

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH
ZDROJOV

Evidenčné číslo 2120646

ADAPTABILITA STRUKOVÍN V PODMIENKACH SUCHA

Bc. Renáta Šimonová

Nitra 2010

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE**

Rektor: prof. Ing. Mikuláš Látečka, PhD.

FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

Dekan: prof. Ing. Daniel Bíro, CSc.

Adaptabilita strukovín v podmienkach sucha

Diplomová práca

Katedra fyziológie rastlín

Vedúci katedry: prof. Ing. Marián Brestič, CSc.

Vedúci práce: Ing. Eleonóra Krivosudská, PhD.

Bc. Renáta Šimonová

Nitra 2010

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH
ZDROJOV
KATEDRA FYZIOLOGIE RASTLÍN**

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁVACÍ LIST ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Študent: Bc. Renáta Šimonová

Študijný odbor: Produkcia potravinových zdrojov

V zmysle 3. časti, čl. 21 Študijného poriadku SPU v Nitre z roku 2002 Vám zadávam tému záverečnej práce:

Adaptabilita strukovín v podmienkach sucha

Cieľ práce:

Cieľom diplomovej práce bolo sledovanie fyziologických parametrov zahraničných genetických zdrojov cícera baranieho (*Cicer arietinum* L.) Punjab 91 (Sýria, typ odrody „desi“), 88194 (Turecko, typ odrody „kabuli“) a hrachu siateho (*Pisum sativum* L.) Novozélandský, Debrecényi Galamb vystavených vodnému stresu v období kvitnutia. Posúdiť a dokumentovať vyššiu schopnosť osmotickej adjustácie u rastlín cícera baranieho a hrachu siateho v období postupnej dehydratácie v pokusnom období 2006.

Zároveň spracovať najnovšie poznatky o nepriaznivých faktoroch prostredia, (stresoroch) vplývajúcich na fyziologické procesy rastlín.

Rámcová metodika práce:

V súlade s cieľom práce sa experimentálne práce orientujú do skleníka KFR FAPZ SPU, kde budú založené nádobové pokusy rôznych genotypov cícera a hrachu. Pre zhodnotenie pôsobenia postupnej dehydratácie na modelové plodiny sa v pravidelných časových intervaloch uskutočnia merania fyziologických parametrov: difúzna vodivosť listov (g_c), relatívny obsah vody v liste (RWC), osmotický potenciál (Ψ_s) a akumulácia voľného prolínu.

Rozsah práce: 62 strán

Odporúčaná literatúra:

MASAROVIČOVÁ, E. – REPČÁK, M. a kol. 2002. *Fyziológia rastlín*. Bratislava: UK, 2002, 304 s. ISBN 80-223-1615-6.

PROCHÁZKA, S. – ŠEBÁNEK, J. 1998. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

ŠEBÁNEK, J. 1983. *Fyziologie rostlin*. Praha: Státní zemědělské Nakladatelství, 1983, 560 s.

OLŠOVSKÁ, K. – BRESTIČ, M. – ŽIVČÁK, M. – KMEŤ, J. 2008. *Fyziológia a ekofyziológia rastlín: systematický výkladový slovník* – Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2008, - 160 s. ISBN 978-80-552-0089-7.

Harmonogram postupu prác:

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| - Príprava metodiky | Termín: 15.03.2006 |
| - Literárna rešerš | Termín: 10.05.2006 |
| - Vlastné riešenie práce | Termín: 12.05.2007 – 25.08.2007 |
| - Spracovanie DP | Termín: 08.02.2007 – 12.03.2010 |

Vedúci záverečnej práce: Ing. Eleonóra Krivosudská, PhD.

Dátum zadania záverečnej práce: 9. február 2006

Termín odovzdania: marec 2010

Diplomant: Bc. Renáta Šimonová

Vedúci katedry:

prof. Ing. Marián Brestič, CSc.

Dekan:

prof. Ing. Daniel Bíro, CSc.

ABSTRAKT

Šimonová, R: Názov témy: „Adaptabilita strukovín v podmienkach sucha“ (Diplomová práca), Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Fakulta Agrobiológie a potravinových zdrojov: Katedra fyziológie rastlín. – Vedúca diplomovej práce: Ing. Eleonóra Krivosudská, PhD., - Nitra, 2010, 62s.

Genotyp schopný realizovať vysokú produkciu v podmienkach vysokej teploty a limitácie dostupnosti vody musí spĺňať predovšetkým základné požiadavky, ktorými sú dobrá adaptácia na prostredie, odolnosť voči chorobám a škodcom, musí byť vhodným agronomickým typom a spĺňať požiadavky na produkciu.

Malá zásoba vody v pôde, vysoké intenzity žiarenia a vysoké teploty vedú často k výrazným stratám na úrode. Globálne otepľovanie, pokles zásob pôdnej vlahy a tým aj zásobovanie rastlín vodou môže výrazne znižovať úrodu rôznych poľnohospodárskych plodín aj na Slovensku. Medzi rastliny, ktoré môžu u nás odolávať environmentálnym zmenám, hlavne suchu a vysokým teplotám patrí cícer baraní (*Cicer arietinum* L.). Aj v súčasnosti sa pestuje hlavne v krajinách, kde vodný deficit je častým javom. Rastúce pôdne sucha, vyvoláva v rastlinách medzi množstvom vytranspirovanej a prijatej vody - vodný deficit, ktorý má negatívny vplyv na produkčné procesy.

Osmotické prispôsobenie (adjustácia) je jedným z dôležitých mechanizmov rezistencie voči suchu. Osmotické prispôsobenie zvyšuje toleranciu k dehydratácii, čím sa predlžuje obdobie prežívania rastlín v podmienkach sucha.

V meniacich sa podmienkach prostredia narastá potreba využívania odrôd schopných tolerovať nepriaznivé faktory prostredia, predovšetkým suchu v rôznych fenofázach rastu.

Negatívne javy klimatických zmien môžu byť zmiernené napr. vhodným výberom rastlinných druhov, zlepšeným hospodárením s vodou, zavlažovacími systémami a krajinným plánovaním. Jedným z riešení je využitie genotypov, ktoré aj v sťažených podmienkach prinesú spoľahlivé úrody primeranej kvality.

Z uvedeného dôvodu cieľom tejto práce bolo sledovanie fyziologických parametrov dvoch genetických zdrojov cícera baranieho (Punjab 91, 88194) a dvoch genetických zdrojov hrachu siateho (Novozélandský, Debrecényi Galamb) vystavených vodnému stresu v období kvitnutia, posúdiť a dokumentovať vyššiu schopnosť osmotickej adjustácie u rastlín cícera baranieho a hrachu siateho v období postupnej dehydratácie v pokusnom období 2006.

V období postupnej dehydratácie sa pravidelne merali ukazovatele vodného režimu: difúzna vodivosť, osmotický potenciál, relatívny obsah vody a akumulácia prolínu.

Sledované genetické zdroje cícera (Punjab 91, 88194) a hrachu (Novozélandský, Debrecényi Galamb) reagovali na vodný deficit rozdielne.

Kľúčové slová: globálne otepľovanie, cícer baraní, hrach siaty, sucho, osmotické prispôsobenie, dehydratácia, vodivosť prieduchov, prolín

ABSTRACT

Simonova, R: Topic: "The adaptability of leguminous plants in drought conditions (diploma thesis), Slovak Agricultural University in Nitra. Faculty of Agrobiolgy and Food Resources: Department of Plant Physiology. – Director of studies: Ing. Eleanor Krivosudská, PhD. – Nitra 2010, 62 pages.

The genotype able to realize high productivity in conditions of high temperature and limited water availability must mainly meet basic requirements, which are good adaptation to the environment, resistance to diseases and pests, must be a suitable agronomic type and meet the requirements for production.

Small quantity of water in the soil, high intensity radiation and high temperatures often lead to significant losses to crops. Global warming, declining soil moisture reserves and thus the water supply of plants can significantly reduce yields of various crops in Slovakia. The plants, which can resist environmental change among us, particularly drought and high temperatures are chickpeas (*Cicer arietinum* L.). Even now it is grown mainly in countries where water deficit is common. Increasing soil drought causes between the amount of the plants transpired and received water - the water deficit, which has a negative impact on production processes.

The osmotic adaptation (adjustment) is one of the important mechanisms of resistance to drought. Osmotic adjustment is increasing the tolerance to dehydration, which extends the plants survival in drought.

In the changing environmental conditions the need for the use of varieties able to tolerate unfavorable environmental factors increases, especially drought in various phenophase of growth.

Negative effects of climate change can be mitigated through appropriate choice of plant species, improving water management, irrigation systems and landscape planning. One of the solutions is to use genotypes that even in difficult conditions will result in yield with reasonable quality.

Therefore the aim of this study was to monitor the physiological parameters of two genetic resources of chickpea (Punjab 91, 88194) and two genetic resources of pea (New Zealand, Debrecényi Galamb) exposed to water stress at flowering, assess and document

the greater osmotic adjustment ability of chickpea plants and pea in gradual dehydration during the experimental period in 2006.

In the period of gradual dehydration the indicators of water regime were regularly measured: diffusion conductance, osmotic potential, relative water content and proline accumulation.

Watched genetic resources of chickpea (Punjab 91, 88194) and pea (New Zealand, Debrecényi Galamb) respond differently to water deficit.

Key words: global warming, chick peas, pea, drought, osmotic adjustment, dehydration, stomata conductivity, proline

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Podpísaná Bc. Renáta Šimonová týmto prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému: „Adaptabilita strukovín v podmienkach sucha“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry. Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak horeuvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, dňa 12. marca 2010

.....

podpis

POĎAKOVANIE

Touto cestou vyslovujem poďakovanie Ing. Eleonóre Krivosudskej, PhD. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní tejto diplomovej práce.

Ďalej sa chcem poďakovať svojmu manželovi a rodine za podporu a pochopenie, ktoré mi poskytli pri štúdiu a pri vypracovaní diplomovej práce.

Táto práca bola podporená prostredníctvom finančnej podpory č. APVT – 27 – 028704 a VTP aplikovaného výskumu číslo 1109/2004 MŠ SR G-201.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV

ABA – kyselina abscisová

CAM – rastliny s metabolizmom kyseliny Crasulaceae-ovej

C₃ – rastliny fixujúce CO₂ podľa Calvin – Bensonovho cyklu

C₄ – rastliny fixujúce CO₂ podľa Hatch – Slack – Kortchakovho cyklu

CO₂ – oxid uhličitý

ČH – čerstvá hmotnosť

DW – hmotnosť sušiny

FW – čerstvá hmotnosť

g - gram

g_c - difúzna vodivosť

ha – hektár

HTS – hmotnosť tisícich semien v gramoch

l – liter

m - meter

MPa – Megapascal

O₂ - kyslík

Pa – Pascal

pH – pôdna reakcia

PSII – fotosystém II

Pro – prolín

RuBP – ribulóza- 1,5 bifosfát

RUE – efektívnosť využitia žiarenia

RWC – relatívny obsah vody

SW – hmotnosť vzorky po nasýtení

UV – ultrafialové žiarenie

VSD – vodný sýtočný deficit

WUE – efektívnosť využitia vody

Ψ_m – matričný potenciál

Ψ_p – tlakový potenciál

Ψ_s – osmotický potenciál

Ψ_w – vodný potenciál

OBSAH

Úvod	6
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky	8
1.1 Pestovanie strukovín vo svete a na Slovensku	8
1.2 História hrachu siateho a cícera baranieho	9
1.3 Agroklimatické podmienky prostredia	10
<i>1.3.1 Klimatické a pôdne podmienky hrachu siateho</i>	10
<i>1.3.2 Klimatické a pôdne podmienky cícera baranieho</i>	12
<i>1.3.3 Nároky na vodu</i>	12
1.4 Biologická charakteristika hrachu siateho a cícera baranieho	13
1.5 Odrodová skladba, charakteristika odrôd	16
<i>1.5.1 Základné odrody hrachu siateho</i>	16
<i>1.5.2 Základné typy cícera baranieho</i>	19
1.6 Význam a využitie hrachu siateho a cícera baranieho	19
1.7 Suchovzdornosť cícera baranieho	21
1.8 Fyziológia stresu	22
1.9 Abiotické stresové faktory prostredia	25
<i>1.9.1 Extrémne teploty</i>	26
<i>1.9.2 Žiarenie</i>	27
<i>1.9.3 Podmienky sucha</i>	28
1.10 Vodný režim rastlín	30
<i>1.10.1 Ukazovatele vodnej bilancie rastlín</i>	33
<i>1.10.2 Vplyv sucha na fotosyntézu a aktivita prieduchov</i>	34
<i>1.10.3 Osmotické prispôsobenie</i>	36
<i>1.10.4 Akumulácia voľného prolínu</i>	38
2 Cieľ	40
3 Metodika práce	41
3.1 Biologický materiál	41
3.2 Založenie pokusu	41
3.3 Metódy merania parametrov vodného režimu	42
<i>3.3.1 Meranie difúznej vodivosti prieduchov</i>	42
<i>3.3.2 Relatívny obsah vody v liste</i>	42

3.3.3	<i>Osmotický potenciál</i>	42
3.3.4	<i>Stanovenie obsahu voľného prolínu</i>	43
4	Výsledky práce	44
4.1	Difúzna vodivosť	44
4.2	Relatívny obsah vody	45
4.3	Osmotický potenciál a obsah voľného prolínu	46
5	Diskusia	48
6	Návrh na využitie výsledkov	51
7	Záver	52
8	Použitá literatúra	54
	Prílohy	

ÚVOD

Sucho a vysoká teplota sa s meniacou klímou stávajú čoraz väčšou hrozbou aj pre oblasti, kde sa doteraz objavoval ich škodlivý význam iba sporadicky. Dosiahnutie zvýšenej tolerancie na suchu pri zachovaní vysokých úrod je zložité a jednou z možností sa ukazuje využitie vhodných fyziologických kritérií a techník v šľachtení rastlín (REYNOLDS et al., 2001). Dnes už niet pochýb o tom, že klimatické zmeny sú realitou. Teploty stúpajú, menia sa ročné obdobia, pribúdajú záplavy a dlhé obdobia tepla a sucha. Globálne klimatické zmeny zapríčinené najmä činnosťou človeka môžu mať katastrofálne dôsledky pre život na našej planéte. Z pohľadu fytofyziológie je potrebné riešiť otázku klimatických zmien dôkladným poznaním zákonitostí fyziologických procesov rastlín. Takto spoznané procesy môžu objektívne a racionálne využívať agronómovia a šľachtitelia. Na celom svete patrí sucho k najzávažnejším faktorom znižovania úrod hlavných poľnohospodárskych plodín. I keď v našich podmienkach nepredstavuje tak závažný problém, predsa čoraz častejšie sa vyskytujúce obdobia sucha spôsobujú značné škody.

V porovnaní s inými plodinami majú strukoviny mnoho predností. Význam strukovín spočíva v širokej možnosti ich pestovania a zúžitkovania (ŠINSKÝ, 1985).

Strukoviny patria medzi staré kultúrne plodiny. Pre bohatosť foriem je možné strukoviny pestovať vo všetkých výrobných oblastiach a to na zrno, struky, zelenú hmotu, v čistých kultúrach i v miešankách ako hlavné alebo strniskové medziplodiny. Patria k významným zlepšovateľom úrodnosti pôdy a prerušovačom obilninových osevných postupov s veľmi priaznivými fyto-sanitárnymi (ozdravovacími) účinkami na pôdu (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004).

Strukoviny patria medzi dôležité plodiny z viacerých dôvodov. Predstavujú významný zdroj rastlinných bielkovín ako komponent do kŕmnych zmesí pre jednotlivé druhy zvierat, uplatňujú sa tiež v ľudskej výžive na priamy konzum a sú dobrou predplodinou predovšetkým pre pšenicu. Na Slovensku pestované druhy strukovín patria do čeľade **bôbových - Fabaceae** (často označované ako "leguminózy"). Zo 41 rodov čeľade bôbových, ktoré sa u nás vyskytujú, patrí medzi hospodársky najvýznamnejšie aj rod *Pisum* L. – hrach: *Pisum sativum* L. – hrach siaty s convarietami *sativum* Alef. – hrach

siaty; *speciosum* Dierb. – hrach siaty pravý kýmny resp. peluška; *medullare* Alef. – hrach dreňový a *saccharum* Ser. – hrach cukrový (JAVOR, SUROVČÍK, 2001)

POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ (2004) uvádzajú, že najvýznamnejšou vlastnosťou strukovín je vysoký obsah dusíkatých látok v semenách (22 - 40 % , z toho 13 – 23 % stráviteľných), v zelenej hmote (2,8 – 4,8 %) a v slame (4 – 6 %). Patria teda k najvýznamnejším zdrojom koncentrovaných rastlinných bielkovín, ktoré sú potrebné pre výživu obyvateľstva a bielkovinových komponentov do kýmnych zmesí pre výživu hospodárskych zvierat. Vo výžive ľudí sa využívajú najmä hrach, fazuľa, šošovica a sója, potravinárske využitie majú i hrachor, cícer a bôb. Spotreba strukovín vo výžive ľudí je rozdielna. Slovensko sa s cca 1,9 kg strukovín na človeka za rok radí ku krajinám s najnižšou spotrebou (odporúčaná dávka je 3,5 kg za rok).

Okrem kladných vlastností spomína POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ (2004) aj nedostatky strukoviny. V súčasnosti je to predovšetkým kolísavosť úrod, dosť veľká náchylnosť na choroby, ohrozenie škodcami a problémy s bezstrátovým zberom. K hlavným pestovateľsky významným vlastnostiam strukovín patria: schopnosť viazať vzdušný dusík prostredníctvom hrčkotvorných baktérií (Rhizóbií), v dôsledku čoho strukoviny fixáciou pokrývajú temer celú svoju potrebu dusíka a obohacujú o dusík i pôdu pre následné plodiny. (Po hrachu zostáva v pôde pre následnú plodinu cca 25 kg.ha⁻¹N). Priemerná ročná fixácia dusíka na 1 ha je 65 kg N v prípade hrachu. Mohutný koreňový systém (najmä pri lupine, bôbe, vike a hrachu), ktorý preniká do hlbších vrstiev ornice (0,3 – 1,5 m) prispieva k intenzívnejšiemu prevzdušňovaniu pôdy, lepšiemu vsakovaniu zrážkovej vody, zlepšovaniu fyzikálneho stavu a štruktúry pôdy. Vysoká kvalita pozberových zbytkov - pozitívny vplyv na obsah a kvalitu humusu v pôde. Vysoká predplodinová hodnota (najmä pre obilniny) - v osevných postupoch predstavujú strukoviny kvalitného prerušovača s potrebnými fyto sanitárnymi účinkami. V priebehu ostatných rokov sa ale na túto tradičnú plodinu v štruktúre osevu zabúda, čo prináša negatívne aspekty vyplývajúce s nepravidelnej rotácie plodín a nedostatku zlepšujúcich plodín. **Hrach siaty** (*Pisum sativum* L.) patrí k najrozšírenejšiemu druhu strukovín. Na Slovensku je dominantnou strukovinou, napriek tomu bol zaznamenaný trend poklesu pestovateľských plôch. Dôvodom je najmä nízka realizačná cena a extenzita živočíšnej výroby. Semená hrachu sú dôležitým zdrojom bielkovín pre výživu ľudí a zvierat. Zrelé semená obsahujú 22 - 28 % dusíkatých látok, 46 - 56 % škrobu, 5 - 7 % vlákniny, 3 % tuku a väčšie množstvo enzýmov a vitamínov A₁, B₁, B₂.

1 PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 Pestovanie strukovín vo svete a na Slovensku

Z celosvetového hľadiska strukoviny predstavujú dôležitý zdroj výživy ľudí a hospodárskych zvierat. Významné miesto ich celosvetovej výmere má fazuľa, cícer, hrach, šošovica a bôb. Zatiaľ, čo v krajinách Afriky, Ázie, Ameriky a Austrálie najvýznamnejšie zastúpenie zo strukovín predstavuje fazuľa, v Európe má toto postavenie hrach, ktorý zaberá v rámci krajín EÚ približne polovicu celkovej výmery strukovín (PUCHRÍKOVÁ, 2004). Rozsah pestovania strukovín bol v Slovenskej republike v minulosti variabilný. Najväčšie pestovateľské plochy strukovín (115 200 ha) sa dosiahli na Slovensku v roku 1992. Od tohto roku pestovateľské plochy strukovín postupne klesali až na 10 200 ha v roku 2009. Malý záujem o strukoviny súvisí s ich úrodovou nestabilitou a odbytovými možnosťami. Strukoviny majú v porovnaní s inými kultúrnymi rastlinami veľa predností. Predovšetkým vynikajú vysokým obsahom bielkovín v semenách aj rastlinách. Vzhľadom k hľuzkovým baktériám žijúcim na ich koreňoch, umožňujúcim im hradiť prevažnú časť svojej potreby dusíka, sú aj veľmi dobrými predplodinami v pestovateľských systémoch. Aj semeno, a to k potravinárskym aj krmným účelom, jednak ako zelenina, na zeleno ako krmivo aj hnojivo, na kŕmenie aj ako seno a siláž.

Napriek tejto skutočnosti ich pestovanie v našich podmienkach je dosť kolísavé a zo širokého zastúpenia jednotlivých druhov sa záujem sústreďuje len na niektoré. Vo svete vidíme značné rozšírenie sóje a fazule, v Európe je väčšia orientácia hlavne na hrach a bôb. So zmenou štruktúry ľudskej stravy, ústupom kašovitých pokrmov sa výrazne znížila u nás spotreba strukovín (MUCHOVÁ, 2008).

Strukoviny vo výžive ľudí predstavujú dôležitý zdroj bielkovín rastlinného pôvodu. Semená strukovín obsahujú 20- 45 % bielkovín. Ďalej obsahujú 1 – 2 až 2,5 % tukov (sója 18- 22 %), lecitín. Z nutričného hľadiska okrem bielkovín obsahujú vitamíny skupiny B, β – karotén, vitamín C (v zelenom stave), minerálne látky a vlákninu (UHER et al., 2007).

Podľa Kódexu potravín SR, časť tretia – osobitné požiadavky – dvanásť hlava strukoviny a výrobky zo strukovín, prvý diel STRUKOVINY je definícia strukovín nasledovná: **Strukoviny sú vyzreté jedlé semená strukovínových rastlín, ktoré**

po nevyhnutnom spracovaní sú vhodné na ľudskú výživu. V potravinovom kódexe sa rozumejú strukovinami semená týchto rodov a druhov:

- a) hrach siaty – *Pisum sativum* L.,
- b) šošovica – *Lens culinaris* Medic.,
- c) fazuľa – *Phaseolus* L.,
- d) sója – *Glycine max* L.,
- e) cícer – *Cicer arietinum* L.,
- f) hrachor – *Lanthyrus* L.,
- g) bôb – *Vicia faba* L. (MUCHOVÁ, 2008).

Cícer sa pestuje v tropických, subtropických a miernych pásmach. Typ kabuli je pestovaný v miernych klimatických pásmach, zatiaľ čo desi typ v semiaridných tropických pásmach. Cícer má svoj význam v produkčných systémoch východoázijského a severoafrického územia. Pestujú ho tam ako plodinu obdobia sucha a preto je aj vystavený hraničnému suchu, ktoré spôsobuje stratu na úrodách v rozsahu od 14 - 50 %, alebo úplné uschnutie. Pestovateľské plochy cíceru na Slovensku nie sú veľké snáď aj preto, že doteraz sa mu nevenovala pozornosť z hľadiska ochrany proti burinám. Zaburinenosť sa významne podieľa na redukcii úrody. Hrach siaty je našou najpestovanejšou strukovinou. V priebehu ostatných rokov sa ale na túto tradičnú plodinu v štruktúre osevu zabúda, čo prináša negatívne aspekty vyplývajúce s nepravidelnej rotácie plodín a nedostatku zlepšujúcich plodín.

1.2 História hrachu siateho a cícera baranieho

Hrach patrí k najstarším kultúrnym plodinám. Najstaršie zbytky hrachu nájdené na archeologických lokalitách sú z dedinských sídiel ranného neolitu na Blízkom Východe, datované 7000 – 6000 rokov pred n. l.. Archeologické nálezy poskytujú informácie o následnom šírení hrachu z pravdepodobného centra vzniku vo Východnom Stredomorí (ROSENBERG, 1990). Hrach siaty sa k nám rozšíril z Orientu ešte pred našim letopočtom. **Hrach** bol pestovaný na Blízkom Východe a v Starom Grécku už 6 tisíc rokov pred n. l., šošovica v Sýrii 3 tisíc rokov pred n. l., bôb, lupinu a viku pestovali už starí Rimania, fazuľa patrí k prastarým kultúrnym plodinám amerických Indiánov, sója je starou kultúrnou plodinou Číny. Najmladšou strukovinou je vika panónska, ktorá sa začala pestovať až začiatkom 2. polovice 19. storočia.

Cícer baraní (*Cicer arietinum* L.) je stará kultúrna plodina, ktorá má svoj pôvod na území dnešnej Indie a Bangladéša. Aj v súčasnosti sa pestuje hlavne v Indii, ktorá tvorí až 50 % z globálnej produkcie, ďalej v Turecku a Pakistane. V západnej Európe sa pestuje hlavne v Španielsku. Krajiny Európskej únie dovážajú 80 % svojej spotreby z Turecka a Mexika (ANTALÍKOVÁ et al., 2003). **Cícer baraní** je starou pestovanou plodinou. V staroveku bol pestovaný v Egypte, Grécku aj Taliansku. Dnes sa pestuje hlavne v Pakistane, Barme a Španielsku.

1.3 Agroklimatické podmienky prostredia

1.3.1 Klimatické a pôdne podmienky hrachu siateho

Podľa požiadaviek na klimatické a pôdne podmienky, ako i reakcií jednotlivých odrôd rozdeľujeme pestovanie hrachu do dvoch oblastí. Na hlbokých pôdach repnej výrobnjej oblasti (RVO), hlinitých pôdach kukuričnej výrobnjej oblasti (KVO), teplejšej zemiakárskej výrobnjej oblasti (ZVO) sú vhodné podmienky pre pestovanie odrôd úponkového hrachu (semi – leafless) s redukovanou listovou plochou, ktoré sú náročnejšie na vlahu a živiny v pôde. Vyššie polohy RVO, všetky polohy ZVO a podhorskej výrobnjej oblasti (PVO) sú vhodné pre pestovanie normálnych listových foriem hrachu na ľahších pôdach. Na lepších pôdach ich môžu doplniť úponkové formy. Riziko neúrody možno znížiť voľbou minimálne dvoch a viac odrôd s rôznou dĺžkou vegetačného obdobia, úrovňou plasticity a intenzity pestovania. Do RVO a KVO možno odporučiť odrody: Bohatýr, Jantar, Saturn, Sonet, Adept, Mirage, Jadeit, Menhir. Pri výbere odrody je rozhodujúcim kritériom predpokladaný spôsob realizácie produkcie a požiadavky odrôd na pôdne a klimatické podmienky. Podľa farby sa odrody členia na žlto a zelenosemenné – výber odrody sa podriaďuje požiadavkám trhu (MOLNÁROVÁ, et al., 2007).

Pre pestovanie hrachu sú vhodné klimaticky mierne polohy s priemernými, vhodne rozloženými zrážkami. Teplé a suchšie oblasti by mali byť vyhradené skôr teplomilným druhom strukovín (sója, fazuľa), zatiaľ čo vlhkejšie oblasti s chladnejším počasím vlhkomilnejším druhom (bôb). Hrach je jednoročná rastlina, ktorá sa v našich podmienkach pestuje ako jarná plodina. Darí sa mu vo výrobnjej oblasti repárskej, obilninárskej a zemiakárskej. Najvhodnejšie pôdy na jeho pestovanie sú stredne ťažké pôdy. Nevhodné sú pôdy ľahké (piesočnaté) ale aj veľmi ťažké, zamokrené, kyslé, kamenisté, svahovité a silne zaburinené. V osevnom postupe sa zaraďuje medzi dve

obilniny. Dobrými predplodinami sú olejniny a okopaniny hnojené maštal'ným hnojom. Po sebe sa hrach môže pestovať po 4 – 6 rokoch (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004).

Najmenej náročný na teplo je hrach, klíči pre teplotách 1 – 2 °C. Bôb klíči pri teplotách 2 – 3 °C, fazuľa pre teplotu 8 – 10 °C. Optimálna teplota klíčenia väčšiny strukovín je 20 °C (UHER et al., 2009). Aj keď hrach nemá príliš vyhranené požiadavky na pôdu, najlepšie sa mu darí na pôdach stredne ťažkých, t.j. na pôdach hlinitých, hlinito-piesočnatých a piesočnato-hlinitých. Aby sa zaistil dobrý rozvoj a činnosť rizóbií, má sa pestovať na pôdach dobre spracovaných, biologicky činných, dostatočne zásobených Ca a P. Vyhovujúce sú pôdy s neutrálnym až slabo kyslým pH. Hrach neznáša sucho a nedostatočné prevzdušnenie pôdy, nevyhovujúce sú preto pôdy ľahké, piesčité, ako aj pôdy príliš ťažké, zamokrené a kyslé. Nevhodné sú tiež pôdy kamenisté, čo má význam pri zbere. Hrach pestujeme na úrodných pôdach. Hrach vyžaduje hlinité, hlinitopiesočnaté a piesočnato hlinité pôdy. Nevhodné sú pôdy kyslé, príliš ťažké a zamokrené, alebo naopak pôdy ľahké a štrkovité. Hrach je pomerne plastická plodina. Jeho vysoká úrodová schopnosť je daná geneticky, ale optimálnu úrodu a úrodovú istotu spoluvytvárajú podmienky stanovišťa. Pre pestovanie hrachu sú najvhodnejšie mierne polohy so strednými, dobre rozdelenými zrážkami. Má nízke nároky na teplo, začína klíčiť už pri + 1 °C až + 2 °C. K počiatočnému rastu stačí teplota + 4 °C. Znáša pokles teplôt na – 3 až – 5 °C. K rastu, tvorbe úrody sú najvhodnejšie teploty 14 – 18 °C. Zrno je malé, tmavo zelené, v jednom struku sa nachádza 7 – 8 semien. Veľkosť zrn je 0,6 – 1 cm. Vegetačná doba je 70 – 90 dní (2,5 – 3 mesiace).

Ideálne podmienky pre pestovanie sú teplá jar, chladnejšie leto, humózne pôdy. Vyžaduje neutrálnu pH, dávky dusíka sú 40 – 50 kg. ha⁻¹, hrach má vysoké nároky na hnojenie fosforom, draslíkom a horčíkom (UHER et al., 2007).

Hrachu sa darí na humózných pôdach s dostatkom vlahy. Nevhodné sú stanovišťa rovnako ílovité pôdy s pH nižším ako 6 sú menej vhodné, pretože pri kyslej reakcii pôdy sa znižuje aktivita hrčkotvorných baktérií, žijúcich na koreňoch hrachu. Na suchých stanovištiach často dochádza k horšiemu nasadzovaniu semien a tiež k rýchlemu prezrievaniu. Ideálne sú polohy s rýchlym nástupom jari a s dostatkom pôdnej vlahy, umožňujúce, čo najskorší výsev (PERTŘÍKOVÁ, MALÝ, 2000).

1.3.2 Klimatické a pôdne podmienky cícera baranieho

Cícer baraní je najvýznamnejšou strukovinou pre teplé a suché oblasti. Jeho vegetačná tepelná konštanta je 2200 - 2800 °C. Mimoriadne vysoké požiadavky na teplo má najmä v období kvitnutia a nasadzovania strukov (BELUSKÝ, 2004).

Cícer baraní nemá na pôdu zvláštne nároky, no najlepšie mu vyhovujú pôdy černozemného typu. Darí sa mu však i na hlinitých, piesočnato-hlinitých i veľmi chudobných piesočnatých pôdach, ak majú dostatok vápnika. Cícer rastie aj na zasolených pôdach, neznáša však pôdy, obsahujúce chloridy (ŠINSKÝ et al., 1985; KRAUSKO et al., 1995).

Cícer baraní je na pôdu nenáročný, viac mu vyhovujú ľahšie pôdy s neutrálnou až alkalickou reakciou. Uspokojí sa aj s nižšou úrovňou živín v pôde, potrebný dusík si dokáže zabezpečiť zo vzduchu prostredníctvom hrčkotvorných baktérií, ktoré žijú symbioticky na jeho koreňoch (PASTUCHA, 1994). Dobre sa mu darí na ľahších piesočnato hlinitých pôdach s dostatkem vápnika. Sucho mu neškodí. Žiada si pôdy skôr ľahšie, piesočnaté až hlinitopiesočnaté, vyhovujú mu aj výsušné pôdy vápenité a slieňovité. Nedarí sa mu na pôdach vlhkých, ťažkých, hlinitých a ílovitých, alebo bohatých na humus. Cícer baraní má najväčšie nároky na teplo najmä v období kvitnutia. Teplota by mala byť ustálená a mala by sa pohybovať okolo 20°C. Na pôdu je nenáročný. Nevyžaduje hnojenie dusíkom. Semená sa vysievajú v marci až apríli priamo na záhon. Vysievajú sa do riadkov vzdialených od seba 30 - 50 cm. Po vzídení sa rastlinky jednotia na 10 cm od seba. Alebo sa vysievajú do hniezd po 2 - 3 semená v sponě 30 x 10 cm až 45 x 15 cm. Hĺbka sejby je 4 - 6 cm. Počas vegetácie je dôležité odburiňovanie, kyprenie pôdy a závlaha. Struky sa zberajú keď sú žltosfarbené.

1.3.3 Nároky na vodu

Hrach je pomerne plastická plodina, ale pri vytváraní úrody sú dôležité podmienky stanovišťa. Vyššie požiadavky hrachu na vlahu sú pri klíčení a začiatku tvorby generatívnych orgánov, púčikov a kvetov. Pri suchom počasí dochádza k opadávaní kvetov a znižovaniu počtu semien v strukoch (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004). Hrach neznáša zhutnené pôdy, nedostatok ale ani prebytok vlhky, čo vedie k slabému vývinu hľuziek na koreňoch a k nízkemu nasadeniu strukov. Dôležitá je optimálna vlhkosť a dobrá prevzdušnosť pôdy. Požiadavky hrachu na vlahu sú v určitých vývojových štádiách vyššie než u obilnín. Už pri nabobtnávaní a klíčení hrach potrebuje množstvo vlhky, ktorá

sa rovná 100 - 105 % hmotnosti semena. Kritickým obdobím na vlahu je začiatok tvorby generatívnych orgánov, púčikov a kvetov. Pri suchom počasí v tomto období vo väčšej miere opadávajú kvety a vyvíja sa menší počet semien v strukoch. Naopak za príliš vlhkých podmienok dochádza k nadmernému rastu vegetatívnych orgánov, čo sa nepriaznivo prejavuje poklesom úrody a často aj zhoršeným zdravotným stavom porastu.

Kritickým obdobím v požiadavkách na vlahu je asi 20 dní pred kvitnutím až 10 dní pred ukončením kvetu a v období začiatku tvorby generatívnych orgánov (LAHOLA et al., 1990). **Cícer baraní** (*Cicer arietinum* L.) je jednou z najvýznamnejších a najvhodnejších strukovín a možno aj poľných plodín vôbec, pre teplé a suché až polosuché oblasti. V takýchto oblastiach ostatné strukoviny trpia nedostatkom vody a sú viac napádané škodcami, ich úrodnosť a stabilita úrod silno klesá.

Najvýznačnejším agronomickým znakom cícera baranieho je suchovzdornosť a celková nenáročnosť na vodu (BELUSKÝ, 2004). Najvyššie nároky na vodu má pri klíčení a vzhádzaní. Neskôr, keď sa už vyvíja pomerne mohutná koreňová sústava, sa uspokojí s minimom vlahy. Nadbytočné zrážky, najmä počas generatívnej fázy, sú dokonca škodlivé. Cícer vtedy predlžuje kvitnutie, zle nasadzuje struky, oneskorene a nerovnomerne dozrieva, viac trpí hubovými chorobami, polieha a odspodu zahníva. Vlhko predlžuje vegetáciu, semená nedozrievajú.

Suchovzdornosť a celková nenáročnosť na vodu je najvýznamnejším agronomickým znakom cícera baranieho. Najvyššie nároky na vodu má pri klíčení a vzhádzaní. V období, keď sa už vyvíja pomerne mohutne rozkonárená koreňová sústava, sa uspokojí s minimom vlahy. Nadbytočné zrážky, najmä počas generatívnej fázy, sú dokonca škodlivé (PASTUCHA, 1993).

Suchovzdornosťou predstihuje cícer všetky hlavné druhy strukovín, preto i jeho úrody sú v suchších a teplejších oblastiach istejšie a vyššie (ŠINSKÝ, 1985).

1.4 Biologická charakteristika hrachu siateho a cícera baranieho

Hrach je jednoročná rastlina, ktorá sa v našich podmienkach pestuje ako jarná plodina. (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004). **Hrach siaty** je jednoročná rastlina, ktorú v našich podmienkach reprezentujú takmer výhradne jarné odrody. Hrach je jednoročná, suchozemská rastlina z čeľade bôbovité (Fabaceae). **Koreňová sústava** sa skladá z hlavného koreňa a bočných koreňov. Hlavný kolovitý koreň siaha až do hĺbky 1 m a silne sa rozkonáruje. Hlavná časť bočných koreňov sa vytvára v hornej vrstve ornice, v hĺbke

20 – 40 cm. Na koreňoch žijú v symbióze hrčkotvorné (nitrogénne) baktérie rodu *Rhizobium*. **Byľ** hrachu je dutá, nezreteľne štvorhranná. Na povrchu je holá, väčšinou sivozeleno oinovatená. Výška byle je typickou vlastnosťou odrody, môže dosiahnuť až 200 cm. Bočné konáre alebo chýbajú, alebo sú len na spodnej časti byle. Byľ môže byť vzpriamená alebo políhavá, prípadne ovíjavá. Čím kratšia je vzdialenosť medzi jednotlivými uzlami na byli, tým je byľ pevnejšia. **Listy** sú párnoperovité, majú dva až tri páry vajcovitých lístkov, zakončené obyčajne jednoduchými alebo delenými úponkami. Na báze listov obopínajú byľ veľké palisty polosrdcovitého až srdcovitého tvaru s hladkým alebo zúbkatým okrajom. Farba listov je vlastnosťou odrody, najčastejšie modrozelená, matná, niekedy aj olivovo zelená, lesklá. Miesta, na ktorých vyrastajú z byle listy sa nazývajú kolienka. V pazuchách listov vyrastajú kvetnosné stonky s jedným, alebo viacerými kvetmi. **Kvety** sú samostatné, alebo tvoria strapcovité súkvetie. Peľnice sa otvárajú ešte pred otvorením kvetov, preto je hrach samoopelivá rastlina. Hrach siaty kvitne na bielo. Rastliny začínajú kvitnúť odspodu byle nahor, jeden kvet kvitne 3 dni, celá rastlina kvitne 10 – 21 dní. Zo semenníka po oplodnení narastie plod – struk. **Struky** sú podlhovasté, 8 – 13 cm dlhé, podľa odrody menej alebo viac stlačené, jemne žilkované a holé, s vnútornou membránou. Niektoré sú tupo zakončené, iné pretiahnuto ohnuté. Dozreté struky majú vráskovitý povrch jasno žltohnedej farby. Struky obsahujú 4 – 13 semien guľovitého tvaru. Semená sú vždy jednofarebné, buď žlté alebo zelené podľa odrody. Farba semien sa však môže pôsobením vonkajších vplyvov značne meniť.

Podľa LAHOLU et al. (1990) **semeno** hrachu siateho je guľaté, oválne, na povrchu hladké alebo zvráskavené. Osemenie je priesvitné, belavé alebo nazelenalé. Intenzita farby semena je daná priesvitnosťou osemenia. Semeno je potom svetložlté až oranžové, svetlozelené až tmavozelené, jednofarebné.

Cícer baraní (*Cicer arietinum* L.) je jednoročná rastlina, sfarbená svetlozeleno až šedomodro. Povrch celej nadzemnej časti okrem korunných lupienkov je pokrytý krátkymi žľaznatými chlpkami, ktoré vylučujú tekutinu, obsahujúcu kyselinu šťavelovú, citrónovú a jablčnú (ŠINSKÝ et al., 1985; PASTUCHA, 1992; GÁBORČÍK, PASTUCHA, 1995).

Podľa KRAUSKA et al. (1995) rastliny dosahujú výšku 0,3 – 0,7 m (0,2 – 1,0). V závislosti od pôdnych, svetelných (výsevok, buriny) a vlhkostných podmienok sa rôznym spôsobom rozkonáruje – konáre prvého a ďalších rádo. Steblá sú štvorhranné. Celé rastliny sú pokryté chlpkami vylučujúcimi drobné kvapôčky lepkavej hmoty

obsahujúcej kyselinu šťavelovú a jablčnú. Toto umožňuje dokonalú ochranu rastlín voči zrniam, obalovačom a voškám.

Koreňová sústava je alorízna, mohutná, prenikajúca hlboko do pôdy. V závislosti od rôznych pestovateľských podmienok sa na nej nachádza malý alebo veľký počet hrčiek baktérií z rodu *Rhizobium* (KRAUSKO et al., 1995).

Koreň je stržňovitý, bohato rozkonárený, preniká hlboko do pôdy. Koreň je stržňovitý, bočné korene sú bohato rozkonárené s množstvom hrčiek (ŠINSKÝ et al., 1985).

Stonka je rebrovitá, vzpriamená, pevná, nepoliehavá, dosahuje výšku 0,3 – 0,7 m v závislosti od podmienok pestovania. Stonka je rebernatá, priama, pevná, 0,2 – 0,5 m, niekedy až 1 m vysoká. V závislosti od pôdných, svetelných a vlhkostných podmienok sa rôznym spôsobom rozkonáruje – konáre pravého a ďalšieho rádu (ŠINSKÝ et al., 1985; PASTUCHA, 1992; KRAUSKO et al., 1995).

Listy sú viacjarmové – nepárnoperovité s pilkovaným okrajom. Listy sú nepárnoperovité, dlhé 50 – 100 mm, so 4 – 8 jarmami. Lístky sú vajcovité alebo eliptické, s krátkymi stopkami, veľkosti 8-18 x 3-10 mm, vpredu hlboko zúbkované (PASTUCHA, 1992).

Kvety sa vyvíjajú v pazuchách listov, sú bielej, ružovej, prípadne modrej farby, cícer je prevažne samoopelivý. Kvety sú biele, červenofialové a modročervené, vyrastajú ojedinele v pazuchách listov (ŠINSKÝ et al., 1985).

Kvety a plody sa vyvíjajú v pazuchách listov na jednotlivých konároch v časovej postupnosti zdola nahor. Sú samoopelivé, počas suchého a teplého počasia môžu byť opelené aj cudzím peľom (čmeliaky, včely) (KRAUSKO et al., 1995).

Struky sú jedno až dvojsmenné, slamovožlté, mechúrkovitého tvaru. Struk je nafúknutý, šikmo vajcovitý, rozmerov 20-30 x 10-15 mm, pri dozretí slamovo žltý, červenkasto žltý alebo svetlofialový. Obsahuje 1 – 2, zriedka 3 semená (PASTUCHA, 1992).

Podľa KRAUSKA et al. (1995) sú struky jedno- a dvojsmenné, zriedkavo i trojsmenné. Keď dozrievajú, sú slamovožlté až červenožlté, mechúrikovitoelipsovité, krátke. Po vzídení sa nerozpadávajú.

Semená sú pestrofarebné, biele žlté, škoricové, čierne, s výrazným zobáčikom. Tvarovo pripomínajú baraniu hlavu. Farba semien súvisí s farbou kvetu. Hmotnosť tisícich semien dosahuje 280 – 370 g. Semená sú guľaté, nepravidelne hrboľaté alebo hladké

s charakteristicky vyčnievajúcim korenkom, semeno pripomína hlavu barana (ŠINSKÝ et al., 1985).

Podľa PASTUCHU (1992) je semeno nepravidelne elipsovité, guľovité až hranaté, so zobákovitým výčnelkom, s rozmermi 6 -12 x 5 - 9 x 5 - 9 mm. Hmotnosť tisíc semien býva 60 – 600 g, najčastejšie 280 – 370 g. Povrch semena je drsný, viac- menej vráskovitý, alebo hladký, matný. Farba semena býva bieložltá, ružová, oranžová, červenohnedá, čierna.

Hmotnosť tisícich semien sa pohybuje v rozmedzí 60 – 600 g (najčastejšie 280 – 370 g). Skoré odrody majú nižšiu HTS a opačne. Dĺžka vegetačného obdobia je 65 – 140 dní. Veľkozrnné odrody majú ešte dlhšie vegetačné obdobie (KRAUSKO et al., 1995).

Cícer baraní sa odporúča zberať vo fáze žltej zrelosti, neskôr sa zhoršuje jeho varivosť semien. Zber plodiny sa vykonáva priamo obilným kombajnom s úpravou ako pre iné strukoviny (ŠKROBÁKOVÁ, BELUSKÝ, 1998). Je jednoročnou bylinou. Dorastá do výšky 60-70 cm a nepolieha. Listy sú zložené, nepárnoперovité. Pozostávajú z lístkov na krátkych stopkách so 4-8 jarmami. Zaujímavé kvety sú malé. Vyrastajú jednotlivito z pazúch listov. Koruna je biela až svetlofialová, ružová. Po odkvitnutí z kvetu narastie nafúknutý struk s dvomi až tromi semenami. Semeno je nepravidelného tvaru. Má zaoblené hrany s výstupkom pripomínajúcim baraniu hlavu. Z tohto bol odvodený aj názov.

1.5 Odrodová skladba, charakteristika odrôd

1.5.1 Základné odrody hrachu siateho

JAVOR, SUROVČÍK et al. (2001) uvádzajú, že pri výbere odrody je určujúcim kritériom predpokladaný spôsob realizácie produkcie a požiadavky odrôd na pôdne a klimatické podmienky. Odrody rozdeľujeme podľa farby semien na žltosemenné a zelenosemenné. Podľa tohto kritéria je výber odrody významný u hrachu na konzumné účely a podriaďuje sa požiadavkám trhu. Pestované odrody sa značne odlišujú veľkosťou semien, hmotnosť 1000 semien (HTS) dosahuje 200-320 g, pričom táto hodnota sa môže u jednotlivých odrôd značne meniť v závislosti od podmienok dozrievania. Z hľadiska výšky nákladov na osivo má veľkosť semien význam ekonomický. Odolnosť voči vírusovým chorobám je u všetkých odrôd povolených v súčasnosti na Slovensku dobrá, určité rozdiely sú v dĺžke vegetačnej doby (predstavujú niekoľko dní). Niektoré odrody

majú zvýšené požiadavky na pôdne, prípadne klimatické podmienky. Registrované odrody hrachu siateho predstavujú európsky štandard s vysokým úrodovým potenciálom a dobrými hospodárskymi vlastnosťami (pestovateľskými, konzumnými a kŕmnymi).

Rastové typy hrachu:

- Univerzálny typ – dĺžka stonky (1,2 – 1,5 m) je poliehavá, vytvára viac fytomasy s menším podielom semien, vhodné sú na kŕmne účely, alebo na zelené hnojenie (peluška),
- Intermediárny typ – majú stredný vzrast (0,8 – 0,9 m), vhodné sú na produkciu semien, menej vhodné na pestovanie v miešankách. Sú to súčasné odrody hrachu siateho.
- Zrnový typ – stonka (0,6 – 0,8 m) – v súčasnosti nemá zastúpenie. Pestoval sa pred 30 – 40 rokmi.
- S redukovanou listovou plochou tzv. úponkové typy. Zníženie listovej plochy umožňuje lepší prienik slnečného žiarenia a znižuje poliehavosť. Silne sa rozširujú v praxi. Od roku 1995 bolo zaregistrovaných 16 úponkových odrôd. Z domáceho šľachtenia boli zaregistrované odrody Achat a Svit, sú rovnocenné so zahraničnými odrodami. Za veľkého sucha však dochádza k rýchlejšiemu vysušovaniu pôdy (MOLNÁROVÁ, et al., 2007).

Najčastejšie sa pestujú odrody stredne vysoké (intermediárneho typu), dorastajúce do výšky 0,8 – 1,0 m. V závislosti od odrody, semená môžu byť farby žltej alebo zelenej. Stále viac sa uplatňuje pestovanie odrôd s redukovanou listovou plochou, tzv. úponkové typy, ktoré sú náročnejšie na vlahu a živiny v pôde. Registrované odrody majú vysoký úrodový potenciál, dobré hospodárske vlastnosti a ich výber orientujeme v závislosti od cieľa pestovania (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004).

Charakteristika vybraných registrovaných odrôd hrachu siateho:

a) **zelenosemenné odrody:** - ACHAT – ZEKON

b) **žltosemenné odrody:** - HEROLD - TERNO – XANTOS

Hrach siaty (*Pisum sativum* L.) – odrody:

ACHAT - zelenosemenná odroda semileafless typu s redukovanou listovou plochou intermediárneho vzrastu, určená na produkciu suchého semena pre výživu ľudí a hospodárskych zvierat. Vyznačuje sa výbornou odolnosťou proti poliehaniu a veľmi dobrou odolnosťou voči koreňovým chorobám a chorobám ascochyta-komplexu. Odolnosť proti ostatným chorobám - múčnatke, perenospóre a virózam je dobrá. Semeno je veľké

(HTS 295 g). Farebná vyrovnanosť semena závisí od klimatických podmienok v čase dozrievania a v čase zberu. Pre zachovanie peknej zelenej farby je dôležitý zber pri vlhkosti nad 18 %, s následným dosušením. Achat má stredný obsah N-látok. Obsah inhibítora trypsínu, spomaľujúceho štiepiaci proces bielkovín pri trávení, je pod priemerom registrovaných odrôd. Technologické vlastnosti - napučíavanie, varivosť a rovnomernosť varenia semena sú dobré.

ZEKON - stredne skorá odroda semileafless typu so zeleným semenom, intermediárneho vzrastu, vyšľachtená pre produkciu kvalitného zeleného semena. Vyznačuje sa vysokou úrodnosťou a vysokou odolnosťou voči poliehaniu. Odolnosť voči komplexu koreňových chorôb, ascochyte a perenospóre je dobrá. Semeno je stredne veľké (HTS 253 g) s dobrou farebnou vyrovnanosťou, ktorá závisí od klimatických podmienok v čase dozrievania a v čase zberu. Pre zachovanie peknej zelenej farby je dôležitý zber pri vlhkosti nad 18 %, s následným dosušením. Technologické vlastnosti - napučíavanie, varivosť a rovnomernosť varenia semena sú dobré.

HEROLD - neskoršia žltosemenná odroda typu semileafless, s redukovanou listovou plochou, intermediárneho vzrastu, vhodná pre produkciu suchého semena. Odroda má výbornú odolnosť proti poliehaniu pred zberom. Vyznačuje sa dobrým zdravotným stavom, najmä odolnosťou proti fuzariózam. Farebne vyrovnané semeno je stredne veľké až veľké (HTS 273 g). Obsah N-látok je na úrovni kontrolných odrôd, ale ich úrodou v prepočte na 1 ha ich vysoko prekonáva, čím sa zaraďuje medzi najvýkonnejšie odrody. Technologické vlastnosti - napučíavanie, varivosť a rovnomernosť varenia semena sú dobré. Obsah inhibítora trypsínu, ktorý znižuje stráviteľnosť bielkovín v krmive je priemerný.

TERNO - poloneskorá žltosemenná odroda typu semileafless, s redukovanou listovou plochou, vyššieho intermediárneho vzrastu, určená pre produkciu suchého semena najmä pre potravinárske spracovanie. Vyznačuje sa vysokou úrodnosťou, veľmi dobrou odolnosťou voči poliehaniu a vysokou odolnosťou ku komplexu koreňových a krčkových chorôb. Semeno je veľké, s vysokým obsahom N-látok.

XANTOS - stredne skorá, žltosemenná odroda semileafless typu, s redukovanou listovou plochou, intermediárneho stredného vzrastu, vyšľachtená na produkciu suchého semena pre potravinárske a krmivárske účely. Vyznačuje sa vysokou úrodou semena, dobrou odolnosťou proti poliehaniu, ako aj dobrou odolnosťou voči chorobám. Semeno je veľké (HTS 259 g), farebne vyrovnané. Obsah N-látok je na úrovni kontrolných odrôd, ale ich

úrodou v prepočte na 1 ha ich vysoko prekonáva. Obsah inhibítora trypsínu, ktorý znižuje stráviteľnosť bielkovín v krmive je stredný. Technologické vlastnosti - napučíavanie, varivosť a rovnomernosť varenia semena sú dobré.

1.5.2 Základné typy cícera baranieho

Cícer sa pestuje v tropických, subtropických a miernych pásmach. Typ kabuli je pestovaný v miernych klimatických pásmach, zatiaľ čo desi typ v semiaridných tropických pásmach. Cícer má svoj význam v produkčných systémoch východoázijského a severoafrického územia. Pestujú ho tam ako plodinu obdobia sucha a preto je aj vystavený hraničnému suchu, ktoré spôsobuje stratu na úrodách v rozsahu od 14 - 50 %, alebo úplné uschnutie. V celosvetovej produkcii prevláda typ desi (85 % produkcie), zvyšok pripadá na typ kabuli (GÁBORČÍK, 1993).

Cícer baraní sa podľa veľkosti, tvaru a farby semien delí na typ **kabuli** a **desi**. Cícer typu kabuli má rastliny bez fialovej pigmentácie, farbu kvetu bielu a farbu osemenia v rôznych odtieňoch béžovej. Tvar semena je nepravidelný (nepravidelne guľatý) a podľa klasifikátora pre rod *Cicer* má tvar ako sovia hlava. Veľkosť semena je rôzna a tento cícer sa vyznačuje väčším semenom. Pestuje sa prevažne v oblasti Stredozemného mora, v juhozápadnej Ázii a v Amerike. Desi typ cícera je pestovaný väčšinou v Indii a vo východnej Afrike, má drobné semená v rôznych odtieňoch hnedej farby. Tvar semena je hranatý. Podľa klasifikátora pre rod *Cicer* (IBPGR, ICRISAT and ICARDA, 1993) je tvar semena ako barania hlava. Tento typ cícera je najodolnejší voči suchu.

Podľa GÁBORČÍKA (2000) možno vyčleniť ešte tretí typ – **intermediálny** s drobnými guľatými semenami podobnými hrachu, ktorý je najmenej rozšírený a vyskytuje sa hlavne v strednej Európe.

1.6 Význam a využitie hrachu siateho a cícera baranieho

Hrach siaty je našou najpestovanejšou strukovinou. Najčastejšie sa pestuje na produkciu suchých semien, ktoré sa môžu využívať ako potravina, krmivo, osivo a špeciálne v priemysle. Nedožreté vylúpané semená alebo struky sa využívajú v potravinárskom priemysle a celá nadzemná fytomasa sa môže využívať na zelené kŕmenie, silážovanie, seno alebo spásanie (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004).

Našou najdôležitejšou strukovinou je hrach, ktorý poskytuje mnohostranné využitie. Patrí k najrozšírenejším druhom strukovín u nás. Pestuje sa pre nedožreté zrna, ktoré

sa konzervuje a mrazí. Pre získanie zelených zŕn sa pestuje hrach dreňový (UHER et al., 2007).

V potravinárskom priemysle sa hrach používa hlavne k výrobe preparovanej múky, alebo predvareného hrachu. V krmovinárstve sa využíva ako donátor bielkovín do kŕmnych zmesí (LAHOLA et al., 1990).

U nás sa pestuje **hrach siaty** - *Pisum sativum* L.. Botanicky sa člení na konvariety: **hrach siaty pravý** (*Pisum sativum convar. sativum*) – pestovaný na konzumné a kŕmne účely,

hrach siaty roľný - **peluška** (*Pisum sativum convar. speciosum*) - pestovaný je najmä na zelenú fytomasu obyčajne v miešankach s obilninami,

hrach siaty dreňový – **záhradný** (*Pisum sativum convar. medullar*) - využívaný je v konzervárskom priemysle, zberajú sa nedozreté semená,

hrach siaty cukrový (*Pisum sativum convar. saccharatum*) - konzumujú sa celé nezrelé struky ako plodová zelenina, suché semeno sa využíva na výrobu škrobu (POSPÍŠIL, CANDRÁKOVÁ, 2004).

Najčastejšie pestovanou strukovinou v našich podmienkach je hrach siaty. V poslednom období sa začínajú pestovať formy bezlistového hrachu, pri ktorom sa celé listy premenili na úponky vo forme antén. Fotosyntetické merania dokázali, že tieto antény majú vysokú fotosyntetickú aktivitu. Sú schopné vytvoriť veľkú úrodu semien. Bezlisté formy sú perspektívnejšie, pretože lepšie využívajú svetlo (nezatieňujú sa). Odrody vysokého vzrastu majú na začiatku väčší podiel úponkov, ale v neskoršom vegetačnom období ju prevyšujú nízke odrody (KOSTREJ et al., 1998).

Cícer baraní (*Cicer arietinum* L.) je starou pestovanou plodinou. V staroveku bol pestovaný v Egypte, Grécku aj Taliansku. Dnes sa pestuje hlavne v Pakistane, Barme a Španielsku. Na potravinárske účely sú najvhodnejšie bieložrné odrody, ale využívajú sa aj hnedožrné. **Cícer baraní** je u nás nedocenenou strukovinou. Jeho využitie je veľmi široké, využíva sa na prípravu polievok, omáčok, šalátov, pomazánok, kaší, v mäsitých i bezmäsitých jedlách, ako prídavok cícerovej múky do chleba a pečiva, pražený sa využíva pri výrobe cukroviniek, korenín a podobne. Tiež sa môže využívať podobne ako zelený hrášok – zelený alebo v naklíčenom stave. Semeno cícera je hodnotné krmivo pre hospodárske zvieratá, najmä spolu s obilninami zvyšuje hodnotu krmu. Hnedo a čierno sfarbené odrody sú vhodným krmivom pre kone a hovädzí dobytok. Zelená hmota je

bohatá na obsah kyselín (šľaveľová, jabľčná) a preto je nevhodná pre zvieratá okrem oviec (KRAUSKO et al., 1995).

Pre potravinárske účely sa používajú kultivary bledosemenné (kabuli typ), ostatné druhy (desi typ) sa používajú na kŕmne účely (ŠKROBÁKOVÁ, BELUSKÝ, 1998). V minulosti sa cícerové semená využívali na výrobu múky, kávovinových náhrad a cukrárenských výrobkov. Vhodný je aj do polievok, na prípravu kaše.

1.7 Suchovzdornosť cícera baranieho

Suchovzdornosť – komplexná adaptačná vlastnosť rastlín vďaka ktorej odolávajú vodnému stresu vyvolanému deficitom vody. Realizuje sa viacerými mechanizmami: mechanizmom úniku (zvýšenej plasticity), kedy rastliny urýchľujú vývin a skôr dozrievajú, čím uniknú obdobiu sucha, alebo mechanizmus tolerancie sucha, ktorými rastliny kontrolujú stav vody v pletivách počas stresu pri vysokom vodnom potenciáli (intenzívnejšie prijímajú vodu z pôdy) alebo (menej vodu transpirujú) a mechanizmus tolerancie sucha pri nízkom vodnom potenciáli (koncentrujú bunkové roztoky a znižujú osmotický potenciál a vodný potenciál) (OLŠOVSKÁ et al., 2008).

Najvýznačnejším agronomickým znakom cícera baranieho je suchovzdornosť a celková nenáročnosť na vodu (BELUSKÝ, 2004).

Suchovzdornosťou predstihuje cícer všetky hlavné druhy strukovín, preto i jeho úrody sú v suchších a teplejších oblastiach istejšie a vyššie (ŠINSKÝ, 1985).

V porovnaní s inými plodinami majú strukoviny mnoho predností. Keďže adaptácie rastlín na sucho predstavujú komplexnú vlastnosť celého organizmu, charakterizovanú súborom menšieho alebo väčšieho počtu znakov podmienených viacerými génmi a ich realizácia bude závisieť aj od ontogenetického stavu rastlín, môže byť významné hľadať také interakcie stresového faktora a reakcií rastlín, ktoré umožnia expeditívne testovať odrody už v skorých rastových fázach (KOSTREJ, 2000). Hodnotenie suchovzdornosti genotypov kultúrnych rastlín je dlhodobou aktuálnym problémom, ktorému venujú pozornosť odborníci v mnohých vedných odboroch. Suchovzdornosť je polygénne založená vlastnosť, prejavujúca sa v komplexe anatomických, morfológických, fyziologických a biochemických vlastností. Fyziológia rastlín sa snaží odpovedať na požiadavky šľachtiteľov, ktorí majú záujem introdukovať priaznivé znaky tolerancie, resp. rezistencie do nových kultivarov. Hľadajú sa markéry stresu a fyziologické kritériá, ktoré odrážajú citlivosť genotypov na sucho.

1.8 Fyziológia stresu

Stres – neprirodzený stav, do ktorého sa dostane organizmus počas vychýlenia z rovnovážneho stavu vplyvom nejakého ekologického faktora (OLŠOVSKÁ et al., 2008). Stres je vystavenie rastliny mimoriadne nepriaznivým podmienkam; nemusí nutne predstavovať ohrozenie života, ale vyvoláva poplachovú odpoveď organizmu, pokiaľ ten nie je v štádiu kľudu. Kľudové štádia organizmu, ako suché spory a poikilohydrické rastliny, nie sú citlivé a môžu prežívať bez poškodenia všetky prirodzené teploty vyskytujúce sa na zemi. Protoplazma reaguje na stres počiatočným zrýchlením metabolizmu. Zvýšenú respiráciu už pozorujeme ako stresovú reakciu, je úsilím o nápravu poškodenia a o prispôsobenia štruktúry pre zvládnutie novej situácie. Stresová reakcia sa stáva pretekcom medzi adaptačným mechanizmom a deštruktívnymi procesmi v protoplazme, ktoré vedú k smrti. Keď je prekročený horný alebo spodný kritický prah teploty môžu byť bunčné štruktúry a funkcie poškodené tak silno, že protoplazma bezprostredne odumrie. V prírode dochádza k náhlej deštrukcii často pri mrazoch mimo zimného obdobia. Napr. pri neskorých jarných mrazoch. Poškodenie však môže nastať i postupne, keď je porušená rovnováha medzi niektorými životnými pochodmi a oslabená ich činnosť; nakoniec prestávajú pracovať niektoré funkcie podstatné pre život a bunka odumiera.

ELIÁŠ (2005) označuje stres ako stav, pri ktorom zvyšujúce sa požiadavky na rastlinu vedú k počiatočnej destabilizácii funkcií, s následnou normalizáciou a zlepšením rezistencie. Dynamika stresu obsahuje destabilizujúcu deštruktívnu zložku („distress“), ako aj zložky podporujúce restabilizáciu a odolnosť, rezistenciu („eustres“). Celá udalosť má tri vzájomne spojené časti: obmedzenie, aklimáciu a rezistenciu. Preto sa označuje ako dynamická koncepcia stresu. Postupnosť charakteristických fáz je nasledovná: poplachová fáza, fáza odolnosti, fáza vyčerpania (únavy), fáza regenerácie.

BRESTIČ, OLŠOVSKÁ (2001) navrhli charakteristiku stresu ako reakciu organizmu sformovanú v priebehu fylogenézy na pôsobenie faktorov reálnych, alebo signalizujúcich nebezpečenstvo narušenia jeho celistvosti. Z tohto pohľadu sa pod stresom rozumie stav, v ktorom sa nachádza živý systém pri mobilizácii obranných alebo regeneračných mechanizmov, ako aj reakcie na pôsobenie nešpecifických stimulov okolitého prostredia. V prípade ak stres pôsobí na nepripravenú rastlinu rýchlo, bezprostredne s prerušením rastu, t.j. bez zapojenia reakcií na úrovni organizmu, vtedy poškodenie závisí od stability všetkých štruktúr - od molekulárnych, subbunkových do anatomicko-morfologických. V prírode sa však častejšie vyskytuje stres postupný - gradujúci, dlho pôsobiaci s nie

vysokou silou, v dennom cykle sa často striedajúci s pomerne priaznivými obdobiami pre rast, tak vtedy má základný význam stabilita (odolnosť) funkcií a adaptačné procesy realizujúce sa najmä cestou rastu rastliny. Funkčná odolnosť má mimoriadny význam v podmienkach veľkých denných a sezónnych amplitúd faktora (teploty, vodnej zásobenosti). Problémy odolnosti na ekologickej úrovni si vyžadujú analýzu systému pôda – klíma - rastliny; orgán- rastlina; poškodenie – adaptácia - odolnosť.

Stres sa na úrovni jednotlivých organizmov chápe ako odchýlka od podmienok optimálnych pre život, vyvolávajúca zmeny a odozvy na všetkých funkčných úrovniach organizmu, ktoré sú najskôr prechodné, neskôr sa môžu stať trvalými. Slovo „stres“ je odvodené od lat. stringere, je to obmedzujúca alebo pobádajúca, hnacia sila (ELIÁŠ, 2005).

Termín „**stres**“ v biológii sa vysvetľuje v dvoch rôznych rovinách, ktoré zodpovedajú dvom základným koncepciám stresu:

- a) Jedna z nich sa opiera o využívanie termínu stres v mechanike v zmysle sily pôsobiacej na teleso. Stres sa potom definuje ako faktor vonkajšieho prostredia, ktorý je schopný indukovať potenciálne škodlivý účinok v živom organizme. Ak je organizmus vystavený stresu, indukuje sa v ňom napätie (angl. strain), ktoré môže byť reverzibilné (elastické) alebo ireverzibilné (plastické) prejavujúce sa ako permanentná záťaž. Ak je stres dostatočne silný organizmus podlieha permanentnej záťaži a dochádza k jeho poškodeniu, prípadne až smrti.
- b) Druhá koncepcia vychádza zo štúdia stresu v živočíšnej a humánnej biológii. Podľa koncepcie stresu v medicíne sa pojmom stres označuje stav v ktorom sa živý systém nachádza pri mobilizovaní reparačných alebo obranných procesov vyvolaných pôsobením vonkajšieho prostredia. Každý organizmus má určitú mieru rezistencie proti pôsobeniu vonkajšieho nepriaznivého faktora, a preto stresovou situáciou potom rozumieme takú odchýlku od optima, ktorá ohrozuje integritu pretrvávania celého systému. Termín stres bude označovať stav, v ktorom sa rastlina nachádza pod vplyvom **stresového faktora** (stresora).

Stresové faktory prostredia môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- a) **abiotické faktory**, kde zaraďujeme meteorogénne faktory, ako napr. extrémne teploty (vysoká teplota, chlad, mráz), nadmerné žiarenie (UV aj viditeľné), nedostatok vody (sucho), nedostatok kyslíka na zatopených pôdach (hypoxia, anoxia), nadbytok iónov (zasolené pôdy, kyslé pôdy) a podobne.

b) **biotické faktory**, kde stresorom je patogén (vírusy, baktérie a huby) prípadne bylinožravý živočích, ktorý svojou činnosťou spôsobuje mechanické poškodenie rastlín (spásanie, húsenicové požery) a podobne.

Každý faktor vonkajšieho prostredia má svoje hranice s minimálnou a maximálnou hodnotou, v rámci ktorých je organizmus schopný bez problémov prežiť. Extrémne hodnoty vyvolávajú v rastlinách stresovú reakciu alebo stresovú odpoveď, ktorá pozostáva z niekoľkých fáz: poplachová fáza, reštitučná fáza, fáza rezistencie, fáza vyčerpania. V poplachovej fáze vyvolanej stresom dochádza k porušeniu bunkových štruktúr, hospodárenia s iónmi a metabolizmu. Krátko nato začína reštitučná fáza, v ktorej sa aktivujú kompenzačné mechanizmy. Syntéza ochranných bielkovín a zmeny v štruktúre bunky (obnova osmotickej rovnováhy) počas aklimácie (otužovanie) vedie k maximálnej odolnosti počas fázy rezistencie. Pri dlhodobom pôsobení stresového faktora môže dôjsť vo fáze vyčerpania k poklesu odolnosti (MASAROVÍČOVÁ et al., 2002).

Obvykle sa rozlišujú tri mechanizmy (stratégie) rezistencie:

1. **Únik zo stresu** (úniková stratégia)

Životný cyklus týchto organizmov prebieha v priaznivých podmienkach. Rastliny nepriaznivé obdobie (sucho, zima a pod.) prežívajú v dormantnom stave (semeno). Semená rýchlo klíčia po daždi, rastliny rýchlo rastú a vyvíjajú sa, kvitnú a vytvárajú semená ešte skôr ako sa vyčerpá zásoba vody v pôde alebo sa v prostredí objaví iný nepriaznivý činiteľ. Takáto stratégia je známa pri jednoročných a efemérnych rastlinách púští a polopúští, xerothermných biotopov atď. K tejto skupine rastlín patria jednorôčné kultúrne rastliny.

2. **Vyhýbanie sa stresu** (stratégia vyhýbania sa)

Organizmy sú veľmi citlivé na stres, ich pletivá sú veľmi rýchlo poškodené alebo usmrtené dehydratáciou, mrazom, v dôsledku pôsobenia stresorov a preto sa vyhýbajú stresom zásobením pletív vodou, obmedzením výdaja vody a inými fyziologickými mechanizmami. Dobrým príkladom sú epifyty, púšťové sukulenty, z ktorých mnohé majú metabolizmus uhlíka typu CAM.

Vyhýbaním sa stresu je otužovanie proti chladu a mrazom, kedy organizmus postupne získava schopnosti prežiť i pri značnej tvorbe ľadu v pletivách. Rastliny mierneho pásma prechádzajú sezónnym cyklom, keď prvej etape (teploty nad 0 °C) sa hromadia cukry a iné ochranné látky, klesá množstvo vody v bunkách, centrálna vakuola sa mení na niekoľko menších, v druhej etape (-3 °C – 5 °C) dochádza k reorganizácii bunkových štruktúr a enzýmov.

3. **Znášanie stresu** (stratégia tolerancie stresu)

Organizmy majú pletivá, ktoré môžu tolerovať stres, napr. dehydratáciu. Sú fyziologicky aktívne v prítomnosti stresu. Nemusia sa vyhýbať vodnému deficitu. Sú to väčšinou trváce rastliny, väčšinou tropické trávy s C₄ metabolizmom, mnohé tropické C₃ krmoviny (ďatelinoviny), niektoré kultúrne plodiny (pšenica, bavlník, podzemnica olejná a i.) (ELIÁŠ, 2005).

Stres (záťaž) môžeme definovať ako pôsobenie takých faktorov prostredia – tzv. stresorov, ktoré narúšajú vnútornú rovnováhu organizmov vo vzťahu k prostrediu a uvádzajú organizmus do stavu zvýšeného napätia (ČERMÁK et al., 2008).

1.9 Abiotické stresové faktory prostredia

Medzi abiotické stresové faktory prostredia zaraďujeme meteorogénne faktory, ako napr. extrémne teploty (vysoká teplota, chlad, mráz), nadmerné žiarenie (UV aj viditeľné), nedostatok vody (sucho), nedostatok kyslíka na zatopených pôdach (hypoxia, anoxia), nadbytok iónov (zasolené pôdy, kyslé pôdy) a podobne. Klimatické extrémny, ako napríklad sucho a teplotné výkyvy, tlak škodcov a patogénov určujú dĺžku rastovej periódy, a tým aj výšku konečnej úrody (BRESTIČ et al., 2008).

Exogénne faktory ako teplota, svetlo, sucho vplývajú na rastlinu buď pozitívne alebo negatívne. Každá zmena podmienok presahujúca prahové hodnoty vyvoláva v rastlinnom organizme zmenu vnútornej rovnováhy, ktorá môže viesť k stresu, a tým dochádza k rôznym metabolickým a fyziologickým zmenám. Vodný stres zapríčiňuje radu zmien v biochemických procesoch týkajúcich sa hlavne fotosyntézy. Distribúcia rastlín na zemskom povrchu je výsledkom vzájomného pôsobenia vonkajších faktorov prostredia a geneticky determinovaných nárokov rastlín na určitú kvalitu prostredia. Keďže vplyv takýchto faktorov v prírode nemožno eliminovať, môžu vznikať situácie, keď sa ich negatívny vplyv prejaví na rastovej a metabolickej aktivite organizmu. V takomto prípade hovoríme o strese (MASAROVICHOVÁ et al., 2002).

Nepriaznivé podmienky prostredia spôsobujú stresové situácie, dôsledkom ktorých je redukcia produkčného potenciálu. Rastliny sú schopné prispôbiť sa na stresové situácie morfológickými, anatomickými, fyziologickými, biochemickými a molekulárnymi adaptáciami, ktorých úlohou je udržať homeostázu bunkového prostredia (HANSON et al., 1986).

Nie každý fyziologický znak má pre každú plodinu priamy a preukázny vplyv na produktivitu v priaznivých alebo nepriaznivých podmienkach – najmä znaky na nižších úrovniach organizácie (ARAUS et al., 2002).

1.9.1 Extrémne teploty

Kultúrne rastliny sú schopné sa adaptovať na široký diapazón teplôt, často odlišných od teplotných podmienok v oblastiach ich pôvodu. Adaptácia plodín na vysokú teplotu má obrovský význam v horúcich podmienkach často doprevádzaných nedostatkom vody. Adaptácia na nízke teploty je komplexný proces, ktorý zahŕňa zlepšenie klíčenia spojené s kumuláciou nesaturovaných mastných kyselín, urýchlený rast v prvých fázach, ako aj adaptáciu fotosyntézy a rastu na nízku teplotu v neskorých rastových fázach. Formy s malými semenami sú lepšie prispôbené horúcim podmienkam, formy s veľkými semenami zasa chladným podmienkam, ako je známe pri cíceri, ryži, pšenici a pod. (BRESTIČ et al., 2008).

Teplotné podmienky pri ktorých prebieha rast a vývin rôznych druhov rastlín v ich prirodzených stanovištiach sú rôzne. Každý rastlinný druh však rastie iba v určitom rozsahu teplôt charakterizovanom minimálnou a maximálnou teplotou. Teploty, ktoré presahujú maximálnu hodnotu môžu vyvolať v rastline: a) stres vysokou teplotou, b) suboptimálne teploty stres z chladu, a c) teploty pod bodom mrazu môžu indukovať stres z mrazu (MASAROVÍČOVÁ et al., 2002).

V meteorológii je najčastejšie sledovaná a vo vzťahu k produkčným procesom analyzovaná teplota vzduchu. V procese fotosyntézy urýchľuje, alebo spomaľuje a v extrémoch až zastavuje biochemizmy, podieľajúceho sa na tvorbe úrody. Predpokladané zvýšenie teplôt vzduchu v súvislosti so zvýšenou koncentráciou CO₂ môže tiež spôsobiť zvýšenie intenzity fotosyntézy. Vysoké teploty inhibujú fotosyntetickú fixáciu CO₂ bez zníženia vodivosti prieduchov, a to cestou poškodenia fotosyntetického elektrónového transportu, obzvlášť na strane PS II (HAVAUX a TARDY, 1996) alebo inhibíciou Rubisco aktivázy (CRAFTS-BRANDNER a LAW, 2000). Reakcie rastlín na sucho v letnom období taktiež zahŕňajú aj prispôbenie sa stresom spojených s vysokou teplotou. Na vysokú teplotu je citlivých viacero fyziologicko-metabolických procesov v rastline.

Divokorastúci príbuzní a krajové odrody sú napr. odolnejšie voči vyšším teplotám než súčasné moderné odrody. Adaptácia na extrémnejšie teploty môže posunúť optimálnu rovnováhu medzi úrodovnými prvkami (BRESTIČ et al., 2008).

Intenzita fotosyntézy je totiž výrazne závislá na teplote rastlinného pletiva. Všeobecne sú známe zovšeobecnené závislosti medzi intenzitou fotosyntézy a teplotou. Tieto závislosti majú maximum pri teplotách medzi 20 až 40 ° C, pričom teplobytné druhy majú maximum posunuté smerom k vyšším teplotám. Maximálna intenzita fotosyntézy zemiakov je pri teplote pletív 31 ° C, rajčiak má maximum pri 35 ° C, uhorka pri 37 ° C. Pri teplotách pletív prevyšujúcich maximum, intenzita fotosyntézy prudko klesá. Teplota, pri ktorej je intenzita fotosyntézy toho istého rastlinného druhu maximálna, závisí na teplotách prostredia v ktorom rastlina vegetovala. To znamená, že rastlina rastúca v relatívne chladnejších podmienkach má maximum pri nižších teplotách ako rastlina naadaptovaná na vyššie teploty. Porušenie buniek zemiakov môže nastať pri teplotách vyšších ako 42 ° C teploty pletív 52 ° C. Pokles efektívnosti prijímania CO₂ v intercelulárnych priestoroch počas dňa môže byť spôsobený fotoinhibíciou (CHAVES a OLIVEIRA, 2004), ale aj pôsobením vysokej teploty na listy, ktoré majú pri rastlinách vystavených stresu vyššiu teplotu ako dobre hydratované rastliny.

Tolerancia na vysokú teplotu zahŕňa veľa odlišných procesov realizujúcich sa najmä v období kvitnutia až nalievania zrna počas reprodukčnej fázy rastu, ktoré môžu viesť k posunu optimálnej rovnováhy medzi hlavnými komponentami úrody (BRESTIČ et al., 2008).

1.9.2 Žiarenie

Adaptácia na žiarenie (najmä slabé) je nielen druhovou, ale môže byť aj odrodovou vlastnosťou. Rastliny tolerujú nízku úroveň žiarenia (shade tolerance) vtedy, ak im má táto vlastnosť pomôcť prežiť v zápoji agrofytocenózy, v podraze spoločenstva lesa a pod., teda všade tam, kde dopadá málo svetla (BRESTIČ et al., 2008).

Obranným mechanizmom pred nadmerným žiarením, zvlášť potrebným v podmienkach deficitu vody, je tzv. xantofylový cyklus (HORTON et al., 1994).

Jedným z najperspektívnejších spôsobov zvýšenia produkcie rastlín je zvýšenie účinnosti využitia energie žiarenia vo fotosyntéze. Efektívnosť využitia žiarenia (RUE) je kalkulovaná ako pomer úrody zrna a akumulovanej energie slnečného žiarenia (SINCLAIR, 1994).

Aktuálny vývoj RUE počas vegetácie možno sledovať prostredníctvom parametrov fluorescencie chlorofylu *a* ako podiel energie fotónov využitých vo svetelných reakciách fotosyntézy (EARL, DAVIS, 2003).

Hoci sucho znižuje aj intercepciu žiarenia (dočasným alebo trvalým zmenšením asimilačnej plochy), rozhodujúcim dôvodom pre straty na úrode je malá efektívnosť využitia žiarenia (NAM et al., 1998).

Z toho dôvodu je nevyhnutné hľadať genotypy schopné za takýchto okolností udržať vysoké hodnoty RUE čo najdlhšie (COLLINO et al., 2001).

Ide o typ porastu efektívne využívajúceho žiarenie je charakteristický dlhou vegetačnou dobou, skorým zapojením porastu (ARAUS et al., 2002), rýchlym prechodom do generatívnej fázy, obmedzením neproduktívneho odnožovania (RICHARDS et al., 2002) a počas sucha pomalšou stratou aktivity a veľkosti fotosyntetického aparátu.

1.9.3 Podmienky sucha

Predchodcovia kultúrnych druhov rastlín mali vo všeobecnosti dobre rozvinuté vlastnosti, ktorými mohli uniknúť periódam dlhodobého sucha. Ich životný cyklus bol kratší. Napriek tomu únik pred suchom (drought escape) zostáva najefektívnejším mechanizmom adaptácie na podmienky sucha. Vyhnutie sa suchu (drought avoidance) je adaptačný mechanizmus odvodený od schopnosti rastlín udržať v pletivách vysoký turgor počas vodného stresu buď zlepšenou činnosťou koreňovej sústavy v príjme vody či efektívnym zatvorením prieduchov a redukciou neužitočného výparu vody listami, alebo schopnosťou redukovať osmotický a vodný potenciál niektorými anatomickými a morfológickými charakteristikami a procesmi spojenými s osmotickou adjustáciou protoplazmy buniek (BRESTIČ et al., 2008).

Trend klimatických zmien za posledných sto rokov signalizuje stály pokles sumy ročných atmosferických zrážok a pokles priemerov relatívnej vlhkosti vzduchu. Súčasne sa zvyšujú priemerné ročné teploty vzduchu a narastajú evapotranspiračné požiadavky na vodu. Periódy sucha medzi atmosferickými zrážkami sa predlžujú, takže rastliny často trpia nedostatkom vody. Vodný stres (presnejšie stres zo sucha) sa stáva prvoradým abiotickým stresovým faktorom, ktorý obmedzuje rast a produktivitu rastlín na zemi. Všeobecne, na dlhotrvajúci vodný stres rastliny reagujú rôznymi aklimačnými a adaptačnými reakciami a mechanizmami, z ktorých spomenieme len najvýznamnejšie. Predovšetkým je to obmedzenie rastu a veľkosti listovej plochy. K merateľnému

spomaleniu rastu buniek a listov dochádza už pri poklese vodného potenciálu a tiež i turgoru o 0,1 až 0,2 MPa. Úplné zastavenie rastu nastáva pri poklese turgoru na 0,3 až 0,4 MPa, ešte pred zjavným vädnutím listu a ovplyvnením jeho najdôležitejších metabolických funkcií (včítane fotosyntézy a transportu asimilátov). Pri ďalšom poklese vodného potenciálu buniek na hodnotu -0,2 až -0,8 MPa dochádza k podstatným zmenám aktivity enzýmov. Napríklad sa znižuje aktivita nitrátreduktázy, ale zvyšuje sa aktivita hydroláz. Znižuje sa tvorba cytokinínov a spomaľuje sa delenie buniek. Podstatne (až štyristonásobne) sa zvyšuje koncentrácia ABA v listoch, kde má za následok zatváranie prieduchov (MASAROVÍČOVÁ et al., 2002).

Za sucho môžeme označovať prenikavý nedostatok vody. Z biologického hľadiska býva rozlišované sucho na pôdne a atmosferické. Sucho atmosferické môžeme charakterizovať vysokou teplotou a relatívne malou vlhkosťou vzduchu, ktorá sa pohybuje asi okolo 15 %. Pôdne sucho je charakterizované nízkym obsahom fyziologicky prístupnej vody v pôde. Účinok atmosferického sucha sa prejavuje na rastlinách škodlivo, prevažne v suchom letnom období. Vysoké teploty ovplyvňujú rastliny a menia ich vodný režim. Rýchlosť transpirácie v týchto podmienkach preyšuje spravidla príjem vody koreňovým systémom. Turgor buniek klesá, pričom je spomalená výmena látok a rastliny začínajú hladovať. Pokles turgoru je sprevádzaný dočasným vädnutím rastlín a pritom sa znižuje fotosyntetická asimilácia, pretože bunky asimilačných pletív nemajú dostatok vody a preto že zvädnuté listy zatvárajú prieduchy, aby zabránili ďalšiemu vyparovaniu vody, a tiež obmedzujú prístup oxidu uhličitého a kyslíka. Fotosyntetickú asimiláciu preyšuje potom respirácia. Nastáva pokles obsahu voľnej vody s následnou dehydratáciou a neskôr i koagulácia plazmy. Rastliny spomaľujú i zastavujú rast, trvalo vädnú a odumierajú (PENKA, 1985).

Rastliny sa nachádzajú len zriedka v optimálnych podmienkach pre realizáciu svojho genetického potenciálu, absolvujú teda početné stresové situácie. Klimatologické pozorovania ukazujú, že až 1/3 povrchu pevniny Zeme trpí nedostatkom zrážok (LARCHER, 1988). Rastúce pôdne sucho, vyvoláva v rastlinách disproporcie medzi množstvom vytranspirovanej a prijatej vody - vodný deficit, ktorý má negatívny vplyv na produkčné procesy. Jeho snímaním, modulovaním do bunkových signálov a ich prenosom do jadra s následnou transkripčnou odozvou sa realizujú mnohé adaptačné reakcie.

Vodný stres (angl. water stress) z hľadiska klasifikácie stresov a ich účinkov znamená stres z nedostatku vody. V rastline môže vznikáť pri nízkej aktivite vody v pôde alebo zvýšeným vyparovaním z jej povrchu (ČIAMPOROVÁ, MISTRÍK, 1991).

Vodný stres – vzniká, ak požiadavka rastlín na vodu presahuje jej fyziologicky prístupný obsah v pôde. Deficit fyziologicky prístupnej vody v pôde vedie k deficitu vody v rastline, ktorý vyvoláva vodný stres (OLŠOVSKÁ et al., 2008).

V poľných podmienkach sa pokles fotosyntézy ako dôsledok slabého až mierneho vodného stresu (po úroveň 70 – 75 % RWC) deje predovšetkým vplyvom zatvárania prieduchov. Voda je základnou zložkou rastlinných orgánov, v ktorých plní významné životné funkcie ako sú transport živín, regulácia termického režimu rastlín a iné. Od nich závisí vývoj, rast i veľkosť úrody poľných i záhradníckych plodín ale tiež komplex agronomických opatrení. Vlahové podmienky daného územia závisia od meteorologických či klimatických prvkov, ktoré tvoria vzťah medzi príjmom vody formou atmosférických zrážok a výdajom vody evapotranspiráciou. Keďže tieto zložky vodnej bilancie závisia od energetickej zložky prostredia, dochádza aj k ich zmenám. Znaky potencionálne využiteľné ako fyziologické kritéria pre toleranciu na suchu môžeme rozdeliť na niekoľko skupín, odvodených od realizovaného obranného mechanizmu. Prvou skupinou znakov sú rastové a fenologické ukazovatele. Na rozdiel od ostatných skupín znakov predstavujú mechanizmus úniku (escape) pred nepriaznivými podmienkami prostredia. Únik je veľmi významný v prostrediach, v ktorých sa vyskytuje deficit vody v neskorších etapách vegetačného obdobia (RICHARDS et al., 2001).

1.10 Vodný režim rastlín

Vodný režim rastlín – hospodárenie rastlín s vodou od jej príjmu, transportu, spotreby až výdaja. Je daný genetickou konštitúciou druhu umožňujúcou čeliť aktuálnemu pôsobeniu faktorov prostredia (alebo ich využiť) cielenými fenotypickými adaptáciami (OLŠOVSKÁ et al., 2008).

Voda je súčasťou všetkých rastlinných buniek a je pre život rastliny nevyhnutná. V rastlinnom tele je dôležitým rozpúšťadlom, látky sa v rastline dopravujú vo forme vodných roztokov. Je tiež zdrojom vodíka a kyslíka, zúčastňuje sa asimilácie a disimilácie i ďalších fyziologických procesov. Tým, že disociuje na H^+ a OH^- ovplyvňuje spolu s inými iónmi pH cytoplazmy.

REPČÁK, GREJTOVSKÝ (2002) uvádzajú, že obsah vody v rastline a jej orgánoch kolíše v širokom rozmedzí. Zvyšok tela rastlín po odparení vody tvorí sušinu.

Množstvo vody v jednotlivých typoch rastlín je rôzne a rôzny je aj jej obsah v jednotlivých pletivách. V zelených rastlinách voda tvorí 70 – 80 % rastlinného tela, zdrevnatené pletivá obsahujú 50 % vody, suché semená 5 – 14 %. Až 98 % obsahuje telo vodných rastlín. Pre minimalizáciu strát vody pri príjme nevyhnutného množstva CO₂ pre fotosyntézu slúži v prvom rade prieduchová regulácia výmeny plynov medzi listom a okolitým vzduchom (FISCHER et al., 1998). Hospodárenie rastliny s vodou, čiže vodný režim rastliny pozostáva z troch častí:

- a) príjem vody
- b) transport vody po rastlinnom tele
- c) výdaj vody

Príjem vody

Vodné rastliny prijímajú vodu celým povrchom tela, vyššie rastliny koreňovou sústavou. Koreňové vlásky pokrývajúce koreň zväčšujú absorpčnú plochu. Príjem vody je ovplyvňovaný rôznymi faktormi: Teplota. So zvyšovaním teploty po určitú hranicu (asi 30°C) sa príjem vody zvyšuje a nad ňu spomaľuje. Pri nula stupňoch sa u väčšiny rastlín príjem vody zastavuje. Niektoré rastliny neprijímajú vodu už pri ochladení na 4° C (rajčiaky, uhorky, tekvica). Koncentrácia pôdneho roztoku. Rastlinám sa nedarí dobre v pôdach s vysokým obsahom solí (slané pôdy). Sú však druhy, ktoré takúto pôdu obľubujú (slanomilné rastliny – halofyty). Množstvo vody v pôde. Nedostatok i nadbytok vody sú príčinou zníženia príjmu. Ak je v pôde veľa vody, má koreňový systém nedostatok kyslíka, preto sa znižuje intenzita jeho dýchania. Príjem vody do rastlinného tela môže prebiehať pasívne alebo aktívne. Pasívny príjem vody sa uskutočňuje v čase, keď má rastlina listy. Pri vyparovaní vody cez listy vzniká v rastline podtlak, ktorý spôsobí pasívne nasávanie vody z pôdy cez koreňové vlásky. Pri pasívnom príjme preniká voda do drevnej časti cievneho zväzku priestormi medzi jednotlivými bunkami. Takýmto spôsobom prijme rastlina vyše 90 % všetkej vody. Aktívny príjem vody prevláda na jar, keď rastlina ešte nemá vytvorené listy. Pri tomto spôsobe rastlina prijíma vodu na princípe osmózy.

Transport vody

Pohyb vody z koreňa do listov sa označuje ako transpiračný prúd, lebo jeho pohyb je do značnej miery spôsobený vyparovaním vody v listoch čiže transpiráciou. Je to pohyb vody proti gravitácii a okrem transpiračnej sacej sily listov ho zabezpečuje

aj koreňový výtlak. Koreňový výtlak je schopnosť koreňa vytláčať vodu v cievach proti gravitácii. Je spôsobený osmotickými silami cytoplazmy buniek koreňa. Pri rastlinách bylinného typu tieto sily na rozvoz vody stačia, ale pri drevinách dosahujúcich výšku niekoľko desiatok metrov už nepostačujú. Voda musí v cieve prekonávať prekážky ako sú: vlastná tiaž vodného stĺpca, trenie a steny ciev, odpor vzduchových bublín v cievach a pod.. Pri pohybe vody sa teda uplatňujú aj ďalšie faktory, a to adhézia (prilnavosť) vody na steny ciev, kohézne sily t.j. súdržnosť molekúl vody a kapilarita. Kohézne sily vodného stĺpca spôsobujú, že vodný stĺpec je prakticky nepretržitý.

Výdaj vody

Rastlina z prijatej vody využíva k látkovej premene len malú časť, asi 1 %. Ostatnú vodu vracia späť do prostredia. Výdaj vody sa uskutočňuje cez listy, buď vo forme kvapiek - gutácia alebo vo forme vodnej pary - transpirácia. Gutácia nastáva, ak je v prostredí vysoká vlhkosť vzduchu a rastlina nemôže vodu odparovať. Na jej vytláčanie sa zúčastňuje koreňový výtlak. Transpirácia, vyparovanie vody z rastliny, sa uskutočňuje hlavne cez listy. Povrch listu pokrýva rôzne silná vrstvička kutínu, ktorý zabraňuje prenikaniu vody. Cez kutikulu sa preto môže odpariť len malá časť vody - kutikulová transpirácia. Prevažná časť vody sa odparuje cez špeciálne zariadenia určené k tomuto účelu - prieduchy. Vtedy hovoríme o prieduchovej transpirácii. Prieduchová transpirácia sa deje regulovaným spôsobom. Veľkosť transpirácie ovplyvňuje teplota a vlhkosť vzduchu, množstvo dostupnej vody, svetlo a niektoré vnútorné faktory, ako napr. hrúbka kutikuly a umiestnenie prieduchov.

Voda zostala kvantitatívne hlavnou zložkou živých buniek i pri súčasných suchozemských rastlinách, v ktorých tvorí až 80 – 95 % z celkovej hmoty pletív. Najmenej vody obsahujú zrelé semená, len 5 – 15 %. 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 (MASAROVICHOVÁ et. al., 2002).

Za veľmi významnú sa považuje účasť kyseliny abscisovej (abscis acid, ABA) v regulácii vodného režimu. V prípade nedostatku vody stúpa obsah endogénnej ABA a prieduchy sa zatvárajú. Reakcia je veľmi citlivá. Niekoľko minút po pôsobení nepriaznivých podmienok dochádza k zvýšeniu koncentrácie ABA. Koncentrácia sa s prehlbujúcim stresom z nedostatku vody zvyšuje. K zatvoreniu prieduchov dochádza

ešte pred samotným vädnutím. Podobnú reakciu môžeme dosiahnuť aj exogénnou aplikáciou ABA (ZIMA et al., 2002).

PROCHÁZKA et al. (1998) uvádza, že zo všetkých abiotických faktorov, ktoré obmedzujú rast a produktivitu rastlín na kontinentoch našej planéty, na prvom mieste stojí nedostatok vody.

1.10.1 Ukazovatele vodnej bilancie rastlín

K zvládnutiu vodného deficitu prispieva tzv. osmotická úprava. Podieľajú sa na nej najmä ióny K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , organické kyseliny ako aj neproteínové aminokyseliny (betaín, prolín). Termín vodný deficit je najčastejšie charakterizovaný ako stav vody, kedy výdaj vody prevyšuje príjem (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 1997).

Vodný sýtočný deficit (VSD) charakterizuje stav vody v pletivách z hľadiska jej objemového množstva, pričom udáva percento vody, ktoré chýba rastline do jej úplného nasýtenia. Vzťah medzi celkovým obsahom vody v rastline a obsahom vody pri plnej turgescencii vyjadruje relatívny obsah vody (RWC v %), ktorý je doplnkom VSD na hodnotu úplného, maximálneho nasýtenia pletív. RWC na úrovni 90 % a menej znamená spravidla iniciovanie zatvárania prieduchov, iniciovanie akumulácie ABA v listoch, zníženie intenzity predlžovania buniek a rastu orgánov. Hodnoty 80 % a nižšie sú sprevádzané zmenami v štruktúre pletív, metabolickými zmenami, akumuláciou prolínu, prípadne ďalších osmoticky aktívnych látok, pričom hodnoty pod 70 % už predstavujú zásah do mechanizmu základných fyziologických procesov (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001).

Vodný deficit vedie k inhibícii rastu, akumulácii ABA (BLUM, JOHNSON, 1993; POPOVA et al., 2000), prolínu (KUZNETSOV, SHEVYAKOVA, 1999), manitolu a sorbitolu (ZHU et al., 1997), k tvorbe komponentov zachytávajúcich voľné radikály (NAVARI-IZO et al., 1993), k zatvoreniu prieduchov (TARDIEU et al., 1996) a k redukcii transpirácie, vodného potenciálu pletív (TARDIEU et al., 1996), fotosyntetickej aktivity, ako aj k syntéze nových proteínov (SCHINOZAKI et al., 1998).

Keď je vodný deficit dostatočne veľký, turgorový tlak klesá. Dôsledky redukcie veľkosti buniek na rast celistvých rastlín závisia do toho, v ktorom období ontogenézy a ako dlho sú rastliny limitované nedostatkom vody. Ak limitovanie vodou prichádza na začiatku rastového cyklu, znižuje sa listová plocha, listy sú menšie, čo má sekundárny vplyv na využitie prijatej vody a živín. Ak sa turgor znižuje počas vývinu kvetenstva, počet

kvetov sa redukuje a môže byť narušený reprodukčný potenciál so slabým efektom na biomasu rastlín. Ak je prísun vody limitovaný až počas dozrievania, kvetné orgány sa vyvíjajú normálne, ale napĺňanie semien môže byť inhibované, resp. prejaví sa zvýšená abscisia plodov (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001).

Znaky potenciálne využiteľné ako fyziologické kritéria pre toleranciu na sucho môžeme rozdeliť na niekoľko skupín, odvodených od realizovaného obranného mechanizmu. Prvou skupinou znakov sú rastové a fenologické ukazovatele. Na rozdiel od ostatných skupín znakov predstavujú mechanizmus úniku (escape) pred nepriaznivými podmienkami prostredia. Únik je veľmi významný v prostrediach, v ktorých sa vyskytuje deficit vody v neskorších etapách vegetačného obdobia (RICHARDS et al., 2001).

Vodný deficit má za následok inhibíciu rastu, akumuláciu kyseliny abscisovej, prolínu, manitolu a sorbitolu, formovanie komponentov, zachytávajúcich reaktívne formy kyslíka, zatvorenie prieduchov a redukciu rýchlosti transpirácie, pokles vodného potenciálu pletív, rýchlosti fotosyntézy a syntézy nových proteínov (YORDANOV, 2000).

Pomer medzi súčasným príjmom a výdajom vody vyjadruje **vodnú bilanciu rastliny**. Optimálna vodná bilancia nastáva v prípade, keď je rastlina optimálne nasýtená vodou. To býva vtedy, keď netrpí ani nedostatkom ani nadbytkom vody, a keď príjem a výdaj vody rastlinou sú maximálne. Po vyčerpaní fyziologicky dostupnej vody v pôde dochádza k dočasnému alebo i trvalému poklesu nasýtenia rastliny vodou, čo má pre ňu škodlivé dôsledky. Pri aktívnej vodnej bilancii dochádza k dosycovaniu rastliny vodou, pri negatívnej vodnej bilancii vzniká v rastline **vodný deficit**. Vodný deficit teda vzniká, keď sa naruší vodná bilancia (rovnováha) rastliny, t.j. keď rastlina viac vody vydáva ako prijíma (MASAROVICHOVÁ et al., 2002).

ZIMA et al. (2002) uvádza, že vodnú bilanciu môžeme určovať buď priamo z nameraných hodnôt príjmu vody a transpirácie, alebo nepriamo podľa hodnôt obsahu vody v rastline, alebo podľa vodného potenciálu rastliny, pretože záporná bilancia vždy vyvoláva zníženie turgoru a vodného potenciálu pletív. Vodný deficit sa najskôr prejavuje na listoch.

1.10.2 Vplyv sucha na fotosyntézu a aktivitu prieduchov

Pre lepšie hospodárenie rastlín s vodou v podmienkach sucha je esenciálne zatvorenie prieduchov efektívny mechanizmus, šetriaci vodu a spúšťajúci aj iné obranné mechanizmy v rastlinách. Táto adaptačná reakcia na druhej strane limituje príjem atmosferického CO₂

teda aj fotosyntetickú asimiláciu rastlín. V tejto súvislosti sa v ekofyziológii i produkčnej fyziológii využíva užitočný parameter, dávajúci do pomeru celkový fixovaný CO₂ (zisk) a vytranspirovanú vodu (strata), nazývaný efektívnosť využitia vody (WUE). Vo všeobecnosti prevláda názor, že znaky, ktoré podporujú vyššiu suchovzdornosť, majú len malý efekt na WUE v zmysle hodnotenej výslednej úrody (BRESTIČ et al., 2008).

Pri hodnotení vplyvu sucha na fotosyntézu okrem aktivity prieduchov, ktorej význam nemožno poprieť (tzv. somatický efekt), sa často diskutuje aj o tzv. nesomatickom efekte sucha na fotosyntézu. Nižšia citlivosť prieduchov na sucho je považovaná za faktor zvyšujúci úrody plodín v podmienkach deficitu vody. Čiastočne aj preto, že nízka prieduchová vodivosť vedie k zvýšenej teplote porastu a väčšiemu poklesu tlaku vodných pár v okolitej atmosfére (TURNER, 1997). Oveľa častejšie je však pozitívny vplyv vyššej difúznej vodivosti pripisovaný zachovaniu vyššej úrovne asimilácie CO₂ počas deficitu vody a s tým spojeným pozitívnym efektom na úrodu v podmienkach sucha (BLUM, 1996).

V počiatkových fázach, pri slabom až miernom vodnom strese je dominantná limitácia fotosyntézy určená zatvorením prieduchov. Následne, s inhibíciou metabolických procesov dochádza k poklesu obsahu RuBP, ktorý sa stáva hlavným limitujúcim faktorom pri silnom vodnom strese (FLEXAS, MEDRANO, 2002).

Efektívnym mechanizmom udržiavajúcim vodu v listoch je heterogenita v zatváraní prieduchov. Vyskytuje sa v prvej fáze dehydratácie, kedy umožňuje pokračovanie fotosyntetickej asimilácie až do štádia, keď dochádza k úplnému zatvoreniu prieduchov a pokles asimilácie CO₂ pod úroveň kompenzačného bodu (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001).

Reakcia prieduchov predstavuje jeden z najdôležitejších mechanizmov ochrany rastlín pred deficitom vody, súčasne je však bariérou pre narušenú asimiláciu CO₂ (TARDIEU a DAVIS, 1993).

Podľa MUNS et al. (2000) zatváranie prieduchov postupuje od žilnatiny smerom k okrajom listovej čepele, čo korešponduje so smerom distribúcie ABA.

Dehydratácia rastlín počas mierneho vodného stresu môže zastaviť fyziologické funkcie ako transpiráciu, fotosyntézu, ktoré sú väčšinou obmedzené inými funkciami citlivými na vodný deficit, v tomto prípade zatvorením prieduchov (PROCHÁZKA et al., 1998).

Uzatvorenie prieduchov, indukované vodným stresom spôsobí vyčerpanie intracelulárneho CO₂, čo vedie k akumulácii na energiu bohatých produktov elektrónového transportu, vytvorenie voľných radikálov, preturbácii svetlozberných komponentov a napokon k fotoinhibícii (JONES, 1985).

Hľadanie vhodných, spoľahlivých a použiteľných kritérií hodnotenia tolerancie na sucho je veľmi zložitý proces, ktorý si vyžaduje poznanie fyziologických, ale aj biochemických a genetických zákonitostí reakcie rastlín na vodný deficit. Prieduchy hrajú kľúčovú úlohu v aklimácii a adaptácii rastlín na ich prostredie. Intenzívne reagujú na početné impulzy z prostredia (intenzitu a kvalitu svetla, CO₂, O₂, teplotu, relatívnu vlhkosť vzduchu, pôdnu zásobenosť vodou) ako aj na vnútorné pomery v rastline. Zvýšená vodivosť prieduchov nie je len priamou výhodou pre fotosyntézu, ale znižuje teplotu porastu a predstavuje typ tolerancie k vysokým teplotám počas horúcich dní (FISCHER et al., 1998). S otvorenosťou prieduchov je úzko spätá aj transpirácia rastlín. Efektívnosť využitia vody pre fotosyntézu (WUE) daná pomerom fotosyntézy a transpirácie sa využíva ako kritérium pre hodnotenie suchovzdornosti genotypov. V podmienkach s nedostatkom vody je vysoká hodnota WUE nevyhnutná pre dosiahnutie vysokých úrod.

1.10.3 Osmotické prispôsobenie

Osmotické prispôsobenie – osmotická adjustácia, proces aktívnej akumulácie aktívnych látok v bunkovom roztoku vedúci k zníženiu osmotického potenciálu buniek (napr. koreňa) pod úroveň osmotického potenciálu prostredia (pôdneho roztoku) s cieľom osmoticky z neho prijať vodu a udržať v rastline turgor (OLŠOVSKÁ et al., 2008).

Dôležitou reakciou bunky na zníženie prístupnosti vody a vyvíjajúci sa vodný stres je akumulácia osmoticky aktívnych látok v cytoplazme i vakuole, ktoré umožňujú znížiť osmotický potenciál bunky, a tým osmoticky udržať v bunke vodu, ktorú už bunka má, ako aj extrahovať z pôdy dodatočnú vodu. Dôsledkom je veľmi potrebné udržanie turgoru buniek, rastu a produktivity rastlín. Ide o proces osmotickej adjustácie (OA), teda osmotického prispôsobenia (BRESTIČ et al., 2008).

Osmotickému prispôsobeniu sú pripisované rôzne funkcie. K jedným z najdôležitejších patrí zachovanie turgoru počas vodného deficitu, čo je potrebné pre otváranie prieduchov a teda fungovanie fotosyntetickej asimilácie CO₂, predlžovací rast a ďalšie fyziologické procesy (BLUM et al., 1999).

Osmotické prispôsobenie (adjustácia) je jedným z dôležitých mechanizmov rezistencie voči suchu. Osmotické prispôsobenie predstavuje znižovanie osmotického potenciálu v bunke akumuláciou molekúl rozpustných látok (MUNS, 1988).

Osmotické prispôsobenie v podmienkach sucha je geneticky podmienené a je genotypovou charakteristikou (ZHANG et al., 1999).

Osmotická adjustácia sa môže realizovať aj zmenami pomeru symplastickej a apoplastickej vody, alebo tiež simultánnym poklesom osmotického potenciálu a objemu symplastu (NILSEN, ORCUTT, 1996).

BRESTIČ et al. (2008) uvádza, že pre nové rastúce pletivá je osmotická úprava spolu so zvýšenou elasticitou bunkových stien najdôležitejším mechanizmom pre udržanie turgoru v podmienkach vodného stresu.

Dôležitým aspektom adaptácie rastlín na klesajúci vodný potenciál pôdy počas prehlbujúceho sa sucha je schopnosť buniek jednotlivých orgánov rastliny osmoticky sa prispôsobiť podmienkam zníženej dostupnosti vody (MORGAN, 1992).

Osmotické prispôsobenie sa tak pri mnohých poľných plodinách, považuje za efektívny mechanizmus tolerancie rastlín na suchu (BOHNERT, SHEN, 1999).

Vo všeobecnosti osmotická adjustácia prispieva k udržaniu turgoru nadzemnej a podzemnej časti, čo umožňuje udržať aktivitu fyziologických procesov závislých na turgore, ako sú rast, aktivita prieduchov a fotosyntéza, pri progresívnom znižovaní vodného potenciálu listov (MUNS, 1988).

K osmotickému prispôsobeniu dochádza procesom akumulácie anorganických iónov v symplaste, alebo akumuláciou látok organickej povahy (GAGE, RATHINASABAPATHI, 1999).

V procese osmotického prispôsobenia zohrávajú významnejšiu úlohu organické komponenty. Skupinu nízkomolekulárnych organických zlúčenín nazývame osmoticky aktívnymi látkami. Zahŕňa zlúčeniny, ako dobre rozpustné cukry (glukóza, fruktóza, sacharóza), niektoré voľné aminokyseliny (napr. prolín, glycín, asparagín), zlúčeniny odvodené od prekursorov aminokyselín, ako kvartérne amoniové soli (glycín betaín) (HANSON et al., 1994).

Počas dňa sú osmoticky adjustované bunky a pletivá schopné udržať turgor aj pri väčších výkyvoch vodného potenciálu. Je známe, že osmotická adjustácia (OA) tiež udržiava nielen intenzívnejší rast, ale aj vyššiu fotosyntetickú rýchlosť. OA sa pozitívne viaže na úrodu plodín. Pozitívny vzťah medzi OA a úrodou zrna v podmienkach sucha bol

potvrdený pre cirok, pšenicu cícer a pod.. V niektorých prípadoch však úroda zrna bola zvýšená aj bez príspevia OA. Pre mierny vodný stres alebo krátko trvajúce sucho je OA veľmi účinný mechanizmus udržiavania turgoru a rastu, ak však sucho pôsobí príliš dlho, alebo je veľmi intenzívne, OA nemusí postačovať (BRESTIČ et al., 2008).

1.10.4 Akumulácia prolínu

Akumulácia prolínu je reakciou rastlín na vodný deficit, aj keď niektoré druhy reagujú syntézou iných metabolitov, predovšetkým cukrov, betaínu zložitejších alkoholov. Schopnosť akumulovať tieto skupiny komponentov je viac – menej druhovo špecifická. Dominantná organická molekula akumulovaná v mnohých organizmoch, vrátane vyšších rastlín, eubaktérií, morských rias ako odpoveď na environmentálne stresy ako je sucho, zasolenosť, vysoké teploty, mráz UV žiarenie a iné. Počas osmotického stresu slúži prolín ako mediátor osmotickej adjustácie, ako stabilizér subcelulárnych štruktúr, zberač voľných radikálov ako signál o strese. Mnoho výskumov poukázalo na pozitívnu koreláciu medzi akumuláciou prolínu a osmotoleranciou rastlín, že stúpajúca hladina prolínu je výsledkom stresu (TOKIHIKO et al., 1999).

Prolín slúži aj ako alternatívny elektrónový donor pre fotosystém II (PS II) ak dôjde k inhibícii alebo disociácii komplexu uvoľňujúceho kyslík (OEC) vplyvom vysokých teplôt alebo iných stresových faktorov. Táto zvýšená akumulácia prolínu prispieva k ochrane pred fotoinhibíciou a vylepšuje aj energetický stav rastlinných buniek pri ich regenerácii po uplynutí stresu (DE RONDE et al., 2004).

HARE et al. (1998) uvádza, že syntéza prolínu a glycín-betaínu pôsobí ako pufor pre bunkový redoxný potenciál.

Obsah voľného prolínu v cytoplazme je nedostatočný pre dosiahnutie biofyzikálnych efektov, ako je sprostredkovanie osmotického prispôsobenia, zachytávanie voľných radikálov a stabilizácia subcelulárnych štruktúr. V poslednom období sa však objavili práce, ktoré popisujú úlohy prolínu priamo v redoxnom systéme počas vodného stresu (HARE a CRESS, 1997).

Podľa HAMILTONA a HECKATHORNA (2000) prolín môže regulovať aktivitu rastlinných génov. Je významným komponentom, ktorý udržiava pH bunky a tiež reguluje redoxný potenciál bunky. Prolín je tiež významným zdrojom dostupnej energie a redukčných ekvivalentov.

K funkciám aminokyselín a aj prolínu patrí detoxikácia ťažkých kovov (RAI, 2002).

Hlavná úloha prolínu je udržanie turgoru cytoplazmy. Prolín priamo alebo nepriamo vzájomne reaguje s jednotlivými intracelulárnymi makromolekulami a napomáha tak počas podmienok nízkeho vodného potenciálu udržať ich natívnu konformáciu. Táto vlastnosť je spôsobená vysokou rozpustnosťou molekuly prolínu vo vode (BLUM et al., 1999).

KOCSY et al. (2005) uvádza, že syntéza prolínu je prepojená s aktivitou antioxidantných enzýmov. Obsah prolínu priamo ovplyvňuje obsah glutationu, keďže majú spoločný prekurzor, glutamát.

2 CIEĽ

Cieľom diplomovej práce na tému „Adaptabilita strukovín v podmienkach sucha“ bolo sledovanie a porovnávanie fyziologických parametrov zahraničných genetických zdrojov cícera baranieho (*Cicer arietinum* L.) Punjab 91 (Sýria, typ odrody „desi“), 88194 (Turecko, typ odrody „kabuli“) a hrachu siateho (*Pisum sativum* L.) Novozélandský a Debrecényi Galamb vystavených vodnému stresu v období kvitnutia. Posúdiť a dokumentovať vyššiu schopnosť osmotickej adjustácie u rastlín cícera baranieho a hrachu siateho v období postupnej dehydratácie v pokusnom období 2006.

Zároveň spracovať najnovšie poznatky o nepriaznivých faktoroch prostredia, (stresoroch) vplývajúcich na fyziologické procesy rastlín.

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Biologický materiál

Na realizáciu pokusných zámerov boli použité dva zahraničné genetické zdroje cícera baranieho *Cicer arietinum* L.: (Punjab 91 a 88194), osivo zabezpečila Génová banka Výskumného ústavu rastlinnej výroby v Piešťanoch a dva genetické zdroje hrachu siateho *Pisum sativum* L.: (Novozélandský a Debrecényi Galamb). Zahraničné odrody Novozélandský (vysokého vzrastu) a Debrecényi Galamb (nízkeho vzrastu) patria medzi listové odrody.

3.2 Založenie pokusu

V nádobových pokusoch Katedry fyziológie rastlín SPU v Nitre bol v roku 2006 sledovaný vplyv vodného stresu počas fenofázy kvitnutia na osmotický potenciál, relatívny obsah vody v listoch a obsah voľného prolínu v listoch cícera a hrachu zastúpeného zahraničnými genetickými zdrojmi cícera baranieho (Punjab 91 a 88194) a hrachu siateho (Novozélandský a Debrecényi Galamb).

Výsev hrachu bol realizovaný v prvej polovici apríla do pôdy s pH 6,89 po 6 nádob s objemom 10 l. Rastliny boli pestované v prirodzených klimatických podmienkach. Výsev naklíčených semien cícera sa uskutočnil dňa 21. apríla 2006 po 6 nádob s objemom 10 l po 9 ks semien na nádobu. V nádobách vystavených v teréne bola zabezpečená optimálna výživa a vodný režim v prirodzených klimatických podmienkach s pH pôdy 6,47. Počas fenofázy kvitnutia, ako kritického obdobia v požiadavkách na vodu bol u 50 % rastlín indukovaný vodný stres zamedzením závlahy a zabránením prístupu vodných zrážok (zakrytie priehľadnou fóliou). Zvyšných 50 % rastlín bolo kontrolných a zalievaných počas celého trvania pokusu. Na konci dehydratácie boli obidva genotypy (cícera a hrachu), ktoré boli predtým vystavené vodnému stresu opätovne zalievané vodou, podobne ako kontrolné varianty. Zber semien hrachu z rastlín, ktoré boli vystavené postupnej dehydratácii v našom pokuse sa uskutočnil dňa 12. júla 2006, zber semien cícera bol realizovaný dňa 8. augusta 2006. Na stresovaných aj kontrolných rastlinách (v najmladších plne vyvinutých dospelých listoch) boli sledované nasledovné parametre: osmotický potenciál, relatívny obsah vody v listoch a obsah voľného prolínu v listoch. Osmotický potenciál (Ψ_s) bol stanovený psychrometrickou metódou mikrovoltmetrom Wescor HR 33. Relatívny obsah

vody (RWC) v % bol stanovený gravimetricky a obsah voľného prolínu v listoch refraktometricky metódou podľa BATES et al., (1973).

3.3 Metódy merania parametrov vodného režimu

Pri štúdiu fyziologických aspektov tolerancie rastlín na environmentálne stresy sa v súčasnosti využíva široké spektrum metód.

3.3.1 Meranie difúznej vodivosti prieduchov [g_c , $mmol.m^{-2}.s^{-1}$]

V období dehydratácie sa v určitých časových intervaloch merala difúzna vodivosť (g_c) vrchných listov porometrom Delta-T-Devices (CAMBRIDGE, ENGLAND) – tzv. konduktancia prieduchov, ktorej hodnoty korelujú s otvorenosťou prieduchov.

3.3.2 Relatívny obsah vody v liste [RWC, %]

Počas postupnej dehydratácie bol sledovaný aj parameter, ktorý nám udáva vzťah medzi obsahom vody v orgáne rastliny a obsahom vody v plnej turgescencii t.j. relatívny obsah vody - RWC v % (BARRS, WEATHERLEY, 1962). Segment listu sa nechal saturovať destilovanou vodou 4 hodiny pri teplote 4 °C. Po saturácii sa vzorka vysušala 12 hodín pri teplote 100 °C na určenie hmotnosti sušiny.

Stav vody v listoch sa zisťoval gravimetricky z čerstvej, saturovanej a suchej hmotnosti segmentov listov a vypočítal sa podľa vzťahu:

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} * 100 [\%],$$

kde FW je hmotnosť čerstvej vzorky v [g],

DW – hmotnosť sušiny v [g],

SW – hmotnosť vzorky po nasýtení (saturovaná hmotnosť) v [g].

3.3.3 Osmotický potenciál [Ψ_s , MPa]

Na meranie osmotického potenciálu (Ψ_s , MPa) sme využili psychrometrickú metódu (WESCOR, LOGAN, UTAH, USA). Pre stanovenie Ψ_s pletiva listu sa z mediálnej časti listu odobral terčik s priemerom 5 mm, ktorý sa vložil do alobalu a ponechal sa v tekutom

dusíku až do merania osmotického potenciálu. Pred samotným vložení vzorky do psychrometrickej komôrky sa nechal 15 sekúnd rozmraziť pri teplote okolitého prostredia.

3.3.4 Stanovenie obsahu voľného prolínu [$\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ČH]

Paralelne s obsahom vody bol meraný obsah voľného prolínu, ktorý bol stanovený v pletive listu podľa metódy BATES et al. (1973) vyjadrený v $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ČH. Približne 0,5 g ČH listu sa homogenizuje v trecej miske s kyselinou sulfosalicylovou. K filtrátu sa pridá kyselina ninhydrínová a ľadová kyselina octová. Roztok sa inkubuje vo vodnom kúpeli pri 100 °C 1 hodinu. Po uplynutí 1 hodiny sa reakčná zmes ochladí v ľadovom kúpeli, pridá sa toluén a premiešava sa 15 – 20 sekúnd. Intenzita zafarbenia sa meria spektrofotometricky pri 520 nm oproti čistému toluénu. Koncentrácia prolínu sa určí z kalibračnej krivky (robená z L – prolínom s koncentráciou 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$).

Obsah voľného prolínu sa následne vypočítal podľa vzťahu:

$$\text{Pro} = \frac{A * B * 5}{115,5 * C} \quad [\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ČH}],$$

kde A je obsah prolínu odčítaný z kalibračnej krivky [$\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ČH],

B sú použité ml toluénu,

C je navážka vzorky v [g].

4 VÝSLEDKY PRÁCE

Pokus rastlín hrachu siateho bol založený v prvej polovici apríla v roku 2006 (10.4.2006) výsevom semien dvoch zahraničných genetických zdrojov (Novozélandský a Debrecényi Galamb) po 6 nádob na genetický zdroj s objemom 10 l s pH pôdy 6,89. Po vzídení boli rastliny v každej nádobe vyjednotené do 3 riadkov po 3 rastliny. Rastliny boli pestované v prirodzených klimatických podmienkach (obrázok 4), (obrázok 5).

Dňa 21. apríla 2006 bol založený pokus, kedy bol realizovaný výsev naklíčených semien rastlín cícera baranieho do substrátu s pH 6,47 po 6 plastových nádob na genetický zdroj, nádoby boli umiestnené do vonkajších podmienok. Po vzídení boli rastliny v každej nádobe vyjednotené do 3 riadkov po 3 rastliny, t.j. 9 rastlín v jednej nádobe. V prirodzených klimatických podmienkach boli pestované rastliny cícera baranieho (obrázok 2).

Kritickým obdobím v požiadavkách na vodu pre strukoviny je začiatok tvorby kvetov (ŠINSKÝ, 1985). Preto sme v tomto období vystavili genotypy hrachu a cíceru postupnej dehydratácii, pričom sme 50 % rastlín hrachu a cícera ponechali ako kontrolné varianty (obrázok 3).

Počas vodného stresu u rastlín cícera baranieho a hrachu siateho sme sledovali niektoré parametre vodného režimu:

- difúzna vodivosť – zatváranie prieduchov (g_c , $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),
- relatívny obsah vody (RWC, %),
- osmotický potenciál (Ψ_s , MPa),
- obsah voľného prolínu ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ČH).

4.1 Difúzna vodivosť g_c [$\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]

Difúzna vodivosť plne vyvinutých najmladších dospelých listov hrachu siateho sa merala v pravidelných intervaloch porometrom Delta – T – Devices. Z nameraných hodnôt vyplýva, že najrýchlejšie reagovala na vodný stres a k úplnému zatvoreniu prieduchov listov došlo na siedmy deň dehydratácie u genotypu Novozélandský, čo svedčí o lepšej adaptácii na nedostatok vody, kým u genotypu Debrecényi Galamb k zatvoreniu prieduchov došlo až na 10. deň po navodení vodného stresu.

Difúzna vodivosť listov cícera baranieho sa merala v pravidelných intervaloch na vrchnej - adaxiálnej strane listu a spodnej - abaxiálnej strane listu porometrom

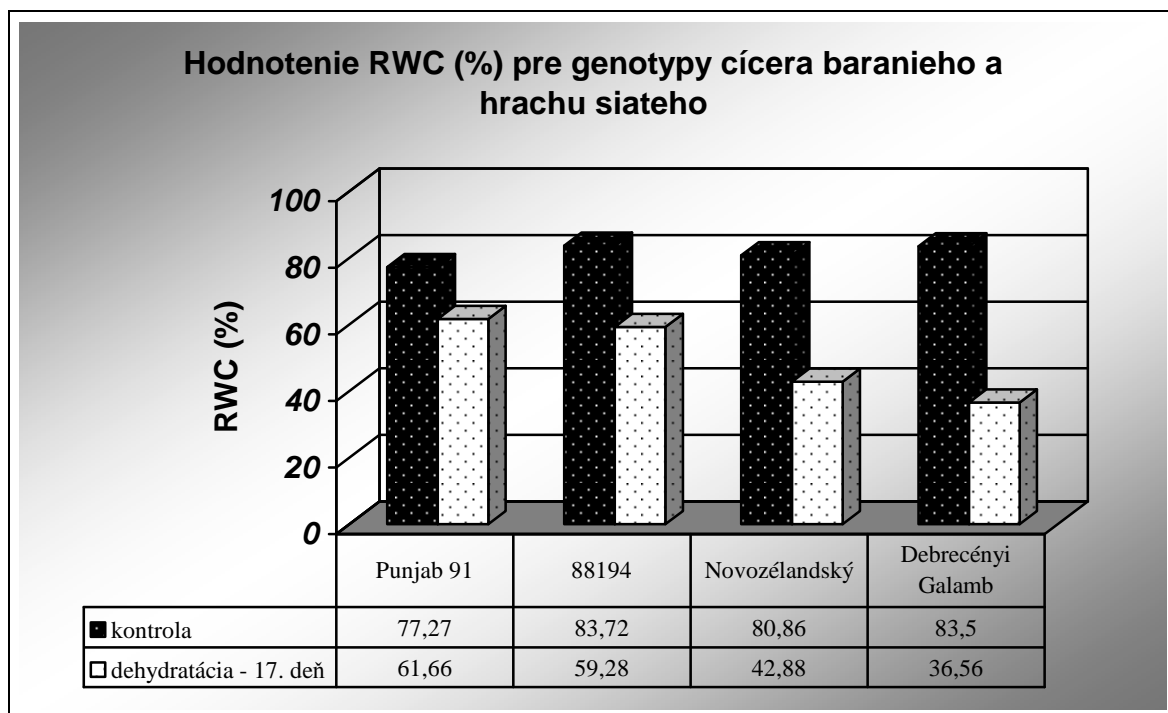
Delta-T-Devices. Počas meraní difúznej vodivosti listu cícera bolo meranie 2 x ovplyvnené zmenou klímy (dážď), meranie sa nevykonalo a táto skutočnosť sa zaznamenala. Zistili sme, že úplné zatvorenie prieduchov nastalo na desiaty deň dehydratácie u cícera baranieho genotypov Punjab 91 a 88194.

4.2 Relatívny obsah vody RWC [%]

V období postupnej dehydratácii sme zaznamenali výrazné zníženie hodnôt RWC pri všetkých genotypoch rastlín hrachu siateho a cícera baranieho. Nakoľko genotypová rozdielnosť bola zrejماً už pri porovnávaní hodnôt RWC, pretože pri hrachu siatom genotype Debrecényi Galamb bol na 17. deň dehydratácie zaznamenaný najvýraznejší pokles RWC (36,56 %) v porovnaní s kontrolou (83,50 %) a pri genotype Novozélandský na 17. deň dehydratácie (42,88 %) v porovnaní s kontrolou (80,86 %).

Sledované genotypy rastlín cícera baranieho (Punjab 91 a 88194) zaznamenali podobný trend poklesu hodnôt RWC, pričom nižšia hodnota RWC sa zaznamenala u genotypu 88194 (59,28 %) na 17. deň dehydratácie v porovnaní s kontrolou. Najnižší pokles spomenutého ukazovateľa (RWC) počas vodného stresu na 17. deň dehydratácie bol zaznamenaný pri genotype Punjab 91 (61,66 %) (obrázok 1).

Obrázok 1 Hodnotenie RWC [%] pre genotypy cícera baranieho a hrachu siateho



4.3 Osmotický potenciál Ψ_s (MPa) a obsah voľného prolínu ($\mu\text{mol.g}^{-1}\check{\text{C}}\text{H}$)

V období postupnej dehydratácii sme sledovali hodnoty osmotického potenciálu a hodnoty obsahu voľného prolínu, pričom sme zaznamenali zvýšenie obsahu voľného prolínu a zníženie osmotického potenciálu. Nižšie hodnoty obsahu voľného prolínu ($\mu\text{mol.g}^{-1}\check{\text{C}}\text{H}$) sme počas 17 – dňovej dehydratácie zaznamenali pri hrachu siatom genotype (Novozélandský a Debrecényi Galamb), ako pri genotypoch rastlín cícera baranieho (Punjab 91 a 88194). Taktiež sme sledovali zníženie hodnôt osmotického potenciálu pri všetkých genotypoch do konca dehydratácie. U hrachu genotypu Novozélandský bol na 17. deň dehydratácie (na konci dehydratácie) zaznamenaný pokles osmotického potenciálu na hodnotu (- 2,40 MPa) a zvýšenie obsahu voľného prolínu v listoch na hodnotu ($10,51 \mu\text{mol.g}^{-1}\check{\text{C}}\text{H}$ na 100 % RWC), ktorá je dôkazom osmotickej adjustácie rastlín (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Ukazovatele vodného režimu na 17. deň dehydratácie

Cícer baraní genotyp		RWC (%)	Ψ_s (MPa)	Obsah voľného prolínu ($\mu\text{mol.g}^{-1}\check{\text{C}}\text{H}$) (prepočet na 100 % RWC)
17. deň dehydratácie				
Punjab 91	K	77,27	-1,6	3,8
	S	61,66	-4,4	50,1
88194	K	83,72	-1,4	1,6
	S	59,28	-3,7	46,9
Hrach siaty genotyp		RWC (%)	Ψ_s (MPa)	Obsah voľného prolínu ($\mu\text{mol.g}^{-1}\check{\text{C}}\text{H}$) (prepočet na 100 % RWC)
17. deň dehydratácie				
Novozélandský	K	80,86	-2,13	9,97
	S	42,88	-2,40	10,51
Debrecényi Galamb	K	83,50	-1,64	5,72
	S	36,56	-2,47	20,34

V období začiatku tvorby kvetov sme 50 % rastlín cíceru a hrachu vystavili postupnej dehydratácii, ktoré trvalo v našom experimente 17 dní, kedy sme zaznamenali výrazné zníženie hodnôt RWC pri všetkých štyroch genotypoch. Nakoľko genotypová rozdielnosť bola zrejma už pri porovnávaní hodnôt RWC, pretože pri genotype hrachu (Debrecényi

Galamb) bol zaznamenaný najvýraznejší pokles RWC t.j. (36,56 %) už na 17. deň dehydratácie v porovnaní s kontrolným variantom (83,50 %) a pri genotype hrachu Novozélandský (42,88 %) na 17. deň dehydratácie v porovnaní s kontrolným variantom. Pri sledovaných genotypoch sme zaznamenali výraznejšie zníženie RWC pod 70 % pri hrachu siatom genotypu (Novozélandský), kedy pokles hodnoty RWC pod 70 % bol zaznamenaný na 11. deň dehydratácie a u genotypu hrachu (Debrecényi Galamb) na 12. deň dehydratácie. Pokles hodnoty RWC pod 70 % bol zaznamenaný na 17. deň dehydratácie u rastlín cíceru baranieho genotypov (Punjab 91 a 88194) pričom tento pokles už podľa niektorých autorov predstavuje často významný zásah do metabolizmu fyziologických procesov. Naše experimenty toto tvrdenie potvrdzujú. Rastliny cíceru reagovali na vodný stres výraznejšie počas 17 – dňovej dehydratácie, pričom sa u genotypu (88194) hodnoty RWC znížili na (59,28 %) v porovnaní s kontrolným variantom (83,72 %). Počas tohto obdobia najmenší pokles spomenutého ukazovateľa (RWC) sme zaznamenali pri genotype cíceru (Punjab 91) t.j. (61,66 %) na 17. deň dehydratácie. V období postupnej dehydratácii sme sledovali hodnoty osmotického potenciálu a hodnoty obsahu voľného prolínu, pričom sme zaznamenali zvýšenie obsahu voľného prolínu a zníženie osmotického potenciálu. Výrazné zvýšenie hodnoty obsahu voľného prolínu ($\mu\text{mol.g}^{-1}\text{ČH}$) sme zaznamenali pri dvoch genotypoch cíceru (Punjab 91 a 88194) na 17. deň dehydratácie. Taktiež sme sledovali zníženie hodnôt osmotického potenciálu pri všetkých genotypoch do konca dehydratácie. Pri meraniach difúznej vodivosti porometrom Delta – T – Devices sme zistili, že genotyp hrachu (Novozélandský) najrýchlejšie reagoval na vodný stres a zatvoreniu prieduchov nastalo na siedmy deň dehydratácie. Pri ďalších genotypoch bol zaznamenaný výrazný pokles difúznej vodivosti na desiaty deň vodného stresu. Na základe sledovaných parametrov bola najvyššia schopnosť osmotickej adjustácie zaznamenaná u genotypu cíceru baranieho Punjab 91 (ani na 17. deň dehydratácie nenastal výraznejší pokles hodnôt RWC 61,66 %).

Z nášho experimentu na základe sledovaných fyziologických parametrov vodného režimu vyplynulo zistenie, že rastliny cíceru baranieho v rámci sledovaných genotypov (Punjab 91 a 88194) boli tolerantnejšie voči deficitu vody (suchu), a preto možno konštatovať, že boli suchovzdornejšie v porovnaní so sledovanými genotypmi hrachu sateho (Novozélandský a Debrecényi Galamb), čo korešponduje so zisteniami viacerých autorov.

5 DISKUSIA

Z centier pôvodu boli domestikované druhy distribuované do ostatných častí sveta, kde sa museli adaptovať na nové prostredie. Rozširovanie plodín z miest domestikácie do miest ich adaptácie viedol k odhaleniu rozdielov v ich adaptačnom potenciáli na nové podmienky. Niektoré plodiny sa prispôbili širokému rozpätiu podmienok a skoro sa stali nosnými pestovanými plodinami, zatiaľ čo plodiny s nižším adaptačným potenciálom zostali viacmenej endemické (viazané na pôvodné prostredie), alebo boli v ďalšej evolúcii úplne potlačené (BRESTIČ et al., 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 urýchľuje šľachtiteľský proces (REYNOLDS et al., 2001).

Aj v posledných rokoch vystupujú do popredia otázky premenlivosti podmienok prostredia, a ekologickej zraniteľnosti rastlín, ktoré môžu byť zdrojom zmien ich produkčnej výkonnosti. Premennivosť podmienok prostredia sa dáva do súvislosti s tzv. globálnymi klimatickými zmenami. Odborné témy, ktoré sa spájajú s týmto problémom poukazujú na alternatívy, ktoré prinesie zmena klímy v budúcich desaťročiach. Dnes nie sú predmetom každodenného záujmu. Ale v budúcnosti sa veľmi pravdepodobne stanú realitou (BRESTIČ et al., 2008).

V priebehu 20. storočia sa u nás oteplilo o 1,1 ° C. Úhrny zrážok sa v sledovanom období znížili o 5,6 %, na juhu až o 10 % a klesla aj relatívna vlhkosť vzduchu v priemere o 5 % (MŽP SR, 2007).

Dôležitú úlohu zohráva fenológia, ktorá sa vzťahuje k úniku vodnému stresu posunutím fenofáz s vysokými nárokmi na vodu do obdobia keď ešte voda nie je limitujúcim faktorom (SLAFER et al., 2005).

Vodný stres (presnejšie stres zo sucha) sa stáva prvoradým abiotickým stresovým faktorom, ktorý obmedzuje rast a produktivitu na zemi (MASAROVÍČOVÁ et al., 2002).

Dlhodobo pretrvávajúci vodný deficit môže mať nepriaznivý vplyv na zber plodín a viesť dokonca k starnutiu rastlín (SIDDIQUE, 2004).

Sucho a vysoká teplota sa s meniacou klímou stávajú čoraz väčšou hrozbou aj pre oblasti, kde sa doteraz objavoval ich škodlivý význam iba sporadicky. Dosiahnutie zvýšenej tolerancie na sucho pri zachovaní vysokých úrod je zložité a jednou z možností sa ukazuje využitie vhodných fyziologických kritérií a techník v šľachtení rastlín (REYNOLDS et al., 2001).

V prirodzených podmienkach sú rastliny vystavené viacerým stresovým faktorom súčasne, pričom spolu so suchom nastupuje aj žiarenie a vysoká teplota. Kombinácia silného žiarenia (prípadne aj teploty) s obmedzením prístupu CO₂ do chloroplastu, predurčuje zníženie fotosyntézy rastlín a priebeh fotoinhibície (HORTON et al., 1994).

Keď začína pôsobiť vodný deficit, prieduchová vodivosť listov obyčajne klesá rýchlejšie než asimilácia uhlíka, čo vedie k vyššej efektívnosti využitia vody (CHAVESA et al., 2002).

V počiatočných fázach, pri slabom a miernom vodnom strese je dominantná limitácia fotosyntézy určená zatvorením prieduchov. Následne s inhibíciou metabolických procesov dochádza k poklesu obsahu RuBP, ktorý sa stáva hlavným limitujúcim faktorom pri silnom vodnom strese (FLEXAS a MEDRANO, 2002).

Rozhodujúce množstvo vody v pôde sa ale odčerpá rastlinami ešte pred nástupom zmien vyvolaných deficitom vody (SERAJ a SINCLAIR, 2002), preto je dôležité, aby genotypy dosahovali vyššie hodnoty WUE aj v podmienkach, keď ešte nie sú limitované nedostatkom vody.

Základným parametrom popisujúcim stav vody v rastline patrí relatívny obsah vody v liste (RWC v %), ktorý vyjadruje vzťah medzi celkovým obsahom vody v rastline a obsahom vody pri plnej turgescencii. Relatívny obsah vody v liste na úrovni 90 % a menej znamená iniciovanie zatvárania prieduchov, pokles RWC pod 80 % znamená iniciovanie metabolických mechanizmov (osmotické prispôsobenie) a pokles RWC pod 70 % často už predstavuje významný zásah do metabolizmu základných fyziologických procesov (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001). Aj náš experiment potvrdzuje toto tvrdenie. V našom experimente výraznejší pokles hodnoty RWC pod 70 % nastal v prípade dvoch genetických zdrojov rastlín hrachu siateho (Novozélandský na 11. deň dehydratácie a Debrecényi Galamb na 12. deň dehydratácie). Zahraničné genetické zdroje cícera baranieho (Punjab 91 a 88194) si na 17. deň dehydratácie v sledovanom parametri zachovali vyššie hodnoty.

PATAKAS, NOITSAKIS (1999) uvádzajú, že u stresovaných rastlín vlastné zníženie osmotického potenciálu umožňuje vysloviť predpoklad, že osmotická úprava je významným mechanizmom tolerancie na sucho. Podobný trend vyplynul z nášho experimentu, nakoľko u rastlín vystavených vodnému stresu hodnota osmotického potenciálu (Ψ_s) pozvoľne klesala ako dôsledok osmotickej adjustácie.

Osmotické prispôsobenie (adjustácia) je jedným z dôležitých mechanizmov rezistencie voči suchu. Osmotické prispôsobenie predstavuje znižovanie osmotického potenciálu v bunke akumuláciou molekúl rozpustných látok (MUNNS, 1988).

Jednou z významných funkcií osmotického prispôsobenia však môže byť ochrana koreňových špičiek a ich rast pri znižovaní obsahu vody v pôde, čím sa korene dostávajú hlbšie do pôdy a zvyšuje sa tak dostupnosť pôdnej vody (SINCLAIR a MUCHOV, 2001).

Osmotická adjustácia je jedným z najvýznamnejších adaptačných mechanizmov počas pôsobenia stresu zo sucha (CUSHMAN, 2001).

Počas nedostatku vody sa kyselina abscisová (ABA) v kutikule neakumuluje, a kutikula neslúži ako súčasť signálnej cesty pre pôsobenie kyseliny abscisovej (KERSTIENS et al., 2006).

Zvýšená akumulácia prolínu prispieva k ochrane pred fotoinhibíciou a vylepšuje aj energetický stav rastlinných buniek pri ich regenerácii po uplynutí stresu (DE RONDE et al., 2004). Najvýraznejšia akumulácia voľného prolínu v našom experimente bola zaznamenaná pri genetických zdrojov rastlín cícera baranieho (Punjab 91 a 88194).

Efektívnym mechanizmom udržiavajúcim vodu v listoch je heterogenita v zatváraní prieduchov. Vyskytuje sa v prvej fáze dehydratácie, kedy umožňuje pokračovanie fotosyntetickej asimilácie až do štádia, keď dochádza k úplnému zatvoreniu prieduchov a pokles asimilácie CO_2 pred úrovnou kompenzačného bodu (BRESTIČ a OLŠOVSKÁ, 2001).

6 NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

Environmentálne stresové situácie sú dôležitými faktormi limitujúcimi distribúciu rastlín a ich produktivitu. Rastliny sú do určitej miery schopné tolerovať účinok jednotlivých environmentálnych faktorov prostredníctvom prispôsobenia svojich metabolických procesov.

Rastlinný organizmus je počas ontogenézy vystavený pôsobeniu rozličných podmienok prostredia, či už endogénneho, alebo exogénneho pôvodu. Exogénne faktory ako teplota, svetlo, sucho vplyvajú na rastlinu buď pozitívne alebo negatívne. Každá zmena podmienok presahujúca prahové hodnoty vyvoláva v rastlinnom organizme zmenu vnútornej rovnováhy, ktorá môže viesť k stresu, a tým dochádza k rôznym metabolickým a fyziologickým zmenám. Asi najvýznamnejším environmentálnym abiotickým stresom je deficit vody. V prostredí s nedostatkom zrážok býva často doprevádzaný vysokými teplotami.

Keďže adaptácie rastlín na sucho predstavujú komplexnú vlastnosť celého organizmu, charakterizovanú súborom menšieho alebo väčšieho počtu znakov podmienených viacerými génmi a ich realizácia bude závisieť aj od ontogenetického stavu rastlín, môže byť významné hľadať také interakcie stresového faktora a reakcií rastlín, ktoré umožnia expeditívne testovať odrody už v skorých rastových fázach.

S klimatickou zmenou spojené otepľovanie, zvyšovanie koncentrácie CO₂ a znižovanie úhrnu zrážok determinuje kapacitu biosféry pre produkciu rastlinnej biomasy. Jej výsledný efekt na poľnohospodársku produkciu bude závisieť najmä od vyrovnanosti pôsobenia týchto faktorov v konkrétnych pestovateľských podmienkach.

Výsledky našich pokusov odporúčame overiť v podobných pokusoch pri väčšom počte opakovaní v nasledujúcich rokoch s následným sledovaním klimatických zmien počas vegetácie v prirodzených podmienkach. Zároveň odporúčame porovnať zahraničné genotypy s domácimi genotypmi.

Zistené výsledky diplomovej práce predstavujú príspevok pre objasnenie vzťahu fyziologických parametrov a tolerancie rastlín na environmentálne stresy. Výsledky analýz môžu byť použité pre návrh selekčných kritérií genotypov hrachu, cícera v podmienkach klimatickej zmeny. Ďalej výsledky práce sú využiteľné pri výbere genetických zdrojov. V šľachtiteľských procesoch by mohli napomôcť pri tvorbe kvalitných genetických zdrojov pre zabezpečenie optimálnej produkcie v prirodzených podmienkach prostredia, ktoré je ovplyvnené pôsobením vysokých teplôt a dostupnosťou vody.

7 ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo sledovanie a porovnávanie vyššej schopnosti osmotickej adjustácie u vybraných druhov strukovín. V rámci experimentu boli použité zahraničné genetické zdroje cícera baranieho (Punjab 91 Sýria, typ odrody „desi“) a (88194 Turecko, typ odrody „kabuli“) a hrachu siateho (Novozélandský a Debrecényi Galamb). Rastliny boli pestované v prirodzených klimatických podmienkach.

Kritickým obdobím v požiadavkách na vodu pre strukoviny je začiatok tvorby kvetov. Preto sme v tomto období vystavili genotypy hrachu a cíceru postupnej dehydratácii, pričom sme 50 % rastlín hrachu a cíceru ponechali ako kontrolné varianty. Počas vodného stresu u rastlín cícera baranieho (*Cicer arietinum* L.) a hrachu siateho (*Pisum sativum* L.) sme sledovali niektoré parametre vodného režimu: difúzna vodivosť – zatváranie prieduchov (g_c , $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), relatívny obsah vody (RWC, %), osmotický potenciál (Ψ_s , MPa), obsah voľného prolínu ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ČH). Sledované genetické zdroje cícera (Punjab 91 a 88194) a hrachu (Novozélandský a Debrecényi Galamb) reagovali na vodný deficit rozdielne.

Pri meraniach difúznej vodivosti porometrom Delta – T – Devices sme zaznamenali, že genotyp hrachu (Novozélandský) najcitlivejšie reagoval na vodný stres a k zatvoreniu prieduchov došlo na siedmy deň dehydratácie. Pri ďalších genotypoch nastal výrazný pokles difúznej vodivosti na desiaty deň vodného stresu.

Aj pri porovnávaní hodnôt relatívneho obsahu vody (RWC) sme zaznamenali genotypové rozdiely. Výraznejší pokles hodnôt RWC bol zaznamenaný u rastlín hrachu siateho sledovaných genotypov (Debrecényi Galamb a Novozélandský) na konci dehydratácie (17. deň dehydratácie), pričom vyššie hodnoty v sledovanom parametri si na 17. deň dehydratácie zachovali genotypy cícera baranieho Punjab 91 a 88194.

Genetické zdroje ovplyvnené nedostatkom vody, mali na konci obdobia dehydratácie zvýšený obsah voľného prolínu a znížený obsah osmotického potenciálu, ktorá je dôkazom osmotickej adjustácie rastlín. Najnižšia schopnosť osmotickej adjustácie na základe sledovaných parametrov vodného režimu bola zaznamenaná u hrachu siateho (Novozélandský), nakoľko tento genotyp sa na konci dehydratácie (17. deň dehydratácie)

vyznačoval poklesom osmotického potenciálu (- 2,40 MPa), pričom akumulácia voľného prolínu v listoch ($10,51 \mu\text{mol.g}^{-1}\text{ČH}$ na 100 % RWC) bola najnižšia.

Na základe zistených parametrov bola najvyššia schopnosť osmotickej adjustácie zaznamenaná u genotypu cícera baranieho Punjab 91 (ani na 17. deň dehydratácie nenastal výraznejší pokles hodnôt RWC t.j. 61,66 %).

Z nášho experimentu na základe sledovaných fyziologických parametrov vodného režimu vyplynulo zistenie, že rastliny cícera baranieho v rámci sledovaných genotypov (Punjab 91 a 88194) boli tolerantnejšie voči deficitu vody (suchu), preto možno konštatovať, že boli suchovzdornejšie v porovnaní so sledovanými genotypmi hrachu siateho (Novozélandský a Debrecényi Galamb), čo korešponduje so zisteniami viacerých autorov.

8 Použitá literatúra

ANTALÍKOVÁ, G. - UŽÍK, M. - HAUPTVOGEL, P. - BENKOVÁ, M. 2003. Charakteristika kolekcie cícera baranieho (*Cicer arietinum* L.) v našich podmienkach. In *Hodnotenie genetických zdrojov rastlín: Zborník z 3. odborného seminára 27.- 28. mája 2003* / Ed. D. Benediková. - Piešťany : VÚRV, 2003, s.127-130.

ARAUS, J. L. – SLAFER, G. A. – REYNOLDS, M. P. – ROYO, C. 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? In *Annals of Botany*, vol. 89, 2002, p. 925 – 940.

BARRS, H. D. – WEATHERLEY, P. E. 1962. A re – examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 519-570.

BATES, L. S. – WALDREN, R. P. – TEARE, J. D. 1973. Rapid determination of proline for water stress studies. In *Plant and Soil*, roč. 39, 1973, s.205-207.

BELUSKÝ, J. 2004. Pestovanie malotonážnych strukovín. In *Naše pole*, roč. 41, 2004, č. 3, s. 44.

BLUM, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In *Belhassen, E.: Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis*. Kluwer Academic Publishers, 1996, p. 57 – 70. ISBN 0-7923-4123-6.

BLUM, A. – JOHNSON, J. W. 1993. Whwat cultivars respond differently to a drying top soil and a possible non-hydraulic root signal. In *Journal of Experimental Botany*, 44, 264, 1993, s. 1149 – 1153.

BLUM, A. - ZHANG, J. X. - NGUYEN, H. T. 1999. Consistent differences among whcat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant produkction. In *Field Crops Rescarch*, 1999, 64 (3), 287 – 291.

BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. 1997. Sucho ako fenomén pri štúdiu fyziologických procesov rastlín. In *Pôda a ekológia; poľnohospodárska výroba a skúšobníctvo*, roč. 5, 1997, č. 1 – 2, s. 51 – 54.

BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. 2001. Vodný stres rastlín – príčiny, dôsledky, perspektívy. Nitra: SPU, 2001. 149 s. ISBN 80-7137-902-6.

BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. – HAUPTVOGEL, P. 2008. Život rastlín v meniacich sa podmienkach prostredia: evolučná perspektíva pre 21. storočie. 1. vyd. – Brno: Tribun EU, 2008 – 131 s. (Librix. sk) ISBN 978 – 80 – 7399 – 566 -9.

CHAVES, M. M. – OLIVEIRA, K. 2004. Mechanismus underlying plant resilience to water deficits: prospects for water – saving agriculture. In: *Journal of Experimental Botany*, 2004, 55, 2365 – 2384.

CHAVES, M. M. – PEREIRA, J. S. – MAROCO, J. – RODRIGUEZ, M. L. – RICARDO, C. P. P. – OSÓRIO, M. L. – CARVALHO, J. – FARIA, T. – PINHEIRO, C. 2002. How Plants Cope with Water Stress in the Field. Photosynthesis and Growth. In: *Annals of Botany*, 2002, 89, 907 – 916.

COLLINO, D. J. – DARDANELLI, J. L. – SERENO, R. – RACCA, R. W. 2001. Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. In *Field Crop Res.*, vol. 70, 2001, no. 3, p. 177 – 184.

CRAFTS – BRANDNER, S. J. – LAW, R. D. 2000. Effect of heat stress on the inhibition and recover of the ribulose – 1,5 – bisphosphate carboxylase oxygenase activation state. In: *Planta*, 2000, 212, 67 – 74.

CUSHMAN, J. C. 2001. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. In *Am Zool.* 2001, 41, 758 – 796.

ČERMÁK et al. 2008. Životné prostredie, Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2008, 390 s. (Edícia vysokoškolských učebníc), ISBN 978 – 80 – 227 – 2958 -1.

ČIAMPOROVÁ, M. – MISTRÍK, I. 1991. Rastlinná bunka v nepriaznivých podmienkach. Bratislava: VEDA, 1991, s. 140. ISBN 80-224-0290-7.

DE RONDE, J. A. – CRESS, W. A. – KRÜGER, G. H. J. 2004. Photosynthetic response of transgenic soybean plants, containing an Arabidopsis P5CR gene, during heat and drought stress. In: *Journal of Plant Physiology*, 2004, 161, 1211 – 1224.

EARL, H. J. – DAVIS, R. F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. In *Agronomy Journal*, vol. 95, 2003, no. 3, p. 688 – 696.

ELIÁŠ, P. 2005. Ekológia. Nitra: SPU, 2005. 218 s. ISBN 80-8069-631-4.

FISCHER, R. A. – RCES, D. SAZRE, K. D. et al. 1998. Wheat Yield Progress Associated with Higler stomatal Conductance and Photosynthetic Rate, and Cooler Canopies. In: *Crop Science*, 1998, 38, 1467 -1475.

FLEXAS, J. – MEDRANO, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. In *Annals of Botany*, 2002, 89, 183 – 189.

GÁBORČÍK, N. 1993. Cícer vo vegetariánskej kuchyni. 1993, s. 6, 8 – 9.

GÁBORČÍK, N. 2000. Význam strukovín vo výžive človeka. In *Cícer baraní – pestovanie – produkcia – použitie*. B. Bystrica, 2000, s. 64.

GÁBORČÍK, N. – PASTUCHA, Ľ. 1995. Výsledky štúdia genofondu cícera baranieho a hrachora siateho na Slovensku. In *Pol'nohospodárstvo*, roč. 41, 1995, č. 5, s. 77 – 81.

GAGE, D. A. – RATHINASABAPATHI, B. 1999. Role of glycine betaine and dimethylsulfoniopropionate in water-stress tolerance. In *Shinozaki, K. – Yamaguchi-*

Shonozaki, K.: Molecular responses to cold, drought, heat and salt stress in higher plants.
Austin: Landes Company, 1999, p. 125 – 140.

HAMILTON, E. W. – HECKATHORN, S. A. 2001. Mitochondrial Adaptations to NaCl. Complex I Is Protected by Anti-Oxidants and Small Heat Shock Proteins, Whereas Complex II Is Protected by Proline and Betadine. In *Plant Physiology*, 2001, Vol. 126, p. 1266 – 1274.

HANSON, A. D. - HOFFMAN, N. E. - SAMPER, C. 1986. Identifying and manipulating metabolic stress- resistance traits. In: *Hort. Sci.*, 21, 1986, 1313-1317.

HANSON, A. D. – RATHINASABAPATHI, B. – RIVOAL, J. – BURNET, M. – DILLON, M. O. – GAGE, D. A. 1994. Osmoprotective compounds in the Plumbaginaceae: a natural experiment in metabolic engineering of stress tolerance. In *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol. 91, 1994, p. 306-310.

HAVAUX, M. – TARDAZ, F. 1996. Temperature – dependent adjustment of the thermal stability of photosystem II in vivo: possible involvement of xanthophyll cycle pigments. In: *Planta*, 1996, 198, 324 – 333.

HORTON, P. – RUBAN, A. V. – WALTERS, R. G. 1994. Regulation of light harvesting in green plants. In: *Plant Physiology*, 1994, 106, 415 – 420.

JAVOR, Ľ. - SUROVČÍK, J. 2001. Technológia pestovania strukovín. Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany. ISBN 80 - 968 553 – 1 X, s. 60.

JONES, C. A. 1985. C₄ grasses and cereals. New York: John Wiley and Sons, 1985.

KERSTEINS, G. et al. 2006. Quantification of cuticular permeability in genetically modified plants . In: *Journal of Experimental Botany*, 2006, 57 (11), 2547 – 2552.

KOCSY, G. – LAURIER. – SZALAI, G. et al. 2005. Genetic manipulation of proline levels affects antioxidants in soybean subjected to simultaneous drought and heat stresses. In *Physiologia Plantarum*, 2005, Vol. 124 (2), p, 227 – 235.

KOSTREJ, A. et al. 1998. Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín. Nitra: SPU, 1998, s.140-147, ISBN 80-7137-528-4.

KOSTREJ, A. et al. 2000. Funkčné parametre produkčného procesu obilnín v meniacich sa podmienkach prostredia. Nitra : SPU, 2000. 110 s. ISBN 81-9974-41.

KRAUSKO et al. 1995. Špeciálna rastlinná výroba – strukoviny, olejiny, špeciálne plodiny. Nitra: VŠP, 1995, s. 28 – 30. ISBN 80-7137-192-0.

KUZNETSOV, V. K. – SHEVYAKOVA, N. I. 1999. Proline under Stress: Biological Role, Metabolism, and Regulation. In: *Russian Journal of Plant Physiology*, Vol 46, 1999, č.2, s. 274 – 287.

LAHOLA et al. 1990. Luskoviny, pěstování a využití. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: SZN, 1990, 223 s. ISBN 80 – 209 – 0127 -2.

LARCHER, W. 1988. Fyziologická ekologie rostlín. Praha: Academia, 1988, s. 368.

MASAROVIČOVÁ et al. 2002. Fyziológia rastlín. Bratislava: Univerzita Komenského, 2002, s. 236. ISBN 80-223-1615-6.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA (MŽP) SR. 2007. Vplyv zmeny klímy na zložky životného prostredia. Príspevok k operatívnej porade, Bratislava, 15.3.2007. In: *Enviromagazín*, č. 2, 2007, 26 – 29.

MOLNÁROVÁ et al. 2007. Rastlinná výroba I. Nitra, 184 strán, ISBN 978 – 80 – 8069 – 896 - 6.

MORGAN, J. M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. In *Aust. J. Plant Physiol.*, vol. 19, 1992, p. 67 – 76.

MUNS, R. 1988. Why measure Osmotic Adjustment? In *Australian Journal of Plant Physiology*, 1988, 15, 717 – 726.

MUNS. R. – PASSIOURA, J. B. – GUO, J. – CHAZEN, O. – CRAMER, G. R. 2000. Water relations and leaf expansion: importance of time scale. In.: *Journal of Experimental Botany*, 2000, 51, 350, pp. 1495 – 1504.

NAM, N. H. – SUBBARAO, G. V. – CHAUHAN, Y. S. – JOHANSEN, C. 1998. Importance of canopy attributes in determining dry matter accumulation of pigeonpea under contrasting moisture regimes. In *Crop Sci.*, vol. 38, 1998, no. 4, p. 955 – 961.

NAVARI-IZO et al. 1993. Metabolic changes in wheat plants subjected to a water deficit stress programme. In *Plant Sci.* 92, 1993, s. 151 – 157.

NILSEN, E. T. – ORCUTT, D. M. 1996. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley & Sons, 1996, 689 p. ISBN 0-471-03512-6.

OLŠOVSKÁ, K. – BRESTIČ, M. – ŽIVČÁK, M. – KMEŤ, J. 2008. Fyziológia a ekofyziológia rastlín: systematický výkladový slovník – Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2008, - 160 s. ISBN 978-80-552-0089-7.

PATAKAS, A. – NOITSAKIS, B. 1999. Osmotic adjustment and partitioning of turgor responses to drought in grapevines leaves. *Am. J. Enol. Vitic.* 50, 1999, s. 76-80.

PASTUCHA, Ľ. 1992. Menej známe strukoviny cícer baraní a hrachor siaty. In *Súčasný trendy v pestovaní strukovín*. Dom techniky Nitra, 1992, s. 46 – 51. ISBN 80-236-0036-2.

PASTUCHA, Ľ. – GÁBORČÍK, N. 1996. Hodnotenie svetového sortimentu cícera baranieho na Slovensku. In *Cícer baraní na Slovensku – stav a perspektívy*. Banská

Bystrica: Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva, 1996, s. 42 – 44.

PENKA, M. 1985. Transpirace a potřeba vody rostlinami. Praha: Academia, 1985, s. 115 – 116.

PETŘÍKOVÁ, K. – MALÝ, I. 2000. Základy pěstování luskové zeleniny. Institut výchovy a vzdělání MZ ČR v Praze, 2000, 23 s. ISBN 80-7105-207-8.

POSPÍŠIL, R. - CANDRÁKOVÁ, E. 2004. Strukoviny. 2004. Ústav vedecko – technických informácií pre poľnohospodárstvo. Nitra. ISBN 80 – 89088 – 39 – 2, s.: 85.

PROCHÁZKA et al. 1998. Fyziologie rostlin. Praha: Academia, 1998, s. 64, 414 – 417. ISBN 80-200-0586-2.

PUCHRÍKOVÁ, Z. 2004. Pestovanie hrachu vyžaduje viac pozornosti. In *Naše pole*, roč. 8, 2004, č. 3, s. 46.

RAI, V. K. 2002. Role of amino acids in plant responses to stresses. In *Biologia Plantarum*, 2002, Vol. 45 (4), p. 481 – 487.

REPČÁK, M. – GREJTOVSKÝ, A. 2002. *Návody na cvičenia z fyziológie rastlín.* Košice: Univerzita P. J. Šafárika, 2002. 82 s. ISBN 80-7097-438-9.

REYNOLDS, M. P. – TRETROVAN, R. M. – VAN GINKEL, M. – RAJARAM, S. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. In: *Reynolds, M. P. – Ortiz – Monasterio J. I. – McNab, A. (eds.) 2001: Application of Physiology in Wheat Breeding.* Mexico, D. F. : CIMMYT, 2001. ISBN 970 – 648 – 077 – 3.

RICHARDS, R. A. – CONDON, A. G. REBETZKE, G. J. 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: *Reynolds, M. P. – Ortiz – Monasterio J. I. – McNab, A. (eds.) 2001: Application of Physiology in Wheat Breeding.* Mexico, D. F. : CIMMYT, 2001. ISBN 970 – 648 – 077 – 3.

RICHARDS, R. A. – REBETZKE, G. J. – CONDON, A. G. – VAN HERWAARDEN, A. F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. In *Crop Sci.*, vol. 42, 2002, p. 111 – 121.

ROSENBERG, L. 1990. Konference o šľachtení a pěstování hrachu. In. *Referát z mezinárodní konference*. Šumpek – Temenice, VÚTPL, 1990, s.1.

SCHINOZAKI et al. 1998. Molecular responses to drought stress. In *Stress responses of photosynthetic organismus (Satoh, Murata eds.)*. Elsevier, 1998, s. 259.

SERREJ, R. – SINCLAIR, T. R. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? In *Plant, Cell and Environment*, 2002, 25, 333 – 341.

SIDDIQUE, K. H. M. 2004: Water Deficits: Development. Australia. In: *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. 2004, s. 1284-1287.

SINCLAIR, T. R. 1994. Limits to crop yield? In *Physiology and determination of crop yield*. Madison: American Society of Agronomy, 1994, p. 509 – 532.

SINCLAIR, T. R. – MUNCHOW, R. C. 2001. Systém analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. In: *Agronomy Journal*, 2001, 93, 263 – 270.

SLAFER, G. A. – ARAUS, J. L. – ROYO, C. – DEL MORAL, L. F. G. 2005. Promising ecophysiological traits for genetic improvement cereal yields in Mediterranean environments. In *Annals of Applied Biology*, 2005, 146, 61 – 70.

ŠINSKÝ et al. 1985. Strukoviny. Bratislava: Príroda, 1985, s. 144 – 147.

ŠKROBÁKOVÁ, E. – BELUSKÝ, J. 1998. Význam pestovania cícera baranieho. In *Naše pole*, roč. 2, 1998, č. 5, s. 16.

TARDIEU et al. 1996. Stomatal control by fed or endogenous xylem ABA in sunflower: interpretation of correlations between leaf water potential and stomatal conductance in anizohydric species. In *Plant Cell Environment* 19, 1996, 75 – 84.

TARDIEU, F. - DAVIES, W. J. 1993. Integration of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. In: *Plant Cell and Environment*, 1993, č. 16, š. 641 – 349.

TURNER, N. C. 1997. Furrhert progress incrop water relations. In: *Advances in Agronomy*, 1997, 58, 293 – 338.

UHER et al. 2007. Záhradníctvo, Slovenská Poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2007, 162 strán, ISBN 978 – 80 – 8069 – 963 – 5.

UHER et al. 2009. Zeleninárstvo, (poľné pestovanie), Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2009, 212 strán, ISBN 978 – 80 – 552 – 0199 - 3.

YORDANOV, I. et al. 2000. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. In *Photosynthetica*, 38 (1), 2000, s. 176-186.

ZHANG et al. 1999. Genetic analysis af osmotic adjustment in crop plants. In: *Journal of Experimental Botany*, 1999, 50, 332, 291 – 302.

ZHU et. al. 1997. Molecular aspects of Osmotic Stress in Plants. In *Critical Rewiews in Plant Sciences*, 16 (3), 1997, s. 253 – 277.

ZIMA et al. 2002. Fyziológia rastlín. Nitra: SPU, 2002. 152 s. ISBN 80-8069-011-1.

PRÍLOHY



Obrázok 2 Cícer baraní - kontrolné varianty



Obrázok 3 Cícer baraní – rastliny vystavené dehydratácii



Obrázok 4 Hrach siaty – genotyp Novozélandský



Obrázok 5 Hrach siaty – genotyp Debrecényi Galamb

