

PRZYRODNICZE PODSTAWY KSZTAŁTOWANIA STABILIZACJI KRAJOBRAZU ROLNICZEGO

Władysław Węgorek, Lech Ryszkowski

Instytut Ochrony Roślin — Poznań
Zakład Biologii Rolnej PAN — Poznań

Celem przedstawienia ogólnych zależności, określających funkcjonowanie krajobrazu, można świadomie — dopuszczając się znacznych uproszczeń — wyróżnić dwie sfery oddziaływań. Do pierwszej, nazwanej regeneratywną, należą te tereny, gdzie występuje przewaga procesów regeneracji tlenu (jako ubocznego produktu fotosyntezy), retencji wielu związków chemicznych, przy jednoczesnym intensywnym przebiegu naturalnych procesów oczyszczania zanieczyszczeń środowiskowych oraz produkcja materii organicznej. Do drugiej sfery, nazwanej przemysłową lub zurbanizowaną, należą tereny, gdzie występuje przewaga procesów produkcji CO₂, różnych gazowych zanieczyszczeń atmosfery, zużycie masy organicznej i innych zasobów oraz gromadzenie różnych stałych i płynnych odpadów produkcji przemysłowej czy życia miejskiego. W powyższym ujęciu o przynależności krajobrazu do wyróżnionych dwóch sfer decydują dynamiczne relacje procesów produkcji organicznej i regeneracji do procesów zużywania zasobów i rozsiewania odpadów.

Pola uprawne należą do pierwszej sfery, ale ze względu na intensyfikację produkcji rolnej istnieje konieczność stosowania różnorodnych związków chemicznych (np. nawozów, pestycydów itd.) celem uzyskiwania wyższych plonów. Część wprowadzonych materiałów przewyższa pojemność istniejących układów przyrodniczych pól i staje się źródłem zanieczyszczeń innych elementów krajobrazu, prowadząc do pogłębiania zakłóceń całego systemu. Stąd ogólnie mówiąc, krajobraz rolniczy odkształcany jest przez różnorodne, zewnętrzne wpływy strefy przemysłowej i zurbanizowanej oraz przez wewnętrzne czynniki związane z intensyfikacją rolnictwa.

Pola uprawne (agroekosystemy) charakteryzujące się prostotą struktury, niskim stopniem zamknięcia obiegu małych cykli krążenia materii,

niewielkim stopniem modyfikacji czynników klimatycznych — cechuje rolniczo korzystny stosunek procesów produkcji materii organicznej do procesów jej mineralizacji [3]. Ta ostatnia, niezmiernie ważna ekologicznie właściwość agroekosystemów, określa przyrodnicze warunki dla rolniczej działalności człowieka. Uzyskiwane, dzięki utrzymywanej przez człowieka prostocie układu, nadwyżki wyprodukowanej masy organicznej mogą być zabierane jako plon, nie prowadząc do zubożenia np. zasobów próchnicy w glebie, o ile nie przekroczą ilości, które potrzebne są do pokrycia strat materii organicznej wywołanej przez procesy jej mineralizacji. W przypadku przekroczenia tej ilości przez nadmierną eksploatację rolniczą, np. nadmierną częstotliwość głębokich orok, zaczynają nasilać się procesy degradacji gleby, wyrażające się np. odpróchniczeniem gleb lżejszych. Dlatego określenie poziomu intensywności procesów mineralizacji materii organicznej w agroekosystemie jest niezmiernie ważne dla opracowania zasad optymalizacji technologii uprawnych, 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 utrzymanie równowagi dynamicznej agroekosystemu.

Z jednej strony rolnik ma możliwości bezpośrednich przeciwdziałań w stosunku do czynników odkształcających zaprogramowany poziom równowagi, np. ochrona roślin przed szkodnikami, uzupełnienie wyczerpanych składników odżywczych roślin itd., z drugiej strony — działalność rolnicza powinna uwzględniać słabo jeszcze poznane, a tym samym w małym stopniu wykorzystywane procesy regulacji czy kompensacji przyrodniczej przepływu energii i krążenia materii w agroekosystemach, np. regulacyjną rolę mikroorganizmów w procesach krążenia materii oraz regulację procesów humifikacji i mineralizacji materii organicznej itd.

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 m.in. przez D. Chłapowskiego, a w pierwszej połowie obecnego wieku przez A. Wodziczkę, twórcę fizjotaktyki, i wielu innych. Odpowiednie rozmieszczenie w zlewniach pól uprawnych, zbiorników wodnych, zadrzewień, łąk itd. w znacznym stopniu wzmacnia pojemność środowiskową krajobrazu i przyczynia się do wzrostu efektywności procesów wewnętrznej regulacji systemu, zarówno w stosunku do oddziaływań sfery przemysłowo-zurbanizowanej, jak i pewnych ubocznych, niekorzystnych efektów intensyfikacji rolnictwa.

Zdaniem Niewiadomskiego (materiały tej Konferencji) rozwój rolnictwa warunkuje melioracja rozumiana szeroko jako system zintegrowa-

nych przedsięwzięć natury techniczno-rolniczo-roślinnej oraz modernizacja cyklu wytwórczego roślin poprzez: mechanizację, chemizację i biologizację. Działalność ta powinna być oparta na całościowej teorii funkcjonowania agroekosystemu i krajobrazu rolniczego, w której — jak się wydaje — istotną rolę odegra rozpoznanie prawidłowości przepływu energii i krążenia materii wraz z mechanizmami ich regulacji. Współczesne metody analizy tych procesów umożliwiają rzeczywistą merytoryczną integrację rezultatów badań różnych dyscyplin naukowych, techniki oraz umożliwiają obiektywną waloryzację ekonomiczną efektów przeprowadzonych przedsięwzięć. Nie mniej ważną konsekwencją wdrożenia badań przepływu energii i krążenia materii jest konieczność rozpoznania wzajemnych powiązań pomiędzy analizowanym układem a jego otoczeniem. Eliminuje to możliwość np. niedostrzeżenia wpływu melioracji niżej położonych terenów zlewni, prowadzącej do przesuszenia wyżej położonych stanowisk, co przytacza Niewiadomski jako przykład uchybień melioracyjnych projektów. Podobne przykłady, ilustrujące tworzenie wadliwych funkcjonalnie układów w wyniku braku rozpoznania dróg obiegu materii, przytaczają i inni autorzy referatów wygłoszonych na tej konferencji.

Wzrost plonów dzięki efektywności nawozów o 30-60%, pestycydów o 10-30%, w mniejszym stopniu przez wprowadzenie nowych odmian, ulepszenie płodozmianu i uprawy roli, a w przyszłości stymulowany przez inne środki intensyfikacji rolnictwa, omawiane przez Niewiadomskiego, ma istotne konsekwencje dla bilansu próchnicy (w świetle współczesnych badań ekologicznych nad produkcją pierwotną). Stwierdzona względna stałość całkowitej produkcji pierwotnej w określonej strefie klimatycznej, modyfikowana jedynie w znaczący sposób przez warunki wodne, przy wzroście jednej jej składowej — plonu, doprowadza do ciągłego zmniejszania się ilości pozostającej na polu masy organicznej, która następnie w procesach humifikacji wytworzy próchnicę. Od dawna praktyka rolnicza wskazywała na konieczność uzupełniania materii organicznej w glebach pól uprawnych, np. poprzez nawożenie obornikiem, wprowadzanie do płodozmianu roślin regenerujących materię organiczną itp. Interpretując te zabiegi, zwracano dawniej w większym stopniu uwagę na odzyskiwanie z masy roślinnej składników odżywczych roślin, co przy intensyfikacji rolnictwa zostaje zastąpione przez nawożenie mineralne. Problem regeneracji próchnicy, choć dostrzegany, nie mógł być właściwie uwzględniony na skutek słabego poznania tego procesu. Jak podkreśla to Gołębiowska (materiały tej Konferencji), zasoby próchnicy nie są statyczne, ale znajdują się w stanie dynamicznej równowagi procesów jej syntezy i rozkładu. Istotną rolę w tych zjawiskach odgrywają mikroorganizmy. Wstępne rozpoznanie znaczenia mikroorganizmów w procesach przepływu energii i krążenia materii omówione

przez Gołębiowską stało się możliwe dzięki wypracowaniu nowych metod, pozwalających ocenić ich biomasę, średni czas trwania generacji w warunkach polowych oraz szereg bioenergetycznych i metabolicznych parametrów, charakteryzujących działalność mikroorganizmów, inaczej mówiąc, dzięki powiązaniu mikrobiologii z badaniami ekologicznymi, ukierunkowanymi na rozpoznanie zasad funkcjonowania ekosystemów. Wydaje się, że dalszy rozwój tego kierunku powiązany z badaniami ekologii roślin i zwierząt, których rola w procesach przemian materii organicznej gleby jest słabo poznana, doprowadzi do istotnej zmiany pojęć na temat znaczenia biologicznych procesów zachodzących w glebie. W następstwie tego zostaną opracowane nowe technologie, mające na celu utrzymanie żyzności gleby.

Wielostronne znaczenie wody dla fizycznych, chemicznych i biologicznych procesów, jak i jej istotny udział w różnych dziedzinach gospodarki ludzkiej oraz jej znaczenie rekreacyjne doprowadziło do opracowania szeregu sposobów oddziaływania na składowe bilansu wodnego. Zdaniem Kosturkiewicza (materiały tej Konferencji) obecnie najefektywniejsze metody kształtowania gospodarki wodnej w krajobrazie rolniczym związane są z wpływem na retencję wody, poprzez melioracje wodne, agromelioracje i fitomelioracje.

Coraz częściej występujące niedobory wody w kraju, a zwłaszcza w pasie Nizin Środkowych, ujemnie wpływają na funkcjonowanie krajobrazu rolniczego. Dla przeciwdziałania tej sytuacji konieczne jest stworzenie w tym regionie sieci zbiorników retencyjnych, utrzymanie naturalnych „oczek wodnych”, odbudowa zniszczonych małych zbiorników, związanych z ujęciami wody dla niewielkich siłowni itd.

Dla zrozumienia zasad funkcjonowania krajobrazu istotne znaczenie, oprócz inwentaryzacji zasobów wodnych, ma rozpoznanie dróg jej obiegu oraz szybkość przepływu wzdłuż nich. 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 [1, 4]. Wytwarzanie się tzw. stagnujących rezerwuarów wody w glebie oraz zróżnicowanie szybkości przepływu wody odgrywają bardzo istotną rolę dla transportu wodnego różnych związków chemicznych, np. pochodnych nawozów mineralnych, pestycydów itd. [2]. Efekty przekroczenia pojemności środowiska pól uprawnych przez czynniki intensyfikacji rolnictwa mogą dlatego ujawnić się, w zależności od ilości związków przenoszonych oraz szybkości ich transportu, w bardzo różnym okresie. Można spodziewać się, że okres ten

w pewnych sytuacjach będzie wynosił kilka, a nawet kilkanaście lat lub dłużej.

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

Czynniki wpływające na migrację różnych związków chemicznych, a zwłaszcza składników nawożenia mineralnego, warunkują pojemność środowiskową pól uprawnych (Margowski, materiały tej Konferencji). Stwierdzone wzrosty stężenia, np. azotanów w wodach gruntowych pól uprawnych, sygnalizują — przy uwzględnieniu wyżej opisanych różnicowań szybkości przemieszczania się wody w ziemi — że niekorzystne środowiskowo procesy eutrofizacji będą się jeszcze nasilały. Jak wiadomo, wykorzystanie rolnicze nawozów jest niskie, np. dla azotu wynosi w bardzo korzystnych warunkach najwyżej 50 procent. Wszystko to wskazuje, że procesy eutrofizacji będą się nasilały, o ile nie zostaną zastosowane nowe środki jej zapobiegania.

Z jednej strony może to być stosowanie nawozów o spowolnionym działaniu, przez co podwyższy się ich wykorzystanie rolnicze (Niewiadomski). Możliwości te tkwią również w wyselekcjonowaniu odmian roślin uprawnych, koncentrujących więcej składników mineralnych; choć zbyt duża kumulacja pewnych związków mineralnych w tkankach roślin może obniżyć ich wartość zdrowotną dla człowieka i zwierząt hodowlanych.

Wśród czynników klimatycznych bezpośrednio znaczenie dla obiegu materii mają zmiany prędkości ruchów powietrza, powodujące wietrzną erozję. Modyfikacja poprzez strukturę krajobrazu rolniczego takich czynników klimatycznych, jak promieniowanie słoneczne, oraz warunków termicznych i wilgotnościowych (omawianych dokładniej przez Karlińskiego), jak się wydaje, nie ma bezpośredniego wpływu na obieg materii. Czynniki te odgrywają istotną rolę w procesach energetycznych krajobrazu. Natomiast czynniki modyfikujące procesy produkcji masy organicznej lub jej rozkładu nabierają znaczenia dla krążenia materii.

Obniżenie energii aktywacji przebiegu szeregu reakcji chemicznych działaniem enzymów określa szczególną rolę różnych struktur biologicznych w obiegu materii. Odnosi się to zwłaszcza do procesów redukcji i utleniania różnych związków, mających istotne znaczenie dla ich migracji. Wystarczy przypomnieć decydujące znaczenie roślin i mikroorganizmów w dużym obiegu węgla, azotu i siarki w biosferze. Niestety, zbyt fragmentaryczna wiedza na ten temat nie pozwala na bardziej szczegółowe analizy tych zjawisk w krajobrazie rolniczym. Tym niemniej można przypuszczać, że we wzajemnych oddziaływaniach organizmów i gleby kryją się obiecujące możliwości podwyższenia retencji szeregu związków

chemicznych na drodze wytwarzania względnie zamkniętych, małych cykli obiegu materii.

Prawidłowości obiegu materii mają też duże znaczenie dla prognozowania ekologicznych efektów 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. Zwłaszcza że nowe, wysokopienne odmiany roślin uprawnych mogą być bardziej podatne na żer szkodników czy też atak mikroorganizmów. Zagadnienia te zostały szerzej omówione przez Węgorka. 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 rośliny zarówno z punktu widzenia efektywności zwalczania szkodników jak i konsekwencji agroekosystemowych. Świadczy o tym porównanie właściwości tak zwanych kolejnych generacji pestycydów. Możliwość przyspieszenia opracowania zasad optymalizacji stosowania środków chemicznych ochrony roślin związana jest z postępem badań nad prawidłowościami obiegu materii w krajobrazie rolniczym.

Struktura krajobrazu rolniczego określona przez proporcje i wzajemne usytuowanie względem siebie pól uprawnych, zadrzewień, łąk pastewnych, cieków i zbiorników wodnych oraz zabudowań ma istotne znaczenie dla jego sprawności funkcjonalnej. Przy odpowiednim zagospodarowaniu turystycznym atrakcyjnego krajobrazu rolniczego może on mieć również duże znaczenie rekreacyjne. Zagadnienie to zostało szerzej omówione przez Dąbską, która wykazuje, że znaczenie rekreacyjne krajobrazu rolniczego w przyszłości będzie wzrastało.

Różne rodzaje typów krajobrazu rolniczego opisał Białobok, omawiając jednocześnie realizowane już projekty kształtowania krajobrazu, dopasowane do wymogów rolnictwa, przy jednoczesnym uwzględnieniu zadrzewień śródpolnych o różnej strukturze, stosownie do specyfik fizjograficznych kraju. Zadrzewienia śródpolne, jak pisze Białobok, modyfikują klimat lokalny, oddziałują na plon oraz sprzyjają wzrostowi fauny i flory. Agroekosystemy oraz trawiaste i leśne ekosystemy posiadają następujące właściwości, charakteryzujące przepływ energii i krążenie materii (Ryszkowski, tabela 1).

Chociaż charakterystyka powyższa odnosi się do typowych ekosystemów, to jednak wskazują one na tendencje funkcji spełnianych przez enklawy zadrzewień i lasów oraz łąk w krajobrazie rolniczym. Tak np. łąki, zwłaszcza te, które mają dobrze rozwiniętą i głęboką darń, posiadają znacznie większą pojemność środowiskową w stosunku do różnych

Tabela 1

Typ ekosystemu	pola uprawne	trawiasty	leśny
Struktura	prosta	pośrednia	złożona
Roczna wielkość produkcji pierwotnej w tej samej strefie klimatycznej	podobna	podobna	podobna
Losy wyprodukowanej masy organicznej	znaczna część zabrana z plonem	kumulacja w próchnicy	kumulacja w roślinności
Typ gospodarki wodnej i energetycznej	intensywny	pośredni	ekstensywny
Stopień zamknięcia małych cykli obiegu materii	mały	duży	pośredni

związków chemicznych niż pola uprawne czy zadrzewienia. Na tej podstawie można przypuszczać, że będą one tworzyły bardziej efektywne bariery dla migracji różnych związków z pól do wód otwartych niż zadrzewienia. Wniosek ten wymaga ilościowej weryfikacji uzyskanej w badaniach terenowych. Jest to jednak dobry przykład, jak znajomość funkcjonalnych właściwości ekosystemów pozwala na prognozowanie w skali całości krajobrazu.

Wydaje się, że w świetle przedstawionych na tej Konferencji materiałów, dotyczących się zarówno tendencji rozwoju rolnictwa, jak i przyrodniczego rozpoznania zjawisk zachodzących w krajobrazach rolniczych oraz istniejących obecnie środków ich kształtowania, istnieje możliwość opracowania zasad optymalizacji gospodarki rolnej pod kątem wzmożenia produktywności i ochrony krajobrazu. Zasady te, jak to podkreśla wielu autorów referatów, powinny uwzględniać nie tylko bezpośrednie efekty produkcyjne jak i efekty środowiskowe, często dające o sobie znać dopiero po dłuższym czasie. 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. Bolin B., 1976: Transfer processes and time scales in biogeochemical cycles. *Ecol. Bull.* (Stockholm), 22 : 17-22.
2. De Vries D. A., Afgan N. H., 1975: Heat and mass transfer in the biosphere. *Transfer Processes in the plant and environment.* Scripta Book Company, Washington, 594 pp.
3. Ryszkowski L., 1975: Energy and matter economy of ecosystems. In: *Unifying concepts of ecology:* eds. W. H. van Dobben and R. H. Lowe, Mc Cornell, 109-132, Junk, The Hauge.

4. Wartens L., 1977: Transport in the water phase. *Agroecosystems* 4:8-12. Special issue: Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems.

Владыслав Венгорек, Лех Рышковски

ПРИРОДНЫЕ ОСНОВЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЛАНДШАФТА

Резюме

Структура сельскохозяйственного ландшафта определяемая пропорциями и взаимным расположением культурных полей, древонасаждений, лесов, лугов, водотоков, водохранилищ и застроенных объектов, имеет существенное значение для функциональной эффективности сельскохозяйственного ландшафта и его стабильности. Общую теоретическую основу для изучения основ функционирования ландшафта составляют закономерности круговорота материи, вместе с определением энергетической стоимости круговорота материй. Это новая область в естественнонаучных исследованиях. Культурные поля (агроэкосистемы) характеризуются упрощенной структурой, небольшой степенью модификации климатических факторов и низкой степенью закрытия малых циклов круговорота материи, а также благоприятным для человека соотношением между энергией накопленной в производимой растительной массе и энергией используемой в ходе различных процессов определяющих функционирование агроэкосистем. Травяные или лесные экосистемы, характеризующиеся высокой степенью закрытия малых циклов круговорота материи могут рассматриваться как биологические барьеры затрудняющие распространение многих химических соединений во всем ландшафте. Изучение путей круговорота воды имеет существенное значение для определения взаимосвязей между разными экосистемами ландшафта. В условиях современной техники легче управлять расходом открытых вод, чем модифицировать испарение воды или воздействовать на чрезвычайно сложную систему ее движения в почве. Немногие труды занимающиеся анализом темпов обмена воды на разных путях ее круговорота показывают, что пределы дифференциации среднего времени обмена ресурсов воды в разных составных частях ландшафта охватывают несколько разрядов величин.

На основании представленных на совещании докладов занимающихся как развитиевыми тенденциями в сельском хозяйстве так и изучением природных явлений происходящих в сельскохозяйственных ландшафтах, можно предполагать, что в настоящее время существует возможность разработки принципов оптимизации сельского хозяйства. Эти принципы, как подчеркивают многие авторы в своих докладах, должны учитывать как непосредственные производительные эффекты так и экологические эффекты проявляющиеся только после истечения долгого времени. Это задача, правильное решение которой зависит от результатов сотрудничества коллектива специалистов в разных отраслях наук, сельскохозяйственной практики и техники, с учетом специфических особенностей региональных сельскохозяйственных ландшафтов.

Władysław Węgorek, Lech Ryszkowski

NATURAL FUNDAMENTALS OF THE AGRICULTURAL LANDSCAPE STABILIZATION

S u m m a r y

The agricultural landscape structure, determined by the proportions and mutual situation of cultivated fields, tree plantings, forests, meadows, watercourses, water reservoirs and areas under buildings is of significant importance for the functional efficiency of the landscape and its stability. A general theoretical assumptions for understanding the landscape functioning principles constitute matter regularities jointly with the determination of energetic costs of matter cycling. It is a new field in the nature research. Arable fields (agroecosystems) characterize themselves with a simplified structure, low modification degree of climatic factors and low degree of closing little cycles of the matter circulation as well as with a relationship, favourable for man, between the energy accumulated in the produced plant matter and the energy used in various processes, which determine functioning of agroecosystems. Grassland or forest ecosystems characterizing themselves with a high degree of closing little cycles of the matter circulation can be regarded as biologic barriers, making difficult spreading many chemical compounds over the whole landscape. The recognition of water circulation paths is of a significant importance for understanding the mutual connections between various ecosystems of the landscape. Under conditions of the contemporary technique it is easier to control the flow of open waters than to modify water evaporation of affect an extraordinarily complicated system of its movement in the ground. The works dealing with the analysis of water exchange rate in its various circulation paths prove that the range of differentiation of mean time of the exchange of water resources in various landscape components comprise several orders of magnitude.

According to the reports delivered at the conference, dealing both with agriculture development tendencies and recognition of natural phenomena occurring in agricultural landscapes, one can presume that the possibility exists at present of working out agriculture optimization principles. These principles, as it was stressed by many authors of papers, should take into consideration both direct production effects and ecologic effects revealing themselves upon passing a long time only. It is the task, a correct fulfilling of which would depend on the cooperation of specialists in many disciplines, farming practice and techniques, while taking into consideration regional specificities of agricultural landscapes.

