

# Wyniki najnowszych badań nad wpływem światła na rośliny.

---

W ostatnich latach okazały się w rocznikach wiedeńskiej Akademii umiejętności dwie rozprawy profesora botaniki Juliusza Wiesnera p. t.

1. Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete.

2. Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen.

Obie rozprawy wywołały w świecie uczonym wielkie zainteresowanie, autor bowiem postanowił zbadać wpływ rozmaitych nateżeń światła na rozmaite rośliny, który to przedmiot nie był jeszcze dotychczas poruszany.

Sama metoda badania, mianowicie sposób, w jaki Wiesner mierzy nateżenie światła, nie jest właściwie nowym, lecz tylko uproszczonym i odpowiednio zmodyfikowanym sposobem, podanym dawniej przez Bunsena i Roscoego. Wyniki jednak badań Wiesnera otwierają nowe pole do studyów, a dla nas leśników mają tę wielką doniosłość, że stwierdzają naukowo niektóre ważne prawidła zdawna nam już znane, a które w praktyce naszej często znajdują zastosowanie. Nie wysnuwając zresztą z prac Wiesnera żadnych daleko idących wniosków, pozostaniemy na razie na stanowisku czysto sprawozdawczem, i o ile to w ramach zwykłego artykułu zmieścić się może, postaramy się przedstawić w krótkości treść ważniejszych ustępów obu rozpraw, pomijając rzeczy mniej leśnika obchodzące.

Jako główne zadanie pierwszej rozprawy, postawił sobie autor, znakomity fizyolog wiedeński, wyjaśnienie, jaki związek zachodzi między natężeniem światła a kształtowaniem się rośliny. Autor przyjmuje jako rzecz udowodnioną, że na rozwój pędów, na wzrost ich, zatem na przyrost, na rozwój liści, na tworzenie się pączków, przeważny wpływ wywierają silnie łamliwe promienia widma słonecznego, t. j. promienie fioletowe, t. z. promienie chemiczne, podczas gdy przyswajanie kwasu węglowego, przekształcanie skrobi, wytwarzanie zieleni, wogóle odżywianie, odbywa się nad wpływem promieni słabo łamliwych, t. j. żółtych i czerwonych. Ponieważ celem badań Wiesnera, jest wysledzenie wpływu stopnia natężenia światła na kształtowanie się rośliny, które zawisło od promieni fioletowych, zatem mierząc natężenie tych ostatnich, możemy wysledzić związek, jaki między natężeniem światła w ogóle, a wzrostem rośliny zachodzi.

Niepodobna w krótkim artykule opisywać sposobu, w jaki Wiesner mierzy natężenie światła, względnie promieni fioletowych, nadmienię tylko, że sposób ten polega na działaniu chemicznem tych promieni na papier, napojony roztworem azotanu srebra i wystawiony na działanie światła, poczem z ilości sekund potrzebnej do osiągnięcia pewnej stałej barwy, oznacza się natężenie światła, względnie promieni chemicznych.

Po opisanu metody, przechodzi autor do rezultatów swoich badań. Zaznacza i licznymi cyframi dowodzi, że natężenie chemiczne światła w pobliżu pojedynczych, choćby jeszcze nieulistnionych drzew, lub na brzegu lasu, jest znacznie mniejsze, aniżeli na całkiem odkrytych stanowiskach. Jako przykład niech posłuży jedno z wielu spostrzeżeń przytoczonych przez Wiesnera:

Gdy chemiczne natężenie światła na miejscu odkrytem i wolnem przyjmiemy = 1, to o sto kroków od brzegu drzewostanu złożonego z dębu (*Quercus Cerris*) i graba, wynosiło ono tylko 0·50, a w cieniu tegoż drzewostanu jeszcze nieulistnionego (spostrzeżenie czynione było w marcu) tylko 0·233. Jeszcze silniejszego ubytku doznaje natężenie światła w koronach ulistnionych drzew. Przyczynę tego zjawiska wyjaśnia Wiesner w następujący sposób:

Wiadomo, że na światło dzienne składają się oprócz bezpośrednich promieni słonecznych, także promienie rozproszonego światła (*diffuses Licht*), powstałe przez odbicie i rozproszenie w najrozmaitszych kierunkach. Bezpośrednie promienie słoneczne, przy-

pływają wprost od słońca w jednym tylko ściśle oznaczonym kierunku, podczas gdy światło rozproszone przypływa w nieskończenie wielu kierunkach ze wszystkich stron sklepienia nieba. Na kraju lasu zatem, choćby on stał w pełnym świetle bezpośrednich promieni słonecznych, natężenie światła musi być mniejsze, aniżeli na całkiem otwartym miejscu, albowiem tam odpada znaczna część rozproszonego światła, zasłoniętego przez ścianę lasu. Naturalnie, że jeszcze więcej osłabione będzie natężenie światła w koronie ulistnionych drzew lub pod cieniem drzewostanu.

Stąd też pochodzi, że drzewa iglaste, okryte zielenią przez cały rok, nie dopuszczając światła do wnętrza korony, rozwijają pączki zawsze tylko na najmłodszych kończynach korony, a nie wewnątrz niej, podczas gdy liściaste, po opadnięciu liści aż do rozwoju ich wykształcać mogą i wewnątrz korony pączki, chemiczne bowiem natężenie światła w porze rozwoju pączków, gdy korona jest pozbawioną liści, nie jest tak osłabione jak w szpilkowych drzewostanach.

W ścisłym związku z tem stoi podrzędna flora lasów liściastych i szpilkowych. Krzewy, tworzące podszewkę lasów liściastych, rozwijają się zwykle wcześniej, niż sam drzewostan, t. j. w porze, gdy jeszcze natężenie chemiczne światła nie jest zbyt osłabione przez ulistnioną koronę. Gdy już korony drzewostanu okryją się liściem, wówczas natężenie światła tak już jest osłabione, że tylko bardzo niewielu gatunkom wystarcza do rozwoju liści.

W lasach szpilkowych, gdzie natężenie światła przez cały rok silnie jest osłabione, flora podrzędna o wiele jest uboższą, niż w liściastych, Zauważyć należy, że fioletowe promienie, działające podług Wiesnera przeważnie na rozwój pędów, pączków i liści, doznają przy przejściu przez korony drzew większego osłabienia, niż mało łamliwe, t. j. żółte i czerwone, te promienie zatem, od których zależy przyswajanie pokarmów i wytwarzanie zieleni, przechodzą przez korony drzew bez wielkiego uszczerbku. Gdy więc tylko liście podszytu się rozwinią, korzystając z nieulistnionej korony, to już późniejsze ocienienie przez liściasty drzewostan nie wywiera ujemnego wpływu i funkcyje odżywcze, jak wytworzenie zieleni i skrobii spełniane być mogą pomimo ocienienia bez przeszkody. To tłumaczy nam poniekąd wielką żywotność podszytu, powstałego z samosiewu u niektórych gatunków. Nieraz widzieć można n. p. jodły, które dziesiątki lat przetrwały pod cieniem starego drzewostanu, prawie bez żadnego przyrostu, o nikłych

pączkach i króciutkich szpilkach, albowiem słaby dostęp fioletowych promieni nie dozwala na wykształcenie lepszych członków, a pomimo tego, życie w roślince trwa ciągle i przyswajanie pokarmów bez przerwy się odbywa.

W drugiej rozprawie przytacza Wiesner badania swoje nad oświetleniem właściwym (specifischer Lichtgenuss).

Wychodząc z zasady, że natężenie chemiczne światła stoi w prostym stosunku do ogólnego natężenia, utrzymuje: że jeżeli natężenie chemiczne pełnego światła wynosi na otwartym stanowisku 0.690, a w pobliżu jakiejś rośliny tam się znajdującej 0.345, to wówczas roślina ta i ze zbiorowego światła dziennego otrzymuje tylko połowę. Jeżeli chemiczne natężenie pełnego światła nazwiemy  $J$ , a chemiczne natężenie w otoczeniu jakiejkolwiek rośliny, w cieniu drzewa, lub lasu i t. p., nazwiemy  $i$ , wówczas ułamek  $\frac{i}{J}$  wyraża nie tylko stosunek chemicznego natężenia, ale również i stosunek ogólnego natężenia światła w obu miejscach. Stosunek ten  $\frac{i}{J} = L$ , nazywa Wiesner „specifischer Lichtgenuss“, co przetłumaczyć można jako „oświetlenie właściwe“.

Jeżeli  $J = 0.756$ , zaś  $i = 0.252$ , wówczas  $L = \frac{0.252}{0.756} = \frac{1}{3}$   $L$  oznacza więc zarazem, z jakiej części pełnego światła dziennego korzysta dana roślina, w powyższym przykładzie korzysta ona tylko z  $\frac{1}{3}$  pełnego światła dziennego.

Po opisaniu metody, omawia autor rozmaite kierunki, w jakich światło padać może na roślinę. Roślina może być oświetlona z góry (najzwyklejszy wypadek), z boku, lub z dołu, przez odbicie promieni słonecznych od podstawy. Ostatni kierunek oświetlenia zauważył autor u krzewu *Lycium barbarum*, którego gęstwina nie dopuszczała światła do skrajnych, łukowato wygiętych pędów; pomimo tego te ostatnie na stronie ku dołowi zwróconej wypuściły pączki i liście.

Górne strony liści, wskutek działania dolnego światła zwrócone były ku dołowi, wychylone zatem zostały ze swego naturalnego położenia. Podobną wrażliwość na oświelenie z dołu zauważył autor u pakłona (*Acer campestre*), u kasztanowca (*Aesculus hippocastanum*) i u wielu roślin zielnych.

W następnym rozdziale omawia autor stosunek światła rozproszonego (diffuses Licht) do bezpośredniego światła słonecznego wewnątrz koron drzew, poczem na podstawie własnych licznych spostrzeżeń, dochodzi do następujących wyników:

Działanie bezpośrednich promieni słonecznych w stosunku do rozproszonego światła wewnątrz koron drzew, nie jest bynajmniej tak wybitne, jak zwykle przyjmowano. W ogólności rozproszone światło jest dla życia roślin o wiele ważniejsze niż bezpośrednie promienie słoneczne, które na drzewa i krzewy jakoteż rośliny w cieniu rosnące działają dopiero po przemianie w światło rozproszone.

Bezpośrednio działające promienie słoneczne o silnym natężeniu, nie przynoszą roślinie żadnej korzyści. Nawet w najbardziej sprzyjających warunkach wegetacyjnych, starają się rośliny przez wzajemne ocienienie i odpowiednie ukształtowanie uniknąć działania bezpośrednich promieni słonecznych i postawić się w takim oświetleniu, które dla nich byłoby najodpowiedniejsze, a tem jest światło rozproszone.

Nawet najbardziej jak je nazywamy „światłoządne“ rośliny unikają działania bezpośrednich promieni słonecznych. Za przykład niech posłuży akacja, która jak wiadomo bardzo wiele wymaga światła. Pomimo tego, każdy zauważyć może, że przed południem, gdy słońce wznosić się poczyna i działanie bezpośrednich promieni światła staje się coraz silniejszym, listeczki pierzaste akacyi wznosić się zaczynają do góry i przybierają kierunek równoległy do padających promieni słonecznych, przez co znacznie osłabiają ich działanie.

Wiesner przekonał się, że akacja wznosić zaczyna listki, gdy natężenie światła wynosi 0·3, zaś kierunek równoległy osiąga listki przy natężeniu 0·6. Podobnie zachowuje się wiele innych roślin. Wreszcie liście drzew położone w obwodzie korony, pozornie zatem wystawione na pełne działanie bezpośrednich promieni słońca, również nie są tak silnie oświetlone, jakby się здаwało. Część bezpośrednich promieni zostaje od powierzchni często lśniących liści odbita, a nadto niektóre liście ocieniają się po części same, zaginając brzegi ku górze, lub ustawiając się podobnie jak u akacyi równolegle do promieni słonecznych.

Warstwa liści leżąca najbliżej pod skrajnymi liśćmi, jest już bardzo mało przez bezpośrednie promienie słońca oświetloną, a do liści leżących głębiej wewnątrz korony, nie dochodzą one nigdy. Wiesner pierwszy zauważył, że górna strona liścia zwraca się zwykle prostopadle do kierunku, skąd przypływa najsilniejsze światło rozproszone. Z tego wynika, że rozproszone światło ma

dla rośliny o wiele większe znaczenie, niż bezpośrednio promienie słoneczne, i od niego też głównie zawisło przyswajanie pokarmów.

Wnioski powyższe mają dla leśnika wielkie znaczenie, przemawiają one bowiem w ogóle biorąc stanowczo na korzyść odnowienia naturalnego za pomocą cięć częściowych. Pod lekkim ocienieniem nasienników znajduje się młodnik w najkorzystniejszych co do oświetlenia warunkach, i ochroniony jest przed działaniem bezpośrednich promieni słonecznych. Drzewa nasze leśne są roślinami towarzyskimi, od najpierwszej młodości wzrastają najchętniej w gromadzie, gdzie wspólnie się ochraniają i ocieniają. Z mojej strony uważam to życie gromadne również jako środek naturalny, mający między innymi na celu ochronę przed działaniem bezpośrednich promieni słonecznych, dlatego sadzenia młodych drzewek, wykonane w odległościach 1·5 lub 2 m (a czasem i więcej) wydają mi się przeciwne naturze większej części naszych drzew leśnych.

W dalszym ciągu przytacza Wiesner rezultaty badań własnych nad oświetleniem, w jakim wzrastają niektóre rośliny. Z pomiędzy wielu roślin zielnych, zasługują na uwagę: przyłaszczka (*Hepatica triloba*) i różne trawy. Przyłaszczkę kwitnącą obserwował Wiesner w drzewostanie bukowym i sosnowym w kwietniu, przyczem stosunek natężenia światła pod cieniem koron (*i*) do natężenia pełnego światła (*J*), czyli jak go nazywamy „oświetlenie właściwe“ (Wiesnera „spezifischer Lichtgenuss“), wynosiło od  $\frac{1}{2}$  do  $\frac{1}{3}$ , zaś przy rozwoju liści od  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{1}{8}$ . Najodpowiedniejszym natężeniem światła dla rozwoju tej rośliny w lesie, okazała się  $\frac{1}{6}$  część pełnego światła, i stwierdziły to doświadczenia czynione nad rozwojem przyłaszczki przy sztucznych zmianach natężenia światła. Okazało się przytem, że najkorzystniejsze natężenie było właśnie to, w którym przyłaszczka w lasach bukowych i sosnowych zwykle występuje.

Trawy w ogóle wymagają wysokiego natężenia światła, co z praktyką zupełnie się zgadza.

Czwarty rozdział o oświetleniu drzew i krzewów umiarkowanej strefy, zawiera najwięcej interesujących szczegółów. Autor śledzi przebieg natężenia światła wewnątrz koron drzew i krzewów, a mianowicie przebieg natężenia w całym życiu drzewa, przebieg natężenia w ciągu okresu wegetacyjnego i w ciągu dnia. Na podstawie bardzo licznych spostrzeżeń, stawia następujące twierdzenia:

Każde drzewo czy krzew, z natury rośnie w młodości w obfitszem świetle. Z wiekiem, w miarę rozwoju korony, natężenie światła wewnątrz niej maleje, wreszcie osiąga pewne minimum, na którym już stale przystaje. Minimum to osiągają nasze drzewostany wówczas, gdy zaczynają się od dołu z gałęzi oczyszczać, wskutek bowiem przybytku nowych organów, natężenie światła się zmniejsza, i stare, najniżej leżące, jako najsilniej ocieniane, nie mogąc wegetować dalej, usychają, i w ten sposób utrzymuje się stale owo minimum natężenia.

Co do przebiegu dziennego, to Wiesner przychodzi do następujących rezultatów:

Natężenie światła w koronie nieulistnionych jeszcze drzew, stoi w prostym i stałym stosunku do natężenia pełnego światła dziennego; w miarę rozwoju liści, natężenie światła wewnątrz korony maleje, a jego stosunek do natężenia pełnego światła dziennego jest zmienny. U drzew, których liście układają się prostopadle do górnego rozproszonego światła, a zatem poziomo, jak to u większej części naszych drzew ma miejsce, stosunek obu natężeń, czyli oświetlenie właściwe, maleje od rana ku południowi, i w południe osiąga swoje minimum, poczem znów wzrasta. Drzewa ustawiające liście równoległe do kierunku najsilniejszego światła, mają w południe wewnątrz korony maximum natężenia (akacya).

W przebiegu rocznym, stosunek natężenia światła w koronie do natężenia pełnego światła (oświetlenie właściwe  $= \frac{i}{j} = L$ ) osiąga swoje minimum wówczas, gdy natężenie pełnego światła jest największe, a zatem podczas przesilenia letniego. Biorąc w ogóle, to z wyjątkiem akacyi natężenie światła w koronie, w stosunku do natężenia pełnego światła tem jest mniejsze, im większem jest to ostatnie.

Poniżej zamieszczamy zestawienie niektórych dat, obliczonych przez Wiesnera; podają one stosunek obu natężeń światła, mierzonych od połowy maja do połowy czerwca w południowej porze, a zatem minimum owego stosunku:

Buk ( <i>Fagus silvatica</i> ) . . . . .	$\frac{1}{60}$
Kasztanowiec ( <i>Aesculus hippocastanum</i> ) . . . . .	$\frac{1}{57}$
Klon pospolity ( <i>Acer platanoides</i> ) . . . . .	$\frac{1}{55}$
Klon jesionowy ( <i>Acer Negundo</i> ) . . . . .	$\frac{1}{28}$
Dąb bezszypułkowy ( <i>Quercus pedunculata</i> ) . . . . .	$\frac{1}{26}$
Sosna austriacka ( <i>Pinus Laricio</i> ) . . . . .	$\frac{1}{11}$
Jesion ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) . . . . .	$\frac{1}{58}$

Z dłuższego szeregu dat podanych przez Wiesnera, przytaczamy te tylko, które się odnoszą albo do zwartych drzewostanów, albo do większych grup. Natężenie światła w koronach ogrodowych, pojedynczo stojących drzew, nie daje jeszcze pojęcia o natężeniu światła w zwartym drzewostanie, dlatego daty, odnoszące się do takich drzew, pomijamy.

Szereg ten jest zupełnie analogiczny szeregowi, w jaki ustawić się dadzą drzewa nasze leśne pod względem wymagań co do światła. U buka, należącego do gatunków najmniej światła wymagających i znoszącego silne ocienienie, wynosi podług Wiesnera natężenie światła w koronie tylko  $\frac{1}{60}$  natężenia pełnego światła. Nalot bukowy zatem kontentuje się  $\frac{1}{60}$  częścią ilości pełnego światła dziennego. Po nim idzie kasztanowiec, klon, dąb, sosna austriacka, a w końcu jesion, jako posiadający w koronie najsilniejsze natężenie światła.

Jeżeli ten szereg porównamy z szeregiem, w jaki długoletnie doświadczenie nauczyło nas ustawiać nasze drzewa leśne pod względem wymagań co do światła, to pomijając kasztanowca i klona jesionowego jako mniej ważne gatunki, otrzymamy następujące porównanie:

*szereg podług Wiesnera:*

buk  
klon  
dąb  
sosna austriacka  
jesion

*szereg w leśnictwie przyjęty:*

buk  
klon  
sosna austriacka  
dąb  
jesion

Różnica między oboma szeregami polega tylko na tem, że gdy w praktyce przyjmujemy dąb jako więcej światła wymagający niż sosna austriacka, to z badań Wiesnera wypadaloby przeciwnie. Nie należy jednak zapominać, że z jednej strony szereg Wiesnera nie jest jeszcze dostatecznie ustalony i brak w nim wielu naszych gatunków drzew, co dopiero bardzo licznymi doświadczeniami na najrozmaitszych siedliskach da się uskutecznić, z drugiej strony, że szereg powszechnie w leśnictwie przyjęty, oparty wyłącznie na empirycznym doświadczeniu, również może posiadać usterki, spowodowane złudzeniem lub niezgodnością indywidualnych zapatrywań. Spodziewać się w każdym razie należy, że badania Wiesnera wprowadzą w dotychczasowe pojęcia o wymaganiach drzew leśnych co do światła więcej naukowej ścisłości,



i że przestarzały i całkiem dowolny podział na „światłożądne“ i „cieniujące“ gatunki ustąpi miejsca ściślejszemu i na fotometrycznych pomiarach polegającemu uporządkowaniu.

Przypatrzmy się teraz ze stanowiska autora, jak się rozwija i żyje podszyt w naszych drzewostanach. Roślina drzewna, rosnąca w cieniu koron, ponad nią się unoszących, odbiera pewną ilość światła z zewnątrz, odpowiadającą (w zwartym drzewostanie) stosunkowi natężenia światła w koronie do pełnego światła dziennego. Jak długo stosunek ten jest większy niż minimalne natężenie światła, w jakim podszyt żyć może, tak długo i podszyt sam żyć będzie. Jeżeli wskutek rozwoju korony natężenie światła maleje, wówczas zbliżać się ono zaczyna do tego minimum, w jakim podszyt jeszcze egzystować może. Równocześnie podszyt starając się wyzyskać ile możności skąpo dopływające światło, wykształca pędy poziomo, a liście rozwija tylko na obwodzie korony, przez co powstają tak charakterystyczne, a każdemu leśnikowi znane formy drzewek rosnących w cieniu; dosyć wspomnieć tu jodełki o krótkim pienku, a daleko rozpostartych gałązkach bocznych, a słabem, przeważnie na brzegach występującem ulistnieniu.

W następnym rozdziale omawia autor wyczerpująco redukcję pędów liściowych przez oświetlenie i inne przyczyny. Wywody te, jakkolwiek interesujące, nie mają dla nas praktycznej wartości, dlatego omówienie ich pomijamy.

W końcu autor porusza jedną dla leśnictwa nader ważną kwestyę, mianowicie wpływ zmian ciepłoty na wymagania co do światła, i przychodzi do następującego twierdzenia: Każda roślina wymaga do życia i rozwoju pewnej sumy ciepła, którą w zwykłych warunkach czerpie ze środowiska, w którym rozwija swoje organa przyswajające. Jeżeli jednak środowisko to wskutek jakichkolwiek właściwości klimatycznych nie daje roślinie wymaganej przez nią sumy ciepła, wówczas dla uzupełnienia brakującej ilości, musi roślina resztę ciepła pobrać od bezpośrednich promieni słonecznych, które w tym tylko jedynym wypadku są dla rośliny wprost korzystne. W takich razach więc ocienienie tamując przyśpę promieni słonecznych, mających działać ogrzewająco, bywa szkodliwe.

Znanem nam jest już oddawna prawidło, że zdolność do znoszenia cienia maleje wraz ze zniżaniem się średniej ciepłoty rocznej, n. p. w miarę posuwania się w góry, a wzrasta, im siedlisko jest cieplejsze. Prawidło to, którego nas nauczyły długoletnie doświad-

czenia, jest więc tem samem, które postawił Wiesner, a wysnuł je, mierząc natężenie światła w otoczeniu różnych roślin w rozmaitych warunkach klimatycznych, i dał nam przekonujące i naukowe wytłómaczenia tego zjawiska.

Mówiąc o wpływie siedliska na wymagania rośliny co do światła, niepodobna nam pominąć właściwości gleby, jakkolwiek Wiesner przedmiotu tego w badaniach swoich nie porusza.

Wiadomo, że zdolność do znoszenia ocienienia tem jest większą, im gleba jest żyzniejsza i wilgotniejsza. Naukowego wytłómaczenia tego zjawiska dotychczas nie mamy, ale przypuszczać należy, że droga badania wskazana przez Wiesnera prędzej czy później doprowadzi do celu.

Zestawiając wszystko, cośmy wyjęli z prac Wiesnera, widzimy, że jakkolwiek tam niema rzeczy uderzających nowością lub oryginalnością poglądów, to przecież są rzeczy żywo leśnika obchodzące i widać, że autor, jakkolwiek nie jest leśnikiem z powołania, to przecież studjuje z zamiłowaniem las i jego naturę, a jako jeden z najznakomitszych fizyologów nowoczesnych, zajrzeć umie głębiej niż kto inny w niejednen tajemniczy proces życia i rozwoju drzew.

Jakkolwiek więc niejedno twierdzenie wygłoszone w pracach Wiesnera znanem jest w leśnictwie od dawna, to bądź co bądź, on pierwszy kwestye te traktował ze ściśle naukowego stanowiska, wyjaśnił niejedno i należy mieć nadzieję, że dalsze badania na tem polu, drogą przez niego wskazaną prowadzone, wyświełtlą i rozwiążą niejedną kwestyę dotychczas wątpliwą lub sporną.