

ROZVOJ TRVALE NEUDRŽITELNÝ NON-SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Oxid uhličitý, rostliny a klima *CO₂, plants and climate*

Lubomír Nátr

The crucial role of plant photosynthesis has been emphasised in relation to the atmospheric CO₂ concentration and climate change. Because of the irreplaceable role of plants in ecosystem services, potential changes of both crop and wild plants could impact sustainability of human societies.

The dependence of the rate of photosynthesis of the C3 and C4 plants on irradiance, CO₂ concentration and temperature has been illustrated. Potential consequences of the atmospheric CO₂ concentration rise and climate change on ecosystem composition and functions are briefly described.

Dovolím si nejprve připomenout služby ekosystémů, které jsem popisoval v prvních dvou číslech Kvasného průmyslu v tomto roce. Je nepochybné, že pro utváření vhodného klimatu včetně atmosférické koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého, úrodnosti půdy a vůbec produkce potravin atd. jsou rostliny zcela nenahraditelné. Potenciální změny v rozšíření a fungování rostlinných společenstev tedy mají přímý dopad na udržitelnost lidských společností.

V dalších příspěvcích jsem se snažil popsat vliv oxidu uhličitého a změn jeho koncentrace na globální klima i počasí v jednotlivých lokalitách. Snad bylo dostatečně zřejmé, že rostliny hrají v této problematice zcela mimořádnou roli. Proto považuji za vhodné věnovat jim a jejich závislosti na změnách globálního klimatu tento příspěvek. Vždyť nakonec to mohou být právě planě rostoucí i kulturní rostliny, které budou rozhodovat o podmínkách pro příští generace našich dětí a vnoučat.

V první části tohoto příspěvku bych rád připomněl některé **vlastnosti rostlin, vztahující se k jejich schopnosti pohlcovat jednoduchý a energeticky chudý oxid uhličitý a s využitím sluneční energie z něj syntetizovat energeticky bohaté a velmi složité organické látky (cukry, bílkoviny, tuky atp.), tedy fotosyntézu rostlin.** Tento proces je totiž klíčový pro většinu výše uvedených jedinečností rostlin. Soustředím se přitom na vztah mezi rychlostí fotosyntézy a hlavními faktory vnějšího prostředí. Ty se v průběhu globálních změn klimatu mění, a tím ovlivňují i růst a produkci biomasy rostlinami.

Poznámka: Rychlost tvorby biomasy se vyjadřuje nejčastěji například jako přírůstek biomasy (kg) na jednotce plochy půdy (m²) za určitou dobu (sekundy, dny apod.). Neméně

často se však používá rychlost absorpce atmosférického oxidu uhličitého, tedy rychlost fotosyntézy, a to jako množství pohlceného CO₂ (g) na jednotku plochy listů (m²) za určitý čas (s). V suché biomase tvoří uhlík asi 40 %. V molekule CO₂ tvoří uhlík (C) asi čtvrtinu hmotnosti. Jinými slovy: CO₂ (1 mol činí 44 g) se ve fotosyntéze mění na látky, které lze charakterizovat chemickou formulí CH₂O (1 mol je 30 g). Pohlcení 1 kg CO₂ se tak projeví zvýšením hmotnosti dané rostliny o 0,68 kg.

K tvorbě nové biomasy potřebují rostliny především:

(1) Energii. Tou je v přírodě energie slunečního záření. Ale stejně tak lze fotosyntézu „pohánět“ energií běžných světelných zdrojů (ve sklenících, klimatizovaných komorách apod.). Z celého spektra elektromagnetického záření je však ve fotosyntéze využitelná jen část v rozsahu vlnových délek od 400 nm (fialová část viditelného spektra) do 700 nm (červená část). Závislost rychlosti fotosyntézy na množství dopadající sluneční energie vykazuje typický průběh (obr. 1). Obecně lze konstatovat, že přibližně jedna třetina plného letního záření postačuje pro saturaci rychlosti fotosyntézy. V grafu jsou znázorněny závislosti pro dvě odlišné skupiny rostlin: C3 (například ječmen a ostatní naše obilniny nebo chmel apod.) a C4 (kukuřice, čirok, cukrová třtina aj.). Rozdíly mezi oběma skupinami jsou natolik významné, že se musejí vzít v úvahu i při posuzování významu rostlin pro globální změny klimatu, a tedy i trvalou udržitelnost.

(2) Surovinu, kterou je oxid uhličitý (mezi nezbytnou surovinou patří i voda, ale její vliv je v kontextu tohoto příspěvku nepodstatný). Příslušná závislost je na obr. 2 opět pro obě skupiny rostlin.

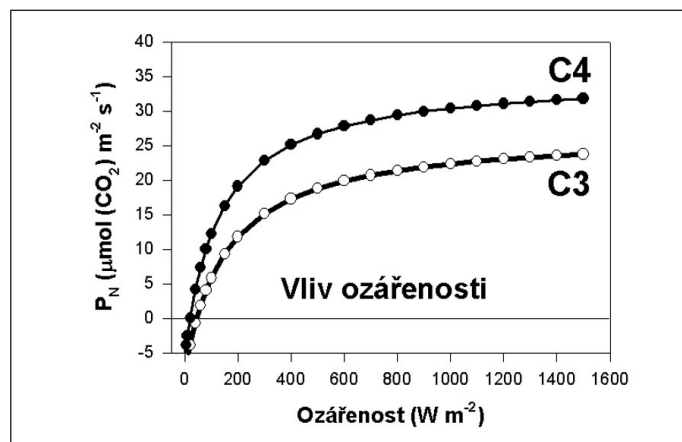
(3) Vnější podmínky, z nichž nejvýznamnější je teplota, protože fotosyntézu tvoří soubor mnoha enzymatických reakcí. A jejich rychlost je silně závislá na teplotě (obr. 3).

Z obrázků je patrné, že rostliny typu C4 vykazují vyšší rychlost fotosyntézy při dostatku energie (záření) a při vyšší teplotě i při nižších koncentracích CO₂. Co z toho vyplývá pro ústřední téma tohoto příspěvku? Uvedu alespoň jeden příklad.

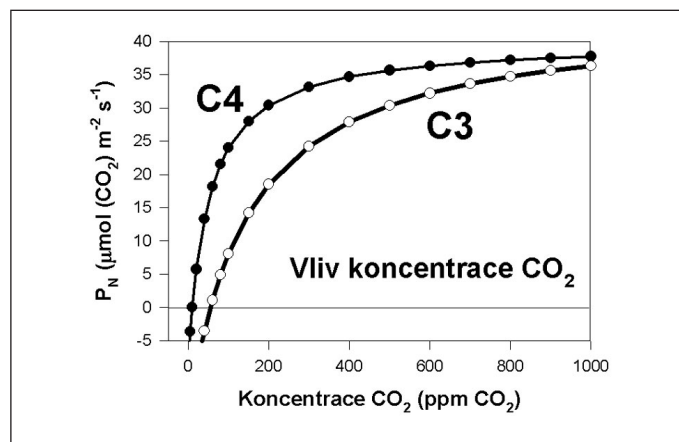
Porosty rostlin se často skládají z druhů spadajících do obou skupin, tedy C3 a C4. Koncentrace CO₂ ve vzduchu stoupá, takže v souladu s obr. 2 se bude zvyšovat rychlost fotosyntézy i růstu druhů patřících ke skupině C3. Druhy C4 budou jimi potlačovány. Změní se soubor druhů, který tvoří určitý porost. Ale tím se změní podmínky pro mnoho druhů živočichů, kteří se adaptovali v dané lokalitě na dané druhy rostlin. Těmito organismy jsou hlavně nejrozumnější druhy hmyzu. Ale na určité druhy hmyzu jsou zase adaptováni určití ptáci. A **posunem změny druhové skladby se tedy změní také podmínky pro hmyz i ptáky a na ně navazující predátory.** Jaké to bude mít důsledky? Nedovedeme zatím určit.

Uvedené neplatí jen pro přirozené porosty. Také polní plodiny patří do některé z obou skupin. Představme si, že v plodinách typu C4 (třeba kukuřice) jsou plevely skupiny C3. A tyto druhy plevelů budou při zvyšující se koncentraci CO₂ velmi zvýhodněny. Dojde k úplně novému vztahu mezi plodinou a plevely. A těch interakcí je mnohem více.

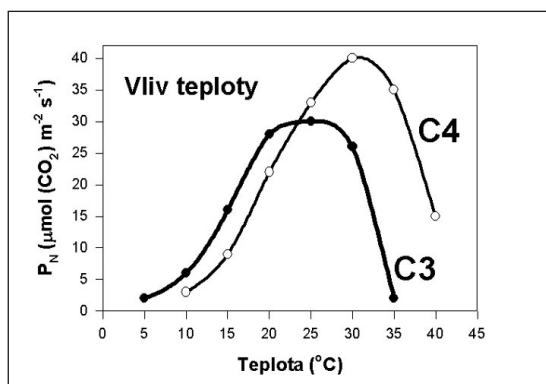
Jeden z pokusných výsledků uvádí obr. 4. Logicky největší produkce biomasy i hospodářského výnosu byla dosažena porostem bez plevelů. Přitom zvýšení koncentrace CO₂



Obr. 1 Závislost rychlosti fotosyntézy (P_N) u rostlin typu C3 a C4 na ozáření („intenzitě světla“)



Obr. 2 Závislost rychlosti fotosyntézy (P_N) u rostlin typu C3 a C4 na koncentraci CO₂



Obr. 3 Závislost rychlosti fotosyntézy (P_N) u rostlin typu C3 a C4 na teplotě

z 350 ppm na 600 ppm se promítlo zvýšením o 31 % (biomasa) nebo 22 % (výnos). Přítomnost plevelů snížila obě sledované hodnoty. Ale s plevelem typu C4, které na zvýšenou koncentraci CO_2 téměř nereagují (viz obr. 4), došlo k relativně největšímu pozitivnímu vlivu zvýšené koncentrace CO_2 .

Uvedenými příklady chci opětovně zdůraznit **obrovskou a vzájemně provázanou spojitost mezi změnami koncentrace CO_2 , změnami funkcí i struktur přírodních a zemědělských porostů a neodhadnutelných důsledků pro podmínky života lidí na Zemi**. Ale tím to nekončí. Z obr. 3 je patrné, že rostliny C4 rostou lépe při vyšší teplotě. To znamená, že se zvyšováním teploty na planetě budou zvýhodňovány rostliny C4. Už dnes je prokázáno, že mnohé teplomilné druhy rostlin se „stěhují“ do vyšších zeměpisných šířek (blíže k pólům) a do větších nadmořských výšek. A s nimi se „stěhují“ i noví škůdci a původci chorob, vůči nimž nemusejí být stávající plodiny dostatečně odolné.

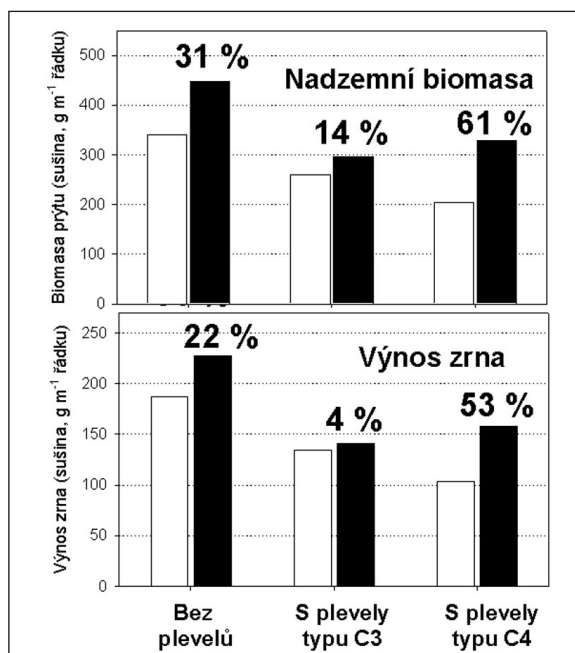
Nedovedeme zatím určit, jaká bude migrace druhů, jak se budou šířit škůdci a choroby, jak budou reagovat kulturní i plané rostoucí druhy. Ale i se stávajícími znalostmi máme důvody k obavám a obezřetnosti.

V druhé části tohoto příspěvku bych se zase vrátil k obecným funkcím rostlin na Zemi. Ve vztahu k trvalé udržitelnosti budoucích generací lidí lze zdůraznit následující jedinečné funkce rostlin (zájemce se může také vrátit k dalším aspektům, uvedeným v mém příspěvku v Kvasném průmyslu č. 6/2005, str. 202–206):

- (1) **Rostliny jsou zdrojem doslova všech potravin pro lidstvo**, protože jsou prvotní „surovinou“ také pro potraviny živočišného původu. Rozvojem vědy, zejména díky šlechtění rostlin, aplikacím průmyslových hnojiv a ochranou rostlin proti plevelům, chorobám a škůdcům se v 2. polovině minulého století dařilo vyrovnat zvyšování počtu lidí zvýšenou produkcí potravin. Ale hodně odborníků upozorňuje, že obdobné zvyšování výnosů plodin je v 21. století zcela nepravděpodobné.
- (2) **Rostliny jsou na počátku potravního řetězce**, takže zprostředkovávají sluneční energii a složité organické látky všem „nerostlinným“ organismům včetně hub a bakterií. V uplynulých obdobích se na Zemi utvořila rovnováha, na níž se podílely doslova všechny živé organismy. Jestliže rostoucí počet stále náročnějších lidí odčerpává dnes téměř polovinu veškeré biomasy rostlin, tak logicky milionům ostatních or-

ganismů zůstává mnohem méně. Důsledek je zřejmý: zmenšují se nejen plochy rostlinných porostů (například včetně tropických lesů), ale i počtu druhů všech živých organismů.

- (3) **Rostliny vytvářejí biomasu, která je základem nejen současně nejvíce využívaných fosilních paliv, ale také zdroje energie z tzv. energetických plodin**. Produkce biomasy jako zdroje obnovitelné energie je v posledních letech velmi často hodnocena jako vhodná (byť částečná) náhrada při klesajících zásobách fosilních paliv. Sám jsem však skeptický. Při snižování dostupnosti použitelné vody (zemědělství svými závlahami patří mezi její největší spotřebitele), zvyšující se půdní erozi nebo okyselování mnoha orných půd a při rostoucím počtu obyvatel na planetě bude mít lidstvo nepochybně velké starosti se zajištěním potravin (podle oficiálních údajů Organizace pro zemědělství a potraviny OSN stále hladoví stamiliony lidí).
- (4) **Rostliny poskytují nenahraditelné suroviny** (dřevo, vlákna, celulóza) pro mnoho odvětví průmyslu, a tedy pro potřeby lidí. Například jen produkce tzv. degradovatelných plastů ze škrobu nebo jiných rostlinných produktů nepochybně zvýší „odběr“ biomasy rostlin člověkem.
- (5) **Rostliny jsou zcela nezastupitelný zdroj pro farmaceutický průmysl** a jejich využití pro tvorbu stávajících i nových léků spíše vzrůstá. Odborníci upozorňují, že mnohé civilizační choroby (mozkové příhody, infarkty aj.) mají komplexní charakter, takže je výhodnější léčit je zase komplexními přípravky rostlinného původu se srovnání s jednotlivými chemickými subjekty synteticky produkovány.
- (6) **Ve fotosyntéze rostlin se ročně poutá ohromné množství oxidu uhličitého**. Změny rychlosti tohoto poutání v globálním měřítku mohou silně ovlivnit jeho odčerpávání z atmosféry, a tedy i jeho koncentraci ve vzduchu.
- (7) **Biomasa rostlin je tvořena asi 40 % uhlíku** (vztaheno na suchou hmotnost biomasy, tj. na biomasu dokonale vysušenou). To znamená, že zvýšené dýchání rostlin, a zejména rychlejší rozklad orga-



Obr. 4 Závislost produkce nadzemní biomasy (horní graf) nebo výnosu zrna (spodní graf) sóji pěstované při standardní (350 ppm, bílé sloupce) a zvýšené (600 ppm, černé sloupce) koncentraci CO_2 bez plevelů (kontrola) nebo s plevelem – rostlinami typu C3 nebo C4. Použity údaje, které uvádí švýcarský autor Fuhrer (2003)

nických látek v půdě vyvolané zvýšením teploty může do atmosféry vracet mnohem více CO_2 , než rostliny budou poutat fotosyntézou.

- (8) **Rostlinami se ve formě výdeje vodní páry (transpirací) vrací do atmosféry velký podíl celkových srážek**. Při přeměně kapalné vody, která je v rostlinách, na vodní páru při transpiraci se spotřebuje velké množství tepla. Rád v tomto případě připomínám obrovský rozdíl, který člověk vnímá při položení bosé nohy na trávnik nebo na betonovou plochu či písčitou pláž v letním poledním žáru. V obou případech na povrch dopadá stejně intenzivní sluneční záření. Ale právě transpirace, výdej vody trávnikem ve formě vodní páry, silně snižuje teplotu trávniku. A totéž se vztahuje na lokality podstatně větších rozměrů. Důsledky jsou nejen teplotní, ale také v rozdělení a charakteru srážek.
- (9) **Druh porostu pokrývající určité území ovlivňuje jeho optické vlastnosti** v tom smyslu, že se mění množství slunečního záření odraženého od povrchu dané oblasti. Poměr mezi množstvím záření pohlceného a odraženého povrchem pevnin je silně ovlivněn rostlinnými porosty. Suchá půda, porost obilnin nebo lesy mění množství odraženého slunečního záření a ve větším měřítku tak přispívají nebo naopak snižují globální nebo lokální oteplování.

Tímto podrobným výčtem nechci čtenáře unavit nebo dokonce odradit. Zdá se mi však **nezbytné, abychom si obecně konstatovali o „významu rostlin“ nebo „potřebě uchování ekosystémů a jejich služeb“** (viz lednový příspěvek) **naplnili zcela konkrétními znalostmi a představami**. Jen tak můžeme pak i ve svém životě či profesní praxi samostatně a kompetentně hodnotit prospěšnost nebo škodlivost prováděných i navrhovaných opatření z hlediska dlouhodobého uchování obyvatelné planety.

Literatura

Fuhrer, J.: Agroecosystem responses to combinations of elevated CO_2 , ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97, 2003, 1–20.