

PRZEMYSŁAW TROJAN  
Instytut Zoologii PAN  
Warszawa

## Homeostaza agroekosystemów a perspektywy walki biologicznej ze szkodnikami

### Agroecosystem homeostasis and the perspectives for biological pest control

#### 1. Wstęp

Nie istnieje jeszcze pełna teoria homeostazy ekosystemów. Dyskusja na ten temat (Wiens 1972, van Dobben i Lowe-McConnell 1975) doprowadziła jednak do ustalenia niektórych mierników wyznaczających zarówno stan ekosystemu z punktu widzenia jego homeostazy, jak też ustalono warunki, w jakich musi działać układ ekologiczny dysponujący mechanizmami stabilizującymi procesy ekologiczne.

Najważniejszym kryterium zrównowżenia układu ekologicznego jest jego trwałość w czasie. Taki bowiem ekosystem, który bez względu na siłę oddziaływań zewnętrznych, czy też zachodzących w jego obrębie zakłóceń wewnętrznych, wykazuje trwałość i zachowuje swą zasadniczą strukturę, posiada jednocześnie zdolność przeciwstawiania się działaniom destrukcyjnym poprzez uruchamianie odpowiednich „rezerw ekologicznych” oraz zapewnia stabilizację układu wewnętrznego. Różne warunki związane z właściwościami ekosystemu zrównowżonego mają na obecnym etapie dyskusji mniejsze znaczenie, ponieważ istota układów homeostatycznych pozostaje jeszcze nierozpoznana. Ekolodzy przyjmują, że utrzymanie równowagi w ekosystemach jest procesem wysoce kosztownym z punktu widzenia zapotrzebowania na energię. Badanie procesów sukcesji i struktury bilansu energetycznego ekosystemu na różnych etapach szeregu sukcesyjnego (Margaleff 1968) wyjaśniło, że pełne zrównowżenie ekosystemu powoduje zużycie całej wyprodukowanej energii na koszty utrzymania jego równowagi wewnętrznej. Tym samym eksport energii z takiego układu nie jest możliwy.

#### 2. Agrocenoza jako układ homeostatyczny

Agroekosystemy stanowią jeden z najbardziej rozpowszechnionych ekosystemów lądowych na Ziemi, jednakże ich rozpoznanie od strony struktur ekologicznych zachowujących równowagę ekologiczną jest mało dokładne. Pytanie, które przy rozważaniach nad tym układem ma za-

sadnicze znaczenie dotyczy miejsca człowieka w agroekosystemie. Należy przyjąć, że jest on tu postacią centralną, zarówno twórcą, organizatorem i realizatorem cyklicznych, masowych oddziaływań chemicznych i fizycznych na środowisko, decyduje też o organizacji przestrzennej układów. Stanowi on też czynnik zabezpieczający stałość agroekosystemów w czasie. Głównym źródłem zaspokojenia potrzeb żywnościowych populacji ludzkiej pozostaje produkcja rolna, tym samym agrocenozy mają zabezpieczoną przyszłość na długie jeszcze stulecia.

Tak więc trwałość agroekosystemów stanowi wynik działalności w nich czynnika rządzącego — człowieka. Nie może w tym względzie być myląca zmienność układu w czasie i przestrzeni, na które składają się płodozmiany oraz krótkotrwałość licznych upraw polowych. W skali pojedynczego pola układ wykazuje znaczną zmienność, natomiast w skali rejonu czy kraju jest on bardzo stabilny, ponieważ areale poszczególnych upraw i struktura zasiewów zmieniają się bardzo powoli.

Agroekosystem, podobnie jak inne ekosystemy, jest układem otwartym. Obserwujemy tu jednak znacznie większy udział eksportu i importu materii niż w innych ekosystemach lądowych. Pod tym względem układ nie stanowi jednak wyjątku ekologicznego. Rzeka czy ekosystemy estuariowe znajdują się w podobnej sytuacji, a nasilenie importu i eksportu materii i energii może osiągać w nich bardzo duże rozmiary. Niemniej tamte układy powstały i przystosowały się do warunków przepływu materii i energii spontanicznie, w agrocenozach decyduje o tym człowiek.

Innym aspektem agroekosystemów jest stopień ich nasycenia komponentami tworzącymi strukturę biocenozy. Agroekosystem jest typowym ekosystemem lądowym, założonym w naszym kraju najczęściej na pierwotnych siedliskach leśnych, rzadziej łąkowych. Swą organizację buduje według wzorów obserwowanych w ekosystemach lądowych, często w oparciu o gatunki, jakie w nich występują (Tischler 1971). Przybliżenie strukturalne agroekosystemów do typowych ekosystemów lądowych jest jednym z podstawowych czynników strategii rozwojowej tego ekosystemu. Jedną z podstawowych reguł rządzących homeostazą ekosystemów jest zasada zachowania struktury (Trojan 1974). Pod wieloma względami ekosystemy polne są uboższe w gatunki, niż sąsiadujące z nimi ekosystemy naturalne. Tym samym można je określić jako ekosystemy nienasycone. Przyjmowanie przez nie nowych elementów stanowi wzbogacenie struktury i poprawienie stabilności całego układu. Jest to więc zjawisko uwarunkowane niejako „doświadczeniem” ewolucyjnym ekosystemów i stanowi wyraz postępu ewolucyjnego. Tylko z tego punktu widzenia można zrozumieć łatwość wkraczania i aklimatyzacji licznych gatunków roślinożernych na terenie agrocenoz. Podobna zresztą sytuacja jest w odniesieniu do chwastów, których liczne zespoły przystosowały się do życia w warunkach pól uprawnych. Z punktu widzenia ekosystemu wzbogacają one produkcję pierwotną całego układu. Pożyteczność tej produkcji dla człowieka nie ma znaczenia dla strategii rozwojowej ekosystemów. Zabiegi ochronne skierowane przeciwko konkurentom roślin uprawnych i roślinożercom działającym na terenie agrocenoz, mimo znacznych wysiłków ze strony służb ochrony roślin, z reguły kończą się niepowodzeniem, nie udaje się wyeliminować gatunku z układu. Należy więc przyjąć, że gatunki takie są w trwały sposób włączone w strukturę agroekosystemów i speł-

niają w tym układzie istotne funkcje. Toteż zniszczenie populacji szkodnika jest nieskuteczne, ponieważ struktura układu jest szybko odtwarzana.

Nasilająca się walka między człowiekiem a chwastami i szkodnikami musi być prowadzona w oparciu o coraz to silniejsze środki, głównie chemiczne. Proces ten prowadzi w niektórych przypadkach do intoksykacji środowiska i produktów rolnych. Rozpoznanie tych zjawisk przywróciło na porządek dzienny rozważania na temat roli czynników biocenotycznych w utrzymaniu równowagi ekologicznej na polach uprawnych oraz kwestię podniesienia roli walki biologicznej przeciwko szkodnikom, ponieważ nie powoduje ona zagrożenia środowiska.

Rozważania takie powinny brać pod uwagę zależność między homeostazą układów a ich produkcją. Agroekosystem jest i pozostaje układem, w którym zasadnicza część produkcji wykorzystywana jest przez jeden komponent ekosystemu — człowieka. Nie istnieją przesłanki do zmniejszania jego udziału w konsumpcji, tym samym podstawa energetyczna dla rozwoju mechanizmów homeostatycznych w agrocenozie jest ograniczona do około 15% produkcji pierwotnej netto (Trojan 1968). Wydajność układu i eksport energii poza granice są przeciwstawne do jego homeostazy. Agroekosystem może wzmocnić swe mechanizmy samoregulacyjne, ale kosztem energii, którą mu odstąpi człowiek, taka sytuacja nie jest jednak możliwa. Z tego też punktu widzenia agroekosystem powinien pozostać układem otwartym, nienasyconym i zubożalym, tak jakby znajdował się na wczesnych etapach sukcesji, tylko to bowiem zabezpiecza jego wysoką wydajność produkcyjną.

### 3. Problem walki biologicznej z punktu widzenia teorii homeostazy układów

Walka biologiczna ze szkodnikami może być prowadzona w oparciu o gatunki introdukowane i aklimatyzowane, pochodzące z innych obszarów geograficznych, bądź przy zastosowaniu gatunków rodzimych. Pierwszy z kierunków uzyskał duże sukcesy na terenach izolowanych w odniesieniu do nowych, inwazyjnych szkodników i chwastów, które nie zostały włączone w skład biocenozy a tym samym nie zostały ujęte w system regulacji biocenotycznej (Elton 1967). Na terenach Europy metoda introdukcji nie zarejestrowała sukcesów na swym koncie. Większe nadzieje wiąże się z poprawieniem skuteczności działania gatunków miejscowych. Jedną z dróg prowadzących do tego celu jest masowa hodowla i wprowadzanie do agrocenoz organizmów drapieżnych i pasożytniczych. Zabieg ten wykazuje w niektórych przypadkach znaczny wpływ na liczebność szkodników. Jest on jednak zwykle krótkotrwały a skutki działania zabiegu nie są zazwyczaj w pełni oceniane. Zalew ekosystemu drapieżcami lub pasożytami, jeśli operujemy gatunkami polifagicznymi a nie monofagami, działa nie tylko na jeden gatunek, przeciwko któremu jest wymierzony, lecz również przeciwko innym gatunkom, znajdującym się w zasięgu oddziaływania biologicznego. Te komponenty związane zazwyczaj ze szkodnikami, nie bywają jednak przedmiotem oceny. Działanie zabiegu na układ, a nie na jeden tylko jego składnik, nie były dotąd dokładnie badane. Drugim czynnikiem, jaki zwraca uwagę ekologa, jest krótkotrwałość efektów prze-

prowadzonego zabiegu, co z kolei stwarza potrzebę powtarzania, to zaś przy niższych kosztach walki chemicznej stawia cały system walki biologicznej pod znakiem zapytania. Agrocenoza jest bowiem układem o ustalonej strukturze i zmiana udziału jednego z jej komponentów wyzwała w obrębie układu reakcje zmierzające do odtworzenia struktury poprzedniej. Podobne reakcje ekologiczne, choć niezbyt korzystne z gospodarczego punktu widzenia, świadczą o istnieniu w agrocenozach układów homeostatycznych, ukierunkowanych swym działaniem na zachowanie stosunków istniejących i utrwalonych zarówno działaniem czynników środowiskowych, jak i systemu gospodarki rolnej.

Skuteczność poprawy warunków regulacji liczebności szkodników w agrocenozach wymaga przekształcenia warunków środowiskowych w ten sposób, aby zaistniały warunki dla zwiększonego udziału gatunków drapieżnych i pasożytniczych, nastawionych na eksploatację zwalczanego na tej drodze szkodnika. Zadanie to można zrealizować przy zachowaniu bazy pokarmowej drapieżców i pasożytów stosowanych do walki biologicznej. Skuteczność ich działania przeciwko szkodnikowi prowadzi do likwidacji ich bazy pokarmowej. Wobec tego trwałe utrzymanie grupy gatunków redukujących może być oparte jedynie na istnieniu zespołu gatunków komplementarnych względem szkodnika, które stają się alternatywną bazą pokarmową jego wrogów.

Drugim sposobem utrwalania gatunków pożytecznych w agrocenozie może być organizacja krajobrazu rolniczego. Agrocenoza w niektórych okresach roku, szczególnie zimą, jest środowiskiem surowszym niż naturalne. Przeżywanie przez liczne gatunki zimy na pozbawionych roślin i ściółki, przemarzających polach uprawnych, nie jest możliwe. W systemie działania agrocenoz niezbędne są refugia, obszary zakrzewione i zadrzewione, stanowiące miejsca przetrwania i następnie ekspansji fauny pożytecznej na pola uprawne. Połączenie dwóch czynników: stosowania gatunków polifagicznych oraz kształtowanie warunków w krajobrazie rolniczym jako całości, stanowią aktualnie rozpoznane przesłanki, które mogą prowadzić do poprawy warunków regulacji liczebności w agrocenozach. Poprawy, lecz nie całkowitej zmiany stosunków. Układy homeostatyczne funkcjonujące w agrocenozach nie działają na rzecz ochrony produkcji, lecz na rzecz jej zużycia przez biocenozę.

### Piśmiennictwo

- Dobben W. H. van, Lowe-McConnell R. H. (Ed.) 1975 — Unifying concepts in ecology — The Hague, 302 pp.
- Elton Ch. 1967 — Ekologia inwazji zwierząt i roślin — Warszawa, 187 pp.
- Margaleff R. 1968 — Perspectives in ecological theory — Chicago, 111 pp.
- Tischler W. 1971 — Agroekologia — Warszawa, 484 pp.
- Trojan P. 1968 — Agrocenoza jako biologiczny układ produkcyjny — Pol. Pismo ent. 38: 647—655.
- Trojan P. 1974 — Zagadnienie homeostazy ekosystemów — Zesz. probl. Post. Nauk roln. 155: 39—51.
- Wiens J. A. (Ed.) 1972 — Ecosystem structure and function — Ann. Biol. Coll. Oregon, 176 pp.

## Summary

Discussion on ecosystem homeostasis has supplied means of measuring their state of balance, among which the most important is the persistence in time of such systems. The essence itself of homeostatic systems, however, still remains unknown. Effective functioning of self-regulating mechanisms involves full use of the energy produced in the system.

The agroecosystem is among the most widely-spread types of land ecosystems. The central point of the system is man, whose activities determines the physico-chemical pressure on the system, its species composition and spatial organization, and it is man who ensures the persistence of the ecosystem in time. An agroecosystem is an open system saturated to a lesser degree by species than its neighbouring ecosystems. The way in which it develops is to render its structure similar to that which occurs in homological land systems, hence the ease with which weed and pest species are accepted, which enrich the homeostatic structure of this system.

Biological control of pests of agrocenoses carried out on the basis of the principles in current use is an operation which is insufficiently effective from the aspect of the concept of homeostasis of agrocenoses, since the biocenosis tends to reproduce the preceding qualitative and quantitative structure. Prospects are more promising for action aimed at increasing a substitute food supply for predators and parasites and for forming refuge areas for beneficial fauna, which areas would then become the source of its expansion into cultivated fields. Homeostatic systems themselves acting within agrocenoses are not directed towards maintenance or protection of agricultural production.