

# Hodnocení velikosti listů a výnosu u vybraných genotypů ječmene

(*Leaf size and yield evaluation of the selected barley genotypes*)

Marta Zavřelová<sup>1,2)</sup>, Dominik Bleša<sup>2)</sup>, Pavel Matušinský<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 767 01 Kroměříž

<sup>2)</sup> Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 767 01 Kroměříž

**Souhrn:** List je nejdůležitějším orgánem při tvorbě výnosu obilovin a jeho proporce souvisí se schopností rostliny odolávat suchu. V souboru šesti genotypů ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) byla v letech 2020-2022 sledována délka a šířka listů. Cílem bylo zjistit, zda se genetické zdroje původem ze suchých oblastí liší v těchto znacích od moderních sladovnických odrůd. Bylo pozorováno, že ve vegetační sezóně 2022 byly rozměry listů menší, než v ostatních letech. Tento rok byl charakteristický deficitem srážek v průběhu jara, na což rostliny reagovaly snížením růstu. Odrůda Sebastian měla nejkratší list za celé sledované období. Genetické zdroje Nutans Afganistan a CPI 18197 se v délce listu statisticky průkazně lišily od všech moderních odrůd. Genotyp CPI 18197 měl nejmenší průměrnou šířku listu. U všech moderních odrůd došlo v suchém roce 2022 k redukci šířek a délek listů i výnosů, zatímco u genetických zdrojů ze suchých oblastí došlo k nárůstu výnosu i přes redukce parametrů listu. Genotyp CI 6388 se dle sledovaných parametrů nejlépe vyrovnal stresovému faktoru v podobě sucha.

**Klíčová slova:** genetické zdroje, moderní odrůdy, ječmen jarní, *Hordeum vulgare* L.

**Abstract:** Leaf is the most important organ in the formation of cereal yield, and its proportions are important during the plant's fight against the drought. The leaf length and width were observed in a set of six spring barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes, in 2020-2022. The aim of this study was to determine the differences between genetic resources originating from arid regions and modern malting varieties. The smaller leaves were observed during vegetation period 2022 compared with other observed years. This year was characterized by a deficit of precipitation during the spring and the plants responded to this by reducing of growth. The variety Sebastian had the shortest leaves in whole observed period. The genetic resources Nutans Afghanistan and CPI 18197 were significantly different in leaf length in comparison with all modern varieties. Genotype CPI 18197 had the smallest average leaf width. In the dry year 2022, leaf widths and lengths as well as yields were reduced for all modern varieties. While genetic sources from arid regions showed an increase in yield despite of reductions in leaf parameters. The genotype CI 6388 coped best with the stress factor in the form of drought according to the observed parameters.

**Key Words:** genetic resources, modern varieties, spring barley, *Hordeum vulgare* L.

## Úvod

Ječmen (*Hordeum vulgare* L.) je jednou z prvních domestikovaných plodin a je široce rozšířen v zemědělských oblastech po celém světě. Je to důležitá obilnina pro lidstvo, která je široce používána pro výrobu potravin, krmiv pro hospodářská zvířata a ve sladovnictví. V poslední době vzrůstá poptávka po ječmeni a výrobcích z něj jako součásti zdravé lidské výživy.

Listy jsou nejdůležitějším orgánem při fotosyntéze rostlin obecně. Hrají klíčovou roli při tvorbě výnosů a jejich vlastnosti ovlivňují také adaptaci rostlin na různá prostředí. Velikost listu souvisí se schopností rostliny odolávat suchu. Witkowski & Lamont (1991) uvádějí, že v podmínkách stresu za nedostatku živin nebo vlhkosti jsou listy menší a těžší. Nemalou roli v boji se suchem hraje také tloušťka listu. Rostliny přizpůsobené suchému prostředí mívají listy silnější (Wright et al., 2004). Existují silné vztahy mezi proporcemi listu a schopností fotosyntézy (Li et al., 2009), a také výnosovým potenciálem obilnin (Liu et al., 2014). Rostliny obecně vytvářejí během svého vývoje několik typů listů. Prvních několik pravých listů je obvykle menších, jednodušších a anatomicky odlišných od listů vytvořených později (Poethig, 1997). Na tvorbě asimilátů se u ječmene fotosynteticky zúčastňují zejména tři nejdříve položené listy, především pak praporcový list, který syntetizuje největší podíl sacharidů, uložených v zrnech (Sicher et al., 1993). Pro dosažení vysokých výnosů je tak důležité, aby byla v tomto období co největší listová plocha nepoškozená houbovými chorobami a schopná fotosyntézy. Důležitými parametry tvaru listu jsou délka a šířka listu. Morfologie praporcového listu byla široce studována a bylo zjištěno, že je založena polygenně. Digel et al. (2016) určil gen Ppf-H1 jako hlavní gen řídící velikost listů u ječmene. Du et al. (2019) ve své studii identifikovali úseky DNA kvantitativních znaků (QTL) pro znaky

listové plochy, které se nacházely na chromozomech 2H (3 QTL), 3H (2 QTL), 4H (3 QTL) a 7H (2 QTL). Velikost listové plochy je jeden z faktorů, který ovlivňuje nejen fotosyntetický potenciál, ale také rychlost transpirace. Počet a velikost průduchů může ovlivnit rychlost transpirace na jednotku plochy listu. Kromě toho jsou vlastnosti listů (zejména velikost a počet listů) důležité v konkurenceschopnosti proti plevelům.

Alqudah & Schnurbusch (2015) zjistili rozdíly v proporcích listů mezi dvouřadými a šestiřadými ječmeny. Větší a těžší listové čepele šestiřadého ječmene korelovaly s vyšším výnosem zrna klasu hlavního stébla. Menší listovou plochu však dvouřadý ječmen kompenzoval větším počtem odnoží. Zjistili také, že podmínky prostředí měly vliv na velikost listů ječmene z 34 %.

## Materiál a metody

V rámci studie bylo sledováno celkem šest genetických zdrojů dvouřadého jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.). Jednalo se o tři moderní odrůdy (Sebastian, Accordine a Spitfire) a tři genetické zdroje získané z národní genové banky – Nutans Afganistan, CPI 18197 a CI 6388, které byly do studie zařazeny jako potenciální zdroje suchovzdornosti. **Nutans Afganistan** je stará krajová odrůda původem z Afganistánu, která je součástí kolekce národní genové banky již od roku 1958. **CPI 18197** je genetický zdroj původem z Alžírsko, který byl získán na sběrové expedici australskou výzkumnou organizací CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) v roce 1962, odkud se pak v roce 1989 dostal do české národní genové banky. **CI 6388** je krajová odrůda původem z Etiopie, odkud byla získána v roce 1938 do kolekce drobnozrnných plodin v USA, do české kolekce pak byla zařazena v roce 1987.

Tab. 1: Popisné znaky a variabilita sledovaných parametrů (2020–2022)

Znak	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka	Variační koeficient (%)
Délka listu (cm)	21,3	12,3	29,5	3,63	17,1
Šířka listu (mm)	12,1	6,4	16,0	1,75	14,5
Výnos (t/ha)	6,4	3,7	8,8	1,34	21,0

Studované genetické zdroje byly sledovány v letech 2020–2022. Byly pěstovány na parcelách o velikosti 2,5 m<sup>2</sup> v pěti opakováních, v polních podmínkách lokality Kroměříž (průměrná nadmořská výška 235 m n. m.), po předplodině ozimé řepce. Během vegetace byla ve fázi DC 61 (kvetení) u každého opakování změřena délka a šířka druhého horního listu hlavního stébla u deseti rostlin, a to vždy na nejširší a nejdelší části čepele. Po sklizni byl stanoven přepočtený výnos (t/ha).

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny v programu Statistica 14.0.0.15.

### Výsledky a diskuze

V rámci všech sledovaných vegetačních ročníků se délka listu pohybovala v rozmezí 12,3–29,5 cm a šířka pak v rozmezí 6,4–16,0 mm. Větší variabilitu zjištěných hodnot vykazovala délka listu, než šířka listu (Tab. 1). Největší variabilita pak byla zaznamenána u výnosu z důvodu vysoké rozmanitosti použitých genotypů.

v tomto znaku přibližoval odrůdě Spitfire a statisticky významně se tak od sebe nelišily; nicméně od odrůd Accordine a Sebastian se již statisticky významně lišil. Ve znaku šířky listu pak takové rozdíly pozorovány nebyly. Nejužší list měl genetický zdroj CPI 18197 (10,5 mm) a nejširší pak genetický zdroj Nutans Afganistan (12,5 mm), který se statisticky průkazně lišil pouze od odrůdy Sebastian a genetického zdroje CPI 18197.

Při podrobnějším studiu jednotlivých ročníků (Tab. 3) je patrné, že u všech sledovaných odrůd došlo k výraznému poklesu délky a šířky listů v roce 2022 ve srovnání s rokem 2020 v důsledku reakce na sucho jako stresový faktor. Největší redukce délky listu v roce 2022 byla zaznamenána u odrůdy Sebastian (-29,8 %) následovaná odrůdou Accordine (-27,5 %), nejmenší pak u odrůdy Spitfire (-19,2 %) a genetického zdroje CI 6388 (-19,8 %). U genetických zdrojů ze suchých oblastí měl největší snížení délky listu pak genotyp CPI 18197 (-23,7 %), u kterého byla současně zaznamenána největší redukce také v šířce listu, a to o 33,3 %. U tohoto genotypu je zajímavé, že jako u jediného v roce 2021 došlo k nárůstu šířky listu. Průměrné délky a šířky listů se však

Tab. 2: Průměrné hodnoty a statisticky významné rozdíly jednotlivých ročníků

Rok	List - délka (cm) + s <sub>x</sub> <sup>1</sup>	List - šířka (mm) + s <sub>x</sub>	Výnos (t/ha) + s <sub>x</sub>
2020	23,6 ± 2,72 b <sup>2</sup>	13,1 ± 1,17 b	6,3 ± 1,47 a
2021	22,4 ± 2,84 b	12,8 ± 0,95 b	6,7 ± 1,39 a
2022	17,8 ± 2,42 a	10,3 ± 1,49 a	6,1 ± 1,13 a

1) s<sub>x</sub> - směrodatná odchylka

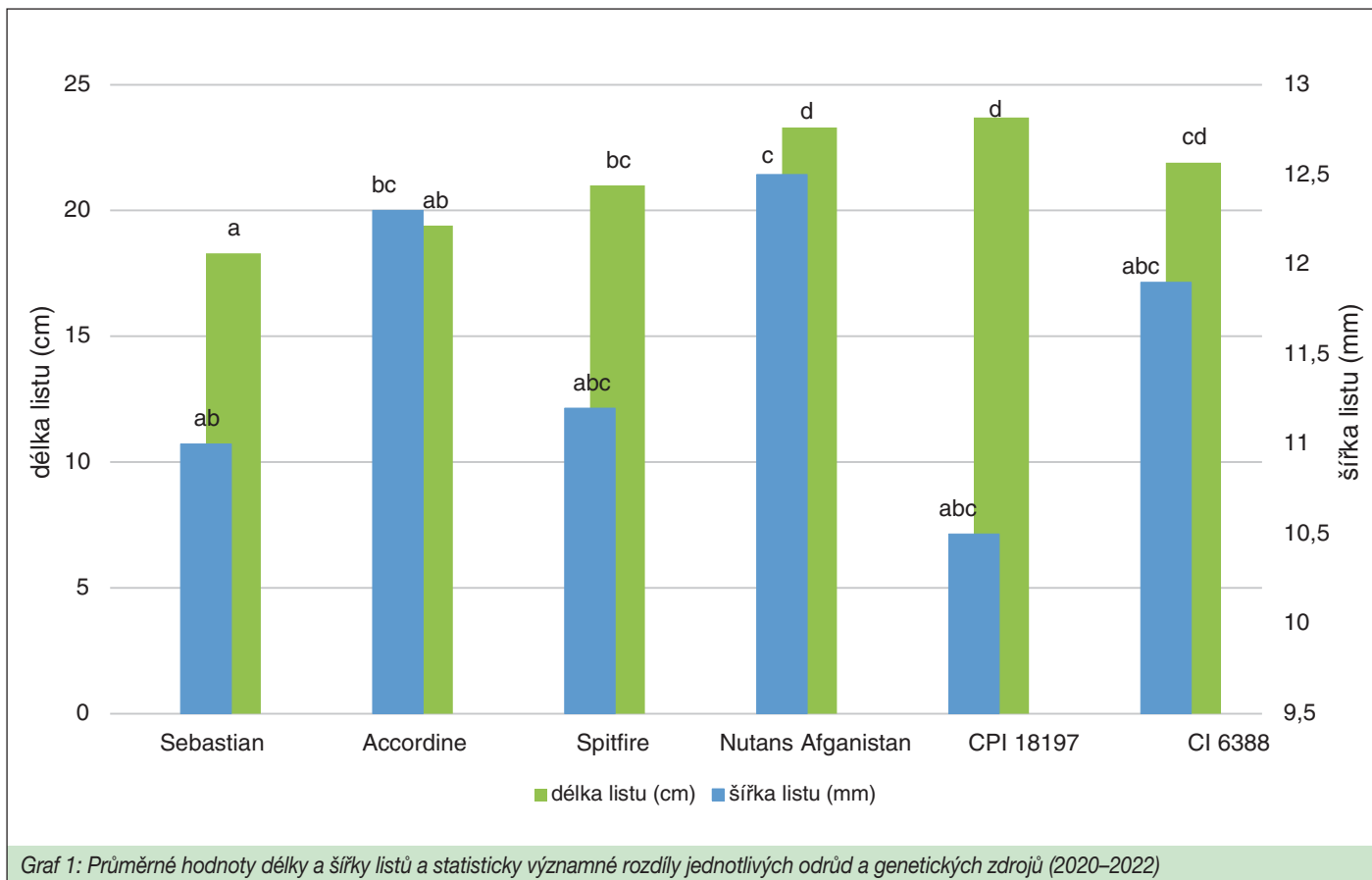
2) v rámci stejného znaku označují rozdílná písmena průkaznou diferencii při P ≤ 0,05 (Fisherův LSD test)

Při analýze výsledků jednotlivých vegetačních ročníků bylo zjištěno, že rok 2022 se statisticky významně lišil od ostatních sledovaných vegetačních ročníků jak v délce, tak v šířce listu (Tab. 2). Rok 2022 byl charakteristický rozdílným průběhem počasí zejména na počátku vegetace. Jaro v roce 2022 s úhrnem srážek 69,5 mm bylo třetí nejsušší od roku 1961 a během jarních měsíců se tak začal projevat značný srážkový deficit. Jak uvádějí Havrlentová et al. (2021), jednou z fyziologických reakcí rostlin na sucho je snížení listové plochy. Jak délka, tak šířka listu nabývaly v tomto roce výrazně nižších hodnot než v předchozích dvou ročnících. Nejvyšších hodnot sledovaných parametrů pak bylo dosaženo v roce 2020, kdy byla průměrná délka listu 23,6 cm a šířka 13,1 mm.

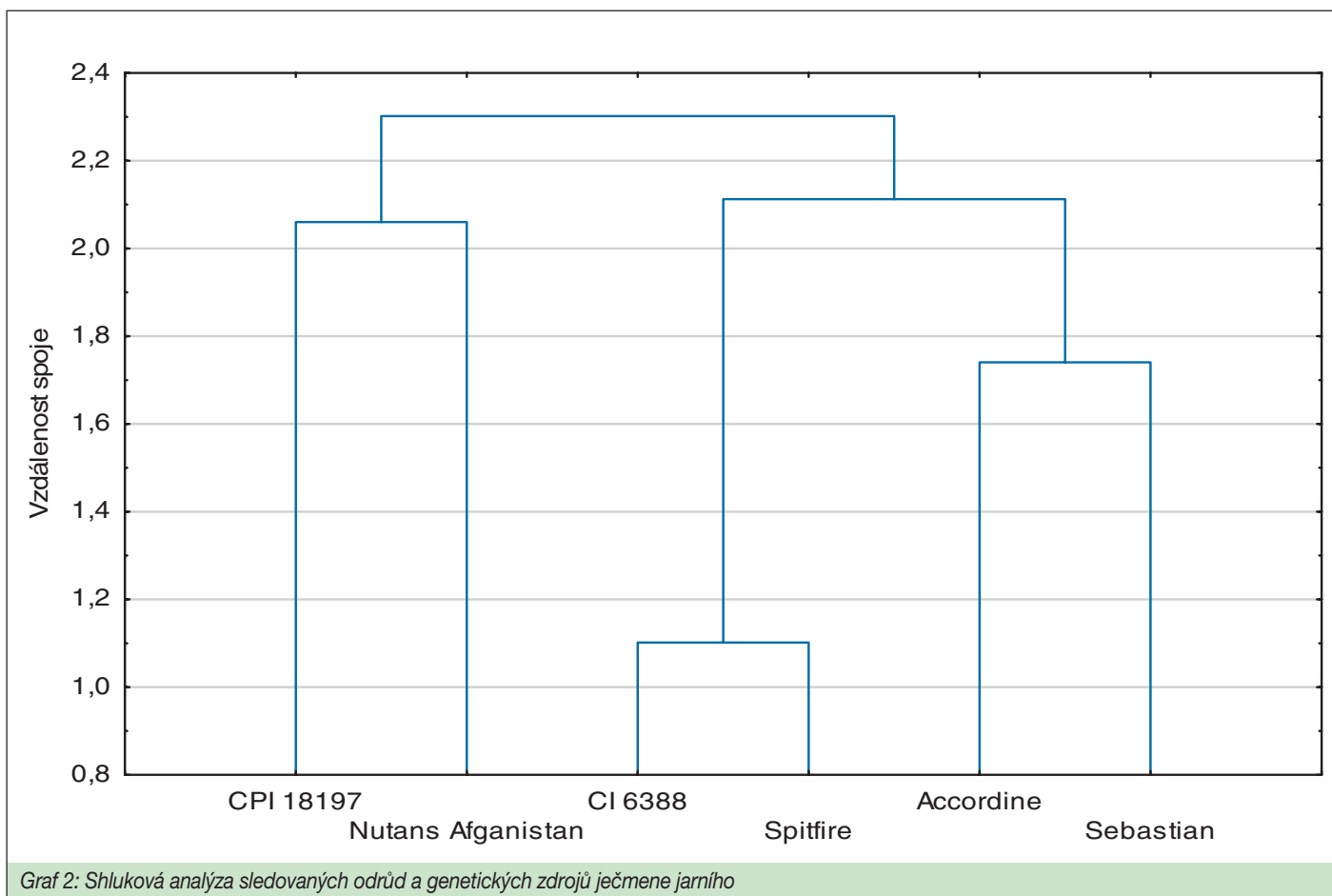
Na základě statistického hodnocení byly nalezeny také významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami a genetickými zdroji. Nejkratší list měla za sledované období sladovnická odrůda Sebastian (18,3 cm), která se v tomto znaku statisticky průkazně lišila od ostatních odrůd a genetických zdrojů (kromě odrůdy Accordine). Z Grafu 1 je patrné, že genetické zdroje Nutans Afganistan a CPI 18197 se v délce listu statisticky průkazně lišily od všech moderních odrůd. Genetický zdroj CI 6388 se pak

u něj v těchto letech statisticky průkazně nelišily. Nejmenší redukce šířky listu v roce 2022 byla pozorována u genetického zdroje CI 6388 (-15,4 %). Z moderních odrůd měla nejmenší redukci šířky listu pak odrůda Spitfire (o 16,8 %). Průměrné výnosy roku 2022 u jednotlivých genotypů se od ostatních let statisticky průkazně nelišily pouze u odrůdy Sebastian a genetického zdroje CPI 18197. U všech moderních odrůd došlo ve stresovém ročníku 2022 ke snížení výnosů o 1,3 % (Sebastian) až 34,7 % (Spitfire). Naopak u všech genetických zdrojů, pocházejících ze suchých oblastí, došlo k nárůstu výnosů o 15,2 % (CPI 18197), 25,5 % (Nutans Afganistan) a dokonce o 28,8 % (CI 6388).

Na základě sledovaných parametrů byly genetické zdroje a odrůdy podrobeny shlukové analýze. Z Grafu 2 je patrné, že se od sebe oddělily 3 skupiny. Do první skupiny se zařadily genetické zdroje CPI 18197 a Nutans Afganistan, které se vyznačovaly největšími průměrnými hodnotami délky listů. Odrůda Spitfire se pak ve sledovaných znacích podobala genetickému zdroji CI 6388, se kterým tvoří druhou skupinu.



Graf 1: Průměrné hodnoty délek a šířky listů a statisticky významné rozdíly jednotlivých odrůd a genetických zdrojů (2020–2022)



Graf 2: Shluková analýza sledovaných odrůd a genetických zdrojů ječmene jarního

Do třetí skupiny se začlenily sladovnické odrůdy Accordine a Sebastian, které se vyznačovaly nejkratšími listy.

Ve sledovaném souboru byly nalezeny i některé statisticky významné korelace (Tab. 4). U genetických zdrojů i moderních odrůd byly prokázány statisticky průkazné pozitivní korelace mezi délkou a šířkou listu ( $r=0,67^{***}$  a  $r=0,76^{***}$ ), u moderních odrůd pak i mezi šířkou listu a výnosem ( $r=-0,43^{**}$ ). Rozdíly mezi moderními odrůdami a genetickými zdroji byly nalezeny v korelaci mezi délkou listu a výnosem. Zatímco u moderních odrůd byla tato korelace kladná ( $r=0,35^{**}$ ), u genetických zdrojů byla záporná ( $r=-0,53^{***}$ ).

## Závěr

Ve sledovaném souboru materiálů ječmene jarního byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami a genetickými zdroji v délce a šířce listů i výnosy. Genetické zdroje původem ze suchých oblastí se významně lišily od moderních sladovnických odrůd. V roce 2022 byla zaznamenána redukce v průměrné velikosti listů oproti ostatním roků, kdy rostliny reagovaly na stresový faktor v podobě sucha snížením růstu. I přesto došlo u genetických zdrojů původem ze suchých oblastí k navýšení výnosů, oproti roku 2020. U genotypu CI 6388 došlo k nejmenšímu poklesu délky i šířky listů ve stresovém ročníku 2022 a zároveň k nejvyššímu nárůstu výnosu v tomto roce ve srovnání s rokem 2020. Dle sledovaných parametrů se tak tento genotyp v daném prostředí nejlépe vyrovnal se stresovým faktorem v podobě sucha. Také ostatní genetické zdroje původem ze suchých oblastí potvrdily svůj potenciál v boji se suchem

a mohly by tak najít své uplatnění v hybridizačních programech zaměřených tímto směrem.

## Poděkování

Tato publikace vznikla za podpory Ministerstva zemědělství ČR – projektu č. QK 1910197 a za využití institucionální podpory na rozvoj organizace.

/Recenzováno/

## Kontakt

zavrelova@vukrom.cz

## Literatura

Alqudah AM., Schnurbusch T. Barley leaf area and leaf growth rates are maximized during the pre-anthesis phase. *Agronomy* [online]. 2015, **5**(2), 107-129. ISSN 2073-4395. Dostupné z: doi:10.3390/agronomy5020107

Digel B., Tavakol E., Verderio G., Tondelli A., Xu X., Cattivelli L., Rossini L., von Korff M. Photoperiod-H1 (Ppd-H1) Controls Leaf Size. *Plant Physiology* [online]. 2016, **172**(1), 405-415. ISSN 0032-0889. Dostupné z: doi:10.1104/pp.16.00977

Du B., Liu L., Wang Q., Sun G., Ren X., Li CD., Sun D. Identification of QTL underlying the leaf length and area of different leaves in barley. *Scientific Reports* [online]. 2019, **9**(1). ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-019-40703-6

Tab. 3: Průměrné hodnoty znaků sledovaných genotypů v jednotlivých letech a jejich statisticky průkazné odlišnosti (2020–2022)

Genetický zdroj	Rok	List - délka (cm)		List - šířka (mm)		Výnos (t/ha)	
		průměr (cm) + $s_x^1$	pokles (%) <sup>2</sup>	průměr (mm) + $s_x$	nárůst / pokles (%) <sup>2</sup>	průměr (t/ha) + $s_x$	nárůst / pokles (%) <sup>2</sup>
Sebastian	2020	20,8 ± 1,02 d-g		12,5 ± 0,32 fg		7,4 ± 0,20 def	
	2021	19,6 ± 0,80 cd	-5,8	12,2 ± 0,20 efg	-2,4	8,2 ± 0,11 g	+10,8
	2022	14,6 ± 0,72 a <sup>3</sup>	-29,8	9,8 ± 0,27 b	-21,6	7,3 ± 0,21 de	-1,3
Accordine	2020	22,2 ± 0,92 efg		14,0 ± 0,55 hi		8,3 ± 0,17 g	
	2021	19,9 ± 0,64 cde	-10,4	13,2 ± 0,41 ghi	-5,7	7,5 ± 0,19 ef	-9,6
	2022	16,1 ± 0,77 ab	-27,5	11,4 ± 0,32 c-f	-18,6	6,0 ± 0,12 c	-27,7
Spitfire	2020	22,4 ± 0,68 fgh		12,5 ± 0,50 fg		7,2 ± 0,30 de	
	2021	22,4 ± 0,80 fgh	0,0	12,1 ± 0,33 d-g	-3,2	7,8 ± 0,10 fg	+8,3
	2022	18,1 ± 0,35 bc	-19,2	10,4 ± 0,40 bc	-16,8	4,7 ± 0,34 a	-34,7
Nutans Afganistan	2020	25,3 ± 0,72 j		14,1 ± 0,29 i		4,7 ± 0,11 a	
	2021	24,8 ± 0,73 ij	-2,0	14,0 ± 0,27 hi	-0,7	5,0 ± 0,21 ab	+6,4
	2022	19,9 ± 0,44 cde	-21,3	11,1 ± 0,64 cde	-21,3	5,9 ± 0,12 c	+25,5
CPI 18197	2020	26,2 ± 1,09 j		12,3 ± 0,44 efg		4,6 ± 0,17 a	
	2021	25,0 ± 1,39 ij	-4,6	12,8 ± 0,41 gh	+4,1	4,8 ± 0,10 ab	+4,3
	2022	20,0 ± 0,70 c-f	-23,7	8,2 ± 0,71 a	-33,3	5,3 ± 0,17 b	+15,2
CI 6388	2020	24,7 ± 1,08 hij		13,0 ± 0,52 ghi		5,9 ± 0,20 c	
	2021	22,7 ± 0,92 ghi	-8,1	12,8 ± 0,37 gh	-1,5	6,9 ± 0,17 d	+16,9
	2022	18,2 ± 0,96 bc	-19,8	11,0 ± 0,52 bcd	-15,4	7,6 ± 0,21 ef	+28,8

1)  $s_x$  - směrodatná odchylka; 2) nárůst či pokles hodnot ve srovnání s rokem 2020 vyjádřený v %, v rámci daného znaku vyjadřuje zelená barva označuje nejlepší diferenci oproti roku 2020, červená barva pak nejvyšší pokles oproti roku 2020; 3) v rámci stejného znaku označují rozdílná písmena průkaznou diferenci při  $P \leq 0.05$  (Fisherův LSD test), žlutá barva označuje hodnoty statisticky průkazně odlišné v rámci jednoho genotypu

Havrlentová M., Kraic J., Gregusová V., Kováčsová, B. Drought stress in cereals – A review. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)* [online]. 2021, **67**(2), 47-60. ISSN 1338-4376. Dostupné z: doi: 10.2478/agri-2021-0005

Li JW., Yang JP., Fan PP., Song JL., Li DS., Ge CS., Chen WY. Responses of rice leaf thickness, SPAD readings and chlorophyll a/b ratios to different nitrogen supply rates in paddy field. *Field Crops Research* [online]. 2009, **114**(3), 426-432. ISSN 0378-4290. Dostupné z: doi:10.1016/j.fcr.2009.09.009

Liu CG., Zhou XQ., Chen DG., Li LJ., Li JC., Chen YD. Natural Variation of Leaf Thickness and Its Association to Yield Traits in indica Rice. *Journal of Integrative Agriculture* [online]. 2014, **13**(2), 316-325. ISSN 2095-3119. Dostupné z: doi:10.1016/S2095-3119(13)60498-0

Poethig RS. Leaf morphogenesis in flowering plants. *The Plant Cell* [online]. 1997, **9**(7), 1077-1087. ISSN 1040-4651. Dostupné z: doi:10.1105/tpc.9.7.1077

Sicher RC. Assimilate partitioning within leaves of small grain cereals. In: Abrol YP., Mohanty P., Govindjee (Editors). *Photosynthesis: Photoreactions to Plant Productivity*. Springer Nature Switzerland, 1993. 351-360. ISBN 978-0-7923-1943-6, eISBN 978-94-011-2708-0

Witkowski ETF., Lamont BB. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* [online]. 1991, **88**(4), 486-493. ISSN 0029-8549. Dostupné z: doi:10.1007/BF00317710

Wright IJ., Reich PB., Westoby M., et al. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* [online]. 2004, **428**(6985), 821-827. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/nature02403



**Nejúčinnější herbicid  
bez omezení**



**jednoduchá evidence**

**Aplikace ve všech OP II, na svazích,  
bez omezení pro následné plodiny, atd...**

**IDEÁLNÍ** pro jarní ochranu ozimé a jarní pšenice, žita a triticale proti chundelce metlici, dalším trávovitým a dvouděložným plevelům



Info: **602 523 607**

Tab. 4: Korelační koeficienty sledovaných parametrů

	List – délka (cm)	List – šířka (mm)	Výnos (t/ha)
List – délka (cm)		0,67***	-0,53***
List – šířka (mm)	0,76***		-0,24
Výnos (t/ha)	0,35**	0,43**	

v horní části tabulky se nacházejí korelace pro genetické zdroje, v dolní části pak korelace pro moderní odrůdy, \* označuje hladinu významnosti: \*\* P ≤ 0,05 \*\*\* P ≤ 0,001

