

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH  
ZDROJOV**

1129023

**PRINCÍPY A REGULÁCIA TOKU VODY V RASTLINÁCH**

**2010**

**Peter Čmarada**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV**

**PRINCÍP A REGULÁCIA TOKU VODY V RASTLINÁCH**

**Bakalárska práca**

Študijný program:	Všeobecné poľnohospodárstvo
Študijný odbor:	6.1.1 Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra fyziológie rastlín
Školiteľ:	doc. Ing. Katarína Olšovská, PhD.

**Nitra 2010**

**Peter Čmarada**

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Peter Čmarada vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Princípy a regulácia toku vody v rastlinách“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 14.5.2010

## **PodĎakovanie**

Touto cestou by som chcel poĎakovať vedúcej bakalárskej práce doc. Ing. Kataríne Olšovskej, PhD. za odborné vedenie a pripomienky, za ochotu pri poskytovaní cenných rád a pokynov, ktorými mi ochotne pomáhala pri vypracovaní záverečnej práce.

Zároveň ďakujem mojim rodičom a všetkým, ktorí mi akýmkoľvek spôsobom poskytlí pomoc pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

## **Abstrakt**

Naša práca na tému „Princípy a regulácia toku vody v rastlinách“ prináša využitie poznatkov o vodnom režime rastlín pre zlepšenie ich hospodárenia s vodou v limitujúcich podmienkach. Poznatky boli spracované v kapitole o aplikáciách v pestovaní, kde sú uvedené možnosti využitia závlah, mulčovania a minimalizačných technológií. V kapitole o aplikáciách v šľachtení biologického materiálu sú rozpracované rôzne metódy šľachtenia a ich využívanie v limitujúcich podmienkach a to metóda klasického šľachtenia, metóda šľachtenia na suchovzdornosť, možnosti efektívneho využitia vody (WUE) a genetické šľachtenie v genetickom inžinierstve, ktoré sa ukazuje ako najlepšie a najefektívnejšie riešenie pre pestovanie rastlín v limitujúcich podmienkach.

Kľúčové slová: závlahy, mulčovanie, minimalizačné technológie, genetické inžinierstvo, efektívne využitie vody, metóda šľachtenia na suchovzdornosť

## **Abstract**

Our work on, "The principles and regulation of water flow in plants" brings knowledge of the use of the water regime of plants to improve their water management in the limiting conditions. Lessons have been treated in the chapter on applications to grow, showing the possibilities of irrigation, mulch and minimization technologies. In the chapter on biological applications in breeding materials are developed various methods of breeding and their use in limiting conditions and the method of classical breeding, the breeding method for resistance to drought, the possibility of efficient use of water (WUE) and genetic breeding in genetic engineering, which appears as the best and effective solution for growing plants in limiting conditions.

Key words: irrigation, mulching, minimization technology, genetic engineering, efficient use of water, breeding method for resistance to drought

## **POUŽITÉ POJMY A SKRATKY**

**ABA** – kyselina abscisová

**HSP** – proteíny tvoriace sa pri tepelnom šoku

**LEA** – abudantné proteíny neskorej embryogenézy

**MAS** – selekčný proces využívajúci markéry

**QTL** – gény uložené na konkrétnych miestach (lokusoch) v chromozóme

**RAB** – proteíny reagujúce (alebo citlivé) na kyselinu abscisovú

**WUE** – efektívnosť využitia vody

$\Psi$  - vodný potenciál

# OBSAH

<b>1. ÚVOD</b>	7
<b>2. PREHĽAD LITERATÚRY</b>	9
<b>2.1 Úloha vody v rastlinách</b>	9
<b>2.2 Integrovaný systém transportu vody zahŕňajúci pôdu, rastlinu a atmosféru</b>	10
<i>2.2.1 Vodný potenciál</i>	12
<i>2.2.2 Úloha koreňa v regulácii toku vody rastlinou</i>	15
<i>2.2.3 Úloha endodermis (Casparyho pásik) v regulácii toku vody</i>	17
<i>2.2.4 Transport vody na dlhú vzdialenosť (úloha xylému)</i>	18
<i>2.2.5 List ako fotosyntetizujúci a transpirujúci orgán rastliny</i>	19
<i>2.2.6 Prieduchy a ich úloha v regulácii transpirácie</i>	21
<b>2.3 Využitie poznatkov o vodnom režime rastlín pre zlepšovanie ich hospodárenia s vodou</b>	23
<i>2.3.1 Aplikácie teoretických poznatkov v pestovaní plodín</i>	25
<i>2.3.1.1 Závlahy</i>	25
<i>2.3.1.2 Minimalizačné technológie</i>	27
<i>2.3.1.3 Mulčovanie</i>	29
<i>2.3.2 Aplikácie v šľachtení biologického materiálu</i>	31
<b>3. CIEĽ PRÁCE</b>	37
<b>4. MATERIÁL A METÓDY</b>	38
<b>5. ZÁVER</b>	39
<b>6. ZOZNAM LITERATÚRY</b>	42

# 1.ÚVOD

Voda je základnou a veľmi dôležitou stavebnou zložkou rastlinných orgánov, v ktorých plní celý rad významných životných funkcií. Voda zabezpečuje transport živín a tiež vznikajúcich organických zlúčenín a prostredníctvom transpirácie vykonáva reguláciu termického režimu rastlín. Od vodného režimu závisí vývoj, rast a tiež veľkosť úrod jednotlivých plodín a taktiež súbor organizačných a agronomických opatrení.

Vodný stres je jeden z najviac frekventovaných ekologických limitov realizácie biologického potenciálu rastlín. Je to jeden zo sprievodných javov klimatických zmien. Vodný stres (stres zo sucha) sa stal najdôležitejším abiotickým stresovým faktorom, ktorý ovplyvňuje a obmedzuje rast a produktivitu na Zemi.

Človek je takisto jedným z veľmi dôležitých stresových faktorov vo vývoji svetovej flóry. Ako jeden z alarmujúcich prípadov je chovanie človeka k tropickým pralesom v Malajzii, Amazónii, Afrike, ale aj k mnohým lesným porastom v niektorých častiach Európy. Táto skutočnosť má za následok zmenu vodného režimu, rozdelenie zrážok v rozsiahlych oblastiach a zmeny v zastúpení rastlinných druhov a spoločenstiev.

Sucho resp. vodný deficit vedie k narušeniu vodnej bilancie a k nerovnovážnemu stavu medzi príjmom vody a potrebami vody počas ontogenézy. Schopnosť rôznych druhov rastlín prispôbiť sa negatívnym podmienkam prostredia je považovaná za prvotnú podmienku ich prežitia. V podmienkach negatívnej vodnej bilancie prichádza k rôznym funkčným a rôznym biochemickým zmenám koreňov i nadzemných orgánov. V prvej fáze adaptácie sa rastliny bránia výdaju vody obmedzením transpirácie a veľkou snahou zvýšiť intenzitu príjmu vody koreňom. Stav vody v rastlinách závisí od veľkosti príjmu vody koreňovou sústavou a veľkosti strát vody transpiráciou, ktorá plní funkciu výstupnej zložky transportu vody v integrovanom systéme pôda – rastlina - atmosféra.

S vodou ako základnou stavebnou zložkou rastliny priamo súvisí nielen prijímanie živín, ale aj ich spôsob a forma aplikácie. K tomuto procesu patrí pôda, jej kvalita a schopnosť udržania a dostupnosti vody pre rastlinu. Je potrebné prehodnotenie osevných postupov, symbióza druhov, ich zaradenie do príslušných osevných postupov a takisto treba venovať veľkú pozornosť spôsobu obrábania pôdy vzhľadom na jej



hospodárenie s vodou, ako aj jej dostupnosť pre rastliny. V poslednom období bol zanedbaný význam zariadení na zavlažovanie a vodných nádrží, ktoré zachytávajú dažďovú vodu, ktorá mala veľký význam pri vyrovnávaní deficitu vody počas sucha. Je potrebná pomoc človeka a hlavne genetických inžinierov, ktorí v súčasnej dobe sa podieľajú na vytvorení genetického materiálu, schopného na adaptáciu nastupujúcim klimatickým zmenám.

## 2. PREHLAD LITERATÚRY

### 2.1 Úloha vody v rastlinách

Na Zemi život vznikol vo vodnom prostredí pred asi 3,5 miliardami rokov. Len asi pred 500 miliónmi rokov sa prvé organizmy začali šíriť z vody po súši. Z rastlín to boli najskôr vláknité jednobunkové organizmy, z ktorých sa vyvinuli riasohuby. Najjednoduchšie viacbunkové rastliny ešte nemali vyvinuté cieвне zväzky. Prijímali vodu, minerálne živiny, plyny CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> a slnečnú energiu celým povrchom tela. Až neskôr počas evolúcie sa postupne diferencovali tri základné orgány tela vyšších rastlín – list, stonka a koreň, špecializované na rôzne fyziologické funkcie. List na fotosyntézu a transpiráciu, koreň na príjem vody a minerálnych živín z pôdy. Voda zostala kvantitatívne hlavnou zložkou živých buniek pri súčasných suchozemských rastlinách, v ktorých tvorí až 80-95 % z celkovej hmoty pletív. Zatiaľ čo pokles obsahu vody v listoch pod asi 60 % vedie spravidla k nezvratnému poškodeniu pletív a k odumretiu orgánu, nízky obsah vody v semene ešte neznamená pre embryo smrť, to si môže zachovať životaschopnosť i niekoľko rokov (Masarovičová, Repčák, 2002).

Na stavbe rastlinného tela sa najviac zo všetkých látok uplatňuje voda. Listy čerstvej zeleniny obsahujú 85-95 % vody, dužinaté plody 90-99 %. Menej vody obsahujú xylémové časti stonky a najmenej vody je v semenách (5-15 %). I pri relatívne veľmi malom obsahu vody v semene sa v ňom môže udržať životaschopný zárodok niekoľko rokov. V kontraste s ním krátkodobý pokles množstva vody v listoch pod cca 60 % vedie k nezvratnému poškodeniu tkaniva a k smrti orgánu. Baktérie, sinice a niektoré nižšie zelené riasy sú poikilohydrické (tolerantné k vyschnutiu). To znamená, že môžu vyschnúť a zároveň nestratia schopnosť revitalizácie (znovuoživenia). Poikilohydrické sú však aj niektoré machy, lišajníky a dokonca niektoré cievnaté rastliny (napríklad *Asplenium ruta muraria*). Pre poikilohydrické rastliny je typické to, že majú v bunke vakuolu. Takmer všetky vyššie rastliny musia udržať vysoký obsah vody vo svojom tele aby prežili. Sú homoiohydrické (Procházka a kol., 1998).

Voda sa v rastlinných bunkách vyskytuje v niekoľkých formách: je chemicky viazanou zložkou protoplazmy: spája sa s iónmi, rozpustenými organickými látkami a makromolekulami ako voda hydratačná, vyplňa voľné miesta v jemných štruktúrach

a v bunečnej stene, ukladá sa ako zásoba v niektorých skupinách buniek a vo vakuolách a nakoniec slúži ako transportné prostredie v priestoroch medzi bunkami a vodivých častiach systému ciev a sieťkovic (Larcher, 1988).

Voda v rastline plní množstvo rozmanitých funkcií a nie je iba pasívnym činiteľom v rastline ale aktívne zasahuje do rôznych procesov. Hlavné funkcie vody v rastline sú: biochemická funkcia- voda poskytuje rastline vodík počas fotosyntézy, ktorý je potrebný na redukciu organických zlúčenín pri karboxylačnej fixácii oxidu uhličitého a pri disimilačných procesoch voda podmieňuje rozklad napríklad škrobu a bielkovín, termoregulačná funkcia- voda zabráňuje nadmernému prehriatiu rastlinných pletív a orgánov, funkcia zásobnej (rezervnej) látky -zásobná voda umožňuje rastline prežitie dlhšieho obdobia bez príjmu vody (sukulenty), tranzitná funkcia - tranzitná voda iba prechádza rastlinou (z 1000gramov rastlinou prijatej vody, 990 gramov rastlina stráca ako tranzitnú vodu), funkcia média - voda umožňuje pohyb roztokov v rastline, je prostriedkom transportu ale aj prostredím pre rozmanité fyzikálne a chemické procesy, hydratačná funkcia chemicky neviazanej vody vytvára hydratačný obal koloidov, iónov a osmoticky aktívnych látok, funkcia chemicky viazanej vody - uplatňuje sa vo fotosyntéze, na syntézu organických látok, voda je donorom vodíka pri fosforylácii a zdrojom voľného kyslíka, ktorý pri fotosyntéze vzniká, konštitučná funkcia - voda sa nachádza v rôznych zlúčeninách stavebných zložiek rastlinného tela - rast rastliny závisí od stupňa nasýtenia vodou - od hydratúry (Sekerka,Múdry, 2005).

Rozhoduje o nej nielen obsah vody v protoplaste, v rastline, ktorý vyjadrujeme v percentách sušiny, ale tiež to, koľko vody bude rastlina prijímať z okolitého prostredia. U nižších rastlín je hydratúra závislá vo veľkej miere na hydratúre okolitého prostredia (napríklad ak klesne napätie vodných pár na 98 %, plesne obmedzujú rast a pri poklese na 85 % ho zastavia). U vyšších rastlín hydratúra bezprostredne na okolitom prostredí a jeho pomeroch nezávisí (Šebánek, 1983).

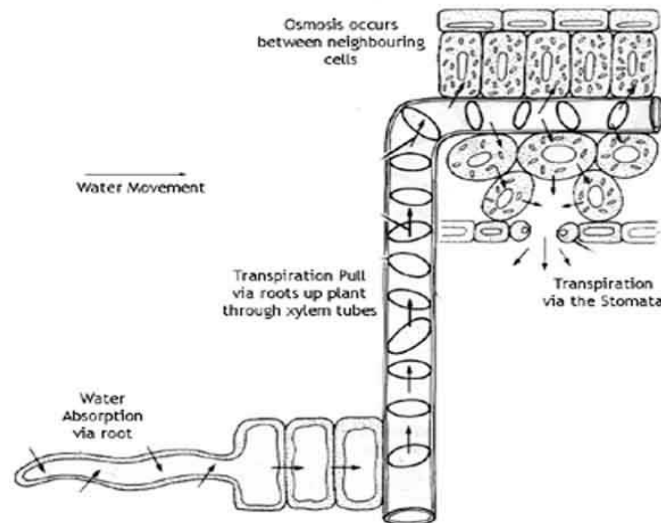
## **2.2 Integrovaný systém transportu vody zahŕňajúci pôdu, rastlinu a atmosféru**

Do ekosystému sa obyčajne zahŕňa pôda (do hĺbky o niečo väčšej než kam

siahajú najdlhšie korene), potom rastlina a atmosféra. Pohyb vody z pôdy do rastliny umožňujú koreňové vlásky. Ich nekutinizované bunkové steny ľahko prepúšťajú vodu z prostredia. Narastajúca sila bunkovej steny vlásokov spravidla značne prevyšuje hodnotu vodného potenciálu v pôde, a tým je nasávaná voda z povrchu pôdných častíc.

Akokoľvek zmena vodného potenciálu v jednej časti bunky spôsobuje zmeny obsahu vody v ostatných častiach. Koreňové vlásky prenikajú neustále priestory medzi pôdnymi časticami za vodou. Postupný transport vody v kvapalnej forme pôdou, koreňovými bunkami, xylómom a listovými bunkami a transport vody v plynnej forme je možno považovať za reťazový proces. V ňom platí, že najpomalší parciálny proces prakticky určuje rýchlosť celého procesu (Kolek, Kozinka, 1988).

Táto cesta sa považuje za kontinuálnu, nie však za homogénnu. Pri transporte pozdĺž tejto cesty sa voda pohybuje najskôr ako kvapalina cez pôdu, membrány, prechádza bunkami, prázdnyimi cievnymi kanálmi a bunkovými stenami, až sa nakoniec vyparuje a zachytáva ako para vo vzdušných priestoroch listu, odkiaľ difunduje von do atmosféry (*obr. č. 1.*).



*obr. č. 1. Systém transportu vody v rastline s jednotlivými mechanizmami :1. Gradient vodného potenciálu, 2. Koreňový vztlak = „koreňová pumpa“ (aktívna pumpa), 3. Adhézne, kohézne a elektroosmotické charakteristiky vody v xyléme, 4. Transpiračný ťah (prúd)*

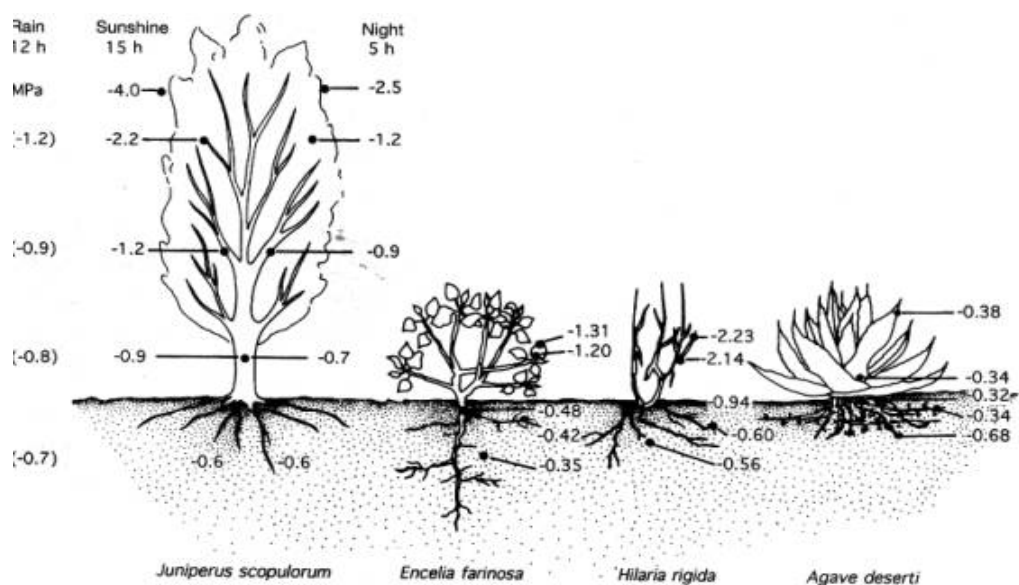
Pozdĺž rôznych častí tejto cesty sa uplatňujú rôzne mechanizmy transportu vody. Z biologického hľadiska je významná voda podzemná, kapilárna a obalová. Z fyziologického hľadiska hlavne však kapilárna voda (Masarovičová, Repčák, 2002).

Systémy nadzemných častí suchozemských rastlín, obklopené vzduchom, neustále strácajú vodu, tieto straty musia rastliny nahradzovať príjmom vody z pôdy.

Transpirácia, príjem vody a jej vedenie z koreňov k transpirujúcim povrchom sú neoddeliteľne spojené proces vodnej bilancie. Rastliny môžu absorbovať celým svojim povrchom, ale najväčší diel získavajú z pôdy. Vyššie rastliny prijímajú vodu z pôdy pomocou koreňov- orgánov špecializovaných pre absorpciu. Nižšie rastliny sú bez koreňov a tak sú závislé na priamom príjme vody nadzemnými orgánmi (Larcher, 1988).

### 2.2.1 Vodný potenciál

V šesťdesiatych rokoch navrhli fyziológovia Slatyer (Austrália) a Taylor (USA) fyziologicky užitočnú modifikáciu chemického potenciálu vody. Veličina nazvaná vodný potenciál sa ujala, dnes sa všeobecne používa a je základným pojmom vodného režimu rastlín. Oproti chemickému potenciálu má tú výhodu, že sa udáva v jednotkách tlaku ( $P_a$ ). Druhá obmena, ktorú navrhli Slatyer a Taylor, volí ako nulový štandard čistú vodu pri atmosférickom tlaku a pri teplote okolia a majúca rovnakú výšku v gravitačnom poli ako študovaná vzorka. Čistá voda za takýchto podmienok má vodný potenciál  $0 P_a$ .



obr. č. 2. Hodnoty vodného potenciálu u rôznych druhov rastlín z rôznych ekologických podmienok

skupina rastlín	$\Psi_{\min}$ (MP <sub>a</sub> )
vodná rastlina	-1,2
bylinné mezofyty	-1,5 až -2,5
trávnaté mezofyty	-2 až -3 (-4,5)
stromy tropických dažďových lesov	-1,5 až -4
kokosová palma	-1,5 až -2
dreviny mierneho pásma	
listnaté stromy a kríky	-1,5 až -2,5
ihličnany	-1,5 až -2,2 (-6)
rastliny z pravidelne suchých regiónov	
suchý les	-3,5 až -8,5
stredomorské nízke kríky	-4 až -8
suchomilné rastliny	
púštne kríky	-5 až -8 (-16)
sukulenty	-0,8 až -2
mangľové stromy	-5 až -6
halofyty	-3 až -6 (-9)

tabuľka č. 1. Hodnoty vodného potenciálu u rôznych typoch rastlín

Vodný potenciál hrá z fyzikálneho hľadiska dôležitú úlohu ako hnacia sila transportu vody. Hodnota vodného potenciálu však tiež informuje o tom, ako a v akej miere rastlina trpí stresom zo sucha. U zdravých, dobre zavlažovaných rastlinách sa pohybuje vodný potenciál od  $-0,2 \text{ MP}_a$  do  $-0,6 \text{ MP}_a$ , rastliny, ktoré trpia suchom majú vodný potenciál od  $-2 \text{ MP}_a$  do  $-5 \text{ MP}_a$  (obr. č. 2., tab. č. 1.). Pretože príjem a transport vody je pasívny proces, rastliny sú schopné prijímať vodu, iba keď je vodný potenciál koreňov menší ako vodný potenciál pôdy. Pri poklese vodného potenciálu pôdy musí klesať aj vodný potenciál rastliny. Z fyziologických procesov je najcitlivejší na pokles vodného potenciálu rast a pochody tvorby bunkovej steny a ďalej syntéza proteínov. Pre rast bunkovej steny a zväčšovanie objemu bunky je rozhodujúca pozitívna tlaková zložka vodného potenciálu – turgor (Procházka a kol., 1998).

Väzba vody na makromolekulárne štruktúry a rozpustené látky spôsobuje zníženie jej dostupnosti pre chemické reakcie a pre rozpustenie iných látok. A práve dostupnosť vody viac ako jej celkové množstvo ovplyvňuje biochemickú aktivitu protoplazmy. Termodynamický stav vody v bunke môžeme vyjadrovať v jednotkách potenciálnej energie. Vodný potenciál, ako ho definovali Slatyer a Taylor (1960), sa rovná rozdielu voľnej energie na jednotku objemu matrične viazanej (alebo tlak vyrovnávajúcej, alebo osmoticky viazanej) vody a na jednotku objemu čistej vody. Keď už nemôže rastlina znížiť svoj vodný potenciál pod hodnotu vodného potenciálu pôdy, trvalo vädnú, t.j. nevracia sa do pôvodného stavu ani v noci, ani keď je chránená pred výparom (Larcher, 1988, 2003).

Vodný potenciál vyjadruje stav vody v organizme. Pre rastlinu nie je podstatné absolútne množstvo vody, ale stav tzv. voľnej (využiteľnej) vody. Od vodného potenciálu závisí sacia sila pletív. Sacia sila pletív (schopnosť prijať vodu) je nepriamo úmerná veľkosti vodného potenciálu t.j. je tým väčšia, čím menšia je hodnota vodného potenciálu a naopak. Obrazne povedané: rastlina má 100 % vody, ale z nej 99 % je voda viazaná v zlúčeninách. Tým pádom môže rastlina využiť pre svoje potreby len 1 %.

Vodný potenciál je veľmi nízky – rastlina (pletivá) má veľkú potrebu prijať vodu = sacia sila pletív je vysoká. Postupne ako rastlina prijíma vodu, stúpa množstvo voľnej (využiteľnej) vody a zároveň klesá potreba prijímať ďalšiu – stúpa vodný potenciál a klesá sacia sila pletív.

Rastlina má dost' vody na realizáciu metabolických dejov. Postupne ako sa voda míňa, opäť klesá vodný potenciál a stúpa potreba vodu prijímať (<http://www.ta3k.sk/bio/index.php?option=com>).

### **2.2.2 Úloha koreňa v regulácii toku vody rastlinou**

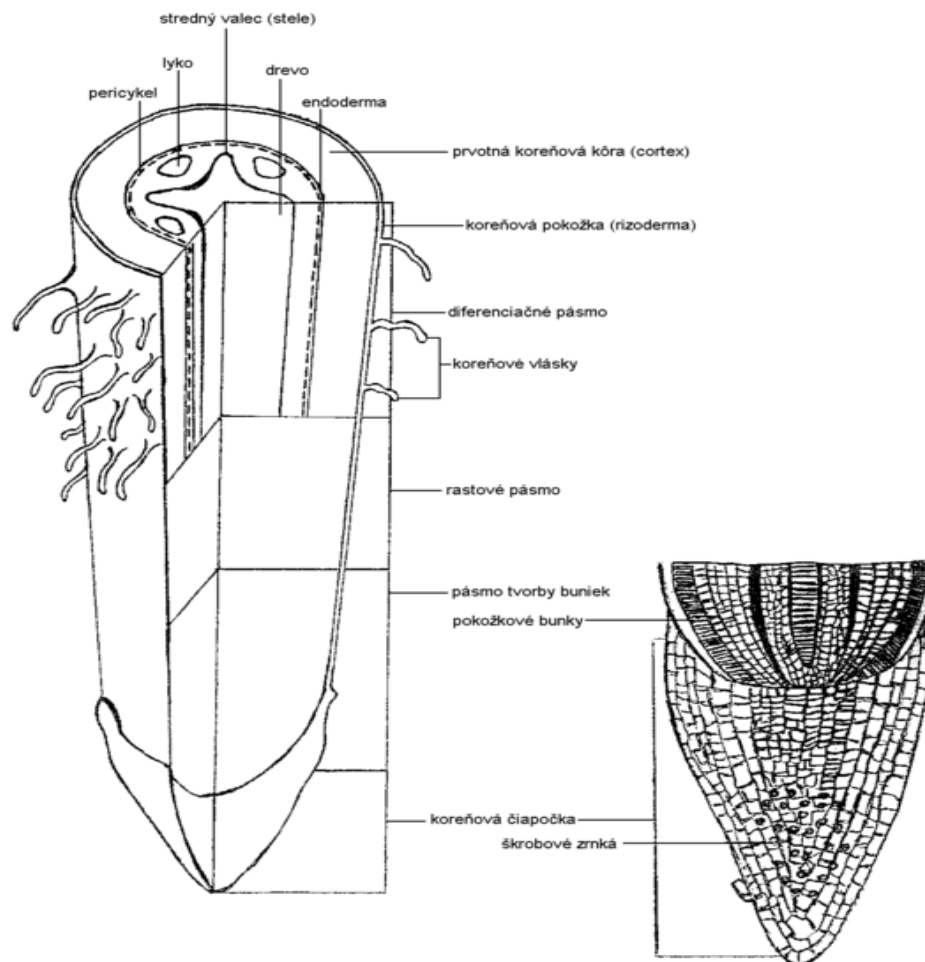
Voda v koreni je v ustavičnom pohybe v bunkách, medzi bunkami v pletive a medzi pletivami. Mladé koreňové vlásky prijímajú v porovnaní so svojou veľkosťou mnoho vody. Príjem však nie je proporcionálny ploche povrchu, ktorý je v kontakte s vodou. Ale je väčší, ako potrebujú koreňové vlásky na rast. Koreňové vlásky sú absorbujúce orgány, ktorých absorpčná kapacita závisí od intenzity odtransportovania prijatej vody ďalej od koreňa. Aj v podmienkach, v ktorých je voda prístupná rovnako všetkým častiam koreňa, nevstupuje do všetkých častí s rovnakou intenzitou. Intenzívnejšie prijímajú vodu mladšie časti koreňa. Príjem a transport vody koreňmi rastlín z pôdneho roztoku je komplex procesov, ktorých priebeh závisí od štruktúrnej organizácie koreňa, jeho veku, potrieb rastliny a mnohých pôdnych faktorov (Kolek, Kozinka, 1988).

Pohyb vody v koreni sa prejavuje tlakom, ktorý vytláča vodu do výšky položených pletív v rastline. Je spôsobený inhibičnými silami koloidných systémov a osmotickými silami protoplastov koreňových buniek. Koreňový vztlak je proces fyziologicky značne energeticky náročný. Pri vhodnej vlhkosti pôdy sa zvyšuje príjem vody koreňmi, čo napomáha intenzite koreňového vztlaku. V letných mesiacoch pri nižšej pôdnej vlhkosti, ale aj na jeseň sa intenzita koreňového vztlaku znižuje. Cez deň je koreňový vztlak najväčší v dopoludnia a vo večerných hodinách, čo súvisí s hodnotami vodného sýtostného deficitu a tlakového potenciálu. Koreňový vztlak spôsobuje len pomalý pohyb vody a neumožňuje dostatočne rýchlo dopraviť vodu vo veľkom množstve do veľkých výšok (Šebánek, 1983).

Tesný kontakt medzi koreňovým povrchom a pôdou je základom efektívnej absorpcie vody koreňom. Kontakt sa zväčšuje prerastaním koreňových vláskov do pôdy. V smere radiálnom voda vniká do koreňa apoplastickými (apoplazmickými), transmembránovými a symplastickými (symplazmickými) cestami až kým nedosiahne endodermu. Na začiatku týchto ciest, keď sa voda dostane do kontaktu s povrchom koreňa, charakter jej transportu sa zmení.



Kým v pôde sa transportovala predovšetkým objemovým tokom, od epidermy k endoderme koreňa sa môže pohybovať rôznymi cestami a rôznymi mechanizmami transportu. Pri apoplastickej ceste sa voda pohybuje výlučne cez bunkové steny bez toho, aby prešla membránami. Radiálne však môže voda súčasne vniknúť do koreňa aj cez bunkovú cestu (Masarovičová, Repčák, 2002). Hlavným procesom, ktorý určuje koľko vody korene prijmu za určitú časovú periódu (napr. za 24 hodín) je transpirácia. Deficit vody v rastlinnom tele nemôže byť príliš veľký a dlhodobý. Rastlina ho musí vyrovnať zvýšeným príjmom. Napriek tomu koreň nie je iba pasívna trubica, ktorá nasaje toľko vody, koľko sa jej z rastliny vyparí do atmosféry. Architektúra (morfológia a anatómia) koreňového systému (obr. č. 3.) spolurozhoduje o miere stresu suchom a o prežití rastliny v danom prostredí (Procházka a kol., 1998).



obr. č. 3. Anatómia rastlinného koreňa s jednotlivými zónami

### 2.2.3 Úloha endodermy (Casparyho pásik) v regulácii toku vody

Endoderma je najvnútornejšia a súčasne aj najvýraznejšia vrstva kôry. Jej zvláštna stavba je dôležitá z funkčného hľadiska pri transporte vody a látok v nej rozpustených do vnútorných pletív koreňa. Bunky endodermy k sebe tesne priliehajú. V absorpčnej oblasti koreňa sa v rámci radiálnych a priečnych primárnych bunkových stien pravidelne ukladá v podobe prstenca do intermitrofibrilárnych priestorov suberín, lignín alebo zmes obidvoch látok. Vytvára sa tak Casparyho pásik, ktorý cez strednú lamelu súvisí s pásikmi priľahlých endodermálnych buniek. Casparyho pásik sa zakladá obvykle vo vzdialenosti niekoľko milimetrov od vrcholu. Vzdialenosť jeho vzniku je druhovo špecifická a závisí aj od rýchlosti rastu koreňa.

Vývin Casparyho pásika predstavuje prvú etapu ontogenézy endodermy. Pri niektorých druhoch vývin v tejto etape končí, ale pri mnohých pokračuje druhou etapou. V nej dochádza k tvorbe suberínu novej lamely na celom vnútornom povrchu buniek.

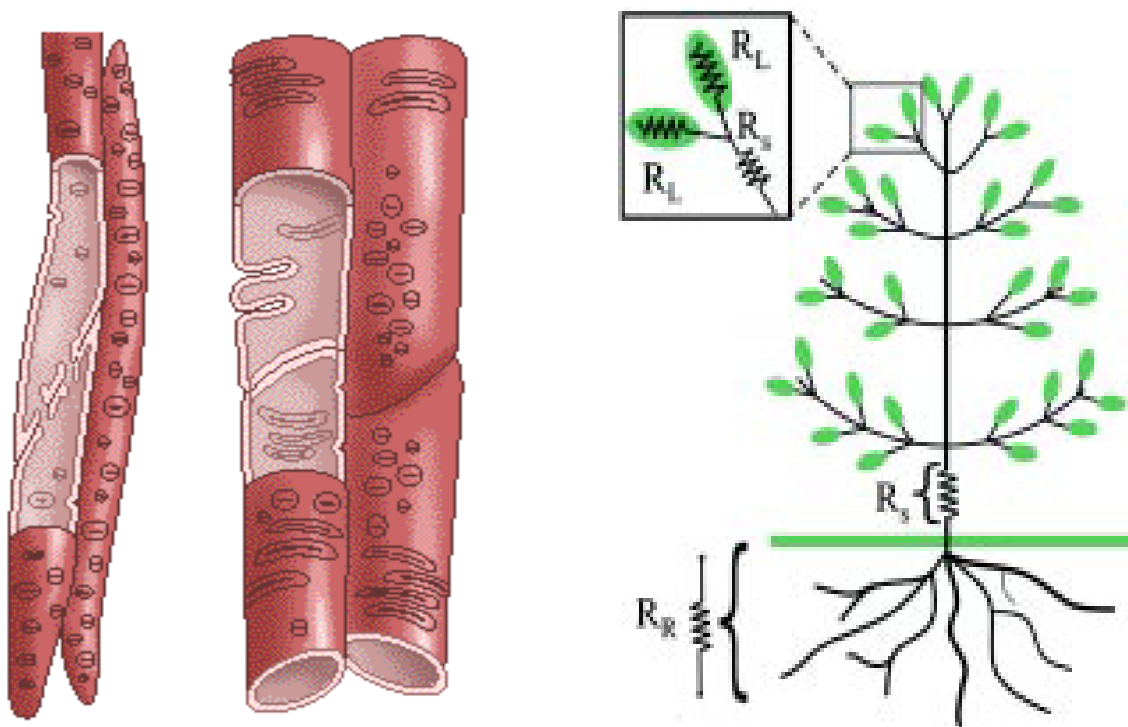
Endodermu majú najlepšie vyvinutú jednoklíčnolistové rastliny, ktorých korene sekundárne nehrubnú. Endoderma tu prechádza všetkými tromi etapami ontogenézy. Pri dvojklíčnolistových a nahosemenných rastlinách, ktorých korene sekundárne hrubnú, obvykle končí vývin v prvej etape. Pri sekundárnom hrubnutí sa endoderma nezachováva (Bobák, 1992).

Endoderma, vnútorná vrstva kôry je vďaka svojej špecifickej štruktúre bunkových stien prvou efektívnou bariérou voľnej difúzie v apoplaste. Transport cez endodermu závisí od metabolickej energie. To značí, že prinajmenšom jedna z plazmatických bariér, či už plazmalema epidermy kôry alebo až endodermy sa musí prekonať energeticky riadeným procesom (Kolek, Kozinka, 1988).

Voda pohybujúca sa apoplastickou cestou je v endoderme koreňa (prípadne i v exoderme, keď je vyvinutá) blokovaná Casparyho pásikom. Casparyho pásik je obruč radiálnych bunkových stien impregnovaná hydrofóbnou látkou podobnou vosku, suberínom. Suberín tvorí efektívnu bariéru pre pohyb vody a solútov, takže všetky molekuly transportované cez endodermu pravdepodobne musia prejsť plazmatickou membránou a vstúpiť do cytoplazmy endodermálnych a exodermálnych buniek (Masarovičová, Repčák, 2002).

## 2.2.4 Transport vody na dlhú vzdialenosť (úloha xylému)

Z hľadiska transportu sa xylém považuje za pletivo dobre prispôbené na objemový tok roztokov. Základom prispôsobenia je kompartmentácia vody do malých objemov, ktoré sú navzájom rôznym spôsobom a na rôznom stupni spojené. Aj keď sa zdá, že transport môže prebiehať cez väčšinu xylému, nemusí sa vždy v celom xyléme realizovať. Uvádza sa, že pri transporte malých množstiev roztokov sa to deje obyčajne v najširších cievach alebo cievciciach. Čím sa množstvo transportovanej tekutiny zväčšuje, tým viac sa do transportu zapájajú menšie cievy (Kolek, Kozinka, 1988). Pri väčšine rastlín tvorí xylém najdlhšiu časť cesty transportu vody (obr. č. 4.).



obr. č. 4. Koreňový xylém

V rastline meter vysokej viac ako 99,5 % transportnej cesty tvorí xylém a pri vysokých stromoch je to ešte väčšia časť cesty. V porovnaní s komplexom ciest vedenia vody cez ostatné pletivá koreňa, xylémová cesta kladie najmenší odpor pohybu vody. Vodivé bunky v xyléme majú špecializovanú anatómiu, ktorá im dovoľuje transportovať značné množstvá vody s veľkou účinnosťou.

Obidva typy tracheálnych elementov v xyléme, cievy a cievice sú odumreté a keď sú plne funkčné, neobsahujú už žiadne membrány alebo organely. Pôsobia ako prázdne trubice so zosilnenými lignifikovanými sekundárnymi stenami. Susedné cievy a cievice sú navzájom prepojené početnými stenčeninami v ich bočných stenách. Stenčenininy sú typicky lokalizované oproti sebe, takže vytvárajú stenčeninové póry. Stenčeninové póry vytvárajú cestu s malým odporom pre pohyb medzi tracheálnymi elementami (Masarovičová, Repčák, 2002).

Ióny a soli sa pohybujú xylémom a transpiračný prúd ich v rastline rozvádza. Na konci cievnych zväzkov difundujú bunkovými stenami k povrchom protoplastov vo zväzkovom parenchýme a aktívnym transportom prestupujú do parenchymatických buniek. Transport živín medzi bunkami tak znovu prechádza symplastom a niektoré soli sú pritom ukladané do vakuol. Sieťkovicami sa sprostredkováva prerozdelenie tých látok, ktoré už rastlina raz prijala. Táto redistribúcia je pre rôzne látky rozdielne obtiažna. Naopak, obtiažna je translokácia ťažkých kovov a iónov alkalických zemín, najmä vápnika. Preto sa tieto prvky hromadia v listoch, kde končí xylémová cesta pre translokáciu živín.

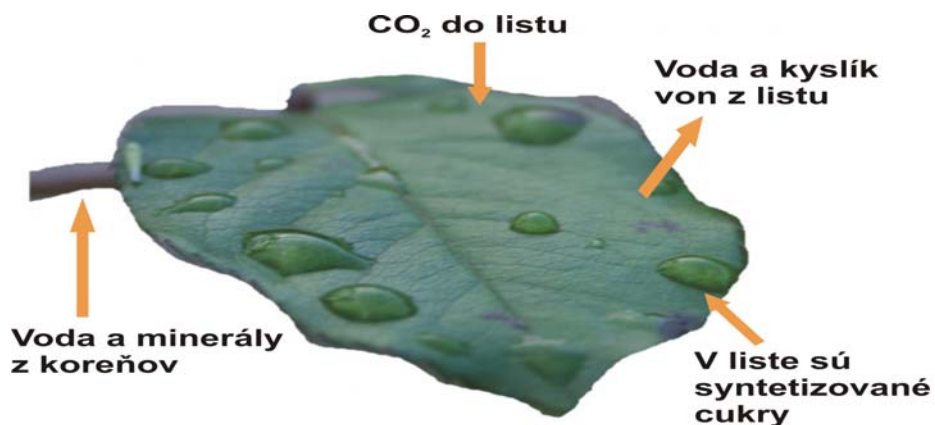
([http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/prijem\\_zivin/transport\\_dalkovy.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/transport_dalkovy.htm)).

### **2.2.5 List ako fotosyntetizujúci a transpirujúci orgán rastliny**

Listy sú najvýznamnejšia morfológická štruktúra rastlín adaptovaná pre zabezpečenie celého komplexu procesov súhrnne označovaných ako fotosyntéza. V celej ríši rastlinných organizmov predstavujú listy rastlín orgány veľmi špecifické: tenké ploché útvary už na pohľad naznačujú vývojové prispôsobenie k maximálnej absorpcii slnečného žiarenia a k maximálnemu skráteniu transportných dráh pri výmene plynov medzi vnútorným priestorom listu a okolitou atmosférou.

Z hľadiska fyziológie fotosyntézy je neobyčajne významné rozlíšenie anatomickej štruktúry listu vyznačujúcej sa tzv. vencovitým typom. Túto stavbu označil v 19. storočí Haberlandt ako tzv. Kranz-typ (z nemčiny kranz-veniec) a toto označenie sa doteraz používa i v iných jazykoch (Procházka a kol., 1998).

Fotosyntéza je dej, pri ktorom pri ktorom vznikajú organické látky z anorganických. Je to jediný dej na Zemi, pri ktorom z neživej hmoty vznikajú organické látky. Prebieha vo vnútri buniek vo zvláštnych časticiach nazývaných chloroplasty. Tieto častice obsahujú zelené farbivo nazývané chlorofyl. Vďaka tomuto farbivu sú rastliny zelené. Pre fotosyntézu rastlinná bunka potrebuje dve základné suroviny: vodu a oxid uhličitý (obr. č. 5.).



obr. č. 5. Úloha listu v transportných a metabolických procesoch

Dôležitou podmienkou fotosyntézy je svetlo (zdroj energie, bez neho fotosyntéza neprebehne). Pri fotosyntéze vzniká z vody a oxidu uhličitého cukor (z neho sa potom v bunke vyrábajú ďalšie organické látky - škrob, tuky, bielkoviny). Súčasne sa z bunky uvoľňuje kyslík. Tento kyslík je síce pri výrobe cukru iba odpadom, ale tento odpad je veľmi dôležitý pre všetky organizmy na Zemi. Okrem fotosyntézy listy tiež slúžia k odparovaniu prebytočnej vody z rastliny pomocou prieduchov v pokožke (<http://www.planina.cz/priro/prehledy/prehled/b02vyssiorgany.pdf>).

Zdrojom napätia v xyléme je negatívny hydrostatický tlak, ktorý vzniká v bunkových stenách listu pri evaporácii vody. List môže vymeniť svoj obsah vody v priebehu hodiny. Keď by táto strata vody nebola nahradená, list by mohol rýchlo zvädnúť a odumrieť. Hlavná hybná sila pre xylémový transport v transpirujúcej rastline sa generuje na rozhraní vzduch - voda vo vnútri listu.

Cesta výdaja vodnej pary z listu do atmosféry, môže byť rozdelená na tri úseky.

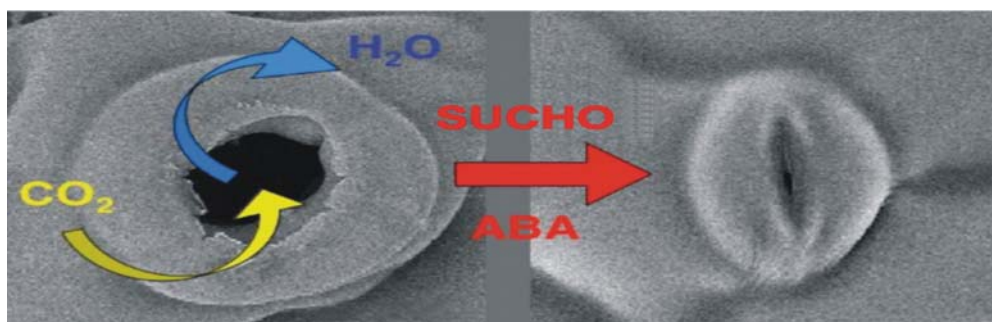
Prvý úsek zaberá vzduchový priestor vo vnútri listu, druhý prieduchovú štrbinu a tretí prebieha v málo pohyblivej vrstve vzduchu tesne pri povrchu listu, ktorá sa nazýva hraničná vrstva. Výdaj vody z listu závisí od dvoch faktorov: od koncentračného gradientu vodnej pary zo vzdušných priestorov listu do vonkajšieho vzduchu a od difúzneho odporu cesty z listu do vonkajšieho vzduchu ( Masarovičová, Repčák, 2002).

Transpiráciu môžeme považovať za difúzny proces. Transpirácia a príjem CO<sub>2</sub> rastlinou sú navzájom prepojené prieduchmi, ktorými difunduje ako vodná para tak aj CO<sub>2</sub>. Aby rastlina mohla prijímať CO<sub>2</sub> musí súčasne strácať vodu a keď musí znížiť stratu vody, znižuje sa tiež príjem CO<sub>2</sub> (Larcher, 1988, 2003).

List zdravej rastliny v optimálnych podmienkach môže odpariť za 20 až 60 minút toľko vody koľko sám váži. Pritom stačí väčšinou zníženie obsahu vody v liste na 60 % k tomu, aby sa nenávratne poškodili životne dôležité štruktúry (integrita membrán v bunke) a nastala smrť. Výpar je funkciou parametrov atmosféry (vlhkosti a rýchlosti prúdenia) a tepelnej bilancie povrchu. Vyhovuje pre všetky povrchy, kde má teplo rovnakú dráhu prenosu ako voda tj. vlhké povrchy. List rastliny je však väčšinou suchý. Zatiaľ čo teplo sa prenáša z jeho povrchu, vodná para sa vyparuje vo vnútri listu a následne difunduje von prieduchovými pórami (Procházka a kol., 1998).

### **2.2.6 Prieduchy a ich úloha v regulácii transpirácie**

Prieduch alebo stóma je štruktúra v pokožkových pletivách nadzemných častí rastlín regulujúca výmenu plynov a vyparovanie vody. Zohráva dôležitú úlohu pri prijímaní oxidu uhličitého a pri transpirácii. Tvoria ju dvojice buniek fazuľovitého (obličkovitého) tvaru medzi ktorými je prieduchová štrbina. Vzácnnejšie môžu mať prieduchové bunky kosťovitý tvar, napríklad u tráv (Graminae). Veľkosť štrbiny určuje turgor zatváracích buniek, takže čím viac sú bunky naplnené vodou, tým viac sú od seba oddelené. Prieduchové bunky majú na strane štrbiny zhrubnutú bunkovú stenu. Na rozdiel od buniek pokožky obsahujú aj chloroplasty. Cez prieduchovú štrbinu vydáva rastlina do prostredia prebytočnú vodu a taktiež uskutočňuje výmenu plynov (obr. č. 6.) O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> ([http://sk.wikipedia.org/wiki/Prieduch\\_\(botanika\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Prieduch_(botanika))).



obr. č. 6. Výmena plynov ( $O_2$  a  $CO_2$ ) prieduchmi

Rastlina je pomocou prieduchov schopná regulovať výmenu plynov otváraním a zatváraním štrbiny prieduchov, a to tak, aby mala maximálny prísun oxidu uhličitého pri únosných stratách vody. Rovnováha medzi príjmom  $CO_2$  pre fotosyntézu a výdajom vody pre poháňanie transpiračného prúdu rastlinou sa označuje ako fotosynteticko-transpiračný kompromis (<http://www.ontola.com/pruduchy>).

Prieduchy sú veľmi dôležitým faktorom intenzity transpirácie, ktorými sa voda vyparuje do ovzdušia. Výdaj vody prieduchmi do ovzdušia sa nazýva stomatárna transpirácia, výdaj kutikulou pokožky kutikulárna transpirácia. Tá tvorí u vyvinutých starších listoch 1/10-1/20 stomatárnej transpirácie, u slabých listov so slabou kutikulou 1/4-1/2. Kutikulárna transpirácia ovplyvňuje pokles vlhkosti vzduchu (napr. znížením vzdušnej vlhkosti z 95 % na 50 % sa kutikulárna transpirácia zvýši 5-6 krát). Plocha štrbín listových prieduchov tvorí zhruba 0,6 až 1 % celkovej listovej plochy (Šebánek, 1983).

Transpiráciou vzniká v rastline vzostupný transpiračný prúd, ktorý umožňuje zásobovanie všetkých častí rastliny vodou a minerálnymi živinami. Transpirácia tiež zabraňuje zahrievaniu listov. Otvorenými prieduchmi pri vysokej transpirácii preniká do listov dostatočné množstvo  $CO_2$  potrebného pre fotosyntézu. Ak je v pôde nedostatok vody, uzatvárajú sa prieduchy, znižuje sa rýchlosť transpirácie a súčasne klesá i rýchlosť fotosyntézy, lebo  $CO_2$  nemôže prenikáť do listov. Systémom závlah sa preto snažíme zabezpečovať rastlinám dostatok vody. Spotrebu vody rastlinami je možné regulovať i užívaním tzv. antitranspiračných látok znižujúcich nadmernú transpiráciu.

K nim patrí napr. octan fenylortuťnatý, ktorý ovplyvňuje hromadenie K<sup>+</sup> v zatváracích bunkách prieduchov

([www.gym.cz/...fyziologie%20rostlin/VODNÍ%20REŽIM%20ROSTLIN.doc](http://www.gym.cz/...fyziologie%20rostlin/VODNÍ%20REŽIM%20ROSTLIN.doc)).

Počet, veľkosť a rozmiestnenie prieduchov na ploche listu sa pritom behom evolúcie vyvinuli tak, aby sa pri plnom otvorení pórov profily vysokej koncentrácie vodnej pary listu práve dotýkali. Tým sa docieli toho, že profil koncentrácie vody nad listom pri plnom otvorení prieduchov je veľmi blízky profilu nad voľnou hladinou vody a teda aj rýchlosti výparu budú blízke. Dvojice zatváracích buniek sú u väčšiny druhov obklopené jedným až tromi párami podporných buniek epidermis, ktoré sa tvarom zreteľne líšia od ostatných epidermálnych buniek. Podporné bunky majú význam pri zatváraní a otváraní zatváracích buniek. Ich objem je podstatne väčší ako objem zatváracích buniek a dotýkajú sa ich relatívne malou časťou svojho povrchu.

To je základom tzv. mechanickej výhody podporných buniek, ktorá hrá významnú rolu pri zatváraní a otváraní póru. Pór sa otvára, keď sa zvyšuje turgorový tlak a objem cytoplazmy zvieracej bunky. Zatváranie sprevádza opačná zmena. Na 1m<sup>2</sup> listovej plochy môže byť 20 až 2000 prieduchov. U veľkej väčšiny rastlín, s ktorými sa stretávame býva počet prieduchov na 1m<sup>2</sup> v rozmedzí od 30 do 350 (Procházka a kol., 1998).

Medzi významné rysy zatváracích buniek patrí to, že na rozdiel od ostatných buniek epidermis obsahujú chloroplasty (až na veľmi vzácnu výnimku jedného rodu epyfytnej rastliny) a že nemajú plazmodezmy, ktoré by ich spojovali so symplastom ostatných buniek epidermis ([http://www.tuzvo.sk/filles/LF-KF/Pedago-Predmety/02Vodny\\_rezim.pdf](http://www.tuzvo.sk/filles/LF-KF/Pedago-Predmety/02Vodny_rezim.pdf)).

### **2.3 Využitie poznatkov o vodnom režime rastlín pre zlepšovanie ich hospodárenia s vodou v limitujúcich podmienkach**

Disponibilita vody je jedným z faktorov, ktoré determinujú produkciu a jej parametre na zemskom povrchu. V prípade obmedzenia disponibilnosti pôdnej vody a deficitu zrážok (ak prevažujú evaporačné požiadavky) vzniká pôdne sucho.



Stav vody v rastline závisí od príjmu vody koreňovým systémom a strát vody transpiráciou ako výstupnej zložky transportu vody v systéme pôda - rastlina – atmosféra. Zníženie pôdných zásob môže vyvolať zmenu stavu vody v rastlinách a rôznu stupeň dehydratácie pletív. Sucho, resp. vodný deficit rastlín vedie k narušeniu vodnej bilancie a k nesúladam medzi príjmom vody a požiadavkami na vodu počas ontogenézy.

V semiarídných podmienkach je deficit vody frekventovaným javom, s ktorým sa rastliny vyrovnávajú podľa stupňa rezistencie, resp. tolerancie. Vodný stres rastlín môže byť tiež indukovaný rôznymi ekologickými interakciami. Signál o ňom môžu snímať buď podzemnými alebo nadzemnými orgánmi, ktorých realizácia v priestore a čase je relatívne pevná. Vodný stres, indukujúci početné biochemické a fyziologické reakcie rastlín, vedie k postupnej strate vody a k zníženiu turgoru. Všeobecne je však turgor považovaný za najlepší indikátor vodného stresu rastlín. Špecifické mechanizmy, prostredníctvom ktorých turgor reguluje fyziologické funkcie, fungujú na úrovni bunkových sien a membrán (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001, ORCUTT, NILSEN, 2000, LICHTENTHALER, 1996, SMITH, GRIFFITHS, 1993).

Príčinou nedostatku vody dostupnej pre rastliny sú najčastejšie klimatické pomery a priebeh počasia. Vlastný príjem vody rastlinou je závislý tiež na obsahu živín a solí v pôde, ale aj na pôdnej reakcii. Pri pôsobení vodného stresu sa znižuje predovšetkým rast a fotosyntéza. Dôležitou úlohou vody je udržiavanie turgidity.

Turgor u rastlín ma hlavnú úlohu pri raste predlžovaní buniek. Najcitlivejšie reaguje na nedostatok vody predlžovací rast buniek. Rast začína zväčšovaním objemu vody bunky absorpciou vody do vakuol a zväčšovaním plochy na povrchu bunkovej steny. Rastlina na nedostatok vody reaguje tvorbou celého radu látok, ktoré zvyšujú osmotický tlak v bunkách, zvyšuje sa najmä koncentrácia kyseliny abscisovej (ABA). Zvyšujúca sa koncentrácia ABA v listoch má za následok zatváranie prieduchov rastlín.

Behom vodného stresu sa zvyšuje degradácia chlorofylu a klesá jeho koncentrácia. Je obmedzený transport látok, akumulácia sušiny a hromadenie energeticky bohatých látok, dochádza tiež k hromadeniu toxických látok. Pri silnom vodnom strese môže dôjsť dokonca aj k porušeniu membrán a k uhynutiu rastlín.

Rastlina môže trpieť suchom tiež v zimnom období. Nedostatok vody je daný tým, že rastliny nie sú schopné prijímať vodu v pevnom stave, ale iba v kvapalnom skupenstve. Voda, nachádzajúca sa v snehovej pokrývke je pre ne neprístupná. Preto často v zimných mesiacoch nedôjde k zmrznutiu rastlín, ale k ich vyschnutiu (BLÁHA a kol., 2003, OLŠOVSKÁ, 1999).

### **2.3.1 Aplikácie teoretických poznatkov v pestovaní plodín**

#### **2.3.1.1 Závlahy**

Pod závlahou v poľnohospodárstve rozumieme melioračné opatrenie, ktorým sa uskutočňuje navlaženie pôdy, porastu alebo prízemnej vrstvy vzduchu, aby sa dosiahla optimalizácia produkčného systému pri získavaní vysokých a stálych hektárových úrod v rastlinnej výrobe. Pôvodne závlaha slúžila len na doplnenie prirodzených zdrojov pôdnej vody tak, aby pestované plodiny mali dostatok potrebnej vody počas celej vegetácie. V súčasnosti sa závlaha používa aj na hnojenie pôdy, ochranu rastlín a pôdy proti rozličným škodcom, na zúrodňovanie pôdy a úpravu mikroklímy (BENETIN a kol., 1979, <http://www.seps.sk/zp/casopisy/1996/6/izakovic.htm>).

Závlahová sústava vystupuje ako integračná zložka regulačnej sústavy hydrologického cyklu v povodí. Jej primárna funkcia je rozptýliť vodu (obr. č. 7.) na plochu pozemkov a vytvoriť podmienky pre akumuláciu organickej hmoty.



*obr. č. 7. Rozptýlenie vody na pozemok*

Činnosť regulačnej funkcie závlhovej sústavy je predovšetkým hľadanie takých technologických a technických prostriedkov, ktoré umožňujú znížiť citlivosť poľnohospodárskych sústav v krajine k náhodným, epizódnym a extrémnym hydroklimatickým javom sucha.

Závlahy sa pozitívne prejavujú aj na kvalite plodín. Dlhoročné výsledky výskumu ukazujú, že zavlažovanie znižuje obsah dusíka, a tým sa znižuje akumulácia nitrátov, najmä pri zelenine a skorých zemiakoch. Na zavlažovanie sa používa prevažne povrchová voda, len výnimočne sa používa odber vody z podzemných zdrojov.

Hlavnými zdrojmi povrchovej vody sú vodné toky, nádrže a závlahové kanály. Stanovenie termínu a veľkosti závlhovej dávky je determinované viacerými kritériami, ktoré sú vzájomne podmienené. Sú to predovšetkým pôdne a poveternostné podmienky, rastové a vývojové fázy rastlín (Kolektív pracovníkov VÚZH, 1998).

Podľa toho aký cieľ chceme závlahou dosiahnuť, rozdeľujeme závlahy do troch základných skupín. Je to doplnková závlaha, ktorej cieľom je doplniť chýbajúce množstvo vody a tým vytvoriť optimálne vlhkosťné podmienky. Závlahu realizujeme počas vegetácie, prípadne pred jej začiatkom. Hnojivovou závlahou dopĺňujeme do pôdy živiny a vodu. Hnojivová závlaha sa uskutočňuje hlavne mimo vegetačného obdobia, kde sa voda zmiešava s močovkou, hnojovicou a tekutým hnojom. Špeciálnou závlahou sledujeme u nej špeciálny účel, ako ja napríklad oteplenie pôdy, ochrana proti jarným mrazom, boj proti burinám alebo živočíšnym škodcom, vyplavovanie škodlivých solí z pôdy, očistenie odpadovej vody, zvýšenie vlhkostí a zníženie teploty vzduchu.

Správny závlahový režim zabezpečuje potrebné množstvo prístupnej vody pre rastliny v hlavnej koreňovej zóne tak, aby fyziologické procesy rastliny mohli nerušene prebiehať, aby sa optimalizovali pestovateľské podmienky a dosiahla maximálna úroda pri vysokých kvalitatívnych a ekonomických ukazovateľoch. Pri riadení závlahových režimov treba poznať hydrolimity zavlažovaných honov (poľnú vodnú kapacitu, bod vädnutia), dolnú hranicu využiteľnej vodnej kapacity v danej vývojovej fáze plodiny, hĺbku navlažovania podľa pôdnych podmienok a zakorenenia plodín a evapotranspiráciu (vlahovú spotrebu) plodiny za bilancovaný časový úsek (JOBÁGY, SIMONÍK, 2009).



*obr. č. 8. Riadené zavlažovanie na poľnohospodárskej pôde*

Rast a vývoj plodín je preukázateľne závislý na výskyte a časovom rozdelení zrážok počas vegetačného obdobia. Vlahové deficity plodín sú príčinou podstatného znižovania výnosov. Účelne riadeným zavlažovaním (obr. č. 8.) sa vytvárajú podmienky pre stabilizáciu podnikania na poľnohospodárskej pôde, a to tak v regiónoch zrážkovo deficitných, ako aj v oblastiach s časovo nevhodne rozdelenými zrážkami (HENNEYEYOVÁ, PALKOVÁ, 2006).

### ***2.3.1.2 Minimalizačné technológie***

Rozvoj a dôvody zavádzania minimálneho obrábania pôdy treba vidieť i z hľadiska efektívneho spôsobu hospodárenia na pôde. Minimálnym spracovaním pôdy je možné dosiahnuť predovšetkým podstatnú úsporu pracovného času, najmä pri bezorbovom spôsobe pestovania plodín. Minimálne obrábanie pôdy predstavuje sústavu mechanických zásahov a opatrení, v ktorej sa pri pestovaní rastlín znižuje počet operácií na minimum. Dotýka sa celého komplexu základnej kultivácie pôdy, prípravy pôdy k sejbe, sejby a kultivácie pôdy v porastoch pestovaných plodín počas ich vegetácie (DEMO, JUREKOVÁ, ANTAL, 1997).

Hlavné dôvody rozvoja a rozširovania minimalizačných technológií spracovania pôdy je možné hľadať v oblasti ekologickej, ekonomickej a technickej. Medzi ekologické dôvody patrí predovšetkým priaznivý vplyv týchto technológií na štruktúrny stav pôdy, lepšie hospodárenie s pôdnou vodou ( zníženie strát vody pri nižšej intenzite spracovania pôdy, zvýšenie vododržnosti pôdy, obmedzenie neproduktívneho výparu vody z pôdy mulčom z rastlinných zvyškov na povrchu pôdy), redukcia vodnej a veternej erózie, obmedzenie vyplavovania pohyblivých foriem dusíku, zlepšenie stavu pôdnej organickej hmoty. Od minimalizačných a predovšetkým od pôdochranných technológií sa očakáva, že prispesú k skvalitneniu pôdneho a životného prostredia (HÚLA, PROCHÁZKOVÁ a kol., 2008).

Z hľadiska používania techniky najmä pri základnom spracovaní pôdy sa rozlišujú dve sústavy minimálneho obrábania pôdy a to sústavy na báze orby (pluhmi s odhrňovačkami) a sústavy bez orby (tzv. bezorbové sústavy). Pri sústavách na báze orby klinovými pluhmi (s odhrňovačkami) sa pôda drobí, kypří, premiešava a obracia.

Minimalizácia spravidla spočíva v znižovaní hĺbky spracovania a v zlučovaní jednotlivých operácií (súpravy, kombinátory a iné).

Pri sústavách bez orby sa klinové pluhy nepoužívajú. Pôda sa spravidla len kypří bez obracania do rôznej hĺbky, až po technológiu sejby do neobrobenej pôdy. Sústavy minimálneho obrábania pôdy bez orby sa uplatňujú najmä na pozemkoch, kde nie sú potrebné účinky pluhu a kde sa môžu úplne nahradiť technickými, chemickými alebo biologickými opatreniami a kde sa treba vyhnúť negatívnym účinkom pluhu (DEMO, BIELEK a kol., 2000).

Z fyzikálnych vlastností sa zmeny vyvolané rôznym spracovaním pôdy najviac dotýkajú jej objemovej hmotnosti, ktorá následne ovplyvňuje celý komplex ďalších fyzikálnych vlastností pôdy. S objemovou hmotnosťou úzko súvisí pórovitosť pôdy.

Objem a zastúpenie jednotlivých veľkostných skupín pórov významne ovplyvňujú vodný a vzdušný režim pôdy. Mení sa pomer kapilárnych a nekapilárnych pórov, to sa premieša vo zvyšovaní vododržnosti pôdy, a tým obsahu vody v pôde a v znižovaní hodnôt jej prevzdušnenosti. Na uchovanie pôdnej vody má priaznivý vplyv takisto mulč zo zvyškov rastlín na povrchu pôdy, predovšetkým tým, že znižuje odtok z povrchu a redukuje neproduktívny výpar.

Zníženie hĺbky a intenzity spracovania pôdy je vhodné uplatňovať predovšetkým v suchších a teplejších podmienkach a na pôdach ľahšieho zrnitostného zloženia, kde je potreba usilovať o zlepšenie vodného režimu pôdy a vlhového zabezpečenia rastlín v priebehu vegetácie (HÚLA, PROCHÁZKOVÁ a kol., 2008).

### **2.3.1.3 Mulčovanie**

Mulčovanie je operácia, pri ktorej sa povrch pôdy zakrýva fóliami, alebo inými vhodnými materiálmi. Mulčovaním povrchu pôdy sa reguluje predovšetkým teplotný a vodný režim pôdy.

Na mulčovanie sa používa buď priesvitná, alebo čierna fólia. Okrem zvyšovania teploty zlepšuje nastielanie fóliou aj hospodárenie pôdy s vodou. Znižuje neproduktívny výpar vody z pôdy, urýchľuje rast rastlín zapojením porastu, čím sa znižuje neefektívna evapotranspirácia. Dobre vyvinuté rastliny v neskorších rastových fázach menej trpia suchom. Mulčovanie tiež umožňuje posunúť termín sejby o 3-4 týždne skôr a zvýšiť zastúpenie úrodnejších hybridov s dlhšou vegetačnou dobou. V pestovateľskej technológii môže tak byť prvkom pre stabilizáciu úrod.

Čierna fólia sa používa aj pre urýchľovanie rastu a dozrievanie plodín ako sú rajčiaky, uhorky, jahody (obr. č. 9), ríbezle atď.



*obr. č. 9. Použitie mulčovacej fólie pri pestovaní jahôd*

Nastielanie pomocou fólie sa uskutočňuje aj pri zakladaní vinogradov. Výsadba viničových štepov sa uskutočňuje až po založení fólie. Fólia chráni mladé štepy viniča proti burinám až do doby, keď sa sformuje vedenie viniča na drôtenke (DEMO, BIELEK a kol., 2000).

Fólie predstavujú významný prvok v súčasnej intenzívnej zeleninárskej produkcii, a to ako PE-fólie, tak i tkané a netkané materiály. Ako ich prednosti môžeme uviesť:

- zlepšujú mikroklimu pre vzchádzanie, rast a vývoj rastlín pod nimi
- zabraňujú rozbahneniu pôdy, tým chránia štruktúru pôdy
- napomáhajú lepšiemu využitiu slnečnej energie
- môžu slúžiť ako ochrana rastlín proti škodám mrazom u prezimujúcich kultúr, ale aj teplom v letnom období
- čierne a nepriehľadné fólie potláčajú rast a vývoj burín
- chránia rastliny pred niektorými škodcami, to umožňuje obmedzenie aplikácie prípravku na ochranu rastlín.

Vďaka týmto prednostiam napomáhajú fólie šetrnejšej produkcii zeleniny (FLOHROVÁ, 1992).

Pokrytie pôdy mulčom zohráva podobnú úlohu ako zapojený porast plodín (rastlinné pokrytie). V oboch prípadoch sa jedná o vytvorenie tzv. tieňového garé, ktoré priaznivo ovplyvňuje rad pôdnych vlastností. Mulč chráni pôdu pred deštrukciou pôdnych agregátov vplyvom dažďov, a tým prispieva k udržaniu pôdnej štruktúry, znižuje nebezpečie pôdnej erózie ako vodou, tak aj vetrom a celkovo zachováva a zlepšuje jej agrofyzikálne a biologické vlastnosti. Predovšetkým zabraňuje zlievaniu a kornataniu pôdy, obmedzuje kolísanie pôdnej teploty, pôsobí na zvýšenie mikrobiálnej činnosti v horných vrstvách ornice. Využitie mulča v sústave hospodárenia na pôde (obr. č. 10) má predovšetkým význam v systémoch ochranného spracovania pôdy. Uplatnenie mulča v pôdoochranných technológiách sa líši podľa spôsobu hospodárenia s rastlinnými zvyškami (HÚLA, PROCHÁZKOVÁ a kol., 2008).





*obr. č. 10 Mulčovač QIUVOGNE*

### **2.3.2 Aplikácie v šľachtení biologického materiálu**

Zlepšenie adaptačných schopností genotypov vo vodou limitovaných podmienkach možno dosiahnuť buď selekciou na samotnú úrodu alebo selekciou na kritéria sledované na zlepšenie úrody experimentálne. Je obtiažne rozlíšiť, či zníženie úrody po strese je limitované nižším genetickým potenciálom alebo zníženou toleranciou na sucho. Dilemou je výber kritérií korelujúcich so zvýšením úrody. Ako selekčné kritériá pre šľachtenie na vodný stres boli dlhodobo diskutované charakteristiky, ako sú spotreba vody, efektívnosť využitia vody a zberový index (ZEMÁNEK, 1986).

Veľmi často sa stretáme s empirickými komparatívnymi štúdiami vlastností suchovzdornosti kultivarov, resp. reakcií na deficit vody. Diskutovaná je kapacita formovania a distribúcie biomasy, zmenšovanie efektívneho povrchu listov, geometria ich postavenia na rastline, morfológických zmien koreňového systému, vlastností kutikuly, distribúcia prieduchov, atď. Tieto klasické hodnotenia bez prehĺbovania poznávania fyziologickej podstaty poukazujú na existujúcu prestavbu



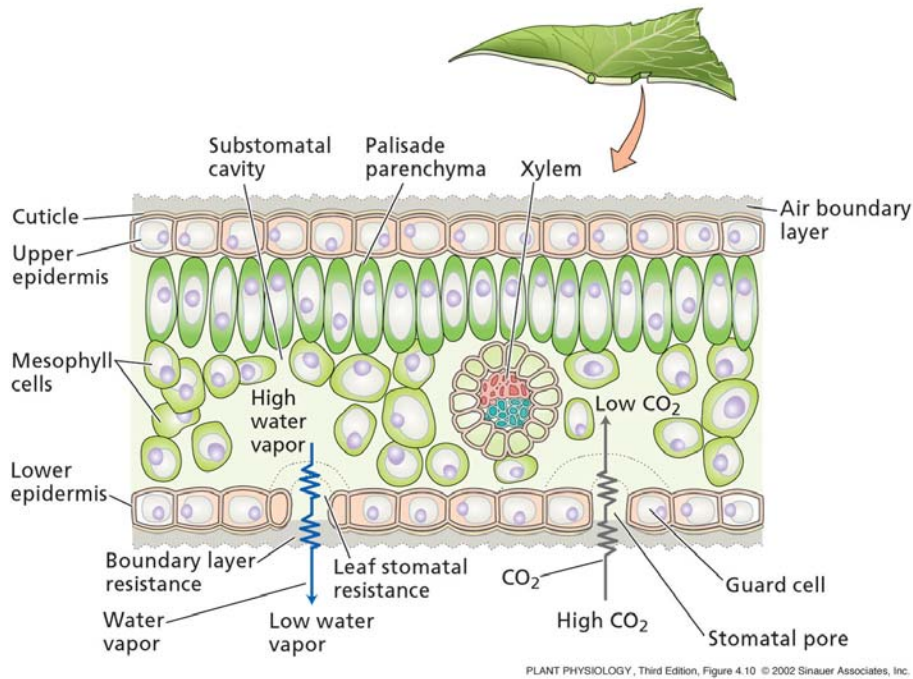
formovania vegetatívneho aparátu počas sucha, ale neposkytujú konkrétne fyziologické kritéria, ak za ne nepovažujeme určitý komplex prejavov v podmienkach nie vždy exaktne definovaných. Prevažne ide o práce z vegetačných pokusov orientovaných na kvantifikovanie kultivarov poľnohospodárskych rastlín s vysokým stupňom hospodárskej suchovzdornosti (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001, ŠVIHRA, 1984, EHLERS, GOSS, 2003).

Šľachtenie na suchovzdornosť znamená mnohonásobný komplexný postup, pri ktorom sa konvenčnými šľachtiteľskými metódami dosahuje iba veľmi malý pokrok. Zakomponovanie fyziologických prístupov do šľachtiteľských programov pre nepriaznivé, stresové prostredie spolu s diverzifikáciou genetických zdrojov najmä s prirodzenou adaptabilitou zabezpečenie vhodného selekčného prostredia pre identifikáciu interakcií odrody a prostredia sú rozhodujúcimi momentmi pre zvýšenie efektívnosti šľachtenia na suchovzdornosť. Hľadajú sa markéry stresu a fyziologické kritériá, ktoré odrážajú citlivosť genotypov na sucho. Prejav jednoduchého znaku môže mať len malý efekt na zvýšenie ich tolerancie. Zvyčajne je potrebných niekoľko znakov. Súčasnosť poznania reakcií rastlín na vodný stres sa opiera o hodnotenie úrod až po poznanie génovej expície jednotlivých znakov (THIS, 1992, OLŠOVSKÁ, 2008).

V meniacich sa podmienkach prostredia narastá potreba využívania odrôd schopných tolerovať nepriaznivé faktory prostredia, predovšetkým sucho v rôznych fenofázach rastu. Všeobecne sa pri skríningu genotypov na toleranciu k menej priaznivým abiotickým a biotickým faktorom prostredia dostáva do popredia fyziologický prístup. Umožňuje pracovať s väčšou šírkou genotypov než klasický agronomický prístup zameraný na úrodu, čím urýchljuje šľachtiteľský proces. Zvlášť významné je to pri tak komplexnom faktore ako je sucho, kde sa ešte nepodarilo presne špecifikovať genetickú podmienenosť (REYNOLDS et al., 2001, ŽIVČÁK, BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2008).

Efektívnosť využívania vody (WUE) a tolerancia na sucho navzájom pozitívne korelujú, avšak väčšia, avšak väčšia tolerancia na sucho nemusí znamenať väčšiu efektívnosť využitia vody. Jednotlivé zložky, ovplyvňujúce WUE, sú polygénne založené, preto je odporúčenie tejto charakteristiky ako všeobecného kritéria suchovzdornosti viac-menej diskutabilné.

Najpresnejšie merať WUE znamená súčasne monitorovať evapotranspiráciu a úrodu porastu pre celkovú biomasu alebo jej časť. Preto sú vyhľadávané menej náročné metódy pre priame meranie výmeny CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O individuálnych listov (obr. č. 11.).



obr. č. 11. Hybné sily transportu vody a CO<sub>2</sub> sú od seba nezávislé, teda zatvorenie prieduchov výraznejšie limituje transport vody z listu ako transport CO<sub>2</sub> do listu, čím sa zvyšuje WUE (jednotka WUE : mol CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> na mol H<sub>2</sub>O.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (množstvo asimilovaného uhlíka na jednotku vytranspirovanej vody) )

Ak je dostatok vody, genotypy tolerantné na sucho môžu mať rovnaké WUE ako druhy citlivé na dehydratáciu. Tolerantné genotypy však môžu rásť aj pri hydratačnej úrovni pletív, pri ktorej iné druhy nemôžu.

Farquhar a Richards (1984) odporučili uplatnenie techník WUE v šľachtení. Predpokladajú, že stupeň diskriminácie uhlíka rôznymi druhmi rastlín môže byť

v priamom vzťahu k WUE, čo by mohla byť rýchla skriningová metóda (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001).

Kultúrne rastliny sú hydrostabilné, t.j. udržujú vyrovnanú vodnú bilanciu a keď nastane väčší vodný deficit, môžu sa poškodiť. Šľachtenie ekologického typu považovalo za odolné proti suchu tie odrody, ktoré prežili suché obdobie a dali ešte uspokojivú úrodu. Produkčné šľachtenie považuje za odolné proti suchu odrody, ktoré prekonajú suché obdobie tak, že ich výkonnosť je čo najmenej porušená.

Rastlina nie je počas svojho vývinu rovnako citlivá na nedostatok vody. Najcitlivejšia je obyčajne v prvých obdobiach rastu a vývinu. Sucho spôsobuje v tomto období slabý rast koreňov, a tým aj slabý vývin celej rastliny.

Obilniny sú napr. stredne citlivé pri odnožovaní, ale značne citlivé v čase klasenia a kvitnutia. Vtedy si vyžadujú najväčšie množstvo vody. Šľachtením môžeme vytvoriť odrody, ktoré napr. ukončia svoj vývin pred nástupom sucha, alebo ich sucho zastihne v menej citlivom období rastu. Pri šľachtení výkonných odrôd pre polosuché oblasti sa používa najčastejšie kríženie výkonných odrôd s odrodami s mohutnou funkcie schopnou koreňovou sústavou. Ide tu o spojenie mohutnej koreňovej sústavy s produktívnou nadzemnou časťou. Skúšky odolnosti rastlín proti suchu možno robiť na poli, v skleníkoch i v laboratóriách (BOHÁČ, 1990).

Aj napriek mnohým rokom výskumu ostáva sucho stále výzvou pre poľnohospodárskych vedcov a pestovateľov rastlín. Sucho, alebo skôr dostupnosť vody, je hlavný faktor obmedzujúci produkciu plodín. Sucho je stálym obmedzením poľnohospodárskej výroby v mnohých rozvojových krajinách a občasnou príčinou strát v poľnohospodárskej výrobe v rozvinutých krajinách. Rozvoj, cez šľachtenie kultivarov s vyššou úrodnosťou v suchých podmienkach by bolo najväčším prielomom, a to je jeden z dôvodov, prečo je sucho takou výzvou. Väčšina pestovateľov sa domnieva, že pestovanie v prostrediach, v ktorých je sucho nepredvídateľné a premenlivé, je pomalé a zložité. Dôležitosť šľachtenia pre špecifickú adaptáciu nie je nič nové (BELHASSEN, 1996).

Klasické metódy šľachtenia rastlín využívajú spontánne alebo indukované mutácie, najmä prírodné alebo umelé kríženie na získanie populácie jedincov s požadovanými vlastnosťami.

Pritom kombinujú len vlastnosti tých organizmov, ktoré sú evolučne blízke a krížiteľné a prenos génov sa deje vertikálnym spôsobom z rodičov na potomstvo.

V tomto procese dochádza ku kombinácii všetkých génov oboch rodičovských genómov, t.j. kombinujú sa nielen hospodársky významné znaky, ale i nepriaznivé, ktoré sa následne musia selekciou z populácie vyradiť, čo je časovo náročné (UŽÍK, 2002).

Na rozdiel od konvenčných prístupov v šľachtení (selekcia, hybridizácia) rozvíjajúca sa genomika a proteomika rastlín ponúka okrem iného možnosti analýzy tzv. kvantitatívnych znakov vyššej tolerancie na sucho. Kvantitatívny znak je fenotypovým prejavom expície viacerých génov uložených na konkrétnych miestach (lokusoch) (quantitative trait loci – QTL) v chromozóme. Expícia týchto génov je vždy ovplyvnená určitými podmienkami prostredia. Ide najmä o morfológicko-fyziologické znaky (morfológické znaky koreňa, produkcia ABA a pod), ktoré sú kvantitatívne dedičné v novej generácii. Analýza kvantitatívnych znakov a ich genetickej podstaty v rôznych biologických materiáloch predstavuje základ pre genetické inžinierstvo rastlín, využívajúce rôzne markéry pre tieto znaky v selekčnom procese (marker - assisted selection – MAS) alebo v klonovaní QTL, ktoré umožňujú ich ďalšiu genetickú manipuláciu (TUBEROSA, SALVI, 2006).

Genetické inžinierstvo je súhrnný názov pre postupy molekulovej biológie a genetiky, ktoré umožňujú priamu manipuláciu s génmi. Široký rozsah postupov genetického inžinierstva vychádza predovšetkým z techník rekombinovanej DNA (DÚHA, 2001).

Rastliny reagujú na sucho fyziologickými zmenami. Vo fyziologických mechanizmoch tolerancie sa uplatňuje súbor génov, ktoré majú úlohu v niekoľkých možných cestách a sú regulované rôznymi extrémnymi faktormi (BRAY, 1997).

Analýzy usporiadania týchto génov ukazujú, že produkty génov na transkripčnej a translačnej úrovni môžu byť funkčné v tolerancii na sucho ako aj iných reakciách.

Genetické zlepšenie tolerancie rastlín na sucho sa ukazuje ako významný problém poľnohospodárstva v budúcnosti.

Potenciálni kandidáti génov, ktoré sú prakticky aplikovateľné v génovom inžinierstve tolerancie rastlín na sucho a zasolenie, boli rozdelené do 3 základných skupín (HAYASHI, MURATA, 1998):

- gény kódujúce všeobecne sa vyskytujúce proteíny (LEA, HSP, RAB proteíny, dehydríny, osmotín, a pod.)
- gény kódujúce proteíny, ktoré sú potrebné pre transport iónov a iónovú homeostázu (iónové kanály, kanály pre vodu a pod.)
- gény kódujúce enzýmy, ktoré regulujú syntézu osmoticky aktívnych komponentov (enzýmy pre syntézu sorbitolu, pinitolu, glycínbetaínu, prolínu alebo kľúčové enzýmy CAM metabolizmu)

### **3. CIEĽ PRÁCE**

Cieľom bakalárskej práce bolo na základe spracovania dostupných materiálov a poznatkov:

1. popísať úlohu vody v integrovanom systéme pôda – rastlina – atmosféra
2. princípy a reguláciu jej toku v rastlinách
3. zhodnotiť využitie poznatkov o vodnom režime rastlín pre zlepšovanie ich hospodárenia s vodou v limitujúcich podmienkach, a to v aplikácii v pestovaní a v aplikácii v šľachtení biologického materiálu.

## 4. MATERIÁL A METÓDY

Pri zostavovaní bakalárskej práce bolo využitých viacero literárnych a internetových zdrojov. Základným pilierom kapitol „Úloha vody v rastlinách,, a „ Integrovaný systém transportu vody zahŕňajúci pôdu, rastlinu a atmosféru,, bola kniha od Stanislava Procházku „Fyziologie rostlin,, .

V kapitole o úlohe vody v rastlinách je spracované jej využitie v živých organizmoch ako jedného z najdôležitejších faktoroch na Zemi a takisto sú tu popísané funkcie vody v rastlinách.

Kapitola o integrovanom systéme je rozčlenená do šiestich podkapitol, v ktorých je tento nasledovný systém rozpracovaný.

Využitie poznatkov o vodnom režime rastlín pre zlepšovanie ich hospodárenia s vodou v limitujúcich podmienkach je rozčlenené do dvoch kapitol:

1. Kapitola „Aplikácie teoretických poznatkov v pestovaní plodín,, je zložená z troch podkapitol, v ktorých sú uvedené možnosti využívania závlah, minimalizačných technológií a mulčovania.

2. V kapitole „ Aplikácie v šľachtení biologického materiálu,, sa zaoberáme rôznymi metódami šľachtenia a genetickým inžinierstvom ako základom pre budúcnosť pestovania plodín v limitujúcich podmienkach.

## 5. ZÁVER

Predložená bakalárska práca prináša prehodnotenie a zhrnutie poznatkov o vodnom režime rastlín v limitujúcich podmienkach, v podmienkach sucha, ich využitie v aplikáciách pri pestovaní plodín a šľachtení biologického materiálu v nasledovných záveroch:

1. Postupný transport vody v kvapalnej forme pôdou, koreňovými bunkami, xylómom a listovými bunkami a transport vody v plynnej forme je možno považovať za reťazový proces. V ňom platí, že najpomalší parciálny proces prakticky určuje rýchlosť celého procesu. Táto cesta sa považuje za kontinuálnu, nie však za homogénnu, nakoľko pozdĺž rôznych častí tejto cesty sa uplatňujú rôzne mechanizmy transportu vody.
2. Hnacou silou transportu vody v systéme pôda – rastlina – atmosféra je vodný potenciál, ktorý informuje nielen o množstve vody, dynamike toku voľnej vody, ale aj o tom, ako a v akej miere rastlina trpí nedostatkom vody. Pretože príjem a transport vody je pasívny proces, rastliny sú schopné prijímať vodu, iba keď je vodný potenciál koreňov menší ako vodný potenciál pôdy. Pri poklese vodného potenciálu pôdy musí klesať aj vodný potenciál rastliny. Z fyziologických procesov je najcitlivejší na pokles vodného potenciálu rast a pochody tvorby bunkovej steny a ďalej syntéza proteínov.
3. Najvýznamnejšie limitujúce miesta v transporte vody v rastlinách sú endoderma koreňa a prieduchy v pokožke listov. Stav vody v rastline závisí od príjmu vody koreňovým systémom a strát vody transpiráciou ako výstupnej zložky transportu vody v systéme pôda - rastlina – atmosféra. Zníženie pôdnych zásob môže vyvolať zmenu stavu vody v rastlinách a rôzny stupeň dehydratácie pletív. Sucho, resp. vodný deficit rastlín vedie k narušeniu vodnej bilancie a k nesúladam medzi príjmom vody a požiadavkami na vodu počas ontogenézy.
4. Správny závlahový režim zabezpečuje potrebné množstvo prístupnej vody pre rastliny v hlavnej koreňovej zóne tak, aby fyziologické procesy rastliny mohli nerušene prebiehať, aby sa optimalizovali pestovateľské podmienky a dosiahla maximálna úroda pri vysokých kvalitatívnych a ekonomických ukazovateľoch.



Pri riadení závlahových režimov treba poznať hydrolimity zavlažovaných honov (poľnú vodnú kapacitu, bod trvalého vädnutia), dolnú hranicu využiteľnej vodnej kapacity v danej vývojovej fáze plodiny, hĺbku navlažovania podľa pôdných podmienok a zakorenenia plodín a evapotranspiráciu (vlahovú spotrebu) plodiny za bilancovaný časový úsek.

5. Hlavné dôvody rozvoja a rozširovania minimalizačných technológií spracovania pôdy je možné hľadať v oblasti ekologickej, ekonomickej a technickej. Medzi ekologické dôvody patrí predovšetkým priaznivý vplyv týchto technológií na štruktúrny stav pôdy, lepšie hospodárenie rastlín s pôdnou vodou ( zníženie strát vody pri nižšej intenzite spracovania pôdy, zvýšenie vododržnosti pôdy, obmedzenie neproduktívneho výparu vody z pôdy mulčom z rastlinných zvyškov na povrchu pôdy), redukcia vodnej a veternej erózie, obmedzenie vyplavovania pohyblivých foriem dusíku, zlepšenie stavu pôdnej organickej hmoty.
6. Pokrytie pôdy mulčom zohráva podobnú úlohu ako zapojený porast plodín (rastlinné pokrytie). Mulč chráni pôdu pred deštrukciou pôdných agregátov vplyvom dažďov, a tým prispieva k udržaniu pôdnej štruktúry, znižuje nebezpečie pôdnej erózie ako vodou, tak aj vetrom a celkovo zachováva a zlepšuje jej agrofyzikálne a biologické vlastnosti, znižuje neproduktívny výpar vody z pôdy, urýchľuje rast rastlín zapojením porastu, čím sa znižuje neefektívna evapotranspirácia. Predovšetkým zabraňuje zlievaniu a kornateniu pôdy, obmedzuje kolísanie pôdnej teploty, pôsobí na zvýšenie mikrobiálnej činnosti v horných vrstvách ornice. Rastliny vplyvom mulčovania udržiavajú priaznivú vodnú bilanciu a majú dostatok vody pre svoj rast a fotosyntézu.
7. Šľachtenie na suchovzdornosť znamená mnohonásobný komplexný postup, pri ktorom sa konvenčnými šľachtiteľskými metódami dosahuje iba veľmi malý pokrok. Hľadajú sa markéry stresu a fyziologické kritériá, ktoré odrážajú citlivosť genotypov na suchu. Súčasnosť poznania reakcií rastlín na vodný stres sa opiera o hodnotenie úrod až po poznanie génovej expsie jednotlivých znakov. Klasické metódy šľachtenia rastlín využívajú spontánne alebo

indukované mutácie, najmä prírodné alebo umelé kríženie na získanie populácie jedincov s požadovanými vlastnosťami.

8. Genetické inžinierstvo je súhrnný názov pre postupy molekulovej biológie a genetiky, ktoré umožňujú priamu manipuláciu s génmi. Široký rozsah postupov genetického inžinierstva vychádza predovšetkým z techník rekombinovanej DNA. Na rozdiel od konvenčných prístupov v šľachtení (selekcia, hybridizácia) rozvíjajúca sa genomika a proteomika rastlín ponúka okrem iného možnosti analýzy tzv. kvantitatívnych znakov vyššej tolerancie na sucho. Analýza kvantitatívnych znakov a ich genetickej podstaty v rôznych biologických materiáloch predstavuje základ pre genetické inžinierstvo rastlín, využívajúce rôzne markéry pre tieto znaky v selekčnom procese (marker - assisted selection – MAS) alebo v klonovaní QTL, ktoré umožňujú ich ďalšiu genetickú manipuláciu.

## 6. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. BELHASSEN, E. 1996. Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis, Kluwer academic Publishers, 1996, pp 71-73, ISBN 0-7923-4123-6.
2. BENETIN, J. a kol. 1979. Závlahy, Bratislava, 1979, s.7, 301-04-16.
3. BLÁHA, L. a kol. 2003. Rostlina a stres, Praha, 2003, s. 19-22, ISBN 80-86555-32-1
4. BOBÁK, M. a kol. 1992. Botanika – Anatomia a morfológia rastlín, Bratislava, 1992, s. 209-211, ISBN 80-08-006870.
5. BOHÁČ, J. a kol. 1990. Šľachtenie rastlín, Bratislava, 1990, ISBN 80-07-00231-6.
6. BRAY, E.A. 1997. Plant responses to water deficit. In: Trends in Plant Science, 2, 1997, pp. 48-54.
7. BRESTIČ, M., OLŠOVSKÁ, K. 2001. Vodný stres rastlín: príčiny, dôsledky, perspektívy. Nitra: SPU, 2001, s. 10-54, ISBN 80-7137-902-6.
8. DEMO, M., BIELEK, P. 2000. Regulačné technológie v produkčnom procese poľnohospodárskych plodín. Nitra, 2000, s. 424-425, ISBN 80-7137-732-5.
9. DEMO, M., JUREKOVÁ, Z., ANTAL, J. 1997. Regulačné technológie v produkčnom procese poľných a záhradných plodín. Nitra, 1997, s. 173-418, ISBN 80-7137-405-9.
8. DÚHA, J. 2001. Geneticky modifikované organizmy - základné pojmy. Bratislava, 2001, s. 47-48, ISBN 80-88820-20-0.
9. EHLERS, W., GOSS, M. 2003. Water dynamics in plant production. CABI Publishing: pp. 273. ISBN 0-85199-694-9.
10. FLOHROVÁ, A. 1992. Využití fólií při pěstování polní zeleniny (Mulčování a nakrývání). Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství Praha, 1992, s.32, ISSN 0862-3562.

11. HAYASHI, H., MURATA, N. 1998. Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Satoh, K., Murata, N. (eds). Stress responses of photosynthetic organisms. Amsterdam: Elsevier, 1998, pp. 133-148, ISBN 0444828842.
12. HENNEYEYOVÁ, K., PALKOVÁ, Z. 2006. Využitie informačných technológií a simulačných modelov v závlahovom hospodárstve, ISBN 80-8069-715-9.
13. HUDÁK, J. a kol. 1989. Biológia rastlín, Bratislava, 1989, s. 290, ISBN 80-08-00065-1.
14. HÚLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. a kol. 2008. Minimalizace spracování půdy, Praha, 2008, s. 64-66, ISBN 978-80-86726-28-1.
15. JOBBÁGY, J., SIMONÍK, J. 2009. Zavlažovanie pásovými zavlažovačmi v systéme presného poľnohospodárstva. Nitra: SPU, 2009, s. 8-11, ISBN 978-80-552-0201-3.
16. KOLEK, J., KOZINKA, V. 1988. Fyziológia koreňového systému rastlín. Bratislava, 1988, s. 192-311, 071-034-88.
17. KOLEKTÍV PRACOVNÍKOV VÚZH. 1998. Hospodárenie v závlahových podmienkach. Bratislava, 1998, s. 8-11, ISBN 80-85755-04-1.
18. LARCHER, W. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Academia Praha, 1988, s. 260-284, 03/15-4725, 21-102-88.
19. LARCHER, W. 2003. Physiological Plant Ecology, 2003, pp. 513, ISBN 3-540-43516-6
20. LICHTENTHALER, H. K. 1996. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. J. Plant Physiol., 148, 1996, 4-14.
21. MASAROVÍČOVÁ, E., REPČÁK, M. a kol. 2002. Fyziológia rastlín. Bratislava, 2002, s. 11-33, ISBN 80-223-1615-6.
22. OLŠOVSKÁ, K. 1999. Zefektívňovanie využitia vody vo vzťahu k produktivite jarného jačmeňa v podmienkach vodného stresu. Dizertačná práca, SPU Nitra, 1999, 108 s.

23. OLŠOVSKÁ, K. 2008. Fyziologicko-produkčné aspekty sucha v rastlinách. Habilitačná práca. SPU v Nitre, 2008, 125 s.
24. ORCUTT, D.M., NILSEN, E.T. 2000. The physiology of plants under stress. Soil and biotic stresses. John Wiley and sons, Inc., 2000, 683 pp. ISBN 0-471-17008-9.
25. PROCHÁZKA, S. 1998. Fyziologie rostlin. Academia Praha, 1998, s. 52-129, ISBN 80-200-0586-2.
26. REYNOLDS, M. P. et al. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. In: Reynolds, M. P. – Ortiz-Monasterio, J.I. – McNab, A. (eds.) 2001: Application of Physiology in Wheat Breedings. Mexico, D. F.: CIMMYT, 2001. ISBN 970-648-077-3.
27. SEKERKA, V., MÚDRY, P. 2005. Všeobecná botanika (repetitóriium). Bratislava, 2005, s. 113, ISBN 80-89074-42-1 (Typi Universitatis Tyrnaviensis), ISBN 80-224-0857-3 (VEDA, vydavateľstvo SAV).
28. SMITH J.A.C., GRIFFITHS, H. 1993. Water deficit: plant responses from cell to community. Bios Scientific Publishers, Oxford, 1993, 365 p.
29. ŠVIHRA, J. 1984. Vodný deficit v ontogenéze obilnín. Poľnohospodárska veda, 2, 1984, 217s.
30. ŠEBÁNEK, J. a kol. 1983. Fyziologie rostlin, s. 107-138, ISBN 07-067-83 03/15.
31. THIS, D., THIS, P. 1992. Lex principaux types de marqueers moleculaires applicables ma la selection pour la tolerance a la sécheresse. Avantages et limits. In: Tolerance a la sécheresse des céréales en zone mediterrannée. Diversité genetique et amélioration variétae. INRA, Versaille: 405-422.
32. TUBEROSA, R., SALVI, S. 2006. Genomics – based approaches to improve drought tolerance of crops. In: Trends in plant science, Vol. 11, No. 8, 2006, 1360-1385.
33. UŽÍK, M.: Geneticky modifikované organizmy v systéme rastlinnej výroby. In: Naše pole č. 5/2002, ročník IV, S 18-19.
34. ZEMÁNEK, M. 1986. Produktivita a adaptace genotypů v rozdílných podmínkách zásobení vodou. Závěrečná správa DÚ-329-457-05-05, 1986, 102s.
35. ŽIVČÁK M., BRESTIČ M., OLŠOVSKÁ K. 2008. Kutikulárna transpirácia listov genotypov pšenice ako faktor tolerancie na sucho. In: Vedecký príspevok „Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin“. Konferencia. Praha, VURV, október 2007, 241-245.

## Internetové zdroje

36. <http://www.agriservis.sk/index.php?p=stroje&idvyrb=26&kateg=7&akc=detail>
37. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Plasticulture.jpg>
38. <http://en.wikipedia.org/wiki/Irrigation>
39. [www.gymkh.cz/.../fyziologie%20rostlin/VODNÍ%20REŽIM%20ROSTLIN.doc](http://www.gymkh.cz/.../fyziologie%20rostlin/VODNÍ%20REŽIM%20ROSTLIN.doc)
40. [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/prijem\\_zivin/transport\\_dalkovy.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/transport_dalkovy.htm)
41. <http://www.ontola.com/pruduchy>
42. [http://www.planina.cz/priro/prehledy/prehled\\_b02\\_vyssi\\_organy.pdg](http://www.planina.cz/priro/prehledy/prehled_b02_vyssi_organy.pdg)
43. <http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/1996/6/izakovic.htm>
44. [http://sk.wikipedia.org/wiki/S%C3%BAbor:Anatomy\\_roots.png](http://sk.wikipedia.org/wiki/S%C3%BAbor:Anatomy_roots.png)
45. [http://sk.wikipedia.org/wiki/Prieduch\\_\(botanika\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Prieduch_(botanika))
46. [http://www.ta3k/bio/index/.php?option=com\\_content&view=article&id=102:vodny-reim-rastlin&catid=52:fyziologia-rastlin&Itemid=69](http://www.ta3k/bio/index/.php?option=com_content&view=article&id=102:vodny-reim-rastlin&catid=52:fyziologia-rastlin&Itemid=69)
47. [http://www.tuzvo.sk/files/LF-KF/Pedago-Predmety/02\\_Vodny\\_rezim.pdf](http://www.tuzvo.sk/files/LF-KF/Pedago-Predmety/02_Vodny_rezim.pdf)
48. [http://www.zahradnik-urban.sk/zahradnictvo\\_prezentacia/zavlazovanie/Detail\\_rozstrekovania\\_vody1111341212.jpg](http://www.zahradnik-urban.sk/zahradnictvo_prezentacia/zavlazovanie/Detail_rozstrekovania_vody1111341212.jpg)