

## Cvičení z fyziologie rostlin

### Minerální výživa rostlin

#### Teoretický úvod

Rostliny jsou autotrofní organismy schopné přeměňovat anorganické látky na organické. Energie potřebná k této přeměně je přijímána ve formě slunečního záření, coby zdroj anorganických látek slouží  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a minerály půdního roztoku rozpuštěné ve formě iontů. Naprostou většinu organické hmoty rostlin tvoří uhlovodíky, zejména celulóza buněčných stěn. Není proto překvapující, že základní biogenní prvky uhlík, vodík a kyslík se podílí na složení sušiny z celých 96%. Největší hmotnostní podíl rostlinné masy vzniká z  $\text{CO}_2$  přijímaného z okolní atmosféry. Pro ukončení celého životního cyklu rostliny, což znamená vývoj dospělé rostliny ze semene a produkci další generace semen, jsou ovšem nezbytné i další prvky, jejichž zastoupení v biomase je mnohem menší.

Prvky, které rostlina potřebuje v relativně značném množství, jsou označovány jako makroprvky (makrobiogenní prvky). Kromě uhlíku, kyslíku a vodíku se mezi ně dále řadí dusík, draslík, vápník, hořčík, fosfor a síra. Většinou jde o komponenty základních strukturních a funkčních složek rostlinného organismu, často zajišťují rovnováhu vnitřního prostředí nebo jsou součástí důležitých signálních drah.

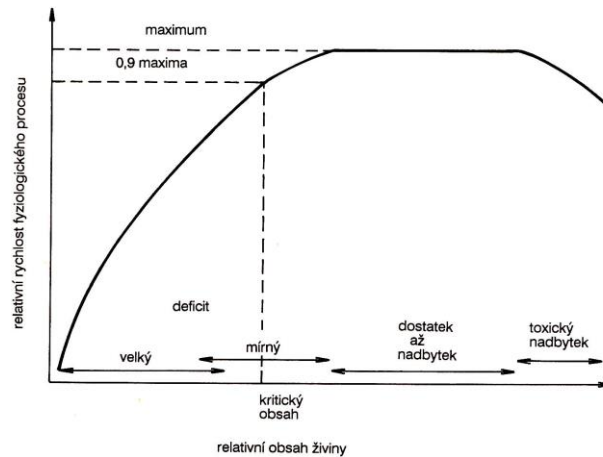
Prvky, které jsou k růstu a vývoji rostliny potřebné ve stopovém množství, jsou označovány jako mikroprvky (mikrobiogenní prvky). Do této skupiny jsou řazeny chlór, železo, bór, mangan, zinek, měď, nikl a molybden. Mikroprvky většinou vystupují v roli důležitých kofaktorů enzymů při biochemických reakcích. Přehled chemických prvků nezbytných pro rostliny je uveden v tabulce 1.

Přibližné relativní zastoupení makro- a mikroprvků v rostlinné sušině:

makroprvky: C – 45%, O – 45%, H – 6%, N – 1,5%, K – 1,0%, Ca – 0,5%,  
Mg – 0,2%, P – 0,2%, S – 0,1%;

mikroprvky: Cl – 0,01%, Fe – 0,01%, B – 0,006%, Mn – 0,005%, Zn – 0,002%,  
Cu – 0,0006%, Ni, Mo – < 0,0001%.

Uhlík a kyslík jsou rostlinou přijímány v plynné formě. Uhlík jako  $\text{CO}_2$  listy, kyslík ( $\text{O}_2$ ) kořeny. Většina atomů vodíku a část atomů kyslíku pochází z vody. Ostatní makro- a mikroprvky získává rostlina pomocí kořenů z půdy. Obecně platí, že „rostliny jsou životně závislé na tom prvku, který je v jejich prostředí obsažen nejméně“ – Zákon minima (Justus von Liebig, 1803-1873).



**Obrázek č. 1:** Závislost rychlosti tvorby sušiny, růstu nebo jiného fyziologického procesu na obsahu příslušné živiny v rostlině (Procházka a kol., 1998).

Chronický nedostatek některého z esenciálních prvků se u rostlin často projevuje zcela charakteristickými příznaky. Nejčastěji dochází k deficienci dusíku, draslíku a fosforu (řeší se používáním tzv. NPK hnojiv), méně častý je nedostatek mikroprvků.

Pokusné rostliny jsou většinou pěstovány v jiných než půdních substrátech. Důvodem je špatná definovatelnost zeminy a tím i problematická reprodukovatelnost experimentu. Často se používá kultivace v živných roztocích, tzv. hydroponie. V tomto uspořádání jsou rostliny většinou uchyceny v oblasti krčku a jejich kořeny jsou omývány roztokem s definovaným obsahem živin. Jinou variantou hydroponické kultivace je uchycení rostlin v relativně inertním materiálu jako  $\text{SiO}_2$  písek, perlit nebo minerální vata. Při *in vitro* kultivacích v tkáňových kulturách se používá živný roztok ztužený pomocí agaru.

Metoda hydroponické kultivace byla využívána i pro identifikaci esenciálních prvků, zejména u zemědělských plodin. Různých variant biotestů na pokusných rostlinách je velmi často využíváno v mnoha oblastech rostlinné biologie. Příkladem biotestů používaných v LRR UP & AV ČR může být amarantový a kalusový test pro sledování cytokininové aktivity sledovaných látek nebo fazolový internodiový test pro hodnocení brassinosteroidní aktivity látek.

**Tabulka č. 1:** Přehled makro- a mikroprvků nezbytných pro růst a vývoj rostliny, jejich zdroj a hlavní význam pro rostlinu.

<b>Chemické prvky nezbytné pro růst a vývoj rostlin</b>		
<b>Makroprvky</b>	<b>přijímány ve formě</b>	<b>hlavní funkce</b>
uhlík (C)	CO <sub>2</sub>	základní složka rostlinné organické hmoty
kyslík (O)	O <sub>2</sub>	základní složka rostlinné organické hmoty
vodík (H)	H <sub>2</sub> O	základní složka rostlinné organické hmoty
dusík (N)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	součást nukleových kys., proteinů, hormonů a koenzymů
draslík (K)	K <sup>+</sup>	kofaktor enzymů; hlavní látka ovlivňující vodní bilanci a iontovou rovnováhu rostliny; otevírání a zavírání průduchů
vápník (Ca)	Ca <sup>2+</sup>	důležitý pro utváření a odolnost buň.stěny, zachování permeability a správné funkce membrán; aktivace některých enzymů; významný regulátor buněčné odpovědi na mnohé podněty
hořčík (Mg)	Mg <sup>2+</sup>	složka chlorofylu; často jako aktivátor enzymů
fosfor (P)	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	složka fosfolipidů, nukleových kys., ATP a koenzymů
síra (S)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	složka proteinů, koenzymů
<b>Mikroprvky</b>		
chlór (Cl)	Cl <sup>-</sup>	nezbytný při fotolýze vody; ovlivňuje vodní bilanci rostliny
železo (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	složka cytochromů; aktivátor některých enzymů
bór (B)	H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pravděpodobně ovlivňuje stavbu a vlastnosti buň.stěny, její interakci s plazmatickou membránou => projevy deficiencie velmi komplexní
mangan (Mn)	Mn <sup>2+</sup>	nezbytný při fotolýze vody; kofaktor nebo aktivátor mnoha enzymů
zinek (Zn)	Zn <sup>2+</sup>	podílí se na syntéze chlorofylu; kofaktor nebo aktivátor mnoha enzymů
měď (Cu)	Cu <sup>2+</sup>	významná složka redoxních enzymů a enzymů podílejících se na lignifikaci pletiv; součást elektronového přenašeče plastocyaninu
molybden (Mo)	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	význam při redukci N <sub>2</sub> hlízkovými bakteriemi; kofaktor nitrátreduktázy
nikl (Ni)	Ni <sup>2+</sup>	kofaktor enzymů dusíkového metabolismu

## **Praktická část: Zjištění vlivu deficiencie vybraných makroprvků na růst a morfologické charakteristiky rostlin rajčete prostřednictvím kultivačního biotestu**

**Rostlinný materiál:** semena rajčete jedlého (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

**Potřeby a chemikálie:** květináče, vermikulit, pipety, zásobní roztoky mikro- a makroprvků, destilovaná voda.

### **Postup:**

1. Připravte jednotlivé varianty Hoaglandova kultivačního živného roztoku k zavlažování pokusných rostlin.
2. Květináče naplňte přibližně do 3/4 vermikulitem a řádně navlhčete vodou.
3. Semena rajčat zasad'te těsně pod povrch perlitu.

Po vyklíčení budou rostliny kultivovány za standardních podmínek. Poté, co rostliny dosáhnou dostatečného vzrůstu, budou pravidelně zalévány jednotlivými variantami kultivačního živného roztoku. Po ukončení kultivace bude celý experiment podrobně vyhodnocen v samostatném cvičení.

### Hoaglandův živiný roztok

Pracovní roztok

kompletní

mg/l

Makroprvky	mg/l
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	940
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	520
KNO <sub>3</sub>	660
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	120

#### Mikroprvky

mg/l

H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.8
MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	3.4
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.1
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.22
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.1

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.1M)

0.1 ml/l

Fe EDTA

5 ml/l

pH 6,7

### Hoaglandův živiný roztok

Zásobní roztok 5x koncentrovaný

kompletní

mg/l

Makroprvky	N - (7%)	P - (0%)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O		
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O		
KNO <sub>3</sub>		
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		

#### Mikroprvky 100x

ml/l

CaCl <sub>2</sub>	--		
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	--		
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	--		

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.1M)

0.5 ml/l

Fe EDTA

0.5 ml/l

pH 6,7

M.W.

Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O

236.15

KNO<sub>3</sub>

101.11

NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

115.03

CaCl<sub>2</sub>

110.99

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

174.27

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

132.14