

EKOLOGIA

1. Sukcesja ekologiczna
2. Hipoteza Gai
3. Organizm i czynniki środowiskowe

Sukcesja ekologiczna

- Proces prowadzący do powstania stabilnego ekosystemu, pozostającego w równowadze ze środowiskiem, osiąganym przez maksymalne możliwe przekształcenie środowiska przez biocenozę → ekosystem klimaksowy
 - ◆ sukcesja pierwotna – gdy na terenie, gdzie zachodzi nie istniała wcześniej żadna inna biocenoza
 - ◆ sukcesja wtórna – zachodzi w miejscu zajmowanym poprzednio przez inną (niestabilną) biocenozę (np. po zniszczeniu poprzedniego ekosystemu klimaksowego)

Przebieg sukcesji

- Stadia sukcesyjne (seralne)
- Sukcesja autotroficzna vs heterotroficzna
- Poglądy na temat sukcesji:
 - ◆ obraz „klasyczny” (Clements, Odum):
 1. dla danego miejsca charakterystyczna jest określona sekwencja biocenoz;
 2. każda biocenoza (stadium seralne) przygotowuje siedlisko dla następnej biocenozy
 3. sekwencja stadiów seralnych kończy się stabilną biocenozą klimaksową

Przebieg sukcesji – c.d.

- ◆ obraz „klasyczny” wg Clementsa (1916):
„[...] każda formacja klimaksowa może reprodukować się, powtarzając z dużą dokładnością stadia swego rozwoju. Historia życia biocenozy jest złożonym, lecz ściśle określonym procesem, porównywalnym w swej istocie do historii życia pojedynczej rośliny”.

4

Przebieg sukcesji – c.d.

- Podejście indywidualistyczne (Gleason):
 - ◆ biocenozy nie są niczym więcej niż zwykłym zbiorem osobników o zbliżonych zakresach fizjologicznej tolerancji
- Odum jako przedstawiciel uwspółcześnionej szkoły klasycznej:
 - ◆ sukcesja zachodzi według ściśle określonych reguł, zgodnie z którymi następują zmiany składu gatunkowego, produktywności, respiracji, powiązań troficznych itp. →

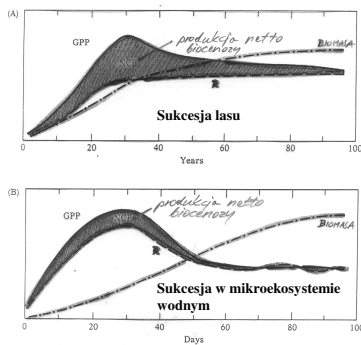
5

Przebieg sukcesji – model Oduma

Cecha ekosystemu	Stadia seralne	
	wczesne	późne
biomasa	niska	wysoka
produkcja i respiracja	$P > R$	$P = R$
Różnorodność gatunkowa	mała	duża
Złożoność powiązań troficznych	mała	duża
Dominujący typ selekcji	r	K
Obieg biogenów	otwarty	zamknięty

6

Sukcesja w naturze i laboratorium



Sukcesja według wzorca - kontrargumenty

- W rzeczywistości rzadko spełnione są wszystkie postulaty modelu Oduma, np.:
 - ◆ wiele badań wskazuje na stałą produktywność kolejnych stadiów seryalnych, mimo zmiany składu gatunkowego;
 - ◆ skład gatunkowy kolejnych stadiów zależy nie tyle od lokalnych warunków, co od wstępnego składu (np. bank nasion, żywe korzenie itp.)
 - ◆ w niektórych przypadkach respiracja przewyższa produkcję już od pierwszych stadiów seryalnych (sukcesja heterotroficzna).

Sukcesja: trzy modele równoległe

1. Model uprzystępniania: najbliższy klasycznemu – biocenozy wcześniejszych stadiów przygotowują środowisko dla kolejnych biocenoz.
2. Model tolerancji: zróżnicowana strategia eksploatacji siedliska przez różne gatunki daje w efekcie określone ich następstwo.
3. Model inhibicji: antyteza modelu 1. – każdy gatunek wykazuje tendencję do hamowania rozwoju innych gatunków, siedlisko jest zajmowane przez te gatunki, które pierwsze się tam pojawiają i rozmnożą.

Klimaks – czy istnieje?

- Badania pyłków kwiatowych na preriach Ameryki: długookresowe zmiany składu gatunkowego wynikające ze zmian klimatycznych, ale też cykliczne zmiany bez związku ze zmianami klimatu → ekosystem „klimaksowy” jest tylko stanem przejściowej równowagi.
- Rodzaje klimaksu:
 - ◆ klimatyczny
 - ◆ edaficzny
 - ◆ antropogeniczny (dysklimaks, industroklmaks)

10

Sukcesja antropocentrycznie

- Znajomość procesów i przemian towarzyszących sukcesji umożliwia efektywne i racjonalne korzystanie z zasobów:
 - ◆ duża produktywność – biocenozy młode (wczesne stadia sukcesji)
 - ◆ duża stabilność – biocenozy klimaksowe
- konieczność utrzymania równowagi między eksploatacją młodych, produktywnych stadiów a zachowaniem stadiów dojrzałych.

11

Hipoteza Gai

Lovelock, Margulis

Ekologia

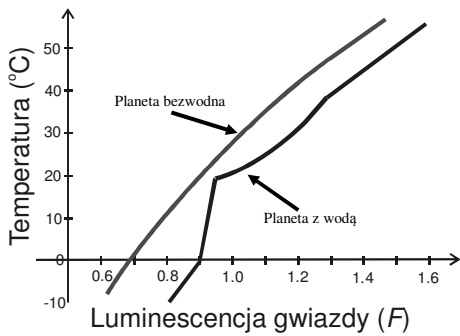
12

Hipoteza Gai – podstawowe założenia

- sukcesja ekologiczna → ekosystem klimaksowy
→ „klimaksowa biosfera” (?)
 - ◆ warunki środowiskowe na Ziemi są aktywnie regulowane przez sumaryczne oddziaływanie wszystkich żyjących na Ziemi organizmów
 - najważniejsze cechy środowiska są dynamicznie utrzymywane w stanie stabilnej równowagi
 - Ziemia funkcjonuje jako gigantyczny system homeostaticzny.

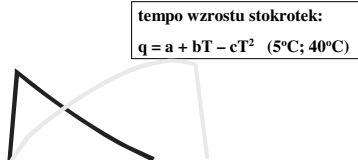
13

Świat stokrotek („daisy world”)... bez stokrotek



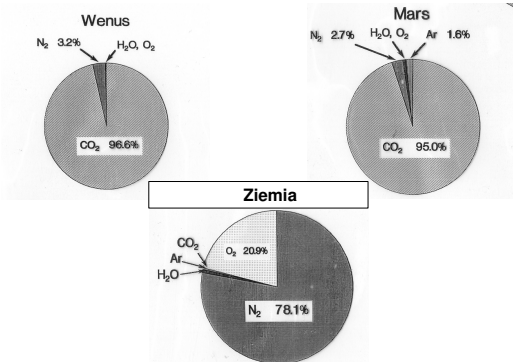
14

Świat stokrotek („daisy world”) z białymi i czarnymi stokrotkami



15

Hipoteza Gai a skład chemiczny atmosfery



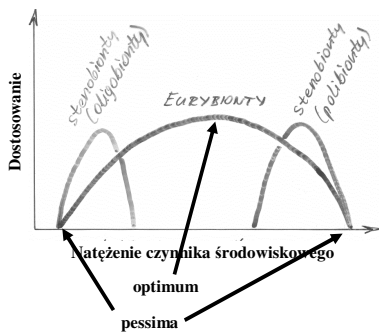
16

Organizm i czynniki środowiskowe

Ekologia

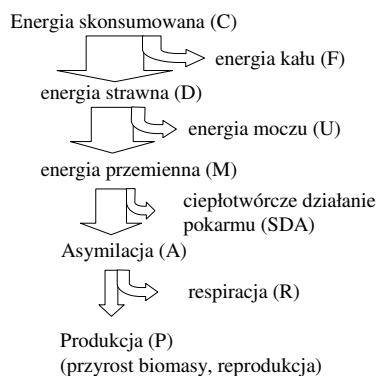
17

Organizmy różnią się tolerancją



18

Tolerancja – podstawy fizjologiczne



19

Powody ograniczenia tolerancji organizmów względem czynników środowiskowych

- Ograniczenia energetyczne:
 - ◆ straty energii na kolejnych stopniach przekształcania i wykorzystania pokarmu
 - ◆ ograniczenia anatomiczne, fizjologiczne lub ekologiczne wielkości konsumpcji
 - ◆ metabolizm maksymalny: $10 \times \text{BMR}$ (ssaki)
 $20 \times \text{BMR}$ (ptaki)
- Brak ewolucyjnie wykształconych mechanizmów kompensacji niekorzystnego działania niektórych czynników (np. niektóre substancje toksyczne)

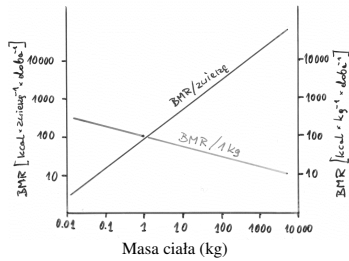
20

Składowe i miary budżetów energetycznych

- BMR – metabolizm podstawowy (*basal metabolic rate*): ok. 25% - 30% całkowitego budżetu stałocieplnych kręgowców
- SMR – metabolizm standardowy (*standard m. r.*)
- RMR – metabolizm spoczynkowy (*resting m. r.*)
- ADMR – średni metabolizm dobowy (*average daily metabolic rate*)
 - ◆ aktywność ruchowa: $3 - 5 \times \text{BMR}$ (ssaki)
 $10 - 15 \times \text{BMR}$ (ptaki)
 - ◆ SDA: do 30% BMR (białka);
3% - 5% BMR (tłuszcze i węglowodany)

21

Zależność BMR od masy ciała (zależność allometryczna)



SSAKI:

- gryzonie = $2,99 W^{0,65}$
- owadożerne = $11,26 W^{0,88}$
- kopytne = $0,96 W^{0,83}$
- drapieżne = $3,39 W^{0,70}$

PTAKI:

- wróblowate = $3,73 W^{0,60}$
- pozostałe = $2,18 W^{0,73}$

W: masa ciała [g]

BMR: [kJ zwierzę⁻¹ doba⁻¹]

22

Dobowe i populacyjne budżety energetyczne

■ $DEB = \sum_i (T_i \times E_i)$

◆ ssaki: $DEB = 7,01 \times W^{0,71}$ [kJ × zwierzę⁻¹ × doba⁻¹]

◆ ptaki: $DEB = 12,06 \times W^{0,68}$ [kJ × zwierzę⁻¹ × doba⁻¹]

■ Budżety populacyjne:

◆ $C = R + P + FU + SDA$

◆ $R = N_{sr} \times DEB \times T$

◆ $Sc = N_{sr} \times W_{sr}$

◆ $\theta = 1/t_{sr}$

→ $P = \theta \times Sc$

23

Porównanie tempa przepływu energii przez wybrane systemy techniczne i biologiczne (rzęd wielkości) (za J. Weinerem)

Tempo przepływu	Systemy techniczne	Systemy biologiczne
10 μW	zegarek elektroniczny	larwa <i>Tribolium</i> sp.
0,1 W	kalkulator	śr. tempo fotosyntezy 1 m ² biosfery
1 W	latarka	wróbel
10 W	odbiornik radiowy	kot
100 W	żarówka, telewizor	pracujący człowiek
500 W	silnik elektryczny	koń
25 MW	silnik spalinowy statku	
10 000 000 MW	zapotrzebowanie energetyczne populacji ludzkiej	
100 000 000 MW		całkowita produkcja netto biosfery
173,4 × 10 ⁹ MW		całkowita intercepcja energii przez biosferę

24

Wartości energetyczne przykładowych materiałów roślinnych (na suchą masę)

ROŚLINY	kJ/g	kcal/g
<i>Fagus sylvatica</i> (nasiona)	27,16	6,49
<i>Quercus robur</i> (nasiona)	18,52	4,42
Rośliny runa (części nadziemne)	16,63	3,97
Rośliny runa (korzenie)	13,82	3,30
Trawy (części nadziemne)	16,72	3,99

25

Wartości energetyczne przykładowych materiałów zwierzęcych (na suchą masę)

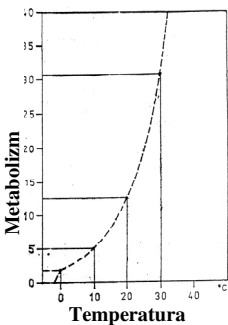
ZWIERZĘTA	kJ/g	kcal/g
<i>Tenebrio molitor</i>	26,43	6,30
<i>Myrmica</i> sp.	26,43	6,30
Arachnida	24,37	5,82
<i>Bufo bufo</i>	20,95	5,00
<i>Rana arvalis</i>	19,38	4,36
<i>Parula americana</i>	28,80	6,88
<i>Passer domesticus</i>	23,08	5,51
<i>Sorex minutus</i>	21,03	5,03
<i>Apodemus glareolus</i>	20,66	4,93

Węglowodany: 17,21 kJ/g; Białka: 23,61 kJ/g; Tłuszcze: 39,6 kJ/g

6

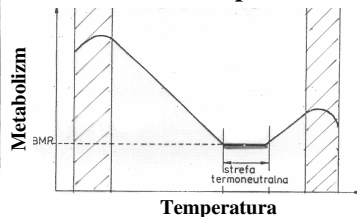
Zależność tempa metabolizmu od temperatury

Zmiennocieplne



Zasada Arrheniusa: przy wzroście temperatury o 10°C tempo reakcji chemicznych rośnie 2-3 – krotnie.

Stalocieplne



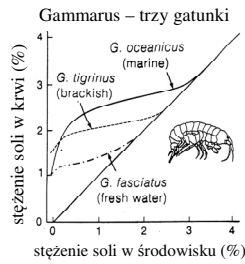
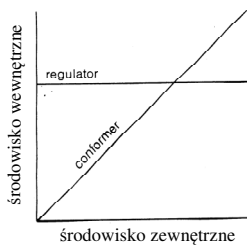
27

Okresowa rezygnacja z homeostazy może poszerzyć strefę tolerancji

- **Obniżanie temperatury ciała w czasie spoczynku**
 - ◆ torpor (np. nietoperze, piłchowate, kolibry):
 - ◆ kolibry z chłodniejszych stref klimatycznych obniżają na noc temperaturę ciała do ok. 18° – 20°C z ok. 40°C za dnia;
 - ◆ hibernacja – znacznie głębsze zmiany w fizjologii niż przy torporze:
 - ◆ np. u susłów rytm serca spada z ok. 200-400 uderzeń/min. do ok. 7-8; temperatura ciała z ok. 40°C do ok. 6°C; metabolizm hibernacyjny stanowi ok. 1% - 5% normalnego
- **Diapauza** u owadów – woda może zostać związana chemicznie (ochrona przed zamarzaniem) lub ciało zostaje otoczone nie przepuszczalną osłonką (ochrona przed wysychaniem), metabolizm spada niemal do zera

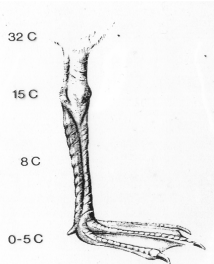
28

Okresowa rezygnacja z homeostazy może poszerzyć strefę tolerancji – organizmy-regulatory i konformiści

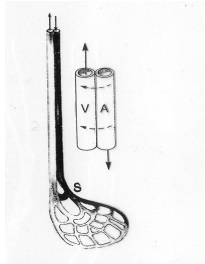


29

Z homeostazy można też zrezygnować tylko w niektórych częściach ciała



Temperatura skóry nogi i stopy mewy stojącej na lodzie



Przeciwpądowa wymiana ciepła między krwią tętniczą (A) i żylną (V)

30

Przygotowanie do niekorzystnych warunków środowiskowych wymaga przewidywania ich nadejścia

- Czas niezbędny na zgromadzenie zapasów energii, wody, biogenów
- Czas niezbędny na zmiany fizjologiczne
- niekorzystne zmiany w środowisku należy przewidzieć z awczasu
 - w środowisku istnieją przesłanki, wskazujące na nadchodzące zmiany – „czynniki bliższe” („proksymalne”) – np. zmiana względnej długości dnia, zmiana temperatury barwowej światła;
 - ostatecznie nadchodzą zmiany i na organizm działają „czynniki ostateczne” (podstawowe, „ultymatywne”) – np. niska temperatura, brak pożywienia itp.

31

**Czynniki ograniczające:
temperatura i wilgotność**

- Temperatura
 - ◆ życie możliwe w zakresie od -200°C do $+100^{\circ}\text{C}$
 - ◆ większość organizmów występuje w zakresie od -60°C do $+60^{\circ}\text{C}$
 - ◆ amplituda temperatur
- Wilgotność
 - ◆ praktycznie cały zakres występujących na Ziemi warunków wilgotnościowych; w praktyce należy rozpatrywać łączne działanie wilgotności i temperatury → *ewapotranspiracja*

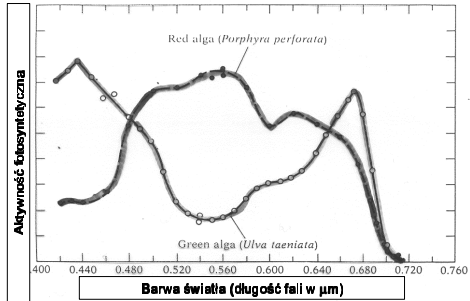
32

**Czynniki ograniczające:
światło**

- większość roślin: zakres od 400 do 700 nm
- rośliny lądowe: głównie w zakresie barwy niebieskiej i czerwonej
- na lądach niedobór światła może być czynnikiem ograniczającym pod okapem lasu
- w wodach: poniżej ok. 1 m dociera już tylko światło zielone i niebieskie → znacznie większe zróżnicowanie barwników fotosyntetycznych u roślin wodnych – wiele roślin wodnych wykorzystuje do fotosyntezy światło zielone
- ograniczająco może działać także zbyt intensywne promieniowanie

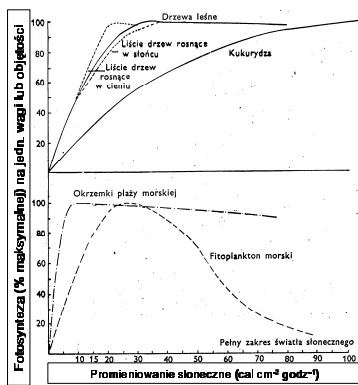
33

Wykorzystanie światła w różnych zakresach przez glony



34

Światło jako czynnik ograniczający



35

Czynniki ograniczające: biogeny

- Tlen i dwutlenek węgla
 - ◆ tempo fotosyntezy wzrasta przy podniesieniu stężenia CO_2 oraz obniżeniu stężenia O_2
 - ◆ powietrze głębokie: w głębszych warstwach gleby tlen jest czynnikiem ograniczającym dla organizmów aerobowych
 - ◆ woda: tlen jest słabo rozpuszczalny → może być czynnikiem ograniczającym (eutrofizacja!)
- Makro- i mikroelementy
 - ◆ zarówno zbyt niskie, jak i zbyt wysokie stężenia działają ograniczająco
 - ◆ częsty niedobór: dla organizmów wodnych P, Fe, N; dla mięczaków i kręgowców Ca; dla roślin lądowych Mg itp.

36
