

Jak poradzić sobie w zmiennym oświetleniu?

Na świetle i w mroku

JAN PILARSKI
Instytut Fizjologii Roślin
Polskiej Akademii Nauk, Kraków
j.pilarski@ifr-pan.krakow.pl

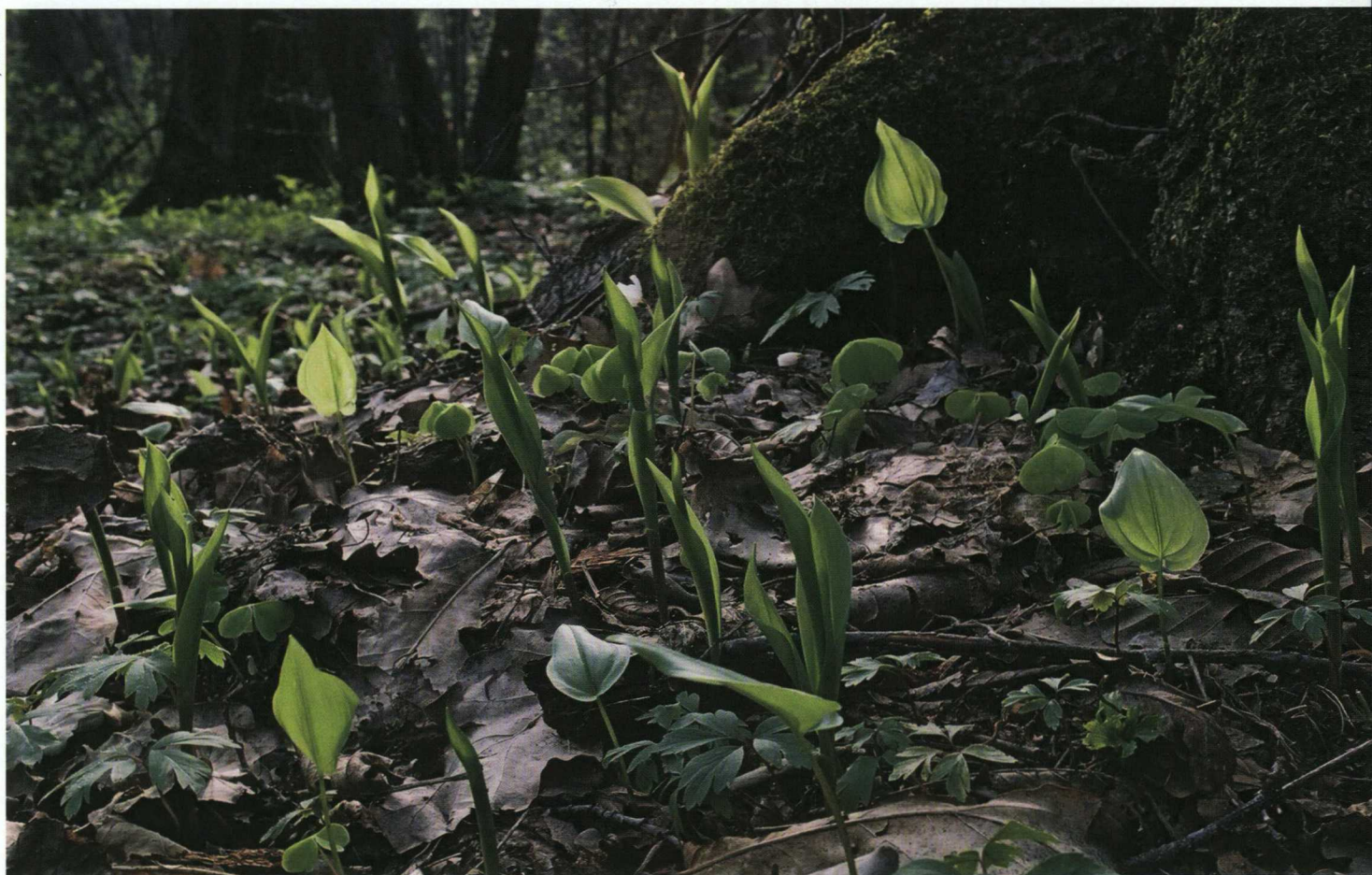
Rośliny żyją dzięki światłu, choć różne gatunki wykorzystują je w odmienny sposób. Ale światło nie jest jedynie źródłem energii – razem z ciemnością dostarcza roślinom cennych informacji

Światło i ciemność mają wielki wpływ na procesy metaboliczne roślin. Ciemność pobudza wzrost roślin, a potrzebną do tego energię uzyskują one z tzw. oddy-

chania ciemniowego, spalając związki organiczne wytworzone na świetle. Oddychanie ciemniowe jest z kolei hamowane przez światło, gdyż rośliny wykorzystują wtedy energię słoneczną uruchamiając proces fotosyntezy. W ciemności i w słabym świetle rośliny rosną intensywnie, szukając silniejszego światła i ustawiają liście tak, by pochłaniać go jak najwięcej. Światło działa hamująco na wzrost roślin i powoduje, że mają one zwartą budowę, mniejsze, grubsze i bardziej zielone liście pokryte większą ilością struktur ochronnych.

Do powierzchni Ziemi dociera promieniowanie słoneczne o długości fali powyżej 315 nm. Ale rośliny wykorzystują do fotosyntezy tylko część widma dostępnego światła. Dlatego fizjolodzy roślin dzielą je na pro-

Krzysztof Kalinski



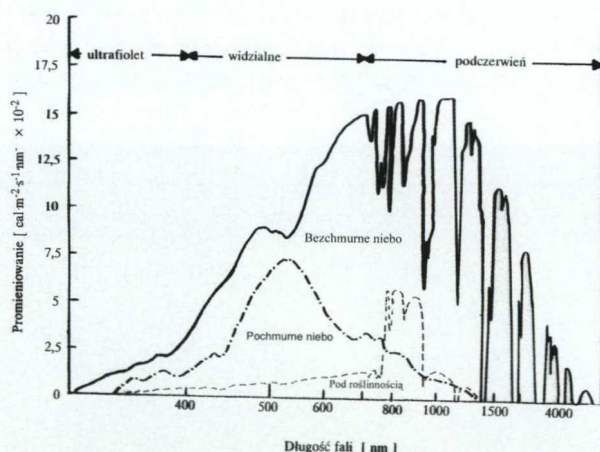
Światło docierające do dna lasu jest nie tylko słabsze, ma także inny skład spektralny. Dzieje się tak m.in. dlatego, że promienie słoneczne przenikają przez liście roślin rosnących wyżej lub odbijają się od nich

Jak poradzić sobie w zmiennym oświetleniu?

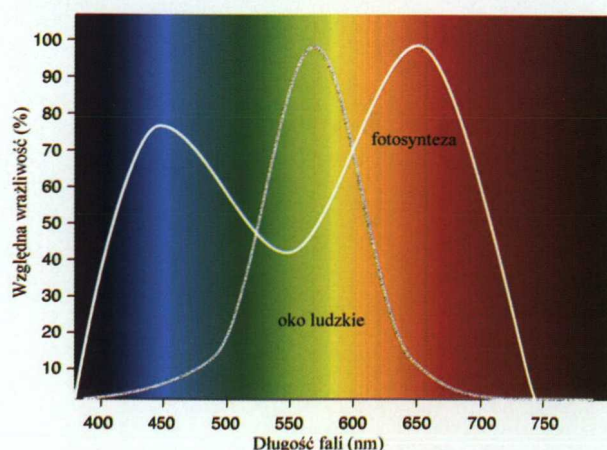
mieniowanie nadfioletowe (ultrafioletowe, UV) w zakresie 315–400 nm, promieniowanie fotosyntetycznie czynne (PAR) mieszczące się w zakresie 400–700 nm oraz promieniowanie podczerwone – powyżej 700 nm. Ilość światła docierającego do rośliny i jego charakterystyka różnią się w zależności od położenia geograficznego, wysokości nad poziomem morza, od pory roku i pory dnia, a także od stanowiska, w jakim żyje roślina. Niektóre z tych czynników były badane podczas prac prowadzonych w naszym instytucie.

Światło wykorzystane i stracone

Promieniowanie słoneczne w czasie przechodzenia przez atmosferę Ziemi ulega częściowemu pochłanianiu, odbijaniu i rozpraszaniu, w wyniku czego jego skład przy powierzchni Ziemi zmienia się bardzo w zależności od pory dnia i roku. Podczas pomiarów stwier-



Spektrum światła słonecznego różni się znacznie w zależności od pogody i warunków środowiska



Rośliny nie wykorzystują w jednakowym stopniu wszystkich długości fali promieniowania słonecznego. Ich czułość różni się też od wrażliwości ludzkiego oka

dziliśmy, że latem, po wschodzie słońca, światło zawiera dużo promieniowania podczerwonego, powyżej 700 nm, a bardzo mało promieniowania poniżej 400 nm, natomiast w miarę podnoszenia się Słońca wzrasta udział promieniowania w zakresie PAR i promieniowania UV. Do godzin południowych (11.00–15.00) natężenie i skład światła nie zmieniają się znacznie, po czym w miarę obniżania się Słońca następują zmiany w składzie i natężeniu napromieniowania przeciwne do obserwowanych rano. Zimą, ze względu na ogólnie małą wysokość Słońca ponad horyzontem, intensywności promieniowania są niewielkie.

Energia promieniowania słonecznego absorbowana przez rośliny zielone jest w procesie fotosyntezy częściowo przetwarzana na energię chemiczną, w wyniku czego powstają związki organiczne (produkty fotosyntezy) stanowiące materiał budulcowy i źródło energii. Głównym miejscem fotosyntezy są liście. Nasze badania wykazały, że promieniowanie słoneczne w zakresie PAR, padając na liście, ulega w około 10% odbiciu od ich powierzchni. W czasie wnikania w głąb liścia ulega pochłanianiu około 85%, a pozostałe 5% przechodzi przez liść. Odbicie od powierzchni liścia może wzrosnąć do 20–50% w przypadku grubego pokrycia woskiem lub np. występujących na powierzchni liścia wykwitów soli. W zakresie promieniowania podczerwonego 700–1100 nm liście odbijają około 40–60%.

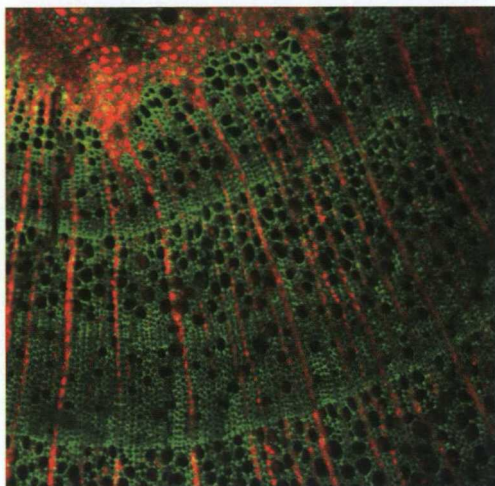
Tak osłabione promieniowanie, wnikając do nadziemnych części roślin, ulega stopniowej absorpcji w miarę przenikania przez kolejne komórki. Promieniowanie PAR pochłaniane jest głównie przez barwniki fotosyntetyczne: chlorofile i karotenoidy, a w zakresie podczerwonym przez wodę. Maksimum absorpcji barwników fotosyntetycznych mieści się w zakresie fioletowo-niebieskim 400–500 nm i w zakresie pomarańczowo-czerwonym 600–700 nm, a wody w zakresie 900–1100 nm.

Pochłanianie liścia

Zaabsorbowane promieniowanie PAR w 90% ulega rozproszeniu w postaci ciepła, 2% emitowane jest w postaci fluorescencji, 1–5% jest wykorzystane w procesie fotosyntezy i 3–7% jest wykorzystane w innych procesach fotobiologicznych. Tak więc średnio jedynie 1–2% docierającej do Ziemi energii słonecznej ulega związaniu w biomasie roślinnej.

W liściach zielonych widmo absorpcji promieniowania pokrywa się z widmem pochłaniania barwników fotosyntetycznych. Ich absorpcja w zakresie PAR sięga około 90%. Grubość liścia nie ma większego znaczenia dla tego parametru. Za to warunki świetlne wpływają na wykształcenie blaszki liściowej oraz na zawartość i skład barwników oddziałujących również na absorpcję promieniowania przez liść. Liście z nasłonecznionej

Rośliny nie tylko pochłaniają, ale także wytwarzają promieniowanie w formie fluorescencji (widać to obok na zdjęciach mikroskopowych tkanek roślin)



Jan Pilarski

części korony drzewa absorbują więcej promieniowania w porównaniu z liśćmi ocienionymi pochodzącymi z jej z wnętrza.

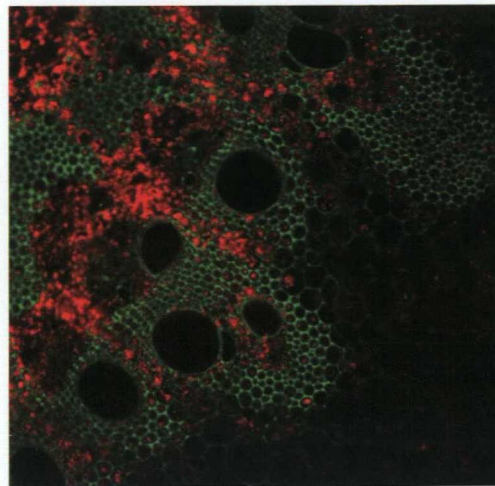
W zakresie podczerwieni pochłanianie promieniowania przez liście zależy od ich grubości i zawartości wody, dlatego absorpcja liści cienkich jest mniejsza niż liści grubych. Badany przez nas liść szczawika bulwiastego (*Oxalis tuberosa*) o grubości 0,1 mm absorbuje jedynie 3% tego promieniowania, natomiast sansewieria gwinejska (*Sansevieria trifasciata*) o grubości 0,8 mm aż 26%.

Promień informacji

Promieniowanie niepochłonięte przez liść wychodzi na zewnątrz. Podczas doświadczeń wykazaliśmy, że transmisja promieniowania przez liść zielony w zakresie PAR jest niewielka, wynosi kilka procent i charakteryzuje się małą zawartością promieniowania w zakresie 400–500 i 600–700 nm, a większą w zakresie 500–600 nm. Transmisja liści żółtych jest większa i wynosi 30–40%. Duże odbicie i małe pochłanianie przez liście promieniowania powyżej 700 nm zapobiega przegrzewaniu się rośliny.

Skład spektralny promieniowania docierającego do liści w zbiorowisku roślinnym zmienia się z wysokością nad ziemią. Do liści górnych partii roślin dociera bezpośrednie promieniowanie słoneczne, natomiast do liści położonych niżej dociera zmienione spektralnie promieniowanie rozproszone z dużym udziałem promieniowania transmitowanego przez liście wyżej położone.

W wyniku pochłaniania promieniowania rośliny same stają się jego źródłem, emitując promieniowanie w postaci fluorescencji, czyli emisji promieniowania o określonej długości fali, w wyniku absorpcji promieniowania pochodzącego z obcego źródła. Promieniowanie fluorescencji ma zwykle większą długość fali (mniejszą energię) niż promieniowanie pochłonięte. Niektóre składni-



Jan Pilarski

Niektóre składniki komórek wykazują szczególną zdolność do fluorescencji: chlorofil emituje światło czerwone, a ściany komórkowe – zielone

ki komórek wykazują zdolność do fluorescencji: chlorofil emituje światło czerwone, a ściany komórkowe zbudowane głównie z celulozy emitują światło zielone. Fluorescencja chlorofilu jest obecnie często wykorzystywana w badaniach nad fotosyntezą, ponieważ pozwala ocenić sprawność aparatu fotosyntetycznego i umożliwia prognozowanie wielkości plonów rolniczych w różnych rejonach świata, do czego wykorzystywane są zdjęcia satelitarne.

Ale światło to nie tylko energia. Razem z ciemnością stanowi dla rośliny źródło informacji. Promieniowanie w zakresie 660–730 nm bierze udział w reakcji roślin na dobowe zmiany dnia i nocy, czyli fotoperiodyzm. To właśnie informacja o odpowiedniej długości dnia i nocy sprawia, że rośliny przechodzą z fazy wegetatywnej do generatywnej i kwitną. Rośliny dnia krótkiego (np. chryzantemy) kwitną wiosną lub jesienią, gdy dzień jest krótszy niż 10 godzin. Rośliny dnia długiego kwitną, gdy światło dociera do nich dłużej, niż przez 14 godzin. Należą do nich zboża i wiele roślin warzywnych jak sałata, szpinak, rzodkiewka itp. W Polsce często konieczne jest doświetlanie upraw szklarniowych, prowadzonych w okresie wiosny lub jesieni. Niestety, nadal nie potrafimy jeszcze budować lamp wysyłających światło dokładnie trafiające w fotosyntetyczne potrzeby roślin. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Pilarski J., Rajba K. (2004). Measurement of light gradient in plant organs with a fiber optic microprobe. *Acta Physiol. Plant.* 26: 405-410.
- Pilarski J., Kocurek M. (2005). The content of photosynthetic pigments and the light conditions in the fruits and leaves of sweet pepper. *Acta Physiol. Plant.* 27: 173-182.
- Tokarz K., Pilarski J. (2005). Optical properties and the content of photosynthetic pigments in the stems and leaves of the apple-tree. *Acta Physiol. Plant.* 27: 183-191.