DOI: 10.2478/frp-2020-0015
Wersja PDF: www.lesne-prace-badawcze.pl

Leśne Prace Badawcze / *Forest Research Papers*
Wrzesień / September 2020, Vol. 81 (3): 133–138

ARTYKUŁ PRZEGLĄDOWY

e-ISSN 2082-8926

Las – fotosfera życia w atmosferze Ziemi*

Forest – the photosphere of life in the Earth's atmosphere

Tomasz J. Wodzicki

Instytut Badawczy Leśnictwa, Niestacjonarne Studia Doktoranckie (NSD), Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Tel. +48 22 7150561, e-mail: t.wodzicki@wp.pl

Abstract. The evolution of the vertical, long distance water transport, overcoming gravitation, by trees during the Devonian, initiated the emerging of forest ecosystems extending the photosphere of life further into the Earth's atmosphere. The origin of woody tissues is likely associated with genome mutations in primitive green plants, which inhabited the land about 350 million years ago. Most probably, only two mutations were required – one allowing the synthesis of lignin and the second, enabling the autolysis of protoplast in the maturing cellular woody elements. Developing forest ecosystems formed the most productive environments, in which sunlight-dependent metabolic processes of life reached further into the atmosphere while at the same time allowing more water to be stored on the land surface, which in turn allowed for the evolution of numerous heterotrophic organisms. This property of the forest could therefore be considered an important factor in the evolution of hominids, which eventually contributed to the development of the *Homo sapiens* culture.

Keywords: forest, emergent property, life property, evolution
Słowa kluczowe: emergentna właściwość lasu, ewolucja właściwości życia

*Tezy wykładu dla doktorantów (październik 2020 r.)

1. Wprowadzenie

Właściwość to pojęcie z zakresu logiki tradycyjnej oznaczające cechy charakterystyczne dla danej rzeczy – rozumianej jako układ fizyczny. Zwykle jest to cecha mierzalna, a jej wybór i charakterystyka zależą od zainteresowań obserwatora.

Określenie właściwości lasu najczęściej dotyczy celów ochrony i sposobów użytkowania. Wiedza o właściwościach lasu, w tym sensie, jest głównym przedmiotem edukacji w zawodzie leśnika – tzn. także treścią programów studiów na wydziałach leśnych. Jest też zwykle głównym przedmiotem charakterystyki programów badawczych i opracowań monograficznych jako podstawa kategoryzacji form lub przedmiot doskonalenia metod gospodarowania w leśnictwie (Rykowski 2006; Podgórska, Sierota 2010). Wynika stąd złożoność specjalizacji leśników w procesie edukacji, która ma charakter prezentacji współzależności różnych aspektów wiedzy z dziedziny stosowanych metod hodowli, użytkowania, ochrony, inżynierii, ekonomiki i pełnienia wybranych funkcji rekreacyjnych lasu. Tak rozumiane pojęcia właściwości lub cech charakterystycznych ekosystemów leśnych w praktyce są finalnym celem urządzania lasu. Rozwój leśnictwa w przyszłości wymaga jednak postępu wiedzy i doskonalenia metod gospodarki leśnej, co nie jest możliwe bez szczegółowych badań funkcji ekosystemów leśnych jako środowiska życia na Ziemi.

Wstępne rozważania na ten temat przedstawił Zięba (2015) „…kiedy system złożony ze składników osiągnie pewien poziom kompleksowej organizacji, zaczyna ujawniać nowe właściwości emergentne, które nie są przewidywalne na bazie właściwości i relacji strukturalnych charakterystycznych dla części konstytutywnych systemu" i dalej: „Systemy leśne charakteryzuje się całością, swoistymi cechami, których nie można wyprowadzić z części badanych oddzielnie. Jest to osobliwa organizacja charakteryzująca się właściwościami i sposobem funkcjonowania przysługującymi całości".

Określenie tych właściwości lasu wciąż nie jest oczywiste i wiąże się z potrzebą charakterystyki podstaw ewolucji życia na Ziemi. Istnieje bowiem potrzeba wskazania tych właści-

Wpłynęło: 7.05.2020 r., zrecenzowano: 15.05.2020 r., zaakceptowano: 8.06.2020 r.

BY-NC-ND/3.0 © 2020 T.J. Wodzicki

wości struktury biocenozy, które umożliwiły ewolucję życia w środowisku lądowym Ziemi. Są to elementy paleobiologii, genetyki i fizjologii rozwoju roślin drzewiastych.

2. Ewolucja i środowisko życia na Ziemi

Życie jest właściwością struktury układów materialnych, która umożliwiła przyspieszenie abiotycznych procesów przemiany energii (Lane 2016; Damasio 2018; Łagosz 2019). Stało się to drogą doskonalenia procesów redukcji asymetrii struktury cząstek elementarnych, czyli ewolucji złożonych form strukturalnych metabolizmu materii i energii. Tak też powstały warunki różnicowania właściwości i reprodukcji związków organicznych. Kojarzenie prostych związków węgla, wodoru, tlenu i azotu w związki organiczne oraz ich formy cykliczne w postaci aminokwasów było możliwe na Ziemi (najprawdopodobniej) tylko w roztworze wodnym, ponieważ uwarunkowane jest wiązaniem energii uwolnionej w procesie rozszczepienia cząsteczek H_2O w stanie ciekłym – a więc w temperaturze między fazami stanu krzepnięcia i parowania wody. Dotyczy to wykorzystania potencjału strukturotwórczego jonów OH^- i produkcji tlenu w postaci cząsteczkowej, którego akumulacja, szczególnie w atmosferze ziemskiej, dała szanse rozwoju wielu form życia.

Początek okresu tworzenia aminokwasów, łączenia ich w białka o właściwościach enzymatycznych i syntezy nukleotydów oraz ich polimerów (RNA i DNA) szacuje się w przybliżeniu na ok. 0,8 mld lat po utworzeniu planety Ziemia. Przez miliony lat był to okres ewolucji procesów biogenezy w kompleksach białkowych i rozwoju pamięci molekularnej w postaci sekwencji nukleotydów kodujących strukturę białek enzymatycznych. To z kolei umożliwiło replikację i mutagenezę informacji genetycznej, a więc pokoleniową ewolucję właściwości strukturalnych i rozwoju nowych form życia. W tym czasie synteza fosfolipidów (substancji hydrofobowych o bipolarnej strukturze) umożliwiła wydzielanie się w środowisku wodnym pierwotnych form komórkowych życia. Umożliwiła też ustalenie w strukturze membran lokalizacji wielu białek enzymatycznych oraz kontrolę transportu jonów lub związków chemicznych między środowiskiem wodnym otoczenia i uwodnionym protoplastem pierwotnych komórek.

Dzięki wcześniej utworzonej molekularnej pamięci biogenezy białek i specjalizacji cytomembran pierwotnej cytoplazmy powstały warunki wzrostu i reprodukcji przez podział prostych form organizmu komórkowego. Od powstania tych nowych właściwości układu biologicznego, tj. ok. 2 mld lat temu, przyjęto datować inicjację życia na Ziemi. Były to jednak wciąż organizmy prokariotyczne (bez wydzielonego obszaru jądra komórkowego), które w różnych formach mikroorganizmów przetrwały do dziś. Ale już ok. 200 mln lat później pojawiły się pierwotne organizmy eukariotyczne (jądrowe) z rozwiniętym systemem membran wewnątrzkomórkowych. Endomembrany różniące się właściwościami białek enzymatycznych (składników ich struktury) umożliwiały lokalizację różnych procesów metabolizmu komórkowego, w tym właściwości wykorzystania różnych źródeł energii ukształtowanych jeszcze w okresie biosyntezy pozakomórkowej w oceanach.

Były to zarówno organizmy przydenne, uzależnione od źródeł energii geotermalnej lub od uwalnianej w wyniku rozszczepienia wiązań molekularnych minerałów (np. archeony utleniające piryt FeS_2, jak *Metallosphaera sedula* Huber et al. znajdowana także i dziś we włoskim wulkanie), jak i inne organizmy rozwijające się w obszarze przypowierzchniowym, penetrowanym przez światło słoneczne (poniżej 150 m pod powierzchnią oceanu panuje już ciemność). Obie formy życia były nadal autotroficzne, ale charakteryzowały się ogromną różnicą wydajności energetycznej metabolizmu na korzyść potencjału biotwórczego fotosyntezy. To zróżnicowanie sposobu pozyskiwania energii stymulowało też zróżnicowanie procesów syntezy substancji strukturalnych, np. syntezy włóknistych cząsteczek celulozy wykorzystanych w formowaniu ściany komórkowej otaczającej błonę fosfolipidową komórek. Był to więc także początek ewolucji obecnych do dzisiaj dwóch form biogenezy – autotrofów i heterotrofów, a heterotrofizm (czyli pozyskiwanie energii poprzez trawienie ciała innych organizmów) umożliwiał dalszy etap ewolucji potencjału metabolizmu energii słonecznej. Ponadto proces fotosyntezy stał się też źródłem tlenu i formowania wiązań wysokoenergetycznych ATP (adenozyno-trój-fosforanu), a więc najważniejszego czynnika przekazu energii metabolizmu związków organicznych. Aby uświadomić skalę postępu wydajności procesów przemian energetycznych w biogenezie z udziałem ATP warto skorzystać z informacji Lane'a (2016), że np. pojedyncza komórka człowieka zużywa ok. 10 milionów cząsteczek ATP na sekundę, co oznacza, że całkowity obrót dzienny ATP w organizmie ludzkim składającym się z ok. 40 bilionów komórek wynosi około 60–100 kg. Dane te przedstawiono dla ukazania skali właściwości metabolizmu energii i materii w komórkach organizmów żywych – oczywiście także roślin drzewiastych.

Fotosynteza jednokomórkowych organizmów żyjących w środowisku wodnym stała się także źródłem wielkich ilości tlenu, który w stanie gazowym stanowi dziś w atmosferze ok. 21% objętości. Tlen jest pierwiastkiem o szczególnym potencjale zdolności uwalniania energii z wiązań węglowodorowych substancji organicznych, a więc ewolucja fotosyntezy stworzyła jakościowo nowe właściwości procesów biogenezy.

Fotosyntetyzujące jednokomórkowce stały się także pożywieniem innych jednokomórkowych organizmów, a w procesach endosymbiozy przekształciły się w cytoplazmatyczne organelle, chloroplasty i mitochondria komórek gospodarzy (Kączkowski 1980; Kopcewicz, Lewak 2019).

Obecność w protoplaście organelli o potencjale enzymatycznym syntezy i uwalniania energii metabolizmu z udziałem ATP zainicjowała ok. 800 mln lat temu specjalizację struktury wielokomórkowych organizmów, a więc roślin i zwierząt, w środowisku oceanów. Do końca okresu prekambryjskiego właściwością obu form życia w tym środowisku była, ukształtowana wcześniej u jednokomórkowców,

zdolność do replikacji pamięci molekularnej DNA i rozmnażania się przez podział komórki z możliwością mutagenezy i ewolucji struktury funkcjonalnej potomstwa (początkowo wielokomórkowych plechowców), a następnie przez specjalizację właściwości struktury komórkowej tkanek i organów. Ten etap ewolucji życia był także okresem rozwoju fizjologicznej kontroli morfogenezy, oceny położenia organizmów względem źródeł pokarmu (np. energii promieniowania Słońca) i wody oraz kontroli wzrostu organów lub ruchu umożliwiających realizację funkcji życiowych. W procesach tych wykorzystany został także funkcjonujący już u jednokomórkowców system orientacji związany z mechanizmem fizjologicznej kontroli przemieszczania kanałów białkowych regulujących wymianę protonów i jonów w błonach komórkowych fosfolipidów.

U roślin w zbiornikach wodnych, ale także u organizmów lądowych jest to zwykle kierunek fototropizmu, a więc będący odwrotnością kierunku grawitacji ziemskiej. Natomiast jest to jednocześnie kierunek określający, zgodnie z wektorem grawitacji, położenie źródła wody na powierzchni lądów i kierunek opadów w atmosferze ziemskiej.

Procesy polaryzacji wzrostu roślin były obiektem badań fizjologów przez wiele lat, ale dopiero w 1974 r. L.P. Jaffe i inni uczeni amerykańscy (Wodzicki 1984) opublikowali wyniki badań dowodzące związku polaryzacji komórek roślinnych z wpływem gradientu grawitacji albo promieniowania światła słonecznego na bazypetalny kierunek przemieszczania kanałów jonowych w fosfolipidowych błonach embrionalnych komórek roślinnych.

Wyniki te dały podstawę do dyskusji o problemach polaryzacji struktury błon cytoplazmatycznych w procesie podziału komórek tkanek twórczych roślin (Wodzicki 1984, 1988, 2001; Wodzicki, Wodzicki 1996). Stanowiły także okazję do omówienia szczegółów procesu organogenezy u roślin lądowych z udziałem fitohormonów (szczególnie auksyny), czyli procesów orientacji rozwoju osi ‘korzeń – korona’ oraz różnicowania systemu przewodzenia wody w drzewach leśnych.

Niemal każdą z omawianych wyżej faz rozwoju struktury organizmów charakteryzują nowe właściwości. U potomstwa organizmów, które doświadczyły jakościowych zmian właściwości struktury, następuje okres testowania różnych form ekspresji tej przemiany w sensie podwyższania skuteczności fizjologicznych czynników homeostazy układu. Są to więc okresy rozwoju zmienności populacyjnej i postępu filogenezy, które są przedmiotem różnych kierunków studiów biologicznych (Hejnowicz 1973, 2002; Kopcewicz 2016).

Z rozważań na temat sukcesji jakościowo nowych właściwości w okresie ewolucji życia, która doprowadziła do rozwoju polaryzacji ciała i osiedlenia się roślin na lądzie wynika, że był to proces przemieszczania kanałów białkowych w błonie komórkowej dzięki wymianie jonowej, szczególnie jonów wodoru i wapnia, między środowiskiem abiotycznym a wnętrzem komórek roślinnych (Hejnowicz 1973, 2002), a szczególnie drzew leśnych (Wodzicki 1984, 1988, 2001, 2004; Wodzicki, Wodzicki 1996).

Podsumowując, podstawowym warunkiem życia na Ziemi jest dopływ energii swobodnej (geotermalnej lub światła słonecznego) i dostęp do źródła pierwiastków: węgla, wodoru, tlenu, azotu oraz śladowych ilości fosforu, siarki, magnezu, żelaza, wapnia, sodu, potasu, jodu itd., a przede wszystkim wody. Wszystkie te wymagania spełniają oceany i inne stałe zbiorniki wody, ale szczególnie korzystne fizyczne warunki rozwoju życie znalazło na lądach w atmosferze gazowej (78% azotu i 21% tlenu) ze względu na obfitość energii światła słonecznego i ewolucję kompleksu białkowo-chlorofilowego autotrofów.

W atmosferze ziemskiej woda występuje w trzech formach – jednak trwale tylko w postaci gazowej, a więc w ułamkowej ilości około tysięcznych części procenta. Pozostałe dwie formy to woda w postaci skroplonej cieczy jako mgła, obłoki lub deszcz albo też w formie krystalicznej płatków śniegu lub gradowych cząstek lodu. Wielkość kropel wody lub cząstek strukturalnych lodu (ciężar) decyduje o ich potencjalnej możliwości opadu na powierzchnię ziemi. Wciąż jednak o formie i ilości opadu decydują warunki termiczne atmosfery zależne od zmienności dobowej lub sezonowej i położenia względem nie tylko odległości od biegunów geograficznych globu, ale też od sąsiedztwa oceanów, wysokości obszaru atmosfery nad poziomem morza, a nawet rzeźby terenu i kierunku dominujących wiatrów.

Rośliny fotosyntetyzujące mogą więc na lądach pozyskać wodę w stanie płynnym w zasadzie (z małymi wyjątkami) dopiero po jej przemieszczeniu z atmosfery na powierzchnię ziemi, gdzie zwykle zostaje zlokalizowana w szczelinach skalnych, glebie lub ostatecznie spływa zgodnie z siłą ciążenia do zbiorników wody w jeziorach, morzach i oceanach (szczególnym przypadkiem jest woda w postaci lodu w rejonach z ujemną temperaturą).

Aby wykorzystać możliwości wydajnej fotosyntezy autotroficznych organizmów w atmosferze gazowej Ziemi, wszelkie formy życia uzależnione zostały od ewolucji struktury funkcjonalnej organów pozyskania wody w stanie ciekłym, a więc z powierzchni lądów.

Ekosystemy leśne na powierzchni lądów, o których strukturze decyduje drzewostan, są zatem najważniejszym układem biologicznym, którego kluczową właściwością jest tworzenie przy powierzchni lądów szerokiej przestrzeni środowiska życia w obszarach atmosfery gazowej naszej planety. Jedynie rośliny drzewiaste w toku ewolucji wykształciły drewno, to jest tkankę wtórną, zdolną zapewnić transport wody do organów fotosyntezy autotrofów na lądzie, zapewniających pokarm dla wielu heterotroficznych lądowych form życia.

Dotyczy to także obszaru strefy korzeniowej drzew, który jest niszowym środowiskiem rozwoju różnych gatunków kręgowców i owadów, ale przede wszystkim bytu symbiotycznych plechowców i mikroorganizmów glebowych. Podsumowując, można określić szerokość fotosfery życia jako obszaru określonego poziomem penetracji korzeni drzew w glebie i wysokością drzewostanu, którego górna granica może być rozpatrywana nawet do wysokości lotu ptaków gniazdujących w lesie.

3. Struktura tkanki drzewnej a właściwości emergentne lasu

W okresie kambryjskim (417–354 mln lat temu) na lądach pojawiły się najpierw grzyby, porosty i wreszcie mszaki, u których w systemie tkankowym różnicowały się pierwsze wydłużone komórki (ksyloidy) przewodzące wodę. Zachowały one jednak wciąż cytoplazmę i nie tworzyły wtórnej ściany komórkowej. Nie różnicowały więc elementów drewna, które po autolizie protoplastu funkcjonują u roślin wyższych jako tkankowy system kapilarny transportu wody z powierzchni ziemi, tak by wykorzystując siłę ssącą transpirujących liści i pokonując opór grawitacji, zaopatrzyć aparat komórkowy fotosyntezy, zlokalizowany w znacznym oddaleniu od poziomu wody gruntowej.

Dopiero niektóre psylofity, a później widłaki, skrzypy, paprocie drzewiaste, sagowce, kordaity i na koniec drzewiaste rośliny nagozalążkowe rozwijały stopniowo tkankę drzewną (ksylem), której komórki przewodzące wodę, tj. cewki oraz elementy strukturalne naczyń, tworzyły zdrewniałą wtórną ścianę komórkową i autolizowały protoplast.

Problemy ksylogenezy były obiektem wielu badań i publikacji (Hejnowicz 1973, 2002; Wodzicki 2001), ale to wyniki badań kambium, zainicjowane przez brytyjskiego lekarza Grewa już w 1682 r. (wkrótce po skonstruowaniu w Holandii mikroskopu), ukazały po raz pierwszy przekroje komórek drewna przewodzących wodę w pniach drzew, które nazwał cewkami i naczyniami analogicznie do nomenklatury przyjętej wcześniej w medycynie (Grew 1965), natomiast Barghorn (1964) – paleobotanik i specjalista w dziedzinie ewolucji roślin drzewiastych – powiązał to wydarzenie z okresem mutacji genetycznej, która umożliwiła syntezę ligniny nadającej ścianie wtórnej komórek drewna potrzebną sztywność przewodu pełniącego funkcje transportowe.

Dla zobrazowania skali problemu transportu wody w drzewach leśnych w procesie transpiracji przytoczono wyniki badań nad pojedynczym egzemplarzem starego dębu wykonanych w ciągu 71 dni w sezonie wegetacyjnym przez badaczy z Oxford Dendrochronology Laboratory – Forest Research pod kierownictwem prof. Grahama Stone'a i prof. Patricka Meira, a zaprezentowanych w programie TV Da Vinci (26.03.2020) przez Dr Georga McGavina. Kilkusetletni dąb „wypił" (jak to określono) 68 822 litry wody w wyniku sumarycznego efektu transpiracji 700 000 liści oraz wyprodukował ponad 230 kg masy w ostatnim słoju drewna.

W toku ewolucji różne formacje taksonomiczne drzew zróżnicowały strukturę i potencjał transportowy elementów komórkowych drewna. Najbardziej pierwotny układ cewek łączonych za pomocą jamek lejkowatych różnicują najstarsze taksony roślin drzewiastych. Drzewa okrytozalążkowe (które ewoluowały później) różnicują rozpierzchło-naczyniowy lub pierścieniowo-naczyniowy typ drewna, gdzie elementy komórkowe łączą się albo przez serię równoległych jamek prostych, albo jednym otworem powstającym drogą całkowitej hydrolizy przegrody poprzecznej między członami naczyń.

Właściwie wszystkie typy tkanki przewodzącej drewna powstają jako wynik aktywności wtórnego merystemu kambium zlokalizowanego na obwodzie pnia i gałęzi drzewa, tworząc słoje przyrostu rocznego odpowiednio do sezonowości zmian warunków klimatycznych w różnych częściach globu lub do wysokości nad poziomem morza. Rezultatem tych sezonowych zmian jest tworzenie słojów, których struktura drewna wczesnego i późnego różni się średnicą promieniową cewek lub frekwencją, rozmiarem, a nawet systemem połączeń między komórkami przewodzącymi wodę.

Sezonowe zróżnicowanie ksylogenezy jest we wszystkich przypadkach zdeterminowane zmiennością warunków transportu wody. Może to być sezonowa zmiana temperatury gleby (źródła wody), powietrza atmosferycznego ograniczająca siłę ssącą transpiracji wody w koronie drzew lub zmieniająca warunki kohezji cząsteczek wody w stanie ciekłym i zdolność adhezji, czyli sił przylegania wody do ścian komórek przewodzących, co zmienia potencjał kapilarności komórek drewna.

W klimacie o małym zróżnicowaniu sezonowym, np. tkanka przewodząca palm tworzy się w systemie wiązkowym dzięki aktywności tylko merystemu wierzchołkowego. Aby transport w drewnie mógł nastąpić, woda musi zostać zaabsorbowana z gleby w procesie osmozy przez żywe komórki włośników (u drzew leśnych często przy udziale grzybów mykoryzowych) i dalej przemieszczając się w gradiencie wartości osmotycznej soku komórkowego tkanki miękiszowej korzeni. Następnie zostaje ona przeniesiona powstałą w tym procesie siłą parcia korzeniowego do komórek drewna. Także siła ssąca, tworząca podciśnienie w rurkach systemu komórkowego tkanki drzewnej transportującej wodę, powstaje dzięki odpowiednio zorientowanemu gradientowi wartości osmotycznej komórek miękiszowych podległych aparatom szparkowym liści.

Tak więc ewolucja transportu wody w drzewach leśnych to rezultat współdziałania wielu sił i procesów kontrolowanych przez zmienność warunków środowiska i interakcji procesów fizjologii komórek, zarówno systemów komórkowych aparatu wymiany gazowej korony, jak i systemu absorpcyjnego korzeni. Żywy organizm rośliny drzewiastej dysponuje wieloma formami reakcji fizjologicznych, a więc ma znaczny potencjał dostosowania systemu tkankowego do zmian czynników środowiska np. takie procesy jak: tworzenie wcistek w naczyniach, izolacja miejsc embolizmu, kontrola funkcji aparatów szparkowych lub regulacja ciśnienia osmotycznego soku wakuolarnego komórek korzeni.

Celem niniejszego opracowania jest głównie teoretyczne uzasadnienie sformułowania koncepcji naukowej definicji emergentnych właściwości lasu jako fotosfery życia w atmosferze Ziemi. Wybrano więc informacje z kilku dziedzin wiedzy, przypominając jednocześnie o niektórych mechanizmach warunkujących życie na Ziemi, a szczególnie o ewolucji procesów gospodarki wodnej drzew leśnych (Zimmermann, Brown 1981; Zimmermann 1983; Tulik 2012).

Warto zastanowić się, na ile jest to także właściwość lasu jako środowiska życia, która zapoczątkowała ewolucję *Homo*

sapiens – bo czyż właśnie środowiska leśne nie tworzyły warunków ewolucji umysłu do stanu samoświadomości? To oznaczałoby także tworzenie środowiska ewolucji potencjału twórczego człowieka – świata idei i kryteriów wartościowania intencji lub wrażeń.

Dotychczasowa wiedza o rozwoju wszechświata pozwala sądzić, że jest to skokowy proces przekazu informacji o potencjale funkcjonalnym rozkładu energii w testowanych sukcesywnie różnych wariantach struktury układu. Znany jest kierunek, ale nie wiadomo, jaki jest sens i czy istnieją granice ewolucji wszechświata (a więc i jej etapów). Ostatnim wiadomym skokiem ewolucji jest stworzenie na Ziemi potencjału twórczego metabolizmu energii we wszechświecie z udziałem przekazu informacji w bilionach wyspecjalizowanych ludzkich komórek mózgowych i potencjału twórczego samoświadomości, możliwym też dzięki stworzeniu coraz doskonalszych systemów pamięci – od pamięci kwantowej i molekularnej do pamięci genetycznej życia w ogóle, a następnie intelektualnych funkcji mózgu człowieka i technicznych (ale nie tylko) osiągnięć kultury. Wydaje się, że istnieją pewne szanse sukcesywnego poznania w przyszłości źródeł potencjału twórczego informacji. Proces ewolucji jest jak pokonywanie marszem dystansu na drodze do celu – odbywa się krokami różnej długości skierowanymi w różnych kierunkach. Tylko niektóre z nich osiągają dystans finalizowany skokiem, który doskonali sposób dalszej wędrówki.

Dyskusja o właściwościach emergentnych lasu, który jest ekosystemem niszowym o najwyższym potencjale zagospodarowania energii i jej krążenia w kosmosie, może być również okazją do komentarza z dziedziny filozofii rozwoju. Wybór właściwości lasu jako fotosfery życia, a nie hydrosfery, wynika stąd, że prawie cała heterotroficzna część niszowej struktury ekosystemów leśnych, czerpiąc wodę przede wszystkim ze zbiorników powierzchniowych, samodzielnie – bez drzewostanu – nie tworzy homeostazy przestrzennego obszaru życia w atmosferze Ziemi. W przyszłości warto poświęcić więcej uwagi kształtowaniu mikroklimatu przez drzewostan w środowisku abiotycznym ekosystemów leśnych, np. wpływowi składu gatunkowego czy zwarcia koron drzew na poziom wilgotności i struktury gazowej powietrza pod okapem lasu.

Podsumowując, około 350 mln lat temu w dewonie, kiedy pojawiły się pierwsze lasy, ekosystemy roślin drzewiastych na obszarach lądowych utworzyły w gazowej atmosferze Ziemi obszerną fotosferę życia. Ekspresja tej właściwości ekosystemów leśnych jest cechą charakterystyczną każdej formacji struktury lasu niezależnie od składu gatunkowego, morfologii ulistnienia, kształtu korony oraz skali przyrostu wysokości drzew zasiedlających różne siedliska uwarunkowane zmiennością struktury, wilgotności gleby i klimatu lub położenia nad poziomem morza. Właściwość tworzenia fotosfery przez lasy na powierzchni lądów dotyczyła więc i dotyczy dziś wszystkich znanych form ekosystemów leśnych powstałych w każdej strefie geograficznej planety Ziemia.

4. Znaczenie niektórych pojęć

Archeony – pierwotne bezjądrowe jednokomórkowce, których odmienny niż u bakterii skład chemiczny błony komórkowej umożliwia życie w wysokich temperaturach. Badania genetyczne w ostatnich latach wykazały, że są one bliżej spokrewnione z eukariontami niż bakterie (a może nawet eukarionty z nich wyewoluowały). Ich DNA jest upakowane w nukleosomach, których rdzeń tworzą białka histonowe. Materiał genetyczny podzielony jest intronami. Jako chemoautotrofy zdolne do redukcji związków siarkowych znane były jako organizmy żyjące w ekstremalnych środowiskach. Obecnie znane są archeony żyjące w bardziej przyjaznych warunkach. Archeony stanowią odrębną od eubakterii gałąź ewolucji.

Endosymbioza – interakcja fizjologiczna, kiedy jeden z partnerów realizuje swój program życiowy we wnętrzu ciała innego organizmu, z korzyścią dla rozwoju obydwu, a nawet warunkując ewolucję nowej formy biologicznej. Endosymbioza jest pochodną ewolucji symbiozy, a więc interakcji ekologicznej formy współżycia organizmów.

Embolizm – synonimy: kawitacja i zapowietrzenie naczyń (Hejnowicz 2002) – przerwanie ciągłości strugi wodnej w systemie przewodzącym komórek drewna. Może to być skutek penetracji powietrza w wyniku uszkodzeń tkanki albo wrastania do wnętrza naczyń czy cewek sąsiadujących z nimi komórek miękiszu drzewnego. Zwykle przyczyną embolizmu jest sytuacja gdy: 1) ujemne ciśnienie przewyższy adhezję wody do powierzchni ściany komórki przewodzącej drewna; 2) pojawią się dostatecznie duże pęcherzyki gazu, zwane zarodkami gazowymi.

Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

Polecana literatura

Barghorn E.S. 1964. Evolution of cambium in geologic time, w: M.H. Zimmermann, The formation of wood in forest trees. New York, Academic Press INC, 3–17.

Damasio A. 2018. Dziwny porządek rzeczy. Życie, uczucia i tworzenie kultury. Rebis, Poznań, 312 s. ISBN 978-83-8062-978-3.

Grew N. 1965. The anatomy of plants (Grew 1682). Rewlings, London 1965, Johnson Reprint New York.

Hejnowicz Z. 1973. Anatomia rozwojowa drzew. PWN, Warszawa, 586 s.

Hejnowicz Z. 2002. Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych: organy wegetatywne. PWN, Warszawa, 980 s. ISBN 8301138254.

Kączkowski J. 1982. Biochemia roślin. Przemiany typowe. T. I. PWN, Warszawa, 451 s. ISBN 8301018658.

Kopcewicz J., Lewak S. 2016. Fizjologia roślin. PWN. Warszawa, 811 s. ISBN 9788301172053.

Lane N. 2016. Pytanie o życie. Energia, ewolucja i pochodzenie życia. Prószyński i S-ka, Warszawa, 432 s. ISBN 9788380692756.

Łagosz M. 2019. Ontologia. Materializm i jego granice. Universitas, Kraków, 396 s. ISBN 9788324235346.

Podgórska T., Sierota Z. 2010. Las – człowiek … człowiek – las. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 130 s. ISBN 978-83-61633-19-8.

Rykowski K. 2006. O leśnictwie trwałym i zrównoważonym. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 231 s. ISBN 9788389744197.

Tulik M. 2012. Anatomiczne parametry przewodnictwa hydraulicznego drewna pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) a proces zamierania drzew. (rozprawa habilitacyjna). Rozprawy Naukowe i Monografie, seria 396, Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 83s. ISBN 978-83-7583-360-7

Wodzicki T.J. 1984. Źródła i rola polarności w układzie roślinnym. Materiały III Ogólnopolskiej Konferencji: Mechanizmy regulacji morfogenezy układów roślinnych. Rogów, 14–15.06.1984. Wyd. Komitet Botaniki PAN, PTB, Katedra Botaniki Leśnej SGGW. ISBN 9788300018963.

Wodzicki T.J. 1988. Systemy informacji pozycyjnej w morfogenezie roślin – wnioski z badań nad polarnym transportem auksyny. Materiały IV Ogólnopolskiej Konferencji: Mechanizmy regulacji morfogenezy roślin. Rogów, 9–10.06.1988. Wyd. Komitet Botaniki PAN, PTB, Katedra Botaniki Leśnej SGGW.

Wodzicki T.J. 2001. Natural factors affecting wood structure. *Wood Science and Technology* 35: 5–26. DOI 10.1007/s002260100085.

Wodzicki T.J. 2004. Auksyna – czynnik komunikacji w procesach funkcjonalnego różnicowania układu ponadkomórkowego rośliny. *Postępy Biologii Kom*órki 31(22): 43–55.

Wodzicki T.J., Wodzicki A.B. 1996. Auxin transport polarity changes in the stem cambial region of *Pinus silvestris* L. associated with ageing, w: Biodiversity protection of Białowieża Primeval Forest, Warsaw – Forest Biodiversity Protection Project, Grant GEF 5/21685 POL.

Zięba S. 2015. Las. Koncepcja emergentystyczna, w: Teraźniejszość i przyszłość badań leśnych. Materiały VIII panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym, Nauka. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 45–52. ISBN 9788362830534.

Zimmermann M.H. 1983. Xylem structure and ascent of sap. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, 146 s. ISBN 978-3-662-22627-8.

Zimmermann M.H., Brown C.L. 1981. Drzewa. Struktura i funkcje. PWN, Warszawa, 399 s. ISBN 8301031646.