

Acta fytotechnica et zootechnica 1
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2012, s. 1–3

HODNOTENIE GENOTYPOV HRACHU SIATEHO (*PISUM SATIVUM* L.) NA FYZIOLOGICKÉ REAKCIE V PODMIENKACH PREHLBUJÚCEHO SA SUCHA

EVALUATION OF PEA GENOTYPES (*PISUM SATIVUM* L.) BY PHYSIOLOGICAL RESPONSES DURING INCREASING DROUGHT CONDITIONS

Eleonóra KRIVOSUDSKÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The lower reserve of water in the soil, high intensity radiation and high temperature often lead to significant losses to crops. These negative effects of climate change can be mitigated through appropriate choice of plant species, improving water management and irrigation systems. One of the solution is to use genotypes that even in difficult conditions will result in yield with reasonable quality. Therefore, the aim of the study was to monitor the physiological parameters of four genetic resources of pea (Xantos, Svit, Novozélandský, Debrecényi Galamb). The influence of water stress was tested on some physiological parameters – stomatal closure, relative water content in leaves, osmotic potential and osmotic adjustment. Among tested genotypes, „semileafless“ cultivars (Xantos and Svit) showed the higher capacity for osmotic adjustment during increasing drought.

Key words: water, pea, drought, osmotic adjustment

Sucho – nedostatok vody, alebo vodný stres, je najväčším limitujúcim stresorom pre rastliny, znižuje aktivitu všetkých enzýmov v rastline a spomaľuje rast rastliny. Príčinou nedostatku vody, dostupnej pre rastliny sú najčastejšie klimatické pomery a priebeh počasia. V súčasnosti sú známe viaceré obranné mechanizmy, pomocou ktorých rastliny prekonávajú vodný deficit, limitujúci produkčný proces. Jedným z kľúčových je práve osmotická adjustácia (OA) (Nilsen and Orcutt, 1996), pričom najväčší osmoregulačný účinok sa pripisuje cukrom a aminokyselinám (Morgan, 1984). Táto schopnosť osmotického prispôsobenia sa na mnohé environmentálne stresy je všeobecne známa takmer všetkým organizmom. Významnú osmoprotekčnú funkciu plní aminokyselina prolín (Saradhi et al., 1995).

Práve preto, že poľné plodiny, respektíve ich odrody reagujú na stres rozdielne, je potrebné v rámci experimentálnych meraní stanoviť mieru ich tolerancie, adaptability a odolnosti. V rámci našich experimentálnych meraní sa celá pozornosť sústredila na strukoviny. Modelovou plodinou bol hrach siaty (*Pisum sativum* L.). Je to jednoročná plodina, ktorá sa v našich podmienkach pestuje ako jarná plodina. Je zároveň našou najpestovanejšou strukovinou. Najčastejšie sa pestuje na produkciu suchých semien, ktoré sa môžu využívať ako potravina, krmivo, osivo a špeciálne v priemysle. Nedozereté vylúpané semená alebo struky sa využívajú v potravinárskom priemysle a celá nadzemná fytomasa sa môže využívať na zelené krmivo, silážovanie, seno alebo spásanie (Pospíšil a Candráková, 2004).

Materiál a metódy

Počas vegetačného obdobia boli simulované podmienky sucha pre rôzne genetické zdroje hrachu siateho (*Pisum sativum* L.) a následne sledovaná ich schopnosť prispôbiť sa daným podmienkam. Experiment sa opakoval v dvojročnom období. Rastliny hrachu boli pestované v nádobách. Vybrané genetické

zdroje nám poskytla Šľachtiteľská stanica, Horná Streda, a. s. Testované boli dva domáce genotypy Xantos a Svit, vyšľachtené na uvedenej šľachtiteľskej stanici a dva zahraničné genetické zdroje Novozélandský a Debrecényi Galamb. Genotypy Svit a Xantos patria k semileafless – typom s redukovanou listovou plochou. Novozélandský je odroda vysokého vzrastu a podobne ako Debrecényi Galamb (nízkeho vzrastu), patrí k olisteným typom. Svit je žltosemenná, poloskorá odroda hrachu, registrovaná v roku 2001, intermediárneho vzrastu, vhodná na produkciu suchého semena na potravinárske a krmovinárske využitie. Farebne vyrovnané semeno je stredne veľké s nižšou hmotnosťou tisíc zrn HTZ 245 g. Xantos je žltosemenná odroda, registrovaná v roku 2004, vhodná pre pestovanie vo všetkých výrobných oblastiach. Je to poloskorá odroda, intermediárneho vzrastu. Obe odrody sa vyznačujú výborným zdravotným stavom, najmä odolnosťou proti fuzariózam, múčnatke a chorobám ascochyta – komplexu. Majú veľmi dobrú odolnosť proti poľehaniu a dosahujú výbornú úrodu semena.

Experimentálne merania sa realizovali v prirodzených klimatických podmienkach. Výsev uvedených genotypov sa vždy uskutočnil v prvej dekáde apríla po 9 ks semien na nádobu s objemom 10 l.

Vo fenofáze kvitnutia bol pri polovici rastlín z každého genotypu indukovaný vodný stres pozastavením zálievky a zamedzením prístupu zrážok. Druhá polovica rastlín slúžila ako kontrolné varianty, ktoré boli zalievané počas celého obdobia trvania vodného stresu.

Pomocou porometra Delta-T-Devices (Cambridge, England) sa realizovali v dopoludňajších hodinách merania difúznej vodivosti (g_c) – tzv. konduktancia prieduchov, ktorej hodnoty korelujú s otvorenosťou prieduchov na oboch stranách listu.

Na dehydratovaných aj kontrolných rastlinách boli tiež sledované parametre ako je relatívny obsah vody v listoch (RWC), obsah voľného prolínu v listoch a osmotický potenciál (Ψ_s). Relatívny obsah vody v % bol stanovený gravimetricky a obsah voľného prolínu v listoch refraktometricky podľa Bates et al. (1973) a spektrofotometricky ninhydrínovou metódou. Psychro-

metrickou metódou bol stanovený osmotický potenciál v MPa (Wescor, Logan, Utah, USA).

Jedným z významných mechanizmov tolerancie plodín na sucho je osmotické prispôsobenie (Wilson et al., 1979). Jeho hodnotu sme stanovili na základe osmotického potenciálu listov kontrolných aj dehydratovaných rastlín, prepočítaného na plne hydratovaný stav. Podkladom pre výpočet boli tiež údaje pre relatívny obsah vody v listoch (RWC) a korekciu ($B = 18\%$) pre apoplastickú vodu (Babu et al., 1999).

Po zbere hrachu boli vykonané rozboru semien na obsah dusíkatých látok, škrobu, vlákniny a sušiny pri všetkých variantoch.

Výsledky a diskusia

Zo všetkých znakov a vlastností odrôd poľnohospodárskych plodín má najväčší význam produktivnosť. Je to vlastnosť komplexná a geneticky podmienená. Pri šľachtení je cieľom vyšľachtiť vysoko – výkonné odrody, ktorých vlastnosti ale závisia od súboru anatomicko-morfologických znakov, fyziologicko-biochemických a iných vlastností. V posledných rokoch sa v súvislosti so zmenami klimatických podmienok čoraz viac diskutuje o potrebe využívania odrôd, odolávajúcich nepriaznivým faktorom prostredia. Niektoré dôsledky klimatickej zmeny sú zjavné už dnes, príkladom sú extrémne javy počasia v podobe sucha, vysokých zrážok, vln tepla a rastúcej intenzity tropických cyklónov.

V literárnych zdrojoch je značná diskusia o potenciálnej úlohe fyziologického výskumu v šľachtiteľskom procese rastlín. Do popredia sa preto pri skríningu genotypov, tolerantných k menej priaznivým abiotickým a biotickým faktorom prostredia dostáva samotný fyziologický prístup, ktorý umožňuje pracovať

Tabuľka 1 Osmotické prispôsobenie (OA)

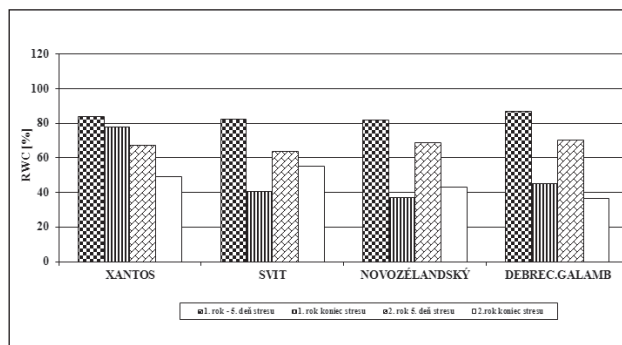
Genotyp (1)	OA v MPa (2)		Priemer za roky (3)
	1. rok (4)	2. rok (5)	
Xantos	0,69	0,61	0,65
Svit	0,41	0,63	0,52
Novozélandský	0,15	0,19	0,17
Debrecényi Galamb	0,01	0,04	0,03

Table 1 Osmotic adjustment
(1) genotype, (2) osmotic adjustment, (3) average in years, (4) first year, (5) second year

Tabuľka 2 Obsah sušiny, škrobu a vlákniny v semenách hrachu

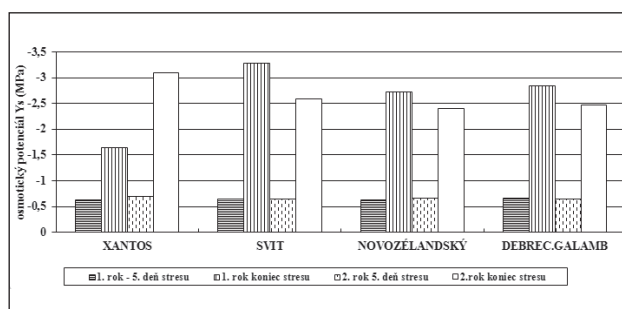
Genotyp (1)	Variant (2)	Celkový dusík v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (3)	Bielkovinový dusík v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (4)	Škrob v % (5)	Vláknina v % (6)	Sušina v % (7)
Xantos	kontrola (8)	36 767	34 962	39,38	4,37	88,5
	vodný stres (9)	42 020	39 221	38,27	3,60	89,5
Svit	kontrola (8)	40 444	37 501	39,93	6,45	90,0
	vodný stres (9)	47 621	44 845	38,15	4,90	88,5
Novozélandský	kontrola (8)	40 052	37 643	39,57	6,87	90,5
	vodný stres (9)	44 821	41 845	39,28	5,11	90,0
Debrecényi Galamb	kontrola (8)	40 094	37 917	38,83	5,61	89,0
	vodný stres (9)	42 545	40 031	35,88	6,13	90,0

Table 2 Content of dry matter, starch and crude fibre in pea – seeds
(1) genotype, (2) variant, (3) crude protein, (4) protein-nitrogen, (5) starch, (6) crude fibre, (7) dry matter, (8) control variant, (9) water stress



Obrázok 1 Relatívny obsah vody v listoch
(1) relatívny obsah vody, (2) 5. deň dehydratácie, (3) koniec dehydratácie

Figure 1 Relative water content in leaves
(1) relative water content, (2) the 5th day of dehydration, (3) the finish of dehydration



Obrázok 2 Osmotický potenciál v listoch jednotlivých genotypov hrachu
(1) osmotický potenciál, (2) 5. deň dehydratácie, (3) koniec dehydratácie

Figure 2 Osmotic potential in leaves of genotypes of pea
(1) osmotic potential, (2) the 5th day of dehydration, (3) the finish of dehydration

s väčšou šírkou genotypov, než klasický agronomický prístup, a tým urýchľuje šľachtiteľský proces. Ten sa stáva rozhodujúcim vo finálnej fáze hodnotenia najlepších vybraných genotypov. Zvlášť významné je to pri tak komplexnom faktore ako je sucho (Reynolds et al., 2001).

Pri výbere genotypov sme sa okrem olistených genotypov zamerali aj na formy hrachu s redukovanou listovou plochou, ktorá je nahradená úponkami. Tieto bezlistové odrody, označované ako úponkové alebo semileafless typy sú považované za vývoje vyšší stupeň šľachtenia hrachu. I napriek redukcii listovej plochy bolo zistené, že sa ich úrodový potenciál šľachtiteľom stále zvyšuje.

Obdobie dehydratácie bolo do značnej miery ovplyvnené výkyvmi počasia a trvalo v priemere 18 dní, kedy hodnota RWC klesla pod 70%. Uvedené genetické zdroje sa samozrejme líšili v poklese RWC aj osmotického potenciálu. Vyššiu priemernú hodnotu RWC za oba roky (obrázok 1) si ku koncu dehydratácie zachoval genotyp Xantos (63,5%) a Svit (48%). Hodnota osmotického potenciálu (obrázok 2) poklesla na -2,37 MPa, resp. -2,93 MPa, čo naznačuje schopnosť osmoticky sa prispôbiť v podmienkach sucha. Významnú osmoprotekčnú funkciu plní aminokyselina prolín. Ochraňuje biomembrány pred poškodením a chráni systém enzýmov na úrovni membrán tylakoidov a mitochondrií (Blum et al., 1999). Z uvedeného dôvodu bola pri testovaných genotypoch súčasne sledovaná akumulácia voľného prolínu. Pri genotypoch Xantos sme pri prepočte na 100% RWC zistili 26,95 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ČH resp. 42,73 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ČH (Svit), čo súvisí s odolnosťou voči vodnému stresu. Pri ďalších genotypoch za uvedené obdobie RWC pokleslo ešte výraznejšie (40,2% Novozélandský, 40,9% Debrecényi Galamb), pričom akumulácia voľného prolínu v priemere za oba roky bola výrazne nižšia (Novozélandský 9,98 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ČH, resp. D. Galamb 17,87 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ ČH v prepočte na 100% RWC). S uvedenými skutočnosťami súvisí aj schopnosť osmotického prispôsobenia sa. Ako vyplýva z tabuľky 1 vyššiu schopnosť osmoticky sa prispôbiť mali genotypy Xantos (0,65 MPa) a Svit (0,52 MPa) v porovnaní s olistenými genotypmi (Novozélandský 0,17 MPa, Debrecényi Galamb 0,03 MPa). Naše údaje sú porovnateľné so zisteniami Leporta et al. (1999), ktorý sledoval osmotické prispôsobenie v podobných podmienkach.

Po ukončení dehydratácie boli opätovne až do zberu zalievane všetky varianty. Následne boli semená hrachu podrobené analýzám (tabuľka 2), hlavne na obsah vlákniny, škrobu, sušiny a i. Najzastúpenejším sacharidom v strukovinách je práve škrob. I keď v strukovinách je zastúpený v menšom množstve ako v obilninách (Muchová et al., 1999). Ako vyplýva z tabuľky 2 vyšší obsah škrobu v rámci testovaných genotypov v rôznych podmienkach bol pri kontrolných rastlinách (38,83 – 39,38 %). V semenách hrachu a šošovice tvorí škrob podľa Vojtašákovéj et al. (1999) až 47% zo sušiny.

Súhrn

Nízka zásoba vody v pôde, vysoká intenzita žiarenia a tiež vysoké teploty spôsobujú často pokles úrod rôznych druhov plodín. Tieto negatívne javy klimatických zmien môžu byť zmiernené napr. vhodným výberom rastlín, zlepšením hospodárenia s vodou i zavlažovacími systémami. Riešením môže byť i využitie genotypov, ktoré nám aj v sťažených podmienkach prinesú spoľahlivé úrody v primeranej kvalite. Preto aj našim zámerom bolo sledovať adaptabilitu rastlín, konkrétne hrachu siateho v podmienkach sucha. V rámci fyziologických meraní bola sledovaná difúzna vodivosť listov (zatváranie prieduchov), relatívny obsah vody v listoch a osmotický potenciál. Z výsledkov vyplynuli jednoznačné závery, že olistené genotypy hrachu majú nižšiu schopnosť osmotického prispôsobenia počas dlhšie trvajúceho sucha ako semileafless (úponkové) typy (Xan-

tos, Svit), ktoré sa vyznačovali vyššou schopnosťou osmoticky sa prispôbiť a mohli by zároveň poslúžiť pri výbere tolerantných genotypov a byť jednou z alternatív pestovania hrachu v budúcnosti.

Kľúčové slová: voda, hrach, sucho, osmotické prispôsobenie

Literatúra

- BABU, R.C. – PATHAN, M.S. – BLUM, A. – NGUYEN, H.T. 1999. Comparison of measurement methods of osmotic adjustment in rice cultivars. In: Crop science, 1999, no. 39, p. 150 – 158.
- BATES, L. S. – WALDREN, R. P. – TEARE, J. D., 1973. Rapid determination of proline for water stress studies. In: Plant and Soil, vol. 39, 1973, p. 205 – 207.
- BLUM, A. – ZHANG, J. X. – NGUYEN, H. T. 1999. Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. In: Field Crops Research, vol. 64, 1999, no. 3, p. 287 – 291.
- LEPORT, L. – TURNER, N.C. – FRENCH, R.J. – BARR, M.D. – DUDA, R. – DAVIES, S.L. – TENNANT, D. – SIDDIQUE, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean – type environment. In: European Journal of Agronomy, 1999, no. 11, p. 279 – 291.
- MORGAN, J. M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. In: Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1984, no. 35, p. 299 – 319.
- MUCHOVÁ, Z. et al. 1999. Výroba zdravotne neškodných potravín. 1. vyd. Nitra : SPU, 1997, 97 s. ISBN 80-7137-391-5.
- 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
- POSPÍŠIL, R. – CANDRÁKOVÁ, E. 2004. Strukoviny. 2004. Ústav vedecko-technických informácií pre poľnohospodárstvo. 2004, s. 85. ISBN 80-89088-39-2.
- REYNOLDS, M. P. – Ortiz-Monasterio, J.I. – McNab, A. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexiko, D. F.: CIMMYT, 2001, s. 32. ISBN 970-648-077-3.
- SARADHI, P. – ALIA, P. – ARORA, S. – PRASAD, K. 1995. Proline accumulates in plants exposed to UV-radiation and protects them against UV-induced peroxidation. In: Biochem. and Biophys. Research Communication, vol. 209, 1995, no. 1, p. 1 – 5.
- VOJTAŠŠÁKOVÁ, A. a i. 1999. Obilniny a strukoviny – potravinové tabuľky. 1. vyd. Bratislava : VÚP, 1999, 265 s. ISBN 80-85330-62-8.
- WILSON, J.R – FISHER, M.J. – SCHULTZE, G.R. – DOLBY, G.R. – LUDLOW, M.M. 1979. Comparison between pressure – volume and dew point hygrometry techniques for determining the water relations characteristics of grass and legume leaves. In: Oecologia, 1979, no. 41, p. 77 – 88.

Kontaktná adresa:

Ing. Eleonóra Krivosudská, PhD., Katedra fyziológie rastlín, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR, +421 37 641 4456, e-mail: Eleonora.Krivosudska@uniag.sk