne odznaczają się najwyższym stopniem kumulacji masy organicznej w żywej postaci i w konsekwencji w najwyższym stopniu modyfikują mikroklimat. Ekosystemy trawiaste magazynują masę organiczną w postaci próchnicy, co w pewnych warunkach może prowadzić do bardzo dużego ograniczenia procesów migracji różnych związków chemicznych. W agroekosystemach część produkcji pierwotnej zabierana jest przez człowieka jako plon. W zależności od rośliny uprawnej, agrotechniki i poziomu kultury rolnej plon stanowi od 20 do 70% całej produkcji pierwotnej. Jest to zmienność większa niż zmienność całkowitej produkcji agroekosystemów Europy zarejestrowana przez dotychczas przeprowadzone badania [11]. Również paroletnia analiza zmienności produkcji określonej uprawy /np. wyniki analiz uprawy żyta i ziemniaka przeprowadzone przez C.Kukielską w Zakładzie Biologii Rolnej/ wykazała, że zmienność plonów jest większa niż zmienność całkowitej produkcji pierwotnej danej uprawy. Warunki wodne w bardzo istotny sposób wpływają na wielkość produkcji pierwotnej, natomiast nawozy mineralne mają wpływ znacznie mniejszy. Wydaje się, że nawozy mineralne odmiennie wpływają na całkowitą produkcję pierwotną niż na jej część składową, jaką jest plon. Na przykład wyższe dawki NPK wpływały na wyższe plony ziemniaka i żyta, ale jednocześnie zmieniały propor-

cje mas pomiędzy częściami nadziemnymi i podziemnymi tak, że całkowita produkcja pierwotna była zmieniona bardzo nieznacznie [4]. Wyniki powyższe znalazły potwierdzenie w analizach produkcji pierwotnej i plonu jęczmienia w okolicach Kurska [3].

Z przedstawionego powyżej skrótowego omówienia wybranych rezultatów badań produkcji pierwotnej agroekosystemów wynikają bardzo ważne wnioski dla ochrony rolniczego środowiska. Otóż, będący wynikiem intensyfikacji rolnictwa wspaniały wzrost plonów nie świadczy o wzroście produkcji całej masy organicznej agroekosystemów. Wraz ze wzrostem plonów coraz większa część produkcji pierwotnej jest zabierana przez człowieka z agroekosystemów. Stwarza to problemy ze zrównoważeniem bilansu nie tylko mineralnych składników odżywczych roślin /z czym współczesne rolnictwo radzi sobie dobrze, choć popełnia tu błędy ekologiczne/, ale także ze zrównoważeniem bilansu materii organicznej /próchnica/, na co ciągle jeszcze zbyt mało zwraca się uwagi.

Człowiek gospodarując na polach uprawnych nie dopuszcza do rozwoju bardziej skomplikowanych zespołów roślinnych. Świat zwierzęcy pól jest również uboższy i mniej złożony niż w ekosystemach leśnych czy trawiastych, a wśród mikroorganizmów glebowych zaczynają dominować bakterie. Wszystko to powoduje, że w agroekosystemach wykształca się pod wpływem człowieka mniej bujne życie, jak i mniej rozwinięta sieć wzajemnych powiązań pomiędzy organizmami. Energetyczne koszty utrzymania prostej struktury biologicznej i niezbyt rozwiniętej sieci wzajemnych oddziaływań pomiędzy ożywionymi komponentami układu są mniejsze niż koszty utrzymania ekosystemów bardziej skomplikowanych. Ilościową miarą tego zjawiska jest stosunek wartości energetycznej produkcji pierwotnej do energii traconej przez ekosystem w postaci ciepła na procesy utrzymania przy życiu różnych struktur biologicznych, czyli na tak zwane procesy respiracji ekosystemu.

Stosunek pomiędzy energią zawartą w produkcji pierwotnej a respiracją ekosystemu określa przyrodniczy typ gospodarki ekosystemu. Jeżeli stosunek ten jest szeroki, to w ekosystemie kumulowana jest materia organiczna lub może ona być zabierana jako plon. Jeżeli pozostająca w ekosystemie część produkcji pierwotnej jest mniejsza niż potrzeba jej do zaspokojenia energetycznych kosztów respiracji ekosystemu, to mamy do czynienia z eksploatacyjnym typem gospodarki. Prowadzi to wcześniej czy później do niekorzystnych efektów środowiskowych wyrażających się w degradacji próchnicy, zmniejszeniu efektywności kompleksu sorpcyjnego gleby itd. Zjawiska te są niezmiernie skomplikowane i ciągle jeszcze bardzo słabo poznane. Nie ulega jednak wątpliwości, że mają one bardzo istotny wpływ na żyzność gleby, jej strukturalność i na cały szereg innych jej właściwości.

Omówione powyżej bardzo pobieżnie wyniki badań nad energetyką agroekosystemów wskazują dobitnie na możliwości opracowania wskaźników optymalizacji gospodarki rolnej uwzględniających zarówno produkcję, jak i efekty środowiskowe. Zwiększając plony, rolnik jednocześnie prowadzi do sytuacji, w której stosunek pozostającej na polu części wyprodukowanej materii organicznej do części rozłożonej w procesach respiracji coraz bardziej się zacieśnia. Określenie kosztów energetycznych odtworzenia rozłożonej w ciągu roku próchnicy wyznacza próg, po którego przekroczeniu zwiększenie ilości zabieranych plonów musi doprowadzić wcześniej czy później do degradacji gleby, jeśli rolnik nie zadba specjalnie o utrzymanie zrównoważonego bilansu materii organicznej gleby.

Ekologiczne zasady funkcjonowania krajobrazu są bardzo słabo poznane.

W celu przedstawienia ogólnych zależności określających funkcjonowanie krajobrazu można, świadomie dopuszczając się znacznych upro-



szczeń, wyróżnić dwie "sfery oddziaływań". Do pierwszej nazwanej "regeneratywną" należą te obszary, gdzie występuje przewaga procesów regeneracji tlenu /jako ubocznego produktu fotosyntezy/, retencji wielu związków chemicznych przy jednoczesnym intensywnym przebiegu naturalnych procesów oczyszczania środowiska z zanieczyszczeń oraz produkcja materii organicznej. Do drugiej "sfery" nazwanej przemysłową lub zurbanizowaną należą obszary, gdzie przewagę mają procesy produkcji CO<sub>2</sub>, różnych gazowych zanieczyszczeń atmosfery, zużywanie masy organicznej i innych zasobów oraz gromadzenie różnych stałych i płynnych odpadów produkcji przemysłowej i życia miejskiego.

W powyższym ujęciu o przynależności krajobrazu do wyróżnionych dwóch sfer decydują dynamiczne relacje między procesami produkcji organicznej i regeneracji a procesami zużywania zasobów i rozsiewania odpadów.

Pola uprawne należą do pierwszej sfery, ale ze względu na intensyfikację produkcji rolnej istnieje konieczność stosowania różnorodnych związków chemicznych /nawozów, pestycydów itd./ celem uzyskiwania coraz to większych plonów. Ilość wprowadzanych materiałów przewyższa pojemność istniejących układów przyrodniczych pól i część z nich staje się źródłem zanieczyszczenia innych elementów krajobrazu, prowadząc do zmniejszania się stabilności całego systemu. Stąd ogólnie mówiąc stabilność krajobrazu rolniczego odkształcana jest z jednej strony przez różnorodne wpływy sfery przemysłowej i zurbanizowanej, a z drugiej przez wewnętrzne czynniki związane z intensyfikacją rolnictwa.

Od dawna zwracano już uwagę, że struktura krajobrazu rolniczego może mieć istotne znaczenie dla jego stabilizacji. Poglądy te na terenie Wielkopolski były rozwijane w zeszłym stuleciu przez D.Chłā-

powskiego, a w pierwszej połowie obecnego wieku przez A. Wodziczkę - twórcę fizjotaktyki, i wielu innych. Odpowiednie rozmieszczenie pól uprawnych, zbiorników wodnych, zadrzewień, łąk itp. może w znacznym stopniu zwiększyć pojemność środowiskową krajobrazu rolniczego i przyczynić się do wzrostu efektywności procesów wewnętrznej regulacji systemu zarówno w stosunku do oddziaływań sfery przemysłowo-zurbanizowanej, jak i ubocznych niekorzystnych efektów intensyfikacji rolnictwa.

Spośród różnorodnych elementów struktury krajobrazu omówimy, choć tylko ogólnie, znaczenie zadrzewień śródpolnych. Podstawowym czynnikiem wpływu zadrzewień na mikroklimat pól są zmiany szybkości wiatru, które bezpośrednio różnicują opad wody i parowanie terenowe, a pośrednio wpływają na reżim termiczny pól. Amplitudy wielu parametrów mikroklimatycznych na polach przylegających do zadrzewień są mniejsze niż na terenach otwartych. Oddziaływanie zadrzewień na różne charakterystyki mikroklimatu można uporządkować w następujący sposób: znaczne zmiany prędkości wiatru, średnie zmiany ewapotranspiracji, małe zmiany warunków termicznych. Oddziaływanie zadrzewień na plon roślin uprawnych przez wywołane zmiany mikroklimatu jest mniej wyraźne. W pewnych latach obserwuje się wyżkę plonów w innych obniżenie plonów w stosunku do terenów otwartych. W badaniach prowadzonych w Zakładzie Biologii Rolnej PAN nie stwierdzono istotnych oddziaływań zadrzewień na całkowitą produkcję pierwotną przylegających pól, tj. całą masę roślinną wytworzoną w procesach fotosyntezy, w stosunku do której plon stanowi tylko część, a więc nie całość.

Wydaje się, że najistotniejsza rola zadrzewień w krajobrazie rolniczym polega na zmniejszaniu nasilenia procesów wodnej i wietrznej erozji oraz na zwiększaniu retencji środowiska w stosunku do wprowadzanych nawozów mineralnych. Zjawiska te były już omawiane. W tym

miejscu zostanie jeszcze zwrócona uwaga na niezmiennie interesujące, choć ciągle jeszcze bardzo słabo poznane, wpływy szaty roślinnej na chemizm wód gruntowych i cieków wodnych. W wodzie gruntowej pod polami uprawnymi Turwi udział form mineralnych w ogólnym stężeniu azotu jest znacznie wyższy niż w wodach gruntowych zalesionego terenu, czy też pod łąkami [5].

W zrozumieniu zasad funkcjonowania krajobrazu istotne znaczenie oprócz inwentaryzacji zasobów wodnych ma rozpoznanie dróg jej obiegu oraz szybkości przepływu wzdłuż wyróżnionych dróg. Przy współczesnej technice łatwiej jest sterować przepływem wód otwartych niż modyfikować jej parowanie czy oddziaływać na niezmiernie skomplikowany układ jej przepływów w ziemi. Nieliczne prace poświęcone analizie tempa wymiany wody na różnych drogach jej krążenia wskazują, że zakres zróżnicowania średniego czasu wymiany zasobów wody w różnych składowych krajobrazu obejmuje kilka rzędów wielkości, nie mówiąc nic o tempie wymiany wody w rezerwuarach wód wgłębnych. Zróżnicowanie szybkości przepływu wody odgrywa bardzo istotną rolę w transporcie wodnym różnych związków chemicznych, np. pochodnych nawozów mineralnych, pestycydów itd. Dlatego skutki przekroczenia pojemności środowiska pól uprawnych przez czynniki intensyfikacji rolnictwa zależne od ilości związków przenoszonych oraz szybkości ich transportu mogą ujawnić się po bardzo różnych okresach. Można się spodziewać, że okres ten w pewnych sytuacjach będzie wynosił kilka, kilkanaście lub nawet więcej lat.

Dlatego dla optymalizacji gospodarki wodnej z punktu widzenia produkcji rolnej i ochrony środowiska ma znaczenie nie tylko globalna ilość wody, ale i szybkość jej przepływu na różnych drogach obiegu.

## EKOLOGICZNE ZASADY ROLNICTWA - SZKIC PROBLEMATYKI

Pola uprawne /agroekosystemy/ charakteryzujące się prostotą struktury, niskim stopniem zamknięcia obiegu małych cykli krążenia materii i nieznacznym zmodyfikowaniem czynników klimatycznych cechuje korzystny z rolniczego punktu widzenia stosunek procesów produkcji materii organicznej do procesów jej mineralizacji [10]. Ta ostatnia niezmiernie ważna ekologiczna właściwość agroekosystemów decyduje o przyrodniczych warunkach rolniczej działalności człowieka. Uzyskiwane, dzięki utrzymywanej przez człowieka prostocie układu, nadwyżki wyprodukowanej masy organicznej mogą być zabierane jako plon, nie prowadząc do zubożenia zasobów próchnicy w glebie, jeśli nie naruszy się tej jej części, która zostaje w agroekosystemie jako potrzebna do pokrycia strat materii organicznej w procesach mineralizacji. W razie przekroczenia tej ilości przez nadmierną eksploatację rolniczą zaczynają nasilać się procesy degradacji gleby. Dlatego też określenie szybkości procesów mineralizacji materii organicznej w agroekosystemie jest niezmiernie ważne dla opracowania zasad optymalizacji, mających na celu uzyskanie możliwie największego plonu przy jednoczesnym zachowaniu sprawności funkcjonalnej agroekosystemu. Osiągnięcie takiego stanu możliwe jest tylko w wyniku świadomej działalności człowieka, który odpowiedzialny jest za zachowanie sprawności funkcjonalnej agroekosystemu.

Jednym z ważniejszych osiągnięć współczesnej ekologii jest wykazanie, że ekosystemy charakteryzujące się maksymalną wydajnością produkcyjną określoną przez stosunek wartości energetycznej produkcji pierwotnej do energii zużytej na utrzymanie organizmów są bardzo często układami niestabilnymi, wymagającymi znacznych zewnętrznych

nakładów energetycznych dla ich utrzymania i regeneracji ich części składowych. Konsekwencją tej prawidłowości ekologicznej jest to, że zwiększenia zdolności regenerujących /samooczyszczających/ regionu rolniczego należy szukać w odpowiedniej jego strukturze, a więc we wzajemnym stosunku jego części składowych, jak pola uprawne, łąki, zadrzewienia, zbiorniki wodne itd. Dopiero w takim złożonym systemie ekologicznym można uzyskiwać zarówno wysokie efekty ekonomiczne /plony/, jak i wysoką wydajność regeneracyjną całego układu. U podstaw optymalizacji gospodarki rolnej uwzględniającej efekty gospodarcze i środowiskowe leży więc kształtowanie takiej struktury krajobrazu, która odpowiednio skieruje drogi obiegu materii, uniemożliwiając szkodliwą kumulację różnych związków chemicznych. Zrozumienie tych prawidłowości wyjaśnia, dlaczego na niepowodzenie skazane są próby uzyskania wysokiej produkcji plonu przy jednoczesnym wysokim stopniu zamknięcia cykli małego obiegu materii w agroekosystemie. Na przykład stosowanie nowych typów nawozów mineralnych o spowolnionej migracyjności składników wpływa nie na podwyższenie zamknięcia małego cyklu obiegu na polu, ale na zmianę dróg ich obiegu. Procesy eutrofizacji wód mogą być wywoływane przez uprawę roli także i wtedy, gdy nie stosuje się w ogóle nawozów mineralnych. Pod wpływem uprawy w ciągu stu lat na całym obszarze USA z warstwy gleby o głębokości 80 cm ubyło około 1,75 mld ton azotu. Choć oceny te mogą być przesadzone, jak pisze Viets [12], to jednak wskazują one, że straty azotu z gleby ról uprawnych przewyższają znacznie ilość wprowadzoną w nawozach /100 mln ton azotu zużyło rolnictwo USA do 1970 r. [12]. Choć nie wiadomo dokładnie, jaka część straconego z gleby azotu spłynęła do wód, a jaka ulotniła się, to jednak można przypuszczać, że sama tylko uprawa nowin bez nawożenia mineralnego ma duży wpływ na eutrofizację wód. Podobnie przedstawia się sprawa z dwutlen-

kiem węgla. Według przeliczeń ekologów amerykańskich ilość wydzielonego z gleby  $\text{CO}_2$  na skutek przyspieszenia mineralizacji próchnicy pod wpływem uprawy roli przewyższa ilość  $\text{CO}_2$  wydalonego przez przemysł. Powyższe rozważania pokazują, że technologie rolnicze nastawione na rozwiązywanie pojedynczych problemów, wyizolowanych z całego funkcjonalnego mechanizmu agroekosystemu czy krajobrazu rolniczego prowadzą wcześniej czy później do kłopotów środowiskowych. Stosowanie nawozów mineralnych nie powinno się opierać tylko na rozpoznaniu wyizolowanych relacji fizjologicznych: składniki odżywcze - rośliny, ale również na wiedzy o prawidłowościach obiegu materii w ekosystemie. Inaczej mówiąc, technologie rolnicze powinny opierać się zarówno na osiągnięciach analiz redukcyjnych, jak i syntetycznych. Wyjaśnia to wzmiankowany już w pierwszym rozdziale dualizm oddziaływania czynników intensyfikacji rolnictwa. Nawozy mineralne są potężnym czynnikiem zwiększającym plony, ale z drugiej strony wywołują zaburzenia w środowisku. Podobnie przedstawia się sprawa z chemicznymi środkami ochrony roślin, mechanizacją rolnictwa, melioracjami itd. Brak konkretnych analitycznych badań uniemożliwia zrozumienie mechanizmów określających przebieg zjawiska; natomiast brak analiz syntetycznych uniemożliwia zrozumienie sprawności funkcjonalnej całego układu, w którym zachodzi badane zjawisko. Na przykład znajomość prawidłowości obiegu materii ma duże znaczenie dla prognozowania ekologicznych skutków stosowania chemicznych środków ochrony roślin. Potrzeba ich stosowania wynika ze zbyt małej efektywności regulacji biologicznej szkodników, patogenów i chwastów w stosunku do wymogów współczesnego rolnictwa, a także dużej podatności na żer szkodników czy też atak mikroorganizmów nowych wysokoplennych odmian roślin uprawnych. Nie ulega wątpliwości, że rysujące się obecnie tendencje rozwoju chemicznej ochrony roślin w coraz większym stopniu

uwzględniają wyniki badań polowych nad kumulacją, koncentracją, migracją i rozkładem stosowanych preparatów. Przemiany te prowadzą do ustalenia zasad optymalizacji stosowania środków ochrony roślin zarówno z punktu widzenia ich efektywności zwalczania szkodników, jak i agroekosystemowych konsekwencji ich stosowania. Świadczy o tym porównanie właściwości tak zwanych kolejnych generacji pestycydów. Możliwość przyspieszenia opracowywania zasad optymalizacji stosowania środków chemicznych ochrony roślin związana jest z postępem badań nad prawidłowością obiegu materii w krajobrazie rolniczym.

Jak już o tym była mowa, analizy energetyczne umożliwiają zrozumienie powiązań pomiędzy różnymi fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi aspektami zachodzących w przyrodzie procesów. Stąd wypływa duże syntetyczne, integracyjne znaczenie analiz energetycznych rolnictwa. W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że dzięki analizom przepływu energii staje się możliwe zespolenie analiz ekologicznych i ekonomicznych. Wiele z dotychczas trudno przeliczalnych na jednostki monetarne procesów czy zjawisk, jak np. produkcja tlenu w procesach fotosyntezy, rozkład próchnicy itd. będzie mogło być poddanych analizom ekonomicznym, gdy pozna się ich wydajności energetyczne. Umożliwi to przeprowadzenie znacznie szerszych analiz ekonomicznych działalności rolniczej człowieka dzięki objęciu przez oceny "zysków i strat" nie tylko bezpośrednich efektów produkcyjnych, ale i zmian środowiskowych wywołanych przez wprowadzane technologie.

Wydaje się, że w świetle przedstawionych tu analiz, dotyczących się zarówno tendencji rozwoju rolnictwa, jak i ekologicznego poznania zjawisk zachodzących w krajobrazach rolniczych oraz istniejących obecnie środków ich kształtowania, istnieje możliwość opracowania zasad optymalizacji gospodarki rolnej. Zasady te powinny uwzględniać zarówno bezpośrednie efekty produkcyjne, jak i efekty środowiskowe

często dające o sobie znać dopiero po znacznym okresie. Jest to zadanie, którego poprawne opracowanie zależy od współpracy zespołu specjalistów z różnych dziedzin nauki, praktyki rolniczej i techniki przy uwzględnieniu specyfik regionalnych krajobrazów rolniczych.

#### LITERATURA

1. Apple J.L., 1972, Intensified pest management needs of developing nations. *Bioscience* 22, s. 461-464.
2. Byszewski W., Dobrzański B., 1972, Wzrost intensyfikacji produkcji roślinnej a zagadnienie zmian w środowisku przyrodniczym. *Post. nauk rol.* 19/24, 5, s. 71-89.
3. Kasharova V.P., 1976, Struktura i produktivnost fitomasy posievov jaczmienia. /W:/ *Biota osnovnykh geosistem centralnoj lesostepi* /eds. A.M. Grin i V.D. Utechin/ Inst. Geografii AN ZSSR Moskwa, s. 137-161.
4. Kukielska C., 1975, The effect of fertilization on the primary production of rye and potato fields. *Polish Ecological Studies*, 1, s. 17-26.
5. Margowski Z., Bartoszewicz A., 1976, Przenikanie podstawowych składników nawozowych do wód gruntowych. /W:/ *Nawożenie a eutrofizacja wód*. WSI Zielona Góra, s. 75-97.
6. Niewiadomski W., 1973, Utechnicznienie rolnictwa a ochrona gleby. *Post. nauk rol.* 5, s. 25-35.
7. Niewiadomski W., 1979, Ekologiczne skutki intensyfikacji rolnictwa. *Zesz. prob. Post. nauk rol.* 228, s. 9-28.
8. Odum E.P., 1977, The emergence of ecology as new integrative discipline. *Science* 195, s. 1289-1293.
9. Ryszkowski L. /ed./, 1974, Ecological effects of intensive agriculture. Warszawa, Polish Scientific Publishers, ss. 284.
10. Ryszkowski L., 1975, Energy and matter economy of ecosystems, /W:/ *Unifying concepts in ecology* /eds. Dobbern W.H. van and Lowe - McConnell R.H./, Junk, Haga, s. 109-126.
11. Ryszkowski L., 1979, Produkcja rolna a przepływ energii i obieg materii w agroekosystemach. *Zesz. prob. Post. nauk rol.* 228, s. 29-50.
12. Viets F.G., 1971, Water quality in relation to farm use of fertilizer. *Bioscience* 21, s. 460-467.



*Lech Ryszkowski*

IDEA OF ECOLOGIC AGRICULTURE - FORMULATION OF THE PROBLEM

S u m m a r y

In contemporary, agriculture activities of man are characterized by a dualism of effects: the same factor can be an indispensable element of the agricultural production progress and at the same time it can exert an unfavourable effect on the natural environment, making on its turn difficult or affecting negatively further agricultural measures.

An increase of the agriculture intensification, mechanization, chemization, reclamation, concentration of fields and of animals, cultivation of high-yielding varieties of crops as well as application of farming technologies aiming at solution of particular problems distinguished from the whole functional mechanism of agroecosystem or agricultural lanscape, is accompanied by worsening of production conditions of the natural environment. Unless checked, this process can lead in the further perspective to a quick decrease of the food production capacity. An urgent need of working out principles of optimization of farming outlines against this background.

Agriculture should be based on principles of a dynamical equilibration of elements of the system of arable fields /agroecosystems/ ensuring the agricultural production optimization for a long period, and not on principles of attaining maximum casual profits irrespective of the stability of the system.

Formation, changes and maintaining of various nutrient elements in the state of dynamical equilibrium is possible owing to the inflow and exchange of materials, of which the above elements developed.

The recognition of circulation regularity of matter, i.e. of water, biogenic and radioactive elements, various chemical compounds as well as of energy flow in particular agroecosystems and in the agricultural landscape constitutes a basis of working out ecological

principles of the agricultural environment management. To understand functioning principles of the agricultural landscape, it is necessary to determine resources and circulation paths of water and its flow rate along the distinguished paths.

With the progress of investigations on matter circulation regularities in the agricultural landscape possibilities of working out principles of optimization of the mineral fertilization and the chemical plant protection will arise.

Energetistic analyses enable to understand the connection between various physical, chemical and biological aspects of processes occurring in the nature.

The recognition of natural principles of the management of energy and matter of agroecosystems constitutes a basis of the comprehensive functional analyses of agroecosystems.

The hitherto results of investigations on the energetics of agroecosystems prove possibilities of working out agriculture optimization indices, taking into consideration both productive and environmental effects.

Working out principles of attaining possibly highest yields at simultaneous maintenance of the functional efficiency of agroecosystem is connected with investigations on determination of the rate of organic matter mineralization processes in an agroecosystem.

The application of energetistic analyses in the agricultural research renders possible joining ecological and economic analyses. Upon recognition of energetistic output in the oxygen production in the processes of photosynthesis, humus decomposition, etc., these processes could be subjected to economic analyses.

Лех Рышковски

ИДЕЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
- ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Р е з ю м е

Современная сельскохозяйственная деятельность человека характеризуется дуализмом эффектов: тот же фактор может являться необходимым средством прогресса сельскохозяйственной продукции, а одновременно оказывать неблагоприятное влияние на природную среду, что в свою очередь затрудняет или отрицательно влияет на дальнейшую сельскохозяйственную деятельность.

Рост интенсификации сельского хозяйства - механизации, химизации, мелиорации, концентрации земли и животных, а также возделывания высокоурожайных сортов культурных растений, равно как и применение сельскохозяйственных технологий направленных на решение отдельных проблем изолированных из всего функционального механизма агроэкосистемы или сельскохозяйственного ландшафта, сопровождается усиливающимся ухудшением производственных условий природной среды. Если этот процесс не будет вовремя задержан, возникает опасность быстро продвигающегося ухудшения условий производства продовольственных продуктов. На этом фоне обозначается необходимость срочной разработки принципов оптимизации сельского хозяйства.

Сельское хозяйство должно основываться на принципах динамического уравновешения составных элементов системы возделываемых земель / агроэкосистем /, обуславливающего оптимизацию сельскохозяйственной продукции на протяжении долгого периода, а не на принципах получения максимальных временных выгод, независимо от постоянства данной системы.

Формирование изменения и удержание в состоянии динамического равновесия разных природных объектов возможны благодаря притоку и обмену материалов, из которых они образовались. Изучение правильностей оборота материи - воды, биогенных и радиоактивных элементов, разных химических соединений, протока энергии в отдельных агроэкосистемах и в сельскохозяйственном ландшафте составляет основу для разработки экологических принципов освоения сельскохозяйственной среды. Для ознакомления с принципами функционирования сельскохозяйственного ландшафта необходимо изучение напр. ресурсов и путей оборота воды, а также скорости протока воды вдоль выделенных путей.

С прогрессом исследований правильностей оборота материи в сельскохозяйственном ландшафте связаны возможности разработки принципов оптимизации минерального удобрения и химической защиты растений.

Энергетические анализы позволяют разъяснить связи между разными физическими, химическими и биологическими аспектами происходящих в природе процессов. Изучение природных основ освоения энергии и материи агроэкосистем составляет основу общих функциональных анализов агроэкосистем. Полученные до сих пор результаты исследований по энергетике агроэкосистем указывают на возможность разработки показателей оптимизации сельского хозяйства, учитывающей как производство, так и экологические эффекты.

Разработка принципов получения возможно наивысшего урожая, при одновременном сохранении функциональной эффективности агроэкосистемы, связана с исследованиями по определению скорости минерализации органического вещества в агроэкосистеме. Применение энергетических анализов в сельскохозяйственных исследованиях позволяет сочетать экологические анализы с экономическими. После ознакомления с энергетической производительностью в продукции кислорода в процессах фотосинтеза, разложения гумуса и т.п., будет можно подвергнуть эти процессы экономическим анализам.