

Aplikace biostimulačních přípravků u pšenice ozimé

(The Application of Biostimulants on Winter Wheat)

Helena Hniličková¹⁾, Kamil Kraus¹⁾, Alena Bezdíčková²⁾, Petr Martinek³⁾, František Hnilička¹⁾

¹⁾ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

²⁾ Ditana s.r.o., Velká Bystřice

³⁾ Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž

Souhrn: Jedním z perspektivních agrotechnických nástrojů pro eliminaci vodního stresu se jeví aplikace stimulačních přípravků podporujících růst rostlin v rozdílných stádiích jejich vývoje. Jsou uvedeny výsledky pokusu s různými variantami biostimulantů u třech odlišných genotypů pšenice seté ozimé. Po jejich aplikaci byl zjištěn vyšší obsah fotosyntetických pigmentů u pšenice s modrým aleuronem zrna a nižší u pšenice s mnohořadým klasem. Aplikace přípravků optimalizuje fyziologický stav rostlin u všech testovaných genotypů, což se projevuje ve zvýšení výnosu v porovnání s neošetřenou kontrolní variantou.

Klíčová slova: stimulace, podpůrné přípravky, abiotické stresy, fotosyntéza, výnos

Abstract: One of the promising agrotechnical tools for the elimination of water stress appears to be the application of biostimulants for supporting plant growth at different stages of their development. The results of an experiment with different variants of biostimulants in three different genotypes of winter bread wheat are presented. After their application, a higher content of photosynthetic pigments was found in wheat with blue aleurone of grain and lower in wheat with multirow spike. The application of the biostimulants optimizes the physiological state of the plants in all tested genotypes, which is reflected in an increase in yield compared to the untreated control variant.

Key Words: stimulation, biostimulants, abiotic stresses, photosynthesis, yield

Úvod

Polní plodiny jsou během vegetačního období neustále vystaveny působení celé řady stresorů. Ty jsou obvykle rozděleny do dvou kategorií – abiotické a biotické - v závislosti na povaze spouštěcího faktoru. První jsou obecně spojeny s klimatickými vlivy – vysoká a nízká teplota, nedostatek a nadbytek vody, záření, chemická či mechanická zátěž. Druhé jsou způsobeny živými organismy, včetně hmyzu, bakterií, hub a plevelů.

V polních podmínkách na rostliny nepůsobí jednotlivé nepříznivé podmínky odděleně, ale vždy v kombinaci, např. vysoká teplota, vyšší intenzita slunečního záření a vodní deficit. Proto v porovnání s živočichy je u rostlin situace komplikovanější a navíc u nich může být stresem ohrožen pouze některý orgán, nikoliv celá rostlina. Jednotlivé zátěže a jejich možné kombinace jsou uvedeny na obrázku 1. Z něho vyplývají různé typy kombinací zemědělsky významných biotických a abiotických stresorů a jejich potenciální důsledky pro rostlinnou produkci. Barevně jsou vyznačeny jednotlivé druhy interakcí. Potenciální efekt působení stresorů a jejich kombinací vždy závisí na relativní úrovni každého z nich (silný versus slabý) a konkrétní rostlině, kdy záleží na stáří rostliny a rovněž tak na jejím zdravotním stavu daném rozvojem patogenů. Důležitá je i délka působení stresového faktoru.

Abiotické stresové faktory vyvolávají morfologické, fyziologické a biochemické změny a v konečném důsledku ovlivňují výnos, ale také kvalitu produktu, mohou změnit vizuální vzhled a/nebo nutriční hodnotu tak, že by se produkt mohl stát neobchodovatelným. Rostliny, vzhledem k přisedlému způsobu života, si v průběhu fylogeneze vyvinuly velmi bohaté mechanismy, které jim umožňují vyrovnávat se s různými typy stresů. Při překročení určité meze tolerance rostliny působícím stresorem nastává čtyřfázová stresová reakce. Prvotní fází, při které dochází k narušení buněčných struktur a funkcí, je fáze poplachová. V případě, že intenzita působení stresového faktoru nepřekročí

letální úroveň, dochází k mobilizaci kompenzačních mechanismů a nastává fáze aklimatizace. Následuje fáze rezistence, která směřuje ke zvýšení odolnosti vůči působícímu stresu. Při dlouhodobějším působení stresu může dojít k vyčerpání rostlinného organismu (fáze vyčerpání) a následně až k odumření rostliny. Odolnost ke stresovým faktorům spočívá v tom, že jsou dočasně aktivovány fyziologické procesy a specifické geny, které poskytují ochranu.

Výzkum a praxe se již roky zabývá možnostmi, jak omezit dopady působení nepříznivých vlivů na porosty polních plodin. Od šlechtění tolerantních kultivarů, zavádění nových druhů až po optimalizaci agrotechnických postupů. Jednou možností ze souboru všech využívaných opatření je aplikace biostimulačních přípravků. Ty mají obvykle různorodé chemické složení, kdy stimulační účinek je důsledkem synergického působení různých bioaktivních molekul. Jedná se obvykle o produkty získané z různých organismů či mikroorganismů, případně i o anorganické látky, které jsou schopny zlepšit růst rostlin, produktivitu a zmírnit negativní účinky stresu. Mezi nejznámější komponenty patří minerální prvky, vitamíny, aminokyseliny, poly- a oligosacharidy a stopy přírodních rostlinných hormonů. Mohou působit přímo na fyziologii rostliny a modifikovat některé molekulární procesy, které umožňují zlepšit efektivitu využití vody a živin u plodin, stimulovat vývoj rostlin zvýšením primárního a sekundárního metabolismu. Podle zprávy Grand View Research, Inc. z března 2018, se očekává, že velikost trhu s biostimulanty dosáhne do roku 2025 obrátu 4,14 miliardy USD.

Materiál a metodika

Na pokusných pozemcích ve Velkém Týnci u Olomouce v současné době probíhá maloparcelkový pokus zaměřený na výzkum vlivu aplikace vybraných stimulačních přípravků během vegetačního období u tří genotypů pšenice ozimé. Aplikáční schéma a charakteristika přípravků je uvedena v tabulce 1.

Modelovými genotypy byla odrůda Etana (registrovaná v ČR v roce 2013, kvalita A), novošlechtění V3-94-18 s mnohořadým klasem schopným vytvářet větší počet klásků z nodů klasového větve (Rizwan et al., 2020) a V3-72-18 s modrým aleuronem zrna podmíněným přítomností genu *Ba2* (Burešová et al., 2015), který způsobuje modré antokyanové zabarvení zrna. Použitá novošlechtění se výrazně odlišují od běžných odrůd svými specificky odlišnými znaky. Sledovanými parametry byl výnos a vybrané fyziologické charakteristiky: obsah fotosyntetických pigmentů, maximální kvantový výtěžek fotosystému II (PS II), které vypovídají o stavu fotosyntetického aparátu. Pro posouzení míry působení stresu byl sledován obsah aminokyseliny prolin v listech.

Obsah fotosyntetických pigmentů byl stanoven spektrofotometricky podle Porra (1989) v deseti opakováních z každé parcely a uváděn je v mg/m². Parametry fluorescence chlorofylů byly měřeny pomocí přenosného fluorometru OS5p+ na temnotně adaptovaném listu pomocí zatemňovacích klíps v pěti opakováních z parcely. Obsah prolinu byl stanoven spektrofotometricky podle Batese a kol. (1973) v pěti opakováních z každé parcely a je uváděn v μmol/g čerstvé biomasy.

Prezentované výsledky jsou z roku 2019. Na pokusných pozemcích probíhala agrotechnická opatření odpovídající konvenční technologii. Průběh počásí v porovnání s normálem je uveden na obrázku 2. Pokus byl proveden v parcelách o velikosti 10m², které byly ve třech opakováních od každé varianty. Měření sledovaných parametrů se uskutečnilo ve třech termínech – sloupkování (5. 10. 2019), kvetení (3. 6. 2019) a nalévání zrna (26. 6. 2019).

Výsledky a diskuse

Jeden ze základních procesů v rostlině je fotosyntéza, její průběh je ovlivňován např. úrovní světelného záření, dostatkem vody a minerálních látek, koncentrací CO₂ a řadou dalších. Z mnoha různých vědeckých prací je prokázáno, že obsah fotosyntetických pigmentů je snižován působením stresových faktorů. Nejvyšší obsah celkových pigmentů byl stanoven v období kvetení (obrázek 3). V tomto období měl nejvyšší obsah celkových pigmentů genotyp V3-72-18 s modrým zrnem. U něho byl stanoven vyšší obsah pigmentů v porovnání s kontrolou (100 %) po aplikaci přípravků Energen 3D Plus (112 %), Atlante-Cu-Prolina (106 %), Cleanstorm (105 %) a Fertileader 2M (102 %). Rovněž tak v období nalévání zrna (obrázek 4) byl vyšší obsah pigmentů v porovnání s kontrolou u porostů po ošetření přípravky Energen 3D Plus (122 %), Cleanstorm (116 %) a Aminocat 30 (105 %). Jiný trend byl zaznamenán u genotypu s mnohořadým klasem, kdy v období květu (obrázek 3) žádný z přípravků nezvyšil obsah pigmentů v porovnání s kontrolou, srovnatelné hodnoty

s kontrolou byly po aplikaci přípravku Atlante-Cu-Prolina. Ale naopak v období nalévání zrna (obrázek 4) všechny přípravky zvýšily obsah pigmentů u porostů v porovnání s kontrolou. Výrazně vyšší obsah pigmentů byl po ošetření přípravky Fertileader 2M (158 %), Atlante-Cu-Prolina (150 %), Aminocat 30 (134 %) a Cleanstorm (117 %). Obdobný trend v období květu byl u odrůdy Etana, kdy nejvyšší obsah celkových pigmentů byl u kontrolní varianty a na rozdíl od předchozího genotypu v období nalévání zrna byl u porostů po ošetření sledovanými přípravky zaznamenán výrazný pokles obsahu pigmentů (obrázek 3 a 4). Zvýšení obsahu pigmentů u V3-72-18 s modrým zrnem po aplikaci stimulačních látek může být způsoben rovněž adaptačním významem antokyanů u rostlin (Shoeva et al., 2017).

Všeobecně uznávaným parametrem vypovídajícím o úrovni stresu u rostlin je maximální kvantový výtěžek fotosystému II, poměr mezi variabilní (Fv) a maximální fluorescencí (Fm) chlorofylů (Fv/Fm). U rostlin v optimálních podmínkách nabývá maximální kvantový výtěžek hodnoty okolo 0,8. V období sloupkování byl u všech genotypů poměr Fv/Fm vyšší než 0,8, což vypovídá o optimálním stavu, přičemž nebyly zaznamenány

Tab. 1: Schéma aplikace sledovaných přípravků a jejich stručná charakteristika (bližší specifikace je uvedena v materiálech jednotlivých výrobců).

varianta	Vývojových fáze aplikace a dávka				Charakteristika přípravku
	DC 30	DC 35	DC 37-39	DC 59	
1	-	-	-	-	
2	Cleanstorm 0,1	Cleanstorm 0,1	Cleanstorm 0,2	Cleanstorm 0,3	Volné aminokyseliny 12 %, spalitelné látky v suš. 50 %
3	Energen 3D Plus 0,1	Energen 3D Plus 0,1	Energen 3D Plus 0,2	Energen 3D Plus 0,3	Volné aminokyseliny 13 %, spalitelné látky v suš. 50 %
4	Atlante-Cu-Prolina 0,6	-	-	-	K ₂ O 20 %, P ₂ O ₅ 30 %, Cu 0,5 %, volné aminokyseliny (L-proline) 2 %
5	Aminocat 30 0,2	-	Aminocat 30 0,2	-	Volné aminokyseliny 30 %, celkový N 3 %, P ₂ O ₅ 1 %, K ₂ O 1 %
6	Fertileader 2M 2	-	-	-	Seactiv komplex, MgO 2 %, Mn 11,7 %

podstatné rozdíly mezi aplikovanými přípravky. Tyto výsledky lze dát do souvislosti s vyšším množstvím srážek v květnu a rovněž samotné měření se uskutečnilo po dni se srážkami. V období květu se, kromě genotypu V3-72-18, začíná poměr Fv/Fm snižovat pod hodnotu 0,8, ale rovněž nebyly naměřeny rozdíly mezi aplikovanými přípravky. V období nalévání zrna poměr Fv/Fm klesl u všech genotypů. Snižování hodnot Fv/Fm naznačuje, že část reakčních center fotosystému PSII je poškozena nebo deaktivována, což je jev běžně pozorovaný u rostlin ve stresu. Kromě aktuálního vodního a teplotního stresu v tomto období může pokles těchto hodnot souviset i se senescencí (stárnutím) listů (obrázek 5), ke které mohlo docházet v teplotně a srážkově nepříznivém měsíci červnu.

Dalším velmi zajímavým sledovaným parametrem byl obsah prolinu. Aminokyselina prolin je v rostlinách ve zvýšené míře syntetizována v podmínkách vodního deficitu, nízké teploty, UV záření, případně při výskytu těžkých kovů apod. Zvýšená akumulace prolinu poskytuje rostlinám ochranu tím, že rovněž

přispívá k osmotickému přizpůsobení uvnitř buněk, stabilizuje membrány a enzymy, zachycuje volné radikály. Po odeznění stresu je prolin rozkládán a může být využit jako zdroj energie. Jeho vyšší akumulace bývá dávana do souvislosti s tolerancí k stresovým faktorům.

Sledování obsahu prolinu je velmi rozšířeno v laboratorních experimentech, kdy po simulaci např. vodního deficitu dochází k rychlé akumulaci prolinu a zároveň po odeznění stresu se jeho množství snižuje. V polních maloparcelkových pokusech tento poměrně pracný a časově náročný typ analýz není rozšířen.

Při první a druhé analýze obsahu prolinu, tj. v období sloupkování a kvetení u všech sledovaných kultivarů nebyly stanoveny rozdíly mezi variantami (*poznámka: v období nalévání zrna nebyly listy již vhodné k analýze z důvodu jejich stáří*). V období sloupkování se obsah prolinu pohyboval v průměru na úrovni 28,2 $\mu\text{mol/g}$. Vyšší hodnoty byly zaznamenány v období květu, v průměru 59,1 $\mu\text{mol/g}$. Domníváme se, že toto navýšení vzhledem k průběhu počasí v měsíci květnu zřejmě bezprostředně nesouvisí s vodním stresem, protože při porovnání s laboratorními pokusy, dochází u stresovaných rostlin k mnohonásobně vyšším nárůstům obsahu prolinu.

Výše výnosu u jednotlivých variant je zobrazena v grafu obrázek 6. V porovnání s kontrolní variantou (varianta 1) u všech aplikací u sledovaných genotypů došlo k zvýšení výnosu. U odrůdy Etana byl dosažen nejvyšší výnos po aplikaci přípravku Atlante-Cu-Prolina (108,4 %), u V3-94-18 po aplikaci přípravku Fertileader 2M (105,5 %) a u V3-72-18 po aplikaci přípravku Aminocat 30 (107 %). Ze sledovaných genotypů (kontrolní varianty) byl nejvyšší výnos (9,01 t/ha) u V3-72-18 s modrým zrnem a naopak nejnižší (7,67 t/ha) u V3-94-18 s mnohořadým klasem. U odrůdy Etana byl výnos 8,01 t/ha.

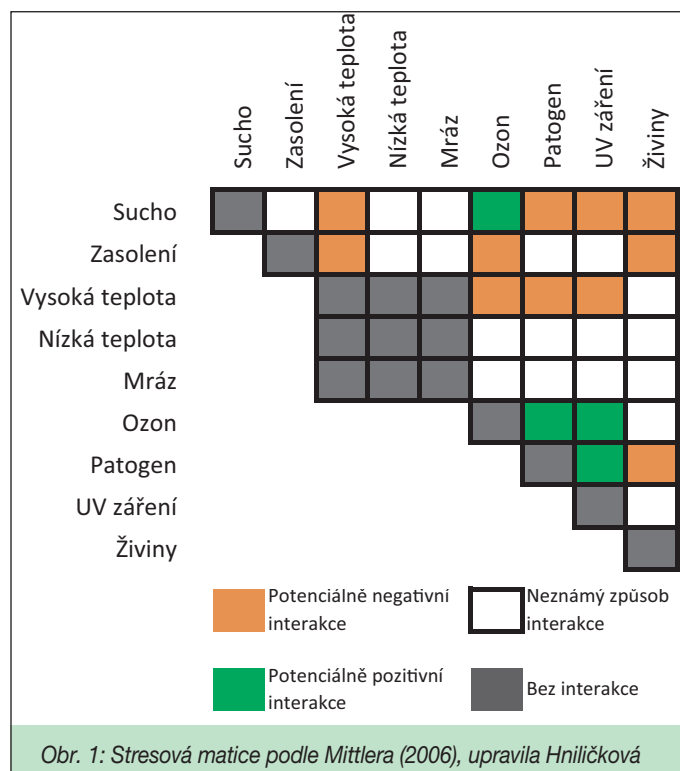
Závěr

Složení sledovaných přípravků je rozdílné a lze předpokládat, že v rámci rostlinného organismu budou mít i rozdílné účinky na jednotlivé dílčí fyziologické, metabolické a biochemické procesy. Ze sledovaných parametrů se ukázal obsah pigmentů jako nejcitlivěji reagující na aplikaci stimulačních přípravků, kdy obsažené minerální prvky v přípravcích zvyšují obsah pigmentů. Maximální kvantový výtěžek nebyl nijak významně vypovídající o účincích sledovaných přípravků, ale může to být způsobeno aktuálními srážkovými a teplotními poměry. Je třeba zdůraznit, že sledované fyziologické parametry vypovídají o aktuálním stavu v okamžiku měření, a že se musí vzít do úvahy i fakt, že během probíhajícího stresu dochází zároveň k aklimatizačním pochodům. Stimulační přípravky mají obecně v konečném důsledku stimulovat rostlinný organismus v období působení stresu, napomoci jeho překlenutí a vytvořit podmínky pro rychlou regeneraci, optimalizovat metabolismus, vodní režim a výživu. To spolu s dalšími doporučovanými agrotechnickými zásahy dává předpoklad ovlivnění výnosu a kvality v povětrnostně nepříznivých ročních období.

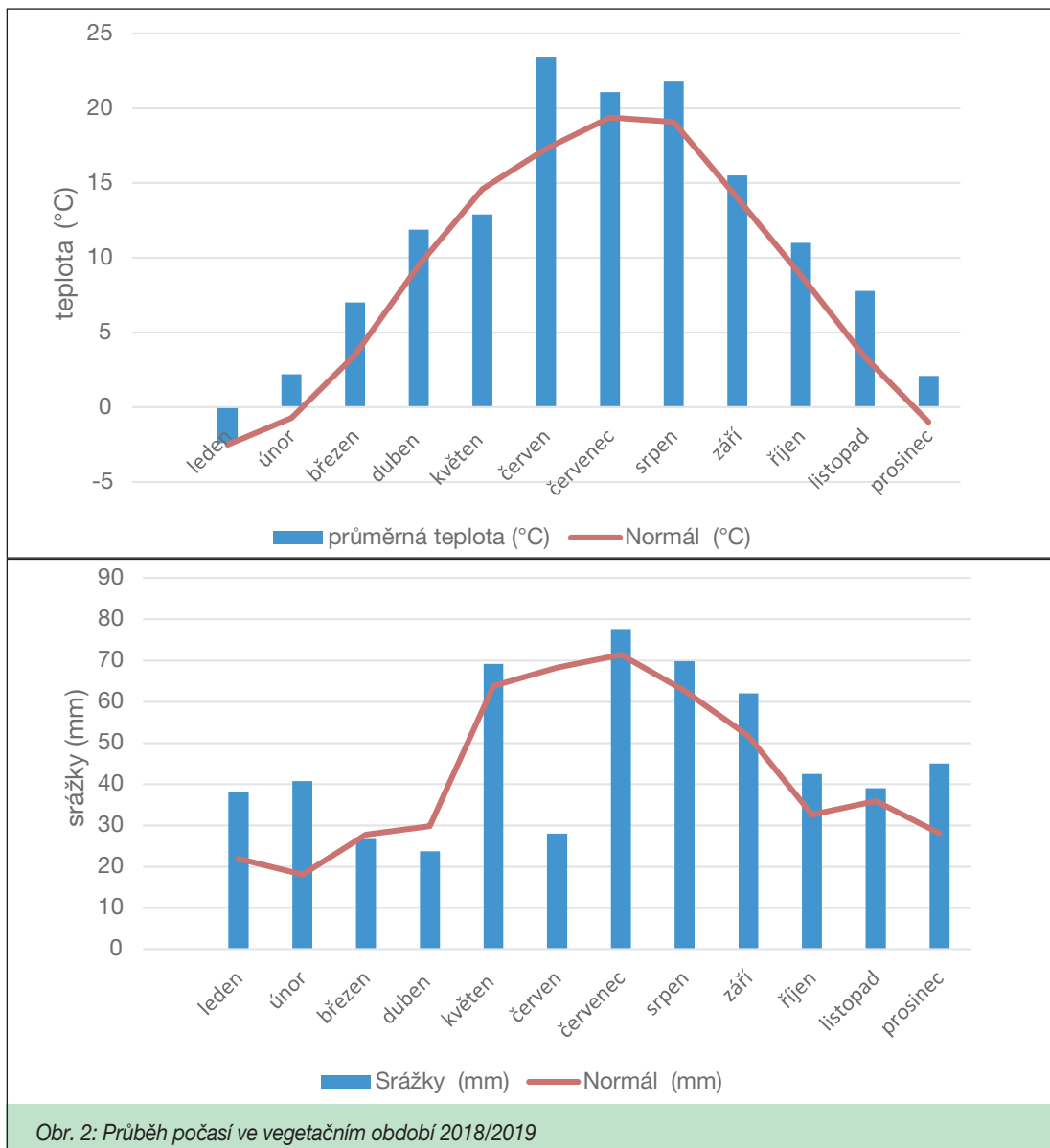
Příspěvek byl podpořen projektem MZe ČR QK1910343.

Seznam použité literatury:

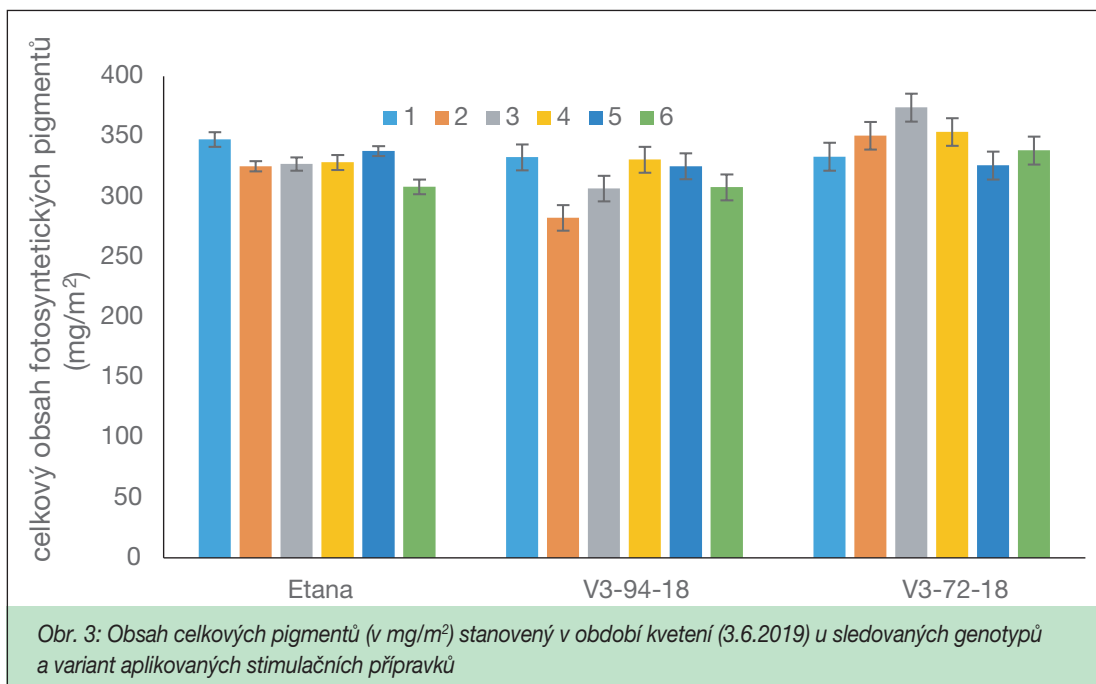
- Bates, L. S., Waldren, R.P., Teare, I.D.: Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. **39**(1), 1973: 205–207.
- Bulgari, R., Franzoni, G., Ferrante, A.: Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy – Basel*. **9**(6), 2019: 306.
- Burešová, V., Kopecký, D., Bartoš, J., Martinek, P., Watanabe, N., Vyhnánek, T., Doležel, J. Variation in genome composition of blue-aleurone wheat. *Theor. Appl. Genet.* **128**, 2015: 273–282.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, V., Ahmad, A.: Role of proline under changing environments. *Plant Signal. Behavior*. **7**(11), 2012: 1456–1466.
- Rizwan, M. Mahboob, W., Faheem, M., Shimelis, H., Hameed, A., Sial, M.A., Shokat, S.: Can we exploit supernumerary spikelet and spike branching traits to boost bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield? *Applied Ecol. Env. Res.* **18**(5), 2020: 6243–6258.
- Maxwell, K., Johnson, G.: Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *J. Exp. Bot.* **51**(345), 2000: 659–668.
- Mittler, R.: Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends Plant Sci.* **11**(1), 2006: 15–19.
- Porra, R.J., Thompson, W.A., Kriedemann, P.E.: Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochim. Biophys. Acta*. **975**, 1989: 384–394.
- Sharifi, P., Mohammadkhani, N.: Effects of drought stress on photosynthesis factors in wheat genotypes during anthesis. *Cer. Res. Commun.* **44**(2), 2016: 1–11.
- Shoeva, O.Y., Gordeeva, E.I., Arbusova, V.S., Khlestkina, E.K.: Anthocyanins participate in protection of wheat seedlings from osmotic stress. *Cer. Res. Commun.* **45**(1), 2017: 47–56.



Obr. 1: Stresová matice podle Mittlerera (2006), upravena Hniličková



Obr. 2: Průběh počasí ve vegetačním období 2018/2019



Obr. 3: Obsah celkových pigmentů (v mg/m²) stanovený v období kvetení (3.6.2019) u sledovaných genotypů a variant aplikovaných stimulačních přípravků

