

# Jak rostliny mění světelné podmínky ve svém okolí

Hana Skálová

V místech, kde rostliny nacházejí dostatek vody a minerálních živin, nestrádají extrémními teplotami, větrem ani dalšími nepříznivými vlivy, vznikají často husté porosty. V takových porostech však bývá většinou značný nedostatek fotosynteticky aktivního záření. Ve spodních patrech některých porostů je tak růst rostlin silně omezen nebo dokonce zcela znemožněn. Rostliny během evoluce vyvinuly mechanismy, které jim umožňují se alespoň částečně vypořádat se stínem sousedních rostlin. Pro tento problém existují dvě zásadní řešení: tolerance horších světelných podmínek nebo únik ze zastíněných míst.

Část rostlin, rostliny stínobytné, jsou všestranně přizpůsobeny k růstu na zastíněných stanovištích. Typickými zástupci této skupiny jsou bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*), netýkavka nedůtklivá (*Impatiens noli-tangere*), česnáček lékařský (*Alliaria officinalis*), štavel kyselý (*Oxalis acetosella*). Aby zde mohly úspěšně přežít, disponují množstvím různých adaptací: morfologickými (např. široké tenké listy), anatomickými (tenká pokožka, menší počet buněk na jednotku objemu pletiva a velké mezibuněčné prostory), metabolickými (fotosyntetický aparát účinně pracuje při malých dávkách záření, ale při zvyšujícím se ozáření bývá brzy saturován; jejich dýchání je pomalejší). Na druhé straně rostliny slunobytné vyžadují pro svůj růst vyšší dávky záření. Sem patří např. vrbovka úzkolistá (*Epilobium angustifolium*), šalvěj luční (*Salvia pratensis*), merlík bílý (*Chenopodium album*), starček obecný (*Senecio vulgaris*). Většina těchto rostlin má také mechanismy, které jim umožňují, aby se alespoň částečně ze stínu okolní vegetace dostaly. Jednoduše řečeno jsou schopny převýšit ostatní rostliny a umístit tak své listy do vrchních pater porostu, kde bývá světla podstatně více než ve spodních patrech.

Velká část rostlin různou měrou kombinuje obě tyto strategie: ve stínu sousedních

rostlin dochází ke zrychlení prodlužovacího růstu svisle orientovaných orgánů, především stonků, ale i k vývoji stínobytného přizpůsobení. V rámci jedné rostliny tak může např. dojít k vytvoření dvou mezních typů listů — slunobytných a stínobytných — v závislosti na tom, ve které části rostliny, tedy v jakých světelných podmínkách, se nacházejí. Existují též rozdíly mezi jednotlivými rostlinami téhož druhu. Na stanovištích s odlišným zastíněním nacházíme populace s mírou adaptace odpovídající stupni zastínění. Tyto dědičné rozdíly v reakci na zastínění byly pozorovány jak u fotosyntetického aparátu, tak u prodlužovacího růstu.

Proces adaptace začíná příjmem signálu vypovídajícího o stavu okolního prostředí a končí odpovídající reakcí rostliny. Tímto signálem je právě (a jak také jinak) světlo a jemu blízké záření. Proto se budeme podrobněji zabývat popisem radiačních podmínek na Zemi a v porostech rostlin.

## Charakteristika slunečního záření a jeho změny při průchodu vegetací

Světlo je záření vlnové délky 390–760 nm, které je viditelné lidským okem. Pro rostliny je velmi důležitá poněkud užší část spektra, záření vlnové délky 400–700 nm, jehož energii využívají při fotosyntéze (tzv.

fotosynteticky aktivní záření). Růst rostlin je významně ovlivněn i zářením blízkých vlnových délek 280–800 nm.

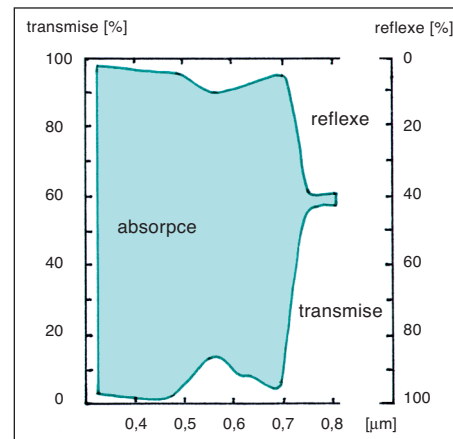
Energie slunečního záření dopadajícího na vnější hranici zemské atmosféry je 1,39 J/m<sup>2</sup>.s (= solární konstanta). K zemskému povrchu se však dostává jen asi 47 % z tohoto záření (tj. asi 0,65 J/m<sup>2</sup>.s). Je to způsobeno jednak odrazem záření od atmosféry zpět do vesmíru a jednak jeho pohlcováním atmosférou. Většinu záření velmi krátkých vlnových délek (UV) pohlcuje ozonová vrstva. Záření v blízkosti vlnových délek 688 a 762 nm je pohlcováno kyslíkem a záření v blízkosti vlnové délky 723 nm molekulami vodní páry. Pokles energie záření dopadajícího na zemský povrch je tedy silně závislý na hustotě oblaků. Při plně zataženém obloze dopadá na zemský povrch pouhá desetina záření, které tam dopadá za jasného počasí.

Část záření dopadá na zemský povrch přímo (asi 63 %), zbytek představuje záření rozptýlené částicemi atmosféry, především oblaky. Spektrální složení obou těchto složek je odlišné — rozptýlené záření obsahuje relativně více modré složky (vlnové délky mezi 400 a 500 nm). Při zataženém obloze klesá podíl přímého záření a roste podíl rozptýleného záření. Tím dochází k mírnému zvýšení podílu modrého záření. Další změny s sebou přináší denní pohyb Země kolem Slunce. Čím Slunce stojí na obloze výše, tím na zemský povrch dopadá více záření. Při západu Slunce záření nejen ubývá, ale dochází i k mírným změnám v jeho spektrálním složení, především k nárůstu podílu červeného záření (nad 640 nm).

Záření se při dopadu na rostliny zčásti odráží, část záření rostliny pohltní a zbytek rostlinami prochází (obr. 1). Většina UV záření, které na rostliny dopadá, je absorbována kutikulárními a korkovými vrstvami pokožkových pletiv. Tím se eliminuje jeho škodlivý účinek. Energií záření vlnové délky 400–700 nm využívají rostliny při

*Druhově chudá louka s převahou trav smilky tubé (Nardus stricta) a metličky křivolaké (Avenella flexuosa) srovnatelná s typem 1 z měření (viz obr. 2), vlevo ♦ Vpravo degradační stadium druhově chudého porostu s vysokým zastoupením rdesna hadího kořene (Bistorta major), typ 2 na obr. 2. Blíže v textu*





Vlevo druhově bohatá louka s vysokým podílem dvouděložných rostlin srovnatelná s typem 3 z měření (viz obr. 2). Snímky V. Hadincové ♦ Obr. 1 Relativní velikosti odrazu (reflexe), propustnosti (transmise) a pohlcování (absorpce) záření u listu topolu v závislosti na vlnové délce dopadajícího záření, vpravo. Podle D. M. Gattese (1965), převzato z W. Larchra (1988), upraveno. Kreslil S. Holeček

Tab. Orientační hodnoty poklesu celkového množství fotosynteticky aktivního záření — FAR (přesněji hustoty toku fotonů) i poměru krátkovlnného a dlouhovlnného červeného záření (R/FR) ve vybraných typech porostů. Poměr R/FR v denním světle mimo vegetaci dosahuje hodnoty okolo 1,15.

druh porostu	množství FAR [%]	R/FR
opadavý les — zima	50-70	0,4-1,0
opadavý les — léto	10-20	0,1-0,8
neopadavý jehličnatý les	až 1% i méně	0,15-0,8
tropický deštný prales	až 1% i méně	0,2-0,8
mokré kosené louky mírného pásma	10	0,3
horské louky mírného pásma	20-30	0,55-0,85

fotosyntéze. Nazývá se proto fotosynteticky aktivní záření (radiace); bývá běžně označované jako FAR nebo PAR. Absorpční maxima dvou nejčetnějších fotosyntetických pigmentů, chlorofylu a i chlorofylu b, leží v oblasti modrého a krátkovlnného červeného záření. Proto také listy nejsilněji pohlcují záření v těchto oblastech: 400-500 a 650-710 nm.

Záření, které není absorbováno, se od vegetace buď odráží, nebo jí prochází. Odražené a procházející záření má podobné spektrální složení. Ve spodních patrech vegetace dochází tedy obvykle k úbytku celkového množství záření, ale i ke změně jeho spektrálního složení.

Modré záření (označované jako B, vlnová délka 380-450 nm), krátkovlnné červené záření (R, v blízkosti vlnové délky 660 nm) a dlouhovlnné červené záření (FR, v blízkosti vlnové délky 730 nm) slouží jako signály, které vypovídají o světelných podmínkách v okolí rostliny a vyvolávají její reakce. Modré záření vyvolává u krytosemenných rostlin především pohybové reakce — např. fototropismus (ohýbání ke světlu). Červené záření, lépe řečeno změny poměru R/FR, vyvolává u rostlin celou řadu dlouhodobých nevrátných změn (klíčení semen, prodloužení lodyh a řapíků, změny ve větvení, kvetení). Následkem silnější absorpce R zelenými částmi rostlin dochází v jejich blízkosti k citelnému poklesu R/FR. Tento poměr je velmi citlivým ukazatelem a je oním důležitým signálem, pomocí kterého rostliny přítomnost svých rostlinných sousedů vnímají. Vzhledem k tomu, že k poklesu R/FR nedochází jenom v záření, které prošlo vegetací, ale i v záření od vegetace odraženém, vypovídá tento signál o přítomnosti sousedních rostlin dříve, než se projeví snížením množstvím fotosynteticky aktivního záření.

Záření ve spodních patrech vegetace se skládá ze dvou složek: nefiltrovaného slunečního záření (přímého i rozptýleného), které proniká mezerami v porostu, ze záření filtrovaného a odraženého porostem. Čím méně je v porostu nefiltrovaného záření, tím jsou změny v množství a spektrálním složení záření větší. Množství záření, které porostem projde, závisí především na hustotě a výšce porostu. Významnou roli hraje dále struktura porostu, především orientace rostlinných orgánů, listová plocha a druhové složení porostu, a obsah chlorofylu. Důležitým faktorem je i počasí. Zatažená obloha má za následek zvýšení podílu rozptýleného slunečního záření, které lépe proniká mezerami do porostu. Dochází tak ke zmenšení relativního poklesu množství záření v porostu, a v některých porostech (u husté smrciny) může dokonce nastat situace, kdy do jejich spodních pater při zatažené obloze proniká více záření než za jasného slunečního dne. Spektrální složení záření v porostu a s ním i míra poklesu R/FR je při zatažené obloze méně ovlivněno.

Vliv struktury a biomasy porostu na radiční podmínky vyniknou nejlépe na praktickém příkladu. Obr. 2 ukazuje radiční poměry a rozložení biomasy ve třech typech porostů na luční enklávě Severka v Krkonoších (viz foto). Ve všech třech porostech dochází směrem k zemi k postupnému poklesu R/FR. V závislosti na celkové hustotě (biomase) a struktuře porostů nacházíme v přízemní vrstvě jednotlivých porostů různé R/FR. Číslo 1 označuje poměrně řídký nízký porost s převahou trav s velmi úzkými listy: smilky tuhé (*Nardus stricta*) a metličky krivolaké (*Avenella flexuosa*). Další druhy jsou převážně trávy; dvouděložných rostlin je v porostu málo. V tomto typu porostu nacházíme nejnižší

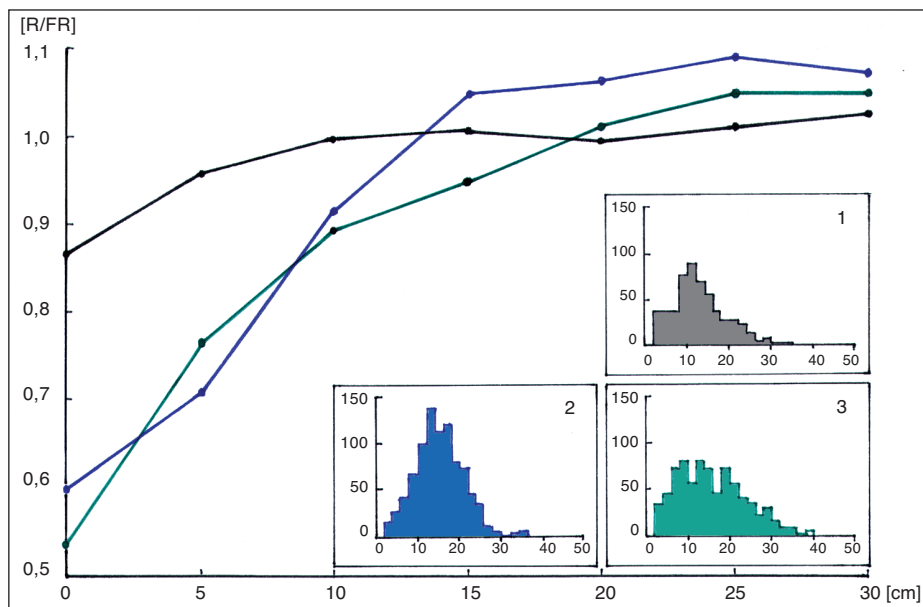
pokles R/FR. Kromě toho, že je poměrně řídký, záření do něj dobře proniká mezi šikmo orientovanými listy trav.

Porost č. 2 vznikl degradací prvního porostu poté, co přestala být louka pravidelně obhospodářována. Během několika let prudce přibývalo rdesna hadího kořene (*Bistorta major*). Tato dvouděložná širokolistá bylina se v horských loukách běžně vyskytuje, ale sekání brání jejímu rozrůstání. Povšimněte si, že v porostu s vysokým zastoupením rdesna dochází k prudkému poklesu R/FR zejména v úrovni, kde se nacházejí jeho listové čepele. Ve vzdálenosti okolo 15 cm od země vytvářejí listy jakýsi baldachýn, pod který proniká tak málo záření, že silně brzdí, až znemožňuje růst ostatních druhů.

Porost číslo 3 se nachází v blízkosti dvou předcházejících, ale na půdě bohatší živinami. V tomto druhově bohatém porostu dominují vyšší robustnější trávy a vyskytuje se v něm větší množství dvouděložných rostlin než v prvním porostu. Biomasa je zde rovnoměrněji rozložena, což má za následek pozvolnější, i když co do rozsahu srovnatelný, pokles poměru R/FR jako v porostu č. 2.

Měření v porostech, které propouštějí srovnatelné množství FAR, naznačují, že druhové složení ovlivňuje spektrální složení záření v porostu. Tyto výsledky potvrzují i měření na izolovaných listech ve spektrofotometru. Např. listy smilky tuhé (*N. stricta*) absorbují mezi 350 a 800 nm celkem rovnoměrně, zatímco listy tomky alpské (*Anthoxanthum alpinum*) vykazují výrazná absorpční maxima v oblasti do 500 nm (modré záření) a v oblasti okolo 670 nm (krátkovlnné červené záření, R). Měření v horských lučních porostech ukazují, že v místech, kde převažuje tomka, dochází k podstatně většímu poklesu hodnot R/FR než v místech s převahou smilky.

Jak je vidět, radiční podmínky v rostlinných porostech jsou značně různorodé. Vedle popsané prostorové heterogenity je tu však i heterogenita časová. Ta má hned několik úrovní i příčin. Radiční podmínky v porostu odrážejí stav nad porostem. O vlivu oblačnosti na množství i kvalitu záření nad porostem i v porostu už byla

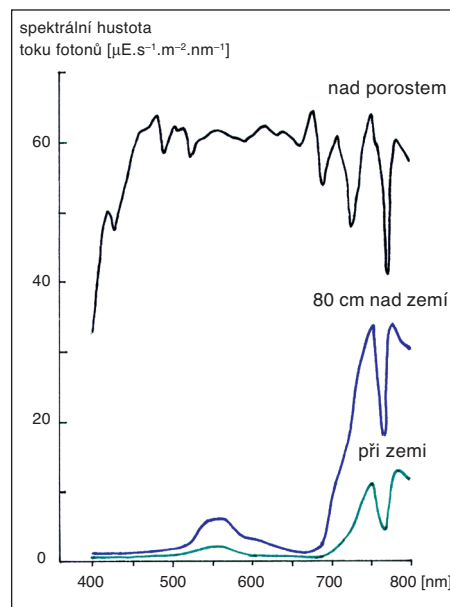


řeč. K dalším změnám dochází tím, jak se Slunce pohybuje po obloze. Vedle již dříve popsaných změn se mění i úhel dopadu slunečních paprsků a posouvají se místa, kam dopadají stíny jednotlivých listů a dalších rostlinných orgánů. Velmi rychlé změny také způsobuje vítr tím, že pohybuje rostlinami a mění tak strukturu porostu a tím i místa dopadu stínů.

Dalším faktorem, který velmi silně ovlivňuje radiční podmínky uvnitř porostu, je samotný jeho růst a vývoj. U porostu pšenice vysokého 5–10 cm je již patrný nárůst relativního podílu FR. Jak porost roste, snižuje se množství propouštěného záření a prohlubují se minima v oblasti modrého

a krátkovlnného červeného záření. Je to podobná situace, jako když se měří v různých výškách porostu (obr. 3). Podobně jako poměr R/FR klesá i celkové množství FAR. Stejně se tyto charakteristiky mění při nárůstu listové plochy porostu (LAI). Jak se porost během růstu zahušťuje nebo raší další listy (roste LAI), proniká do spodních vrstev porostu stále méně záření a klesá i R/FR. Na druhé straně stárnutí rostlin a opad listů má za následek zlepšení radičních podmínek. V nejbližším okolí odumřelé rostliny či padlého stromu citelně roste FAR i R/FR.

Z četných pokusů je zřejmé, že rostliny jsou schopny reagovat jak na snížení množství dopadajícího záření, tak i na změnu jeho



Obr. 2 — vlevo. Pokles poměru R/FR ve třech typech porostu na luční enklávě Severka v Krkonoších. Tři vložené malé grafy ukazují rozložení biomasy do jednotlivých vrstev nad zemí. Na ose x všech obrázků je vzdálenost od země (cm), osa y vložených obr. udává relativní hustotu porostu. Čísla 1–3 (u malých grafů, křivky ve stejné barvě) odpovídají třem popisovaným typům porostů (podrobněji viz text a foto) ♦ Obr. 3 Změna kvantity a kvality záření při průchodu porostem pšenice, vpravo. Upraveno podle M. G. Holmes a H. Smithe (1977), kreslil S. Holéček

spektrálního složení. Reakcemi rostlin na popsané změny radičních podmínek se proto budeme zabývat v následujícím článku.

## Hvězdky — ozdoba lesů

Jiří Baier

Při troše štěstí mohou houbaři i mykologové objevit při návštěvě lesa podivuhodné houby, které díky tvarovým změnám během vývoje plodnice, nesly dříve označení proměny. Pro tvarovou podobnost s mořskými živočichy dostaly později český název hvězdice, z něhož poté vzniklo rodové označení hvězdkovka (*Geastrum*), které se používá dodnes.

Hvězdkovité (*Geastraceae*) patří do řádu pýchavkotvarých (*Lycoperdales*), třída břichatky (*Gasteromycetes*). Do této čeledi se řadí také zmíněný rod hvězdkovka (*Geastrum*), zahrnující v celosvětovém měřítku kolem 50 druhů. Toto číslo není konečné. Vzhledem k tomu, že hvězdkovky rostou ve všech světadílech mimo Antarktidu, lze předpokládat, že řada druhů nebyla ještě objevena. Většina z nich roste na humózných substrátech. Plodnice je v raném stupni vývoje malá, kulovitá, částečně zapuštěná do země. Výtrusy se vyvíjejí

uprostřed plodnice v kulovitým útvaru připomínajícím malou pýchavku. Aby byla zajištěna ochrana proti různým škůdcům a vyschnutí, kryje tuto nejdůležitější část plodnice několik obalů — okřovek. Vnější obal má za úkol v době zrání vyzvednout plodnou část nad povrch substrátu — rozpukne se na několik laloků, které vzporem vytlačí plodnici z lesního humusu.

Zmínky o pozorování této zajímavé skupiny hub nacházíme např. v pracích Cordy, Krombholze, Bernarda, Velenovského, Kučery, Reisnera, Smotlacha, Palečka, Staňka, Kotlaby, Pouzara a dalších. V. J. Staněk uveřejnil řadu článků v Časopise československých houbařů a v České mykologii a zpracoval přehled hvězdekovek pro první svazek Flóry ČSR — *Gasteromycetes*. Z pera V. J. Staňka se tak dostalo na světlo světa dílo, které přehledně zpracovalo hvězdkovky rostoucí na území ČR a SR. Autor doplnil práci skvělými fotografiemi,

ukazujícími variabilitu jednotlivých druhů a předvedl tak houbařské veřejnosti taje této skupiny hub. Měl jsem to veliké štěstí, že jsem V. J. Staňka osobně poznal a jako mladý člen Československé mykologické společnosti se stal jeho žákem. Zasloužil se do tajů mykologické fotografie a naučil rozlišovat jednotlivé druhy.

Na několika příkladech si ukážeme, že hvězdkovky skutečně tvoří ozdoby naší mykoflory. Vybrané druhy vynikají svou velikostí a nápadností, hvězdkovka Pouzara patří mezi naše nejzajímavější hvězdkovky.

### Hvězdkovka červenavá (*Geastrum rufescens*, syn. *G. vulgatum*)

Najdeme ji jak ve smrkových monokulturách, tak v jedlových i borových porostech. Řidčeji roste v listnatých lesích hlavně pod duby, buky a habry. Roztroušeně se vyskytuje na celém území ČR, jejím areálem je Evropa, Severní a Střední Amerika. Na podzim od srpna do listopadu ji někdy nalezneme ve větších skupinách dokonce i na starých trouchnivých pařezech jehličnatých stromů. U plodnic vyrostlých v listopadu můžeme pozorovat mrazové formy s komůrkovitě rozpukanou masitou vrstvou.

Mladá uzavřená plodnice je podzemní, kulovitá, nahoře mírně zašpičatělá, 3–5 cm široká, pokrytá myceliovou vrstvou, která se při dotyku snadno odloupe a plodnice začíná intenzivně červenat. Vnější okřovka puká přes polovinu šířky plodnice v 5–9