



Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální biologie rostlin



9.6.2014, v Praze

Posudek oponenta na disertační práci (DsP)

Autor DsP: RNDr. Jiří Kubásek

Název práce:

Fotosyntéza, produkce a růst rostlin při časově proměnné ozáření

Posudek vypracovala: prof. RNDr. Jana Albrechtová, Ph.D.

Předkládaná práce je zaměřena na téma vlivu dynamické ozáření na fotosyntézu, růst a netěsnost pochev cévních svazků C4 rostlin a na fotosyntézu mechorostů. Původní tři vědecké práce, kterými je uchazeč prvním autorem přináší řadu velmi zajímavých výsledků. Za velmi zajímavý příspěvek považují průkaz, že časově proměnná ozáření je pro rostliny s C4 typem fotosyntézy využitelná obtížněji, než pro rostliny s C3 typem fotosyntézy, což může mít v době globální klimatické změny dopady na úrovni globální. Za velmi originální je také možné považovat výsledek, že dynamický světelný režim zvyšuje podíl CO₂ unikajícího z pochev cévních svazků – práce Kubásek et al. 2007 je velmi bohatě citována. Práce Kubásek a kol. (2014) přináší rozšíření a potvrzení výsledků již publikovaných o fotosyntetickém přizpůsobení mechorostů k různým podmínkám ozáření. Význam této práce tkví v porovnání řady druhů mechorostů rostoucí v kontrastním světelném klimatu a za různé hydratace stélek/rostlinek. Vzhledem k tomu, že publikované práce prošly oponentním řízením, nebudu se k nim dále podrobněji vyjadřovat a zaměřím se na původní texty v této práci, a to literární přehled kriticky zhodnocující obecnější aspekty vztahu dynamické ozáření a fyziologických a produkčních procesů rostlin a dále texty uvádějící experimentální část práce, ve kterých jsou publikované články zasazeny do kontextu fotosyntetického výzkumu.

Členění práce odpovídá členění pro disertační práci sestávající se ze tří, provoautorských, již publikovaných článků uchazeče a k tomu existuje přehledový text, který uvádí do problematiky a diskutuje získané výsledky. Tento úvodní text se skládá z I. literárního úvodu na 47 stranách, pak je II: experimentální část, která podává shrnutí všech 3 publikací a k tomu je pak ještě pro článek 2 a 3 podán rozšiřující úvod k práci na 14 stranách. Z mého hlediska se mi toto jeví jako možná trochu matoucí pro čtenáře, spíše bych si myslela, že by bylo vhodné zainkorporovat tyto rozšiřující úvody ke dvou pracím jako integrální součást literárního přehledu. **Za nedostatek považuji chybějící abstrakt celé práce – optimálně v českém a anglickém jazyce.** Závěry práce uvedené na str. 65 považuji za dostatečně informativní, avšak chybí v nich zhodnocení testovaných hypotéz.

Hypotézy na str. 4 jsou postaveny způsobem méně obratným, a to jako otázky. Hypotézy by měly být výpověď, prohlášení, jehož platnost se pouze předpokládá, ale zároveň formulované tak, aby je bylo možno potvrdit nebo vyvrátit. **Mohl by uchazeč hypotézy přeformulovat do výše popsané podoby? A uvést, které se podařilo potvrdit a které vyvrátit?**

Katedra experimentální
biologie rostlin
<http://www.natur.cuni.cz/biologie/biologie-rostlin>
Viničná 5, 128 44 Praha 2
Česká republika

Sekretariát
tel: +420-221951689
e-mail: fyziol5@natur.cuni.cz
fax: +420-221951704

prof. RNDr. Jana Albrechtová, Ph.D.
garant magisterského a doktorského studia oboru anatomie a fyziologie rostlin na PřF UK
Předseda Oborové rady pro studium Anatomie a fyziologie rostlin na PřF UK v Praze
e-mail: albrecht@natur.cuni.cz
tel.: +420-221951694

V úvodu literárního přehledu je vymezen předmět studia předkládané práce, zajímavý je graf 0 o počtu prací v různých dekádách, věnující se problematice studované v předkládané disertační práci. Je zřejmé, že se jedná o velmi aktuální problematiku, zejména ve vztahu ke klimatické změně, kdy nastávají různé limitace růstu rostlin v důsledku zvyšující se environmentální zátěže. Avšak údaje v grafu 0 však překvapivě končí rokem 2010 a nezahrnuje období 2010-2014. Použila jsem stejnou kombinaci klíčových slov pro vyhledávání ve WoS, jakou autor uvedl na str. 3. Ukázalo se, že v období 2011-2014 bylo na toto téma publikováno 91 (!) prací. Celkový počet citací vyšel o 20% vyšší než autor uvádí na str. 3 (...“něco přes 400 prací.”) – pokud to je do konce roku 2013, je to 492 prací, včetně roku 2014 je to 502 prací k 7.6.2014. Uchazeč bezesporu velmi dobře využívá zdrojů uvedených v práci a dokáže je kriticky zhodnotit a vystavět na nich vlastní závěry či hypotézy. Na druhé straně, v práci jsou diskutovány spíše starší literární údaje. Například jedinou prací citovanou z r. 2014 je Kubásek et al. 2014. Další 3 práce citované z r. 2013 jsou též Jiřího Kubáska - prvo- či spoluatorské, nejmladší práce, která je citována studentem je z r. 2012 Way a Pearcy, a je to jediná práce citovaná z r. 2012. Z r. 2011 není žádná práce, z r. 2010 2 práce, z r. 2009 3 práce. Opravdu se za posledních 5 let problematice fotosyntetického výzkumu dynamické fotosyntézy téměř nikdo, s výjimkou Jiřího Kubáska nevěnoval patřičně, aby si zasloužilo být citováno? Jako příklad si dovolím uvést práce o heterogenitě otevřenosti průduchů, kteréžto problematice se tým doc. Šantrůčka intenzivně věnuje: str. 25 je uvedena práce školitele – Pospíšilová a Šantrůček 1994, přičemž není citována velmi hezká práce s novými poznatky Šantrůček et al. 2003. A právě v této práci je diskutována heterogenita otevřenosti průduchů po ploše listu (mozaikovitost průduchové vodivosti, „stomatal patchiness“), ale i heterogenitu fotosyntetické fixace CO₂ mezofylem listu (mozaikovitost biochemických pochodů, „patchiness in carboxylation capacity“), což v předložené práci není zahrnuto. Další zásadní práce na toto téma, která by dle mého názoru měla být diskutována v souvislosti vlivu zpoždění otevírání průduchů na ekonomiku výměny plynů je Vico et al. 2011, dále Schymanski et al. 2013. Domnívám se, že by v kap. 2.2. o kinetických aspektech limitace asimilace mělo být uvedeno pod částí I/ komponenty „biofyzikální“. V této části by dle mého názoru též neměly chybět novější práce, např. Zhu et al. 2004 studující reverzibilitu disipační energie PSII při přechodu z vysoké do nízké ozáření ve vztahu ke snížení fotosyntetické asimilaci uhlíku. **A tím se dostávám k závěru, že původ vzniku literárního přehledu se zdá být časově lokalizován do dřívějších let před r. 2009 a je škoda, že nebyl aktualizován pro konfrontaci s některými novými poznatky.** V pracích publikovaných v experimentální části práce už nová literatura je.

V kapitole 2.4 „Vliv faktorů prostředí na dynamickou fotosyntézu“, myslím, že by mezi faktory prostředí neměla být opomenuta minerální výživa, hnojení. Např. práce Chen et al. 2013, která pojednává o akumulaci biomasy, fotosyntéze u kukuřice z polního pokusu pod vlivem vysoké a nízké dostupnosti dusíku. V této práci též byl simulován vliv světelných skvrn na fotosyntézu.

Podobně v kapitole 2.5. Vliv dynamické ozáření na růst a produkci rostlin bych očekávala novější práce a orientaci na běžné a významné zemědělské plodiny a zemědělskou výrobu. Zde je diskutována pouze práce na *Alocasia macrorrhiza* (vodní rostlina a zelenina), dále semenáče křídlatcoplodých (Dipterocarpaceae, což jsou tropické dřeviny) a *Adenocaulon bicolor*, což je hvězdicovitá rostlina rostoucí v Kanadě a USA jako podrost v lesních ekosystémech – není mi známo, že by se jednalo o hospodářskou plodinu. Diskutovány mohly být již zmíněné práce Chen et al. 2013, prováděná na kukuřici, Zhu et al. 2004 diskutující dynamickou fotosyntézu ve vztahu k zabudování uhlíku do biomasy v porostech hospodářských plodin, atd.

V kapitolách 3.2. Kinetické aspekty fotosyntézy a 3.5. Maladaptace bych opět uvítala diskusi založenou na novějších publikacích, např. těch zmíněných výše týkajících se dynamiky otevřenosti průduchů ve vztahu k dynamické ozáření.

Jazyková úroveň práce je velmi dobrá až výborná – práce je čtivá. Formální úroveň práce je též v pořádku (obrazová dokumentace, grafika, seznam literatury). Graficky jsou text, tabulky i grafy přehledné a kvalitně formátované. V seznamu literatury jsem objevila drobnosti – např. v textu citováno Marková a Kubásek 2012 (str. 15) v seznamu literatury pouze Marková a Kubásek 2013. Patrně se jedná o překlep.

Připomínky: Tučně jsou uvedeny ty, na které by uchazeč měl odpovědět.

- Obecně – postrádám seznam zkratk.
- **Str. 3, 1. Věta: Nesouhlasím úplně s formulací: „Světlo (fotosynteticky aktivní ozáření, PAR)“ Opravdu se pod pojmem světlo vždy rozumí fotosynteticky aktivní ozáření? Nebylo by vhodné v práci v úvodu použít definici viditelného světla, ozáření - fyzikálně přesnou s použitím termínu elektromagnetického záření?**
- Str 8 v Tab. 1 by měla být zkratka PAR znovu popsána, obzvláště chybí-li seznam zkratk. – popis tabulek a obrázků by měl být samonosný.
- Str 7, obr. 2, popis: neobratná formulace „server vymaluje mapu...“
- **Str. 8, Tab. 1: Formulace „Insolace z toho v oboru PAR“ – je zde slovo obor použito správně? Není vhodnější termín?**
- Str. 12: „...koeficientem variance (CV)“. Česká terminologie používá překlad anglického termínu „Coefficient of variance“ jiný, a to variační koeficient, a to i z důvodu statistického významu angl. Termínu variance - rozptyl.
- **Str. 11: Pojem „Penumbrální efekt“ by měl být jasněji vysvětlen – v textu se tak děje ve dvou oddělených větách a obsah termínu je dle mého názoru méněžřejmý. Otázkou je, zda by nebylo vhodné zavést český ekvivalent, např. „polostínový efekt“ nebo efekt polostínu. Dále v práci totiž je používán i anglismus – „penumbra“ (str. 13) což, dle mého názoru, termín běžně zavedený do češtiny není. Jaký je na toto názor uchazeče?**
- Str. 15, obr. 5: chybí vysvětlení osy X, čemu odpovídají čísla transektu senzoru PAR...? V popisu obrázku je uvedeno (viz text), ale v textu není bližší popis designu měření.
- **Str. 15: Omlouvám se, ale nerozumím obsahu věty „O silné pozitivní šikmosti distribuce PAR v tomto hustém smrkovém lese svědčí obrázek 6.“ Mohl by doktorand lépe objasnit?**
- Nejsem si jista, zda Tab. 2 podporuje tvrzení z textu: „U travních porostů lze důvodně očekávat vyšší podíl krátkých fluktuací na celkovém PAR v porostu (pro přehled viz údaje v Tab. 2), když v tralulce je jediný údaj pro travu a to ještě s velkým rozptylem.
- **Str. 20: Obr. 7 – v grafu zůstal anglický popisek „curvicity“. V popisu obrázku se pak hovoří o konvexitě: „ pro tři hodnoty konvexity (k), typické pro listy vyšších rostlin“, ale není uvedeno pro jaké listy se vztahuje která hodnota. Mohl by uchazeč doplnit?**

Překlepy (zareistrované) – není nutno čísti:

Str. 4: překlep v hypotéze 2: „fotosyntetickou indukcí“..

Str. 5: označuje

Str. 11: světelných skvrn

Str. 15, popis obr. 5: jednotlivých měsících

Str. 15: jednotlivých senzorech

Str. 22: mezofilové

Otázky k diskusi:

1. Mohl by uchazeč sdělit, jaký je jeho a současný názor na úlohu nenulové vodivosti průduchů při odezvě rostlin na poškození stresorem vysokých teplot při dynamické ozáření?
2. Jaká je interakce zvýšené koncentrace CO₂, sucha a vysokých teplot charakteristická pro současné a nadcházející období klimatické změny pro výslednou asimilaci uhlíku? A jak se může promítnout zvýšení aerosolů a vodní páry v atmosféře na rychlost fotosyntézy v proměnlivých světelných podmínkách?
3. Zajímá mě názor uchazeče (a ráda bych se poučila) ohledně české terminologie: Je správně terminologicky používat termíny „C3 a C4 rostliny“ či „rostliny s C3 a C4 typem fotosyntézy“ nebo je možné obojí?
4. Na str. 5 je uvedeno: „Podíl dopadající PAR, kterou vegetace skutečně využije ve fotosyntéze a jeho energii zabuduje do organických látek je velmi malý (maximálně jednotky procent; Larcher 1995). Mohl by doktorand blíže specifikovat jaký je tento podíl a jaká je poměrná

hodnota roční produkce biomasy z celkového ročního záření? Též bych v práci bývala uvítala obecné schéma energetické bilance listu – mohl by pro obhajobu uchazeč nějaké takové schéma připravit? Domnívám se, že pro téma práce to je vhodná informace.

Celkové hodnocení:

Práci považuji za velmi zdařilý a cenný příspěvek ke studiu fotosyntézy v časově proměnné ozářenosti a poznatky publikované ve třech provautorských pracích za původní a velmi přínosné pro fotosyntetický výzkum. Dle mého názoru předkládaná práce splňuje požadavky na práci disertační a jako takovou ji jednoznačně doporučuji k obhajobě. V případě obhájení práce doporučuji udělit uchazeči titul Ph.D.

Závěrem si dovoluji malou poznámku – potěšilo mě v poděkování zmínění podpory prof. Lubomíra Nátra, a mohu dosvědčit, že se o práci Jiřího Kubáska upřímně zajímal a považoval Jiřího za zajímavou vědeckou osobnost, byť někdy svéráznou.

Citace:

- Chen, Jun-Wen; Yang, Zhi-Qing; Zhou, Ping; et al. (2013): Biomass accumulation and partitioning, photosynthesis, and photosynthetic induction in field-grown maize (*Zea mays* L.) under low- and high-nitrogen conditions. *ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM* 35: 95-105.
- Schymanski, Stanislaus J.; Or, Dani; Zwieniecki, Maciej (2013): Stomatal Control and Leaf Thermal and Hydraulic Capacitances under Rapid Environmental Fluctuations. *PLOS ONE* 8, Issue: 1, Article Number: e54231
- Vico, Giulia; Manzoni, Stefano; Palmroth, Sari; et al (2011) Effects of stomatal delays on the economics of leaf gas exchange under intermittent light regimes. *NEW PHYTOLOGIST* 192: 640-652.
- Zhu, XG; Ort, DR; Whitmarsh, J; et al. 2004: The slow reversibility of photosystem II thermal energy dissipation on transfer from high to low light may cause large losses in carbon gain by crop canopies: a theoretical analysis. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY* 55: 1167-1175.



Posudek vypracovala: prof. RNDr. Jana Albrechtová, Ph.D.

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Viničná 5, 128 44 Praha 2, mail: albrecht@natur.cuni.cz, mobil: +420-734272462.

Posudok oponenta k dizertačnej práci RNDr. Jiřího Kubáska: *Fotosyntéza, růst a produkce rostlin v časově proměnné ozářenosti*

Dizertačná práca RNDr. Jiřího Kubáska *Fotosyntéza, růst a produkce rostlin v časově proměnné ozářenosti* predstavuje významný prínos do problematiky dynamickej ožiarenosti a fotosyntézy rastlín.

Téma a ciele sú jasne a presne formulované, aj keď by nezaškodila samostatná kapitola *Ciele* na konci literárneho prehľadu, kde by boli prehľadne zosumarizované. Literárny prehľad je veľmi kvalitne a podrobne spracovaný. Oceňujem, že okrem prehľadu autor vnáša do tejto kapitoly na mnohých miestach aj vlastný náhľad a názor na problematiku, uvádza niektoré nepublikované výsledky v kontexte iných autorov, a upozorňuje na niektoré „hluché“ miesta, ktoré by stáli za podrobné štúdium. Materiál a použité metódy sú štandardné a adekvátne k danej problematike.

Hlavným experimentálnym výstupom práce sú tri publikácie publikované v uznávaných karentovaných časopisoch. V prvej publikácii sa autor venuje netesnosti buniek parenchymatickej pošvy cievných zväzkov pre CO₂ C₄ rastlín a s témou dizertačnej práce nesúvisí, tvorí však experimentálny základ k ďalším experimentom. Trocha ma prekvapila odlišná a nejednotná reakcia v netesnosti rôznych druhov C₄ rastlín v odpovedi na rôznu intenzitu žiarenia. Autor kriticky zhodnotil ďalšie možné komponenty, ktoré môžu vstupovať do izotopového podpisu rastlín a použil dve experimentálne metódy s približne rovnakými výsledkami, čo umocňuje význam výsledkov. Táto práca bola dobre prijatá vedeckou komunitou, o čom svedčí aj vysoké množstvo citácií. Jedinú nevýhodu vidím v obmedzenom počte testovaných druhov, a preto nemožno uvedené výsledky zovšeobecňovať na konkrétne skupiny/typy C₄ metabolizmu. Autor však prípadné nejednoznačnosti v samotnej publikácii kriticky zhodnotil.

V druhej publikácii sa autor už priamo venuje problematike dynamickej ožiarenosti na netesnosť buniek parenchymatickej pošvy cievných zväzkov pre CO₂ pri C₃ a C₄ rastlinách. Z práce vyplýva, že C₄ rastliny nie sú pravdepodobne adaptované na dynamickú ožiarenosť v takej miere ako C₃ rastliny, a teda v takomto prostredí nemajú kompetičnú nevýhodu. Jedným z mnohých faktorov, ktoré k tomu prispievajú je práve netesnosť buniek parenchymatickej pošvy, ktorá je spôsobená pravdepodobne diskoordináciou Calvinovho a Hatch-Slackovho cyklu. K práci mám iba nasledujúci komentár:

- V článku publikovanom vo *Physiologia Plantarum* je v prvom odseku výsledkov porovnávaná čerstvá hmotnosť C₃ a C₄ rastlín s odkazom na tabuľku číslo 1, no uvedené údaje tam nemožno nájsť.

V tretej publikovanej práci sa autor venuje indukcii fotosyntézy v machoch a jej možnom význame v adaptácii na prostredie s dynamickým osvetlením v porovnaní s cievnatými rastlinami. K tejto publikácii mám niekoľko komentárov/otázok:

- Prečo sa v prípade štúdie, v ktorej sa porovnávali C₃ a C₄ rastliny vychádzalo pri meraní indukčných časov od nízkej intenzity žiarenia 50 μmol m⁻² s⁻¹ PAR a pri machoch od zatemnenej vzorky (teda 0 μmol m⁻² s⁻¹ PAR)? Autor navyše porovnáva

svoje údaje s údajmi v cievnatých rastlinách v práci Naumburg and Ellsworth (2000), ktorí však merali indukciu na slabo osvetlených vzorkách. Možno porovnávať rôzne skupiny rastlín, ktoré sa líšili počiatočnými podmienkami pred *sunfleckom*? Aj v práci Cui et al. (2009) zistili, že na tmu adaptovaná vzorka v porovnaní so slabo osvetlenou indukčný čas takmer zdvojnásobi. Je však zrejmé, že za rovnakých podmienok by sa rozdiely ešte viac prehĺbili, a celkový záver práce to žiadnym spôsobom neovplyvní.

- Prečo boli machy zozbierané zo slnečného a zatieneného stanoviska umiestnené tri týždne v tme? Nie je možné, že vzorky zo slnečného stanoviska prešli v priebehu troch týždňov aklimačným procesom a prispôbili sa tieňu, t.j. zväčšili pomer svetlozberných antén k reakčnému centru, atď. Boli machy počas trojtýždňového skladovania hydratované?
- Jeden zo záverov práce je, že machy sú lepšie adaptované na dynamickú ožiarenosť v porovnaní s vyššími rastlinami na základe rýchlejšej indukcie fotosyntézy. Možno toto tvrdiť, keď sám autor vo svojej práci udáva, že oveľa väčšiu adaptívnu hodnotu má strata indukcie po skončení svetelnej škvrny, ktorá študovaná nebola? Chystá sa autor ďalej túto hypotézu experimentálne overovať a testovať?

Všeobecné komentáre:

- Je škoda, že autor neštudoval dynamiku nefotochemického zhasania fluorescencie (NPQ). Sú známe nejaké údaje ohľadne aklimácie enzýmov violaxantín deepoxidázy/zeaxantín epoxidázy na dynamické svetelné prostredie?
- V poslednom období sa veľkej obľube teší aj tzv. C_2 fotosyntéza. Vedel by autor diskutovať/predpokladať na základe svojich výsledkov reakcie C_2 rastlín na dynamické svetelné prostredie v porovnaní napríklad s C_3 rastlinami?

Verím, že komentáre, ktoré som uviedol budú prediskutované v priebehu obhajoby a neznevažujú vedecký prínos dizertačnej práce. Nemám zásadné komentáre, pre ktoré by nebolo možné prácu prijať k obhajobe.

V Bratislave 13.6. 2014



Andrej Pavlovič